

DIRECTION DES RESSOURCES VIVANTES

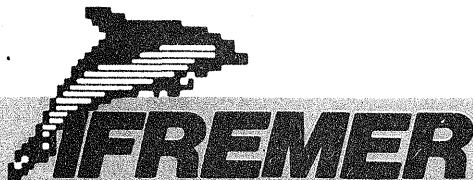
DETERMINISME DU RECRUTEMENT

SEMINAIRE DE NANTES

2-4 JUILLET 1984

Avec le concours du PIROCEAN

ANNEXE



DETERMINISME DU RECRUTEMENT

A N N E X E

AVANT-PROPOS

Les 48 contributions, préparées pour cette réunion et qui contribuent à l'analyse du problème de recherche posé et à l'inventaire des programmes en cours sont présentées dans cette annexe séparée du rapport.

REUNION "DETERMINISME DU RECRUTEMENT"
2-4 JUILLET 1984-NANTES

LISTE DES CONTRIBUTIONS

Elles sont présentées regroupées selon 4 thèmes :

- I - CONCEPTS et PROCESSUS : n° 1-2-7-8-9-10-11-12-13-
18-20-22-26-29-31-32-33
36-37-38-39-40-41-42-46-48.
- II - SOLE : n° 4-5-14-15-16-17-19-25-43-45-47.
- III- COQUILLE SAINT-JACQUES : n° 6-21-23-24-34-35.
- IV- HUITRE : n° 3-28-44.

N°

- I-1 Contribution aux connaissances des conditions de recrutement d'espèces benthiques côtières en particulier au niveau des paramètres physico-chimiques du milieu, actifs durant la période de la vie larvaire (oursins, mollusques et annélides).
Laboratoire maritime Luc s/Mer - Responsable : P. LE GALL
- I-2 Importance du recrutement et mécanismes de régulation des populations de juvéniles chez les bivalves de milieu laguno-estuarien.
Institut Biologie marine Arcachon - Responsable : G. BACHELET
- IV-3 Eléments concernant la reproduction de l'huître plate, l'estimation du recrutement et les actions prévues en 1984 et 1985.
I.S.T.P.M. La Trinité s/Mer - Responsable : A.G. MARTIN
- II-4 Dynamique du processus de colonisation des nurseries de la sole commune.
CREMA L'Houmeau - Responsable : F. LAGARDERE
- II-5 Projet de recherche sur la fécondité de la sole.
Université de Bordeaux I - Responsable : F. LE MEN
- III-6 Suggestions pour l'approche du problème du recrutement (exemples : coquille St-Jacques et seiche).
Université de Caen - Responsable : Pr P. LUBET
- I-7 Projet de recherche sur la physiologie de la reproduction des poissons : évolution de l'axe système nerveux central - hypophyse - gonades au cours de la puberté provoquée de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*).
Muséum Paris, laboratoire de Physiologie générale et comparée -
Responsable : Pr Y.A. FONTAINE

- I-8 Relation stock - recrutement : un type d'approche.
Université des Sciences et techniques de Montpellier - Responsable :
Pr J.P. QUIGNARD
- I-9 Les appendiculaires et leur rôle dans l'écosystème pélagique.
E.R.A. 228 Station zoologique, Villefranche s/Mer - Responsable : R. FENAU
- I-10 Contribution à la programmation nationale.
Ecole pratique des hautes études, laboratoire de biochimie et écologie des
Invertébrés marins - Responsable : J. CECCALDI
- I-11 Lecture automatique des anneaux de croissance des écailles de poissons par
analyse d'image sur micro-ordinateur.
E.R.A. 228 Station zoologique - Villefranche s/Mer - Responsable : Ph LAVAL
- I-12 R.C.A. "résurgence côtière Atlantique".
Equipe scientifiques du GRECO P4 - Responsable : B. COSTE, P. NIVAL, G. JACQUES
- I-13 Ecologie et génétique de la crevette des marais (*Palaemonetes varians*).
Université de Poitiers - Responsable : Laboratoire de Biologie animale
"Physiologie et génétique des crustacés".
- II-14 Alimentation et compétition alimentaire des jeunes poissons plats sur les
nurseries littorales.
Université de Bretagne Occidentale, laboratoire d'Océanographie biologique -
Responsable : Pr J. LAHAYE - L. QUINIOU
- II-15 L'influence de la taille et de l'âge sur l'activité reproductrice des
poissons plats.
Université de Bretagne Occidentale, laboratoire d'Océanographie biologique -
Responsable : Pr J. LAHAYE - C. DENIEL
- II-16 Les structures démographiques et génétiques des populations de poissons plats.
Université de Bretagne Occidentale, laboratoire d'Océanographie biologique -
Responsable : Pr J. LAHAYE - J.P. ALAYSE
- II-17 Génétique appliquée des organismes et des populations marines - Montpellier -
Projet *Solea vulgaris*.
Projet collectif C.N.R.S. - IFREMER - Université - Responsable : AUTEM,
Laboratoire de génétique U.S.T.L. Montpellier (Dir. N. PASTEUR).
- I-18 Estimation des paramètres dynamiques d'une population de copépodes.
Faculté des Sciences de Luminy, Station d'Endoume (Marseille) - Responsable :
C. VIANO
- II-19 Nutrition et prédation planctoniques des larves de sole en phase pélagique.
I.S.T.P.M. Nantes - Responsable ; J. HERSART de la VILLEMARQUE

- I - 20 Proposition de recherche orientée sur le site "Baie de St-Brieuc".
U.B.O., laboratoire d'Océanographie physique - Responsable : Pr J.C. SALOMON
- III-21 Déterminisme du recrutement de la coquille St-Jacques.
Programme intégré élaboré en coopération par
- C.O.B. Biologie-Aquaculture-Pêche- PARIS VI, laboratoire de physique et chimie marines
- U.B.O., laboratoires de zoologie, d'océanographie biologique, d'océanographie physique
- I-22 Ecologie des juvéniles de *Pecten maximus* en baie de St-Brieuc.
U.B.O., laboratoire d'Océanographie biologique - Responsable : Pr M. GLEMAREC
- III-23 Causes probables de variation du recrutement de la coquille St-Jacques identifiées en baie de St-Brieuc.
C.O.B., B.A.P. - Responsable : J. BOUCHER - P. ARZEL - D. BUESTEL
- III-24 Les variations de la fécondité de la coquilles St-Jacques de la rade de Brest en éclosérie au cours d'un cycle annuel.
C.O.B. (Argenton) - Responsable : J.C. COCHARD
- II-25 Etude, quantification et modélisation de l'évolution des populations de pré-recrues de soléidés (GO et GI) - Relation proies prédateurs et influence des facteurs mésologiques.
Equipe structure et fonctionnement de l'écosystème benthique, Station marine de Banyuls - Responsable : J.Y. BODIOU, F. de BOUEE, J.P. LABAT, L. TITO DE MORAIS
- I-26 Dynamique d'une population et recrutement dans un écosystème pélagique.
E.R.A. 228 Station zoologique Villefranche s/Mer - Responsable : P. NIVAL, O. MONTLAHUC, V. ANDERSEN
- 27 Portée économique de l'étude du recrutement.
I.S.T.P.M. Nantes - J. WEBER, E. MEURIOT
(Ne figure pas ici, voir Rapport interne IFREMER : DRV 85-01)
- IV-28 Caractéristiques et distribution des spectres de taille de particules et de substances dissoutes et leurs échanges à l'interface eau-sédiment de parcs ostréicoles et de nurseries, en régime macrotidal.
L.P. 4601 du C.N.R.S. et Univ. P. et M. Curie - Paris VI -
Station marine de Roscoff
- I-29 Propositions pour une approche de l'influence de la qualité de l'environnement pélagique et de ses fluctuations spatio-temporelles sur le déterminisme du recrutement.
C.O.B. Brest - J.P. BERGERON
- 30 Déterminisme du recrutement : intérêt et opportunité de son étude
I.S.T.P.M. Nantes - J.P. TROADEC, Directeur
(Ne figure pas ici, voir Rapport interne IFREMER : DRV 85-01)

- I-31 Contribution à l'étude des facteurs agissant sur le recrutement : exemples des poissons antarctiques.
Muséum d'Histoire Naturelle - J.C. HUREAU et G. DUHAMEL
- I-32 Motivations scientifiques de la participation du laboratoire de physique et chimie marines à l'étude du recrutement.
LPCM- Villefranche s/Mer - L. PRIEUR
- I-33 "SAR" (Méditerranée occidentale)
U.S.T.L. Montpellier - Pr J.P. QUIGNARD
- III-34 Evaluation de la biomasse de reproducteurs et des recrues du stock de coquille St-Jacques de la baie de St-Brieuc - Résultats préliminaires.
C.O.B. Brest - J.C. DAO
- III-35 Fécondité, nutrition larvaire, métamorphose chez *Pecten maximus*.
Faculté des Sciences - Brest - A. LUCAS
- I-36 Petits pélagiques.
Station marine d'Endoume - Marseille - ABOUSSOUAN, RASOANARIVO, CHAVANCE
- I-37 Typologie des nurseries littorales et lagunaires.
U.S.T.L. Montpellier - G. LASSERRE
- I-38 Etude de la population totale (stocks marins et lagunaires) de daurades et de loups du littoral du Narbonnais et du Roussillon.
Laboratoire de biologie marine - Perpignan - J. BRUSLE
- I-39 Etude des stocks de poissons pélagiques en Méditerranée occidentale.
U.S.T.L. - Montpellier - Dr K. BENHARRAT
- I-40 Etude du recrutement des espèces fixées et vagiles sur un récif artificiel au large du bassin d'Arcachon.
Station de biologie marine - Arcachon - J.M. BOUCHET
- I-41 Dynamique de la population de *Stenella caeruleoalba* (Cétacé odontocète) en Méditerranée nord-occidentale d'après les statistiques d'échouages.
Laboratoire d'écologie numérique, U.S.T. Lille - Responsables: S. FRONTIER et D. VIALE
- I-42 Modélisation de la phase méroplanctonique et du recrutement dans le cycle de vie d'organismes benthiques.
Station marine - Villefranche s/Mer - CABIOCH, DAUVIN, GENTIL, RETIERE, AGOUMI NIVAL
- II-43 Possibilités d'étude de la prédation du Grand Cormoran, *Phalacrocorax carbo* sur les nurseries de soles, *Solea vulgaris*.
U.B.O. Brest - J.Y. MONNAT

- IV-44 Développement et survie larvaire chez *Crassostrea gigas*.
I.S.T.P.M. Arcachon - E. HIS
- II-45 Premiers essais de localisation des périodes critiques dans la vie des jeunes stades de sole en Mer du Nord.
IFREMER, centre de Nantes - D. WOEHRLING
- I-46 L'heuristique de la méthode aquacole pour la connaissance du déterminisme du recrutement.
France Aquaculture DEVA SUD, Palavas les Flots - P. DIVANACH
Station de Biologie marine et lagunaire, Sète - M. KENTOURI
- II-47 Evolution pluriannuelle des nourriceries de la baie de Somme.
IFREMER, station de Ouistreham - I. PERONNET et A. TETARD
- I-48 Etude empirique de la liaison entre anomalies climatique et fluctuations du recrutement chez deux espèces de bivalves.
IFREMER, centre de Brest - A. MENESGUEN

THÈME I

CONCEPTS ET PROCESSUS

Déterminisme du recrutement

Equipe de biologie des peuplements benthiques littoraux et productions marines .

Responsable: P. LE GALL - Université de Caen.

Laboratoire Maritime 14530 LUC-SUR-MER

- - - - -

Objet du programme proposé .

Contribution aux connaissances des conditions de recrutement d'espèces benthiques côtières, en particulier au niveau des paramètres physicochimiques du milieu, actifs durant la période de vie larvaire.

Groupe d'espèces étudiées .

- Groupe des OURSINS

Ce premier groupe d'espèces (PSAMMECHINUS Miliaris et PARACENTROTUS Lividus) font partie des ressources vivantes disponibles, bien que actuellement, elles soient relativement secondaires sur le plan économique français. Quelques centaines de tonnes (dont la majeure partie est importée) sont commercialisées chaque année en France. A titre de comparaison, la commercialisation officielle mondiale est d'environ 50 000 tonnes par an.

- Groupe des MOLLUSQUES et des ANNELIDES

Plusieurs espèces sont étudiées dans ces deux groupes systématiques, et viennent compléter les résultats obtenus sur les OURSINS. (Moules, Crépidules, Lanices, Owenia et Pectinaires).

Intérêts de ces groupes d'espèces .

Seul le groupe des OURSINS présente un intérêt économique certain, car ils possèdent une haute valeur commerciale et une productivité naturelle faible. Par contre, ils ont de très grandes potentialités de production en élevage de type intensif. Nos résultats actuels atteignent 20 kg de production par mètre carré d'installation, en deux ans, et nous permettent d'envisager des valeurs plus élevées en installations de production.

Les autres espèces ne présentent que des avantages au niveau scientifique et expérimental.

Dans le seul cadre des études portant sur les conditions du recrutement, ces espèces possèdent des larves qui exigent des conditions physicochimiques du milieu très strictes. Les effets dus aux variations de quelques uns des paramètres sont bien connus, sur le plan qualitatif et quantitatif. Les larves d'oursins, comme celles des moules, peuvent être utilisées comme test de qualité vis à vis du milieu marin.

L'éthologie larvaire est aussi assez bien connue, et elle est importante dans le cadre de l'évolution des larves durant toute leur vie planctonique.

L'obtention de larves est aisée toute l'année, à partir des élevages de géniteurs, moyennant quelques manipulations préparatoires.

La durée de vie est relativement longue au stade de larve, 4 semaines chez l'oursin ou chez les moules, moins pour les autres espèces, et ceci permet d'appréhender, in situ, les divers effets subits au cours de la phase de dispersion.

Place du programme "RECRUTEMENT" dans l'ensemble de nos recherches.

La connaissance des conditions de recrutement des espèces d'oursins est une partie d'un programme plus vaste, sur lequel nous travaillons depuis plusieurs années, et qui a comme finalité la mise au point d'une technologie d'élevage intensif d'organismes marins, en milieu contrôlé, à terre.

Dans le cadre de ce programme, la définition des conditions optimales de production artificielle de juvéniles est un objectif fondamental et prioritaire. Ce travail est conduit parallèlement à une étude in situ, du recrutement et du captage naturel. Cette étude doit permettre d'établir rapidement une comparaison "économique" des deux techniques d'approvisionnement en naissain.

Ces recherches sur les oursins correspondent à une application pratique de recherches plus larges, orientées depuis de très nombreuses années vers la compréhension des phénomènes liés à la dynamique des peuplements benthiques côtiers en Baie de Seine, Moules, Crépidules, Annélides divers. Pour de nombreuses raisons, l'exploitation des résultats acquis, s'est faite jusqu'à maintenant selon une orientation délibérément physiologique. Cependant, de nombreux éléments de connaissance relatifs aux conditions de recrute-

ment pour chacune des espèces étudiées sont d'ores et déjà acquis.

Moyens disponibles .

L'ensemble de ces recherches s'est effectué depuis 1963, au Laboratoire Maritime de LUC-SUR-MER.

Jusqu'à maintenant, nous disposons de moyens à la mer relativement réduits, ne permettant qu'une prospection sommaire du milieu marin, à l'intérieur d'une bande très côtière. De ce fait, nous ne pouvions pas programmer des suivis d'observation in situ. Mais par contre, nous possédons de nombreux résultats obtenus de façon indirecte, au cours d'observations effectuées au hasard de manipulations ayant une autre finalité. Par exemple, le recrutement de plusieurs espèces précitées a été suivi dans le temps grâce aux diverses installations d'élevage placées dans le milieu, et surveillées avec une très grande régularité. Nous avons aussi de nombreuses observations qui portent sur les conditions favorables ou non, du recrutement de ces espèces sur les fonds et les substrats.

La très prochaine mise en service du navire "Côtes de Normandie", va permettre de mettre en oeuvre un programme d'études et de mesures in situ, qui viendra rapidement confirmer les acquis actuels. Le programme correspondant est en cours d'élaboration.

Au Laboratoire Maritime, nous disposons d'un important potentiel d'élevage, constitué principalement de deux halls alimentés en eau de mer (surface totale 200 M²), et d'une unité de production d'algues unicellulaires. Ce potentiel d'élevage permet en particulier de maintenir des géniteurs de plusieurs espèces en parfaites conditions physiologiques, et de produire des larves sur lesquelles nous effectuons des expériences destinées à contrôler les effets soit des variations des conditions physicochimiques, soit des paramètres nutritionnels. L'un des membres de notre équipe est spécialisé dans la mise au point et la surveillance des appareillages nécessaires aux contrôles en continu des divers paramètres, dans les élevages.

Le cadre de nos activités, avec son potentiel actuel et attendu, ainsi que la structure de notre équipe permettent donc d'envisager l'élargissement de nos activités actuelles, à d'autres espèces et à d'autres paramètres, en ce qui concerne les phénomènes liés au recrutement.

Résultats escomptés .

Ces résultats seront différents, mais complémentaires, selon le groupe d'espèces auquel nous nous adresserons .

- Les oursins, pour lesquels nous connaissons bien le développement larvaire en milieu expérimental ainsi que les effets qualitatifs et quantitatifs des divers paramètres physicochimiques, nous permettront de définir in situ, et de vérifier les conditions favorables à un recrutement de bonne qualité, et de contrôler les aires de recrutement, en fonction de la dynamique hydrologique.

- Les autres espèces d'invertébrés (Mollusques et Annélides) pour lesquels nous connaissons bien la répartition spatiotemporelle des stades post recrutement, nécessitent une approche expérimentales afin de définir les limites d'action pour chacun des paramètres physicochimiques du milieu.

Il est très important de noter à ce sujet que ces diverses espèces présentent de très nombreuses analogies avec des vertébrés, tant au niveau de leur mode de reproduction et de recrutement : périodes de ponte étroites ou étalées, développement larvaire long ou court, planctonique en général, exigences strictes quant à la nature des substrats d'accueil, etc. , avec en plus l'avantage de se prêter facilement à une expérimentation. Il est en effet facile de conditionner des géniteurs afin de produire des générations de larves à des périodes ne correspondant plus aux périodes naturelles. Ceci, associé au fait que ce sont des animaux de petite taille, est un énorme avantage sur les vertébrés, au niveau de la programmation des séries expérimentales destinées à résoudre tel ou tel aspect du recrutement. Il est ensuite très facile de procéder à une modélisation du système pouvant être appliquée à des espèces plus importantes économiquement, mais plus difficiles d'abord expérimental.

Les points suivants seront programmés, en ce qui nous concerne .

- En milieu naturel .

- Répartition spatiotemporelle des diverses larves, en vue d'appréhender la dispersion de ces larves, en milieu très côtier, en relation avec la dynamique des courants de surface et de fond, avec la durée de vie larvaire en phase planctonique et le

comportement des larves à l'intérieur de la masse d'eau.

- Evolution quantitative des différents stades au cours de leur dispersion, afin de mettre en évidence l'effet de dilution, le taux de mortalité et de quantifier ces données.

- Analyse de la structure des substrats rocheux durs et sédimentaires au niveau des zones de recrutement effectif.

- En milieu expérimental .

- Détermination de la nature et des limites des paramètres physicochimiques, actifs sur le déroulement des différentes phases larvaires.

- Analyse des besoins nutritionnels , qualitativement et quantitativement.

Importance du recrutement et mécanismes
de régulation des populations de juvéniles
chez les Bivalves de milieux laguno-estuariens.

G. BACHELET

Institut de Biologie Marine
Université Bordeaux I
2, rue du Prof. JOLYET
33120 ARCACHON

PRESENTATION GENERALE ET SITUATION SCIENTIFIQUE DU PROJET

S'il est vrai que le déterminisme du recrutement des populations-stocks représente un thème de recherche fondamental pour la maîtrise des ressources vivantes de l'océan, il apparaît néanmoins vain de porter seulement attention aux espèces d'intérêt commercial. Le problème du recrutement doit, à l'évidence, être envisagé non seulement en ce qui concerne les espèces exploitées, mais aussi pour l'ensemble des espèces qui participent directement aux réseaux trophiques aboutissant aux échelons supérieurs. L'imbrication des processus biologiques en milieu marin est telle que la réussite ou l'échec du recrutement de telle espèce est conditionnée autant par la réussite ou l'échec du recrutement de telle autre que par les variations de l'environnement physique.

Face à cette complexité des interactions, la dynamique des populations dans les écosystèmes marins est restée jusqu'alors très en retrait par rapport à ses homologues terrestre et dulçaquicole, retard qui, outre la jeunesse relative de cette discipline, est lié à de nombreuses difficultés méthodologiques et conceptuelles. L'étude des problèmes de succession et de renouvellement des populations en est encore à ses balbutiements, tant en halieutique qu'en écologie marine fondamentale. Aucun modèle prédictif n'est, à l'heure actuelle, envisageable: on ne peut que constater des fluctuations temporelles à long terme, sans que celles-ci puissent être mises en relation avec les stocks existant à l'origine ou avec les conditions du milieu (exception faite de perturbations graves: pollutions diverses, crises dystrophiques, etc.).

Dans le domaine benthique, la majorité des espèces du macrobenthos marin subissent un développement larvaire pélagique (environ 70 % des espèces) et présentent donc un cycle de vie benthoplanctonique. L'étude du recrutement de ces espèces s'ordonne autour de 4 questions:

- quelle est l'importance des transferts de matière vivante, lors des stades larvaires, dans le sens benthos-pélagos (reproduction), puis dans le sens pélagos-benthos (sédimentation larvaire)?

- quelle est l'intensité (= importance quantitative) du recrutement et à quelle vitesse les populations recrutées récemment sont-elles régulées?

- quel est le déterminisme du recrutement *sensu stricto*?

- quels sont les mécanismes assurant le maintien et la survie des recrues?

Les connaissances relatives à ces 4 questions fondamentales peuvent être ainsi résumées et commentées:

1 - Transferts de matière entre eau et sédiment

En raison de l'importance du nombre de larves planctoniques émises par les adultes benthiques (THORSON, 1946; MILEIKOVSKY, 1971), le rôle de celles-ci dans les transferts énergétiques entre les domaines pélagique et benthique peut être supposé conséquent. Les résultats de BHAUD (1979), obtenus sur des Annélides en Méditerranée, l'attestent. Ce type de données est toutefois difficile à obtenir étant donné la nécessité d'une coopération rarement réalisée entre planctonologistes et benthologues.

2 - Mise en évidence du phénomène de recrutement

Rechercher les causes d'un phénomène nécessite la mise en évidence de celui-ci. Or dans le cas du recrutement des invertébrés benthiques, le phénomène n'est souvent analysé qu'a posteriori à partir d'échantillonnages qui ne sont que la conséquence tardive du recrutement.

En écologie marine, les processus se déroulant à une échelle plus fine que le pouvoir de résolution des méthodes traditionnelles d'échantillonnage sont généralement sous-estimés. Il en est ainsi pour la phase d'installation des larves sur le substrat et pour la phase de croissance post-larvaire. Les stades juvéniles de la plupart des espèces macrobenthiques débutent en effet leur vie sur le fond en tant que membres de la meiofaune (THORSON, 1966). Or meio- et macrobenthologues utilisent des techniques d'extraction de la faune très différentes, ce qui a conduit les uns et les autres à négliger totalement les stades juvéniles du macrobenthos. La méconnaissance de ce meio-benthos "temporaire" ou "transitoire" (MUUS, 1966, 1973; THORSON, 1966; GUILLE & SOYER, 1968; SOYER, 1971; VITIELLO & DINET, 1979; CATTANEO & MASSE, 1984) est donc due en grande part au choix de la maille utilisée lors de l'opération de tamisage des sédiments. REISH (1959) et DRISCOLL (1964) pour la macrofaune, DE BOVEE *et al.* (1974) pour la meiofaune, ont clairement montré l'influence capitale du vide de maille employé sur les dénombrements. Les mailles de 0.5 à 1 mm employées habituellement sont tout à fait inadéquates pour évaluer l'importance quantitative des formes juvéniles du macrobenthos (BACHELET, 1984), surtout lors des périodes de recrutement qui présentent un caractère fugace (CATTANEO & MASSE, 1984).

La rareté des données quantitatives sur l'intensité et le

maintien du recrutement semble donc procéder pour l'essentiel d'un échantillonnage inadapté à l'étude de celui-ci. En raison de l'utilisation d'une maille de récolte trop large, de nombreuses erreurs se sont par ailleurs glissées dans l'estimation des taux de croissance (MUUS, 1973). Ainsi, pour les Bivalves, le terme de naissain ("spat") a été employé pour désigner des individus atteignant jusqu'à 3 mm de longueur, alors que la métamorphose se produit à une taille moyenne de 300 μ m. La date du recrutement dépend donc uniquement de la taille des mailles utilisées. MUUS (1973) pour diverses espèces de Bivalves et NAUEN (1978) chez *Asterias rubens* ont mis en évidence une phase de croissance très lente chez les juvéniles, qui était jusqu'alors insoupçonnée. Leurs résultats ne sont pas toutefois en accord total avec ceux de WILLIAMS (1980), ANKAR (1980), CATTANEO *et al.* (1983), BARKER & NICHOLS (1983), CATTANEO & MASSE (1984), seuls auteurs à présenter des données réellement fiables dans ce domaine.

Malgré sa faible biomasse, l'importance du zoobenthos de petite taille (stades larvaires et juvéniles du macrobenthos notamment) dans les flux énergétiques au niveau de l'interface eau-sédiment a été démontrée pour un système intertidal (KUIPERS *et al.*, 1981). Ses dimensions et son turnover élevé font en effet du meiobenthos temporaire une source importante de production benthique directement assimilable par les niveaux trophiques supérieurs (poissons démersaux, crustacés, échinodermes) et par des prédateurs occasionnels (meiofaune prédatrice, macrofaune dépositivore et suspensivore: THORSON, 1966; MILEIKOVSKY, 1974).

3 - Déterminisme du recrutement

La réussite ou l'insuccès du recrutement conditionne la vie benthique ultérieure et celle des prédateurs épibenthiques. Or les facteurs et les mécanismes de contrôle des fluctuations du recrutement sont à ce jour imparfaitement connus, d'où l'absence d'explications rationnelles aux phénomènes de stabilité ou de succession observés au sein des communautés benthiques. Des recrutements relativement modestes peuvent être à l'origine de populations durables, alors que des recrutements massifs disparaissent parfois en quelques semaines, assurant ou non la pérennité des peuplements en place (AYERS, 1956; THORSON, 1966; KUIPERS *et al.*, 1981; CATTANEO & MASSE, 1984).

Le déterminisme du recrutement en lui-même (fixation et métamorphose des larves méroplanctoniques) est un phénomène étudié depuis longtemps par les biologistes marins (cf. GUERIN, 1981, 1982). Ces travaux ont permis

de mettre en évidence la discrimination faite par les larves "compétentes" vis-à-vis du substrat, d'isoler certaines substances favorisant leur sédentarisation, de montrer la nécessité d'une présence de matière organique particulière à l'interface. Ces données résultent cependant d'expérimentations en laboratoire, non vérifiées sur le terrain.

4 - Déterminisme du maintien des recrues

Plus que le recrutement en lui-même, l'étape critique dans les processus de repopulation benthique paraît être celle suivant immédiatement la sédentarisation des larves. Outre les conditions physiques du milieu, déjà sélectionnées lors de la phase de fixation, les mécanismes agissant directement sur le maintien des recrues sont probablement d'ordre biologique: celles-ci doivent résister aux pressions de compétition et de prédation.

Les interactions compétitives entre adultes et larves en voie de sédimentation sont des déterminants importants de la structure des communautés. Les résultats expérimentaux ou les observations dans le milieu naturel sont plus ou moins contradictoires. L'influence négative de populations denses de filtreurs sur le recrutement (WOODIN, 1976) a ainsi été vérifiée dans certains cas, infirmée dans d'autres (SINGARAJAH, 1969; WILLIAMS, 1980; WILSON, 1980; LEVIN, 1981; LEVINTON & STEWART, 1982; MAURER, 1983). Les interactions négatives de la part des adultes vis-à-vis des larves et des post-larves se feraient soit par consommation directe, soit par perturbation biogénique du sédiment (RHOADS & YOUNG, 1970, 1971; WOODIN, 1976; MYERS, 1977; BRENCHLEY, 1978).

Les expériences d'exclusion ou d'inclusion de prédateurs épibenthiques dans des enclos *in situ* ont montré le rôle régulateur de la prédation sur les populations de juvéniles installées sur des sédiments nus intertidaux ou d'eau peu profonde (REISE, 1977, 1978; VIRNSTEIN, 1977, 1978, 1979; PETERSON, 1979; HOLLAND *et al.*, 1980; DAUER *et al.*, 1982).

OBJECTIFS ET RESULTATS ATTENDUS

Le programme proposé a pour but l'analyse des processus de renouvellement des populations de Mollusques Bivalves caractéristiques des milieux estuariens et lagunaires.

Le choix des milieux et des espèces est dicté dans ce programme par des considérations liées aux caractéristiques propres du phénomène de recrutement.

Choix des biotopes:

Le caractère fugace de la sédentarisation benthique des larves impose une grille spatio-temporelle d'observation appropriée, alliant une extraction fine de la faune et une fréquence rapprochée des échantillonnages (au moins bimensuelle). Les populations étudiées doivent donc être accessibles à tout moment. La gestion, trop rigide, des navires océanographiques ne permet pas, actuellement, de satisfaire à cette condition. Les peuplements côtiers de la zone Sud-Gascogne sont par ailleurs relativement instables dans leur position géographique, soumis à de forts remaniements d'origine hydrodynamique.

Notre choix s'est donc porté sur des stations d'accès aisé par tout temps et sur lesquelles nos connaissances biologiques et hydrosédimentaires sont étayées:

- zone intertidale de l'estuaire de la Gironde (BACHELET, 1979 a et b; BACHELET *et al.*, 1981; BOUCHET *et al.*, 1976);
- lagunes aménagées du Bassin d'Arcachon (LABOURG, 1979, 1980; LABOURG & LASSERRE, 1980);
- Chenal du Courbey, dans le Bassin d'Arcachon (BOUCHET, 1962 a et b, 1963, 1968), aux peuplements similaires à ceux des fonds infralittoraux côtiers.

Choix des espèces:

Selon les stratégies démographiques adoptées, l'ensemble des espèces animales s'ordonnent selon un continuum r-K (MAC ARTHUR & WILSON, 1967), traduisant la plus ou moins grande aptitude colonisatrice de leurs populations. Les "stratèges" r présentent typiquement une fécondité élevée, des effectifs très variables d'une année à l'autre, avec une mortalité de type catastrophique. La tendance K se manifeste par une plus forte stabilité des populations. Dans l'optique du recrutement, il nous est apparu intéressant de comparer la dynamique des populations d'espèces présentant diverses stratégies:

- espèces à tendance opportuniste (r): *Abra alba* (Chenal du Courbey) et *Abra ovata* (lagunes d'Arcachon et estuaire de la Gironde);
- espèces à tendance équilibrée (K): *Macoma balthica* et *Scrobicularia plana* (estuaire de la Gironde).

Ces espèces ont déjà fait l'objet, de notre part, de travaux de dynamique de populations (BACHELET, 1980, 1981, 1982, 1984; BACHELET & CORNET, 1981).

Le projet concerne les thématiques 2 et 4 exposées plus haut (cf. § Présentation générale du projet).

1^{er} objectif: Quantification du recrutement.

Cet aspect est basé sur un échantillonnage rigoureux des populations intertidales et subtidales de Bivalves (entamé depuis début 1983 dans le cadre d'une thèse d'Etat; BACHELET, 1984 et sous presse):

- fréquence bimensuelle, pouvant être ramenée à des intervalles hebdomadaires,
- récolte des juvéniles sur maille de 100 μ m,
- durée prévue: 3 à 4 ans.

Les résultats attendus sont les suivants:

- détermination de la période optimale et de l'intensité du (ou des) recrutement(s),
- taux de croissance et de mortalité des juvéniles,
- variabilité pluriannuelle du recrutement.

Des informations complémentaires seront recueillies sur la structure et la cinétique démographiques des populations, les taux de croissance individuelle, les cycles de reproduction, la productivité des populations.

On cherchera en définitive à évaluer les transferts énergétiques vers les niveaux trophiques supérieurs par l'intermédiaire des juvéniles, et à rechercher l'existence possible d'une relation recrutement/stock adulte.

2^e objectif: Déterminisme de la survie des juvéniles.

On recherchera ensuite par quels mécanismes sont assurés le maintien et la survie des populations nouvellement installées, et la nature des processus de régulation de ces populations:

- analyse des conditions environnementales: température, paramètres hydrologiques, rôle du carbone organique dissous et particulaire en tant que source trophique;
- recherche d'interactions compétitives éventuelles;
- mise en évidence du rôle de la prédation épibenthique, par enceintes d'exclusion/inclusion.

BIBLIOGRAPHIE SELECTIVE

- BACHELET G., 1979a - Les peuplements macrobenthiques de l'estuaire de la Gironde : évolution annuelle des paramètres démographiques. J. Rech. Océanogr., 4 (1) : 3-13.
- BACHELET G., 1979b - Dynamique de la macrofaune benthique et production des Lamellibranches de l'estuaire de la Gironde. Thèse 3e cycle, Océanogr. Biol., Univ. Paris VI, 170 pp.
- BACHELET G., 1980 - Growth and recruitment of the tellinid bivalve *Macoma balthica* at the southern limit of its geographical distribution, the Gironde Estuary (SW France). Mar. Biol., 59 (2) : 105-117.
- BACHELET G., 1981 - Application de l'équation de von Bertalanffy à la croissance du bivalve *Scrobicularia plana*. Cah. Biol. mar., 22 (3) : 291-311.
- BACHELET G., 1982 - Quelques problèmes liés à l'estimation de la production secondaire. Cas des Bivalves *Macoma balthica* et *Scrobicularia plana*. Oceanol. Acta, 5 (4) : 421-431.
- BACHELET G., 1984 - Les stades juvéniles de la macrofaune : stratégie d'échantillonnage et rôle dans l'écosystème benthique. J. Rech. Océanogr. (sous presse).
- BACHELET G., 1984 - Sieving efficiency in benthic ecology : implications for the study of juvenile invertebrate populations (soumis pour publication).
- BACHELET G., BOUCHET J.M. & LISSALDE J.P., 1981 - Les peuplements benthiques dans l'estuaire de la Gironde : biomasse, production et évolution structurale. Océanis (Doc. Océanogr.), 6 (6) : 593-620.
- BACHELET G. & CORNET M., 1981 - Données sur le cycle biologique d'*Abra alba* (Mollusque bivalve) dans la zone Sud-Gascogne. Ann. Inst. Océanogr., 57: 111-123.
- BOUCHET J.M., 1962 a - Etude préliminaire des conditions physiques et sédimentologiques d'un chenal du Bassin d'Arcachon (chenal du Courbey). Bull. Inst. Océanogr. Monaco, 1233: 1-19.
- BOUCHET J.M., 1962 b - Etude bionomique d'une fraction de chenal du Bassin d'Arcachon (chenal du Courbey). Ibid., 1252: 1-16.
- BOUCHET J.M., 1963 - Note sur l'évolution des biocoenoses d'une section du chenal du Courbey (Bassin d'Arcachon). Ibid., 1265: 1-7.
- BOUCHET J.M., 1968 - Etude océanographique des chenaux du Bassin d'Arcachon. Thèse Doct. d'Etat, Univ. Bordeaux, 306 p.
- BOUCHET J.M., CASTEL J. & SORBE J.C., 1976 - Particularités biologiques d'un site estuarien: l'estuaire de la Gironde. In: Journées de la thermo-écologie, Brest, 15-16 nov. 1976, E.D.F., Direction de l'équipement: 400-406.
- LABOURG P.J., 1979 - Structure et évolution de la macrofaune invertébrée d'un écosystème lagunaire aménagé (réservoirs à Poissons de Certes). Publ. Sci. Tech. CNEXO, Actes Colloq., 7: 591-614.
- LABOURG P.J., 1980 - Structure et évolution de la macrofaune invertébrée des écosystèmes lagunaires aménagés du Bassin d'Arcachon. Application du concept de stratégie cénotique. In: Recherches d'écologie théorique, les stratégies adaptatives. R.Barbault, P.Blandin et J.A.Meyer, eds. Maloine, Paris: 279-295.
- LABOURG P.J. & G. LASSERRE, 1980 - Dynamique des populations de *Cerastoderma glaucum* dans une lagune aménagée de la région d'Arcachon. Mar. Biol., 60: 145-157.

MOYENS DISPONIBLES AU LABORATOIRE

1/ MOYENS MATERIELS

- Appareils d'échantillonnage : filets à plancton, bennes, carottiers, dragues
- Salles climatisées, incubateur réfrigéré
- Respiromètres différentiels GILSON
- Oxymètres de terrain ORBISPHERE
- Pont de température / salinité KENT
- pH mètre RADIOMETER
- Centrifugeuses SORVALL, JANETZKI
- Compteur à scintillation INTERTECHNIC
- Microcalorimètre à ampoule LKB avec enregistreur
- Cryostat
- Equipement stéréomicroscopique WILD, LEITZ, ZEISS
- Equipement microscopique NACHET, LEITZ
- Equipement standard d'histologie
- Etuves
- Calcinateurs
- Balances SARTORIUS (0,1 mg)
- Balances électroniques METTLER (0,01 mg)
- Micro-ordinateurs APPLE II (48 k) avec imprimante, et HP 85 (32 k) avec table traçante
- Véhicules de service : 2 cv fourgonnette, Renault 4, Camion Renault Trafic
- Bateaux : bac de 11 m (92 cv), pinasse de 10 m (45 cv)

CHERCHEURS CONCERNES

Institut de Biologie Marine - Arcachon:

BACHELET Guy	Attaché de recherche C.N.R.S.
BOUCHET Jean-Marie	Maître de recherche C.N.R.S.
CORNET Michel	Ingénieur de recherche C.N.R.S.
LABOURG Pierre-Jean	Maître-Assistant Univ. Bordeaux I

Collaboration extérieure:

Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine - LA 197:

ETCHEBER Henri	Chargé de recherche C.N.R.S.
----------------	------------------------------

Professeur Y. A. FONTAINE

7, rue Cuvier, 75231 PARIS CEDEX 05

Tél. : 336-00-72

PROGRAMME SUR LE DETERMINISME DU RECRUTEMENT

Projet de recherche sur la physiologie de la reproduction des poissons : évolution de l'axe système nerveux central-hypophyse-gonades au cours de la "puberté" * provoquée de l'anguille européenne, *Anguilla anguilla* L.

Situation du sujet

L'anguille européenne est une espèce de grande importance économique, parfois méconnue en France bien que notre pays soit le 1^{er} producteur et exportateur. La demande commerciale continue d'augmenter tant en ce qui concerne les civelles (consommation, grossissement, exportation) que les grosses anguilles (consommation, exportation). Or toutes les statistiques et les observations récentes montrent une diminution du stock et en particulier des captures de civelles malgré le perfectionnement des moyens de pêche. Il faut rappeler que le stock d'anguilles dépend totalement de la reproduction naturelle qui s'effectue en mer des Sargasses et tout porte à croire que nous assistons à une diminution rapide du nombre de reproducteurs due à une surpêche déjà ancienne des civelles.

* Nous entendons ici par puberté l'ensemble des étapes du développement sexuel qui va de la situation existant chez l'anguille argentée jusqu'à l'émission des gamètes.

Il nous semble donc (et c'est aussi l'opinion de plusieurs autres groupes, par exemple en Scandinavie et en Extrême-Orient) que, sans mésestimer les difficultés du but à atteindre, il est temps de chercher les moyens de maîtriser la reproduction de l'anguille.

x

x x

On sait que l'anguille européenne présente un cycle biologique très original, en particulier du point de vue de la reproduction. Les gonades restent à un stade immature (fin de la 1^{ère} phase de croissance ou début de la 2^{ème} phase de croissance de l'ovocyte) aussi longtemps qu'elle n'a pas entrepris sa migration marine; il en est encore ainsi chez les anguilles "argentées" qui ont subi la préparation physiologique à la migration et sont pêchées juste avant de la commencer. Enfin ces anguilles argentées ne mûrissent pas si elles sont gardées, même en eau de mer, au laboratoire.

x

x x

L'étude des gonades de l'anguille européenne et de leur contrôle hormonal a été abordée au laboratoire par Maurice Fontaine et ses collaborateurs dès les années trente. Ces auteurs ont alors obtenu la maturation complète des mâles par injection de prolans (urine de femme enceinte); le développement des ovaires a été à son tour observé sous l'effet d'extraits d'hypophyses de carpe (M. Fontaine et al 1964) puis d'hormone gonadotrope ou GTH de carpe (Y.A. Fontaine et al 1976). Au cours de ces dernières années nous avons obtenu de nombreux résultats complémentaires qui nous ont permis de préciser l'état de l'axe système nerveux central-hypophyse-gonades chez l'anguille argentée.

Au niveau des gonades : caractérisation du stade de développement (stéroïdogénèse, sensibilité à la GTH in vitro etc...)

Au niveau de l'hypophyse (faible stockage et sécrétion de GTH, rétrocontrôle positif de l'oestradiol sur la synthèse de GTH).

Au niveau du système nerveux central (présence et répartition d'un facteur du type de l'hormone de décharge de la LH ou LH RH).

Ces travaux ont montré que le développement des gonades pouvait être déterminé par des traitements gonadotropes divers, à la fois quantitativement et qualitativement (dose et nature des hormones injectées en fonction par exemple du phénomène de désensibilisation qui a été mis en évidence). Ils ont, par ailleurs, fourni des informations nouvelles sur le déterminisme du blocage de la fonction gonadotrope, qui empêche le développement spontané des gonades. Il est au moins en partie dopaminergique et peut être levé par un antidopamine, le pimozide. Certains stéroïdes ovariens (les androgènes 5 α réduits dont la production est abondante chez l'anguille argentée) sont aussi susceptibles d'y participer. Des résultats préliminaires nous laissent enfin espérer l'identification des facteurs du milieu qui doivent physiologiquement stimuler la fonction gonadotrope durant la migration.

Projets de recherche

Nous envisageons de suivre l'évolution de l'axe système nerveux central-hypophyse-gonades au cours de "pubertés" provoquées. Nous comparerons cette évolution chez des animaux recevant divers traitements gonadotropes et ceux dont la propre fonction gonadotrope a été mise en activité par des traitements appropriés (traitements chimiques ou action de facteurs du milieu extérieur).

Cette évolution sera étudiée :

- au niveau du système nerveux central (dosages de LH RH, dopamine et autres médiateurs; approche immunocytologique; récepteurs hormonaux).
- au niveau de l'hypophyse (dosages de GTH; approche immunocytologique; récepteurs hormonaux).
- au niveau des gonades (microscopie photonique et électronique; sensibilité à la GTH in vitro; récepteurs hormonaux; stéroïdogénèse; vitellogénèse).

Ces projets devraient nous permettre :

- de caractériser le processus de puberté encore très mal connu chez les poissons.
- de définir le ou les traitements optimaux pour la production de gamètes permettant la fécondation.

Personnel concerné

Laboratoire de Physiologie du Museum (LA 90)

Chercheurs : J. Leloup-Hatey, maître de recherche CNRS.
B. Quérat, docteur 3^{ème} cycle, boursier.
Y.A. Fontaine, professeur Museum.
S. Dufour, chargé de recherche CNRS.
C. Salmon, maître assistant Museum.
E. Fontaine-Bertrand, maître assistant Museum.
E. Burzawa-Gérard, maître de recherche CNRS.

Techniciens: A. Hardy, 1B Museum.
S. Baloché, 3B CNRS.
N. Delerue, 1B CNRS.
J. Marchelidon, 2A CNRS.
A. Dumas-Vidal, 3B Museum.

Groupe de Physiologie de la reproduction des poissons (Bordeaux I)

Chercheurs : F. Le Menn, assistant Université.
O. Kah, chargé de recherche CNRS.
P. Chambolle, maître assistant Université.

Technicien : P. Dubourg, ingénieur Université.

Des collaborations sont prévues avec les groupes de :

B. Kerdelhué (Gif/Yvette) (dosages de LH RH).
S. Fuzeau-Braesch (Orsay) (dosages de dopamine).
B. Vivien (Strasbourg) (dosages de mélatonine).
Dr. Nahoul (FRH, Fresnes) (dosages de stéroïdes).

RELATIONS STOCK-RECRUTEMENT : UN TYPE D'APPROCHE

J.-P. QUIGNARD

Laboratoire d'Ichthyologie
Université des Sciences et Techniques du Languedoc
34060 - MONTPELLIER

Nous nous proposons d'apprécier les liens stock-recrute-
ment par le truchement « lagune » .

Première hypothèse à tester :

Les entrées dans les étangs au stade pélagique et/ou
au stade post-pélagique sont-elles le reflet du stock présent
et futur d'adultes en mer ?

La réponse peut venir d'un suivi (à plus ou moins long
terme) numérique des entrées par les passes (séries chronologi-
ques) fait en parallèle avec un suivi des pêches professionnel-
les en mer.

La lagune, piège naturel, peut être un intermédiaire
efficace pour ce type d'approche qui s'est souvent soldé par
un échec lors d'études directes en pleine mer.

Deuxième hypothèse à tester :

Est-ce que le recrutement dans la pêcherie lagunaire pré-
figure le recrutement marin :

1) puisqu'il précède de quelques mois celui
qui se fait en mer

2) puisqu'il est situé en aval des principales
phases critiques de la vie larvaire

3) que les facteurs ayant une influence sur
le recrutement en lagune sont du même type que ceux rencontrés
en mer littorale ou sont un peu "exagérés" par rapport à ces
derniers.

La réponse peut venir d'un suivi de la pêche lagunaire
fait en parallèle avec un suivi de la pêche en mer pour les espè-
ces prises en considération.

Si la réponse est positive dans l'un des cas ou dans les deux cas précédents, on peut alors investir dans l'étude des facteurs régissant en lagune le succès ou l'insuccès du recrutement lagunaire (pêcherie) — c'est-à-dire le maintien du peuplement de l'entrée en lagune à son exploitation dans ce milieu —

Ces facteurs sont plus accessibles en lagune qu'en mer. Ils sont évidemment d'ordre abiotique:

- climatologique (pluie, vent, température, ...)
- biochimique (malaïgue ce facteur n'existe pas en mer).

d'ordre biotique:

- prédation
- alimentation (nourriture nécessaire et nourriture disponible)
- etc.

Cette connaissance peut apporter des éléments pour comprendre la série d'événements qui se produit en mer entre la ponte et le recrutement sur la pêcherie

LES APPENDICULAIRES ET LEUR ROLE DANS L'ECOSYSTEME PELAGIQUE

par R.Fenaux
Maître de Recherche au C.N.R.S.

C.E.R.D.V. Station zoologique E.R.A.228 06230 Villefranche/mer

Introduction.

Les Appendiculaires sont des Tuniciers pelagiques nageant librement. Ils sont constitués par un tronc qui varie généralement de 200 microns à 4 millimètres et une queue un certain nombre de fois plus longue que le tronc (généralement entre 3 et 6 fois). Dans la mer, les Appendiculaires qui appartiennent à la famille des oikopleurides vivent dans une bulle mucilagineuse (Fig.n°1). Cette formation appelée aussi logette contient un système de filtration qui retient les particules en suspension dans l'eau de mer, depuis 0.1 jusqu'à 50 microns, qui servent à l'alimentation de l'animal. A l'intérieur de la logette l'individu secrète, autour du tronc, une couche muqueuse qu'il peut gonfler pour former une nouvelle logette, peu de temps après avoir quitté l'ancienne. Nous avons montré que 4 à 16 logettes peuvent être secrétées par jour.

La vie d'un Appendiculaire peut être divisée en 4 périodes bien distinctes encadrées par des événements importants qui bouleversent complètement la situation existant précédemment (Fig.n°2). Après la fécondation, l'oeuf se développe en modelant un individu larvaire constitué de deux parties, le tronc et la queue. A l'éclosion, la queue présente pratiquement tous les éléments qui se retrouveront plus ou moins modifiés chez l'adulte. Dans le tronc par contre, on ne distingue qu'une esquisse du ganglion cérébroïde et du statocyste. Les larves ne peuvent se nourrir par suite de cette indifférenciation des organes du tronc. Lorsque ces derniers deviennent propres à fonctionner, il se produit deux phénomènes capitaux de la vie des Appendiculaires, la bascule de la queue et la sécrétion de la première logette. Tous deux vont donner à l'animal la possibilité de filtrer et concentrer les particules, contenues dans l'eau de mer, qui lui servent de nourriture.

L'animal adulte est hermaphrodite sauf dans l'espèce *Oikopleura dioica*. L'émission des gamètes dans la mer est suivie par la mort de l'individu. La fécondation a lieu librement dans la mer. Le nombre des oeufs est fonction de la taille de la femelle ainsi que des conditions externes qui ont prévalu pendant la vie de cette dernière (Fig.n°3).

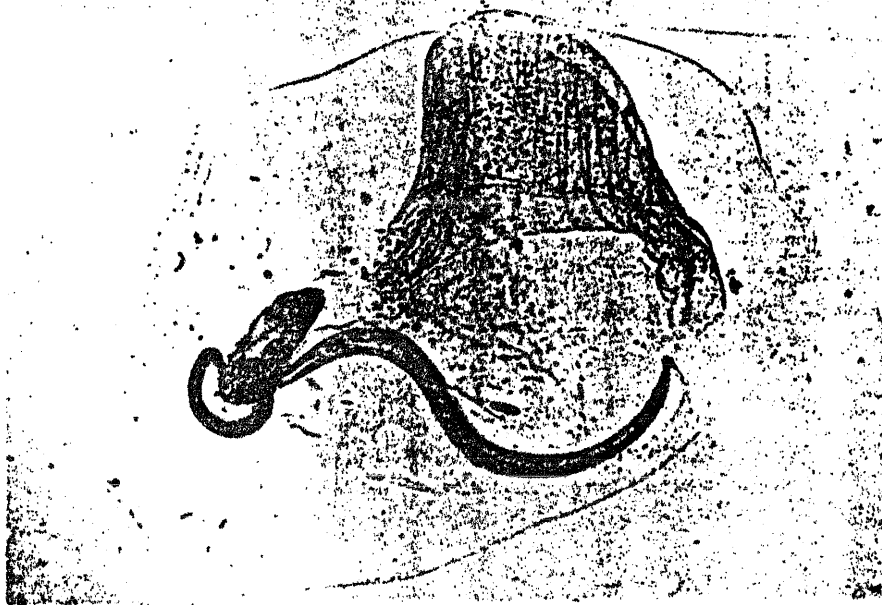


Fig.n°1: Oikopleure dans sa logette.

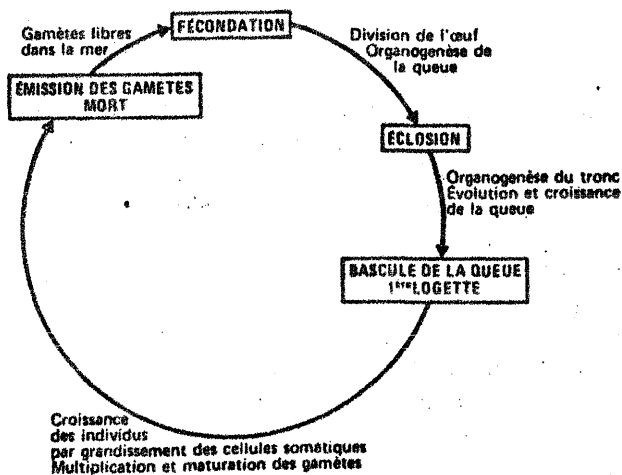


FIG. 2. — Cycle vital des Oikopleuridae (d'après FENAUX, 1976).

FIG. 2. — Life cycle of Oikopleuridae (from FENAUX, 1976).

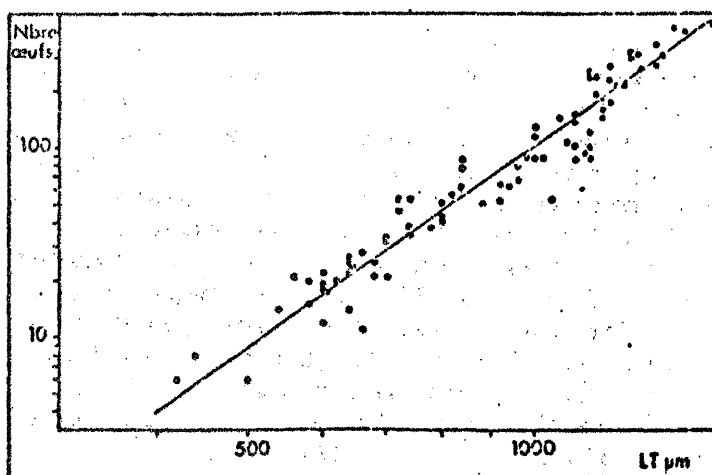


Fig.n°3 : relation liant le nombre d'œufs à la longueur du tronc chez O.dioica.

Dans nos élevages de *O. dioica*, il a varié entre 5 et 420 avec une moyenne aux environs de 200 (Fenau R. et B.Gorsky, 1981). Des exemplaires récoltés semi-matures dans la mer et conduits à maturité en élevage ont donnés des nombres plus importants, dépassant 800 oeufs.

L'ensemble du cycle vital se déroule entre 3 et 15 jours suivant la température de la mer.

Intérêt de l'étude des Appendiculaires.

A / Du fait de la brièveté du cycle vital, les expérimentations sur la biologie et la physiologie de l'animal peuvent être entreprises et renouvelées dans un laps de temps réduit. Cela s'applique aussi bien aux variations des conditions externes naturelles qu'à la recherche de l'impact de différents polluants où agents pathogènes. La sommation d'effets peu sensibles au cours d'une génération peu être suivie sur de nombreux cycles. Nous avons par plusieurs fois élevés des Appendiculaires pendant plus de 50 générations successives (Fenau R. et B. Gorsky, 1979 et 1983). D'autre part, la production d'individus peut être forte dans un temps réduit. Lorsque la température est élevée et la quantité de nourriture adéquate, le "turn over" est rapide et il peut se produire des "blooms" importants.

En élevage, nous obtenons des taux moyens de survie, entre l'oeuf et la ponte, qui sont de 50%. D'autre part, le sexe ratio observé dans ces conditions est peu différent de 1. Avec des eaux de 18°C, nous avons des cycles vitaux de 5 jours. Si on prend ces valeurs comme bases dans une simulation, il suffit de 20 jours pour que la descendance d'une femelle atteigne 12 millions 500.000 individus! Il est bien entendu que dans la mer, la prédation qui est importante, modère cette explosion démographique. Cependant, dans la nature, des concentrations importantes ont été signalées sur l'Upwelling de Mauritanie et dans le Saanish Inlet dans l'île de Vancouver. Dans ce dernier site, des comptages ont montré jusqu'à plus de 22.000 individus au mètre cube (Seki, 1973). De telles accumulations se retrouvent dans d'autres sites privilégiés, nous en parlerons dans le paragraphe C à propos des logettes.

B / Les Appendiculaires sont la proie de différents carnivores planctonophages et en particulier de poissons. Un certain nombre de publications font mention de ce fait. Leur nombre serait certainement beaucoup plus élevé si les appendiculaires n'étaient pas un matériel rapidement dégradable dans le tube digestif des prédateurs et de ce fait difficilement reconnaissables même après un séjour relativement court.

On trouvera ci-dessous une liste succincte d'auteurs, accompagnés du nom du ou des prédateurs cités, pour donner un aperçu de la variété de ces derniers :

Stone, 1969; Dallot, comm. pers. : Chaetognathes.
Hirota, 1973 : Ctenaires.
Bullen, 1908 : Maquereaux.
Hardy, 1924 : Harrengs.
Radovitch : Sardinops caeruleae.
Raitt, 1965 : Trisopterus esmarkii.
Halliday, 1969: Argentina sphyraena.
Manzer : Salmonidae.
Gorelova, 1974: Myctophidae juveniles.
Hobson, 1974, 76: Chaetodon, Abbudedefduf, Chromis, Acanthurus.

Mais c'est surtout la prédation par les larves de poissons qui présente un caractère particulier. Un certain nombre d'auteurs ont traité ce sujet, mais c'est Shelbourne (1953, 1957, 1962) qui a apporté le plus d'informations. Comme je l'ai signalé précédemment, les Appendiculaires ingérés deviennent rapidement impossibles à reconnaître dans le tube digestif des poissons. Par contre, les fèces des Appendiculaires gardent leur aspect initial qui est très caractéristique. D'autre part, Shelbourne a montré qu'une relation linéaire existe entre la taille des pelotes et la taille des Appendiculaires. La mesure de la première permet donc une estimation de la seconde. Cela a permis une étude très précise sur les relations de taille entre les proies (Appendiculaires) et les prédateurs (larves de Pleuronectes platessa). Dans la région sud de la mer du Nord, Shelbourne a également montré que la nutrition des larves commence au milieu de la période du sac vitellin par une alimentation végétale. Au moment où le sac est entièrement résorbé, les Appendiculaires, et en particulier *D. dioica*, deviennent les proies principales et le demeurent pendant toute la phase larvaire pélagique. Lorsque la phase larvaire pélagique de la Plie et l'abondance des Appendiculaires coïncident, ces derniers sont pratiquement mangés à l'exclusion des autres espèces de zooplancton.

C / Lorsque l'animal quitte sa logette, une quantité importante proche du tiers de la nourriture filtrée n'est pas ingérée et reste enfermée dans les filtres (B. Gorsky, 1980). Il y a donc rejet avec la logette d'un concentrat de nourriture qui est la proie de nombreux prédateurs. Les poissons mangent les logettes vides aussi bien que les pleines. Certains Copépodes, par exemple *Oncaea mediterranea*, s'installent sur la logette et broutent les particules prisonnières dans les filtres (A. Alldredge 1972) La sédimentation peut aussi être à la base d'un transfert d'énergie ou de polluants entre les niveaux superficiels et moyens du domaine pélagique (B. Gorsky 1984). Les logettes peuvent aussi atteindre le fond et servir alors de nourriture aux détritivores benthiques. Si la sédimentation est trop lente à cause des turbulences, des courants ascendants et particulièrement si la température est élevée, les logettes se désintègrent et forment souvent une partie importante de la "marine

snow" (Aldredge A. 1976).

Quand les Appendiculaires sont très nombreux et étant donné le nombre des logettes sécrétées par jour (4 à 16), la mer peut avoir l'apparence d'une véritable soupe de tapioca.

L'abondance des logettes peut même avoir des répercussions économiques. C'est ainsi que chaque année, dans la mer de Terre-neuve, pendant le mois de mai et le début de juin, une matière à base de mucopolysaccharides englué les filets de pêche. Cette substance est appelée "Slub" par les pêcheurs. Elle rend les filets visibles aux poissons qui peuvent ainsi les éviter; il en résulte des rendements très inférieurs à ceux qui sont habituellement obtenus. Il a été montré que ce mucus est composé par des logettes abandonnées par les Appendiculaires qui sont très abondant à cette époque de l'année (Comm.pers. Mahoney E., 1980 University of Newfoundland).

Etat de nos travaux

Après de nombreuses années passées à étudier la morphologie, la systématique et la répartition des Appendiculaires dans de nombreuses mers du globe, j'ai commencé à les élever en 1975. Le groupe de travail que j'ai constitué depuis, a pu élever plusieurs fois de suite *Dikopleura dioica* pendant 50 à 60 générations successives. A ma connaissance, nous sommes actuellement le seul laboratoire au monde à cultiver les Appendiculaires de façon pratiquement continue tout au long de l'année. Nous avons donc pu nous attacher à l'étude de la biologie et de la physiologie de ce groupe. Après la publication du premier cycle vital (Fenaux R., 1976), (Fig.n°4 et 5) nous avons décrit les techniques d'élevage qui nous permettent d'obtenir ces nombreux cycles (Fenaux R. et G. Gorsky, 1979). L'utilisation simultanée de 2 filets de mailles différentes nous a permis la même année de proposer une méthode d'estimation in situ d'une population d'*O. longicauda* (Fenaux R. et I. Palazzoli, 1979). En 1980, G. Gorsky soutenait une thèse de troisième cycle intitulée "Optimisation des cultures d'appendiculaires, approche du métabolisme d'*O. dioica*". Les rapports entre la taille des femelles matures et le nombre d'œufs a été étudié dans nos cultures (Fenaux R. et G. Gorsky, 1981). L'an dernier, en 1983, un mémoire de D.E.A. intitulé: Etude expérimentale de la fécondité d'un Appendiculaire *Dikopleura dioica* Fol, 1872. a été présenté par A. Bedo. Les compléments apportés depuis vont nous permettre, d'ici peu, de publier ces résultats.

Les deux espèces que nous avons élevé sont importantes au point de vue écologique. *O. dioica* est nettement néritique, elle supporte, de plus, des salinités très faibles allant jusqu'à 11.4 ‰ ce qui lui permet de fréquenter les eaux saumâtres des embouchures. *O. longicauda* par contre se rencontre plutôt dans les eaux du large. Elle y est généralement l'espèce la plus abondante et représente souvent, à elle seule, plus de 50% du total des Appendiculaires. Sa distribution est très étendue,

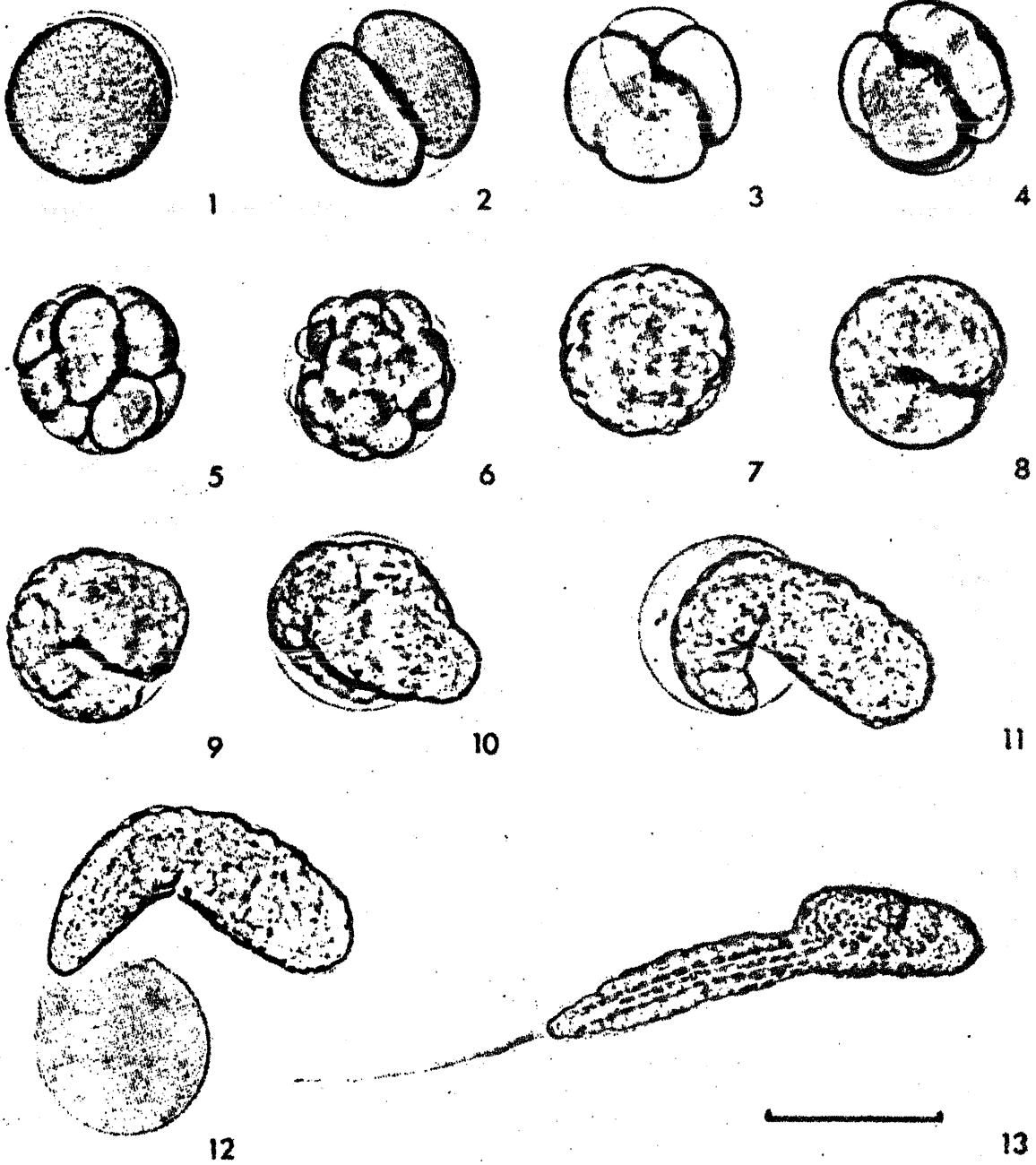


PLANCHE 4 -- Segmentation de l'œuf et éclosion chez *Olkopleura dioica*. 1 : œuf fécondé; 2 : stade 2; 3 : stade 4; 4 : stade 8; 5 : stade 16; 6 : stade 32; 7 : gastrula; 8 : œuf embryonné; 9 à 12 : éclosion; 13 : individu une demi-heure après l'éclosion.

PLATE 4 -- Early development and hatching of *Olkopleura dioica*. 1 : fertilized egg; 2 : stage 2; 3 : stage 4; 4 : stage 8; 5 : stage 16; 6 : stage 32; 7 : gastrula; 8 : embryo; 9 to 12 : hatching; 13 : young animal half an hour after hatching.

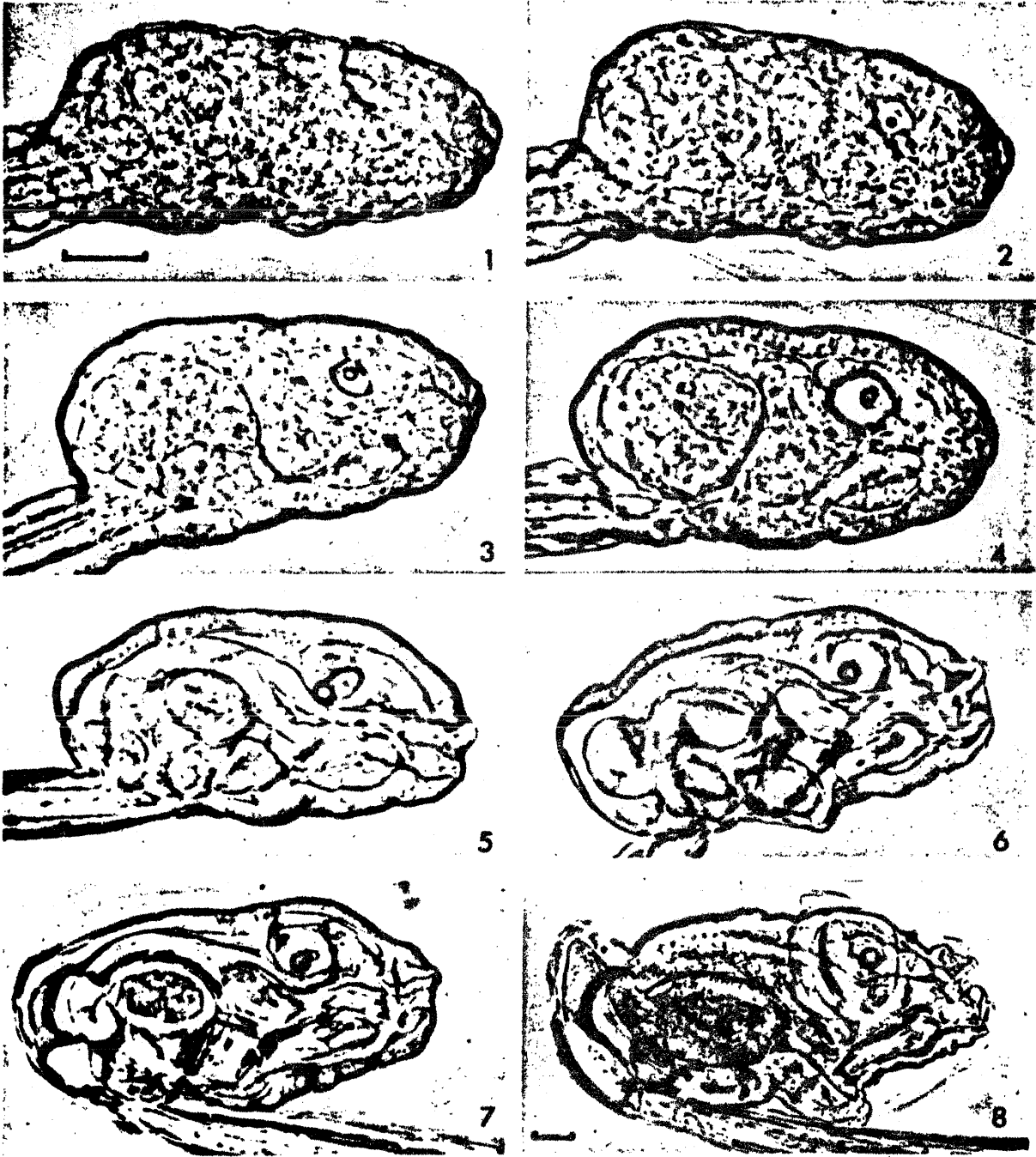


PLANCHE 5 — *Oikopleura dioica*, organogénèse du tronc. Echelles 20 μ .

PLATE 5 — *Oikopleura dioica*, organogenesis of the trunk. Scale 20 μ .

N ^o	1	2	3	4	5	6	7	8
Stade	1	2	2'	3	4	5	Bascule (shift)	Post Bascule (After shift)
L. tronc μ	95	100	105	105	110	110	115	220
L. queue μ	140	200	220	250	310	370	380	680

elle semble absente seulement dans la mer Noire et la Baltique.
Projets de recherches.

Actuellement, différents compartiments du métabolisme sont en cours d'étude. Les premières données sur la respiration de *Dikopleura longicauda* viennent d'être présentées à l'Académie des Sciences de Paris. Elles se poursuivent dans un thème de Recherche qui peut s'intituler: Modifications apportées par les changements de température dans la consommation de l'oxygène, l'excrétion en ammoniacque et en phosphate, en relation avec la taille des individus et leur composition chimique. Les différentes phases de l'alimentation, depuis la filtration jusqu'à la croissance avec mise en évidence des taux d'assimilation seront également étudiés.

Pour ce qui concerne la croissance et la fécondité, un certain nombre de problèmes sont en cours d'étude. Nous avons constaté par mensurations que tous les Appendiculaires issus d'une ponte se répartissent en une courbe de type gaussien. Cette courbe, étroite le premier jour, s'aplatit avec l'âge des individus. Ces derniers arrivent à maturité à des tailles différentes et par conséquent, en ce qui concerne les femelles, avec un nombre d'œufs différents. Nous avons l'intention d'étudier le déterminisme de ce processus pour tenter de différencier la part génétique de l'influence du milieu. Grâce à un nouveau système de comptage et de mesure automatique du volume des œufs par camera T.V. et ordinateur, nous pouvons faire des sélections de taille d'œufs avant l'insémination. Cela devrait nous permettre de voir s'il y a une relation entre la taille des œufs et celle des adultes dont ils sont issus. La possibilité d'une sélection pourrait alors être envisagée et comme le nombre d'œufs est fonction de la taille des femelles, c'est une autre voie vers l'optimisation des élevages.

Des crédits nous ont été alloués en 1983 par le P.I.R.O. dans le cadre d'une aide au développement du projet " Elevages d'organismes planctoniques ". Grâce à ces crédits, nous poursuivons notre travail sur la mise au point d'un système automatique d'acquisition des données et d'asservissement par ordinateur. La multiplication des informations avec une fréquence rapide ainsi que la possibilité d'expérimentations simultanées multiples va permettre l'application des méthodes statistiques dans l'évaluation de nos résultats.

Nous avons établi qu'il existe une relation linéaire entre le nombre des cellules de l'algue en culture et la fluorescence mesurée par un fluorimètre de Turner. Nous avons ensuite mis au point un montage en enceinte thermostatée ainsi que des programmes qui nous permettent de suivre en continu et d'évaluer le taux de chlorophylle par fluorescence. Les mesures peuvent être aussi rapprochées que 30 secondes. Nous avons choisi un pas de 30 minutes et établi une courbe de croissance en continu, d'une culture de *Platymonas suuccica* pendant 9 jours (Fig.n°6). Nous allons tester de la même façon les quelques algues servant à l'élevage de nos Appendiculaires. Par

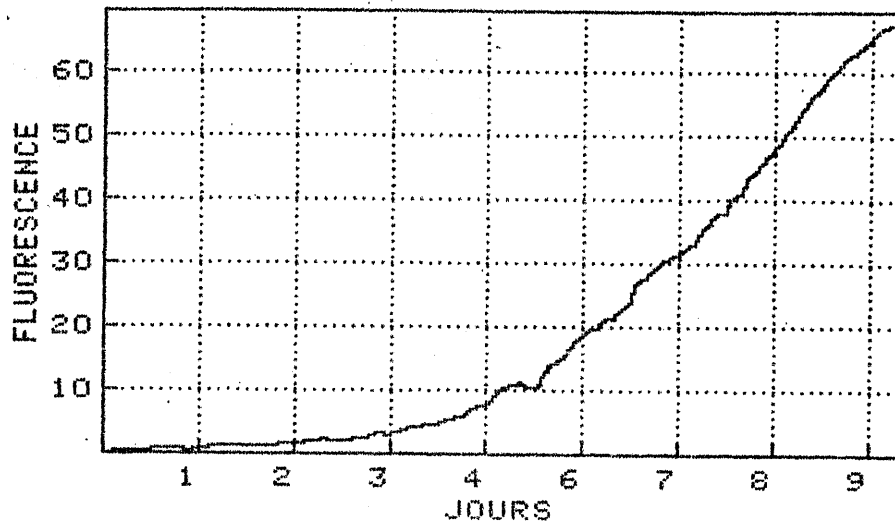


Fig.n°6 : Enregistrement en continu d'une culture de *Platymonas suecica*.

la suite nous établirons des chémostats de différentes cultures avec stabilisation, à un certain niveau, des algues en croissance exponentielle. Ces cultures nous serviront à alimenter des élevages d'Appendiculaires.

Après l'apport de nourriture, le broutage des Appendiculaires sera également suivi à intervalles réguliers par analyse automatique de la fluorescence. Nous avons l'intention de suivre l'alimentation des animaux ainsi que l'influence de différents facteurs : température, lumière, concentration et nature de la nourriture, âge et espèce des Appendiculaires. L'ensemble des résultats doit apporter une meilleure connaissance de la biologie de ces Tuniciers. Il doit également rendre possible une optimisation des élevages, qui permettra une production maximale dont on pourrait envisager l'utilisation en aquaculture.

ECOLE PRATIQUE DES HAUTES ETUDES

Laboratoire de Biochimie et Ecologie
des Invertébrés marins

Hubert J. CECCALDI

Station Marine d'Endoume
Rue de la Batterie des Lions

13007 - MARSEILLE

PROGRAMME NATIONAL

"DETERMINISME DU RECRUTEMENT"

Contribution à la programmation générale

INTRODUCTION .

L'étude des processus de recrutement prend en considération presque exclusivement le nombre des juvéniles entrant dans une pêcherie, ou le nombre des formes larvaires constituant la phase de prérecrutement.

Elle ne prend que très rarement en compte des facteurs qualitatifs, qui influent pourtant de façon notable sur la survie, la biologie et le comportement des individus constituant les populations pêchées.

Il est connu que la taille des stocks parentaux et les potentialités de reproduction des géniteurs peuvent rarement être mesurées, même de façon approximative. Deux domaines d'approche peuvent toutefois apporter de nouvelles données dans ce domaine :

. une étude, importante et détaillée réalisée à partir d'animaux pêchés aussi bien sur les stades larvaires que sur les individus de grande taille susceptibles d'être des géniteurs,

. une étude approfondie, en conditions expérimentales, sur les phases larvaires et juvéniles de prérecrutement d'une part, sur les géniteurs d'autre part.

La confrontation des résultats permettra de mieux comprendre le rôle de l'importance des facteurs du milieu sur la reproduction et la production de juvéniles recrutables dans chaque espèce étudiée.

1. ETUDES EN MER

1.1. Géniteurs .

Etablissement de cartes permettant d'établir des corrélations entre les conditions de températures et photopériode d'une part, et la présence de géniteurs à gonades plus ou moins développées d'autre part.

L'exploitation des cartes météorologiques, l'examen des gonades, l'analyse corporelle des animaux et encore les mesures dans le sang de lipoprotéines liées à la reproduction, comme les vitellogénines, doit permettre de tracer, à terme, des cartes de répartition les plus probables des géniteurs par espèce.

Une attention particulière sera apportée non seulement à la température mais aussi à la salinité de l'eau où les études ont été réalisées, en particulier pour les espèces démersales ainsi que les espèces à reproduction plutôt côtière.

1.2. Prérecrutement .

Les pontes obtenues vont avoir des devenir fort différents suivant les conditions du milieu dans lesquelles elles vont évoluer. Chez certains crustacés par exemple, on a observé qu'un même lot d'oeufs donnait des larves ayant des durées de vie larvaire courtes et très homogènes en eau dessalée, et au contraire très hétérogènes à la salinité de l'eau de mer. Cette deuxième situation (de loin la plus fréquente en mer évidemment) constitue un net avantage pour l'espèce qui voit ainsi sa distribution biogéographique beaucoup mieux assurée.

Par contre, dans des opérations de repeuplement et d'aquaculture extensive, il sera beaucoup plus avantageux de réaliser des productions de larves et juvéniles dans les eaux dont la salinité et la température auront les caractéristiques les plus favorables.

2. ETUDES AU LABORATOIRE

Elles doivent conduire à l'établissement d'abaques de croissance, de survie, et de reproduction en fonction des facteurs du milieu pour chacune des espèces considérées. Sans ce travail de fond, aucun échange ne pourra avoir lieu entre les spécialistes des pêches et les physiologistes marins. Ces deux types de spécialistes doivent pouvoir confronter leurs observations le plus rapidement possible, et le plus fréquemment possible.

2.1. Géniteurs .

L'établissement des abaques caractéristiques de la reproduction chez chaque espèce doivent être établies elles aussi. Les conditions optimales du grossissement et du fonctionnement des gonades en fonction des facteurs physiques, chimiques et nutritionnels du milieu, connues pour certains poissons téléostéens ou certains crustacés pénéidés, doivent être impérativement, obtenues pour les autres espèces commerciales. Il en est de même pour l'évaluation quantitative du taux de développement des ovaires à partir d'échantillons de sang, par dosage précis de lipoprotéines impliquées dans la vitello-génèse.

Le taux de survie des oeufs, leur capacité à fournir des larves plus ou moins résistantes, voire plus ou moins viables, ne pourront être évalués qu'après expériences détaillées, sur la physiologie de la reproduction, et sur la constitution d'un vitellus de bonne qualité permettant d'obtenir des larves aptes à bien survivre. L'établissement de critères de qualité des oeufs et des larves doit être établi sur des bases physiologiques et biochimiques, en tenant le plus grand compte de leurs variations circadiennes.

Une comparaison simpliste avec l'espèce humaine, où la malnutrition chronique dans certains pays cause les ravages que l'on sait malgré un taux de reproduction élevé, sera suffisamment éloquente pour pressentir l'importance de ce type de recherche.

2.2. Prérecrutement .

Les survies des phases larvaires et post-larvaires dépendront des bonnes conditions du milieu et des facteurs trophiques.

Certains résultats récents montrent ainsi que les différentes étapes de la croissance larvaire n'ont pas les mêmes caractères physiologiques enzymes digestives, taux d'excrétion azotée, respiration par exemple.

Là encore, les abaques de survie et de croissance devront être établies rapidement avec précision, chez le plus grand nombre possible d'espèces d'intérêt économique.

Les confrontations des résultats obtenus avec les observations réalisées dans le milieu ne peuvent être que très fructueuses. Elles permettront d'établir une approche convenable des taux de mortalité prévisibles dans le milieu et ainsi pourront être abordées certaines évaluations des variations du prérecrutement.

3. RELATIONS AVEC L'AQUACULTURE EN MILIEU OUVERT .

Elles sont évidentes pour ce qui concerne les aspects physiologiques ; elles nécessiteront des travaux plus détaillés dans le domaine du comportement des espèces considérées, surtout si l'on envisage des opérations de repeuplement dans des enclos, dans des cages, dans des zones de récifs artificiels, dans des opérations de pacage en mer par exemple.

Là encore, il sera indispensable de différencier de façon radicale les espèces côtières et les espèces pélagiques.

4. INVESTISSEMENTS A CONSENTIR .

Un laboratoire de physiologie marine expérimentale doit être développé pour mener à bien ce programme scientifique. Il doit être équipé des systèmes automatisés et programmés en cours de mise au point dans notre laboratoire, permettant de simuler des conditions externes du milieu marin. Son objectif est de permettre l'établissement systématique des abaques de survie et de croissance des espèces les plus importantes.

Il permettra des études de physiologie biochimique, en particulier dans le domaine de la nutrition, et la formation de jeunes spécialistes dans cette discipline.

Dans l'immédiat, il est indispensable et urgent de maintenir en place les jeunes chercheurs déjà formés dans ce domaine.

Les contacts avec les autres pays spécialisés comme les USA, la Grande Bretagne, le Japon sont indispensables.

Les futurs colloques franco-japonais par exemple, pourront donner lieu à de tels contacts au cours de ces prochains échanges.

5. PROGRAMME PARTICULIER .

L'équipe de recherche en physiologie d'animaux marins poursuivra les travaux qu'elle a entrepris depuis plusieurs années chez les crustacés. Elle pourra éventuellement diversifier certaines de ses activités vers d'autres espèces, en fonction de l'évolution des programmes nationaux et des moyens, notamment en chercheurs, qui lui seront attribués pour atteindre les objectifs définis.

Le programme consistera à établir les abaques, souvent en trois dimensions, des taux de survie et de croissance des espèces choisies et notamment de leurs stades larvaires. Les études sur la physiologie de la nutrition, de l'excrétion, de la respiration et de la reproduction seront renforcées en relation avec les centres de production de larves d'aquaculture.

Elle est prête comme elle l'a toujours fait, à s'adapter à une programmation nationale et à des coopérations interlaboratoires, interorganismes ou internationales.

ERA 228 du CNRS - C.E.R.O.V. - Station zoologique de Villefranche s/Mer
BP 28 - 06230 - VILLEFRANCHE S/MER

Projet de recherche : Lecture automatique des anneaux de croissance des écailles de Poissons par analyse d'image sur micro-ordinateur.

Responsable : Ph. LAVAL

I - Intérêt du sujet

La distinction des différentes classes d'âges présentes dans un échantillon de Poissons revêt une importance particulière dans la gestion des stocks des espèces commerciales. Parmi les différentes méthodes utilisées, l'étude des parties calcaires (écailles, otolithes) présentant des anneaux d'accroissement, donne des indications précieuses sur les modalités de croissance de chaque spécimen.

L'étude des anneaux de croissance permet en effet de déterminer non seulement l'âge de l'individu, mais aussi si la croissance a été rapide ou lente et pour des espèces migratrices comme les Salmonidés, à quel moment s'est effectué un passage en eau douce. Le prélèvement de quelques écailles peut de plus être réalisé rapidement au moment de la pêche, et ne nécessite pas le stockage et la conservation de l'individu entier.

Un grand nombre d'échantillons peuvent ainsi être prélevés, mais leur exploitation au laboratoire est lente. C'est pourquoi il est souhaitable de disposer d'un système automatique d'acquisition des différents paramètres qui peuvent être extraits d'une écaille. Ce système permettrait même d'envisager, grâce au traitement par ordinateur, l'acquisition de données nouvelles, beaucoup trop longues à acquérir manuellement.

II - Insertion de ces recherches dans l'activité du laboratoire, et expérience déjà acquise sur le sujet

La nécessité d'un dépouillement rapide des récoltes planctoniques, qui se fait de plus en plus sentir avec l'utilisation d'échantillonneurs en continu, a amené depuis quelques années l'ERA 228 à s'intéresser à l'identification automatique d'images par ordinateur. Plusieurs étudiants ont travaillé sur ce sujet (C. LIACOPOULOS, P. GUILBERT et actuellement M.H. GANDELIN) sous la direction de Ph. LAVAL et de S. DALLOT.

C. LIACOPOULOS, en 1982 a réalisé un premier logiciel fonctionnant sur micro-ordinateur, et permettant, malgré la rusticité du matériel utilisé, d'identifier automatiquement des silhouettes d'organismes planctoniques, lorsque les silhouettes à identifier diffèrent par quelques particularités suffisamment marquées. La méthode employée a fait l'objet d'une communication préliminaire à la CIESM, et un article a été soumis à Deep-Sea Res.

Comprenant que son système était déjà adéquat pour des images plus simples, C. LIACOPOULOS a réalisé à Villefranche et avec son logiciel, l'acquisition et le traitement d'images d'écailles de Saumons avec H. DE PONTUAL, qui travaille au COB sur la différenciation des stocks de Saumons sous la

direction de P. PROUZET. Ce travail a donné lieu à une note préliminaire au congrès de la CIEM en 1983, et un article en collaboration avec C. LIACOPOULOS, H. DE PONTUAL, Ph. LAVAL et M. ETIENNE est en cours de rédaction pour être soumis à la revue Nature.

C. LIACOPOULOS ayant dû quitter Villefranche pour accomplir ses obligations militaires, son travail a été poursuivi par P. GUILBERT, qui a mis au point un logiciel beaucoup plus performant, toujours sur micro-ordinateur. Etant donné les applications possibles d'un tel logiciel, notamment dans le domaine médical, ce travail fait actuellement l'objet d'un contrat de valorisation avec l'ANVAR.

Ce logiciel n'était conçu à l'origine que pour extraire l'information donnée par le contour des objets placés dans le champ de la caméra (silhouettes d'organismes, écailles). Bien que cette information, traitée par transformée de Fourier, fournisse déjà des paramètres permettant, par exemple, de différencier des stocks de Saumons d'après la forme extérieure des écailles, nous avons pensé qu'il serait intéressant de pouvoir traiter par ordinateur, des structures intérieures (anneaux de croissance, détails de l'anatomie d'organismes planctoniques). C'est à ce problème que travaille actuellement M.H. GANDELIN, dans le cadre d'un mémoire de DEA, appliqué aux Poissons planctoniques.

III - Recherches envisagées

Les travaux précédents ont été effectués en vue de progresser dans l'identification automatique du plancton, grâce à la prise en compte de caractères liés à l'anatomie interne des organismes. Ces problèmes sont cependant voisins de ceux que pose la lecture des caractéristiques d'une écaille de Poisson.

C'est pourquoi nous pensons qu'une aide de l'ISTPM permettrait à notre équipe de poursuivre, conjointement à l'identification du plancton, des travaux sur la lecture automatique des écailles (qui ne constituaient qu'une étape dans notre démarche). L'expérience déjà acquise, le matériel disponible et les logiciels déjà réalisés devraient permettre des progrès rapides sur ce sujet. Ces études nous semblent d'un grand intérêt pour l'ISTPM (à notre connaissance, si des chercheurs américains s'intéressent actuellement à la détermination automatique des contours d'écailles, aucun travail n'a encore été entrepris sur la lecture des structures internes). La compétence acquise grâce à cette collaboration bénéficierait également à l'ERA 228, car une partie des méthodes mises au point sera utilisable en identification automatique du plancton.

IV - Chercheurs concernés

2 chercheurs et 1 ingénieur de l'ERA peuvent consacrer une partie de leur temps à ces travaux :

- Ph. LAVAL, Chargé de recherche au C.N.R.S.
- S. DALLOT, Maître-assistant à l'Université Paris VI
- M. ETIENNE, Ingénieur C.N.R.S.

Néanmoins ces recherches ne pourront être effectuées que si un étudiant peut y consacrer une part appréciable de son temps. La personne la plus qualifiée serait Melle GANDELIN, qui est en train d'effectuer son stage de DEA sur ce sujet. Cette étudiante n'a actuellement aucune perspective de bourse pour lui permettre de poursuivre ces travaux pour faire une thèse de doctorat.

V - Moyens matériels disponibles

- Micro-ordinateur Apple IIe interfacé à une caméra vidéo
- Micro-ordinateur HP 9835 A + table traçante HP 9872 C
- Micro-ordinateur HP 9816 S + table traçante HP 7470 A
- Optique (loupe binoculaire et microscope).

Responsable : B. COSTE - Centre d'Océanologie de Marseille - Case 901
Faculté des Sciences de Luminy - 13288 - MARSEILLE CEDEX

RCA = "Résurgence Cotière Atlantique"

I. Objet des recherches.

Dans le cadre de la coopération franco-portugaise en Océanologie, le GRECO P4 a entrepris un programme d'étude d'une zone d'upwelling des côtes Portugaises (voir document en annexe). Ce programme a été défini comme le prolongement des travaux menés le long des côtes nord-ouest Africaines (programme international CINECA) par certaines équipes collaborant au GRECO P4 en accentuant les aspects d'océanographie physique. Prévu sur une période d'environ 5 ans, il regroupe des océanographes physiciens, chimistes et biologistes; il a pour principaux objectifs :

- de déterminer les caractéristiques hydrologiques et dynamiques et d'étudier le rôle joué par les variations des conditions météorologiques et par la circulation à plus grande échelle.
- de préciser l'origine des eaux de remontée qui conditionne leur richesse en sels nutritifs.
- d'étudier en détail le système de production primaire, en s'attachant à relier sa variabilité à celle des conditions extérieures.
- de définir l'écosystème pélagique du double point de vue structurel et fonctionnel.

On espère de ce programme des résultats précis concernant l'influence de l'environnement physique et chimique de la zone étudiée sur le développement phytoplanctonique et zooplanctonique. Il nous semble que ce cadre serait favorable à une étude portant sur les relations entre processus physiques et biologiques et recrutement. Ce dernier objectif ne pourra être pleinement pris en compte que si une coopération avec les chercheurs zooplanctonologistes de l'IFREMER est engagée. Elle viserait en particulier à définir au point de vue structurel (localisation des populations, démographie, taille,...) et fonctionnel (réseau trophique, circulation et devenir de l'énergie) les niveaux secondaire et tertiaire de l'écosystème.

II. Relations entre les objectifs définis et les paramètres contrôlant le succès du recrutement.

Le programme "déterminisme du recrutement" est orienté vers l'analyse des processus biologiques et des caractéristiques de l'environnement physique qui régissent les taux de survie de populations exploitées, entre les stades de l'oeuf et du juvénile.

Les principaux processus biologiques qui interviennent, sont: la nutrition, la compétition interspécifique et la prédation. Les processus physiques, dont l'importance est grande sur les fluctuations des taux de survie, interviennent à plusieurs niveaux :

- de l'individu : rôle possible sur la distribution des organismes (prédateurs et larves).
- du système : enrichissement en éléments nutritifs et contrôle, au moins en partie, de la production primaire et secondaire.

Le programme "Résurgence Côtière Atlantique" offre des caractéristiques pouvant conduire à une meilleure compréhension des mécanismes qui contrôlent le recrutement :

1. Son approche pluridisciplinaire permet de relier l'environnement aux fluctuations des distributions, de la prédation et de la nutrition, paramètres intervenant dans la mortalité naturelle. En effet, ces processus biologiques élémentaires ne sont en général pas reliés linéairement aux caractéristiques du milieu et des campagnes à la mer au cours desquelles on contrôle le maximum de facteurs susceptibles d'intervenir doivent a priori être riches d'enseignement.

2. Par sa richesse biologique, la zone étudiée est favorable à ces travaux : présence de méroplancton, nombreuses formes benthiques exploitées (crustacés, coquillages), stocks de poissons pélagiques.

3. Le phénomène de remontée d'eau induit un enrichissement de la biomasse phytoplanctonique limité dans le temps (été) et dans l'espace (jusqu'à 30 milles des côtes). Il est donc plus facile de saisir ses conséquences sur le niveau supérieur : dissémination spatiale, succession d'espèces...

4. Les résultats de la première campagne menée par le GRECO P4 dans le cadre du programme "Résurgence Côtière Atlantique" (campagne RCA-1 du Jean Charcot en Août-Septembre 1981) ont permis de bien montrer l'influence des structures hydrologiques sur le système biologique : localisation côtière du méroplancton, développement en limite de la zone d'upwelling d'une faune planctonique dont la production (intensité, qualité) est reliée à la variabilité de l'upwelling (voir fascicule "Résultats des campagnes à la mer, Publ. CNEXO n° 25, 1983).

III. Moyens et protocoles de recherche. (voir document fourni en annexe).

IV. Résultats escomptés.

Si on se limite aux seuls aspects "Déterminisme du recrutement", le programme "Résurgence Côtière Atlantique" pourrait à court terme amener aux résultats suivants :

1. Récolte de données de base, par exemple quantification et cartographie, à plusieurs stades de leur développement, de quelques espèces pour prendre en considération les variations temporelles (rôle de l'enrichissement au niveau primaire) et spatiales

(distribution géographique).

2. Mise en évidence de certaines relations entre les conditions du milieu et la ponte et le développement larvaire.

3. Distinction entre les processus biologiques ayant une influence prépondérante sur le déterminisme du recrutement et ceux dont la régulation induit une absence d'influence notable.

Cet ensemble de résultats devrait fournir les fondements d'un suivi de l'évolution pluriannuelle par la définition des paramètres les plus sensibles. Le cadre de ce suivi, encore à déterminer, pourrait être celui de la coopération franco-portugaise. Ils pourraient également servir de base à l'élaboration de programmes de ce type dans d'autres zones.

Enfin, on peut attendre de la réalisation commune d'un tel programme par des océanographes biologistes et physiciens d'un côté et par des biologistes des pêches de l'autre, un enrichissement mutuel qui devrait conduire à la mise en place de meilleurs plans d'échantillonnage et à la définition de protocoles expérimentaux plus pertinents.

ETUDE DE L'ECOSYSTEME PELAGIQUED'UNE ZONE DE REMONTEE D'EAU DES COTES PORTUGAISES(programme RCA : Résurgence Côtière Atlantique)I. CADRE SCIENTIFIQUE

Les zones côtières de remontée d'eau sont caractérisées par le transport dans la couche euphotique d'eaux riches en sels nutritifs permettant un développement biologique intense depuis le phytoplancton jusqu'aux espèces exploitables. Alors qu'elles représentent 0.1% de la superficie des océans, 50% du tonnage des pêcheries proviennent de leurs eaux.

Depuis une dizaine d'années, les recherches océanographiques menées dans les principales zones de remontée d'eau des différents océans ont donné lieu à de très nombreux travaux. Constituant un des objectifs majeurs de l'IDOE (International Decade of Ocean Exploitation), plusieurs programmes (CUEA, CINECA) ont permis d'accroître notablement la connaissance de leurs caractéristiques physiques, chimiques et biologiques. L'objectif général était de décrire et de comprendre le fonctionnement de ces systèmes afin de prévoir leur évolution et d'optimiser leur exploitation en reliant notamment la variabilité spatiale et temporelle des remontées d'eau aux variations interannuelles des ressources vivantes.

Ces études, qui ont nécessité des travaux allant de la météorologie à la biologie, ont amené les scientifiques de ces diverses disciplines à travailler ensemble ; la prise en compte simultanée des processus physiques et biologiques est une des conséquences positives de ces programmes. Ces travaux ont permis l'acquisition d'un grand nombre de résultats souvent pluridisciplinaires et un foisonnement d'idées encore en cours de discussion.

En schématisant à l'extrême, les principaux résultats obtenus peuvent être résumés ainsi .

. Les remontées d'eau sont sous la dépendance des processus atmosphériques et océaniques à grande échelle qui contrôlent les vents et les distributions des densités et des concentrations en sels nutritifs. Ces zones se trouvent sur les bordures est des océans (côtes nord-ouest africaines - Pérou - Californie - Orégon) où prédominent des vents dirigés vers l'équateur en raison des systèmes de haute pression atmosphérique à moyenne latitude et c'est la circulation des eaux à l'échelle océanique qui explique la position de la pycnocline plus proche de la surface sur les bordures est des océans. Cependant le processus d'enrichissement des eaux superficielles en sels nutritifs est fondamentalement à moyenne échelle (5-50km ; 1-10 jours) et sous la dépendance étroite des vents locaux.

. Les zones de remontée ont des caractéristiques communes : transport vertical de sels nutritifs dans la couche euphotique, formation d'une couche d'Eckman et d'un flux compensatoire, existence d'un système à deux couches comportant une couche superficielle et un sous-courant dirigé vers le pôle. Ces trois caractéristiques peuvent être très variables d'un lieu à l'autre ou même en un même lieu au cours du temps : elles ont toutefois une structure suffisamment régulière pour qu'un écosystème particulier puisse s'y développer.

. La relation entre zones de remontées et quantités disponibles de ressources vivantes est indéniable. Ainsi les variations de stocks d'Anchois du Pérou sont liées à l'intensité et à la durée des remontées d'eau. Les profondes modifications des conditions océanographiques en 1972-1973 et en 1976 ajoutées à la surexploitation, ont eu pour conséquence une régression des stocks de 20.10^6 tonnes autour de 1960 à 3.10^6 tonnes en 1978. Ce type de relations est propre à chaque système et leur connaissance détaillée hors du Pérou, est moins avancée à cause d'un effort moindre dans ce domaine.

II. OBJECTIFS DU PROGRAMME

Le but général de ce programme est, au moyen d'une étude pluridisciplinaire intégrée, de décrire et de comprendre le fonctionnement de l'écosystème pélagique associé à une zone de remontée des côtes portugaises très mal connues à l'heure actuelle.

Pour cela les divers travaux envisagés viseront :

. à déterminer les caractéristiques dynamiques de la zone concernée et à étudier plus précisément le rôle joué par les variations des conditions météorologiques (force et direction du vent) et par la circulation à plus grande échelle. Une attention plus particulière sera portée sur la mise en évidence et la localisation du sous-courant portant au nord (pôle) dont il a été montré dans d'autres régions qu'il joue un rôle considérable dans la circulation de la matière organique particulaire.

. à préciser l'origine des eaux de remontée (masse d'eau et immersion initiale) qui conditionne la richesse en sels nutritifs.

. à étudier en détail la production primaire de la région par des mesures de l'activité photosynthétique et de l'assimilation des sels nutritifs azotés. La variabilité de ces activités ainsi que leur mise en relation avec les variations des conditions extérieures feront l'objet d'une étude particulière.

. à définir les niveaux secondaire et tertiaire de l'écosystème du point de vue structurel (localisation des populations, démographie, taille...) et fonctionnel (réseau trophique, circulation et devenir de l'énergie.

Ces travaux (déjà entrepris pour certains au cours de la campagne RCA 1 du J. CHARCOT en 1981) permettront de comparer cet écosystème à ceux déjà étudiés et plus particulièrement aux écosystèmes des côtes nord-ouest africaines dont il devrait constituer, par certains aspects, un prolongement.

D'autre part, en tenant compte des résultats acquis au cours des dernières années, d'autres objectifs seront poursuivis :

- . estimation du rôle de la régénération dans le fonctionnement de l'écosystème. Jusqu'à récemment on s'est surtout intéressé aux apports directs de sels nutritifs mais des travaux récents montrent que les sels nutritifs régénérés à partir de la matière organique peuvent être d'une grande importance pour le maintien d'une biomasse planctonique élevée.

- . mise en évidence et évaluation de la sédimentation de matière organique sous forme particulaire. On a pu montrer que 10 à 20% de la matière organique produite par photosynthèse pouvait ainsi être transportée vers le fond. En fonction du système courantologique et de la bathymétrie cette matière organique peut être conservée dans l'écosystème pélagique, transférée à l'écosystème benthique ou perdue.

- . prévision de la variabilité des stocks en fonction des fluctuations des caractéristiques de la remontée d'eau. La connaissance détaillée de la structure et du fonctionnement de l'écosystème est conduite pour mettre en évidence l'impact de l'environnement sur l'abondance et l'accessibilité des espèces exploitables. Le système planctonique est considéré comme le relais entre l'hydrobioclimat et la ressource.

Deux aspects doivent être envisagés :

- . Le stock trophique disponible détermine la distribution spatio-temporelle et la dynamique de production des espèces exploitées,

- . La forte productivité et la structure hydrologique font de la zone une nourrisserie des phases larvaires et juvéniles (cf. résultats RCA 1) à partir de laquelle on peut définir les facteurs responsables du déterminisme du recrutement.

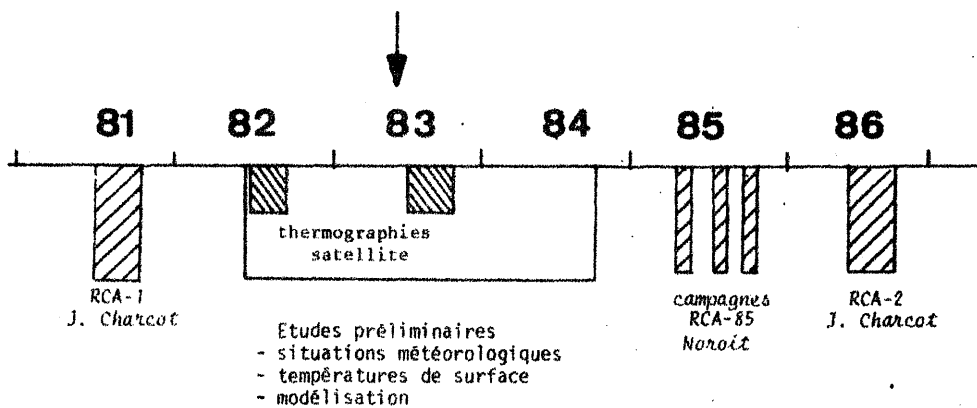
III. EQUIPE PROPOSANT LE PROGRAMME

Le noyau central est formé par les participants du GRECO 34 du C.N.R.S. et le programme constitue une des opérations que le GRECO 34 désire mener au cours des prochaines années (Responsables : B. Coste - Cl. Millot).

Il comprend des océanographes dynamiciens, physiciens, chimistes et biologistes qui ont l'expérience de travaux menés dans les zones de remontée d'eau (maître d'oeuvre de campagnes dans le cadre du programme CINECA et participation à des campagnes du CUEA au Pérou).

préliminaires (météorologie et températures de surface) afin d'en vérifier les résultats et d'apporter certaines précisions sur les caractéristiques de la circulation à moyenne échelle qui sont nécessaires pour optimiser les implantations des mouillages de courantomètres envisagés pour RCA 2. Cette mission serait composée d'une série de 3 campagnes d'une dizaine de jours chacune placées, avant, pendant et après la période d'upwelling ; elle permettrait la mise en place de mouillages courantométriques et d'une bouée météorologique pendant une période qui couvrirait entièrement la période d'upwelling. Après échange de vue avec les océanographes physiciens portugais participant au projet il apparaît souhaitable que 4 mouillages (dont 3 réalisés par nous-mêmes) équipés chacun de 4 courantomètres puissent être installés. La réalisation des 3 mouillages pourrait être faite par nous-mêmes avec du matériel national ; celle de la bouée météorologique devra faire appel à d'autres équipes françaises.

. le développement d'un modèle numérique prenant en compte les aspects physiques et biologiques. Basé sur ces études préliminaires et sur les résultats de RCA 1, il doit permettre de préparer les travaux de RCA 2.



Calendrier des opérations du programme RCA.

Les travaux intérieurs du groupe (CDEA et CINECA) se traduisent par une compétence opérationnelle pour l'analyse des aspects "amont" de la structure et du fonctionnement de ce type de système (météorologie, hydrobiologie et plancton). Cette expérience autorise maintenant le développement de l'axe de travail "impact sur les stocks exploités". Ce point nécessite de conserver la part de coopération déjà réalisée avec les écologistes du C.O.B. regroupés autour de J. Boucher et de s'appuyer sur les compétences de l'I.F.R.E.M.E.R. dans le domaine des ressources vivantes.

Au point de vue international, une collaboration a été établie avec le Laboratoire d'Océanographie Physique de l'Université de Lisbonne (Professeurs Fiuza et Ambar). Elle a été concrétisée par des participations portugaises à la campagne RCA 1 et par des travaux communs pour l'étude des résultats des campagnes RCA 1 et OCASO 81. Cette coopération se poursuit au sein du comité franco-portugais de coopération océanologique qui soutient un programme interdisciplinaire "Upwelling du Portugal" dont les partenaires sont le Docteur A. Fiuza pour le Portugal et B. Coste pour la France.

Des contacts sont pris avec les biologistes des pêches portugais. Deux points de coopération sont à développer : assurer le suivi des variations saisonnières et développer l'aspect aval des statistiques de pêches.

IV. PROGRAMME PROJETÉ

Le terme actuellement envisagé pour ce programme est la campagne RCA 2 qui pourrait avoir lieu à partir de 1986. Elle doit comprendre :

- . 2 fois 10 jours (avant et après la période d'upwelling) avec un bateau type Noroit pour la mise en place, la récupération de mouillages courantométriques et diverses observations hydrologiques.

- . 30 jours avec le J. Charcot pour la phase principale de l'étude pluridisciplinaire (pendant la période d'upwelling).

Ce délai sera mis à profit pour développer en collaboration avec des scientifiques portugais (dans le cadre de la coopération franco-portugaise dans le domaine de l'Océanologie) un programme préparatoire qui comprendra

- . une étude des thermographies satellitaires à partir d'images fournies par le Centre de la Météorologie de Lannion pendant les étés 1982 et 1983. Son but est une meilleure connaissance de la localisation et de la variabilité des principales zones de remontée d'eau.

- . une étude des conditions météorologiques locales (stations côtières) et plus générales (cartes météo) afin de déterminer leurs liaisons avec les remontées d'eau.

- . une mission (si possible en 1985) avec un navire type Noroit. Essentiellement à caractère physique, elle serait basée sur les études

Université de Poitiers - Laboratoire de Biologie animale - 40, Avenue
du Recteur Pineau - 86022 - POITIERS CEDEX

NOTE SYNTHETIQUE SUR LA CONTRIBUTION
EVENTUELLE DU LABORATOIRE

"ECOLOGIE ET GENETIQUE DE LA CREVETTE
DES MARAIS *PALAEMONETES VARIANS*"

I - OBJET.

P. varians est une crevette ubiquiste qui, à partir du milieu marin, a envahi les eaux supralittorales à salinité variable. Très répandue dans les marais charentais, elle est occasionnellement utilisée comme nourriture vivante pour des élevages semi-extensifs de bars et de soles. Il était donc intéressant d'estimer quelle ressource potentielle représentait cette espèce.

Aucune donnée n'existant sur l'écologie de cette crevette dans les marais charentais, à la demande d'autorités régionales (EPR - ADACO), nous en avons entrepris l'étude en 1980, en collaboration avec un chercheur contractuel (Mme A. LAURENT Dr.3ème cycle ISTPM La Tremblade). Le déroulement du cycle biologique, l'évolution de la biomasse et le suivi des larves ont été analysés en différentes stations. Le travail de terrain a été complété par l'étude, en conditions contrôlées des caractéristiques biologiques des animaux (croissance, cycle de mue, modalités de l'induction de la reproduction...).

II - LIENS AVEC LES PROBLEMES DE RECRUTEMENT.

Un des résultats intéressants est la mise en évidence de deux types de populations de *P. varians* :

- des populations dites "locales" situées dans les zones de marais sans communications directes ni fréquentes avec le milieu marin,

- des populations dites "errantes", présentes par exemple dans les chenaux d'accès aux claires, pouvant, au moins épisodiquement migrer à partir du milieu marin ou vers celui-ci.

Plutôt que la situation topographique ce qui individualise nettement ces populations est la répartition des pontes : d'avril à août pour les populations locales, limitées à mai et juin dans les populations errantes.

Le problème se pose donc de l'isolement génétique des deux types de population qui, vraisemblablement, ont la possibilité plus ou moins fréquente d'être en contact en certains points du marais.

Nous nous proposons d'étudier, dans un premier temps, l'existence d'un éventuel isolement reproductif. Ces recherches débouchent sur des études liées au recrutement qui prendraient des orientations différentes suivant les réponses au travail préliminaire :

1. Si l'isolement est assez strict, la population errante est en fait composée de migrants occasionnels issus du milieu marin et incapables de se reproduire avec succès dans le marais. Le problème serait alors de savoir ce qui interdit le développement des larves.

2. Si, au contraire, les populations forment un ensemble panmictique la différence entre les modalités de reproduction ne serait que le résultat de l'hétérogénéité des milieux fréquentés par les animaux matures. Le problème qui se poserait dans ce cas serait l'importance relative de la contribution des larves issues des reproducteurs migrants et celles nées sur place au recrutement dans les populations locales. Il faut souligner

que même s'il y a échange entre les deux types de populations, la participation des reproducteurs locaux à la population errante est de toute façon mineure. En effet alors que la répartition des tailles des animaux matures des populations locales -à longue saison de reproduction- est plurimodale, par contre la répartition des animaux errants est unimodale et peu dispersée, ce qui s'accorde bien avec une saison de ponte très localisée dans le temps.

III - PROTOCOLE ET MOYENS.

La détermination du statut génétique des différentes populations du marais charentais va être tentée par l'examen de la variabilité électrophorétique des protéines, en particulier par l'étude des enzymes, en recherchant des allèles "alternatifs" et des hétérozygotes à ces locus "diagnostiques".

Un projet a été déposé dans ce sens auprès du Ministère de l'Education Nationale dans le cadre "Aide à la recherche en Biologie-84". Si ce projet, encore à l'examen, est retenu (budget demandé : 60 KF), le travail peut commencer sans autre financement spécifique. L'estimation des besoins ultérieurs ne pourra correctement être faite qu'au vu des résultats préliminaires qui orienteront le programme à mettre en oeuvre dans l'optique des problèmes de recrutement proprement dits.

IV - CHERCHEURS PARTICIPANTS.

Mme E. LEGRAND	(Pr.)
M. J.P. MOCQUARD	(Pr.)
M. R. RAIMOND	(As.)
M. D. BOUCHON	(3ème cycle)
M. N...	(stagiaire DEA)

Estimation des paramètres dynamiques d'une population de copépodes.

C. VIANO

Centre d'Océanologie de Marseille. Station marine d'Endoume-Luminy.
URA CNRS N°41. Faculté des sciences de Luminy.
CASE 901. 13288 MARSEILLE CEDEX 9.

1. Objet des recherches:

La modélisation a permis de réaliser des progrès considérables dans la gestion des stocks d'espèces exploitées par l'homme. Il devrait en être de même sur le plan de l'étude quantitative des populations en écologie marine.

Dans cette optique, nous avons entrepris d'étudier une population de copépodes acartiidés qui peuplent l'étang de Berre, vaste lagune située entre Marseille et le golfe de Fos. Une telle étude est motivée par le fait que ces organismes représentent une ressource trophique potentielle très importante dans ce milieu.

Ce site offre de nombreux avantages:

- A cause de la dessalure importante, seul un petit nombre d'espèces tolérantes subsistent et peuvent se développer en abondance. La population étudiée est ainsi bien individualisée.
- C'est une cuvette peu profonde (10 mètres au plus) qui ne communique avec la mer qu'en un seul point (canal de Caronte). Dans un premier temps, on peut donc négliger les phénomènes de migrations.
- La répartition des individus dans la lagune est telle que l'on peut considérer plusieurs zones à l'intérieur desquelles les organismes sont répartis de façon homogène.

Afin de préciser dans quelles conditions s'effectue le renouvellement de cette population, il faut estimer ses paramètres caractéristiques: fécondité, durée du développement et mortalité à chaque étape, longévité des adultes.

Tous ces paramètres sont sous la dépendance de nombreux facteurs écologiques qui varient sans cesse (température, biomasse algale, salinité, prédation, pollution ... etc).

Seule l'estimation de ces paramètres in situ pour une période donnée permet d'intégrer ces multiples sources de variabilité.

De plus, la diversité des réponses individuelles à ces fluctuations introduit une cause de variabilité fondamentalement différente, que nous avons choisi d'aborder dans le cadre d'un modèle probabiliste.

Le modèle retenu est celui proposé par READ (1968) pour décrire une population de criquets. Il peut s'adapter moyennant quelques modifications à notre problème, le développement des copépodes étant comparable. Les différences essentielles concernent les modalités du recrutement, lesquelles doivent être précisées dans le cas qui nous concerne.

2. Relation avec les processus déterminant le succès du recrutement:

Les processus qui conditionnent le succès du recrutement concernent la production des oeufs d'une part, leur survie et les conditions dans lesquelles ils se développent d'autre part :

- La production d'oeufs est déterminée par le nombre de femelles et par leur fertilité.

- La survie des oeufs produits dépend essentiellement de leur vitesse de sédimentation et de la pression de prédation qu'ils subissent. Pour les oeufs sédimentés, il ne faut pas négliger les possibilités de remise en suspension ni les conditions de survie au niveau du fond (nature du sédiment, teneur en oxygène, prédation par les organismes benthiques).

- Le développement des oeufs est conditionné par la température de l'eau. La fraction qui arrive normalement à terme est caractérisée par le taux d'éclosion.

On peut envisager ces processus sous plusieurs aspects :

- Une approche descriptive in situ, consistant à dénombrer différents états dans la population au cours du temps. Couplées avec les mesures de facteurs écologiques, ces observations peuvent donner une idée des tendances de la population à une échelle de temps liée à la fréquence des observations.

- Une étude expérimentale in vitro, permet de préciser dans certaines conditions les relations entre vitesse des processus et facteurs écologiques. Un exemple en est donné par UYE (1981) avec un modèle expérimental où l'intensité de la ponte est une fonction de la température et de la quantité de nourriture disponible.

A cause de leur caractère expérimental, de telles études sont plutôt adaptées à des situations particulières, par exemple pour mettre en évidence l'action spécifique d'un facteur écologique, ou lorsqu'on cherche les conditions optimales de déroulement d'un processus.

- L'approche dynamique in situ (ou éventuellement sur des élevages en grand volume) grâce à un modèle mathématique permet, nous l'avons vu, d'estimer les paramètres caractéristiques de la population. En particulier, on peut ainsi avoir une idée du recrutement effectif en étudiant la structure démographique.

Une meilleure connaissance des modalités du recrutement doit résulter de la confrontation des informations obtenues par ces différentes approches, notamment sur des points particulièrement intéressants tels que l'éventuelle production d'oeufs de durée.

3. Moyens et protocoles mis en jeu :

Une telle étude suppose un échantillonnage intensif et suivi sur le terrain, sans oublier de collecter régulièrement des informations sur les facteurs ambiants, au moins principalement température, salinité et biomasse algale. Les inconvénients que cela comporte sont liés aux stratégies d'échantillonnage d'une part, à la disponibilité des personnes et du matériel d'autre part. Un avantage supplémentaire du milieu étudié est qu'il peut être le plus souvent exploré avec une embarcation légère.

Au laboratoire, la partie expérimentale comporte des manipulations répétées dans des conditions aussi proches que possible de celles qui règnent dans le milieu, et aussi des expériences visant à préciser l'influence spécifique de certains facteurs sur la fécondité des femelles.

La modélisation suppose quelques connaissances en mathématiques et en informatique pour faciliter le choix des hypothèses et celui des méthodes à utiliser. Il est nécessaire de disposer de moyens de calcul importants, au moins dans la phase de mise au point du modèle.

4. Résultats escomptés :

L'étude entreprise, limitée dans le temps, ne fera probablement qu'effleurer un certain nombre de problèmes. Neanmoins, elle apportera des informations originales sur les conditions de vie et de renouvellement de la population étudiée.

On peut envisager ensuite d'étudier les modifications des paramètres caractéristiques introduites lorsque les conditions ambiantes sont modifiées accidentellement (pollution) ou volontairement (pour aug-

menter la productivité du milieu en vue d'une exploitation). A ce stade, il serait souhaitable de disposer d'un modèle prédictif robuste ; l'application de techniques de simulation numérique pouvant alors se révéler fort utile.

5. Budget :

Le travail en cours a débuté avec un budget de 80.000F. Une telle somme annuelle semble suffisante, mais des résultats probants ne peuvent être obtenus qu'à moyen terme, et c'est seulement après quelques années que l'on pourra envisager de nouveaux développements ou des applications de ce type d'approche.

REFERENCES:

READ K.L.Q. & ASHFORD J.K. 1968

A system of models for the life cycle of a biological organism.
Biometrika, 55, pp 211-221

UYE S.I. 1981

Fecundity studies of neritic calanoid copepods *Acartia clausi* (Giesbrecht) and *A. steueri* (Smirnov) : A simple empirical model of daily egg production.

J. Exp. Mar. Biol. Ecol. vol 50, pp 255-271

Contribution n°20

Université de Bretagne occidentale
Faculté des Sciences
29283 - BREST CEDEX
LABORATOIRE D'Océanographie Physique
UNIVERSITE DE BREST
-J.C.SALOMON-

PROPOSITION DE RECHERCHE ORIENTEE SUR LE SITE "BAIE DE SAINT BRIEUC"

--

Il est probable que certains aspects déterministes du recrutement de juvéniles soient conditionnés par le milieu physique où se trouve placée l'espèce biologique que l'on considère. La compréhension des mécanismes par lesquels cet environnement interagit avec son cycle de vie et de reproduction est donc primordiale.

Il est, en particulier, surprenant de constater que certains groupes d'individus se reproduisent dans des aires géographiques restreintes sans qu'il y ait déplacement vers d'autres lieux, dispersion, ou accueil de communautés géographiquement très proches.

Le Laboratoire d'Océanographie Physique de l'Université de Bretagne Occidentale peut contribuer à fournir des éléments de solution à la problématique posée par ce programme de recherche en recueillant, en analysant et en interprétant les paramètres physiques caractéristiques du milieu.

- Il s'agit essentiellement de - l'advection,
- la dispersion,
- la structure hydrologique,
- les forces de cisaillement.

A. L'ADVECTION

L'advection traduit le mouvement des masses d'eau et avec elles, le déplacement des substances dissoutes ou en suspension, ceci à des échelles de temps grandes par rapport à la durée du phénomène que l'on étudie.

On la qualifie parfois d'advection résiduelle par opposition aux signaux transitoires, de moyenne nulle, que représente la turbulence.

La frontière entre ces deux mécanismes n'est pas figée. Elle dépend à la fois des caractéristiques locales de l'écoulement et du phénomène auquel on s'intéresse. Cette séparation n'a de sens que si elle se situe au voisinage d'un minimum d'énergie, ce qui pose parfois quelques problèmes.

A titre d'exemple, en baie de Saint Brieuc où le maximum d'énergie correspond à la marée semi-diurne on pourra :

- Soit se situer à de grandes échelles de temps et assimiler la marée à une certaine turbulence. L'advection résiduelle représentera le cheminement des particules à l'échelle du mois ou de l'année.

- Soit s'intéresser à l'advection de marée et ne distinguer que les mouvements erratiques de période inférieure à quelques minutes.

Pour certaines espèces biologiques la situation est complexe. Il semble que la durée de fécondation corresponde à des temps caractéristiques de l'ordre de l'heure (on se situe alors dans l'hypothèse N° 2), tandis que le déplacement des larves soit plus concerné par le déplacement résiduel (hypothèse N° 1).

Il faudra donc s'intéresser à la courantologie à des échelles de temps allant de quelques minutes à plusieurs semaines.

B. LA DISPERSION

La dispersion représente la capacité de particules d'eau et d'organismes inertes à être déplacés dans des directions diverses, et finalement éparpillés.

Ce processus est, en partie, complémentaire de l'advection. Il regroupe à la fois la diffusion moléculaire, la diffusion turbulente (ici apparaît cette complémentarité) et les cisaillements de courant (d'advection).

En zone côtière à marée le dernier terme est, de loin, le plus important. La dilution de rejets (solubles ou non) est pour l'essentiel le

fait de la combinaison de la diffusion turbulente verticale (faible) et des cisaillements verticaux du courant de marée.

Au plan théorique il s'agit d'un problème très complexe qui relève de la dynamique non linéaire d'une couche limite en état transitoire. Malgré les progrès récents effectués dans ce domaine, la théorie ne peut encore effectuer de véritable prévision, et il faudra recourir à l'usage de mesures de terrain et de modèles.

C. LA STRUCTURE HYDROLOGIQUE

La structure hydrologique paraît plus simple à saisir que les paramètres précédents.

A l'échelle de la Manche, tout comme à l'échelle du Golfe Normand-Breton, on dispose de séries d'observations très significatives qui peuvent fournir une description hydrologique d'un cycle annuel statistique. Il existe également des modèles de caractère "explicatif" sinon "prévisionnel".

Pourtant, deux types d'information font défaut :

- la structure hydrologique fine à l'échelle de la Baie et particulièrement l'aspect "gradient vertical";
- la variabilité interannuelle.

La structure hydrologique traduit pour une grande part l'influence de l'atmosphère et présente donc une variabilité du même ordre. Il est vain d'espérer parvenir à moyen terme à une prédiction fine.

Pour dépasser le stade "moyen" déjà acquis, on aura donc recours à la mesure in situ par des profils hydrologiques répétés, et à une analyse des documents de télédétection.

Une simulation mathématique pourrait être opérée ultérieurement pour faire la liaison entre des observations forcément partielles et discontinues dans l'espace et dans le temps.

D. FROTTEMENT/CISAILLEMENT

Les forces de cisaillement internes au fluide sont un paramètre hydrodynamique important. On peut penser qu'elles constituent aussi une contrainte physique pour les organismes vivants.

Une particule immergée étant l'objet, sur sa périphérie, d'efforts différents, sera soumise à des forces résultantes ayant pour effet de la mouvoir en translation, en rotation, voire de tendre à la dissocier. On sait depuis peu que certaines particules sédimentaires sont très sensibles à ces "stress", qu'en est-il des organismes vivants ?

La "tension de cisaillement" exercée sur les fonds est un autre aspect de ces forces de frottement. On sait qu'elle est responsable des phénomènes d'érosion-dépôt et de transport des sédiments ; il est hautement probable qu'elle joue un rôle sur l'hétérogénéité des populations benthiques.

D'un point de vue physique, ces forces se déduisent de la courantologie et de la turbulence. Leur étude se fera donc à partir des informations retirées aux rubriques A et B.

PROPOSITION D'UN PROGRAMME DE RECHERCHE

EN BAIE DE SAINT BRIEUC

Avertissement

Sur les quatre thèmes d'étude cités plus haut, que l'on ait recours à l'expérimentation, à la théorie, ou à la modélisation, le Laboratoire d'Océanographie Physique peut, dans le principe, intervenir. Le facteur limitant est la disponibilité des personnels chercheurs.

On sait quel est l'état dérisoire de l'effectif des physiciens du côstier. On ajoutera que pour mener à bien une étude à vocation pluridisciplinaire il serait souhaitable qu'elle soit confiée à des chercheurs confirmés dont l'expérience permettrait de traiter les problèmes avec une vue synthétique.

En dépit de ce contexte, la proposition qui suit a été basée sur la disponibilité de deux chercheurs :

- un chercheur débutant,
- un chercheur confirmé, possédant au minimum une thèse de troisième cycle.

Actions envisagées

. Courantologie

- . Etude bibliographique des documents existants.
- . Etude théorique de la dynamique d'une couche limite de fond en régime non stationnaire.
- . Modélisation numérique de la courantologie de marée.
- . Etude expérimentale de la courantologie à long terme à partir de traceurs lagrangiens (bouées localisées par le système Argos).
- . Analyse de la liaison entre courantologie de Lagrange et courantologie d'Euler.
- . Reconstitution de trajectoires suivies par des organismes capables de mouvements verticaux diurnes.
- . Calcul des temps de résidence dans chaque secteur de la baie.

. Dispersion

- . Etude bibliographique des documents existants.
- . Etude théorique de la turbulence et de la capacité de diffusion dans une couche limite de fond en régime non-stationnaire.
- . Etude expérimentale (par gradiomètre) des cisaillements verticaux de courants qui, combinés à la diffusion verticale, se traduisent par la dispersion horizontale.

. Hydrologie

- . Etude bibliographique.
- . Campagnes saisonnières visant à dresser des cartes hydrologiques précises de la baie, particulièrement au printemps et en été.

. Collecte et analyse des images de télédétection en Infra Rouge .
et Visible.

Synthèse générale et réflexion sur les processus déterministes
du recrutement.

Durée de l'étude : 3 ans.

VARIABILITE DU RECRUTEMENT CHEZ LES ESPECES BENTHIQUES

Michel GLEMAREC

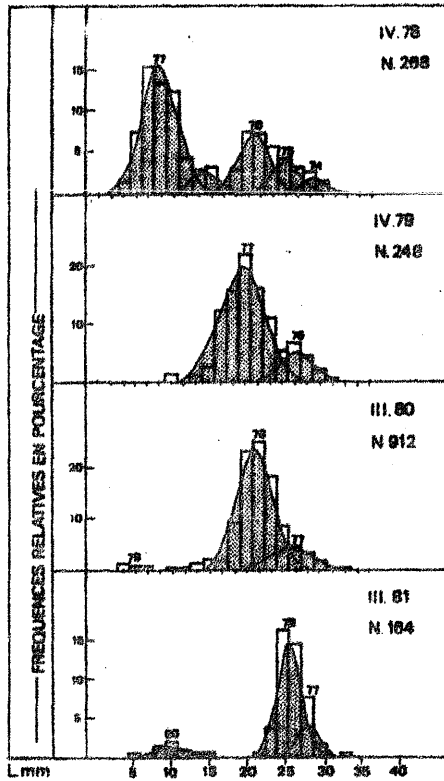
Laboratoire d'Océanographie Biologique
Faculté des Sciences - 29283 BREST CEDEX

Le recrutement des organismes marins est caractérisé par sa très forte variabilité dans le temps et dans l'espace. En prenant comme exemple les populations de Bivalves étudiées par notre laboratoire, sur les côtes de Bretagne, et en nous limitant aux populations de *Donax** et de *Spisula*, il est possible de recenser les causes essentielles de cette variabilité. Auparavant, il est nécessaire de distinguer le recrutement direct, c'est-à-dire par sédentarisation des individus qui se métamorphosent car il existe parfois un recrutement indirect par immigration lorsque les individus entrant dans le peuplement ne correspondent pas à la taille normale du recrutement direct.

Dans la partie orientale de la baie de Douarnenez, le recrutement de *Donax trunculus* est automnal et les échantillonnages hivernaux, réalisés quatre années durant, expriment les pourcentages relatifs des différentes cohortes (Fig. 1).

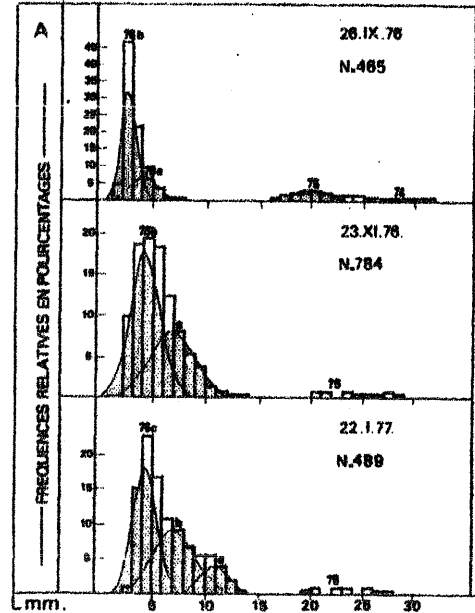
Le naissain de 1978 n'apparaît pas en avril 1979, en mars 1980 les individus nés en 1978 sont particulièrement abondants ce qui ne peut s'expliquer que par le phénomène de migration. Bien sûr la distribution spatiale des individus sur le fond pose toujours le problème d'un échantillonnage correct et l'étude du recrutement nécessite que soient résolues au préalable ces délicates questions d'échantillonnage. Pour *Donax vittatus*, le recrutement est très étalé dans le temps, c'est notamment le cas en 1976, année caractérisée par un automne particulièrement clément. Il est dans ce cas nécessaire d'attendre l'hiver 1977 pour estimer valablement l'importance du recrutement de 1976 (Fig. 2).

* Les données sur les *Donax* sont extraites essentiellement des travaux de J. GUILLOU.



d'après J. GUILLOU, 1982.

Figure 1



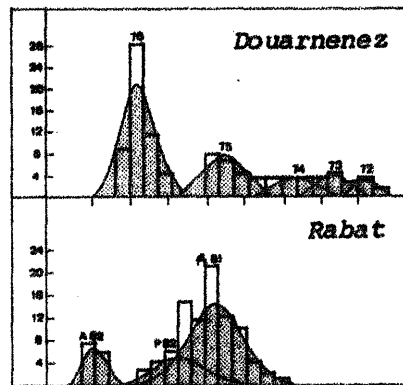
d'après J. GUILLOU, 1980.

Figure 2

Les facteurs, qui sont à la source de la variabilité, sont de deux ordres : abiotique et biotique. Sans pouvoir chiffrer réellement la part des uns et des autres, il est possible de mettre en évidence quelques facteurs essentiels.

Parmi les facteurs abiotiques, la température est bien sûr le facteur maître puisqu'il agit aux différentes étapes, de la maturation des produits génitaux à la ponte, et les variations interannuelles de ces facteurs peuvent expliquer les faibles recrutements certaines années, en liaison avec une mauvaise synchronisation des phénomènes de succession dans l'écosystème pélagique. D'autres facteurs climatiques peuvent agir également en amont du recrutement sur la maturation, la ponte, l'alimentation des larves.

La température agit d'une autre façon en limitant l'aire de répartition bathymétrique et latitudinale d'une espèce, mais une même espèce pourra être monovoltine en limite nord, ou avoir un recrutement étalé en limite sud. Une espèce dite bivoltine ne le sera que pour une latitude donnée.



d'après GUILLOU, 1980.

d'après BAYED, 1982.

Figure 3

La figure 3 montre bien le monovoltisme de *Donax trunculus* en baie de Douarnenez, c'est-à-dire tout proche de sa limite nord de répartition et son bivoltisme sur les côtes atlantiques marocaines à proximité de Rabat.

En nous limitant, pour les mers tempérées, à la distribution des espèces dans l'étage infralittoral, le plus variable sur le plan climatique, il faut aussi évoquer l'hydrodynamisme, qui influe sur la dispersion des larves, les courants qui peuvent les entraîner dans des directions qui ne sont pas propices à leur installation sur des fonds favorables, les tempêtes qui érodent l'interface eau-sédiment et perturbent les larves à peine métamorphosées. Les phénomènes d'anoxie, de placage d'algues vertes au bas des plages sont autant de facteurs qui modifient les qualités du substrat.

DAVIES (1923), en étudiant la localisation des différentes cohortes de *Spisula subtruncata* sur le Dogger Bank, met ainsi en évidence une dispersion des larves en fonction du régime très variable des vents (Fig. 4).

SPISULA SUBTRUNCATA
DOUGER BANK . X 1922

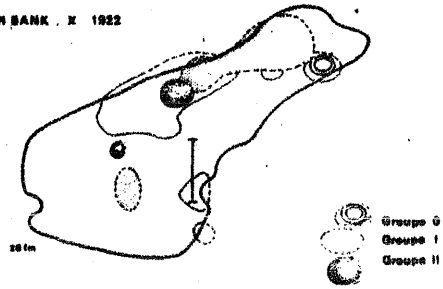
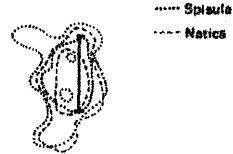


Figure 4

d'après DAVIES, 1923.



Coincidence des coquilles de SPISULA et de NATICA

X. 1921

Le modèle de variabilité, année par année, inclut de bonnes années exceptionnelles et des années sans recrutement, sans que puisse toujours être mise en évidence la responsabilité d'un facteur abiotique.

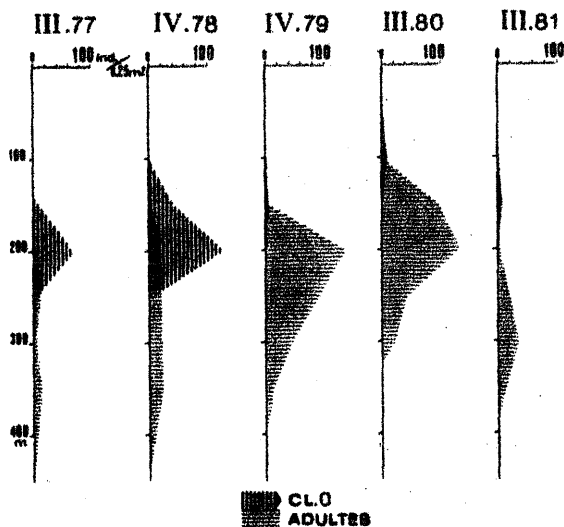


Figure 5

d'après J. GUILLOU, 1982.

La figure 5 exprime, à l'aide des densités estimées sur les plages aux différents niveaux, la forte variabilité interannuelle des juvéniles de *Donax trunculus* recrutés à l'automne précédent de 1977 à 1981.

Une fois saisis les facteurs abiotiques, les facteurs biotiques sont une deuxième source de variabilité. Ils peuvent intervenir à trois niveaux :

1. La compétition intraspécifique

Les relations jeunes - adultes sont évidentes dans le cas de la ségrégation spatiale des jeunes par rapport aux adultes.

La figure 5 illustre bien la ségrégation des jeunes *Donax trivittatus* en haut de plage, par rapport aux adultes situés plus bas.

Mais l'analyse suivie des bancs de *Spisula ovalis* des côtes ouest de Bretagne, met encore plus en relief la compétition intraspécifique. Très localisés, ces bancs correspondent à des accumulations de sable dunaire façonnées par de violentes actions hydrodynamiques (Fig. 6).

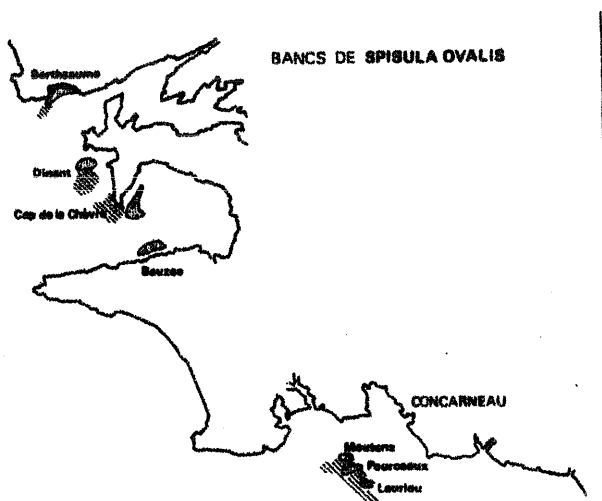


Figure 6

Les conditions de vie y sont très difficiles puisque seul ce bivalve spécialisé et ses prédateurs habitent ces fonds. L'analyse de la succession temporelle des cohortes (Tableau I), sur les bancs de la baie de Concarneau, montre qu'il existe de très bonnes années de recrutement (1959, 1965, 1974,...) et que le recrutement n'intervient pas tant que les adultes occupent la place. Le naissain de 1959 a colonisé massivement le banc de Pourceaux (1 300 ind. m⁻²) et avant 1968 commence l'exploitation par l'homme. Tous les individus âgés (de 4 à 5 ans) sont prélevés, dès lors la place est disponible pour le naissain de 1968 qui s'installe en quantité. Ceux de 1971, 1972 s'installent sans grand succès bien que la place soit vacante et il faut attendre 1974 pour retrouver une colonisation massive comparable à celle de 1959.

L'extrême simplicité de la structure du peuplement et des composantes démographiques met en lumière ce que peut-être la compétition intra-spécifique. Cependant, le phénomène de larviphagie n'a jamais été démontré clairement dans le cas des suspensivores.

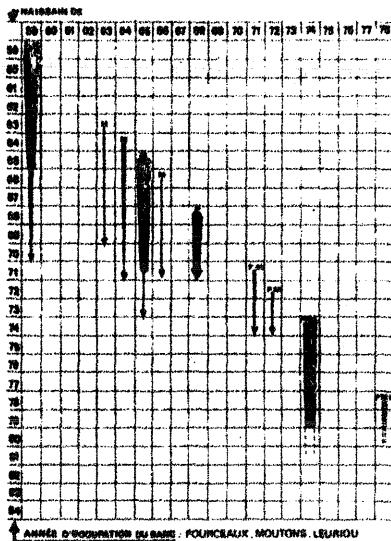


Tableau I

NAISSAINS ABONDANTS :

Pourceaux	68		68		74		78	
Moutons	68	68			74		78	
Leurieu					74		78	
Beuzec			66	75		77		82
Chèvre						78		
Dinant								78
Bertheaume				73	78	77		78

Tableau II

A partir des années 1970, les bancs de l'Iroise, Beuzec et Cap de la Chèvre en baie de Douarnenez, Dinant et Bertheaume d'autre part, sont prospectés. Le tableau II montre un synchronisme pour les bonnes années de recrutement, par contre ces années sont différentes de la baie de Concarneau. L'explication n'est certainement pas à rechercher dans les facteurs biotiques.

2. La compétition interspécifique

Au sein d'une même niche trophique, on peut également décrire une ségrégation spatiale ou assister à un étalement dans le temps de l'apparition des juvéniles sur le fond.

La figure 7 montre ainsi, sur la même plage, la ségrégation spatiale (bathymétrique) des jeunes et adultes de deux espèces du même genre *Donax trunculus* et *Donax vittatus*. Les flèches suggèrent les migrations des jeunes de la classe I.

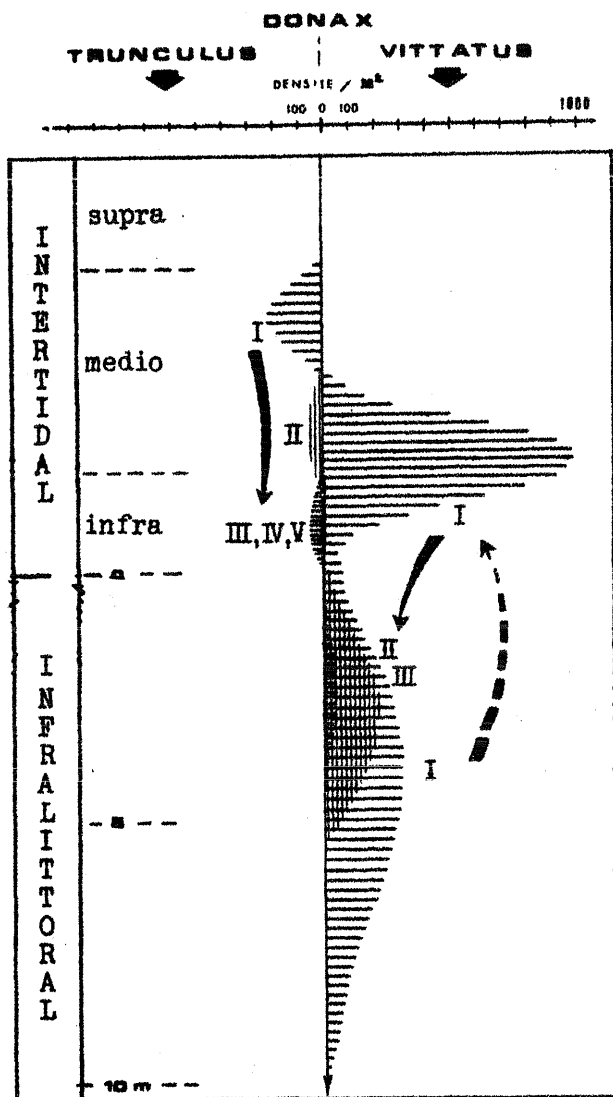


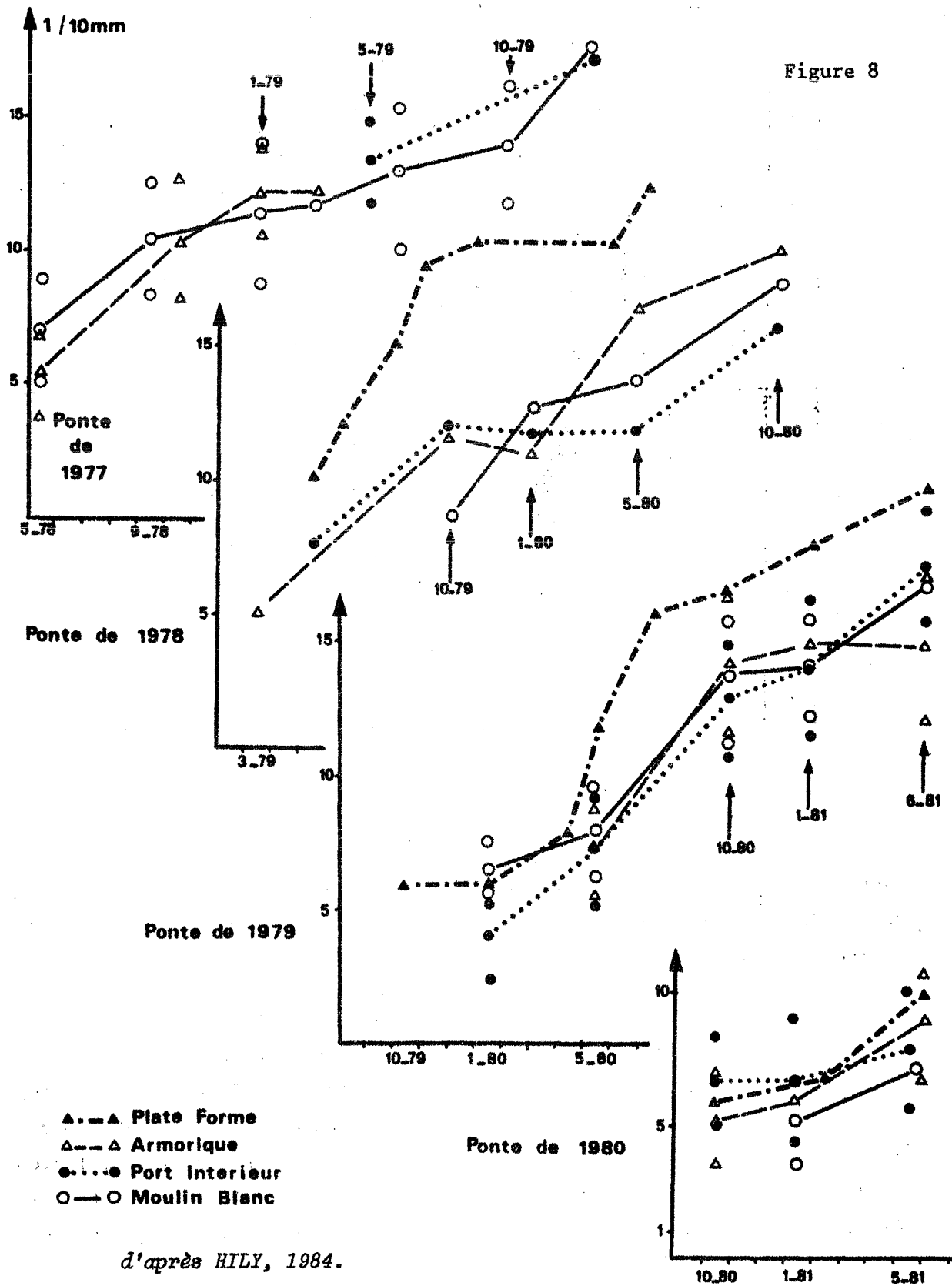
Figure 7

d'après GUILLOU, 1980.

Au sein d'une communauté, les relations interspécifiques interviennent dans le devenir des juvéniles, comme peut en témoigner la croissance différente des juvéniles d'une même espèce, recrutés au sein de communautés qui n'ont pas le même degré de maturité.

Le meilleur exemple est donné par la Polychète *Melinna palmata*, étudiée en rade de Brest (HILY, 1984), au niveau de quatre stations habitées par le même peuplement, mais représentant des états différents de maturité (Fig. 8). La station Plateforme est en recolonisation jusqu'en 1978, après une perturbation provoquée par des dragages. La croissance de la population de *Melinna palmata* y est plus importante qu'aux autres stations. Cette différence tend à s'affaiblir progressivement en 1980 et 1981. La croissance

n'est pas significativement différente pour les quatre cohortes étudiées aux trois autres stations, placées sur un gradient croissant d'enrichissement en matière organique : Armorique, Moulin Blanc et Port Intérieur.



3. Les relations proie / prédateur

L'abondance des prédateurs peut anéantir totalement le stock de recrues.

Dans le cas des *Spisula subtruncata* du Dogger Bank, DAVIES montre, dans le secteur matérialisé par un trait vertical barré, en 1921 une parfaite coïncidence des isodensités de *Spisula* et de son prédateur *Natica* dans un rapport de 6 à 1. En 1922, la population adulte de *Spisula* est pratiquement anéantie et les juvéniles peuvent se réinstaller (cf. fig.4).

Il est évident que des phénomènes de régulation interviennent essentiellement en fonction des facteurs biotiques et ceci aux différents niveaux évoqués.

On peut aussi signaler que si les phénomènes de chémoréception expliquent l'attrance des adultes sur les larves dans le cas de certaines espèces de substrat dur, l'action positive des adultes sur les jeunes est plus difficile à démontrer en milieu meuble. D'un autre côté, jamais n'a été clairement défini un nombre minimum d'adultes pour que soient recrutés les juvéniles.

Dans le cas des populations de Bivalves suspensivores étudiées, la compétition intraspécifique et interspécifique est donc à la base de la ségrégation spatiale des cohortes. Si les phénomènes liés à la variabilité du recrutement sont plus faciles à mettre en évidence dans le cas de peuplements très peu structurés, tels ceux que nous avons choisi comme exemples, dans les peuplements riches en espèces ces phénomènes n'en relèvent pas moins de la classification proposée.

BIBLIOGRAPHIE

- BAYED, A., 1982 - Ecologie descriptive et dynamique des plages de la région de Brest, Maroc.
Thèse de 3e cycle, Université de Bretagne Occidentale, Brest :
122 p.
- DAVIES, E.M., 1923 - Quantitative studies on the fauna of the sea bottom.
Nr 1. Preliminary investigation of the Dogger Bank.
Fish. Inv. Sér. II, 6 (2) : 1-54.
- EBERT, T., 1983 - Recrutement in Echinoderms..
Echinoderm studies (1) : 169-203.
- GUILLOU, J., 1980 - Les peuplements de sables fins du littoral nord-Gascogne.
Thèse de 3e cycle, Université de Bretagne Occidentale, Brest :
210 p.
- GUILLOU, J., 1982 - Variabilité des populations de *Donax trunculus* et *Donax vitattus* en Baie de Douarnenez.
Netherlands Journal of Sea Research, 16 : 88-95.
- HILY, C., 1984 - Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hypertrophiques.
Thèse d'Etat, Université de Bretagne Occidentale, Brest, vol. 1 :
350 p. - vol. 2 : 370 p.

DYNAMIQUE D'UNE POPULATION ET RECRUTEMENT DANS UN ECOSYSTEME PELAGIQUE

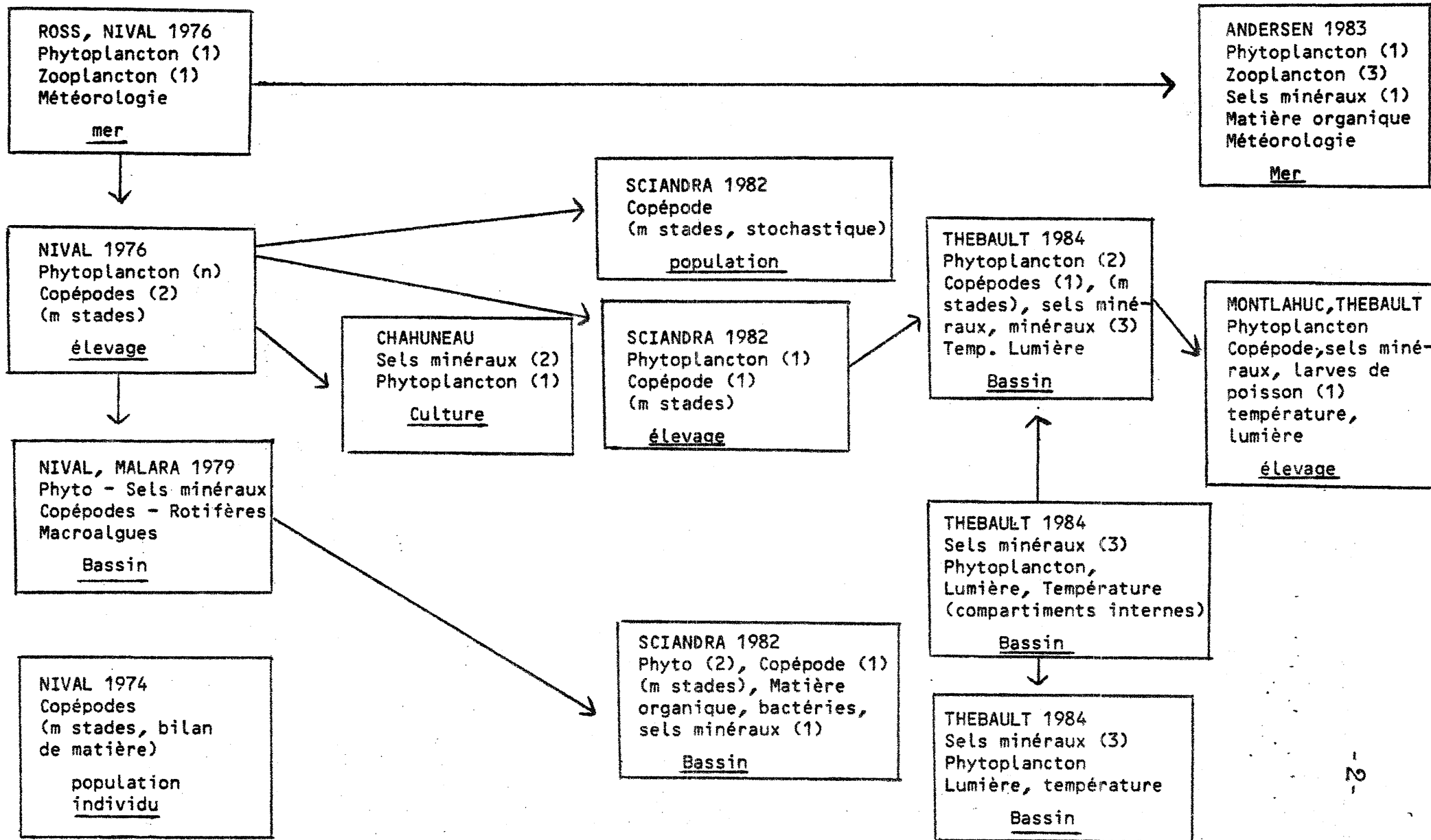
P. NIVAL, O. MONTLAHUC, V. ANDERSEN (ERA 228-Station zoologique, VILLEFRANCHE S/MER)

=====

Le même milieu, le même écosystème peut être vu et représenté de façon parfaitement différente selon que ses propriétés et ses composants sont identifiés par un spécialiste de la biologie ou un non spécialiste. Lorsqu'il considère la biocénose planctonique, le biologiste qui a débuté ses travaux par des descriptions, des comptages et a cherché à mettre en évidence la diversité des formes de vie, tendra à exprimer une partie importante de cette complexité, même s'il élimine toute une frange d'espèces rares ou à première vue négligeables.

Le physicien ou le chimiste, au contraire simplifiera l'ensemble de la biocénose parcequ'elle ne représente qu'une source ou un puits pour les variables non conservatives et qu'elle n'agit pas sur celles qui sont globalement conservatives. Généralement les interactions physique-biologie étant orientées fortement dans le sens physique-biologie il semble que l'on peut négliger la structure très complexe du réseau trophique.

Si on sait dénombrer les catégories de "particules" existant dans une masse d'eau, on ne sait pas exprimer leur dynamique de façon suffisante pour les différencier fonctionnellement. Il est donc généralement impossible d'associer à la différence anatomique, la différence fonctionnelle. Ce raisonnement a conduit les modélisateurs, comme les chercheurs qui construisent des bilans d'énergie ou de matière d'un écosystème, à considérer de grandes classes d'organismes pour lesquels les différences fonctionnelles sont indiscutables : producteurs primaires, carnivores, herbivores. L'homogénéité que l'on admet à l'intérieur de ces regroupements n'est que le résultat de notre ignorance et cela ne veut en aucun cas dire que ces masses ont, dans la nature, un comportement homogène. Pour la modélisation c'est assurément un point faible qu'il faut éliminer ; expérimentation, observation, modélisation peuvent concourir à affiner la description du système biologique, qu'il soit pélagique ou benthique.



La Station Zoologique a suivi en matière de modélisation une démarche qui conduit de structures théoriques simples, permettant de dégrossir les problèmes, à des structures plus complexes. Plusieurs types de modèles de systèmes pélagiques ont été construits qui possèdent des zones de complexité différentes selon la durée du phénomène simulé, la taille de la masse d'eau considérée, le nombre de composants biologiques identifiés.

La figure (1) donne une rétrospective des modèles construits et de leur filiation.

Le projet consisterait à examiner l'importance de la discrétisation des masses (différentes espèces, différents stades de développement, différentes classes d'âge) sur les propriétés de la structure théorique. Il devrait aussi considérer les conséquences à long terme de la prise en considération de mécanismes microscopiques (échelle de l'individu, échelle biochimique) car on peut s'attendre à voir apparaître dans ce cas des comportements plus complexes qui rejoindraient ceux observés dans la nature.

PROPOSITIONS POUR UNE APPROCHE DE L'INFLUENCE DE LA QUALITE DE L'ENVIRONNEMENT
PELAGIQUE ET DE SES FLUCTUATIONS SPATIO-TEMPORELLES SUR LE DETERMINISME DU RECRUTEMENT

J.P. BERGERON

I.F.R.E.M.E.R./C.N.E.X.O

C.O.B./B.A.P.

BP 337

29273 - BREST CEDEX

QUELQUES CONCEPTS ELEMENTAIRES

Si la problématique du déterminisme du recrutement d'espèces exploitables est reconnue pour être éminemment complexe, il est aussi unanimement admis que les facteurs écologiques jouent un rôle majeur dans le déroulement du processus. Les fluctuations des caractéristiques qualitatives et les éventuelles perturbations de l'environnement sont, de manière directe ou indirecte, en grande partie responsables de la variabilité quantitative du stock recruté, surtout lorsqu'elles agissent sur des phases ontogéniques dites "critiques" en raison de la vulnérabilité particulière des organismes, essentiellement les oeufs, stades larvaires et juvéniles. De ce point de vue, le milieu pélagique présente un intérêt de premier ordre, et ce pour trois raisons principales :

1) il est directement influencé par les conditions climatiques : cet aspect revêt une importance particulière dans nos régions tempérées, où de notables fluctuations saisonnières et interannuelles peuvent se manifester, et en zones littorales, qui subissent moins les régulations d'origine océanique et sont en revanche plus soumises à l'influence continentale ;

2) le milieu pélagique présente des discontinuités spatiales de sa dynamique hydrologique : il en résulte l'existence de foyers de production biologique intense, parfois très localisés et l'équilibre et la fertilité de la mer dépendent de la répartition spatiale de ces zones responsables de la dissémination de l'énergie vers les régions oligotrophes ;

3) enfin toutes les espèces exploitables subissent, à des degrés divers, l'influence de l'environnement pélagique : ce sont les stades larvaires planctoniques de crustacés nécrophages ou de gastropodes phytophages par exemple, c'est l'ensemble du cycle ontogénique pour les lamellibranches filtreurs qui, à partir du stade benthique fixé, en dépendent encore du point de vue nutritionnel, ou pour les poissons pélagiques, qui sont totalement

inféodés à ce milieu ; on peut observer que, dans tous les cas, les stades les plus fragiles sont soumis aux fluctuations du milieu pélagique.

Il apparaît indéniable que l'étude de ces facteurs écologiques est essentielle au moment précis de la phase larvaire planctonique de la majorité des espèces : notamment par la mise en évidence de phénomènes d'importance majeure tels que prédation, compétition ou par l'évaluation des caractéristiques qualitatives ou quantitatives de l'environnement physico-chimique et trophique, on peut en attendre l'élucidation de certaines causalités de fluctuations du recrutement. Mais si l'on cherche à approfondir la connaissance du processus et à comprendre le déterminisme de l'état global du système à la période considérée, il est nécessaire de prendre en compte le fait que ces facteurs sont en grande partie conditionnés par le stade d'évolution de l'écosystème au moment de l'apparition des larves, stade d'évolution lui-même dépendant des principaux événements météorologiques antérieurs. Nous sommes là confrontés à un problème général en écologie pélagique des zones néritiques tempérées, l'importance de la période printanière pour ce que l'on devrait appeler la "qualité du millésime". Cette période apparaît en effet cruciale à double titre :

1) l'écosystème porte encore l'empreinte des conditions météorologiques qu'a connu l'hiver précédent : on note en effet classiquement une variabilité interannuelle de nombreux descripteurs du milieu qu'ils soient physiques (température), chimiques (salinité, sels nutritifs) ou biologiques (composition faunistique et biomasses des peuplements zooplanctoniques) ; l'amplitude et la durée de l'abaissement hivernal de la température entrent en jeu par exemple dans les taux de survie de certains organismes planctoniques, les quantités de réserves lipidiques accumulées par ceux-ci ; la pluviosité joue également un rôle considérable par les dessalures qui peuvent en résulter en zones côtières, mais aussi par l'incidence sur le débit des fleuves et par conséquent l'apport potentiel de matériel détritique et de sels nutritifs dans le milieu marin ;

2) la période printanière présente elle aussi ses caractéristiques propres, particulièrement variables dans nos régions et d'importance capitale pour le démarrage des processus de production biologique : la précocité de l'augmentation de la température du milieu, son synchronisme avec l'évolution de la photopériode sont des facteurs bien connus qui, en synergie avec d'autres

facteurs, la biomasse mésozooplanctonique susceptible de consommer le phyto-
plancton et la concentration en sels nutritifs par exemple, jouent un rôle
déterminant dans l'équilibre du système.

L'hétérogénéité spatiale de la structure et du fonctionnement du
milieu pélagique évolue de façon importante au cours d'un cycle annuel, et
plus particulièrement pendant la période de fin d'hiver et du printemps.
Dans nos régions en fin d'hiver, les brassages de la masse d'eau dûs aux
coups de vents et aux marées, le refroidissement lié à la proximité du continent
tendent à isoler les zones littorales de celles plus hauturières soumises à
l'influence océanique : le golfe Normand-Breton est un exemple particulièrement
éloquent pour illustrer ce phénomène. Les échanges entre les deux systèmes
semblent s'amplifier au cours du printemps, puis on assiste à nouveau à une
individualisation du Golfe qui, s'étant plus rapidement réchauffé que le
large, constitue un biotope aux caractéristiques différentes. Les interactions
biologiques entre systèmes pélagiques côtiers et hauturiers sont d'un intérêt
fondamental pour élucider les mécanismes à l'origine des fluctuations inter-
annuelles de la qualité du milieu. En effet, ces deux types de systèmes
subissent des influences d'échelles spatio-temporelles différentes : il est
admis que les océans exercent une forte influence régulatrice sur le climat
à grande échelle et, inversement, on peut dire que les fluctuations à court
terme des conditions météorologiques sont considérablement tamponnées au
niveau des systèmes hauturiers, dont les caractéristiques physico-chimiques
et par conséquent biologiques sont le reflet global de l'ensemble des principaux
événements atmosphériques intervenus tout au long d'une saison ; le système
hauturier est donc marqué de l'empreinte de la qualité du millésime à grande
échelle, alors que les systèmes côtiers, qui sont par définition au contact
du continent et généralement de faible profondeur, peuvent être profondément
perturbés par des événements météorologiques très localisés et de courte durée.
On voit donc que, pour une zone donnée et à un instant donné, la connaissance
des parts d'influence respectives des conditions à grande et petite échelle
est fortement conditionnée par l'appréciation des échanges qui s'effectuent
entre ces deux types de systèmes. Prenons l'exemple concret du Golfe Normand-
Breton. En Manche, une dérive résiduelle d'Ouest en Est apporte une eau
d'origine atlantique susceptible d'exercer une influence régulatrice sur
les systèmes côtiers adjacents. Selon la période à laquelle on s'intéresse,

si l'on connaît l'intensité et les modalités des interactions entre les deux types de systèmes, on pourra estimer la vulnérabilité de l'équilibre écologique du golfe, apprécier l'amplitude potentielle de la perturbation provoquée par l'irruption d'un facteur exogène exceptionnel, prédire le temps nécessaire pour que le système retrouve un nouvel équilibre. Il s'agit là d'un problème très général d'écologie pélagique littorale, et, au-delà de son intérêt évident pour la compréhension du déterminisme du recrutement, tout progrès dans la connaissance de ces processus d'interactions sera extrêmement précieux pour ses applications en matière de gestion des milieux côtiers.

Les conditions météorologiques exercent une influence directe sur l'écosystème pélagique, instable du fait de sa fluidité et donc particulièrement sensible à d'éventuelles perturbations exogènes. Des grands cycles pluriannuels mis en évidence par certains auteurs aux conséquences d'un coup de vent local, il existe une infinie variété des échelles temporelles envisageables. Celles que nous nous proposons d'aborder sont saisonnière et interannuelle. Se pose alors le problème de déterminer le niveau de l'écosystème susceptible de révéler au mieux les symptômes de ce type de fluctuations. Eu égard aux temps de génération classiquement admis pour la majorité de ses composants, le mésozooplancton semble posséder les propriétés requises : il est en effet bien connu que sa composition spécifique et la physiologie des organismes que le constituent sont caractéristiques des conditions du milieu et s'adaptent progressivement à l'évolution saisonnière de celles-ci.

Bien qu'il soit difficile de déterminer une frontière, on peut définir une perturbation comme une fluctuation suffisamment rapide ou intense pour qu'elle se traduise par un déséquilibre notable du milieu. Il faut donc un système sensible qui enregistre l'événement, intègre ses caractéristiques, juge de son ampleur et le mémorise éventuellement. Là encore, le mésozooplancton semble apte à remplir ce rôle : la perturbation se manifestant principalement sur l'environnement physico-chimique, l'impact sur le peuplement phytoplanctonique est immédiat et le mésozooplancton "enregistre" la variation quantitative et qualitative du stock de nourriture qu'il consomme ; le phénomène perturbateur, selon sa nature, présente des processus complexes de synergies ou d'antagonismes avec les facteurs du milieu et le peuplement "intègre" les nouvelles propriétés qualitatives

de son environnement ; le fonctionnement du système mésozooplanctonique comprend des mécanismes cybernétiques lui conférant des propriétés homéostatiques résultant d'un stockage d'information qui s'effectue au cours de sa maturation et le rend apte à compenser l'effet de toute fluctuation prévisible, il "juge" donc de la prévisibilité de l'événement et se désorganise si la nature ou l'intensité du phénomène dépassent ses capacités régulatrices ; dans la mesure où celles-ci deviennent inopérantes, il "mémorise" l'effet de la perturbation en déformant sa composition faunistique et en ajustant la physiologie des organismes composants.

Le milieu pélagique présente des discontinuités structurales qui rendent son approche malaisée : un des problèmes majeurs réside dans l'estimation de ses fluctuations et la détection d'éventuelles perturbations. Celles-ci se manifestant selon différentes échelles spatio-temporelles, leur mise en évidence dépend directement de la définition de la stratégie d'échantillonnage. Si l'on s'intéresse plus spécialement aux phénomènes saisonniers, le mésozooplancton, composant permanent et omniprésent des écosystèmes pélagiques, est susceptible d'offrir un niveau de perception approprié : la variabilité à petite échelle des conditions de l'environnement est en effet tamponnée au niveau de ce compartiment, les événements essentiels du point de vue de leur impact sur la structure et le fonctionnement du système s'y trouvent intégrés. Il convient de noter enfin que le mésozooplancton, interface entre les ressources hydrobiologiques du milieu et les niveaux supérieurs de la faune benthique et pélagique, offre des possibilités d'échantillonnage que l'on peut considérer comme satisfaisantes et se prête à l'analyse de certaines de ses caractéristiques fonctionnelles dont nous allons envisager maintenant quelques aspects.

Le mésozooplancton comprend les plus petits métazoaires hétérotrophes des écosystèmes pélagiques et constitue donc le premier maillon du réseau trophique responsable du transfert, vers les niveaux supérieurs, de la matière organique disponible dans le milieu sous forme de particules en suspension. La recherche en ce domaine s'est peu à peu orientée vers la compréhension des processus dynamiques permettant le passage du flux énergétique à travers ce maillon, qui, d'un point de vue fonctionnel, forme un compartiment relativement bien individualisé. On peut le considérer lui-même comme un système, c'est-à-dire "un ensemble d'éléments

ayant des relations mutuelles et se comportant comme un tout à une échelle de perception donnée". Parmi les propriétés des systèmes émerge l'idée de fonctionnement global qu'il faut tenter d'exploiter en définissant une "échelle de perception" pertinente pour parvenir à une évaluation globale de fonctions essentielles du peuplement mésozooplanctonique au sein de l'écosystème pélagique.

Une méthode d'approche particulière des mécanismes de la production secondaire peut être proposée en considération de deux propriétés, pourtant apparemment antinomiques, des systèmes mésozooplanctoniques : ce sont la remarquable complexité et la relative homogénéité caractérisant à la fois la structure et le fonctionnement de ces peuplements.

Du point de vue de leur structure, ces systèmes sont en effet très complexes si l'on considère simplement leur diversité spécifique ; ils deviennent extrêmement complexes si, au-delà de cet aspect, on envisage les variations possibles des effectifs des différentes espèces et de la distribution des fréquences de tailles dans les populations de chacune de ces espèces. En revanche, l'ensemble des producteurs secondaires au sens de plus en plus couramment admis aujourd'hui, organismes microphages herbivores ou non, présente une relative homogénéité quant à leur situation phylogénétique (prédominance de crustacés et, parmi ceux-ci, de copépodes), leurs dimensions (forte proportion d'individus mesurant 0,2 à 2-3 mm), leurs modes de nutrition (organismes filtreurs essentiellement).

Pour ce qui concerne le fonctionnement des peuplements mésozooplanctoniques, les interrelations, trophiques en particulier, non seulement entre espèces, mais encore entre individus de stades de développement différents au sein d'une même espèce, sont d'une telle complexité que les mécanismes cybernétiques résultants aboutissent à l'émergence de propriétés systémiques imprévisibles dans l'état actuel de nos connaissances : cette complexité rend illusoire la formulation exhaustive, par une approche analytique classique, de l'influence des facteurs de l'environnement physico-chimique et trophique sur le fonctionnement global du système. Envisagé à une autre échelle, le mésozooplancton peut apparaître comme un ensemble très homogène : en effet,

entre ses nombreux constituants, les similitudes biochimiques, structurales et métaboliques, sont sans doute considérablement prépondérantes par rapport aux distinctions morphologiques liées aux différences taxonomiques. Ce sont d'ailleurs les propriétés des séquences métaboliques de l'espèce qui expliquent les propriétés de cette espèce et le type d'interrelations qu'elle établit avec son environnement.

Considérant les attributs fondamentaux de la cellule communs à l'ensemble des organismes vivants, il apparaît possible de se livrer à une dissection conceptuelle de l'écosystème jusqu'au niveau de la séquence métabolique. C'est en effet dans la cellule que se réalisent les processus biochimiques gouvernés à la fois par le génotype de l'individu et les régulations imposées par l'ensemble des conditions physiques, chimiques, trophiques, mais aussi faunistiques du milieu, qui peuvent avoir des influences inductrices ou répressives, synergiques ou antagonistes. Chaque réaction métabolique peut être considérée comme une entité fonctionnelle élémentaire dont les effets, se propageant à travers les divers niveaux d'organisation de la matière vivante, se répercutent sur les échelons hiérarchiques supérieurs, c'est-à-dire, au-delà des organismes, sur les caractéristiques des populations et des biocénoses. A une échelle suffisamment large pour intégrer la variabilité spatio-temporelle de la structure et du fonctionnement du peuplement mésozooplanctonique, le taux d'activité d'une séquence métabolique contributive d'une fonction donnée sera donc significatif du niveau global d'exécution, à l'échelon cellulaire, de la fonction au sein du système. Le problème se réduit alors à estimer l'émanation de ce processus élémentaire au niveau du fonctionnement systémique du peuplement, souci concret de l'écologiste. Ce type d'approche permet de mettre à profit l'homogénéité des processus cellulaires pour prendre en compte, en n'en mesurant que l'effet global, la complexité des innombrables mécanismes entrant en jeu dans la production secondaire.

Dans la démarche proposée, on a tendance à abandonner l'idée d'association d'un système enzymatique à une fonction physiologique pour se tourner vers une approche directe du métabolisme primaire gouvernant les modalités et taux de transfert de matière et d'énergie au niveau de l'ensemble du compartiment mésozooplanctonique. Dans cette optique, il faut chercher à caractériser l'assimilation de matière et d'énergie, soit, schématiquement, l'entrée des composés azotés et hydrocarbonés, et la néosynthèse qui en découle, croissance ou constitution de réserves énergétiques, soit la transformation des matériaux assimilés.

EXPERIENCE ACQUISE EN MANCHE

Campagnes essentiellement axées sur la caractérisation des aspects fonctionnels des peuplements mésozooplanctoniques. Acquisition simultanée des paramètres majeurs destinés à caractériser l'environnement hydrobiologique et trophique (phytoplancton et autre matériel particulaire).

CAMPAGNES	DATES	ZONE	PRINCIPAUX RESULTATS
années de suivi période printanière (3x4 campagnes)	78 à 80 mi mars à fin juin	De Ouessant à baie de Saint-Brieuc jusqu'à 20-25 milles de la côte	Mise en évidence : <ul style="list-style-type: none"> . caractéristiques d'un développement équilibré du système (79) . hétérogénéité spatiale (78) . perturbations du fonctionnement du système zooplanctonique imputables : <ul style="list-style-type: none"> - en 1978 à un brusque refroidissement de la masse d'eau consécutif à un violent coup de vent de Nord-Est, - en 1980 à une dessalure anormale vraisemblablement due à une incursion d'eau de la Loire (à noter que les coquilles Saint-Jacques de la baie de Saint-Brieuc ont marqué un anneau de ralentissement de croissance au cours de ce printemps ; datation précise non encore réalisée).
Normanche I	mai 78 (12 jours)	bassin oriental de la Manche	Mise en évidence sur l'ensemble de la zone de 4 systèmes présentant des caractéristiques fonctionnelles différentes.
Normanche II	juin 79 (12 jours)	ensemble de la Manche	Mise en évidence d'un découpage identique à celui de 78 pour le bassin oriental, de deux systèmes différents pour le bassin occidental. Différence de maturité du système observée entre 78 et 79 au large de la côte Nord de Bretagne retrouvée globalement sur l'ensemble de la Manche.
Programme NATIR (10 campagnes) (5 campagnes)	81 à 83 fin février à fin juin août-septembre	Mer d'Iroise	Objectif : suivi de l'évolution printanière de l'écosystème avant l'établissement des fronts hydrologiques. caractérisation des systèmes après établissement des fronts. Résultats incomplètement analysés.

PROJET "QUALITE DU MILLESIME"

Préambule : Nous n'aborderons pas ici les aspects spécifiques d'investigations à mener au moment de la phase larvaire planctonique d'une espèce donnée ; ils sont en effet à définir en fonction de l'espèce et de la zone choisies.

Les travaux d'Ecologie Pélagique exigent le rassemblement de spécialistes de différentes disciplines. Sans chercher à être exhaustif à ce stade de proposition de projet, on peut esquisser quelques grandes lignes de programme, surtout pour ce qui concerne les moyens à la mer : ceux-ci doivent être relativement importants dans l'optique d'un programme spécifiquement consacré à l'aspect "Qualité du Millésime", qui nécessite des suivis temporels.

Moyens à mettre en oeuvre

Campagnes

L'expérience acquise en Manche Occidentale permet de définir les mailles spatio-temporelles de la stratégie d'échantillonnage souhaitable et de proposer le schéma suivant :

- 5 - 7 campagnes de 2-3 jours par an, de fin février à fin juin,
- 2 quadrillages : zones hauturière et littorale,
- 1 radiale entre les deux zones.

Méthodes

- . Hydrobiologie : température, salinité, sels nutritifs.
- . Phytoplancton et particules: chlorophylle, composition biochimique.
- . Mésozooplancton : analyse faunistique, biomasse, paramètres métaboliques.

Liste non exhaustive donnée à titre indicatif, à définir plus précisément avec les spécialistes des différentes disciplines. En particulier, l'accent doit être mis sur les zones intermédiaires, sièges des échanges

entre systèmes hauturier et littoral, pour lesquelles seront probablement nécessaires des méthodes d'échantillonnage en continu et une approche plus analytique des caractéristiques faunistiques et biochimiques des peuplements impliqués dans les processus d'interactions entre les systèmes.

. Acquisition simultanée des paramètres météorologiques majeurs.

Durée du programme : 5 ans.

Zone proposée : Sud de la Manche Occidentale et Golfe
Normand-Breton.

Résultats attendus à terme

Fluctuations saisonnières et interannuelles de la structure et du fonctionnement du système pélagique. Perturbations accidentelles.

Relations avec les principaux événements météorologiques.

Interactions systèmes côtiers et hauturiers : variabilité de l'intensité et des modalités des échanges sur les plans spatial et temporel, incidence sur la stabilité des systèmes côtiers.

} Modélisation

L'objectif de ce programme est la connaissance du déterminisme de l'évolution de l'état global du système pélagique au cours de sa maturation. Grâce à la modélisation, on doit pouvoir disposer à terme d'un outil permettant, à partir du traitement de données d'acquisition simple en routine, la prédiction de l'état du système aux périodes clés des divers processus régulant le recrutement d'une espèce donnée.

POISSONS ANTARCTIQUES

Laboratoire d'Ichtyologie Générale et Appliquée, M.N.H.N., Paris

J.C. Hureau et G. Duhamel.

Le cycle biologique des espèces de poissons antarctiques commence à être bien connu et un effort particulier est mené en ce moment pour étudier la phase oeuf/vie larvaire qui est vraisemblablement la phase critique au cours de laquelle, par exemple, se détermine l'abondance des cohortes.

L'océan Austral n'est pas réputé comme étant un milieu marin très productif et seuls les abords des îles permettent le développement de populations abondantes de poissons appartenant à deux familles. Trois espèces justifient ainsi d'une exploitation autour des îles Kerguelen depuis une quinzaine d'années.

Ces espèces présentent des stratégies adaptatives imposées par le milieu dans lequel elles vivent. Parmi celles-ci nous pouvons citer:

- une période de ponte annuelle limitée dans le temps mais non synchrone entre espèces.
- des frayères individualisées par espèces.
- des pontes d'oeufs de diamètre important, donc riche en vitellus donnant à l'éclosion des larves de taille conséquente.
- une phase larvaire pélagique en apparence synchrone pour toutes les espèces.
- un régime alimentaire à dominance planctonophage.

Deux périodes peuvent être étudiées dans le cadre des facteurs influençant le déterminisme du recrutement:

- phase ponte-éclosion
- phase vie pélagique

1/ Phase ponte-éclosion

Des expériences ont déjà été menées à terme dans ce domaine aux îles Kerguelen et conduisent à élaborer deux stratégies:

a/ Etude expérimentale en laboratoire

- . fécondation artificielle à partir de reproducteurs pêchés sur les frayères

- . Incubation avec suivi des phases embryonnaires en agissant sur différents facteurs (T°, éclaircissement, oxygénation)
- . Détermination de la durée moyenne de la phase embryonnaire
- . Détermination de la taille moyenne à l'éclosion

b/ Etude en milieu naturel

- . Pêches expérimentales - Présence/absence d'oeufs dans le plancton
 - Dispersion spatiale et temporelle
 - Détermination des dates d'éclosion
- . Caractéristiques physico-chimiques du milieu

2/ Phase vie pélagique

Les buts suivants seront poursuivis:

- . Identification et description des larves
- . Estimation du taux de survie de celles-ci (en élevage)
 - Influence de la densité en larves
 - Phénomènes de compétition/prédation
- . Croissance et identification du régime alimentaire

Une nouvelle stratégie sera envisagée pour les études en milieu ouvert en retenant des échantillonnages réguliers ce qui ne devrait pas être trop contraignant car la phase pélagique est brève pour les espèces considérées.

Les objectifs à atteindre seraient les suivants:

- . Visualisation de la dispersion des larves, densité dans les différents milieux
- . Caractéristiques physico-chimiques de l'environnement larvaire
- . Relations proie/prédateur
 - régime alimentaire des larves
 - prédation sur celles-ci
 - place de la phase pélagique dans l'écosystème
 - Analyse qualitative et quantitative des ressources alimentaires (fluctuations saisonnières)
- . Estimation de la durée moyenne de la phase pélagique

Cette étude ne peut être que pluriannuelle si l'on veut aboutir à évaluer l'importance de quelques paramètres sur le recrutement des espèces impliquées. En outre, ces espèces étant exploitées, un suivi régulier de la biomasse des reproducteurs doit être considérée même si, jusqu'à présent, aucun modèle n'a montré de relation claire entre stock et recrutement.

Le milieu retenu présente des avantages certains pour mener à bien des études sur le déterminisme du recrutement. Ainsi la pauvreté spécifique du milieu antarctique et sa relative stabilité par rapport aux zones tempérées seront certainement des atouts dans ce type d'étude très complexe. Par ailleurs la bonne connaissance de la localisation des frayères et des périodes de ponte facilitera les échantillonnages tant pour l'étude expérimentale en laboratoire que pour l'élaboration d'un calendrier de prélèvements.

Contribution n°32

MOTIVATIONS SCIENTIFIQUES DE LA PARTICIPATION DU LABORATOIRE
DE PHYSIQUE ET CHIMIE MARINES A L'ETUDE DU RECRUTEMENT.

Louis PRIEUR . LPCM BP 08 06230 VILLEFRANCHE SUR MER.

L'évaluation des trajets et des distances parcourus par les masses d'eau porteuses d'oeufs ou de larves peu mobiles est l'un des problèmes de dynamique marine posés par le recrutement. En fait plusieurs questions sont ainsi posées, et parmi celles-ci: les larves restent-elles liées à la masse d'eau d'origine, l'existence individualisée de cette masse d'eau dure-t-elle suffisamment avant sa destruction par diffusion et mélange avec les masses voisines et dans l'affirmative, qu'elle est la trajectoire et surtout la distribution spatiale de cette masse à la fin de la vie larvaire? Dans la négative, n'y a-t-il pas possibilité d'accumulation de larves le long de micro-dicontinuités de densité, qui serait favorisée par les ondes de diverses natures qui parcourent le milieu?

Les mesures hydrobiologiques en continu (verticale et horizontales) peuvent apporter des éléments de réponse à ces questions. Nous avons développé dans le cadre du GRECO P4 du CNRS et en collaboration avec BOUCHER (COB), une méthodologie qui a fait ses preuves dans l'étude du front de mer Ligure. Elle a permis de montrer pour la première fois l'existence d'une circulation verticale en zone frontale où les divergences et les convergences sont très rapprochées (quelques km). En se référant à cette structure dynamique (détectée par des moyens continus physiques, chimiques et biologiques), nous avons montré que les distributions spatiales d'abondances de certaines espèces de copépodes sont elles-mêmes structurées, le comportement biologique jouant toutefois un rôle important. En outre nous avons trouvé que certaines masses d'eau gardent en surface leur individualité sur une période de plusieurs jours. Les marques laissées en leur sein par la production primaire durant les quelques jours précédents l'observation sont en effet parfaitement quantifiables. Il suffit d'analyser d'une manière comparative les variations spatiales des teneurs en sels nutritifs et en oxygène dissous. Par ailleurs les échanges par diffusion entre deux masses d'eau proches au moment de la mesure, mais d'histoires différentes, restent faibles à l'échelle de quelques jours. Il apparaît ainsi que les mesures hydrobiologiques en continu, en dehors de leur intérêt descriptif quant à l'environnement de la biomasse, permettent d'utiliser la production primaire comme traceur des parcours lagrangiens (trajectoires individuelles de masses d'eau dont les dimensions (500 à 3000m) sont précisées par les mesures).

Notre propos est d'adapter la stratégie mise au point en Mer Ligure à l'étude du recrutement de la coquille saint jacques en Baie de Saint - Brieuc. Tout d'abord cette stratégie doit être validée pour une région où la marée est prépondérante et où la profondeur est faible (avec donc une grande influence du vent local et du frottement sur le fond). Une première opération est prévue en 1984 dans le cadre du programme IFREMER sous la responsabilité de J. BOUCHER du COB. Nous mettrons en oeuvre une version simplifiée de notre système de mesure (T,S,turbidité,Chla) pour analyser la structure hydrobiologique associée aux amas de larves décelés par les moyens du COB (tube Haï pompe, camera). Malgré le fort mélange turbulent supposé dans cette zone, plusieurs éléments indiquent quelques chances de succès:

Il existe des gradients côte large de température, de salinité et de turbidité d'après les données déjà disponibles et les images satellitaires. Il est probable qu'existe en réalité des structures frontales décelables par nos engins.

Un autre élément favorable provient de ce que la première ponte est effectuée à une température déterminée et dans un temps relativement bref. La masse d'eau correspondante peut être suivie.

Le troisième élément vient du fait que nous disposerons probablement d'une simulation réaliste des courants pour la période (SALOMON), ce qui permettra d'orienter le parcours du bateau (THALLIA) de manière efficace.

Selon les résultats, l'adjonction, les années suivantes, de paramètres chimiques et biologiques permettant de mieux discriminer les masses d'eau et leur histoire est envisagée.

Pour le physicien, cette approche pluridisciplinaire d'un problème d'intérêt économique, n'est pas dépourvu d'intérêt fondamental, puisque des résultats sur les proportions relatives des échanges par advection et par diffusion apparaîtront nécessairement et seront différents de ceux trouvés en Mer Ligure. Elle débouche sur une meilleure connaissance de la turbulence du milieu marin, sur une évaluation de l'importance de la différence entre lignes de courant (point de vue eulérien du mouvement des masses d'eau) et trajectoires matérielles (point de vue lagrangien) et sur une estimation des paramètres importants à prendre en compte dans la modélisation des coefficients de diffusion turbulente. Précisons toutefois que la réalisation d'une telle modélisation n'est pas pour l'instant inscrite dans nos objectifs. Enfin cette action en Baie de Saint Brieuc offre l'occasion de tester un savoir faire acquis au cours de plusieurs années d'étude dans une région marine où la dynamique est totalement différente.

THEME : SAR (Méditerranée occidentale)

Laboratoire d'ichthyologie et parasitologie générale : Pr J.P. QUIGNARD

Laboratoire de biologie
Pr Paris

Université des Sciences et
Techniques du Languedoc
(Montpellier)

Les facteurs qui déterminent le recrutement sont tellement complexes, que pour tenter de les comprendre il est nécessaire de les aborder de plusieurs façons.

En ce qui concerne le déterminisme de recrutement du Sar en Méditerranée Occidentale, les équipes du laboratoire de Biologie Marine et Lagunaire de Sète et du laboratoire d'Ichthyologie de Montpellier proposent deux approches qui au départ peuvent paraître opposées, mais qui sont en fait très complémentaires.

Les principaux facteurs agissant sur le déterminisme du recrutement seront étudiés simultanément :

- au niveau larvaire
- au niveau pélagique jusqu'à la pêche.

I. LE NIVEAU LARVAIRE : donc de l'oeuf à l'alevin

C'est le niveau expérimental, conduit dans le Hall d'Aquaculture, c'est-à-dire dans des bassins de grand volume, avec possibilité de faire varier un grand nombre de facteurs.

Outre la reproduction proprement dite, nous proposons les points suivants :

1. Stratégie d'adaptation au milieu :

- Niveau trophique

Evolution des préférences } spécifiques
alimentaires } dimensionnelles

+ en condition de choix multiple

+ en condition de choix restreint

- Genèse des relations intra individuelles

- interspécifiques } Agressivité etc...
- intraspécifiques }

- Volume vital en liaison avec l'aquaculture intensive

2. Stratégie d'échantillonnage

- Relation taille poids de l'entrée de la vie trophique ou juvénile
- Identification des larves - polymorphisme larvaire
- Dynamisme sur une population connue, parvenue au stade juvénile.
- Influence expérimentale des paramètres biotiques et abiotiques sur l'évolution des caractères biométriques : otolithes, écailles.

II. NIVEAU PELAGIQUE : ETUDES SUR LE MILIEU

- II.1. Stade d'entrée dans les lagunes en fonction du type de lagune
- II.2. Stade de recrutement dans les pêcheries
- II.3. Facteurs ayant une influence sur l'évolution de la population
 - Facteur de croissance
 - Facteur alimentaire

Croissance :

- structure évolutive de la population
- taux de croissance pondérale et linéaire
- stratégies adaptatives apparentes dans le domaine

Alimentation :

- évolution qualitative des aliments
- évolution quantitative des aliments
 - . en fonction des modifications du tube digestif
 - . en fonction de la nourriture disponible
- stratégies adaptatives mises en oeuvre au niveau individuel et de la population pour résoudre les problèmes alimentaires.

Il est inutile d'insister sur l'intérêt fondamental présenté par les deux facteurs alimentation et croissance. Ils représentent les deux facteurs écobiologiques essentiels aussi bien au niveau individuel qu'au niveau de la population, permettant d'appréhender certains aspects fondamentaux des problèmes touchant au recrutement.

PETITS PELAGIQUES

Etude quantitative de la ponte de la sardine et de l'anchois à l'Est du Golfe du Lion. Production annuelle des oeufs, survie larvaire, fécondité des géniteurs et estimation de la biomasse adulte.

par : A. ABOUSSOUAN - R. RASOANARIVO - P. CHAVANCE

Station Marine d'Endoume - Rue de la Batterie des Lions - 13007 - MARSEILLE

De 1977 à 1981 trois cycles annuels de reproduction ont été suivis pour les populations de sardines et d'anchois dans une région où aucune approche similaire n'avait encore été entreprise. 85% des oeufs et 51% des larves récoltées appartiennent à ces deux espèces justifiant ainsi l'intérêt qui leur a été porté.

La méthodologie adoptée est simple : A partir de l'estimation du nombre d'oeufs pondus par une espèce au cours d'une saison de reproduction, en connaissant la fécondité moyenne d'une femelle il est possible de calculer le nombre de géniteurs de ce sexe ayant participé à la ponte. Ensuite le sex-ratio et le poids moyen permettent d'évaluer le nombre de géniteurs des deux sexes et leur biomasse.

Outre cet aspect rétroactif, puisqu'il consiste à évaluer le nombre de géniteurs ayant participé à la ponte, il existe un aspect prédictif qui par l'étude de la survie larvaire permet d'appréhender le succès de celle-ci et donc l'importance des classes d'âge avant son recrutement.

Une aire de 1954 km² complétée par une aire de 25 km² inscrite dans le golfe de Fos ont été prospectées mensuellement à partir d'un réseau de stations équidistantes de 6 à 8 milles nautiques.

Le réseau défini couvre assez fidèlement la répartition spatiale des pontes de ces deux espèces bien qu'une fraction de celle-ci nous échappe et puisse s'effectuer un peu plus vers le large pour la sardine et plus à l'Est (Toulon) pour l'anchois. La fréquence des sorties couvre également dans de bonnes conditions l'évolution temporelle des pontes. Si la sardine se reproduit dans le secteur concerné d'octobre à mai, 85% des pontes ont lieu d'octobre à décembre ; quant à l'anchois qui se reproduit de juin à septembre, 85% des pontes se font au cours du mois d'août. Une simulation tendant à optimiser les moyens à la mer permet de dire que dans un suivi à longue échéance il est possible de réduire dans des proportions non négligeables le canevas général des prospections sans perdre la validité des résultats.

La production annuelle des oeufs demeure relativement stable pour la sardine avec néanmoins une tendance à la baisse (30.10^{12} à 20.10^{12}) alors que pour l'anchois cette tendance est plus accusée (24.10^{12} à $9,5.10^{12}$). Cette évolution s'accompagne pour la sardine d'une baisse régulière de la fécondité absolue des femelles dont l'amplitude des données passe de $23-36.10^3$ à $12-25.10^3$ pour les mêmes classes d'âge échantillonnées. Les données de fécondité pour l'anchois sont peu fiables en l'état actuel de nos connaissances.

5° E

post larve
sardine

L. Soleidae

Muge

W. Capelan
Sprat
Flet

L. Sardine

L. Capelan

L. Sprat

L. Muge
Gadidae

W. L. Sardine

L. Soleidae

MARSEILLE

Wet L. divers

L. Anchois

Pontes Pasellus

L. Sparidae

Pontes sardines

L. Soleidae
Gadidae

L. Sardine

L. Anchois

L. Chinchards

L. Sardine

L. Grondin
Rouget
Sascasses
Gadidae.

L. Merlu

Pontes Anchoi

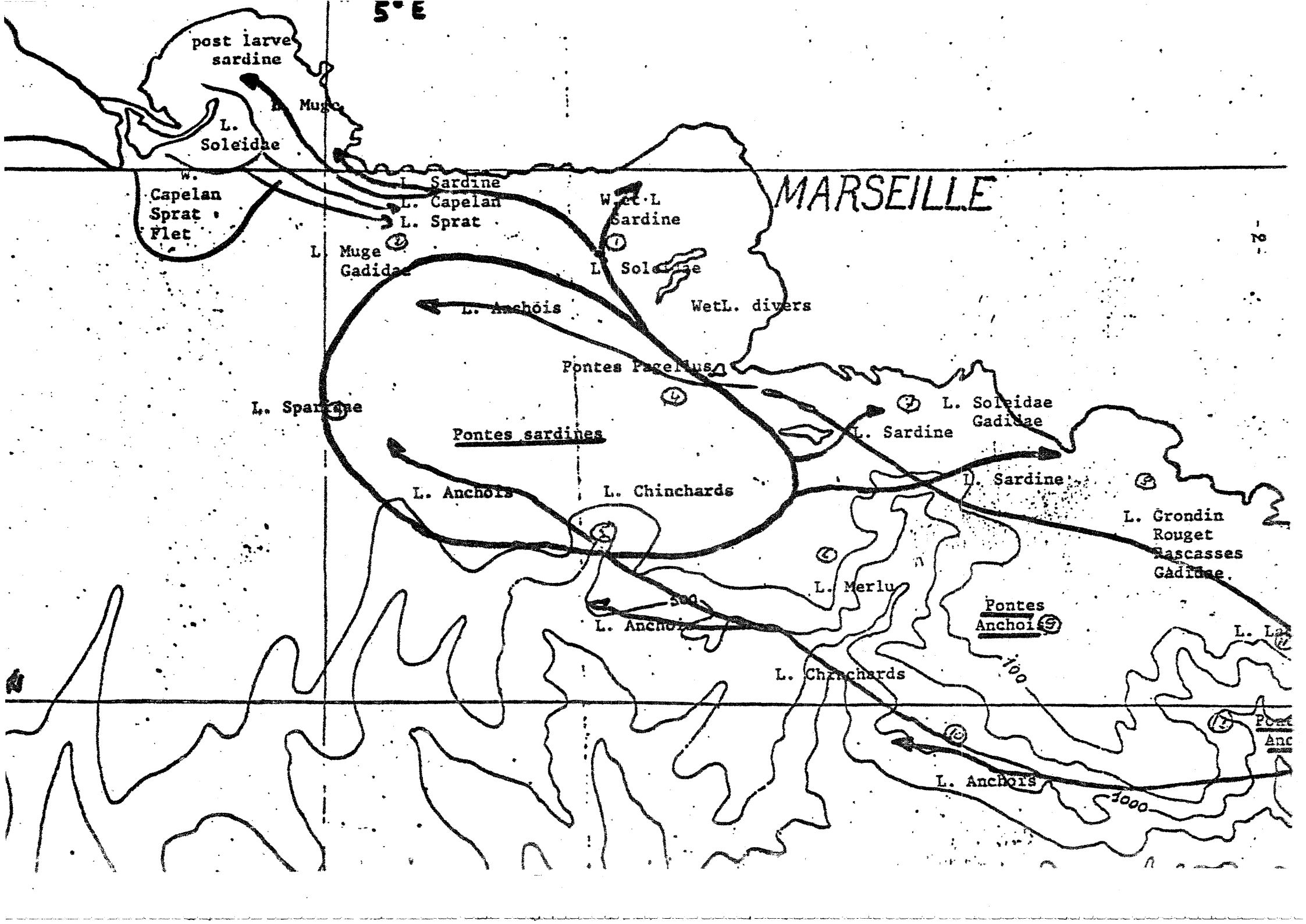
L. Anchois

L. Chinchards

L. Anchois

L. Lat

Pont
Anc



Les mortalités larvaires déduites d'une analyse démographique des captures dans la gamme des tailles échantillonnées indiquent que les sardines et l'anchois payent un lourd tribut aux causes diverses des mortalités sans que celles-ci aient été envisagées. Des mortalités supérieures à 50% par mm sont fréquentes. Néanmoins il apparaît que celles-ci descendent au dessous de 45% par mm en particulier dans l'aire inscrite dans le golfe de Fos où la production des oeufs est infime alors que la proportion des larves devient supérieure à ce qu'elle est dans l'aire totale prospectée.

L'augmentation significative des effectifs larvaires s'accompagne d'une augmentation non moins significative des tailles, alors que dans l'aire totale prospectée les larves de tailles supérieures à 12mm sont rares, elles deviennent abondantes dans le golfe de Fos où on trouve également des larves de 15 à 20 mm absentes par ailleurs. Il y a en conséquence un effet de concentration mais également d'attraction des larves âgées. Un phénomène similaire mais de moins grande importance se manifeste sporadiquement à proximité du littoral des calanques.

Si on accepte la validité de la méthode dans l'estimation de la biomasse adulte, celle-ci est estimée à $10-20 \cdot 10^4$ tonnes pour la sardine et $5-9 \cdot 10^4$ tonnes pour l'anchois. En supposant que ces populations ne soient exploitées que par des flotilles locales le taux d'exploitation serait de l'ordre de 2 à 6% pour la sardine et de 0,5 à 1,2% pour l'anchois. Les populations de sardines et d'anchois dans la région étudiée paraissent relativement indépendantes de celles fréquentant le littoral méditerranéen français dans son ensemble, leur cycle biologique et l'analyse de leur maturation sexuelle paraissent concorder avec l'hypothèse que ces populations ne subissent pas un cumul d'exploitation dans les différents quartiers maritimes du littoral. Si tel est le cas, les potentialités d'exploitation laissent une marge confortable à l'augmentation des prises annuelles possibles sans risque majeur de surexploitation.

Les travaux effectués ont été interrompus depuis 1982, aussi nous ne disposons pas d'un recul suffisant pour apprécier les fluctuations à moyen et long terme ni pour envisager une modélisation des données.

SARDINE : Evolution de la production et de la survie larvaire.

Production d'oeufs	a partir de 10 000 oeufs	larve de 10,5mm	de 12,5mm
1977-1978/ $29.866 \cdot 10^9$	on obtiendra	2,5	0,5
1978-1979/ $27.138 \cdot 10^9$	-	11,5	3
1979-1980/ $20.157 \cdot 10^9$	-	5	1

ANCHOIS : Evolution de la production et de la survie larvaire

Production d'oeufs	à partir de 10 000 oeufs	larve de 10,5mm
1978/ $24\ 402 \cdot 10^9$	on obtiendra	5
1979 $9\ 363 \cdot 10^9$	-	1,8

Autres populations.

- 4 -

Sans avoir une importance comparable à celle des petits pélagiques, plusieurs espèces de poissons (démersaux, benthiques ou pélagiques) pondent dans la région étudiée. Bien qu'aucune donnée quantitative n'ait été obtenue, une carte générale de la localisation des " pontes " peut être dressée.

TYPOLOGIE DES NURSERIES LITTORALES ET LAGUNAIRES

G. LASSERRE

Université des Sciences et techniques
de Montpellier - Laboratoire d'hydrobiologie marine

Avant-propos

34060 - MONTPELLIER CEDEX

CONTEXTE :

L'ISTPM a récemment sollicité la communauté scientifique en vue de collaborer à la préparation de l'étude de faisabilité, et éventuellement à la réalisation, d'un programme national intitulé "Déterminisme du recrutement". A cette occasion, quelques réunions de concertation ont eu lieu et notamment :

- au plan national, le 2 mars 1984 entre le PIRO et l'IFREMER (ISTPM) au siège du CNEOX.
- Au plan régional, le 23 mars 1984 entre B. ROTHSCHILD et l'ISTPM d'une part, et divers laboratoires universitaires méditerranéens d'autre part, à la Station Biologique de Sète.

A partir des textes diffusés et des informations préliminaires, il apparaît que le programme "déterminisme du recrutement" est appréhendé par l'ISTPM sous une double approche :

- Une approche exhaustive qui pose en des termes fondamentaux le problème du recrutement du matériel biologique exploité dans l'espace d'une pêcherie. L'halieutique s'efforce depuis longtemps d'estimer les corrélations entre le stock parental et les recrues; cette estimation s'avère difficile, voire impossible, compte tenu que la dimension et la structure démographique du stock parental sont probablement déterminantes dans l'abondance des pontes mais que, en revanche entre la ponte et la phase recrutée, surviennent des événements environnementaux qui perturbent profondément les relations pontes-recrues. L'intérêt fondamental du programme "déterminisme du recrutement" est d'analyser en termes

qualitatifs et si possible quantitatifs, le "bruit de fond" environnemental introduit entre la ponte et le stock des recrues; son intérêt finalisé est de savoir si ce "bruit de fond" peut être extrait afin d'apprécier les relations réelles stock parental/stock recruté. Il faut en effet souligner que la réglementation des pêches n'a guère de moyens d'action, pour la régulation de la production que ce qui porte sur l'exploitation du stock parental; dans ces conditions il est essentiel de savoir quelles directives pertinentes peuvent être établies et quelles prévisions cohérentes peuvent être proposées.

- Une approche plus réductionniste qui vise sur trois exemples précis (huîtres, soles, coquilles Saint-Jacques) et géographiquement localisés (principalement sur la côte atlantique), à étudier à partir de données historiques, puis de données acquises à cet effet, les relations stock parental - événements environnementaux - recrues.

Conceptuellement ce programme est d'un grand intérêt et est particulièrement cohérent avec les recommandations internationales.

Au niveau national l'ISTPM estime qu'il n'est pas en mesure de réaliser seul un tel programme qui, dans une certaine mesure dépasse le cadre strict de ses missions. En revanche, l'Institut souhaite qu'à cette occasion une concertation concrète et féconde soit établie avec les chercheurs fondamentaux (CNRS et Universités), cette concertation aboutissant à l'élaboration d'un programme où chacun trouve son intérêt, mais également où les obligations et les contraintes soient équitablement réparties entre tous.

OPPORTUNITE :

L'initiative de l'ISTPM peut être saisie comme une opportunité de concertation entre la biologie marine et la biologie des pêches. Toutefois cette concertation débouchera sur une coordination des efforts si le programme national "déterminisme du recrutement" est véritablement élaboré par tous ceux qui se proposent d'y participer. En d'autres termes si les chercheurs fondamentaux laissent à l'ISTPM l'entière responsabilité

de l'élaboration de ce programme, ils ne pourront par la suite y participer que sous la forme mineure de prestations de service. Si l'on veut dépasser ce stade il appartient aux chercheurs du CNRS et des Universités de présenter des propositions et d'en discuter avec les représentants de l'ISTPM. Compte tenu de la tendance naturelle à l'individualisme des chercheurs fondamentaux qui, en l'occurrence, me paraît néfaste j'ai suggéré que les propositions CNRS/Universités seraient centralisées au niveau du PIRO qui en assurera la cohérence avant d'en discuter avec l'ISTPM. Les documents qui suivent constituent les propositions rassemblées par G. LASSERRE (Laboratoire d'Hydrobiologie et ERA 467 Montpellier) élaborées par :

- C. CHAUVET, Laboratoire de Biologie Marine, Université de Perpignan (Professeur J. BRUSLE).
- J.P. QUIGNARD, Laboratoire d'Ichtyologie, USTL Montpellier.
- P.J. LABOURG, Institut Universitaire de Biologie Marine Arcachon, Université de Bordeaux (Professeur J. BOISSEAU).
- G. LASSERRE, Laboratoire d'Hydrobiologie Marine, USTL Montpellier. (professeur M. AMANIEU).
- M. LOUIS, Laboratoire de Biologie Animale, Université des Antilles-Guyane, Pointe à Pitre (professeur BULLIERE).

"TYPOLOGIE DES NURSÉRIES LITTORALES ET LAGUNAIRES"

Proposition

C. Cnauvet, Laboratoire de
Biologie Marine, Université
des Sciences, 66025 Perpignan
Cedex, Professeur J. Brusle.

G. LASSERRE, Hydrobiologie
Marine, CNRS ERA 467
Université des Sciences et
Techniques, du Languedoc,
34060 Montpellier Cedex,
Professeur M. Amanieu.

J.P. Quignard, Laboratoire
d'Ichtyologie et de
Parasitologie, Université des
Sciences et Techniques du
Languedoc, 34060 Montpellier
Cedex

P. J. LABOURG, Institut
Universitaire de Biologie
Marine, 33120 Arcachon,
Professeur J. BOISSEAU.

M. LOUIS, Biologie Animale,
Université des
Antilles-Guyane, B.P. 592,
97167 Pointe à Pitre CEDEX,
Professeur BULLIERE.



date: 4/05/84

TIPOLOGIE DES NURSERIES LITTORALES ET LAGUNAIRES

I - SITUATION DU SUJET ET OBJECTIFS

La situation environnementale biotique (forte productivité primaire, secondaire...) et abiotique (zones abritées, température estivale favorable...) des nurseries littorales et notamment lagunaires conditionne le recrutement favorable des espèces exploitées (ROTHSCHILD et ROTH, 1982) et privilégie de manière durable la croissance des stocks larvaires et juvéniles (LASSERRE, 1976). Les concentrations locales d'alevins sont considérables; ainsi LABOURG et al. (1984) citent des densités en muges (toutes espèces confondues) de 300 kg/ha dans certains "estays" du bassin d'Arcachon; dans l'étang de Tunis, CHAUVET (1984) estime le recrutement à 3.10^6 (+ ou - 5.10^5) pour les muges et à 10^6 (+ ou - 2.10^5) pour les loupes. Le même site est souvent attractif pour une grande diversité d'espèces aussi bien en zone tempérée où l'évolution climatique saisonnière conditionne les entrées successives d'alevins selon des séquences bien identifiables (BOURQUART, 1980, QUIGNARD et al., 1983 dans les étangs languedociens) qu'en zone tropicale (LOUIS, 1983 dans les lagunes des mangroves de Guadeloupe). Bien que la mortalité des stocks juvéniles reste forte (85% en 3 mois pour la daurade de l'étang de Thau selon LASSERRE, 1976), la production globale des nurseries littorales est considérable; en outre AMANIEU et LASSERRE 1982, ont mis en évidence en Méditerranée une corrélation hautement significative entre l'étendue lagunaire et le rendement (production par km² et par an) des pêcheries démersales avoisinantes.

Compte tenu de ses éléments, le présent projet a pour objectif :

1°) D'identifier un certain nombre de nurseries et de les situer dans un contexte descriptif par exemple, dans le contexte de la classification des eaux saumâtres (Symposium de Venise, 1958) ou davantage fonctionnel suivant le principe proposé par FRISONI, GUELORGET et PERTHUISOT (1984).

2°) D'analyser les facteurs abiotiques (caractères morphodynamiques, hydrologiques...) et biotiques (production primaire, structure et diversité de la production secondaire) entre la méiofaune s.l. lagunaire et l'ichtyofaune (voir par exemple CASTEL, 1984).

3°) De proposer à partir des résultats acquis, d'établir une typologie des nurseries littorales en vue, tout d'abord d'identifier des relations actuellement soupçonnées entre les "types de nurseries" et les "types d'alevinage" (espèces, concentrations) qui leur correspondent et ensuite, de faire l'inventaire des nurseries réelles ou potentielles et de leur capacité d'accueil.

4°) De mettre en place sur quelques exemples significatifs de suivis interannuels, en vue d'identifier les relations entre l'évolution environnementale de ces sites et l'évolution (qualitative et quantitative) des stocks juvéniles recrutés.

II - PROPOSITION DE PROGRAMME

Dans le cadre de la problématique exposée précédemment, nous proposons de mettre en place un programme d'études, poursuivi selon des protocoles concertés, et réalisé dans différentes situations géographiques correspondant à la fois à une grande variété de sites et aux facilités d'accès et d'observations du groupe co-chercheurs, auteurs de la présente proposition.

1°) Localisation des observations :

En Languedoc-Roussillon : étang de Thau, La Palme, Saint-Nazaire (CHAUVET et LASSERRE), étang de l'Or et de Pierre Blanche (QUIGNARD);

En région d'Arcachon : lagune du Banc d'Agin, Marais maritime de l'Île aux Oiseaux, Réservoirs à poissons (LABOURG);

En Guadeloupe : lagunes Manche à Eau et Belle Plaine (LOUIS);

N.B. : Avec plusieurs stations à l'intérieur de chaque site et des stations témoins en zones littorales adjacentes.

2°) Éléments sommaires du protocole :

a - Échantillonnage : L'échantillonnage des alevins est réalisé avec une senne (professionnelle italienne), par empoisonnement à la roténone ou bien toute autre méthode récemment mise au point.

b - Mesures biotiques : échantillonnages mensuels dans chacune des stations pour tenir compte de la succession des cycles de ponte et donc des espèces disponibles : succession et occupation des nurseries.

- indices d'abondance : biomasse par unité de surface de trait de pêche ou évalué par marquage-recapture.

- paramètres biométriques : âge - taille - poids.

- abondance et diversité de la production secondaire.

- production primaire.

c - Mesures abiotiques :

- Distance station grau.

- Profondeur moyenne.

- Température de l'eau moyenne du mois le plus chaud, variabilité moyenne annuelle des écarts absolus par rapport à la mer, valeurs extrêmes etc...

- Oxygène : variabilité diurne/nocturne.

- Facteur de pollution : matières organiques, DBO, DCO.

- Nature du substrat : sableux, vaseux...

REUNION "DETERMINISME DU RECRUTEMENT" - I.S.T.P.M, Nantes, 2-4 juillet 1984

Contribution n°38

Laboratoire de biologie marine

Avenue de Villeneuve - 66025 - PERPIGNAN CEDEX

Titre du programme :

"Etude de la population totale (stocks marins et lagunaires) de Daurades
et de Loups du littoral du Narbonnais et du Roussillon".

Directeur :

Jacques BRUSLE, Professeur

Personnel chercheur concerné par le programme :

Mr. Claude CHAUVET, Maître-Assistant,
Mr. Pascal MOSCONI, chercheur 3° cycle,
Mr. Jean-François AGUILO, technicien.

I - Situation du sujet de recherche :

La Daurade *Sparus aurata* et le Loup *Dicentrarchus labrax*, poissons de grand intérêt halieutique et commercial, sont des espèces côtières dont la **distribution** est mal connue sur le littoral Roussillon-Narbonnais, tant en lagune qu'en zone marine littorale.

Compte tenu de l'**originalité** de leur développement sexuel (hermaphrodisme protandre de la Daurade), influencé par des facteurs de l'**environnement** (hydrologie, alimentation et surtout interactions sociales) et qui conditionne les scénarios sexuels de la reproduction, il importe :

- 1) de rechercher les **aires de ponte** littorales et d'analyser, à partir d'elles, les stratégies de **recrutement** lagunaire.
- 2) de juger, inversement, de la participation des populations lagunaires à l'activité de ponte en mer (fécondités).
- 3) d'évaluer le **stock total (marin + lagunaire)** afin de mieux organiser la gestion et l'effort de pêche à exercer.
- 4) de réaliser une étude **dynamique des populations** littorales, dans leur ensemble, pour comprendre les interactions entre le stock de géniteurs marins et la phase exploitée lagunaire, compte tenu des échanges et interactions mer \rightleftharpoons lagune.

Les recherches antérieures, sur ces problèmes, sont fragmentaires et incomplètes :

- LOPEZ et al. (1976) en Espagne,
- AUDOIN (1962) et LASSERRE (1978) en France,
- CHAUVET (1978-1982), en Tunisie.

II - Travaux réalisés par l'équipe proposant le sujet :

- Etude de l'ichtyofaune des étangs littoraux du Roussillon
 - . Thèse P. HERVE, 1978
 - . Contrat E.D.F., 1978
 - . Vie et Milieu, 1980, 30
 - . Vie et Milieu, 1981, 31

- Biologie du développement du Loup, *Dicentrarchus labrax* des étangs de Canet, du Bourdigou et de Salses Leucate
 - . thèse C. ROBLIN, 1980
 - . rapport. PV CIESM, 1981, 27

- Biologie de l'Athérine, *Atherina boyeri*, des milieux saumâtres du Roussillon (Leucate, Canet, Bourdigou)
 - . Thèse J.P. MARFIN, 1981.
 - . Bull. Inst. Pêche Salammbô , 1982, 9

- Biologie du recrutement en civelles d'Anguille, *Anguilla anguilla* des étangs du Narbonnais (Bages-Sigean) et du Roussillon (Lapalme)
 - . Thèse R. LECOMTE-FINIGER, 1983

- Etude biologique des juvéniles de Muges (5 espèces) des lagunes de Lapalme, du Bourdigou et de Salses-Leucate
 - . Thèse M. CAMBRONY, 1983.

- Peuplements marins et lagunaires de Daurades
 - C. CHAUVET
 - . Rapp. PV CIESM, 1983, 28
 - . Rapport FAO, 1983
 - . Thèse Doctorat d'Etat (en préparation)

III - Programme de recherches

- 1) - Ichtyoplancton : pêches avec système Bongo
(15/11 → fin 02)
- 2) - Chalutage semi-pélagique : pêches avec chalut G.O.V sur certaines radiales du plateau continental
(48 h 2 fois/mois)
- réalisés par le navire océanographique "Georges Petit"

IV - Soutiens

a) national :

- 1) Projet IFREMER "déterminisme du recrutement et stratégies d'échantillonnage" (cf. M. TROADEC, Sète, 20/02/84)
- 2) Relations entre stock et recrutement (IFREMER PIRO, réunion du 2/3/84)
- 3) Projet GIS: "élaboration de modèles de gestion de stocks de poissons migrants littoraux (présenté par MM. C. CHAUVET et G. LASSERRE, au GIS Méditerranée le 15/03/84 et accepté par le Conseil scientifique).

b) international

- 1) FAO (Rome) : "aménagement des lagunes en Méditerranée, gestion des peuplements lagunaires" (cf. M. CHARBONNIER, secrétaire CGPM, réunion Rome, sept. 83)
- 2) CEE "stratégie d'échantillonnage des petits métiers en Méditerranée" (en rapport avec IFREMER)

Remarque:

Aucun de ces projets, en cours, n'a reçu d'aide financière ou matérielle à ce jour .

Le GIS promet un financement non encore officiel.

Laboratoire d'Ichtyologie
Université des Sciences et Techniques du Languedoc
34060-MONTPELLIER

Association MYSIS
9 rue Cope-Cambes
34000-MONTPELLIER

Dr. K. BENHARRAT

ETUDE DES STOCKS DE POISSONS PELAGIQUES
EN MEDITERRANEE OCCIDENTALE

Mots - clés : Poissons pélagiques, Clupeidae, Engraulidae, Génétique
des populations, Electrophorèse, Ecologie, Aire de ponte,
Alevinage, Recrutement, Dynamique des populations, Unités de
stock, Suivi des pêches, Gestion des pêches.

Espèces cibles : *Engraulis encrasicolus*, *Sardina pilchardus*,
Sprattus sprattus.

1) Le projet

Nous nous proposons d'étudier les poissons bleus en Méditerranée occidentale. Les espèces cibles sont l'anchois (*Engraulis encrasicolus*), la sardine (*Sardina pilchardus*) et le sprat (*Sprattus sprattus*).

Le but que nous nous fixons est de connaître les différentes populations et les unités de stock de chacune de ces espèces dans le Golfe du Lion et leur comportement les unes par rapport aux autres au cours d'un cycle pluriannuel. La collaboration des équipes de chercheurs espagnols et italiens permettra de définir un modèle de gestion concertée de ces stocks avec les pays voisins exploitant les mêmes espèces.

Trois secteurs de recherche sont envisagés dans le but de préciser l'existence des différentes populations et leurs structures:

1° Connaissance des aires de ponte, de l'alevinage, de la dispersion des oeufs et larves, puis de leur influence sur l'état du recrutement dans les pêcheries;

2° Suivi des pêches et étude de l'évolution des engins de pêche dans le Golfe du Lion et dans sa zone périphérique. Dynamique des populations et gestion des stocks;

3° Paramètres éco-biologiques et génétique des populations.

La synthèse de ces différents paramètres doit mener à l'établissement de modèles de gestion de type Fox, Schaefer... afin de préciser l'état actuel des stocks et leur évolution.

2 Articulation du projet

La connaissance des différentes populations nécessite la mise en évidence des facteurs d'isolement et de sélection qui s'exercent sur les oeufs, les larves et les adultes de chacune de ces populations. Ces dernières sont supposées développer des caractéristiques biologiques qui leur sont propres et qui feront l'objet de cette étude.

Il est nécessaire de préciser les périodes et les aires de ponte de chacune des populations au sein des espèces étudiées.

Une sélection de caractères méristiques, biologiques et génétiques est envisagée afin de différencier ces populations.

Une analyse préliminaire du polymorphisme enzymatique permettra de mettre au point une technique d'électrophorèse appliquée à ces espèces avant de "passer en routine" les marqueurs enzymatiques ainsi déterminés. Seront pris en considération tous les stades de développement, de la larve à l'adulte, dans le but de préciser les individus cibles préférentiellement soumis aux facteurs sélectifs.. Parmi ceux-ci retenons l'importance de la prédation et du cannibalisme, de la compétition intra- et inter-spécifique, des déplacements passifs au fil des courants qui peuvent entraîner les oeufs et les larves dans des zones incompatibles à leur développement.

Une étude théorique en génétique des populations est envisagée afin de déterminer les limites de la méthode et de définir les critères de son utilisation pour les espèces étudiées, en particulier lors des migrations saisonnières et/ou génésiques pouvant entraîner un mélange des populations. Une discussion s'établira sur la signification de la divergence allélique afin d'apprécier la teneur des échanges entre populations par migration. Des méthodes de simulation déjà utilisées pour les populations de saumons (Allendorf et Phelps, 1981) seront alors mises au point pour notre étude.

Le suivi des pêches sera effectué en utilisant soit les statistiques de pêche connus dans les différents secteurs de pêche, soit auprès des pêcheurs professionnels collaborant à cette étude. Ces données permettent d'étudier les fluctuations cycliques des quantités de poissons pélagiques liées aux déplacements et migrations génésiques au cours d'un cycle annuel et à l'état des stocks au cours d'un cycle pluriannuel.

L'évolution des engins de pêche ne s'est pas effectuée de la même manière autour du Golfe du Lion. On peut citer la disparition des lamparos à Sète au profit des chalutiers semi-pélagiques, et de leur développement dans la flotille espagnole.

A la lumière de cet ensemble de données, la gestion des unités de stock communes aux pays exploitants nécessite une collaboration étroite avec ces derniers. Il est envisagé une standardisation des caractères sélectionnés pour la différenciation des populations du Golfe du Lion mais aussi pour d'autres régions méditerranéennes où des comparaisons seront alors aisément envisageables, notamment dans le cadre d'échanges internationaux où les expériences des uns seront mis à la disposition des autres.

3 Méthodologie

La récolte des poissons s'effectuera selon deux modalités:

- 1° par l'utilisation de bateaux scientifiques;
- 2° auprès des pêcheurs professionnels.

Des traits de plancton seront effectués une fois par mois tout le long de l'année sur les zones que nous définirons en annexe I et à différents niveaux bathymétriques. Des mesures hydrologiques (température, salinité, courantologie) seront effectuées simultanément, les bancs d'adultes seront repérés par écho-sondeur sur ces mêmes zones et des échantillons seront prélevés.

La régularité des récoltes pourra être établie par échantillonnage auprès de plusieurs métiers:

- Les lamparos
- Les chalutiers pélagiques (boeuf)
- Les autres chalutiers
- La senne de plage
- Les engins des instituts scientifiques.

L'étude de génétique des populations par l'électrophorèse enzymatique sur gel d'amidon s'effectue sur des poissons très frais qui seront stockés à une température très basse (congélation à -80°C , dans de l'azote liquide ou de la neige carbonique). Un bref résumé de la méthode est donné en annexe II. L'étude théorique et les calculs seront effectués sur un ordinateur courant utilisant des logiciels spécialisés dans le traitement des données de l'étude, en langage FORTRAN ou BASIC.

La biologie sera étudiée selon les techniques classiques de l'ichthyologie. Un plan d'étude est donné dans l'annexe III. L'étude de la dynamique des populations regroupera toutes ces données.

4 Etat des connaissances sur le sujet

La biologie de la sardine du Golfe du Lion a été étudiée par J.Y. Lee en 1961. Elle fut complétée par la mise en évidence des principales aires de ponte (Aldebert et coll., 1970; Aldebert et Tournier, 1971; Lee et Aldebert, 1968); la présence de trois sous-populations y est décrite. Ces mêmes auteurs donnent également les aires de ponte de l'anchois.

L'anchois a été étudié d'un point de vue méristique et biochimique pour la comparaison des populations marines (port de Sète) et lagunaires (étang de Thau) par C. Juge en 1971.

Aucun autre travail sur ces espèces n'a été effectué dans la région depuis 1971 à l'exception d'une étude récente sur la génétique des populations d'anchois du Golfe du Lion (Benharrat, 1983). Les résultats suggèrent l'existence de populations d'anchois non homogènes dans le Golfe du Lion.

Des données existent dans d'autres secteurs de pêche. Les fluctuations saisonnières des quantités d'anchois pêchés en Adriatique ont été mises en relation avec les migrations qu'effectuent ces poissons au cours de l'année (Piccinetti, 1973). Des cas de remplacement de la sardine par l'anchois dans les pêches ont été signalés en Algérie et en Espagne et au Maroc (Charbonnier et Garcia, 1984; Turner et Bencherifi, 1984).

ANNEXE 1

L'échantillonnage est basé sur deux approches:

- 1° La récolte du matériel se fera auprès des pêcheurs professionnels; le choix de la zone d'échantillonnage est donc limité aux secteurs de pêche qui ne correspondront pas toujours à la meilleure stratégie.
- 2° Un complément sera donc assuré par les bateaux océanographiques dans les secteurs choisis en tenant compte des connaissances actuelles.

Les navires océanographiques devront assurer deux fonctions:

- 1° Effectuer des traits de plancton à des niveaux bathymétriques variables. Le type de filet sera déterminé lors d'une étude préalable.
- 2° Effectuer des traits de chalut parallèles à la côte sur des fonds de 20 à 100m à l'intérieur des zones choisis. L'équidistance entre chaque trait sera définie en fonction de la pente des fonds de ces zones.

Trois zones sont ainsi définies:

- 1° Une au large de l'Espiguette et du Golfe d'Aigues-Mortes
- 2° Une au large du Cap d'Agde, de l'embouchure de l'Hérault et de l'embouchure de l'Aude
- 3° Une au large de Saint-Cyprien et Collioure.

L'emplacement définitif de ces zones sera établi en fonction des possibilités de travail des bateaux océanographiques.

La périodicité nécessaire est de un échantillonnage complet pour chaque zone et par mois.

ANNEXE 2

Description de la technique d'électrophorèse.

Les poissons ramenés au laboratoire sont mesurés et disséqués. Les organes prélevés sont broyés dans un volume égal d'une solution de broyage puis centrifugés à 20000 g pendant 25 minutes à 2°C. Les organes et les extraits sont stockés à -80°C jusqu'à l'étude électrophorétique proprement dite, réalisée sur gel d'amidon à 12%. Les extraits protéiques vont servir à imbiber des papiers Wathmann n°3 de 4X3 mm qui sont introduits dans une fente verticale pratiquée dans le gel d'amidon. Le gel est ensuite placé horizontalement sous tension maintenu à une température de 14°C. La durée de migration est variable selon le système de tampon utilisé (de 3 à 6 heures), la puissance obtenue est de l'ordre de 10 Watts.

Les gels d'amidon sont ensuite découpés en trois ou quatre tranches et les systèmes enzymatiques révélés par des colorations spécifiques. Pour les locus qui donneront lieu à une étude, l'allèle le plus courant sera choisi comme référence et sera noté 100. La numérotation des autres allèles tiendra compte des distances relatives par rapport à l'allèle de référence.

ANNEXE 3

Plan d'étude biologique.

- I. Caractères méristiques sélectionnés
- II. Age et croissance
- III. Sexualité et reproduction
- IV. Structures démographiques
- V. Evolution des stocks
- VI. Exploitation des stocks

BIBLIOGRAPHIE

ALDEBERT Y., TOURNIER H., 1971-La reproduction de la sardine et de l'anchois dans le Golfe du Lion. *Rev. Trav. Inst. Pêch. Marit.*, 35(1):57-75.

ALDEBERT Y., CASANOVA J.P., TOURNIER H., 1970-Milieu physico-chimique et biologique (plancton) et ponte de l'anchois et de la sardine dans le Golfe du Lion en juin et décembre 1967. *Journ. Etud. Planctonol., Monaco CIESM*:127-131.

ALLENDORF F.W., PHELDS S.R., 1981-Use of allelic frequencies to describe population structure. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*:1507-1514.

BENHARRAT K., 1983-Recherche d'une différenciation génétique au sein des populations ichthyiques marines et lagunaires du Golfe du Lion. Analyse du polymorphisme chez *Gobius niger*, *Blennius pavo* et *Engraulis encrasicolus*. Thèse 3^{ème} cycle, U.S.T.L., Montpellier. pp151.

CHARBONNIER D., GARCIA S., eds, 1984-Rapport de la troisième consultation technique du CGPM sur l'évaluation des stocks dans les divisions statistiques Baléares et Golfe du Lion. Sète-France, 21-25 nov. 83. *F.A.O. Rapp. Pêches/F.A.O Fish. Rep.* (305). pp110.

LEE J.Y., ALDEBERT Y., 1968-Observations sur la reproduction des anchois du Golfe du Lion. *Rapp. Comm. Intern. Mer Méd.*, 19(2):281-282.

PICINETTI C., 1983-Considérations préliminaires sur les déplacements d'anchois (*Engraulis encrasicolus* L.) en haute et moyenne Adriatique. *Rapp. Comm. Intern. Mer Méd.* 21, 10:763-766.

TURNER J., BENCHERIFI S., 1984-Replacement of sardine catches in the Mediterranean Pelagic fishery of Morocco. *F.A.O. Rapp. Pêch./F.A.O Fish. Rep.* (305):63-72.

ETUDE DU RECRUTEMENT DES ESPECES FIXEES ET VAGILES SUR UN
RECIF ARTIFICIEL
AU LARGE DU BASSIN D'ARCACHON.

Jean-Marie BOUCHET, Maitre de recherche C.N.R.S.
Station Biologique d'Arcachon - Université de Bordeaux
33120 - ARCACHON

I LE RECIF

Ce récif a été construit en septembre 1983 (il y a donc 8 mois), par une Association locale type loi de 1901, à faible budget (ADREMCA). Il a été immergé par le baliseur "ANTOINE BLONDEL" du Verdon.

Cette première tranche du récif est formée de 3000 pneus environ, assemblés en 170 éléments de 1,5 à 2 mètres de haut, enchainés, lestés, disposés sur deux hectares (voir carte de la concession ci-jointe).

L'emplacement a été choisi par mes soins, en fonction d'impératifs géographiques, administratifs, scientifiques:

- à l'intérieur des 3 milles (2milles 8).
- à proximité du bassin d'Arcachon et du laboratoire.
- à proximité d'une "croche" dissuasive.
- par 30 mètres de fond.
- sur un des rares alignements à terre facile à repérer.

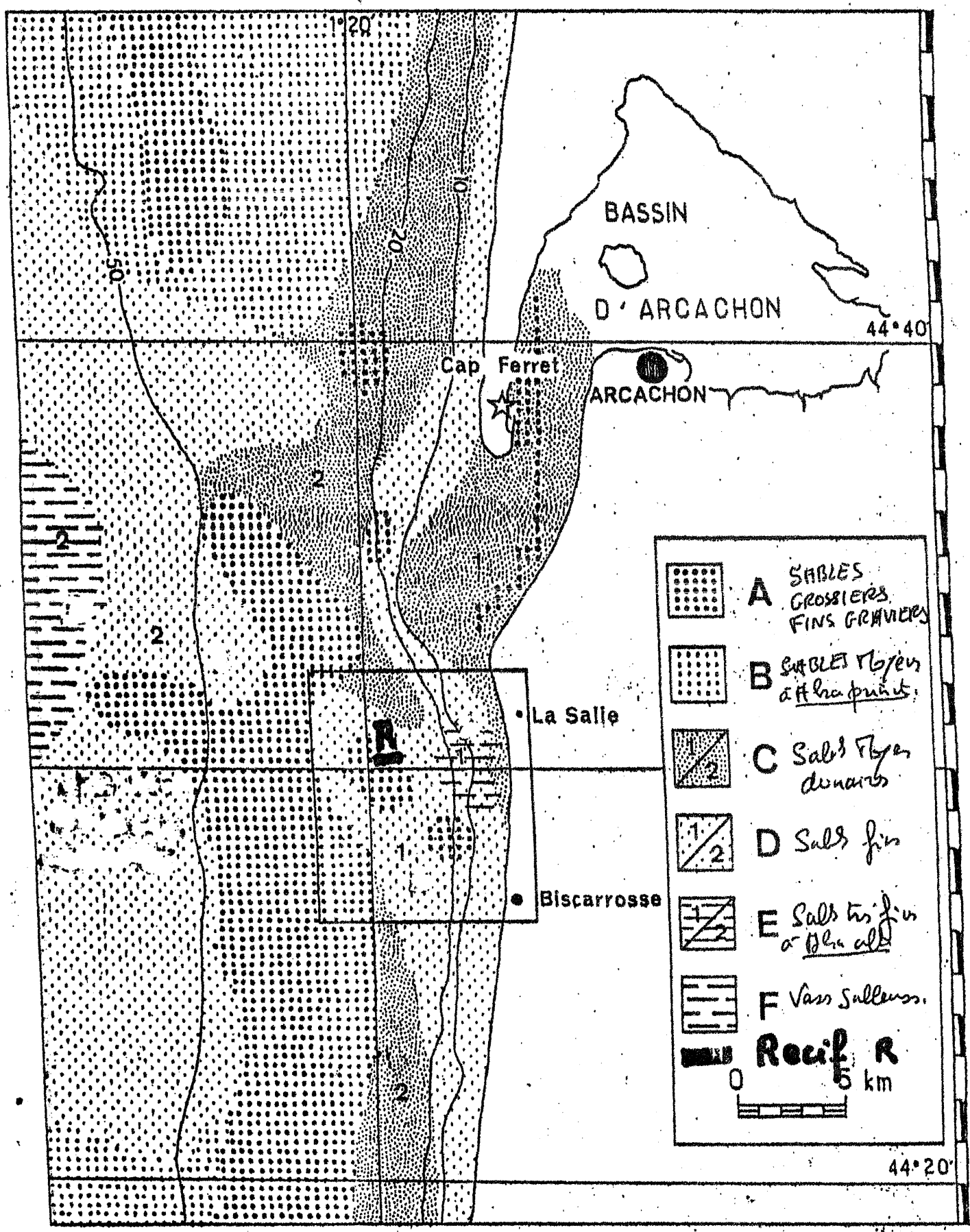
1) L'ECOSYSTEME D'ACCUEIL.








Il nous est assez bien connu, puisque nous en étudions l'évolution depuis 1979, d'abord avec le N/O THALIA, puis, dès 1981, avec le "COTES D'AQUITAINE" missions SESAFA (évolution des fonds à Abra alba) et missions RETROD (station 1 de cette série).

En plus des paramètres biologiques, nous avons tout particulièrement suivi l'évolution des températures, salinités, sédiments, d'une façon assez continue (en cours de rédaction).

Le récif est à la jonction de deux aires sédimentaires en interférences: sables fins gris plus ou moins envasés, et graviers. Il se trouve aussi à la limite extérieure du panache turbide qui sort occasionnellement du Bassin.

Sur un plan strictement pratique, ces fonds étaient, il y a encore 2 ou 3 décennies, riches en Amandes de mer (Glycimeria), Pétoncles (Chlamys varia) et Coquilles St Jacques. Quelques foyers limités subsistent encore.



-  **A** SABLES GROSSIERS. FINS GRAVIERES
-  **B** SABLES moyens à très fins.
-  **C** Sables fins de marais
-  **D** Sables fins
-  **E** Sables très fins à très all.
-  **F** Vases salées.
-  **Recif R**

0 5 km

RECIF R

2) ORIGINALITE DE LA ZONE D'IMPLANTATION.

Un hydrodynamisme puissant y règne, avec des vagues de période élevée et de grande amplitude, dépassant 1,5 mètres environ 6 mois par an. Les autres récifs français étant la plupart du temps installés dans des baies ou dans des régions côtières assez calmes.

Cette zone récifale est non chalutable, donc relativement protégée. Son éloignement de la côte (2, milles 8) et les conditions de houle sont des éléments assez dissuasifs pour les plongeurs amateurs.

Il est donc possible d'y mouiller des appareils de mesure ou des structures récifales expérimentales relevables sans trop de risques de "prédation".

Cependant, du fait de l'hydrodynamisme, justement, les plongées ne peuvent être assurées régulièrement pour un "suivi". Il est donc indispensable de recourir à d'autres méthodes d'investigation.

II OBJECTIFS DU PROGRAMME

1) BUT IMMEDIAT.

D'abord, PROTEGER un environnement autrefois riche en épifaune de substrat dur (Hydriaires, Vers encroûtants; Hermelles et Pomatoceros etc.) fixés sur les éléments les plus stables vis à vis de l'hydrodynamisme, tels que grandes coquilles et galets.

2) COURT TERME.

a/ Connaissance des conditions du milieu. Cette étude générale doit donc être poursuivie et amplifiée, et celle du milieu récifal entreprise, avec toutes les difficultés que cela représente.

Nous comptons, dans ce cadre, entre autres, pouvoir démontrer le pouvoir de rétention des pérites par le récif (freinage des vitesses de courants). Ces pérites sont un facteur essentiel d'enrichissement des fonds marins, comme support de nourriture utilisable par les espèces filtreuses et mangeuses de dépôts, qui forment l'essentiel du benthos.

b/ Impact sur le recrutement. Quelles sont les espèces pionnières vagiles ou fixées, (sachant que les substrats durs sont très rares sur la côte Aquitaine) qui ont pu s'installer, de façon permanente ou passagère,

- autour du récif (en pleine eau, sur et dans le sol)
- dans le récif (Poissons et Crustacés)
- sur les éléments du récif (hydriaires, Moules, petits Crustacés, Annelides)
- quelle est leur distribution spatiale spécifique, le choix qu'elles font des différentes surfaces et cavités, quel est leur comportement vis à vis des différents substrats en fonction de leurs orientations vis à vis de l'hydrodynamisme.

3) LONG TERME.

Concevoir une ou plusieurs structures récifales légères, souples, de grand volume, autres que celles des pneus, adaptées à une mer sous l'influence de la houle, et où les organismes constructeurs joueraient un rôle important.

La taille de notre récif (prévu 9000 pneus) en fait un écosystème d'assez grandes dimensions qui devrait permettre une certaine stabilité des peuplements installés. Cette capacité de stabilisation sur des récifs ayant un volume minimum important a été démontrée au Japon.

Nous espérons que les larves, les jeunes recrutés sur ce nouveau milieu et provenant de stocks de reproducteurs subsistant "ailleurs" et peut être fort loin, et dont nous ignorons encore l'existence, permettront d'augmenter le stock de géniteurs et d'agir sur les recrutements ultérieurs. Le récif pourrait alors être un relais pour l'enrichissement des fonds adjacents.

III TRAVAUX ANTERIEURS

1) RECIF.

Il est le second construit sous notre direction.

Le premier ayant été édifié dans le bassin d'Arcachon en 1971, et formé de 20 carcasses de voitures, nous avons pu assister pendant trois ans à un enrichissement certain du fond (celui-ci étant formé de sable dunaire instable, totalement azoïque sous l'influence de courants de fond violents), puis, très rapidement, à la dégradation des véhicules sous l'effet de la rouille et de l'érosion, et à la destruction presque totale du récif. Première expérience concluante, cependant, qui nous a permis de mieux comprendre certains problèmes et d'éviter par la suite certaines erreurs.

L'un d'entre nous (Michel CORNET, Ingénieur CNRS) a suivi régulièrement cette expérience en plongée, avec des moyens de "fortune" et a soutenu sa thèse de 3e cycle de biologie animale sur ce sujet en 1975.

2) ETUDES PRELIMINAIRES.

L'installation du récif découle de:

- "Etude de l'impact d'un émissaire en mer au large de la Salie"
(Contrat CNEOX N° 79/6006). Responsable scientifique J.M. BOUCHET

- "Evolution des peuplements des fonds côtiers au large du bassin d'Arcachon".

par J.M. BOUCHET, G. BACHELET, M. CORNET, J.P. LISSALDE, J.C. SORBE,
L. AMOUREUX.

Oceanologica Acta, 1983.

3) TECHNOLOGIE.

Nous avons acquis une certaine expérience des enregistrements VIDEO (jusqu'à 100 mètres), que nous développons actuellement, conjointement avec la photographie automatique. Nous misons beaucoup sur ces techniques, pour le suivi du récif.

" Les véhicules sous-marins au service de la reconnaissance des fonds"
par J.M. BOUCHET.

Journal de recherches océanographiques. Volume VIII 1 1983.

IV PARTICIPANTS

Le travail sur le terrain est essentiellement une observation poussée par télévision et photographie, que je compte mener personnellement.

- Mais, une partie (prélèvements) sera faite en plongée, selon mes indications par les plongeurs du Centre d'Essai des Landes (le récif est à la limite nord du champ de tir).

Ils sont prêts à intervenir à ma demande. Il serait évidemment souhaité que les plongeurs du CNRS participent à ces travaux pour guider in situ les professionnels peu compétents.

- Les pêcheurs arcachonnais aux filets maillants, assez coopérants, sont prêts à nous aider pour la capture des Poissons (dynamique des populations)

- La cartographie précise du récif et de ses biotopes d'accueil est prévue au Sonar latéral par les géologues de l'Université de Bordeaux, avec les appareils du COB.

- Les déterminations des espèces, leur biologie, sont du ressort des mêmes personnes ayant participé aux travaux antérieurs.

- Il est évident qu'un échange permanent avec les "récifologues" est très vivement souhaité.

V MOYENS A LA MER

1) DISPONIBLE.

- Carottier REINEK

- Benne Smith - Mc Intyre.

- Caméras Video N et B. Caméra Couleurs

- Magnétoscopes VHS

- Moniteurs video

- Système photographique sur chassis descendu sur treuil hydro. (en construction)

} essayés sur véhicule autonome en
1979
et sur troïka légère avec enregistrement in situ en 1981 et 1982.

Ces appareils sont en cours de perfectionnement et d'évolution. Une aide efficace devant venir dès 1985, du Centre d'Essai des Landes (Multiplexage des commandes et des caméras du véhicule)

- Une bouée type "data buoy" en statifié est en construction au Lycée technique d'Arcachon. Terminée en juin 1984.

2) ENVISAGE.

- Matériel de plongée.
- Appareil de Photo type NIKONOS (pour plongée)
- Appareils d'enregistrement à immerger sur le corps mort de la bouée (nous disposons de caissons étanches). Dans un premier temps: thermographes.
- Etant donné le caractère aléatoire des plongées, nous prévoyons la construction de structures récifales élémentaires relevables (de 1 à 2 m3).
- Un système de mouillage de la bouée de marquage des appareils enregistreurs devra être conçu plus résistant que prévu, même si il doit être relevé et réexaminé chaque mois. (voir lettre du Service maritime et de navigation de la Gironde cijointe).

3) DUREE DU TRAVAIL.

5 ans.

DYNAMIQUE DE LA POPULATION DE *STENELLA COERULEOALBA*
(CETACE ODONTOCETE) EN MEDITERRANEE NORD-OCCIDENTALE
D'APRES LES STATISTIQUES D'ECHOUGES

par

Serge FRONTIER et Denise VIALE

Laboratoire d'Ecologie Numérique, Université des Sciences
et Techniques de Lille, SN3, 59655 Villeneuve d'Ascq
et Station Zoologique, 96230 Villefranche-sur-Mer

Considéré jusqu'en 1970 comme rare en Méditerranée (MARCUSI et PILLERI, 1971), *Stenella coeruleoalba* ("Dauphin rayé bleu et blanc") est de plus en plus abondant depuis cette date dans les statistiques d'échouages en Méditerranée nord-occidentale (VIALE, 1977, 1980 a et b, 1985). L'espèce constitue aujourd'hui la plus grande partie des échouages de cétacés sur les côtes françaises de Méditerranée, comme le démontrent les rapports annuels d'échouages (DUGUY et BUDKER, 1972; DUGUY, 1973 à 1984) dont sont tirés les chiffres suivants (d'après VIALE, 1982 b complété).

Année	<i>Stenella coeruleoalba</i>	Autres cétacés	Année	<i>Stenella coeruleoalba</i>	Autres cétacés
1971	0	6	1978	10	9
1972	2	16	1979	26	16
1973	4	23	1980	18	11
1974	7	15	1981	12	7
1975	10	12	1982	13	9
1976	18	11	1983	12	9
1977	13	13			

L'augmentation de population est confirmée par les observations à la mer (VIALE, 1977, 1985) et est accompagnée par la quasi-disparition de *Delphinus delphis*, le "Dauphin commun", dans la même zone. La taille des individus échoués est parfois indiquée dans les rapports d'échouage. Un fait marquant est le pourcentage élevé d'individus jeunes et même de nouveaux-nés, et la rareté des échouages d'adultes. Nous avons examiné ce phénomène et tenté d'ébaucher une dynamique des populations de cette espèce dans ces conditions particulières. Nous avons examiné 153 rapports d'échouages comprenant des indications de taille et de date, provenant des côtes méditerranéennes d'Espagne, de France et d'Italie, au nord du 42^e parallèle.

Par ailleurs, nous avons utilisé les paramètres biologiques établis par KASUYA (1971, 1972), KASUYA et MIYAZAKI (1975), MIYAZAKI, KASUYA et NISHIWAKI (1974), MIYAZAKI (1976), NISHIWAKI (1976) à partir d'une pêcherie industrielle capturant 8 000 à 10 000 *Stenella coeruleoalba* chaque année dans le acifique.

La mortalité élevée observée en Méditerranée est probablement liée au changement d'environnement, et peut-être au niveau élevé de pollution de la région marine récemment colonisée. La disparition de Delphinus delphis est certainement liée à cette pollution (VIALE, 1974, 1977), et a laissé disponible une niche écologique aujourd'hui colonisée par Stenella, mais au prix d'une mortalité élevée, surtout dans les classes jeunes.

Il nous a semblé plausible d'admettre qu'en revanche la courbe de croissance de l'espèce, caractère plus spécifique, est moins affectée par le changement d'environnement. Nous avons donc utilisé les paramètres de croissance donnés par les chercheurs japonais pour interpréter les données statistiques de Méditerranée. Nous avons ainsi pu comparer le taux de mortalité des animaux de Méditerranée, déduit d'un traitement statistique de nos données d'échouages et des paramètres biologiques de la population pacifique, avec le taux de mortalité directement observé dans le Pacifique.

1 - COURBE DE CROISSANCE DE STENELLA COERULEOALBA D'APRÈS LES DONNÉES JAPONAISES.

Les auteurs japonais établissent que, dans le Pacifique, la longueur moyenne à la naissance est de 1 m, la longueur maximale est 2,30 m et la longueur à 6 mois (âge du sevrage) est 1,58 m. D'après le modèle classique de Von Bertalanffy,

$$(1) \quad L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t+t_0)})$$

où L_t est la longueur à l'âge t , t_0 un paramètre choisi de telle façon que $L = 0$ quand $t = -t_0$, L_∞ est la longueur asymptotique maximale et le "coefficient de croissance". Dans le cas de Stenella nous avons, si les âges sont exprimés en années et les longueurs en mètres :

$$(1a) \quad L_t = 2.30 (1 - e^{-1.18174(t + 0.48280)})$$

2 - UTILISATION DES DONNÉES D'ECHOUAGES.

Si l'on admet qu'en première approximation l'équation précédente peut être appliquée à la population méditerranéenne, il est possible de l'utiliser en tant que clé taille-âge en vue d'estimer les dates de naissance probables de chaque individu échoué. Nous avons utilisé cette clé graphiquement : la Fig. 1 montre les dates et tailles d'échouages, toutes années confondues, en même temps que la première partie de la courbe de croissance; tracée au niveau de chaque mois. Le graphique permet, en suivant un "canal" entre deux courbes successives, d'estimer avec une bonne probabilité le mois de naissance. Les individus de moins d'un mètre sont supposés morts le mois de leur naissance. La clé a été utilisée seulement pour les cadavres d'au plus 1,90 m de long (c'est-à-dire d'approximativement un an au maximum) car, au delà de cette valeur, les courbes successives deviennent trop rapprochées pour que l'inférence soit possible.

Le recensement des dates de naissance ainsi établies a été récapitulé sous forme d'un histogramme (Fig. 2a). Un maximum bien marqué apparaît en septembre-octobre, ainsi que des maximums secondaires mais qui ne peuvent être discernés, à ce stade, d'une variabilité aléatoire. Notons que l'histogramme n'a été établi qu'à partir de 99 données.

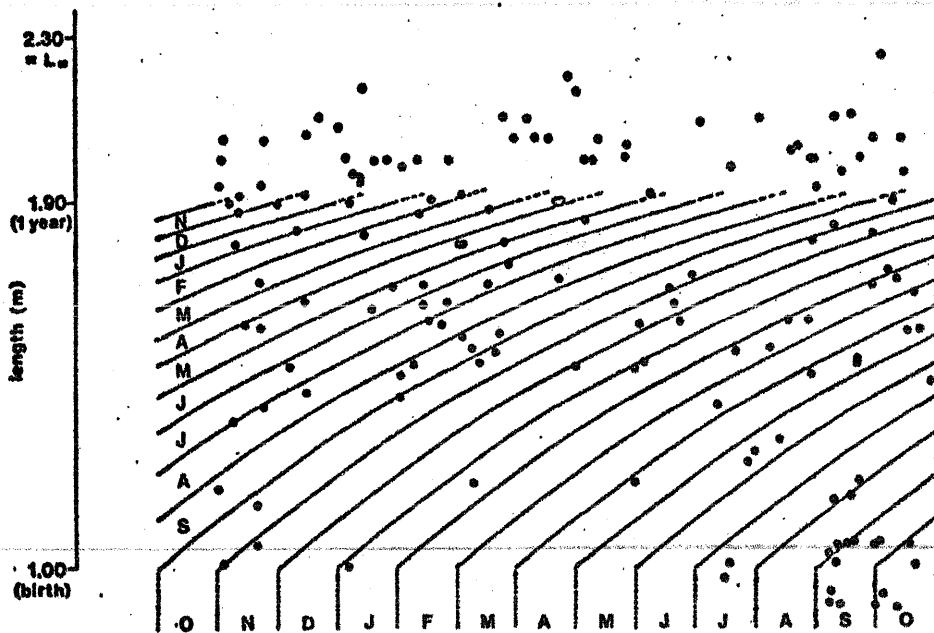


Fig. 1 - Répartition par tailles et date d'échouages des cadavres de *Stenella coeruleoalba* échoués sur les côtes françaises de Méditerranée. En reportant sur le graphique la courbe de croissance moyenne décalée de mois en mois, il est possible d'estimer approximativement les dates de naissance - au moins pour les individus d'au plus 1,90 m (1 an).

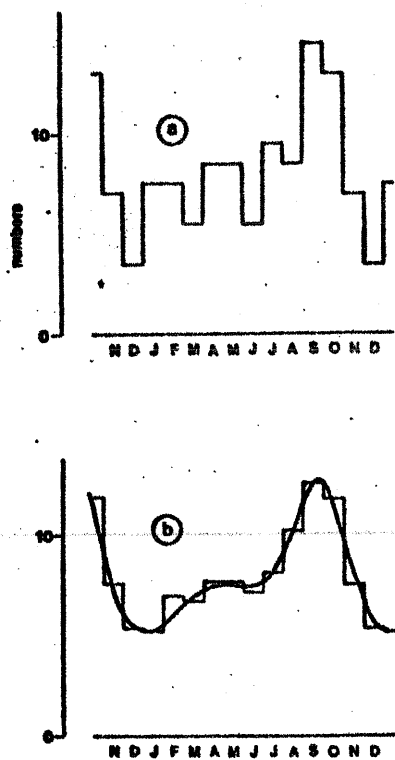


Fig. 2 - Distribution des dates de naissance dans l'année, d'après l'analyse de la figure précédente. (a) histogramme brut ; (b) histogramme lissé.

La détermination du mois est douteux lorsqu'un point représentatif se trouve très près d'une des courbes tracées. Pour cette raison nous avons lissé l'histogramme avant d'en tirer des conclusions, d'abord par une moyenne mobile :

$$\hat{N}_i = \frac{N_{i-1} + 2N_i + N_{i+1}}{4}$$

où N_i est le nombre d'observation au mois i (Fig. 2b). L'histogramme brut et l'histogramme lissé ont été reproduits en partie sur le côté gauche afin de faciliter la lecture du cycle annuel.

Les auteurs japonais trouvent trois saisons principales de reproduction dans le Pacifique : janvier-février, mai-juin et septembre-octobre. Dans le matériel méditerranéen, nous trouvons clairement un maximum d'août à octobre ; une ondulation distincte de l'histogramme lissé indique l'existence d'un maximum secondaire vers avril-mai, et il n'apparaît pas de troisième maximum.

3 - COURBE D'ALLEN POUR LES LONGUEURS.

Il est possible de déduire mathématiquement la distribution des tailles à la mort à partir des équations de croissance et de mortalité, dans l'hypothèse d'un taux de natalité constant, ou bien en adoptant un taux de natalité moyen sur l'intervalle de temps auquel se rapporte la statistique. Cependant, nous n'avons pas encore vu cette méthode utilisée en dynamique des populations et nous allons commencer par en détailler la procédure.

Etant donnée une population supposée dans un état stationnaire de reproduction, croissance et mortalité, si on l'échantillonne sur un intervalle de temps suffisant pour rendre indiscernables les variations saisonnières (donc sur plusieurs années), la fréquence d'une classe de taille va dépendre (1) de la proportion d'individus atteignant cette taille, (2) de la durée de cette intervalle de tailles dans la vie de l'animal - cette durée dépendant de l'équation de croissance.

En associant les équations de croissance et de mortalité on obtient la "courbe d'Allen" (MANN, 1969), caractéristique de l'espèce, où la proportion d'individus survivants à l'âge t , ou n_t , est représentée en fonction du poids moyen individuel à cet âge, soit W_t . La méthode permet de représenter rapidement les variations de biomasse de la cohorte ainsi que sa production totale entre deux instants ou pendant la vie complète de la cohorte. Nous avons généralisé le procédé à la représentation des longueurs au lieu des poids individuels.

Si l'on suppose que la courbe de croissance et la courbe de mortalité sont respectivement :

$$(1) \quad L_t = L_\infty (1 + e^{-k(t+t_0)})$$

(modèle de Von Bertalanffy) et

$$(2) \quad N_t = N_0 e^{-rt}$$

(décroissance exponentielle de la population, N_0 étant le nombre d'individus au temps 0 dans la cohorte, et r un taux instantané constant de mortalité), en éliminant la variable t entre les équations (1) et (2) il vient :

$$(3) \quad N_t = N_0 e^{rt_0} \left(1 - \frac{L_t}{L_\infty}\right)^{r/k}$$

qui est l'équation de la courbe d'Allen pour les longueurs.

Pour la population Pacifique de *Stenella coeruleoalba* les auteurs japonais donnent les paramètres de croissance signalés plus haut ainsi qu'un taux moyen de mortalité naturelle de 0,06 par an. On a donc :

$$(3a) \quad N_t/N_0 = 1.0294 \left(1 - \frac{L}{2.3}\right)^{0.050773}$$

La courbe correspondante, est représentée Fig. 3. On constate qu'elle est subrectangulaire, indiquant une très faible mortalité infantile, donc caractérisant un haut degré de protection des jeunes, la mortalité étant reléguée vers les stades âgés. Nous ne connaissons pas la longévité maximale de l'espèce mais il semble raisonnable de la fixer à une quinzaine d'années, ce qui donne une courbe de mortalité d'allure représentée à la Fig. 4.

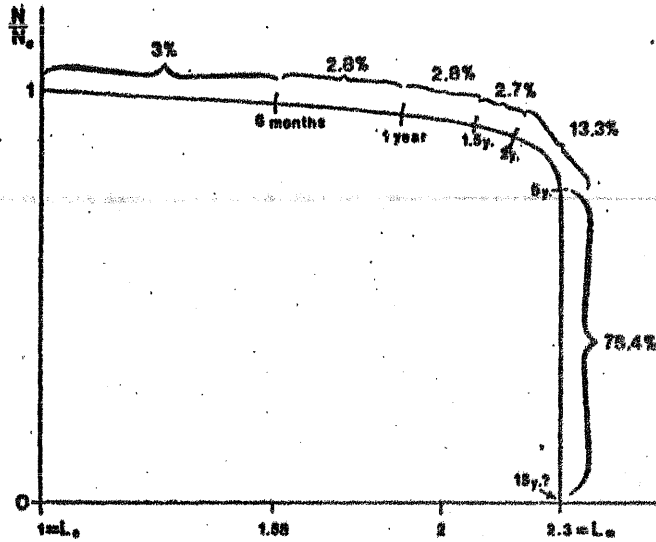


Fig. 3 - Courbe d'Allen pour les longueurs (proportion de survivants en fonction de la taille individuelle moyenne), d'après le modèle de croissance et de mortalité exposé dans le texte. Les paramètres biologiques choisis sont ceux établis par les auteurs japonais dans une pêcherie industrielle du Pacifique.

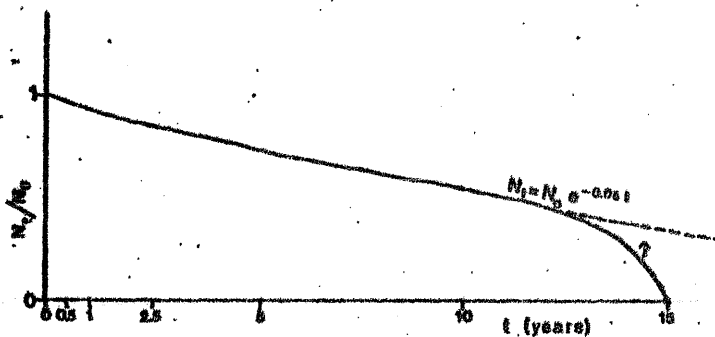


Fig. 4 - Courbe de mortalité naturelle d'après les observations faites dans une pêcherie du Pacifique.

4 - CALCUL DE LA DISTRIBUTION DE FREQUENCE DES TAILLES D'ECHOUAGES A PARTIR D'UNE COURBE D'ALLEN.

Une cohorte atteignant l'âge t , donne, pendant un intervalle de temps dt , un nombre dN de carcasses d'une taille comprise entre L et $L+dL$ (Fig. 5a). Soit $n = N/N_0$, donc $dn = dN/N_0$. En admettant, à titre de première approximation, les cohortes sont contiguës dans le temps et que la distribution de tailles observée couvre un très long intervalle de temps, cette distribution reflète les contributions de toutes les cohortes en vie simultanément. La densité de probabilité d'un intervalle dL de longueurs est alors $f(L) = -dn/dL$ (le signe - correspond au fait que la courbe d'Allen est décroissante). n variant avec l'âge de 0 à 1, nous avons en intégrant sur tout l'intervalle des longueurs:

$$\int f(L) dL = \int |dn| = 1$$

Il s'ensuit que si $n = \psi(L)$ est l'équation de la courbe d'Allen, alors

$$f(L) = -\dot{\psi}(L)$$

En dérivant l'équation (3) nous obtenons :

$$(4) \quad f(L) = \frac{r e^{rt_0}}{k L_0^{r/k}} (L_\infty - L)^{r/k - 1}$$

qui est la fonction de distribution des tailles sur un intervalle de temps suffisant. La Fig. 5 illustre la relation théorique entre la courbe d'Allen et la distribution de fréquences des tailles à la mort.

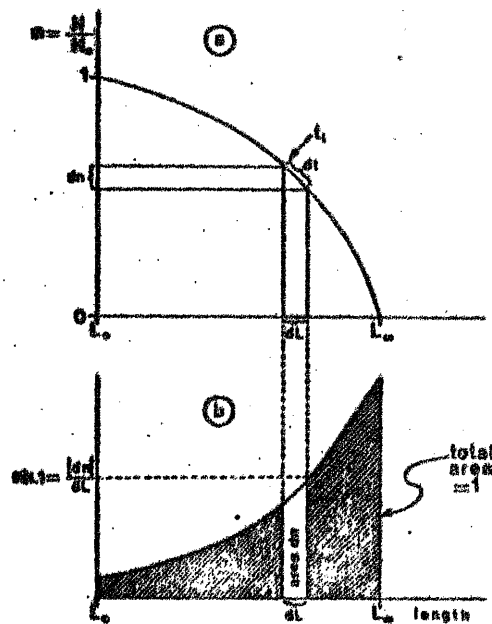


Fig. 5 - Etablissement de la distribution des tailles à la mort à partir de la courbe d'Allen.

Un autre raisonnement, peut être un peu plus intuitif, est qu'avec un taux de mortalité instantanée r constant toute la vie, la proportion de cadavres d'une taille comprise entre L et $L+dL$ est proportionnelle (1) à la

proportion de survivants à cette taille, soit $\psi(L)$ et (2) à la longévité de cette classe de tailles élémentaire, c'est-à-dire précisément à l'intervalle dt correspondant à dL sur la courbe d'Allen. Nous avons donc :

$$dn = C \psi(L) dt$$

où C est une constante choisie de manière à ce que $\int dn = 1$. Mais nous devons écrire dn comme fonction de dL et non de dt . En dérivant l'équation (1) nous obtenons :

$$(5) \quad \frac{dL}{dt} = k L_{\infty} e^{-k(t+t_0)}$$

d'où

$$(6) \quad dt = \frac{1}{kL_{\infty}} e^{-k(t+t_0)} dL$$

En éliminant t entre les équations (1) et (6), nous retrouvons l'équation (4), la constante C étant prise égale à r .

Enfin, un raisonnement plus général et plus formel peut être proposé, aboutissant au même résultat, mais pouvant s'appliquer à d'autres types d'équations de croissance et de mortalité. Ces deux équations étant connues, notées

$$N/N_0 = n = \mu(t)$$

$$L = \gamma(t)$$

nous obtenons, en éliminant t :

$$t = \gamma^{-1}(L)$$

$$n = (\mu \circ \gamma^{-1})(L)$$

(le signe "o" représente la composition des deux fonctions). Il s'ensuit que

$$\psi = (\mu \circ \gamma^{-1})$$

est la fonction d'Allen pour les longueurs. La densité de probabilité de L se calcule alors comme suit :

$$f(L) = -\frac{dn}{dL} = -\frac{dn}{dt} \frac{dt}{dL} = -\frac{dn/dt}{dL/dt} = -\frac{\dot{\mu}(t)}{\dot{\gamma}(t)}$$

(où $\int dn = 1$ par construction). Cette formule donne la densité de probabilité de L comme une fonction de t . Pour obtenir une fonction de L , nous devons composer cette expression par la fonction réciproque $t = \gamma^{-1}(L)$ ce qui donne

$$(7) \quad f(L) = \left(-\frac{\dot{\mu}(t)}{\dot{\gamma}(t)} \right) \circ \gamma^{-1}(L)$$

Si l'on applique cette dernière équation au modèle de Von Bertalanffy choisi comme fonction γ et à la fonction exponentielle négative comme μ , on obtient encore une fois l'équation (4).

Avec les paramètres établis pour *Stenella coeruleoalba* dans le Pacifique, on trouve :

$$(4a) \quad f(L) = 0.05(2.23 - L)^{-0.949}$$

La densité de probabilité de L étant $-\dot{\psi}(L)$, la fonction $1 - \psi(L)$ représente la fonction de distribution cumulée (puisque $n = \psi(L)$ varie de 0 à 1 quand L varie de 0 à L_{∞} (Fig.5). On en déduit facilement la fréquence théoriques entre deux longueurs, égale à la différence d'ordonnées de la courbe d'Allen. En utilisant ainsi la courbe de la Fig. 3 il peut être constaté que, d'après le modèle, 3% des cadavres devraient avoir entre 1 m et 1,58 m de long (0 à 6 mois), 2,8% entre 1,58 et 1,90 m (6 mois à 1 an),

2,8% entre 1,90 et 2,08 m (1 an à 1 an 1/2), 2,7% entre 2,08 et 2,18 m (1 an 1/2 à 2 ans), 13,3 % entre 2,18 et 2,69 m (2 à 5 ans), 75,4 % devraient avoir plus de 5 ans. Ces pourcentages sont représentés par l'histogramme en trait interrompu de la fig. 6 (supposant que l'âge maximal est 15 ans).

5 - ANALYSE DES STATISTIQUES DE TAILLES DES ECHOUAGES SUR LES COTES NORD-OUEST DE LA MEDITERRANEE.

Nous observons tout d'abord, comme nous l'avons déjà signalé, une très forte mortalité infantile ayant pour conséquence une forte dissemblance entre la distribution de tailles observée et la distribution issue du modèle. Pour une fois un modèle sert à quelque chose. Si l'on admet que l'équation de croissance ne varie pas beaucoup entre le Pacifique et la Méditerranée, et si l'on admet que la distribution des tailles d'échouages reflète la distribution des tailles à la mort dans la population, nous pouvons comparer la distribution théorique et la distribution observée. L'histogramme en trait plein de la Fig. 6 représente les pourcentages observés pour quelques classes de tailles, dont les fréquences théoriques avaient été calculées dans le cadre du modèle. La distribution observée est tout à fait opposée de celle calculée à partir d'un taux de mortalité constant de 0,06 par an : 98,9% des carcasses ont moins d'un an et demi ; 66% ont moins d'un an. Le plus grand cadavre échoué mesurait 2,25 m (3 ans ?).

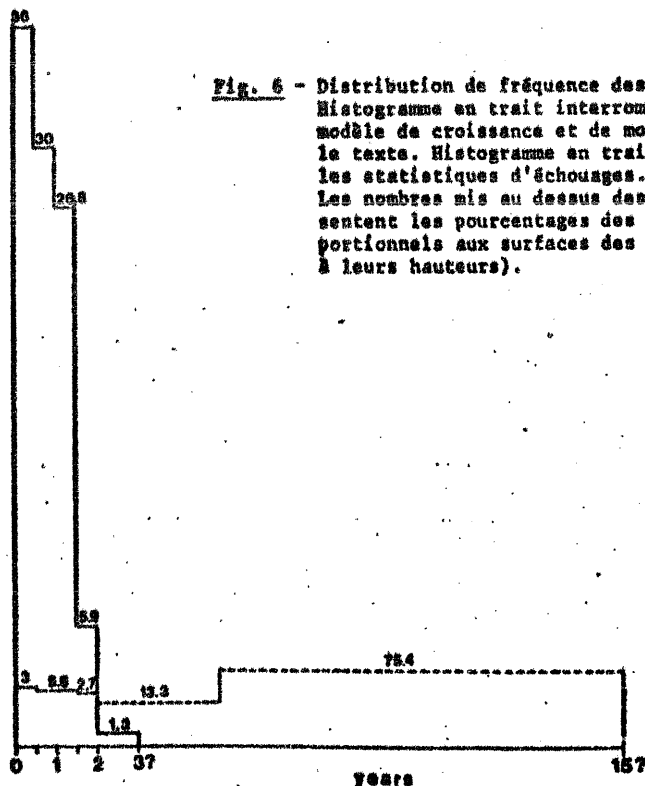


Fig. 6 - Distribution de fréquence des âges à la mort. Histogramme en trait interrompu : d'après le modèle de croissance et de mortalité établi dans le texte. Histogramme en trait plein : d'après les statistiques d'échouages. Les nombres mis au dessus des rectangles représentent les pourcentages des classes d'âge (proportionnels aux surfaces des rectangles et non à leurs hauteurs).

Nous avons tenté de décrire plus finement le phénomène en portant toutes les tailles d'échouages observées sur un diagramme de fréquences cumulées. Un phénomène inattendu apparaît alors : les points représentatifs sont bien alignés le long d'un petit nombre de segments rectilignes, la pente du diagramme variant brusquement à certaines longueurs.

La distribution des tailles dépend, comme nous l'avons vu, d'une combinaison entre l'équation de croissance et l'équation de mortalité. Si l'on suppose \rightarrow que l'équation de croissance varie peu au cours

de la vie et qu'au contraire le taux de mortalité varie en fonction d'un certain nombre de phases critiques dans la vie de l'animal, on est conduit aux calculs suivants.

La densité de probabilité de L étant $-\frac{\dot{\mu}(t)}{\dot{\gamma}(t)}$, fonction de t , nous avons d'après l'équation (7)

$$-\frac{\dot{\mu}(t)}{\dot{\gamma}(t)} = f(L) \circ \gamma(t)$$

Il est alors possible de calculer la fonction de mortalité à partir de la distribution des tailles à la mort, l'équation de croissance étant supposée connue, puisque

$$(8) \quad \frac{dn}{dt} = \dot{\mu}(t) = -\dot{\gamma}(t) \cdot (f(L) \circ \gamma(t))$$

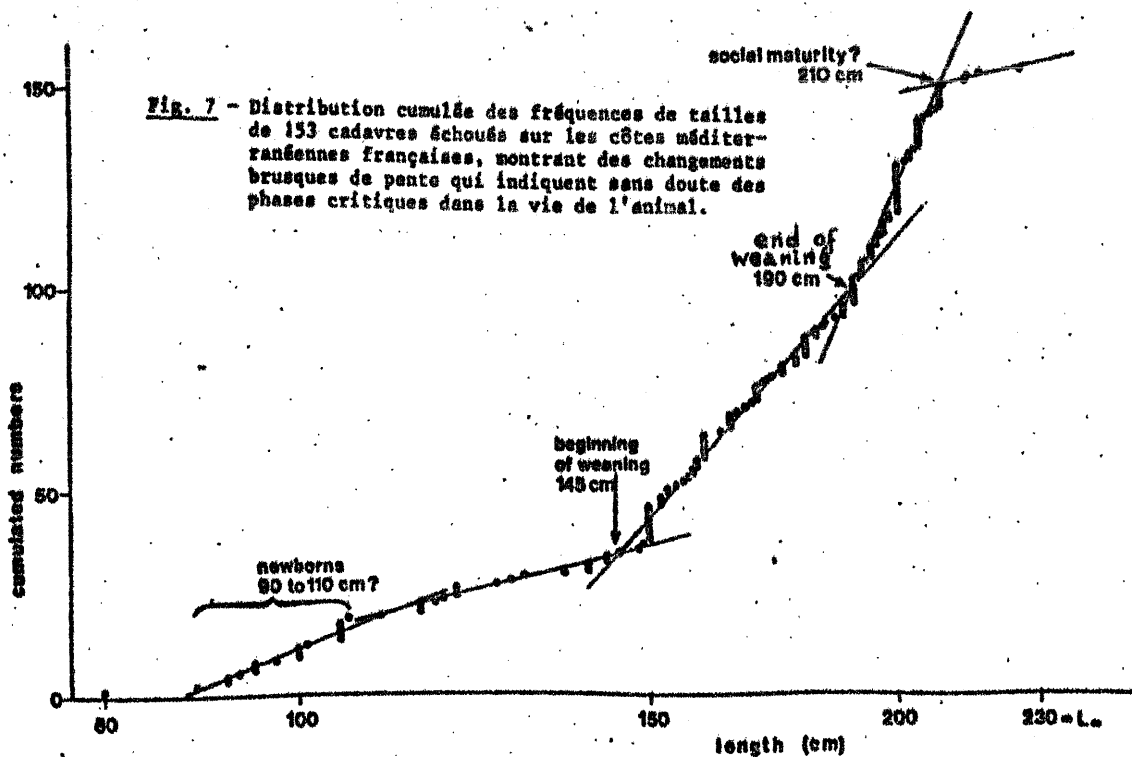
Si — nous supposons une fois de plus que l'équation de croissance est

$$\gamma(t) = L_{\infty} (1 - e^{-k(t+t_0)})$$

alors

$$\dot{\gamma}(t) = k L_{\infty} e^{-k(t+t_0)}$$

L'allure de la distribution cumulée observée (fig. 7) va nous faciliter les calculs. En effet, à l'intérieur d'un intervalle de tailles où l'alignement des points est rectiligne et de pente A , la densité de probabilité est constante et égale à A (la distribution est rectangulaire). Le calcul de la pente doit prendre en compte une variation de la fréquence cumulée de 0 à 1, d'où une précaution au niveau des échelle des axes.



L'équation de mortalité est donc : $\frac{dn}{dt} = -A \dot{\gamma}(t)$

$$(9) \quad \frac{dn}{dt} = -A k L_{\infty} e^{-k(t+t_0)}$$

or $\frac{dN}{N} = -A k L_{\infty} e^{-k(t+t_0)} dt$

et en intégrant :

$$(10) \quad \text{Log} \frac{N}{N_0} = A L_{\infty} e^{-kt_0} (e^{-kt} - 1)$$

En introduisant les paramètres biologiques de *Stenella coeruleoalba* :

$$(10a) \quad \text{Log} \frac{N}{N_0} = 1.3 A (e^{-kt} - 1)$$

$$\text{ou} \quad (10b) \quad N = N_0 \exp(1.3 A (e^{-kt} - 1))$$

Le taux instantané de mortalité est donc loin d'être constant au long de la vie de l'animal. D'une part, il décroît exponentiellement à l'intérieur d'un intervalle de taille où la pente A est constante. D'autre part, cette pente varie brutalement à certains moments de la vie. La Fig. 8 représente les variations dans le temps du taux de mortalité :

$$r(t) = A k L_{\infty} e^{-k(t+t_0)} = 4.809 A e^{-1.1817 t}$$

La pente A est égale à 0,337 entre 0 et 1 mois (nouveaux-nés), à 0,333 entre 1 mois et 4 mois 10 jours, à 1,067 entre 4 mois 10 jours et un an, à 2,227 entre un an et un an 17 mois ; les 5 derniers spécimens (adultes ?) donnent une pente de 0,216.

Dans — deux cas : à 4 mois 1/2 (1,45 m de long) et à 1 an (1,90 m) le taux de mortalité augmente considérablement, étant respectivement multiplié par 2 et par 3, après quoi il décroît exponentiellement. Au contraire dans deux autres cas : à la naissance, pour des tailles comprises entre 0,90 et 1,10 m (en fait, cette légère diminution de mortalité semble séparer les nouveaux-nés, peut-être même mort-nés, des individus morts après quelques semaines) ; et une importante diminution se produit à 19 mois (2,10 m) — mais cela est — dû à un petit nombre de grands individus, peut-être sans relation avec l'immigration et l'augmentation de population actuelles.

6 - DISCUSSION.

A quels événements biologiques peuvent correspondre ces deux importantes augmentations du taux de mortalité à 4 mois 1/2 et 12 mois ? Il s'agit probablement de stades critiques dans la vie des animaux. Les auteurs japonais établissent que le sevrage commence à 6 mois (1,58 m en moyenne) et se termine à 1 an et 5 mois (2,06 m chez les mâles, 2,25 m chez les femelles). Il est possible que les deux phases critiques décelées dans la population méditerranéenne correspondent aussi au début et à la fin du sevrage et à la puberté, auquel cas ces deux événements interviendraient à un âge plus précoce que dans le Pacifique. VIALE (1977, 1985), autopsiant un mâle de 1,43 m échoué en Méditerranée, trouve dans son estomac du lait, des vertèbres de poissons et des becs de céphalopodes.

Les populations de cétacés répondent généralement à un stress ayant pour conséquence une augmentation de mortalité, par une augmentation de la natalité (GAMBELL, 1976 ; LOCKYER, 1981 ; MARTIN, 1982). Cela a été constaté dans la pêcherie de *Stenella* dans le Pacifique, où les statistiques permettent de calculer que le taux de natalité est passé de 6 % à 9 % par an depuis le début de l'exploitation (VIALE, 1980 a et b). C'est un fait connu en dynamique des populations qu'une augmentation de natalité est plus facilement obtenue par réduction de l'intervalle entre

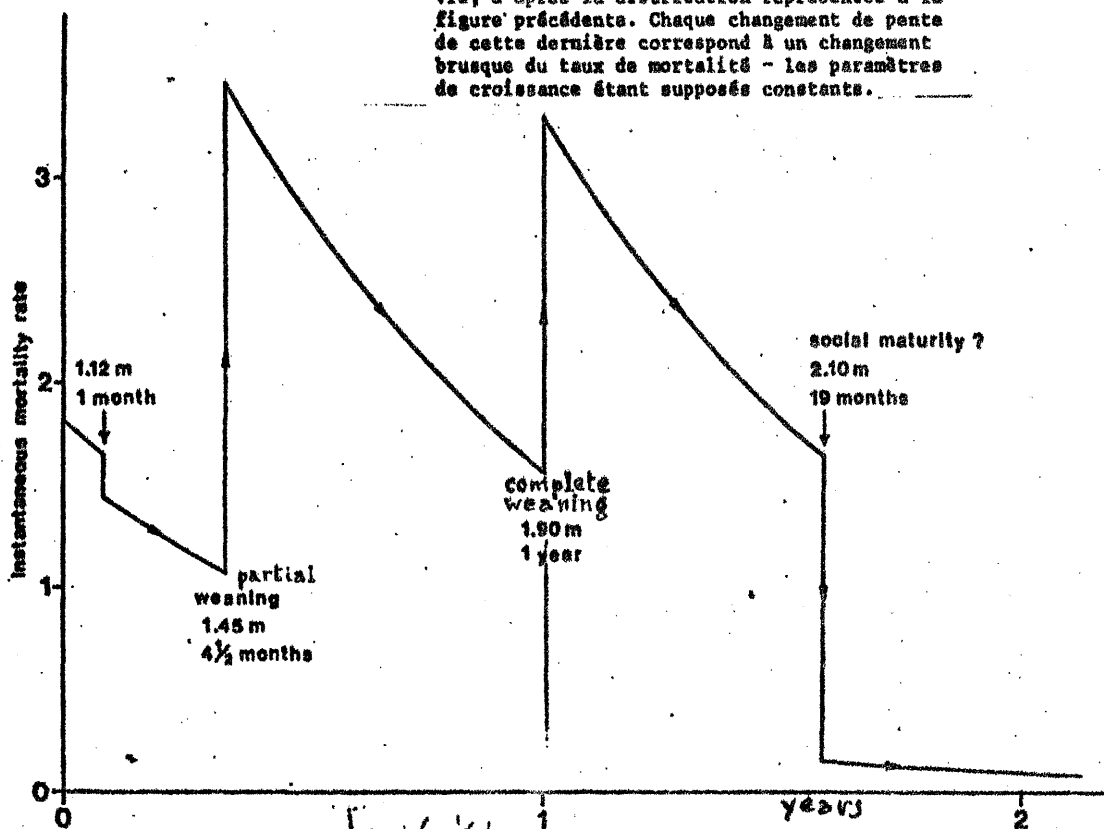
deux mises bas, et par l'abaissement de l'âge de maturité sexuelle, que par l'augmentation du nombre de descendants par géniteur. La fécondité est ici réduite à un seul petit à la fois, allaité pendant une longue période. L'augmentation du taux de natalité ne peut être réalisé que par abaissement de l'âge de première maturité et par diminution de l'intervalle entre deux naissances. Cet intervalle a décréu de 4 à 2,6 ans en moyenne, en 20 ans dans le Pacifique (KASUYA et MIYAZAKI, 1975). En Méditerranée, le raccourcissement de la période d'allaitement exclusif (observé malheureusement sur un seul individu) correspond peut-être à un raccourcissement de l'intervalle entre deux naissances en réponse au stress enduré par la population immigrant

L'estimation du nombre total de dauphins en Méditerranée nord-occidentale par une méthode de transect a donné en 1972, dans la zone située au nord de 40°N, un ordre de grandeur de 65.000 *Delphinus delphis* et de 9.250 *Stenella coeruleoalba*. Entre 1978 et 1981, elle fut de 10.000 *Delphinus* et 20.000 *Stenella*. Cette augmentation de densité des *Stenella* correspond à une augmentation d'environ 10% par an de la population, et plus encore si l'on tient compte de l'importante mortalité infantile observée.

Un tel taux d'augmentation est incompatible avec les paramètres biologiques de l'espèce. Une immigration a donc certainement lieu, venant d'aires de la Méditerranée plus peuplées en cette espèce - peut-être de la Mer d'Alboran, où les dauphins ont toujours été abondants.

Un accroissement massif de la population par une immigration devrait être associé à une augmentation des échouages d'adultes, mais ce n'est pas le cas. Une explication possible est que les apports extérieurs concernent essentiellement de jeunes individus ; en d'autres termes, seuls les jeunes émigrent. De fait, aucun cadavre de plus de 2,25 m n'a été trouvé, et seulement 10 des tailles signalées dépassent 2,10 m, longueur présumée de la maturité sociale. Néanmoins il est difficile de dire si les animaux vus en mer sont adultes ou jeunes, car l'estimation de la taille depuis un bateau est impossible. De plus, nous ignorons si les immigrants restent dans la zone colonisée ou en sortent quand ils deviennent âgés. Peut-être de futures observations permettront de mieux comprendre ce phénomène de population étonnant.

Fig. 8 - Variations du taux de mortalité au long de la vie, d'après la distribution représentée à la figure précédente. Chaque changement de pente de cette dernière correspond à un changement brusque du taux de mortalité - les paramètres de croissance étant supposés constants.



R E F E R E N C E S

- DUGUY (R.) et BUDKER (P.), 1972.- Rapport annuel sur les Cétacés et les Pinnipèdes trouvés sur les côtes de France : 1971.- Mammalia, vol. 36 : 517-520.
- , 1973 à 1976.- Rapport annuel sur les Cétacés et les Pinnipèdes trouvés sur les côtes de France : 1972 à 1975.- Mammalia, vol. 37 à 40 : 669-677, 545-555, 689-701, 671-681.
- , 1977 à 1984.- Idem : 1976 à 1983.- Ann. Soc. Sci. nat. Charente Maritime, vol. 6 : 308-317, 333-344, 463-474, 615-632, 803-818, 969-984 ; vol. 7 : 121-135, 189-205.
- KASUYA (T.), 1971.- Considérations on distribution and migration of toothed whales off the Pacific coast of Japan based upon aerial sightings records.- Sci. Rep. Whale Res. Inst. Tokyo, vol. 23 : 37-66.
- , 1972.- Growth and reproduction of *Stenella coeruleoalba* based on the age determination by means of dentinal growth layers.- Sci. Rep. Whale Res. Inst. Tokyo, vol. 24 : 57-79.
- KASUYA (T.) et MIYAZAKI (N.), 1975.- The stock of *Stenella coeruleoalba*.- F.A.O. Doc. ACMRR/MM/SC 25, 37 p.
- LOCKYER (C.), 1981.- Rep. int. Whale Comm., vol. 31 : 389-394.
- MANN (K.H.), 1969.- The dynamics of aquatic ecosystems.- Adv. ecol. Res., vol. 6 : 1-81.
- MARCUZZI (P.) et PILLERI (P.), 1971.- On the zoogeography of Cetacea.- Inv. Cetacea, vol. 3 : 101-170.
- MARTIN (A.R.), 1982.- Rep. int. Whale Comm., vol. 32 : 325-329.
- MIYAZAKI (N.), KASUYA (T.) et NISHIWAKI (M.), 1974.- Distribution and migration of two species of *Stenella* in the Pacific coast of Japan.- Sci. Rep. Whale Res. Inst. Tokyo, vol. 26 : 227-243.
- MIYAZAKI (N.), 1976.- School structure of *Stenella coeruleoalba*. F.A.O. Doc. ACMRR/MM/SC 73, 3 p. + add.
- NISHIWAKI (M.), 1976.- On the catch of the striped Dolphin *Stenella coeruleoalba* in Japan.- F.A.O. Doc. ACMRR/MM/SC 30, 5 p.
- VIALE (D.), 1977.- Ecologie des Cétacés en Méditerranée occidentale : leur place dans l'écosystème, leur réaction à la pollution marine par les métaux.- Thèse Doct. Etat, Univ. Paris VI, 312 p., 17 pl.
- , 1980 a.- Les modifications du peuplement de Cétacés de Méditerranée occidentale.- Communic. 27è Congr. C.I.E.S.M., Cagliari (Déc. 1979).
- , 1980 b.- Stratégies écologiques chez les Cétacés.- In R. BARBAULT, B. BLANDIN et J.A. MEYER.- Recherches d'écologie théorique ; Maloine Edit. Paris, p. 206-216.
- , 1985.- Cetaceans in the Northwestern Mediterranean : their place in the ecosystem.- Oceanogr. mar. Biol. ann. Rev.,

Modélisation de la phase méroplanctonique
et du recrutement dans le cycle de vie d'organismes benthiques

Cabioch, Dauvin, Gentil, Retière, Agoumi, Nival

Station biologique de Roscoff

Muséum - Dinard

Station zoologique de Villefranche

Nécessité de l'étude :

Les organismes benthiques exploités par l'homme possèdent généralement un mécanisme de dispersion permettant la colonisation d'espaces nouveaux devenus favorables, le repeuplement d'aires dont ils ont été éliminés ou le maintien aux limites de la zone de répartition. Ces mécanismes se retrouvent chez de nombreuses espèces benthiques et sont probablement déterminés sur des règles générales. Les connaissances actuelles sont relativement fragmentaires mais on peut espérer mettre en évidence quelques règles relatives à ce processus qui puissent être généralisées.

La sédentarité (organismes sessiles) ou les faibles déplacements (organismes vagiles) ne permettent pas à l'adulte d'explorer de grands espaces et de le conduire activement vers le lieu optimal pour ses conditions de vie. De même l'hétérogénéité de l'espace, le morcellement des zones favorables à la survie des adultes (granulométrie, nourriture, abris) tend à les confiner, même lorsque l'animal a des possibilités de déplacements non négligeables à l'échelle de vie d'une génération.

La dispersion de l'espèce dans une aire souvent vaste est assurée par des formes adaptées à la vie planctonique (propagules, gamètes, oeufs, larves) qui bénéficieront de la diffusion et du transport dans les masses d'eau pour rencontrer des substrats favorables à son installation ou à son maintien.

Si en première approximation on peut considérer ces stades de propagation comme des objets passifs, on doit rapidement prendre en compte les propriétés qui découlent de leur vie (nage active, comportement évoluant en cours de temps, périodes critiques, participation à l'activité du réseau trophique). On devra aussi considérer les différentes stratégies existant chez les organismes benthiques (ponte, charge en réserves, métamorphose, choix du substrat). Deux points importants doivent être notés :

A - Les stratégies de développement larvaire peuvent se situer entre deux extrêmes : un protectionisme intense (développement des jeunes dans les voies génitales de la femelle : émission à l'état de juvéniles), une indifférence extrême (libération de gamètes dans le milieu externe). La stratégie de reproduction

adaptée va influencer le contact entre la larve et le peuplement planctonique. Lorsque la larve possède peu de réserve d'abord, elle devient un élément du réseau trophique : elle consomme et elle est consommée ensuite elle subit une mortalité élevée au cours de son séjour planctonique. Il est donc nécessaire de prendre en compte dans un modèle les interactions de nature trophique dans la communauté planctonique. Lorsque la larve possède beaucoup de réserves, son séjour planctonique est court et son comportement peut être assimilé à celui d'une particule inerte.

B - Le retour à la vie benthique constitue une phase généralement rapide et critique pour l'espèce, le choix du substrat étant souvent très limité. La première période de vie du juvénile est elle-même très critique, en particulier pour les espèces de la faune hypogée car ces organismes sont pendant quelque temps dans une strate de sédiment remaniée par les courants. Il sera nécessaire en première approximation, de considérer une mortalité globale typique de cette période mais en seconde approximation, la dynamique biologique de la métamorphose et de la croissance des juvéniles devra être prise en compte.

Le projet consiste à considérer les différents processus mis en oeuvre au cours de la phase de reproduction et de développement larvaire chez quelques espèces pour lesquelles on dispose des informations expérimentales pertinentes et à construire un modèle traduisant la dynamique biologique de l'organisme et l'influence des processus physiques dans une zone marine ayant une taille significative pour l'espèce considérée. Il est en effet nécessaire de tenir compte à la fois de l'intensité des mélanges ou du transport physique, et du temps de développement larvaire des organismes. Le résultat pourrait être :

- 1) une estimation des facteurs influençant l'espèce pendant son développement larvaire.
- 2) une estimation du flux de larves atteignant l'âge de stade juvénile (recrutement).
- 3) la mise en évidence des processus qu'il est nécessaire de mieux connaître afin de rendre fiable le modèle prédictif.

Le projet peut s'appuyer sur les résultats obtenus par le GRECO MANCHE en ce qui concerne les distributions spatiales d'adultes dans la Manche et la Mer Celtique, les connaissances sur la dynamique de population ou les caractéristiques de reproduction des espèces choisies et les conditions hydrodynamiques et sédimentaires de cette mer. Afin de mieux estimer le poids de chaque événement dans l'intensité du recrutement, comme dans sa dépendance des phénomènes météorologiques, il est souhaitable de mener deux approches convergentes :

A) - Approche théorique : (Agoumi, Nival)

Estimer la dispersion des larves dans une zone marine déterminée et la mortalité au cours de la vie planctonique à l'aide de modèles physiques et biologiques utilisant les hypothèses dont nous disposons actuellement. Ces modèles devraient prendre en compte au moins deux dimensions de l'espace et la dynamique du réseau trophique planctonique.

B) - Caractéristiques des espèces et approche *in situ* : (Cabioc'h, Dauvin, Gentil, Retière)

1) Estimer les caractéristiques biologiques de quelques espèces typiques des communautés benthiques (comportement de ponte, fécondité, croissance, durée de vie larvaire, métamorphose etc...), afin d'avoir une représentation réaliste du cycle de vie de l'espèce benthique.

On choisira les espèces en fonction de l'importance de l'information sur :

- la distribution horizontale à grande échelle (aire des organismes et des substrats associés), en sélectionnant des espèces à distribution limitée, "insulaire", ce caractère permettant d'identifier les sources géographiques des larves.
- les caractéristiques de reproduction des adultes
- les exigences thermiques et nutritionnelles des larves et des adultes.

2) Vérifier *in situ* les caractéristiques de la dispersion larvaire et du recrutement au niveau de la phase méiobenthique.

Les peuplements des sédiments fins, réduits de par l'hydrodynamisme général de la Manche à l'état d'enclaves séparées les unes des autres par de vastes étendues de sédiments grossiers, sont d'excellents observatoires vis-à-vis de ces phénomènes de transport. Les populations d'espèces caractéristiques de ces peuplements se comportent de manières très différentes selon leur mode de vie larvaire. Les espèces à reproduction directe (émission à l'état de juvéniles) présentent le plus souvent des démographies régulières, mais, de par leur "insularité", repeuplent difficilement en cas d'élimination ou de forte réduction par une perturbation. Les espèces à longue vie larvaire pélagique sont soumises au contraire aux phénomènes de transport advectif et à la dispersion par la diffusion turbulente, particulièrement intenses dans une mer à fortes marées telle que la Manche ; les effets peuvent en être négatifs

(dispersion vers des fonds non appropriés au recrutement) ou positifs (apports plus ou moins réguliers de larves issues de sources éloignées).

On observera les recrutements dès l'arrivée des juvéniles sur le substrat et éventuellement, si le cas s'y prête, en phase planctonique, pour identifier l'étendue de la dispersion à partir des sources "insulaires" et la comparer avec les résultats des modèles de transport hydrodynamique des "particules" à durée de vie limitée et à propriétés évolutives que sont les larves.

Il est probable qu'actuellement la représentation par un modèle du système benthos-substrat-plancton-larves-hydrodynamique fera apparaître des lacunes dans notre connaissance, mais elle pourra en contre-partie orienter quelques travaux et tester quelques hypothèses sur la distribution des adultes.

Réunion "Déterminisme du recrutement". I.S.T.P.M. Nantes 2-4 juillet 1984.

CONTRIBUTION N° 46

L'HEURISTIQUE DE LA METHODE AQUACOLE POUR LA
CONNAISSANCE DU DETERMINISME DU RECRUTEMENT

Par

P. DIVANACH

FRANCE-AQUACULTURE
DEVA-SUD-PALAVAS LES FLOTS

M. KENTOURI

STATION DE BIOLOGIE MARINE
ET LAGUNAIRE - SETE

RESUME

Cette note n'est pas un programme en tant que tel mais une contribution méthodologique au déterminisme de la programmation générale. Elle a pour objectif de rappeler quelques évidences biologiques et montrer que loin d'être en concurrence, halieutisme et aquaculture peuvent être complémentaires car ils puisent leur besoin de connaissance dans le même creuset. En effet, sur de nombreux points, la méthodologie utilisée pour définir les bases biologiques d'espèces d'intérêt aquacole pourrait être partiellement transposable à la problématique du recrutement des poissons marins notamment ceux à oeufs et larves pélagiques. Par ailleurs, de nombreux acquis biologiques obtenus par la méthode aquacole ou expérimentale sont déjà disponibles et directement utilisables par l'halieutique. Enfin, l'étalonnage par la méthode aquacole d'outils classiquement utilisés en halieutique permettrait d'affiner leur précision donc leur caractère heuristique.

1. INTRODUCTION

Compte tenu de sa problématique écosystémique générale, son contexte de connaissance, son cadre d'application, la dimension des organismes biologiques et les implications socio-économiques qui en découlent, le déterminisme du recrutement suppose une approche pluridisciplinaire et plurifactorielle avec une vision à plusieurs niveaux spatio temporels selon les deux axes d'étude horizontaux et verticaux.

En effet, dans la panoplie des méthodes d'étude potentielles il n'existe aucune recette universelle pour répondre à l'ensemble de la demande car chacune d'elle, analytique ou synthétique présente des avantages et des inconvénients.

La plus grande représentativité de l'étude qui est celle effectuée en milieu naturel est aussi celle qui présente les plus grandes difficultés d'identification de hiérarchisation et d'analyses donc de modélisation des paramètres importants pour le déterminisme du recrutement car elle associe les causes d'erreur de prélèvement et d'échantillonnage aux corrélations avec des facteurs impliqués indirectement dans la problématique et aux synergies de deuxième ordre.

Inversement, la méthode expérimentale analytique classique de laboratoire qui offre les garanties de rigueur de l'unicité paramétrique la possibilité de simuler des gammes improbables en milieu naturel et d'imposer aux systèmes biologiques des situations de déséquilibre impliquant une adaptation ou une régulation, pêche dans la représentativité de la diversité naturelle.

D'une façon générale la difficulté d'interfaçage direct entre les données de la recherche fondamentale et les besoins de l'halieutique réside dans une disparité d'ordre de grandeurs spatiale et temporelle entre les deux domaines et l'absence de système tampon pouvant permettre la simulation de situations intermédiaires.

A ce titre, les systèmes d'aquaculture considérés non comme des bases de production mais comme des milieux contrôlés permettant de suivre le développement et les exigences des espèces marines sous des conditions voisines (élevage extensif) ou au contraire très distincts (élevage intensif) du milieu naturel présentent plusieurs des caractéristiques de cet outil méthodologique de transition. Permettant de dissocier artificiellement des paramètres inabordables en milieu naturel tout en intégrant la majorité des composantes régulateurs des systèmes biologiques, ce mode d'approche représente une forme d'écologie expérimentale analytique dont la valeur heuristique est élevée.

2. LES SECTEURS HEURISTIQUES DE L'AQUACULTURE POUR LE DETERMINISME DU RECRUTEMENT

Ils sont multiples et se situent aux deux niveaux de la Recherche-Développement en aquaculture. Toutefois, sur l'ensemble des secteurs potentiellement intéressants il en existe plusieurs dont le transfert à l'halieutique présente un caractère privilégié pour les raisons suivantes :

- identité de besoins de connaissance générale quand aux bases biologiques spécifiques;
- triple avantage (économique du rapport qualité/prix, pratique du rapport qualité ou quantité/effort déployé, et temporel du rapport qualité et/ou quantité/temps de réponse) de la méthode d'investigation expérimentale aquacole sur la méthode de recherche en milieu naturel, dans la majorité des cas impliquant un bassin de connaissance de type analytique;
- complémentarité de l'approche analytique expérimentale avec la recherche en milieu naturel en cas d'interactions paramétriques multiples dans la plage de connaissance envisagée.

Globalement, les secteurs heuristiques privilégiés de l'aquaculture pour le déterminisme du recrutement peuvent être regroupés dans les catégories suivantes :

2.1 - Définition des critères d'identification et d'attributions de paternités pour les oeufs et larves du milieu naturel

L'identification précise et la certitude des attributions de paternités sont les bases de la problématique du recrutement. La méthode aquacole fondée sur l'élevage d'espèces précises offre à ce titre non seulement toutes les garanties désirées mais en plus une chronologie précise de l'histoire vécue des individus car les conditions expérimentales peuvent être facilement enregistrées. Par ailleurs, la stabulation permanente des individus et leur confinement dans une enceinte plus facile à échantillonner que le milieu naturel offre deux avantages importants : une précision élevée du catalogue des étapes du développement notamment chez les stades jeunes (oeufs ou prélarves) qui sont fragiles et dont l'évolution est rapide, une accessibilité permanente des individus quelle que soit leur évolution comportementale ce qui supprime souvent des "trous" dans les séries morphologiques naturelles.

2.2 - Recherches sur l'âge des individus et leur cinétique de développement en fonction des 3 facteurs clés de l'évolution: facteur temps, facteur thermique, facteur trophique sous diverses conditions expérimentales

Base de la problématique aquacole de prévision du développement et de programmation de l'occupation spatiale par connaissance des paramètres temporels thermiques et trophiques cette recherche devrait être directement transposable aux besoins du recrutement et permettre de positionner les individus pêchés en milieu naturel à certains endroits d'abaques tridimensionnelles (en T°-aliment-temps) limitant les hypothèses d'histoires vécues antérieures et permettant de prédire certaines filières de développement. Particulièrement adaptées aux stades autotrophes (oeufs - prélarves) dont le modèle de développement est simple ces recherches supposent un niveau d'élaboration plus important avec les stades hétérotrophes compte tenu de la diversité spécifique et qualitative des proies potentielles en milieu naturel.

2.3 - Etalonnage expérimental des outils méthodologiques classiques de l'halieutisme et de la dynamique des populations, destinés à retracer l'histoire naturelle extérieure des individus notamment la scalimétrie et l'otolithimétrie

La problématique du recrutement utilise couramment les méthodes de dynamique des populations basées sur l'évaluation des marques corporelles laissées par les conditions de développement au cours de l'histoire des individus telles la scalimétrie ou l'otolithimétrie. Or, dans la majorité des cas, les corrélations actuelles entre les références métriques et historiques relèvent plus d'une méthode déductive et synthétique voire même empirique que d'une réalité expérimentale analytique.

Outre l'affinage des corrélations cicatricielles laissées sur les écailles et les otolithes par diverses conditions d'élevage, la méthode aquacole permettrait de rechercher les marques indélébiles spécifiques de la captivité afin de pouvoir pondérer les biais expérimentaux afférents et identifier dans une population l'origine sauvage ou contrôlée de l'individu (base de l'évaluation du succès des repeuplements et de la dynamique des populations complémentées avec des individus provenant d'élevage).

- 2.4 - Production à fins de repeuplement de juvéniles d'élevages, marquées biologiquement et différents de leurs homologues sauvages sur des points clefs permettant l'évaluation en milieu naturel du succès d'un recrutement artificiel

Outre sa capacité productive une des caractéristiques de l'aquaculture est de pouvoir fournir, si besoin est, des individus différents de leurs homologues sauvages, sur des points clefs pouvant alors être utilisés comme marques distinctives. La maîtrise des conditions d'élevage permet de donner à ces marques des caractéristiques diverses (a) conformité spécifique mais non conformité temporelle ou dimensionnelle avec les animaux sauvages grâce aux techniques de maturation et/ou de ponte décalée et/ou d'élevage en conditions thermiques ou trophiques modifiées; (b) conformité temporelle avec les époques de recrutement naturel mais non conformité spécifique ou générique avec les animaux sauvages grâce aux techniques de marquage par hybridation. (c) conformité temporelle, dimensionnelle, spécifique avec les normes du recrutement naturel mais possibilité d'identification de la population grâce à une marque biologique cicatricielle d'élevage dont le type et le lieu d'implantation restent à définir et à normaliser.

- 2.5 - Détermination des normes et des limites biologiques de conformité spécifique, du polymorphisme et de la variabilité d'expression comportementale et physiologique en fonction des conditions de milieu analysées expérimentalement

De tout temps, l'état de conformité biologique des individus avec les critères spécifiques et la représentativité des conditions expérimentales avec celles du milieu naturel ont été les points d'achoppement pour la transposition des données fondamentales à l'application.

Bien qu'imparfaite, la méthode aquacole avec sa dimension intermédiaire entre la méthode expérimentale classique et celle utilisée en milieu naturel, permet de positionner les individus sur divers abaques de dégradation de l'état sanitaire, représenté par ses composantes comportementales, physiologique, morphologique ou autres. Elle permet ainsi de relativiser ce que peuvent être les normes biologiques optimales et leurs gammes d'adaptation ainsi que les limites de conformité spécifiques.

- 2.6 - Utilisation des données fondamentales sur les bases biologiques de l'aquaculture

Le développement de projets et exploitations d'aquaculture suppose une connaissance préalable de plusieurs bases biologiques fondamentales spécifiques potentiellement intéressantes pour le déterminisme du recrutement. Ce sont notamment pour chaque classe d'âge celles relatives aux gammes biologiques vitales face aux principaux paramètres d'élevage (température, salinité, oxygène dissous, nitrates, nitrites, ammoniac, matières en suspension etc...), les besoins qualitatifs et quantitatifs en eau et en aliment, la susceptibilité aux maladies et aux parasites, la qualité de l'adaptation à la captivité ou aux conditions limites, la cinétique de croissance et les performances physiologiques en fonction de la température de l'alimentation et des conditions d'élevage, les normes et les limites de l'expression comportementale et physiologique depuis les larves jusqu'aux adultes, les préférences alimentaires en conditions de choix multiple ou restreint, la fécondité, le comportement et la physiologie de la ponte des géniteurs etc...

Toutefois, sur l'ensemble de la gamme de connaissance à pourvoir; de nombreuses recherches aquacoles restent à effectuer ce qui permet d'envisager la création d'un cahier de charges des besoins communs, aux deux disciplines afin de

Pouvoir valoriser doublement certaines actions à définir en priorité.

2.7 - Réalisation d'écosystèmes marins simplifiés permettant une approche écologique analytique préliminaire à la compréhension du recrutement naturel

Avec sa nécessaire dimension temporelle due à la durée des élevages, la recherche en aquaculture intègre de façon importante plusieurs causes de régulation des écosystèmes marins et présente à ce titre une valeur heuristique pour le déterminisme du recrutement.

Pour répondre à son objectif de productivité et de fiabilité, la stratégie aquacole comme toute stratégie d'élevage est basée sur une simplification écosystémique et une recherche de minoration des 4 principales causes de régulation naturelle : 1) suppression de la prédation et orientation de la production des chaînes trophiques, 2) complémentation trophique éventuelle, 3) maintien de la qualité du milieu par épuration, dilution, ou réalisation de systèmes équilibrés, 4) traitements préventifs ou curatifs pour maintenir l'état sanitaire et limiter les causes pathologiques. Accessoirement la cinétique du système est modifiée par action sur les facteurs thermiques et trophiques.

Considérées sous un angle heuristique ces interventions humaines sur le système représentent une forme expérimentale d'écologie analytique permettant de simuler des situations improbables en milieu naturel et de décomposer les mécanismes régulateurs impliqués dans le recrutement. L'absence de mortalité par prédation (qui est, sauf accident, la base de tout élevage) confère au système la possibilité d'exprimer l'ensemble des perturbations comportementales puis physiologiques qui précèdent les mortalités en cas de déséquilibre. L'étude démographique de l'état sanitaire et la prise en compte d'individus affaiblis qui seraient sujets à la prédation en milieu naturel permet une étude de la composante "santé" du système et l'intensité de la régulation due aux autres facteurs.

La réalisation de systèmes intensifs ou hyperintensifs incapables de survivre seuls plus de quelques heures ou quelques jours en absence d'intervention humaine sur le milieu (oxygénation, épuration, renouvellement d'eau etc...) ou de complémentation trophique, crée un état de dépendance favorable à la mise en évidence analytique rapide des facteurs limitants d'origine physicochimique ou nutritionnelle. L'extrême simplification du système autorise souvent un mode de réponse par tout ou rien et l'approche monoparamétrique de l'action des divers facteurs sur le métabolisme (croissance) ou la physiologie (maturation, ponte) favorables à des recherches fines associant des fondamentalistes de diverses disciplines.

Inversement, la réalisation de systèmes d'élevage extensifs où la production est fondée sur la productivité naturelle, l'équilibre harmonieux et le transfert adéquat de l'énergie sur des réseaux trophiques sélectionnés, permet une vision plus écosystémique. L'influence des chaînes pélagiques ou benthiques, l'expression des préférences comportementales (alimentaires ou non), le rôle de la polyspécificité peuvent être testés d'autant plus facilement que les individus étudiés sont petits (des bassins de quelques m³ suffisent) que leur évolution est rapide et que le "compteur écologique" de successions de population peut être rapidement remis à zéro (vidange puis remplissage du bac) ou orienté vers des conditions improbables en milieu naturel par inoculation sélective.

ETUDE EMPIRIQUE DE LA LIAISON ENTRE
ANOMALIES CLIMATIQUES ET FLUCTUATIONS DU RECRUTEMENT
CHEZ DEUX ESPECES DE BIVALVES

Alain MENESGUEN
IFREMER (Centre de Brest)
C.O.B./B.A.P.
BP 337
29273 - BREST CEDEX

La constatation qu'il existe de "bonnes" et de "mauvaises années" en biologie des populations est aussi triviale que celle des effets des conditions du milieu (paramètres physiques et chimiques) sur le succès d'une espèce donnée dans un biotope précis. Pour ce qui concerne le déterminisme du recrutement, l'idée vient donc tout naturellement de mesurer simultanément, plusieurs années de suite, les paramètres (physico-chimiques et biologiques) éventuellement influents et l'abondance des larves. S'il s'agit là probablement de la seule manière d'obtenir à terme un modèle causal, explicatif, du phénomène de recrutement, la lourdeur et le coût d'un tel programme encouragent toutefois à extraire préalablement (ou parallèlement) toute information intéressante des données classiques de dynamique de populations existant déjà pour les espèces étudiées. Ceci peut être assez rapidement obtenu grâce à des techniques statistiques simples, ainsi que tentera de le démontrer l'exemple ci-dessous.

I. MATERIEL ET METHODE.

Les deux espèces considérées sont *Tapes rhomboïdes* et *Spisula ovalis* du golfe normano-breton, dont les répartitions et les cycles biologiques ont déjà fait l'objet d'études (BLANCHARD, 1982). En particulier, la longévité maximale observée sur les individus récoltés, déterminée d'après le nombre des stries de ralentissement de croissance, atteint 8 ans pour la spisule et 10 ans pour la palourde.

Les prélèvements ayant eu lieu en hiver et au printemps 1981, le principe de l'étude a consisté à considérer la structure démographique estimée d'après ces échantillons comme une image de la superposition de deux

phénomènes : la mortalité naturelle, supposée constante d'année en année, et les fluctuations annuelles de l'abondance du recrutement, ici sur la période 1971 - 1980 pour la palourde et la période 1973 - 1980 pour la spisule. Mathématiquement, cette hypothèse conduit à écrire la densité actuelle de la classe d'âge t années, N_t , sous la forme :

$$N_t = N_0 (x_{-t}) \cdot \exp (- z \cdot t)$$

$N_0 (x_{-t})$ = densité au recrutement t années avant la date de l'échantillonnage, x étant une variable explicative du recrutement.

z = taux de mortalité instantanée (année⁻¹).

Il faut dès lors choisir une ou plusieurs variables explicatives x (ou du moins considérées comme telles dans un premier temps). L'influence quasi-certaine du climat et la disponibilité d'estimations journalières de la température de l'eau sur le site, calculées par un modèle numérique du régime thermique de la Manche (AGOUMI, 1982) nous ont conduit à ne considérer que la température de l'eau, θ , comme variable explicative typique. L'hypothèse, biologiquement acceptable, d'un effet exponentiel de la température sur les anomalies du recrutement nous amène alors à écrire :

$$N_0 (x_{-t}) = N_0 \cdot \exp (\alpha \cdot \Delta\theta_{-t})$$

N_0 = densité du recrutement pour une année "moyenne" en température.

$\Delta\theta_{-t}$ = anomalie de température lors du recrutement de la classe maintenant âgée de t années.

α = paramètre constant.

Par passage aux logarithmes, on obtient un modèle bilinéaire liant le logarithme de l'effectif actuel d'une classe d'âge à son âge et à l'anomalie thermique lors de son recrutement.

$$\text{Log } N_t = \text{Log } N_0 + \alpha \cdot \Delta\theta_{-t} - z \cdot t$$

L'ajustement classique de ce modèle par les moindres carrés fournira des valeurs de la densité au recrutement N_0 lors d'une année thermique "standard" ainsi qu'une valeur du taux de mortalité z corrigée des anomalies inter-annuelles d'abondance.

Une dernière question se pose : quelle anomalie thermique $\Delta\theta$ considérer ? Etant données la durée de la phase larvaire planctonique (< 1 mois) et celle de la maturation des produits génitaux (quelques semaines à quelques mois), il a paru raisonnable de se cantonner aux écarts thermiques mensuels. Les données de température journalière étant disponibles de 1962 à 1978, une moyenne globale sur cette période a été calculée pour chacun des douze mois et $\Delta\theta$ a été pris, pour un mois donné d'une année donnée, comme la différence entre la moyenne du mois cette année-là et la moyenne globale pour le mois. Ce découpage du temps livre donc en fait 12 variables explicatives potentielles, que l'on a choisi de tester ici séparément. La forme linéaire du modèle le permet facilement grâce à l'analyse de la part de variance expliquée par la variable température $\Delta\theta$ (test F).

II. RESULTATS ET DISCUSSION.

Les calculs ont été faits en ne tenant compte que des individus nés en 1978 ou avant, en raison de la non-disponibilité des données de température pour les années plus récentes ; ceci diminue le nombre d'années prises en compte dans l'ajustement du modèle, mais il faut bien voir que l'échantillonnage ayant été fait au printemps 1981, la classe d'âge 1980 aurait de toutes façons dû être écartée du calcul à cause de la mauvaise représentativité des échantillons pour la classe d'âge la plus jeune.

L'analyse de variance effectuée sur les douze modèles ajustés (un par mois pris en compte) permet d'abord de dégager un trait important du phénomène : pour les deux espèces, ce sont uniquement les mois d'été et de début d'automne qui semblent montrer une liaison entre anomalies de recrutement et anomalies thermiques. Sur les figures 1 et 2, on constate en effet que seuls les mois de juillet et août pour la palourde et les mois de juillet à octobre pour la spisule ont donné des valeurs du F de Fisher dépassant le seuil choisi (95 % pour un mois précis testé *a priori*, ce qui correspond à $100 \times 0.95^{12} = 55$ % pour le test successif des douze mois sans choix *a priori* de l'un deux).

Les figures 3 et 4 présentent alors pour les deux espèces les abondances brutes estimées à la fin du recrutement de 1978 (courbes pleines), les effectifs corrigés des anomalies thermiques du mois le plus significatif (cour-

bes en tiretés) et le modèle exponentiel de mortalité en situation thermique moyenne (pointillés) ; la valeur de z dans cette exponentielle est bien sûr celle issue de l'ajustement du modèle bilinéaire pour le mois le plus significatif. On constate le très bon ajustement du modèle exponentiel sur les données corrigées.

Le modèle empirique retenu pour les deux espèces s'écrit finalement :

$$\text{Palourde} \rightarrow N_t = 37 \times \exp(0.76 \Delta\theta_{\text{août}}) \times \exp(-0.3 \times t)$$

$$\text{Spisule} \rightarrow N_t = 58 \times \exp(1.23 \Delta\theta_{\text{octobre}}) \times \exp(-0.47 \times t)$$

N_t en individus par mètre carré

t en années

Le modèle bilinéaire choisi explique 84 % de la variance des données chez la palourde et 99 % chez la spisule.

Pour tenter d'interpréter ces résultats, on peut rechercher ce qui se passe durant les mois sensibles dans le cycle reproducteur des espèces. Sur les figures 5 et 6 dûes à BLANCHARD (1982), on peut constater qu'une baisse du pourcentage d'ovocytes matures (stade C selon LUCAS (1969)) correspondant à une ponte a lieu en juillet pour *Tapes*, tandis que deux pontes sont visibles chez *Spisula* : en juillet et en septembre. Le mois sensible pour le succès du recrutement (août pour *Tapes*, octobre pour *Spisula*) serait donc celui qui suit le mois de ponte, donc la période de vie larvaire ou d'installation sur le fond.

Par ailleurs, on retrouve bien sur la figure 2 le double pic de sensibilité à la température de la spisule : un premier pic apparaît un mois après la première ponte. La présence de deux cohortes annuelles chez la spisule est d'ailleurs attestée par le bimodalisme de l'histogramme des tailles à la première strie (fig. 8), contrairement à ce qui se passe pour la palourde (fig. 7).

CONCLUSION.

Cette étude avait pour but de montrer comment la disponibilité de données suivies sur les facteurs du milieu (ici la température) d'une part,

l'utilisation d'outils statistiques très classiques d'autre part pouvaient permettre d'extraire à peu de frais quelques informations intéressantes à partir de données classiques de dynamique de populations.

Dans une perspective d'études lourdes à but explicatif, cette approche très empirique et non-explicative a en particulier l'avantage de pouvoir fournir des arguments pour orienter l'échantillonnage : cette étude a montré entre autres choses qu'il semble inutile d'engager d'importants moyens pendant les phases hivernales et printanières du cycle reproducteur de ces deux bivalves. Enfin, sur un simple plan dynamique des populations, il semble opportun aujourd'hui d'améliorer l'estimation de paramètres intrinsèques de la population (comme N_0 et z) en pré-traitant les données pour les corriger des effets des fluctuations interannuelles.

BIBLIOGRAPHIE.

AGOUMI, A. (1982) : Modélisation du régime thermique de la Manche.

Thèse de Docteur - Ingénieur. Ecole des Ponts et Chaussées. 127 p.

BLANCHARD, M. (1982) : Dynamique de deux populations des sables grossiers : *Tapes rhomboïdes* et *Spisula ovalis*.

in : Etude écologique d'avant-projet du site marémoteur du golfe normano-breton. Le benthos subtidal. CNEXO. Rapport du contrat EDF-CNEXO 1980-1981.

LUCAS, A. (1969) : Remarques sur l'hermaphrodisme juvénile de quelques vénérifères (bivalves).

Malacologia 9, 275-276.

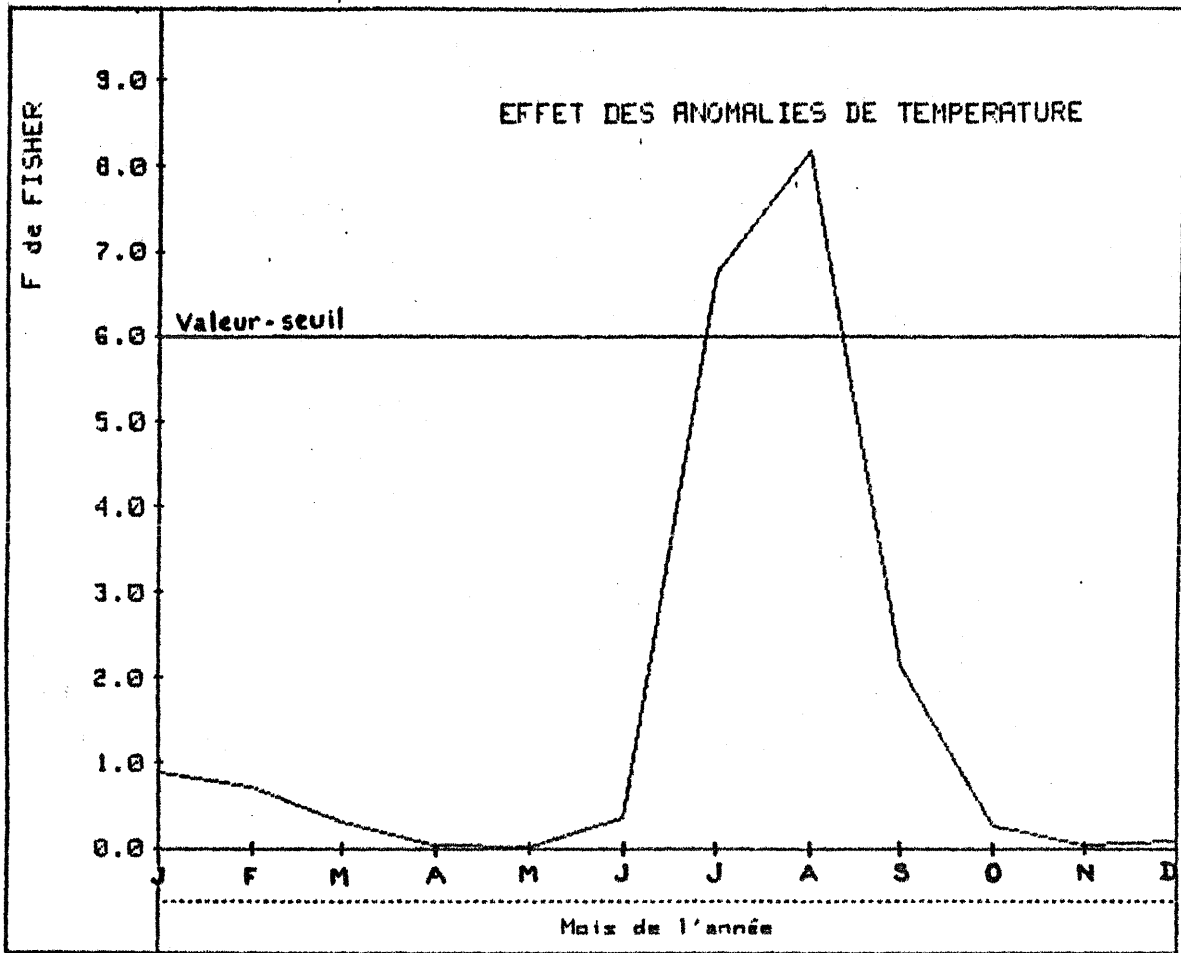


Fig. 1 : Significativité de la relation entre anomalies thermiques mensuelles et anomalies de recrutement de la palourde.

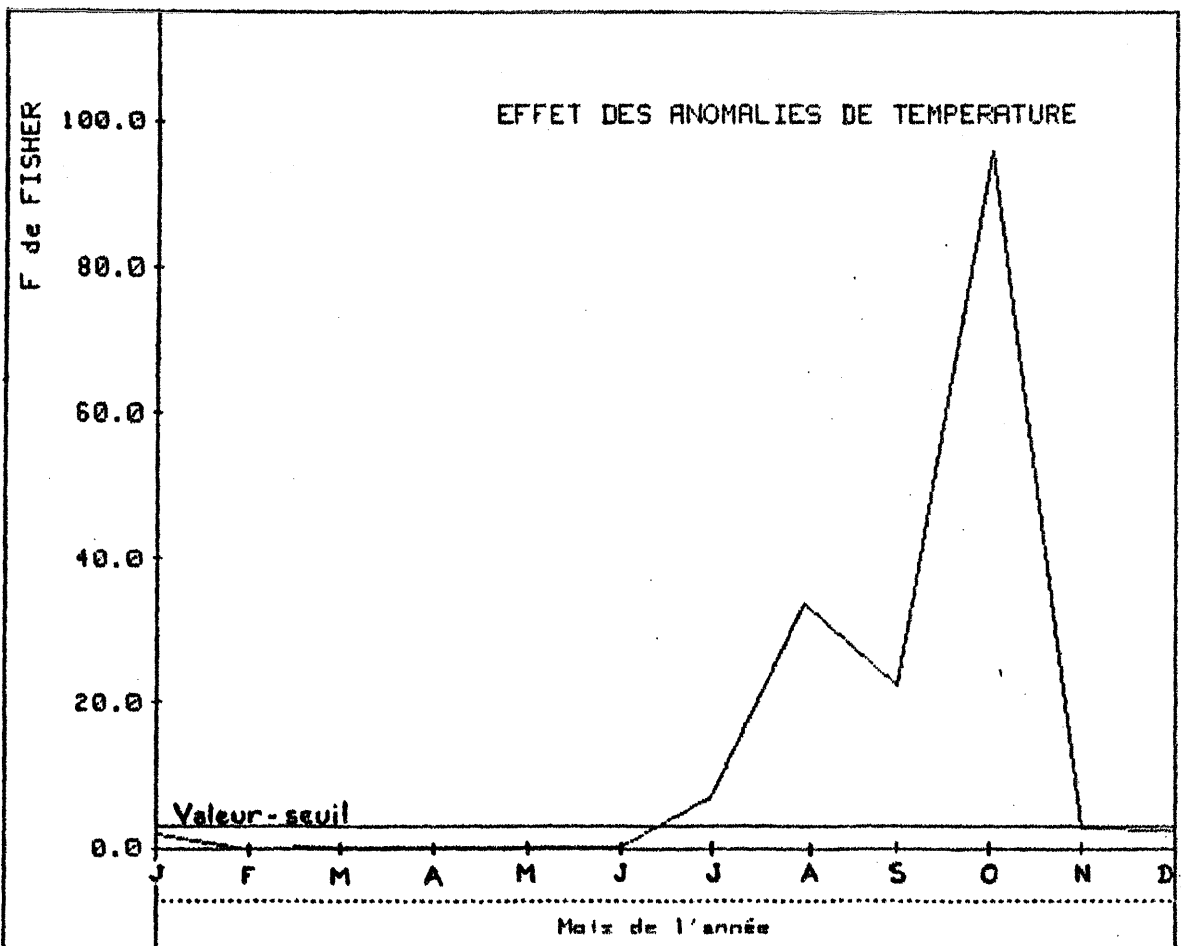


Fig. 2 : Significativité de la relation entre anomalies thermiques mensuelles et anomalies de recrutement de la spicule.

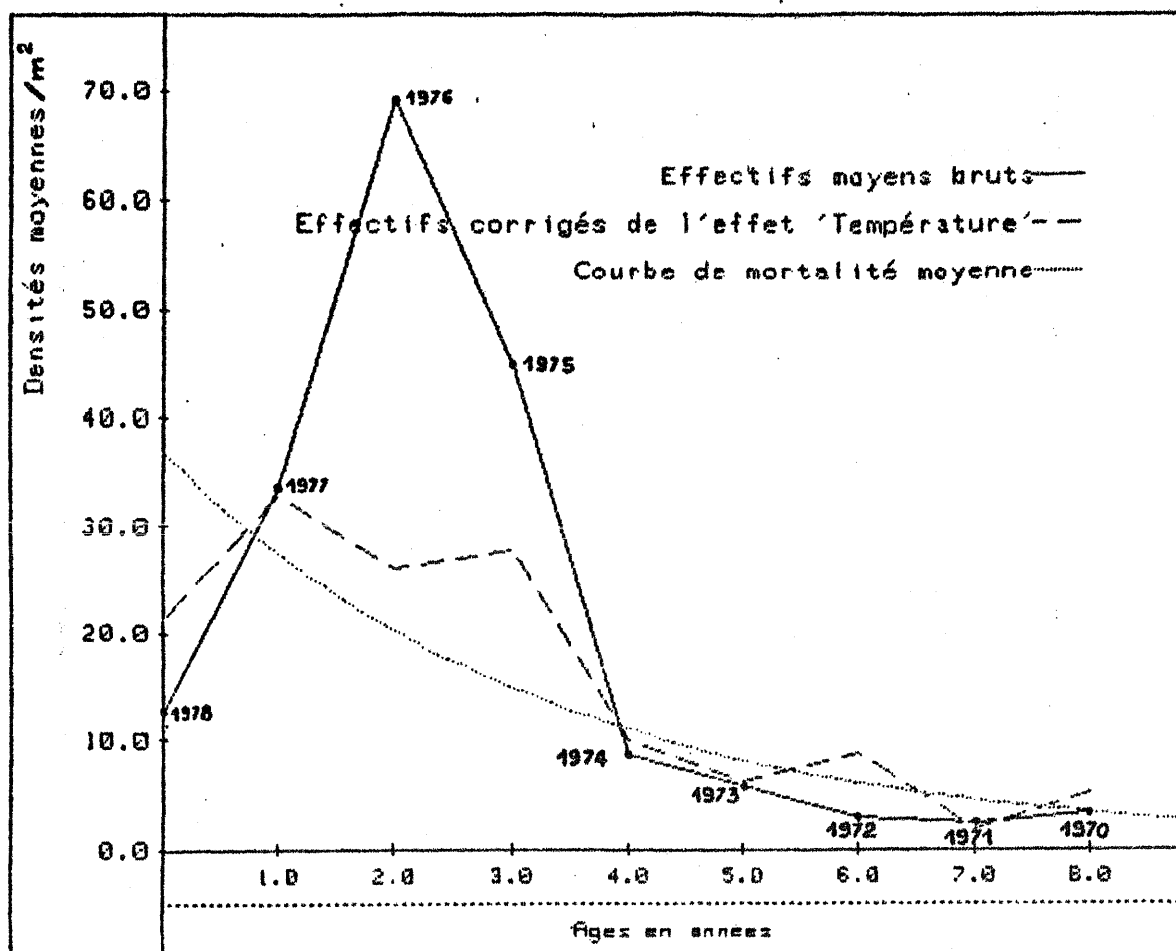


Fig. 3 : Structure démographique de la palourde.

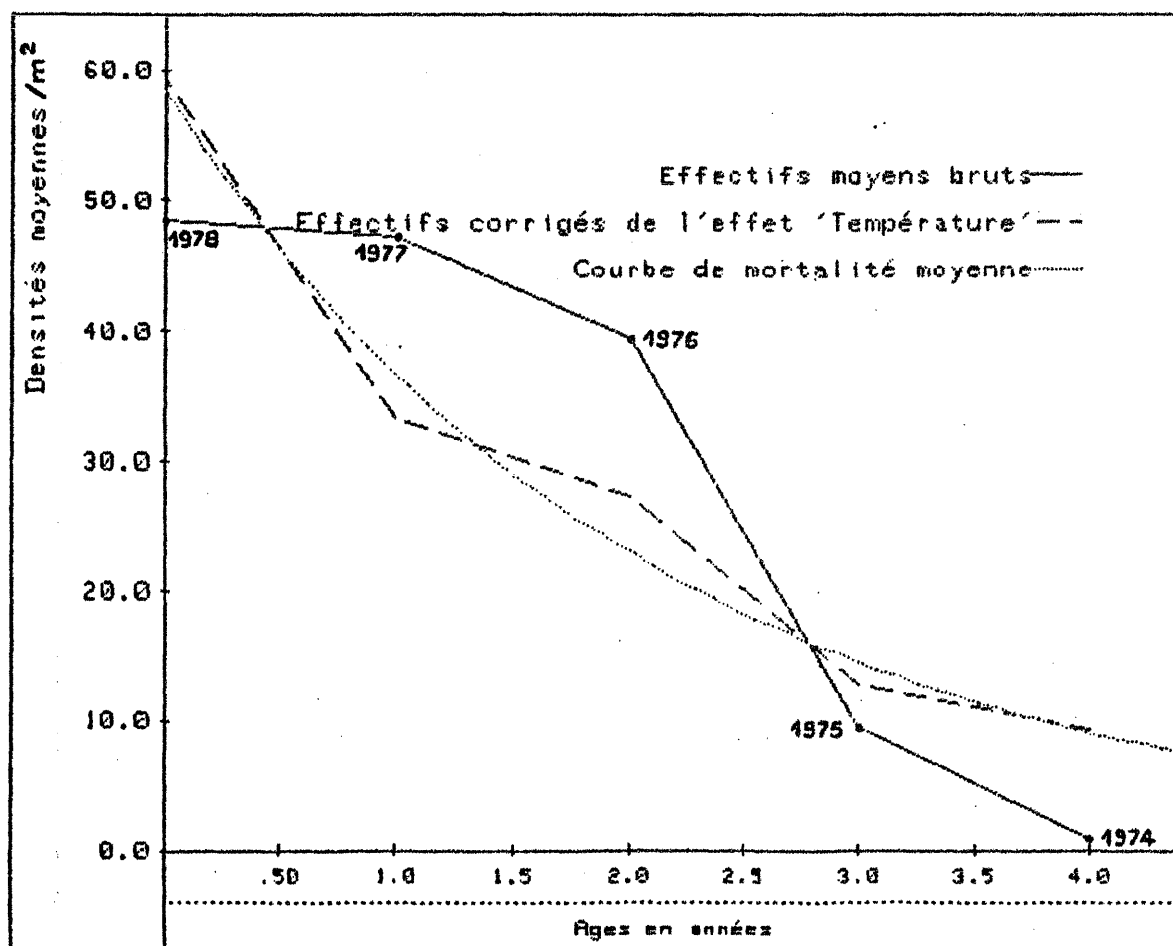


Fig. 4 : Structure démographique de la spisule.

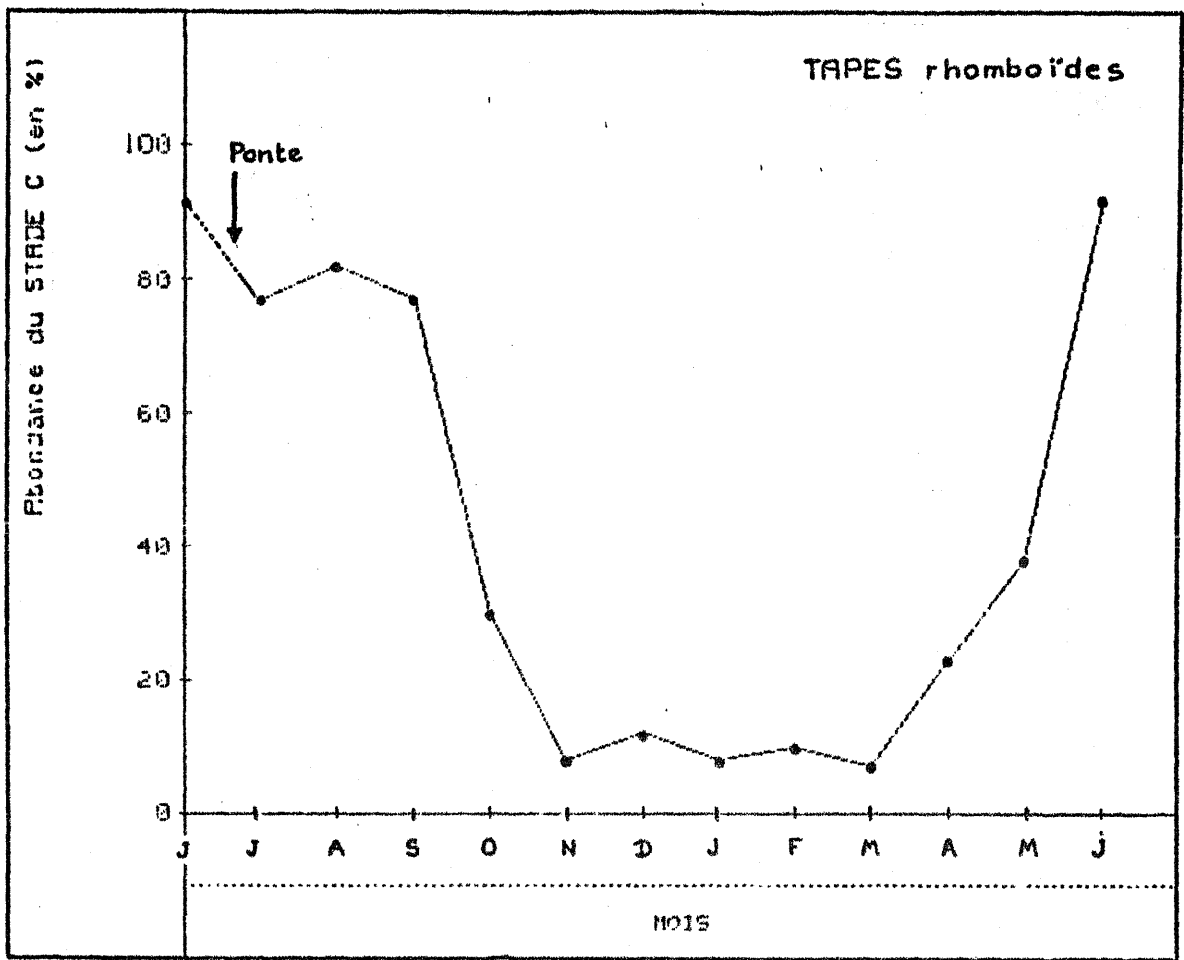


Fig. 5 : Evolution du nombre d'ovocytes matures chez la palourde.

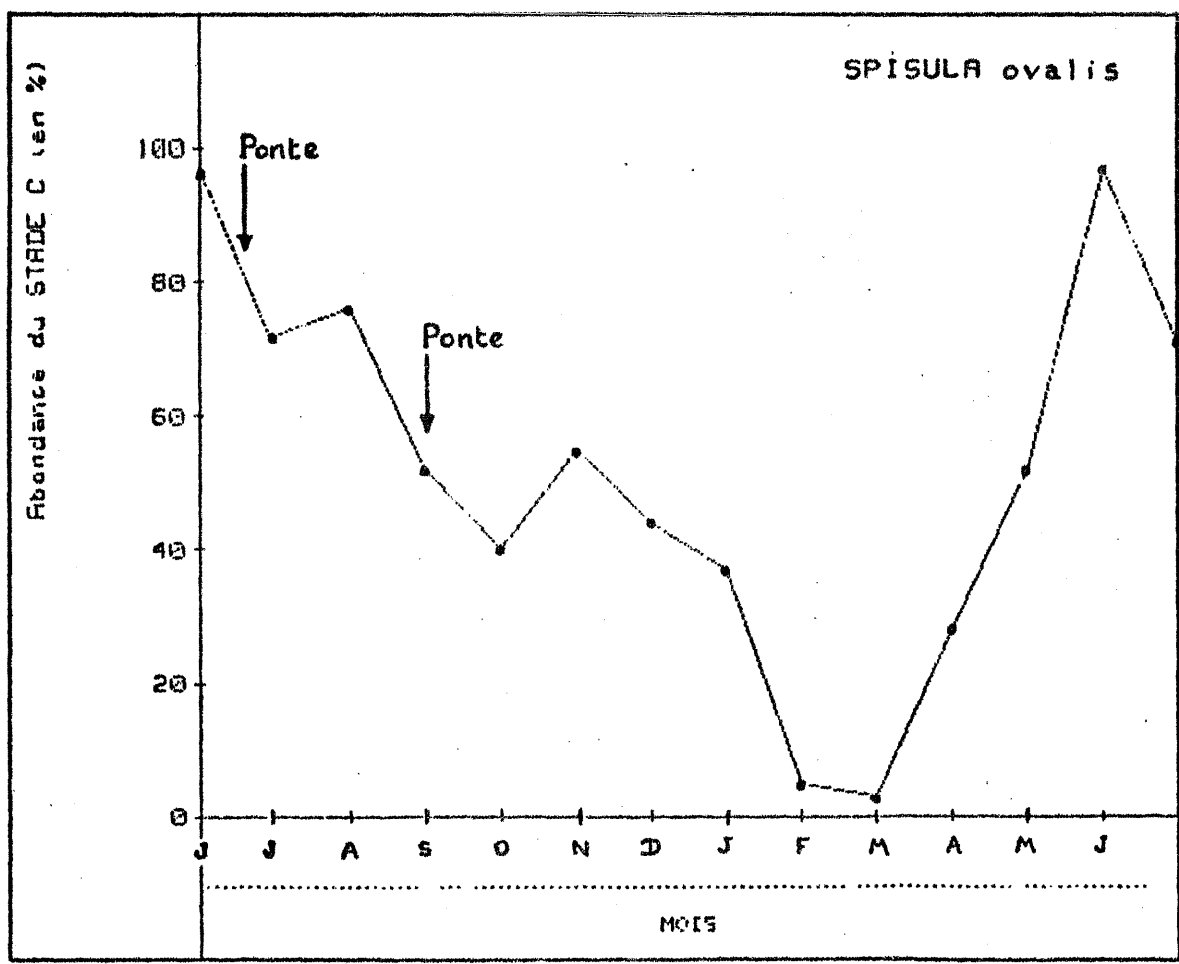


Fig. 6 : Evolution du nombre d'ovocytes matures chez la spisule.

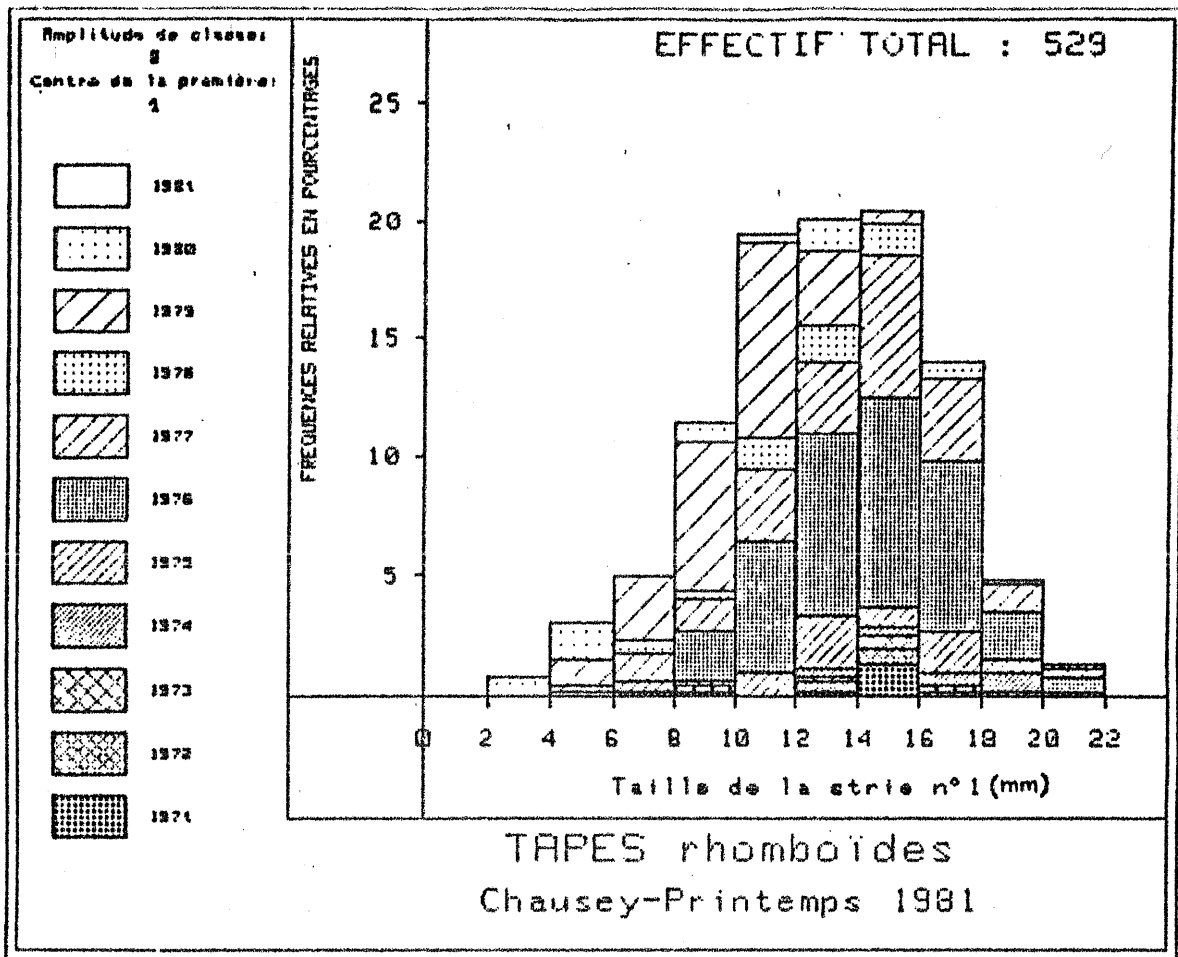


Fig. 7 : Distribution des tailles à la première strie hivernale chez la palourde.

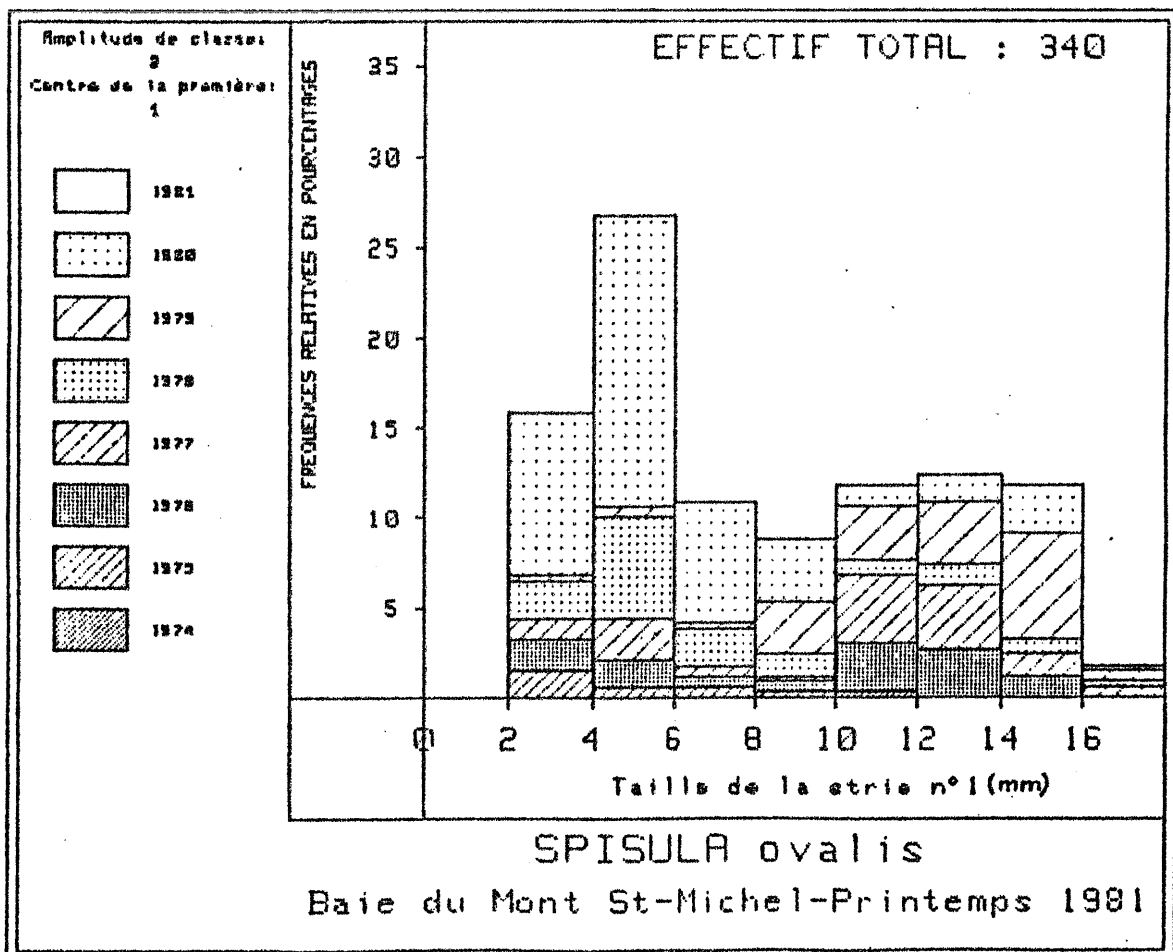


Fig. 8 : Distribution des tailles à la première strie hivernale chez la spicule.

THEME II

S O L E

DETERMINISME DU RECRUTEMENT CHEZ LA SOLE (Solea vulgaris)

Programme CNRS - CNEXO/ISTPM

DYNAMIQUE DU PROCESSUS DE COLONISATION DES NURSERIES
=====

DE LA SOLE COMMUNE
=====

Programme mixte CREMA-L'Houneau - Département Aquaculture du COB
ISTPM - Nantes

Responsable : Françoise LAGARDERE Chargée de Recherche CNRS
Centre de recherche écologie marine et aquaculture de
l'Houneau case 5 - 17137 - NIEUL S/MER

PROGRAMME DE RECHERCHE

Situation du sujet de recherche.

Il est admis que la survie des stades précoces détermine les modalités du recrutement (Shepherd et Cushing, 1980). Dans cette perspective, des actions nationales et internationales visent à établir la nature des relations existant entre la variabilité de l'environnement et les fluctuations des ressources naturelles (programme nord-américain MARMAP et REX, programme IREX, programme national CNRS/IFREMER Déterminisme du recrutement).

De ce point de vue, la sole commune (Solea vulgaris, Pisces Heterosomata) suscite un double intérêt lié à son importance dans la pêcherie (espèce située au 3ème rang du point de vue économique) et aux perspectives d'élevage qu'elle offre en aquaculture. Contrairement à ce qui s'observe en Mer du Nord, ses populations naturelles se trouvent en conditions climatiques

non limitantes à la latitude du golfe de Gascogne (Christensen, 1960 ; De Veen, 1970, Lagardère, 1982). Printanière en mer boréale, la reproduction de cette espèce peut être hivernale sous un climat tempérée (Guillou, 1973 ; Deniel, 1981).

Bien que le développement embryonnaire et larvaire de la sole commune soit maîtrisé en éclosérie, il est resté jusqu'à récemment mal connu en conditions naturelles. Or, une meilleure connaissance des étapes qui précèdent la phase de colonisation des nurseries par les juvéniles est essentielle, d'un point de vue fondamental, pour déterminer la dynamique du processus (stades de développement mis en jeu, mécanisme et vitesse du processus). Elle permet également de situer les phases critiques liées à la survie et sert de bases biologiques à l'aquaculture. Dans le milieu, cette approche repose sur l'analyse spatio-temporelle des stades précoces impliqués dans cette étape et passe par une meilleure connaissance des facteurs biotiques et abiotiques à l'origine de leur distribution. Ce sont les facteurs physico-chimiques du milieu (hydrologie et courants) auxquels se surimposent un ensemble de facteurs biologiques liés (1) à la localisation des frayères et aux conditions du frai, ainsi que (2) au comportement des larves actives et des jeunes. En effet, si la distribution des oeufs issus de ces pontes ne dépend que de leur répartition dans le milieu hydrologique qui les véhicule, il n'en est pas nécessairement de même pour les larves. Leur répartition verticale, et par suite, les déplacements horizontaux observés, peuvent varier comme cela a été montré pour d'autres espèces, selon un rythme nyctéméral (Smith et al., 1978) et tidal (Creutzberg et al., 1977), le plus souvent corrélé avec la présence de proies planctoniques (Lough, 1984).

Dans ce but et à l'appui de différents travaux (Brewer et al., 1981 ; Coombs, 1981 ; Lê, 1983 ; Sorbe, 1983), une première série d'opérations, reposant sur une double investigation des milieux planctonique et suprabenthique, a débuté en 1983. Tout en ayant la sole comme espèce-cible, des informations nouvelles sont obtenues par comparaison avec d'autres espèces présentant des degrés divers de liaison avec le niveau démersal (autres Soleidae, Callionymus sp., Dicentrarchus labrax) ou purement pélagiques (Clupeidae).

L'objectif de ce programme est l'étude du mécanisme des transits large - côte. Il utilise l'âge des stades embryonnaires ou larvaires comme traceur de la vitesse de ces transits, à partir de données recueillies sur le terrain et d'expérimentations en éclosérie. En corollaire, il permettra d'affiner nos connaissances sur les modalités de la croissance journalière de la phase précoce.

Références

- Brewer G.D., Lavenberg R.J., McGowen G.E., 1981. Abundance and vertical distribution of fish eggs and larvae in the southern California Bight : June and October 1978. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 178 : 165-167.
- Christensen J.M., 1960. The stock of sole (Solea solea) and the sole fishery on the danish North Sea. Meddr. Danm. Fisk.-og. Havunders., 3 (2) : 19-53.
- Coombs S.H., 1981. A density-gradient column for determining the specific gravity of fish eggs, with particular reference to eggs of the mackerel Scomber scombrus. Mar. Biol., 63 : 101-106.
- Creutzberg F., Eltink A.Th.G.W., Noort G.J. van, 1977. The migration of the plaice larvae Pleuronectes platessa into the western Wadden Sea : 243-251. In McLusky D.S., Berry A.J. (ed), Physiology and behaviour of marine organisms, Proc. 12th Europ. mar. Biol., Stirling, Scotland, Pergamon Press, Oxford : 1-388.
- Deniel C., 1981. Les poissons plats (Téléostéens, Pleuronectiformes) en baie de Douarnenez (reproduction, croissance, migration). Bothidae, scophthalmidae, Pleuronectidae, Soleidae. Thèse Sc. nat., Doctorat d'Etat, Univ. Bretagne Occidentale : 1-416.
- De Veen J.F., 1970. On some aspect of maturation in the common sole, Solea solea (L.). Ber. dt. wiss. Komm. Meeresforsch., 21 : 78-91.
- Guillou A., 1973. Croissance et reproduction de la sole dans le sud du golfe de Gascogne. Cons. int. Explor. Mer, CM/G 9, Comité des poissons de fond (sud) : 5 p.

- Lagardère F., 1982. Environnement périestuarien et biologie des Soleidae dans le golfe de Gascogne (zone sud) à travers l'étude du céteau, Dicologoglossa cuneata (Moreau, 1881). Thèse Sc. nat., Doctorat d'Etat, Univ. Aix-Marseille II : 1-303, 88 p. annexe.
- Lê K.L., 1983. Les stades précoces de la sole commune (Solea vulgaris) et de la sole sénégalaise (Solea senegalensis) dans le bassin de Marennes-Oléron, écosystème estuarien à vocation aquicole. Thèse 3ème cycle, Univ. Aix-Marseille II : 1-217.
- Lough R.G., 1984. Larval fish trophodynamic studies on Georges Bank : sampling strategy and initial results. In : E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Mokness and P. Solemdal (ed.), The propagation of Cod Gadus morhua L., Flødevigen rapportser., 1 : 1-39.
- Shepherd J.D., Cushing D.H., 1980. A mechanism for density-dependent survival of larval fish as the basis of a stock-recruitment relationship. J. Cons. Explor. Mer, 39 : 160-167.
- Sherman K., 1980. MARMAP, a fisheries ecosystem study in the Northwest Atlantic : fluctuations in ichthyoplankton-zooplankton components and their potential for impact on the system. In : F.P. Diemer, F.J. Vernberg and D.Z. Mirkes (ed.), Advanced Concepts in Ocean Measurements for Marine Biology, Univ. South Carolina Press, Columbia, S.C. : 9-37.
- Smith W.G., Sibunka J.D., Wells A., 1978. Diel movements of yellowtail flounder, Limanda ferruginea, determined from discrete depth sampling. Fish. Bull., USA, 76 (1) : 167-178.
- Sorbe J.C., 1983. Description d'un traineau destiné à l'échantillonnage quantitatif étagé de la faune suprabenthique néritique. Ann. Inst. océanogr., Paris, 59 (2) : 117-126.

PLAN DE RECHERCHE

But : Dynamique du processus de colonisation des nurseries de la sole commune (Solea vulgaris) en mer à marée et sous une latitude moyenne (golfe de Gascogne).

1. STRUCTURE DEMOGRAPHIQUE DES PHASES EMBRYONNAIRES ET LARVAIRES EN MILIEU NATUREL.

1.1. Objectif : évolution spatio-temporelle des oeufs et larves de sole.

- Evaluation d'abondance et répartition par niveau vertical et horizontal, depuis les frayères du plateau continental nord-Gascogne jusqu'aux nurseries périestuariennes.
- Estimation de la durée du développement par utilisation de chronologies du développement obtenues en conditions expérimentales (oeufs) et examen de la microstructure des otolithes (larves).

1.2. Méthodes :

- Pêches par niveau selon deux radiales frayères-nurseries déjà reconnues et utilisation d'engins échantillonneurs adaptés ; repérage des niveaux de pêche par télémétrie.
- Cycle de 24 h permettant de suivre les variations d'abondance liées aux facteurs biotiques et abiotiques.

Mise en oeuvre de cette partie du programme en fin de période hivernale (fin des pontes, début de la colonisation des nurseries), en collaboration avec le laboratoire Oeufs-Larves-Juveniles de l'ISTPM - Nantes.

- Expérimentation en conditions d'écloserie visant à déterminer le rythme d'apparition des stries repérées sur les otolithes de larves (tests sur les photopériodes) et les modalités de la croissance (tests sur les salinités et les quantités de nourriture ingérées).

Mise en oeuvre de cette partie du programme en collaboration avec le Département Aquaculture du COB.

2. MECANISME DES TRANSFERTS LARGE-COTE.

2.1. Influence des facteurs du milieu.

Objectif : relier les distributions observées en conditions naturelles aux facteurs environnementaux.

- Structure hydrologique et hydrodynamisme :
 - influence de la stratification haline en fin de période hivernale ; influence des conditions météorologiques sur le mélange vertical (utilisation de données satellitaires) ;
 - rôle du coin salé estuarien.

Intervention de physiciens dans cette partie du programme.

2.2. Influence des facteurs biotiques.

Objectif : utiliser les données obtenues sur la distribution en fonction de l'âge pour situer le niveau des transferts et estimer leur vitesse.

- Détermination des niveaux de ponte et d'éclosion.
- Comportement des larves actives en fonction du rythme nycthéral et tidal.

La première étape permettra de suivre le sens et l'importance des dérives subies au cours du développement embryonnaire dans les eaux néritiques. La seconde a pour objet de rechercher si cette espèce est capable, dès la phase larvaire, de l'utilisation sélective des courants de marée manifestée par les adultes (Greer Walker et al., 1980).

Ce programme s'insère à deux niveaux dans l'ensemble des recherches conduites par le CREMA-L'Houmeau puisqu'en visant une meilleure connaissance de la croissance des stades précoces de la sole (espèce-cible du laboratoire) à travers l'étude de leur transfert vers les nurseries, il doit également fournir des données nouvelles sur la dynamique des eaux côtières.

Références

- Greer Walker M., Riley J.D., Emerson L., 1980. On the movement of sole (Solea solea) and dogfish (Scyliorhinus canicula) tracked off the east Anglian coast. Neth. J. Sea Res., 14 (1) : 66-77.

LABORATOIRE DE BIOLOGIE MARINE
INSTITUT DE BIOLOGIE ANIMALE
AVENUE DES FACULTÉS
33405 TALENCE - CEDEX

Professeur J. P. BOISSEAU

Contribution n° 5
F. LE MENN
J. NUNEZ RODRIGUEZ

EVALUATION DE LA FECONDITE
CHEZ LA SOLE

Dans le cadre du programme IFREMER intitulé "Déterminisme du recrutement" nous proposons en collaboration avec le laboratoire de Biologie Animale de l'UBO, à Brest, une étude de la Fécondité chez la sole : Solea solea L.

Deux propositions doivent être menées parallèlement :

- ① Variations pluriannuelles de la Fécondité de la Sole en fonction de l'âge en milieu naturel dans le Golfe Sud-Gascogne.
- ② Evolution pluriannuelle de la Fécondité de la Sole pour un âge déterminé en fonction du site géographique.

Cette comparaison, étant donné la localisation des équipes, est prévue entre la zone Sud-Gascogne et la zone Nord-Gascogne.

Le but à atteindre est une estimation du nombre d'oeufs pondus par individu.

Le travail sera effectué dans la zone Sud-Gascogne, à partir de prélèvements de gonades sur des géniteurs capturés avant leur première ponte début novembre fin décembre.

Un fragment d'ovaire sera fixé pour l'histologie; le reste sera fixé au Gilson pour obtenir une dissociation des ovocytes dont le comptage devrait être effectué à l'aide d'un Compteur Coulter associé à un système de traitement de données.

L'étude histologique est destinée à sélectionner au préalable les géniteurs sur lesquels on devra effectuer les comptages, en tenant compte de l'état d'avancement de l'ovogénèse. Nous éviterons ainsi d'utiliser des femelles ayant déjà pondu ou des femelles dont la vitellogénèse est encore peu avancée.

L'étude histologique a également l'intérêt d'évaluer le pourcentage d'atrésie préovulatoire éventuel.

A fin de déterminer avec certitude la taille à partir de laquelle la vitellogénèse commence, nous avons envisagé de compléter l'étude histologique par une analyse en microscopie électronique des jeunes stades ovocytaires vitellogéniques.

L'ensemble de ces données nous permettra d'obtenir la Fécondité potentielle pour chaque géniteur, d'où nous pourrions déduire la Fécondité relative (nombre d'oeufs par Kg de géniteur).

Sa comparaison avec la quantité d'oeufs pondus (évaluée par des méthodes de pêche par une autre équipe) devrait permettre une estimation plus précise du nombre total d'oeufs pondus par le stock.

Ce résultat représente une donnée de base indispensable pour l'étude du déterminisme du recrutement chez la Sole.

Université de Bretagne occidentale - Laboratoire de Biologie animale -
poissons marins - Faculté des Sciences - 29283 - BREST CEDEX

Projet d'opération de recherche sur

ALIMENTATION ET COMPETITION ALIMENTAIRE DES
JEUNES POISSONS PLATS SUR LES NURSERIES LITTORALES

Responsables du projet : J. LAHAYE
L. QUINIOU

I. - Intérêt du projet :

Au même titre que les facteurs physiques, l'alimentation des jeunes poissons peut se poser comme facteur limitant des populations de jeunes poissons localisé sur les nurseries littorales. En effet leur alimentation surtout au dépend des petits organismes vivants sur ou dans le sédiment de ces nurseries sont sujet à de grandes variations, tant du point de vue qualitatif que quantitatif. D'autre part, l'arrivée massive, suivant les espèces, à des époques variables peut limiter le développement et surtout la croissance de ces jeunes poissons.

II. - Espèces étudiées :

Scophthalmidae	(<i>Psetta maxima</i>	Le Turbot
	(<i>Scophthalmus rhombus</i>	la Barbue
Pleuronectidae	(<i>Pleuronectes platessa</i>	la Plie
Soleidae	(<i>Solea vulgaris</i>	la Sole
	(<i>Solea lascaris</i>	la Sole Pôle

III. - Lieu de l'étude .

Les nurseries littorales de la pointe du Finistère.

IV. - Thèmes scientifiques du projet .

- Etablissement des régimes alimentaires de chaque espèce par mois.
- Evaluation de la prédation des populations échantillonnées sur les espèces proies les plus importantes.
- Relations alimentaires interspécifiques et compétition.
- Essai d'analyse des comportements de prise alimentaire des différentes espèces étudiées.

V. - Méthodes d'étude .

- Capture des échantillons par divers moyens de prélèvements. (chalut à perche, chalut de plage, senne, haveneau).
- Analyse des contenus stomacaux.
- Traitement statistique des données.

VI. - Insertion du projet dans les activités du laboratoire .

Depuis 1975 les activités du laboratoire sont orientées vers la biologie et l'écologie des poissons démersaux de la zone Ouest-Bretagne. (reproduction, alimentation, croissance, migrations structures démographique et génétique des populations). Ce projet s'intègre donc parfaitement aux travaux déjà effectués par le laboratoire.

- Participations au projet :

L. QUINIOU : Assistant de recherche spécialiste : spécialité : structure démographique des populations.

J.P. ALAYSE : Assistant, spécialité : génétique des populations de poissons plats.

T. BRULE : Chercheur 3ème cycle - spécialité : Biologie des poissons plats, région des Abers du Nord-Finistère.

Etudiants de 3ème cycle. + Vacataire .

VII. - Liaisons avec d'autres opérations.

- Contrat GIS Aquaculture Nord-Vilaine : "Les nurseries littorales de poissons plats sur les côtes bretonnes : populations et variabilité génétique".
- Contrat demandé dans le cadre de l'Aide à la Recherche Universitaire 1984, en collaboration avec le laboratoire de Parasitologie et l'Institut des Sciences de l'Evolution de l'Université de Montpellier II. - "Biosystématique et évolution des poissons plats et leurs parasites".
- Programme du déterminisme de recrutement de la sole (IFREMER).
Opération : Influence des paramètres physico-chimiques sur la distribution et la croissance des jeunes soles de groupe 0 et I (littoral Ouest-Bretagne).

UNIVERSITE DE BRETAGNE OCCIDENTALE
Laboratoire de Biologie animale
poissons marins
FACULTE DES SCIENCES
29283 - BREST CEDEX

Projet d'opération de recherche sur

L'INFLUENCE DE LA TAILLE ET DE L'AGE
SUR L'ACTIVITE REPRODUCTRICE DES POISSONS PLATS

Responsables du projet : J. LAHAYE
C. DENIEL

I.- Intérêt du projet .

Meilleure connaissance de la participation effective des femelles d'une population de poissons plats, de différentes tailles et groupes d'âges, à la production d'oeufs.

Estimation du rendement de l'ovogenèse chez quatre espèces aux modalités de vitellogenèse et de ponte différentes.

II.- Espèces étudiées .

Pleuronectidae	(<i>Pleuronectes platessa</i> (<i>Limanda limanda</i>	1a Plie 1a Limande
Soleidae	(<i>Solea vulgaris vulgaris</i> (Complexe <i>Solea lascaris</i>	1a Sole les Soles Pôles

III.- Lieu de l'étude .

Baie de Douarnenez - proche Iroise : zone côtière de la pointe de Penmarc'h à l'Aber Wrac'h.

IV.- Thèmes scientifiques du projet.

- 1 - Age et taille à la première maturité sexuelle.
- 2 - Participation des jeunes femelles, mûres pour la première fois, à la reproduction :
 - incidence de leur activité reproductrice sur la période de ponte.
 - distribution des diamètres d'ovocytes pendant la période de ponte.

- fécondité moyenne.
 - rendement de la première maturation : estimation des pourcentages d'oeufs pondus et d'ovocytes atrésiques.
- 3 - Participation des femelles des autres groupes d'âges à la reproduction.
- période de ponte en fonction de l'âge.
 - détermination du maximum d'activité reproductrice.
 - distribution des diamètres d'ovocytes, par groupe d'âge, pendant la période de ponte.
 - rendement de l'ovogenèse, par groupe d'âge : estimation des pourcentages d'oeufs pondus et d'ovocytes atrésiques.
 - fécondité moyenne par groupe d'âge.

V.- Méthodes d'étude .

- Utilisation d'une échelle de maturation.
- Suivi d'indices (R.G.S. ...)
- Etude histologique.
- Comptages et mensurations d'ovocytes.

VI.- Insertion du projet dans les activités du laboratoire.

Le projet s'intègre parfaitement dans les activités du laboratoire actuellement orientées vers la biologie et l'écologie des poissons démersaux de la zone Ouest Bretagne (reproduction, alimentation, croissance, migrations, structure démographique et génétique des populations).

- Participations au projet :

- C.DENIEL - Maître-Assistant, spécialité : reproduction et croissance des poissons plats , baie de Douarnenez - Iroise.
- T. BRULE - Chercheur de 3ème cycle - spécialité : reproduction et croissance des poissons plats - région des abers du nord Finistère.

Etudiants de 3ème cycle en Océanographie . + Vacataire

VII.- Liaisons avec d'autres opérations :

Liaisons avec : Programme du déterminisme de recrutement de la Sole (IFREMER). Opération : fécondité.

Opération II du laboratoire : les structures démographiques et génétiques des populations de poissons plats.

Opération III du laboratoire : alimentation et compétition alimentaire des jeunes poissons plats sur les nurseries littorales.

UNIVERSITE DE BRETAGNE OCCIDENTALE
Laboratoire de Biologie animale
poissons marins

FACULTE DES SCIENCES

29283 - BREST CEDEX

Projet d'opération de recherche sur

LES STRUCTURES DEMOGRAPHIQUES ET GENETIQUES
DES POPULATIONS DE POISSONS PLATS.

Responsables du projet : J. LAHAYE
J.P. ALAYSE.

I. - Intérêt du projet :

Meilleure connaissance des populations recensées et de leurs interrelations :

- au plan intraspécifique, relations stocks de géniteurs et populations de juvéniles (nurseries) et relations entre les différentes populations réparties sur le littoral de Bretagne Occidentale.
- au plan interspécifique, préciser les relations entre les différentes espèces étudiées, notamment à l'intérieur du complexe "*Solea lascaris*" (statut systématique).

II. - Espèces étudiées :

Pleuronectidae :	(<i>Pleuronectes platessa</i>	1a Plie
	(<i>Limanda limanda</i>	1a Limande
Soleidae :	(<i>Solea vulgaris</i>	1a Sole
	(Complexe " <i>Solea lascaris</i> "	les Soles Pôles
Scophthalmidae :	(<i>Scophthalmus rhombus</i>	1a Barbue
	(<i>Psetta maxima</i>	1a Turbot

III. - Lieu de l'étude :

De la pointe de Penmar'ch à Brignogan.
Baie d'Audierne, baie de Douarnenez, proche Iroise,
Aber Benoft et Aber Wrac'h.

IV. - Thèmes scientifiques du projet :

- 1 - Sur les nurseries : étude des structures génétiques et démographiques des populations de juvéniles par le suivi de la variabilité génétique des cohortes.
- 2 - Au large des nurseries : localisation et étude de la variabilité génétique des stocks de géniteurs.
- 3 - Mise en évidence des relations stocks de géniteurs - populations de juvéniles à l'aide de marqueurs biochimiques.

V. - Méthode d'étude :

- Etude du polymorphisme enzymatique par électrophorèse.
- Biométrie.
- Analyse des cohortes.

VI. - Insertion du projet dans les activités du laboratoire :

Le projet s'intègre parfaitement dans l'axe de recherche du laboratoire, actuellement orienté vers la Biologie et l'Ecologie des poissons démersaux de la zone Ouest Bretagne (reproduction, alimentation, croissance, migrations, structures démographique et génétique des populations).

Participations au projet :

- J.P. ALAYSE : Assistant, spécialité : génétique des populations des poissons plats.
- L. QUINIOU : Assistant de recherche, spécialité : Structure démographique des populations.
- T. BRULE : Chercheur 3ème cycle, spécialité : reproduction et croissance des poissons plats, région des Abers du nord Finistère.

VII. - Liaisons avec d'autres opérations :

- Contrat G.I.S. Aquaculture Nord Vilaine : "Les nurseries littorales des Poissons plats sur les côtes bretonnes, leurs populations : variabilité génétique".
- Contrat demande dans le cadre de "l'Aide à la Recherche Universitaire 1984" en collaboration avec le Laboratoire de Parasitologie et l'Institut des Sciences de l'Evolution de l'Université de Montpellier II: "Biosystématique et coévolution des poissons plats et de leurs parasites".

Université des Sciences et Techniques de Montpellier - Laboratoire de
génétique des populations - 34060 - MONTPELLIER CEDEX

GROUPE "GENETIQUE APPLIQUEE DES ORGANISMES ET DES POPULATIONS MARINES-MONTPELLIER"
GROUPE "SOLEA MEDITERRANEE"

PROJET "SOLEA"

- M. AUTEM -

NATURE DU PROJET PRESENTE

Projet collectif intégré "génétique des populations-
écobiologie-dynamique" portant sur Solea vulgaris et en particulier
(premières phases de l'étude) les stades impliqués dans la colonisation
saisonnaire de ses nurseries et nourriceries connues de nous en Languedoc
et en Roussillon (étangs lagunaires et estuaires) .

PARTICIPANTS

Equipe émanant de plusieurs laboratoires et
organismes :

C.N.R.S.: LA 327, Laboratoire de génétique (Dir. N.PASTEUR)
I.F.R.E.M.E.R. : Laboratoire de Biochimie, I.S.T.P.M.-Sète (Dir. P.PICHOT)
Un contractuel C.N.E.X.O. affecté au LA 327
Universités : Laboratoire d'Ichthyologie (Prof. J.-P.QUIGNARD)
Institut des Sciences de l'Evolution (Prof. L.THALER)

HISTORIQUE ET CONTEXTE REGIONAL

L'école montpelliéraine de génétique écologique
et de génétique évolutive est devenue depuis plusieurs années l'un des
noyaux durs en Europe des ces deux disciplines encore nouvelles en
France . Elle repose sur une forte concentration de laboratoires
propres et associés du C.N.R.S., de l'Université, de l'Ecole
Pratique des Hautes Etudes et de l'I.S.T.P.M. (Sète) qui ont en
commun de situer leur action à la fois dans l'écologie et dans
la génétique des populations .

L'Université de Montpellier est riche par ailleurs
d'une ancienne tradition d'écologie laguno-marine plus sollicitée que
jamais par les conflits d'intérêts engendrés par l'anthropisation
forcenée des fragiles milieux littoraux et l'affinement considérable
des connaissances nécessaire à l'optimisation de sa planification .

La cristallisation spontanée de notre équipe était alors chose prévisible et elle s'est réalisée autour d'une idée cadre : élargir vers la biologie halieutique et aquicole le champ d'application des outils théoriques et expérimentaux de la génétique des organismes et des populations .

Elle s'appuie essentiellement sur la disponibilité des techniques d'échantillonnage et des connaissances écobioécologiques accumulées par les laboratoires de biologie et par ailleurs sur l'énorme arsenal technique et théorique acquis dans le monde grâce à la génétique de la souris, dont l'accessibilité nous est assurée par le L.A. 327 et qu'il s'agit essentiellement de transférer vers d'autres matériels biologiques intéressant la pêche et l'aquiculture .

Lancée fin 1982 notre action a d'abord consisté dans l'élaboration d'un projet pilote qui servirait de support et de "cahier d'essais" à nos réflexions sur les possibilités d'interfaces entre les différentes approches du fonctionnement des populations, qu'elles soient sauvages ou d'élevage .

Après une réflexion très soignée sur le matériel biologique qui serait adopté pour cible, nous avons retenu la sole pour des raisons tant fondamentales (disponibilité, biologie très typée et documentée), que techniques (progrès spectaculaires de l'élevage, techniques électrophorétiques en partie au point) et surtout d'économie régionale (fort rapport pécunier pour les pêcheurs, larges perspectives d'élevage extensif et semi-intensif susceptibles de régénérer l'exploitation économique, en déclin, des milieux lagunaires) .

E L E M E N T S D U P R O J E T

Il s'agirait, par l'analyse comparée des polymorphismes biochimiques des populations échantillonnées, de "doubler" sur le plan génétique les descriptions structurales et dynamiques classiques des populations impliquées dans les phases de colonisation des milieux de dilution (géniteurs, alevins et juvéniles) .

Nous cherchons à

- 1 - dégager d'éventuelles structures génétiques intra- et interpopulations des peuplements du Golfe du Lion et d'estimer leur stabilité dans le temps;
- 2 - voir s'il existe des différences génétiques entre cohortes qu'on pourrait relier aux étapes du cycle biologique (marqué de forts contrastes écologiques) .

P L A N D E T R A V A I L (voir documents annexes)

I N T E R E T D A N S L ' E L U C I D A T I O N D E S P R O C E S S U S D E T E R M I N A N T L E S U C C E S D U R E C R U T E M E N T

Particulièrement axée sur la description de la structure génétique des populations, les techniques électrophorétiques que nous utilisons devraient permettre de "disséquer" le stock languedocien et d'y reconnaître d'éventuelles partitions .

La description d'hétérogénéités au sein du peuplement régional serait une information utile pour la définition de projets d'études ultérieures de sa dynamique .

La mise en évidence d'effets génétiques pouvant résulter de sélection différentielle par mortalité ou refus de certains milieux serait un autre type d'informations attendu particulièrement intéressant dans la compréhension du succès dans la colonisation des nurseries . Le problème d'un possible "tri" des colons à leur pénétration reste posé, ainsi que celui de l'évolution du peuplement des juvéniles en place sous l'effet des conditions abiotiques assez spéciales des lagunes .

E T A T D U P R O J E T E T P E R S P E C T I V E S

La première phase (Solea 83) est quasiachevée : les prélèvements prévus de populations de géniteurs marins et de juvéniles à différentes périodes de leurs phases lagunaires ont été réalisés et les analyses électrophorétiques terminées . Nous procédons à l'analyse des données résultant de ce travail .

La deuxième phase (Solea 84), plutôt axée sur l'exploration du peuplement à l'échelle du Golfe du Lion, suit son cours selon le calendrier proposé au G.I.S.-A.R.M. qui subventionne le projet (cf. annexe) . Elle devrait aboutir vers le printemps 1985 .

Il n'est pas encore envisagé de suites précises à cette première étude : elles dépendront essentiellement des résultats obtenus par nous -en cours d'analyse pour les premiers- mais aussi par les autres équipes qui travaillent en France sur la génétique appliquée des organismes aquatiques et qui doivent alimenter le "workshop"(qui cette année se tiendra chez nous vers novembre) "Génétique et Aquiculture" (I.N.R.A., C.N.R.S., C.N.E.X.O., I.S.T.P.M., etc) . Les conclusions de ces entretiens annuels seront déterminantes dans nos décisions .

Il nous est par ailleurs impossible d'envisager un effort à moyen terme du fait de l'échéance en octobre 1984 du contrat C.N.E.X.O. qui permet de maintenir l'animateur-coordonateur du projet, aucun des autres permanents ne pouvant actuellement reprendre cette charge sans déstabiliser, par indisponibilité, les autres recherches en cours dans son laboratoire de rattachement .

M O Y E N S A C T U E L L E M E N T M I S E N J E U

Personnels engagés : voir en annexe le projet "A.T.P. Biologie des Populations"

Moyens matériels :

Un laboratoire commun d'électrophorèse entièrement nouveau a été construit en 1982-83 dans le cadre du plan d'aide aux régions "Grand Sud-Ouest" . Il est fonctionnel depuis novembre 1983 et les moyens mis en jeu comprennent donc :

- A/ Deux laboratoires d'électrophorèse (Montpellier et I.S.T.P.M., Sète) comprenant (uniquement moyens lourds)
- deux centrifugeuses réfrigérées grandes capacités
- cinq congélateurs grandes capacités très basses températures(-80°)

- deux machines à glace pilée
- une chambre à température contrôlée
- installation d'eau distillée à grande capacité
- redresseurs et appareillage permettant de réaliser simultanément 25 électrophorèses en gel d'amidon ou d'acryl-amide
- quatre appareillages complets pour focalisation isoélectrique
- capacités de calcul très puissantes (deux micro-ordinateurs et périphériques et un terminal lourd IBM en accès direct au C.N.U.S.C.)
- un pilote semiindustriel (I.U.T. de Montpellier) pour la production de l'amidon hydrolysé

B/ Un laboratoire d'ichthyologie "classique" disposant de

- moyens optiques variés, instruments de biométrie, labo photo ..
- congélateurs grande capacité
- un microordinateur H.P.
- moyens d'échantillonnage en lagunes (embarcation, moteur, filets variés)
- appareillage de mesures physiques (salinomètres, oxymètres, thermographes)
- fond documentaire important

MOYENS MATERIELS A ENVISAGER

- 1- participation à la programmation et à la réalisation de campagnes d'échantillonnage à la mer du N/O "ICHTHYS" ou du N/O "GEORGES PETIT"
 - 2- renforcement du contact avec les praticiens de l'aquiculture de la sole afin d'étudier les possibilités d'échantillonner, puis d'expérimenter sur des soles en élevage (horizon 1986-7) .
-

NUTRITION ET PREDATION PLANCTONIQUE DES LARVES DE SOLES EN PHASE PELAGIQUE

par

Mme Jacqueline HERSART de La VILLEMARQUE - IFREMER - Centre de NANTES
BP 1049 - 44037 - NANTES CEDEX

Les variations naturelles de l'importance du stock des poissons sont généralement déterminées assez tôt et vraisemblablement pendant l'étape planctonique de la vie du poisson.

Les facteurs affectant la mortalité des larves de poissons sont : une nourriture insuffisante et l'action des prédateurs. Ceux-ci exercent leur influence sur l'oeuf dès qu'il est pondu, puis sur la jeune larve dont la motricité est encore faible.

LA NUTRITION DES LARVES DE SOLES

Les larves commencent à se nourrir au stade du sac vitellin et doivent donc aussitôt trouver une nourriture abondante. Chez la sole, l'étape planctonique couvre seulement une partie de la période larvaire. Les larves ont une bouche relativement grande et se nourrissent en Manche et en Mer du Nord, non seulement de dinoflagellés, mais aussi de petits copépodes et principalement de nauplii de *Pseudocalanus minutus* bien que leurs principales proies restent des larves de lamellibranches. En quantité importantes, on remarque aussi les larves de polychètes, des copépodites de *Temora longicornis* ainsi que d'autres crustacés. Les dinoflagellés sont consommés par les larves de toute taille et probablement en grands nombres, en particulier *Peridinium* spp. (LAST, 1978).

Selon d'autres auteurs, la sole de 5,5 à 9,5 mm se nourrirait de copépodes littoraux tels que *Temora* sp., *Euterpina* sp., *Oncaea* sp. et de Cypris de balanes (LEBOUR, 1918).

Pour FLUCHTER (1966), les larves de soles seraient des "protist feeders".

L'existence planctonique de la larve se termine généralement quand elle atteint de 9 à 11 mm (EHRENBAUM, 1910).

Ainsi, selon les auteurs, la nourriture des larves de soles serait bien connue et varierait donc assez peu.

LA PREDATION EXERCEE SUR LES LARVES PLANCTONIQUES DE POISSONS.

De nombreux groupes pélagiques d'invertébrés sont connus comme prédateurs d'oeufs et larves de poissons. On peut citer ainsi les méduses, les cténophores, les chaetognathes, les amphipodes hypériens, les euphausiacés et certains copépodes.

Bien que la prédation soit la plus grande source de mortalité sur les larves de poissons, elle est actuellement mal connue (LASKER, 1981). de nombreux auteurs ont étudié certains groupes ou espèces de prédateurs d'oeufs et larves de poissons et les exemples ne manquent pas.

- LEBOUR (1922) a observé autour des Iles Britanniques que les coelentérés sont des prédateurs naturels de jeunes larves de poissons. On peut trouver dans leur appareil digestif des restes de jeunes poissons, soit nouvellement éclos, soit en jeunes stades post-larvaires. Les méduses sont particulièrement citées : *Phialidium* sp., *Obelia* sp., *Aurelia* sp., *Rathkea* sp., *Turris pileata*, ainsi que les cténophores. Vraisemblablement les méduses attrapent les larves de poissons qui constituent pour elles une nourriture naturelle. *Phialidium hemisphaericum*, d'après l'auteur, serait prédateur de larves de soles. D'autres observations ont montré que les chaetognathes sont prédateurs de jeunes harengs.

- LILLELUND et LASKER (1971) ont observé l'action de trois copépodes dans les eaux de surface du courant de Californie : *Labidocera jollas*, *L. trispinosa* et *Pontallopsis occidentalis*. Les copépodes seraient attirés par les vibrations de la queue des larves et ils réagiraient en mordant ou capturant les larves. Ceci est valable quand elles n'ont pas une très grande motricité, quand elles grandissent, leurs possibilités d'échapper augmentent.

- THEILACKER et LASKER (1973) pensent que l'euphausiacé *Euphausia pacifica*, abondant dans le courant de Californie peut être un prédateur important de larves de poissons. Ils ont effectué des expériences de laboratoire sur des larves d'anchois qui prouvent leurs observations. L'estimation de cette prédation a été extrapolée et calculée sous 1 m² de surface d'eau de mer, elle serait importante d'après les auteurs.

- ALVARINO (1980 et 1981) estime que certains siphonophores agalmidae en particulier *Stephanomie bijuga* serait l'un des premiers prédateurs de larves de poissons au large de la Californie et notamment de larves d'anchois. L'auteur estime que les groupes suivants : chaetognathes, siphonophores, méduses, cténophores, chondrophores sont les prédateurs essentiels des larves de poissons.

Il ressort de cette courte analyse bibliographique que certains groupes planctoniques sont des prédateurs reconnus de larves de poissons. Les observations sont cependant qualitatives, elles portent sur l'action d'une ou plusieurs espèces précises sur les larves d'un poisson précis. Les principales études récentes ont été faites sur l'anchois, le hareng, le sprat. En ce qui concerne la prédation planctonique exercée sur les larves pélagiques de soles, seule la méduse *Phialidium hemisphaericum* est un prédateur observé. Cependant, une étude bibliographique plus approfondie permettrait sans doute une connaissance plus précise des prédateurs de larves de soles.

D'autre part, les poissons sont de gros prédateurs d'oeufs et larves de poissons, particulièrement les Ammodytidae, *Clupea harengus*, *Sprattus sprattus*. La prédation totale envers les larves résulte de l'action des prédateurs planctoniques et de celle des prédateurs nectoniques.

Une approche qualitative de l'action de certains groupes planctoniques peut être tentée, cependant une estimation quantitative reste très aléatoire et à notre connaissance n'a pas été réussie même pour des poissons particulièrement bien étudiés.

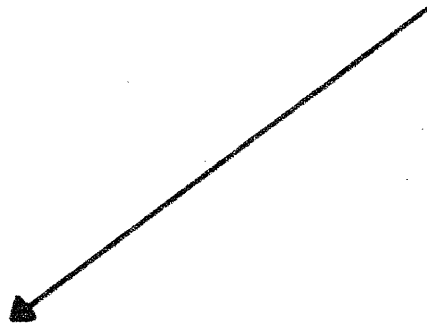
POLYCHETES
larves



Larve de sole
planctonique
< 11 mm



BALANES
Cypris



COPEPODES

Pseudocalanus minutus nauplii

Temora sp.

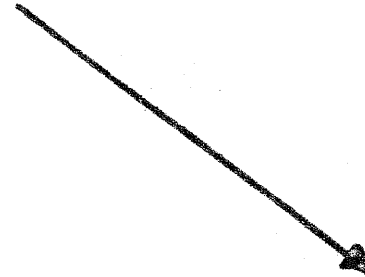
Euterpina sp.

Oncocys sp.

Oeufs de copépodes



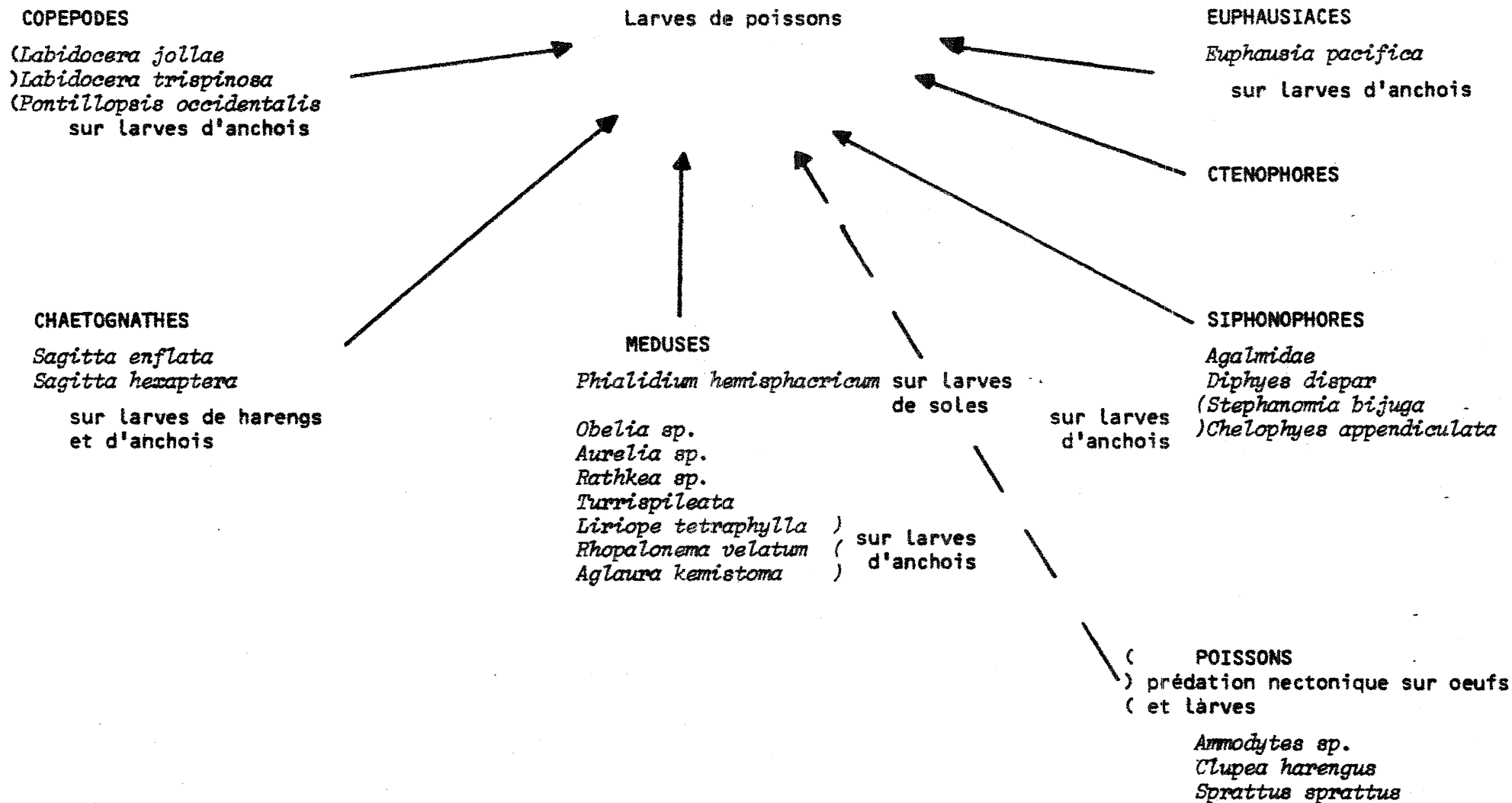
LAMELLIBRANCHES
larves



DINOFLAGELLES

Peridinium sp.

Nutrition de la larve de sole.



PREDATION PLANCTONIQUE SUR LES LARVES DE POISSONS

PLAN DE TRAVAIL

1. ETUDE DE LA NUTRITION DES LARVES DE SOLES EN PHASE PLANCTONIQUE

Il s'agit d'avoir une meilleure connaissance de la nourriture des larves en particulier de celles qui peuplent le littoral atlantique.

Méthode

- des pêches planctoniques seront pratiquées de janvier à juin, entre Belle-Ile et la Gironde, à l'aide d'un filet Bongo.
- au laboratoire les larves seront triées, les contenus stomacaux des jeunes soles seront inventoriés et les organismes ingérés seront déterminés dans la mesure du possible.

2. ETUDE DE LA PREDATION PLANCTONIQUE SUR LES LARVES DE SOLES

Les principaux groupes planctoniques prédateurs d'oeufs et larves de poissons seront inventoriés dans chaque pêche de plancton (voir ci-dessus). Des liens entre la concentration de ces groupes et l'abondance des larves de soles seront établis.

Des observations qualitatives seront faites dans la mesure du possible. Des essais de résultats quantifiés pourront être envisagés s'ils sont suffisamment vraisemblables.

AUTEURS CITES

- ALVARINO (A.), 1980.- The relation between the distribution of zooplankton predators and anchovy larvae.- Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. rep. 21 : 150-160
- _____, 1981.- The relation between the distribution of zooplankton predators and anchovy larvae.- Rapp. PV Reun. Cons. Int. Explor. Mer. 178 : 197-199.
- FLUCHTER (J.), 1966.- Spawning, first feeding and larval behaviour of the North Sea Sole.- ICES Northern Seas Committee, C : 3
- LASKER (R.), 1981.- Marine Fish Larvae.- Washington Press, Seattle and London.
- LAST (J.M.), 1978.- The food of four species of Pleuronectiform larvae in the eastern English channel and Southern North Sea.- Marine Biology, 45 : 359-368.
- LEBOUR (M.V.), 1918.- The food of post-larval fish.- J. mar. biol. Ass. U.K., 11 (4) : 433-469.
- _____, 1922.- The food of plankton organisms.- ibid., 12 (4) : 644-677
- LILLELUND (K.), and LASKER (R.), 1971.- Laboratory studies of predation by marine copepods on fish larvae.- Fish. Bull., U.S., 69 (3) : 655-671
- THEILACKER (G.M.) and LASKER (R.), 1973.- Laboratory studies of predation by euphausiid shrimps on fish larvae.- The Proceedings of an International Symposium held at the Dunstaffnage Marine Research Laboratory of the Scottish Marine Biological Association at Oban, Scotland, from May 17-23.- Blaxter-Springer-Verlag 1974

DETERMINISME DU RECRUTEMENT

PROJET DE RECHERCHE

Laboratoire Arago - 66650 Banyuls sur Mer

Université P. et M. Curie - CNRS URA 117

TITRE DU PROJET

Etude, quantification et modélisation de l'évolution des populations de pré-recrues de soleïdés (groupes 0 et I). Relations proies-prédateurs et influence des facteurs mésologiques.

CHERCHEURS CONCERNES

Equipe "Structure et fonctionnement de l'écosystème benthique".
Plus particulièrement : J.Y. Bodiou, F. De Bovée, J.P. Labat, L. Tito de Morais.

EXPOSE DES MOTIFS

Les Soléïdés de Méditerranée sont particulièrement mal connus. Pour des raisons d'accessibilité des nourriceries, nous avons jusqu'à présent travaillé essentiellement sur Duglossidium luteum (= Solea lutea). L'éthologie alimentaire de cette espèce étant très voisine de celle de Solea vulgaris, nous nous proposons de l'utiliser pour l'établissement de notre modèle, tout en testant nos hypothèses sur des populations de soles communes. Au même titre que celles de Solea vulgaris, les frayères de B.luteum sont situées au large et les larves gagnent rapidement les nourriceries côtières où elles achèvent leur croissance après la métamorphose et l'adoption d'un mode de vie démersal. Leur développement se fait donc dans des milieux souvent bien individualisés dans l'espace. Ces zones présentent cependant une grande variabilité temporelle à court et à long terme en raison de leur faible profondeur et de l'influence très importante des facteurs météorologiques. Dans ces zones, la densité des proies, de la meiofaune en particulier, conditionne-t-elle la densité des poissons prédateurs ? La disparition ou la diminution de certaines proies préférentielles ont-elles pour conséquence la diminution du stock de jeunes poissons ou la prédation au niveau d'autres espèces ?

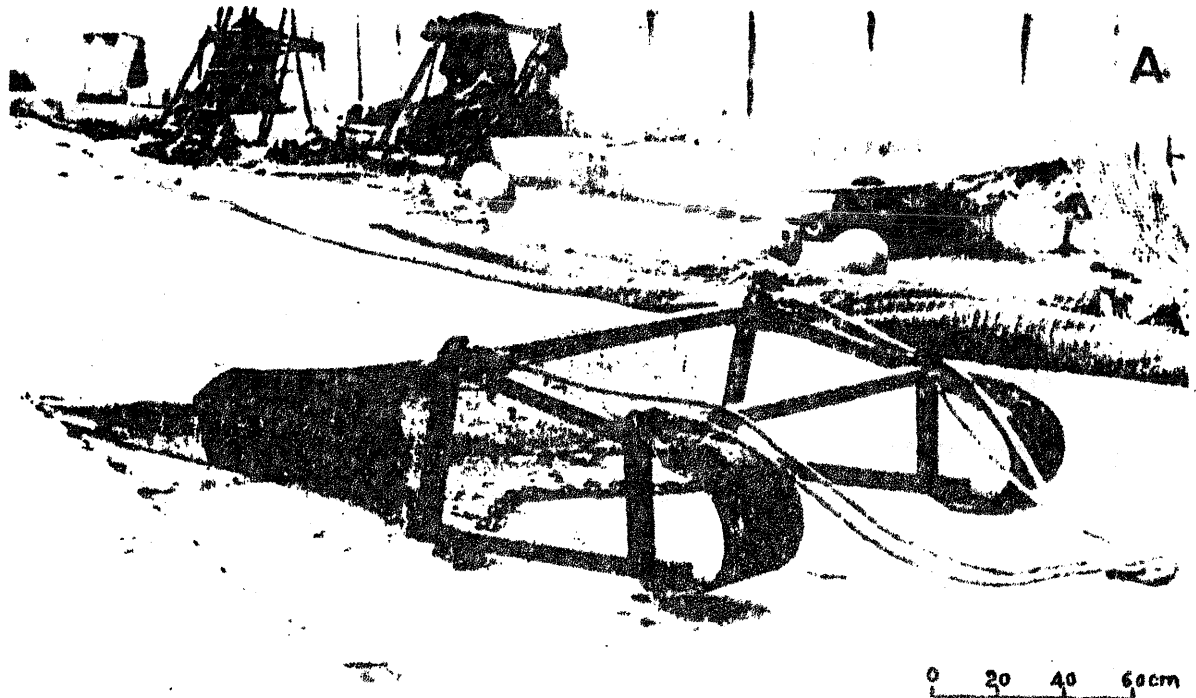


Figure 1 : Les juvéniles sont capturés à l'aide d'un micro-chalut à perche (Kurc et al., 1965 ; Labat, 1976. ; Villiers, 1979). Son principe repose sur les engins utilisés pour la pêche à la crevette en Atlantique Nord. L'engin de pêche présente un certain nombre de caractéristiques qui en font un outil particulièrement bien adapté au prélèvement de l'épimacrobenthos vagile :

- au devant du bourrelet alourdi par des plombs, une chaîne libre racle en premier le sédiment, faisant sortir la faune vagile éventuellement enfouie ;

- le filet du chalut à un maillage de 4 mm, le cul du chalut est doublé de stramine de 500 μ de vide de maille. L'ensemble est fixé sur un cadre métallique (1 m x 0,5 m) reposant sur des patins.

PLAN DE RECHERCHE

Parmi les approches biologiques des problèmes du déterminisme du recrutement, nous avons retenu :

- La nutrition des juvéniles (résultats acquis en partie).
- Les interactions proies-prédateurs (interactions spatio-temporelles, "contact-rates", autres mécanismes de mortalité).

Les aspects physiques que nous envisageons de considérer sont :

- La température.
- L'éclairement et les photopériodes.
- L'hydrodynamisme.

Du point de vue méthodologique, le plan retenu est le suivant :

1) Etude de l'efficacité et de la sélectivité des microchaluts à perche utilisés pour les différents groupes d'âge (Kuipers, 1975 ; Morais et Bodiou, sous presse). Ce point soulève le problème de la standardisation des méthodes (vitesse et positionnement des bateaux, durée des traits, longueur de cable déroulé, prise en compte des courants) et des engins de prélèvement (type de chalut, ouverture latérale et verticale, maillage, chaluts avec chafne ou "rake-trawls") (fig. 1).

2) Détection et prospection systématique des nourriceries de Solea vulgaris le long de la côte du Roussillon.

3) Suivi et formulation mathématique de la dynamique des populations (a) de Pleuronectiformes (3-4 espèces), (b) de leurs proies benthiques (3-4 espèces de copépodes harpacticoides, 4-5 espèces d'amphipodes, 2-3 autres espèces de crustacés), (c) de leurs compétiteurs éventuels (2-3 espèces) et (d) de leurs prédateurs (2-3 espèces).

4) Métabolisme et besoins énergétiques des espèces prédatrices (3a, 3c, 3d).

5) Etude expérimentale de la prédation et de l'activité nutritionnelle des juvéniles de Soléidés en milieu contrôlé. En particulier, recherche du rôle des nématodes dans les régimes alimentaires. Etude de la première activité nutritionnelle post-métamorphose.

6) Suivi, quantification et formulation mathématique des modifications du milieu à petite et à moyenne échelle pouvant agir sur l'abondance des populations. En particulier, les facteurs abiotiques liés aux conditions météorologiques (Température, éclairement et photopériodes, hydrodynamisme) (Rotschild et Rooth, 1984).

Les méthodes de corrélation entre toutes les composantes du phénomène seront utilisées afin de permettre la mise sur pied d'hypothèses de travail pouvant servir à l'élaboration de modèles de "causalité" ("cause and effect" models des auteurs anglo-saxons) (Kremer et Nixon, 1978 ; Platt et al., 1981).

RESULTATS ACQUIS OU EN COURS D'ACQUISITION

Certaines des questions soulevées ci-dessus ont déjà reçu une réponse ou tout du moins une ébauche de réponse.

Point 1) Le microchalut à perche que nous avons utilisé jusqu'à présent a déjà été étudié en plongée. Toutefois, s'il est retenu comme standard, sa sélectivité doit être mieux définie.

Point 3) (a) La dynamique des populations d'Arnoglossus thori, A. laterna et Buglossidium luteum dans notre région est bien connue (Cf. note synthétique de L. Tito De Morais), celle de Solea vulgaris reste à étudier.

(b) De très nombreuses données "historiques" existent sur le benthos de la région (en particulier : Guille et Soyer de 1968 à 1974 ; Soyer de 1970 à 1981 ; Guille de 1970 à 1971 ; Bodiou 1975, 1980 ; Labat, 1980 ; De Bovée, 1981).

(c) Le gobie Deltentosteus quadrimaculatus est bien connu (Villiers, 1979 ; Bodiou et Villiers, 1979) ; l'étude des Crangonidae est en cours (J.P. Labat) ; les Callionymes et les Processidae apparaissent comme les seuls autres compétiteurs éventuels.

(d) La faune, ichthyologique en particulier, de la région est bien connue (Vue Tan Tue, 1964 ; Morais, 1980).

Point 4) Le métabolisme et les besoins énergétiques de la plupart des espèces sont connus ou en cours d'étude (Villiers, 1979 ; Morais, 1983 et sous presse (cf. note synthétique) ; Labat, en préparation ; voir Reiersen, 1982 pour une bibliographie sur les Pleuronectiformes).

Point 5) Etude en cours.

REFERENCES

- Bodiou, J.Y., 1975. Copépodes harpacticoides (Crustacea) des sables fins infralittoraux de Banyuls sur Mer. I Description de la communauté. Vie Milieu, 25 (2 B) : 313-330.
- Bodiou, J.Y., 1980. Copépodes harpacticoides (Crustacea) des sables fins infralittoraux de Banyuls sur Mer. II : Variations saisonnières du peuplement. Vie Milieu, 30 (3-4).
- Bodiou, J.Y. et L. Villiers, 1979. La prédation de la meiofaune par les formes juvéniles de Deltentosteus quadrimaculatus (Teleostei, Gobiidae). Vie Milieu, 28-29 (1 AB) : 143-156.
- Bovée, F. De, 1981. Ecologie et dynamique des nématodes d'une vase sublittorale (Banyuls sur Mer). Thèse, Univ. P. M. Curie, Paris : 188 p.
- Guille, A., 1970 a. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. II Les communautés de la macrofaune. Vie Milieu, 21 (1 B) : 149-280.
- Guille, A., 1970 b. Les communautés benthiques des substrats meubles du plateau continental au large de Banyuls sur Mer. C.R. Acad. Sci. Paris, 270 : 189-192.
- Guille, A., 1971 a. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. IV Densités et biomasses de la macrofaune, variations saisonnières. Vie Milieu, 22 (1 B) : 93-157.
- Guille, A., 1971 b. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. VI Données autoécologiques (macrofaune). Vie Milieu, 22 (3 B) : 469-527.
- Guille, A. et J. Soyer, 1968. La faune benthique des substrats meubles de Banyuls sur Mer. Premières données quantitatives et qualitatives. Vie Milieu, 19 (2 B) : 323-359.
- Guille, A. et J. Soyer, 1974. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. 8 Macrofaune et meiofaune, rapports quantitatifs et biocénologiques. Vie Milieu, 24 (2 B) : 301-320.
- Kremer, J.N. et S.W. Nixon, 1978. A coastal marine ecosystem. Ecological Studies, 24, Berlin, Springer Verlag : 217 p.

- Kuipers, B., 1975. On the efficiency of a two-meter beam trawl for juvenile plaice (Pleuronectes platessa). Neth. J. Sea Res., 9 (1) : 69-85.
- Kurc, G., L. Faure et T. Laurent, 1965. La pêche des crevettes au chalut et les problèmes de sélectivité. Rev. Trav. Inst. Pêches marit., 29 (2) : 137-162.
- Labat, J.P., 1974. Présence de Philocheras monachantus (Holthuis) (Crustacea, Decapoda) dans la baie de Banyuls sur Mer (Pyrénées Orientales). Vie Milieu, 24 (3 A) : 519-522.
- Labat, J.P., 1980. Relations entre trois espèces du genre Philocheras (Crustacea, Decapoda, Crangonidae) au cours du cycle annuel, dans l'infralittoral meuble de la région de Banyuls sur Mer (France). Vie Milieu, 30 (3-4) : 185-193.
- Lasker, R. and K. Sherman (Eds.), 1981. The early life history of fish : Recent studies. The 2nd ICES Symposium, Woods Hole, 2-5 April 1979. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 178 : 607 p.
- Morais, L. Tito De et J.Y. Bodiou, sous presse. Predation on meiofauna by fish juveniles in a Mediterranean nursery ground. Mar. Biol.
- Platt, T., K.H. Mann and R.E. Ulanowicz, 1981. Mathematical models in biological oceanography. Paris, Unesco Press : 157 p.
- Reiersen, L.-O., 1982. The biology of common flatfishes : A selected bibliography. The Norwegian Marine Pollution Research and Monitoring Programme, Rep. n°1.
- Rotschild, B.J. and J.H. Rooth, 1982. Fish Ecology III. A foundation for REX - A recruitment experiment. Univ. of Miami, Techn. Rep. n° 82008.
- Soyer, J., 1970. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. III Les peuplements de Copépodes harpacticoides (Crustacea). Vie Milieu, 21 (3B) : 337-511.
- Soyer, J., 1971. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. V Densités et biomasses du meiobenthos. Vie Milieu, 22 (2B) : 351-424.
- Villiers, L., 1979. Contribution à l'étude de la nutrition et de ses aspects énergétiques chez des formes juvéniles de D. quadrimaculatus (Val.) (Pisces, Gobiidae). Thèse 3^o cycle, Paris : 175 p.

DETERMINISME DU RECRUTEMENT

Note synthétique concernant les principaux résultats obtenus sur la nutrition des juvéniles de Pleuronectiformes.

par : L. TITO DE MORAIS

Laboratoire Arago

INTRODUCTION

L'étude a porté sur les phases juvéniles pré-recrutées (groupes 0 et I) des Pleuronectiformes présents dans une nourricerie de Méditerranée Occidentale. Il s'agit de deux Bothidés (Arnoglossus thori et A.laterna) et d'un Soléidé (Buglossidium luteum) dont l'éthologie alimentaire est très proche de celle de Solea vulgaris.

Différents aspects de la biologie de ces espèces ont été abordés (Fig. 1). Ces résultats sont importants comme base pour l'étude de l'évolution des populations de jeunes pré-recrues. Leur analyse, leur quantification et leur modélisation sont fondamentaux pour l'étude du recrutement des adultes de Pleuronectiformes.

RESUME DES PRINCIPAUX RESULTATS

A.thori présente une croissance exponentielle continue pendant la première année de vie benthique, avec un métabolisme élevé ($a = 0,087$; $Q_{10} = 1,53$). B.luteum accuse un ralentissement hivernal de la croissance avec, parallèlement, un métabolisme hivernal très bas ($a = 0,047$) et un Q_{10} élevé (3,36). L'alimentation, à peu près continue sur 24 h chez les Arnoglosses est composée du copépode Longipedia et surtout d'amphipodes, les B.luteum, à alimentation nocturne utilisent aussi d'autres copépodes, et ce pendant une période plus longue. De telles disparités se retrouvent dans les bilans énergétiques établis pour les premiers mois de vie benthique, ils sont analogues en pourcentage, alors que les valeurs absolues pour A.thori sont le double de celles pour B.luteum. La compétition alimentaire en apparence importante est diminuée par des différences spatio-temporelles de la dynamique des prédateurs ; en outre, l'étude de la prédation au niveau spécifique montre que les recherches sur les populations benthiques et leur dynamique propre ne doivent pas être envisagées globalement, l'impact de la prédation pouvant être réduit à un faible nombre de groupes-proie.

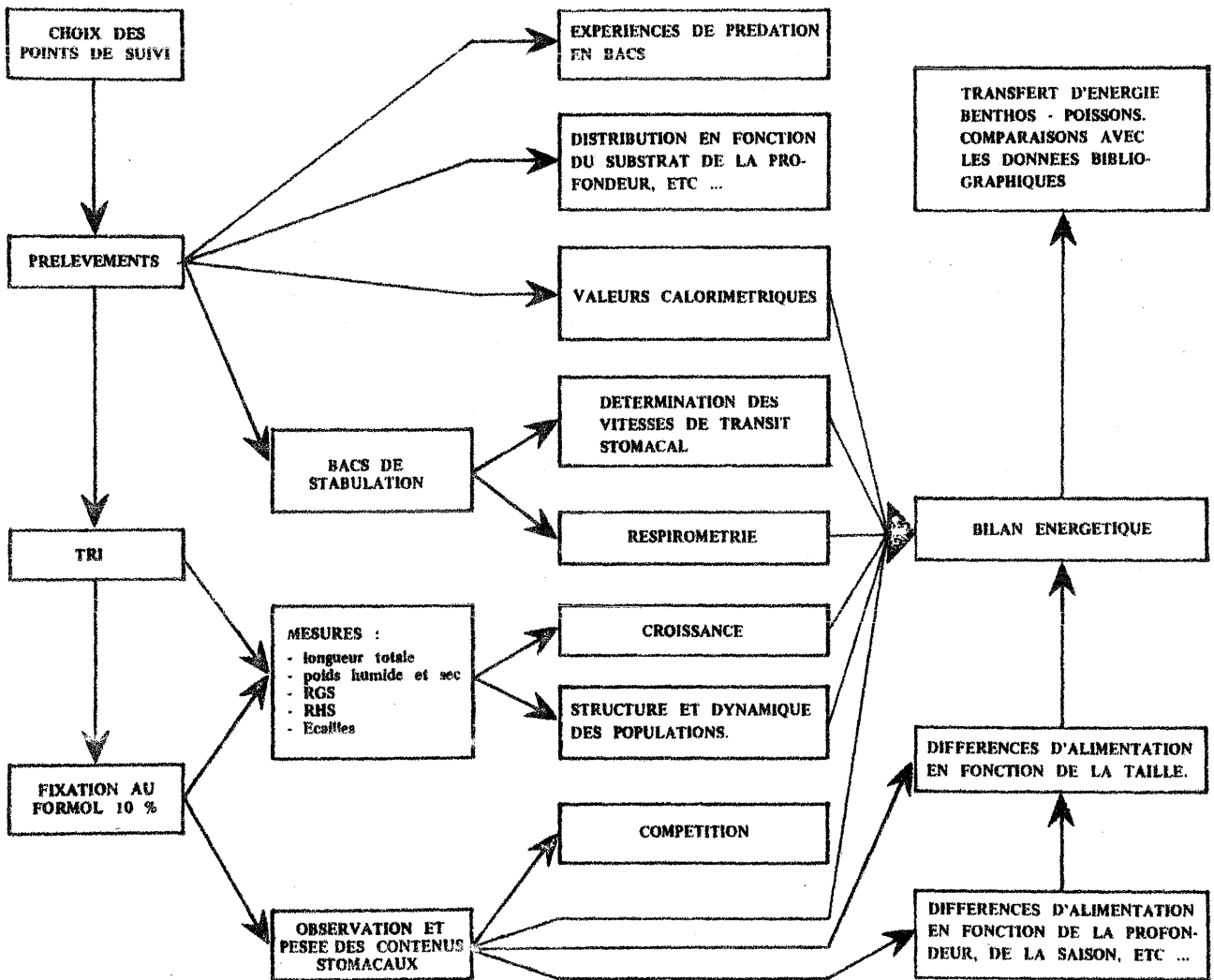


Figure 1 : Organigramme général de l'étude entreprise.

CONCLUSIONS

Ces travaux montrent que la compétition interspécifique au niveau des juvéniles de poissons benthiques est probablement réduite. En revanche les phénomènes de compétition intra-spécifique sont sans doute importants. Ces résultats nous conduisent à orienter nos recherches futures vers les Soléidés, les liens proies-prédateurs (variation des densités, impact de la prédation, alternance des générations, ...) et l'effet des conditions climatiques sur les différents peuplements (décalage des générations de certaines espèces, modifications de la croissance et ses conséquences, etc..).

PUBLICATIONS CORRESPONDANTES

- Morais, L. Tito De, 1983. Etude de la nutrition et de ses aspects énergétiques chez des formes juvéniles de Pleuronectiformes. Thèse 3^o cycle, Univ. P.M. Curie, Paris, 171 p.
- Morais, L. Tito De et J.Y. Bodiou, sous presse. Predation on meiofauna by fish juveniles in a Mediterranean flatfish nursery ground. Mar. Biol.
- Morais, L. Tito De, soumis pour publication. Growth and respiration of two Pleuronectiform juveniles from a Western Mediterranean Bay. J. Fish Biol.
- Morais, L. Tito De, en préparation. Gastric evacuation of juveniles of two flatfish from a Western Mediterranean Bay.

POSSIBILITES D'ETUDE DE LA PREDATION DU GRAND CORMORAN,
Phalacrocorax carbo,
SUR LES NURSERIES DE SOLES,
Solea vulgaris,

J.Y. MONNAT, U.B.O., BREST,

Parmi les oiseaux susceptibles d'effectuer une prédation significative sur les poissons plats en général et sur la sole en particulier, les cormorans et surtout le grand cormoran, *Phalacrocorax carbo*, sont certainement le groupe le plus concerné.

Le régime alimentaire de cette espèce a été étudié à diverses reprises et en différentes localités d'Europe, essentiellement dans le but d'établir l'impact de sa prédation sur les populations de poissons exploités par l'homme. Dans un récent traité d'ornithologie européenne (Cramp & al 1977) faisant le point des recherches dans ce domaine, les poissons plats figurent en tête de la liste des catégories de poissons capturés par le grand cormoran. Et, quelle que soit les régions géographiques concernées, cette famille est constamment représentée dans le régime alimentaire du grand cormoran.

A ce jour, cette espèce n'a fait l'objet que d'une seule étude de ce type, en Camargue : les résultats en sont très limités (Haffner 1981-1983). D'autre part, un travail vient juste de commencer sur l'alimentation des grands cormorans et des cormorans huppés nicheurs de l'île des Landes en Cancale (Baie du Mont Saint-Michel). Les résultats préliminaires indiquent une fois de plus que les poissons plats constituent une proie constante de la première espèce.

L'île des Landes est située au nord est de la baie du Mont-Saint-Michel qui semble constituer une importante zone de recrutement pour les jeunes soles. Cette île héberge plus de 200 couples de grands cormorans, et cette population est toujours en augmentation. La baie du Mont-Saint-Michel est de

plus située dans le rayon d'action des grands cormorans des îles Chausey (430 couples en 1981) et des îles Anglo-Normandes. Elle constitue aussi un important centre d'hivernage pour cette espèce, ses caractéristiques écologiques correspondant bien aux exigences des grands cormorans à cette époque de l'année.

Quantifier l'impact réel de cette espèce sur les populations de poissons plats et de Soleidae en particulier pourrait se faire de la manière suivante :

1) à l'aide de réjections régulièrement collectés sur l'île des Landes (Ille et Vilaine)

- détermination des espèces proies,
- évaluation de l'importance relative des différentes espèces proies,
- quantification des besoins alimentaires journaliers des grands cormorans,
- détermination des classes de taille et d'âge des proies concernées.

2) par des observations régulières sur le terrain

- mesurer le taux de présence des grands cormorans dans la baie du Mont-Saint-Michel,
 - . selon les saisons,
 - . selon les régions,
- mesurer l'impact total de ces populations sur les populations des soleidae.

Cette recherche pourrait être couplée avec un suivi des populations de Soleidae du secteur envisagé.

RÉUNION "DÉTERMINISME DU RECRUTEMENT" - ISTPM - NANTES

2-4 JUILLET 1984

CONTRIBUTION N° 45

PREMIERS ESSAIS DE LOCALISATION DES PERIODES CRITIQUES DANS LA VIE DES JEUNES STADES DE SOLE EN MER DU NORD

Par Daniel WOEHRLING

Laboratoire oeufs, larves, juvéniles
IFREMER Centre de NANTES

Le programme d'implantation de centrales électriques de grande puissance sur le littoral Français et en estuaire a provoqué un ensemble d'études écologiques destinées in fine à appréhender leur incidence sur les milieux et leurs ressources vivantes.

Dans ce cadre, des observations régulières ont eu lieu depuis 1975 sur le site de Gravelines (Nord) situé à l'extrémité Sud d'une famille de frayères et nurseries de soles (Solea vulgaris QUENSEL, stock de Manche-Mer du Nord) s'étendant le long des côtes Belges et Hollandaises.

Actuellement une synthèse des données concernant la population de soles du secteur est en cours ; sa finalité est d'essayer de quantifier les répercussions sur la phase exploitée d'un impact de la centrale sur les jeunes stades : oeufs, larves et juvéniles. Cette démarche conduit obligatoirement à s'intéresser aux rapports quantitatifs entre les maillons successifs du recrutement et à leur causalité. Elle s'intègre ainsi à la préoccupation majeure du thème "Déterminisme du recrutement".

Nous présentons ici quelques résultats préliminaires concernant les relations entre les quantités d'oeufs, larves et juvéniles présents sur le site d'année en année. Le travail étant en cours, les conclusions seront affinées et étendues ultérieurement.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Données de température

La température est mesurée à chaque campagne à l'aide de thermomètres à renversement YOSHINO de (1975 à 1982) ; à partir de 1983, nous avons utilisé une sonde EIL.

Ces données sont complétées par :

les relevés effectués sur le même site de 1975 à 1981 par le Centre Océanologique de Bretagne,

les relevés quotidiens à la prise d'eau de la centrale en 1982 et début 1983 par l'Institut Pasteur de Lille, antenne de Gravelines.

les enregistrements thermographiques en continu fournis par EDF (de 1980 à 1982).

Autant que possible, seules sont prises en compte les mesures effectuées à une distance d'environ 5 km de la côte et les valeurs aberrantes ont été éliminées.

1.2. Phase pélagique

Les oeufs et larves de sole sont récoltés à l'aide d'un échantillonneur de type BONGO constitué de deux filets cylindro-cônes de 3m de longueur, 61cm de diamètre d'ouverture et 500 μ m de maille.

La pêche se fait en traict oblique par paliers (voisinage du fond, mi-profondeur, sub-surface) à la vitesse de 1m.s⁻¹ environ et dure de 2 à 20mn selon le risque de colmatage. Le volume filtré varie ainsi entre 25 et 500 m³ par filet. Le zooplancton se concentre à l'extrémité des filets dans des collecteurs à oreilles munies de maillage de 500 μ m. Il est immédiatement fixé à l'aide d'un conservateur à base de formol neutralisé et dilué à 3% en volume additionné d'agents antioxydants et complexants.

Pour les oeufs et larves de sole, les comptages sont effectués à partir de la totalité de l'échantillon ou de sous-échantillons relativement grands (1/2, 1/4 ou 1/8) obtenus par bipartition successives à la cuve MOTODA. Les densités sont exprimées en nombre d'individus par unité de volume (10m³).

La période couverte par les prélèvements considérés ici va de début juin 1975 à octobre 1983 sans interruption, leur fréquence étant mensuelle ou bimensuelle au cours de la période de ponte de la sole qui s'étend, dans le Sud de la Mer du Nord, de mars à juin, avec des décalages de l'ordre d'un mois selon les années.

1.3 Phase benthique

Pour les résultats présentés ici, nous avons considéré les juvéniles capturés en chalutier en zone sub-titade à l'aide d'un chalut-pêche de 3m de largeur d'ouverture et de 2cm de maille étirée. Les chalutages durent 15 minutes à la vitesse de 3 à 4 noeuds (environ 1,5 à 2m.s⁻¹), sont parallèles à la côte et répartis sur un secteur délimité assez vaste au droit du site.

Les données couvrent la période 1977-1983. A partir de 1979, seules deux campagnes (au lieu de cinq) ont été effectuées : fin juin- début juillet d'une part et fin septembre- début octobre d'autre part.

Le calcul de la densité moyenne sur l'aire de prospection est fait en tenant compte de zones définies par la bathymétrie conformément à l'écologie des juvéniles de poissons plats ; sur chaque zone, l'estimation du nombre d'individus est faite par la méthode utilisée en échantillonnage stratifié. Les densités moyennes sont exprimées en nombre d'individus par unité de surface (1 000 m²).

2. RESULTATS

2.1. Relations recrutement-pontes ultérieures (fig. 1).

Les fortes densités d'oeufs (par exemple 1982 et 1983) sont observées 3 à 4 ans après des effectifs importants de juvéniles du groupe 0 (1979 et 1980) et surtout 2 à 3 ans après celles du groupe 1 (1980 et 1981). Cela suggère d'une part que les variations de densités d'oeufs reflètent les fluctuations de la ponte et que celle-ci est liée principalement au nombre de géniteurs, et d'autre part que ce dernier est grandement déterminé au niveau du groupe 1.

Le fait que les effectifs du groupe 1 lors des deux années citées reflètent les forts effectifs du groupe 0 de l'année précédente doit plutôt être interprété comme le résultat d'une faible mortalité lors du premier hiver en raison notamment de températures clémentes.

Ce résultat devra tenir compte d'éventuelles variations de la fécondité.

2.2. Relations oeufs-larves (fig. 1 et 2).

Les densités de larves ne sont pas proportionnelles, même compte tenu d'un décalage dans les pics, aux densités d'oeufs, résultat d'une mortalité variable d'année en année et selon l'époque affectant les individus au cours de la fraction du développement située entre le stade oeuf et le stade larve récoltés.

2.3. Relations température-survie des oeufs (fig. 3 et 4).

La survie des oeufs, à "qualité" égale, est en partie liée à la température (RILEY, 1974 ; IRVIN, 1974) : directement en déterminant un taux de survie donné dans un intervalle de temps donné, indirectement par son action sur la durée du développement (indépendamment du fait qu'une augmentation de celle-ci favorise l'effet de la prédation).

En prenant pour base les durées fournies par RILEY (fig. 3 et tableau 1), le taux de survie des oeufs à la fin de telle ou telle phase a été calculé de 2 manières :

a/ D'après RILEY (1974).

$$N = 100 \times T^D$$

où N est le pourcentage de survie

T le taux de survie journalier (en fraction d'unité) fonction de la température (voir ci-dessous).

D la durée du stade considéré (d'après RILEY) fonction exponentielle décroissante de la température (tableau 1).

$$\theta \text{ étant la température, on a } T = 0.0680043 \times \theta - 0.360362$$

on aboutit, pour les deux stades principaux considérés dans nos études (non embryonné et embryonné, correspondant respectivement aux stades I_B et IV de RILEY mentionnés dans le tableau 1) aux équations notées sur les courbes appelées "RILEY" de la figure 4.

On constate que cette survie varie considérablement au cours de la période de ponte, passant d'environ $3,10^{-12}$ pour 7° à 0,26 (26%) pour 16° (soit environ 125.000 oeufs parvenant à éclosion par géniteur).

Les principaux défauts de ce mode de calcul peuvent se résumer comme suit :

la relation $T = f(\theta)$ a été obtenue par régression linéaire entre 3 couples de valeurs seulement (et entre 10 et 13° pour la température), donnés par RILEY sur la base d'échantillonnages effectués au cours de deux années consécutives et en considérant les effectifs moyens décroissants de stades successifs comme un effet de la mortalité;

le calcul prend pour hypothèse une mortalité journalière identique pour chaque stade à une température donnée.

b/ D'après IRVIN (1974).

La survie au bout du temps D est donnée pour 5 températures par les équations suivantes (obtenues en élevage, où D est exprimé en minutes et la survie Y en probits :

$$8^{\circ} : y = - 5,02 + 1,23 \ln D$$

$$10^{\circ} : y = - 2,72 + 0,97 \ln D$$

$$12^{\circ} : y = - 0,52 + 0,72 \ln D$$

$$14^{\circ} : y = 2,04 + 0,42 \ln D$$

$$16^{\circ} : y = 3,22 + 0,28 \ln D$$

Le probit correspondant à la température mesurée est obtenu par interpolation linéaire entre les deux températures qui l'encadrent Il est alors transformé en pourcentage de survie N comme suit :

N = (pourcentage de survie) = intégrale d'une fonction normale réduite, entre l'abscisse (Probit-5) et + infini.

Ce mode de calcul livre, pour chacun des stades de RILEY, les courbes notées "IRVIN" de la figure 4.

Il met en évidence un optimum de survie des jeunes stades d'oeufs vers 9° lequel se déplace vers 11-12° pour les stades âgés tout en s'estompant. Ceci rejoint des assertions précédentes faites indépendamment par RILEY à partir d'observations dans le milieu. Il est tentant d'y voir un phénomène d'adaptation puisque les maximums de ponte se situent souvent aux alentours de 9-10°.

Les faiblesses de ce second mode de calcul sont probablement liées à l'élevage. Il semble anormal en effet de trouver des taux de survie déjà élevés à 8° (3,6%) ainsi qu'une augmentation quasi-linéaire du pourcentage de survie à éclosion (la régression linéaire effectuée sur les valeurs de la courbe du stade IV donne l'équation indiquée en figure 4). Cependant, à 16°, la valeur du taux de survie (environ 25%) rejoint celle indiquée par RILEY.

2.4. Relations ponte-production de larves

L'application d'un taux de survie aux densités d'oeufs pêchés (calcul fait provisoirement uniquement à partir des taux "RILEY" et en considérant simplement la température au moment de la pêche) permet de les transformer selon deux voies :

vers l'amont (fig. 5), en ne prenant en compte que les effectifs au stade non embryonné et en les divisant par le taux de survie à la fin de ce stade. On remonte ainsi grossièrement aux oeufs potentiellement pondus, les oeufs pêchés étant tenus pour des survivants;

vers l'aval (fig. 6 et fig. 7) en calculant, à partir des densités pêchées, le nombre de survivants à éclosion (= larves potentiellement produites), soit en considérant les effectifs du stade non embryonné et en les multipliant par le taux de survie entre la fin de ce stade et l'éclosion (fig. 6), soit en considérant les effectifs du stade embryonné multipliés par le taux de survie relatif à l'intervalle allant de la moitié de ce stade à l'éclosion (fig. 7).

On trouve ainsi qu'en début de saison de reproduction (mars-avril ou avril-mai selon les années), la ponte est importante mais la survie des oeufs faible, les larves potentiellement produites n'étant nombreuses qu'à partir de fin mai et durant le mois de juin. L'essentiel de la production des larves se situe donc au moment où, chaque année, les conditions en température et en nourriture sont a priori optimales pour leur survie. Par ailleurs, leurs effectifs initiaux au cours de cette période sont plus élevées lorsque la ponte est retardée par de basses températures hivernales et que son pic est tardif, coïncidant ainsi avec des températures favorables à la survie des oeufs.

Des assertions précédentes (WOEHLING et al., 1979) allaient dans ce sens, les hivers froids semblant entraîner un meilleur recrutement des juvéniles du groupe 0, ce que divers auteurs signalent pour les côtes Belges ou Hollandaises.

Les pics de larves pêchées coïncident effectivement avec la date calculée des maximums de survie à éclosion ; cependant, leurs densités ne sont pas proportionnelles à ces maxima. Par ailleurs, les densités des juvéniles du groupe 0 ne sont pas toujours en rapport avec les densités de larves.

2.6. Conclusion

L'ensemble de ces quelques remarques nous amène à conclure à l'existence d'une part de facteurs déterminant le recrutement des larves entre l'éclosion et le stade moyen des larves pêchées, et d'autre part de facteurs déterminant le recrutement des juvéniles agissant sur les larves et probablement aussi sur les juvéniles au début de la phase benthique. Il est possible que la température intervienne directement dans tout cet intervalle mais nous n'avons pas pu effectuer le calcul du nombre de juvéniles potentiellement produits à partir des larves par absence de relations correspondant au le taux de survie de celles-ci en fonction de la température. Il est probable, en tous cas, qu'interviennent des paramètres comme la prédation et la nutrition, liés eux aussi à la température qui influence l'appétit des larves à se déplacer et à se nourrir et déterminer la composition de la biocénose pélagique. Ces facteurs seront considérés ultérieurement.

La mise en évidence de la "période critique" ci-dessus mentionnée serait relativement banale si elle ne nous apparaissait pas comme étayée par différents indices convergents permettant d'en approcher la durée en Manche et dans le Sud de la Mer du Nord : probablement 3 à 5 semaines, couvrant l'intervalle allant d'environ 1 semaine à 1 mois ou 1 mois 1/2 après la ponte, soit de la dernière semaine de mai à la première quinzaine de juillet environ. Ces dates sont données provisoirement à titre indicatif, les calculs permettant de les préciser étant actuellement en cours de programmation.

3. DISCUSSION

Les principales critiques que l'on pourrait adresser actuellement à l'investigation présentée peuvent se résumer comme suit :

imprécision des données d'échantillonnage, liée aux engins (capturabilité), et à la trame spatio-temporelle (répartition spatiale des organismes, absence de repliquats pour le zooplancton, volumes filtrés variables, etc);

Cette variabilité, non évaluée pour la phase pélagique, semble cependant faible a priori compte tenu de la conception de l'échantillonneur et de la bonne reproductibilité des cycles d'abondance observés;

choix des densités par unité de volume et non de surface, pour la phase pélagique, alors que les géniteurs se répartissent sur le fond et qu'il semble actuellement que la ponte s'effectue au voisinage de celui-ci;

calcul de survie des oeufs effectués en n'utilisant qu'une seule des deux sources bibliographiques (avec les défauts qui s'y attachent et qui ont été mentionnés en 2.3) et en considérant la température comme constante sur tout l'intervalle.

La confrontation des cycles d'abondance des oeufs, larves, et juvéniles en un même lieu est délicate puisque, par le jeu des courants, les frayères alimentent des nurseries géographiquement distinctes ; pour les besoins de cette étude, nous partons de l'hypothèse que le secteur est relativement homogène.

Dans la poursuite de ce travail, nous nous attacherons bien entendu à réduire au maximum ces sources d'erreur, tout au moins à évaluer l'ampleur de la variabilité qui en découle.

Pour toutes ces raisons, les résultats présentés ici ^{constituent} une première approche encore relativement grossière (mais qui tente cependant d'être réaliste) destinée à cerner les périodes au cours desquelles semblent se déterminer les principaux maillons du recrutement et par ces fenêtres, d'essayer d'entrevoir les facteurs responsables pour définir les axes privilégiés des investigations futures.

Partis de la simple comparaison de cycles d'abondance confrontés à d'autres séries de données, nous avons tenté de confirmer les premières suppositions en affinant les données brutes par les calculs de survie. Cette investigation est actuellement en cours et sera améliorée dans les directions suivantes :

- application des calculs de survie en considérant d'autres stades et d'autres durées de développement afin de conforter les résultats de ponte et de production potentielle de larves ; application de ces calculs aux larves;

- calcul des durées effectives des stades importants du développement ainsi que des taux de survie en tenant compte des fluctuations de la température tout au long de la phase considérée du développement;

Cela devra permettre de cerner et de quantifier les grandes périodes de production des principaux maillons du recrutement des juvéniles du

groupe 0 (notamment : éclosion des larves, arrivée en phase de première nutrition et "pluie de larves" en métamorphose);

• calcul de l'âge des larves et juvéniles capturés en fonction de leur taille afin de confirmer certaines des données précédentes.

L'examen des résultats ainsi affinés permettra d'approcher pour l'écosystème littoral de Mer du Nord les moments forts de la vie des jeunes soles et de procurer les facteurs-clé de leur survie.

BIBLIOGRAPHIE

- IRVIN (D.N.), 1974.- Temperature tolerance of early development stages of Dover Sole, *Solea solea* (L.) In : the Early Life History of Fish, BLAXTER J.H.S., rédacteur, Springer Verlag édit. Berlin, Heidelberg, New-York.
- RILEY (J.D.), 1974.- The distribution and mortality of Sole eggs (*Solea solea*) in inshore areas. Ibid.
- WOEHLING (D.), GIRET (M.) et HALGAND (D.), 1981.- Reproduction des poissons et température de l'eau - cas du Sprat (*Sprattus sprattus*, L.) et de la Sole (*Solea vulgaris*, QUENSEL) sur différents sites en Manche et Sud de la Mer du Nord. In : Influence des Rejets thermiques sur le milieu vivant en mer et en estuaire, 2ème journée de la Thermo-écologie, EDF Direction de l'Équipement édit. Paris.

1975

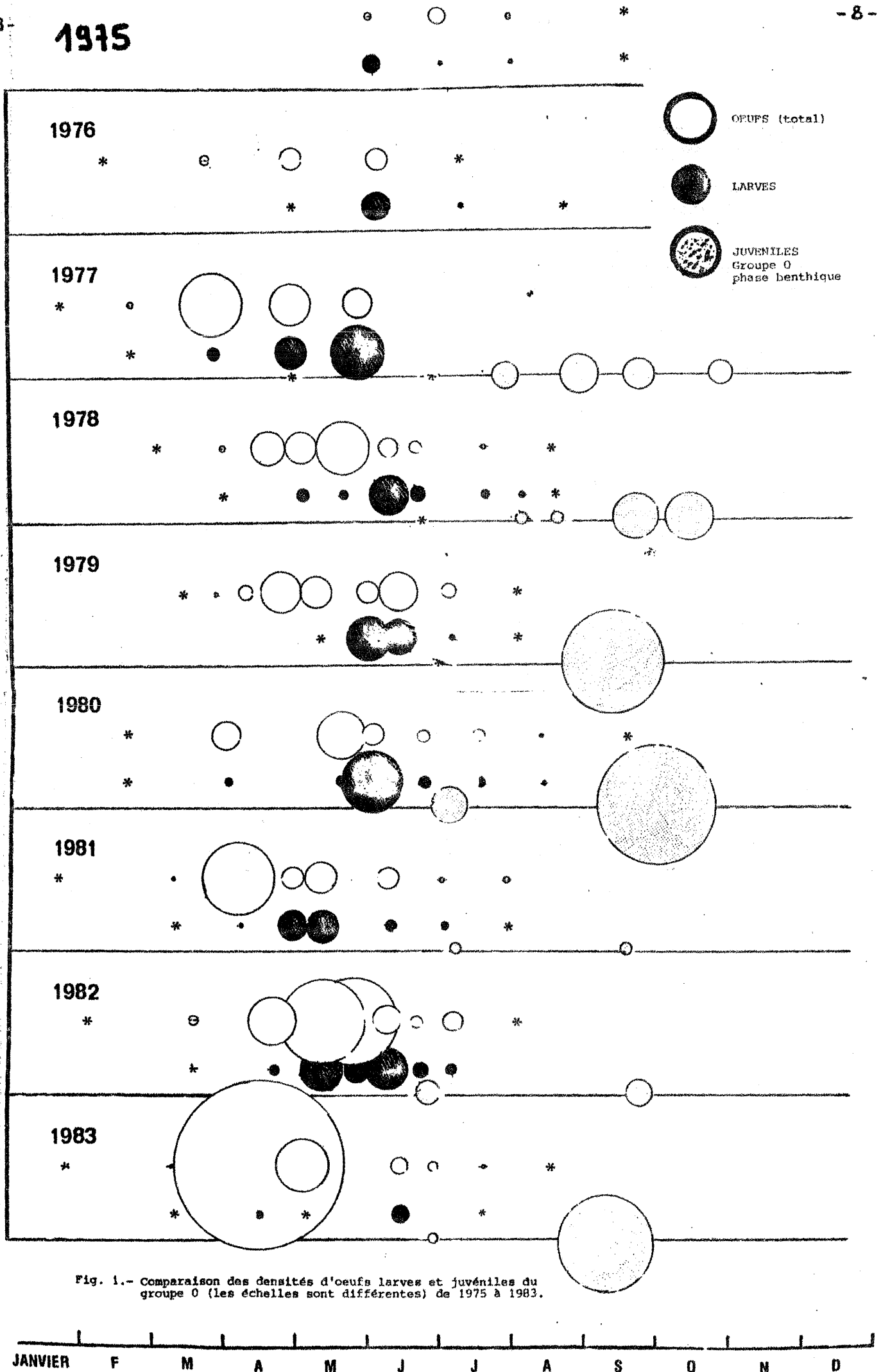
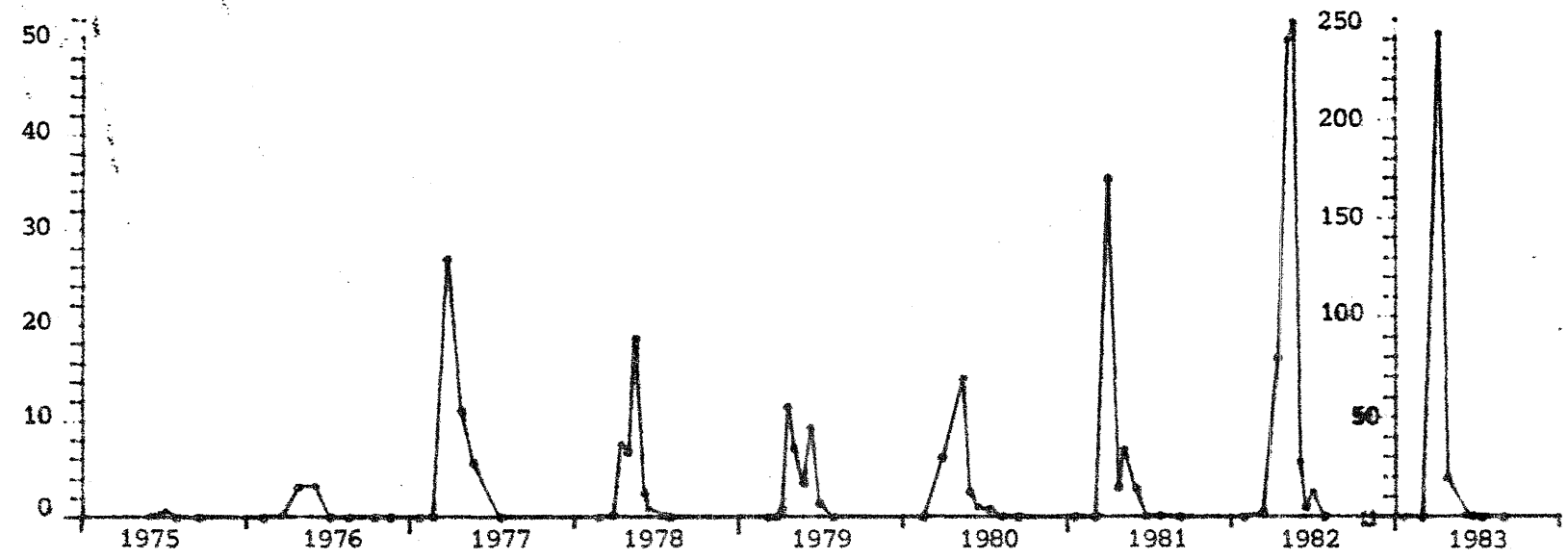


Fig. 1.- Comparaison des densités d'oeufs larves et juvéniles du groupe 0 (les échelles sont différentes) de 1975 à 1983.

JANVIER F M A M J J A S O N D

OEUFS
NB/10m³



LARVES
NB/10m³

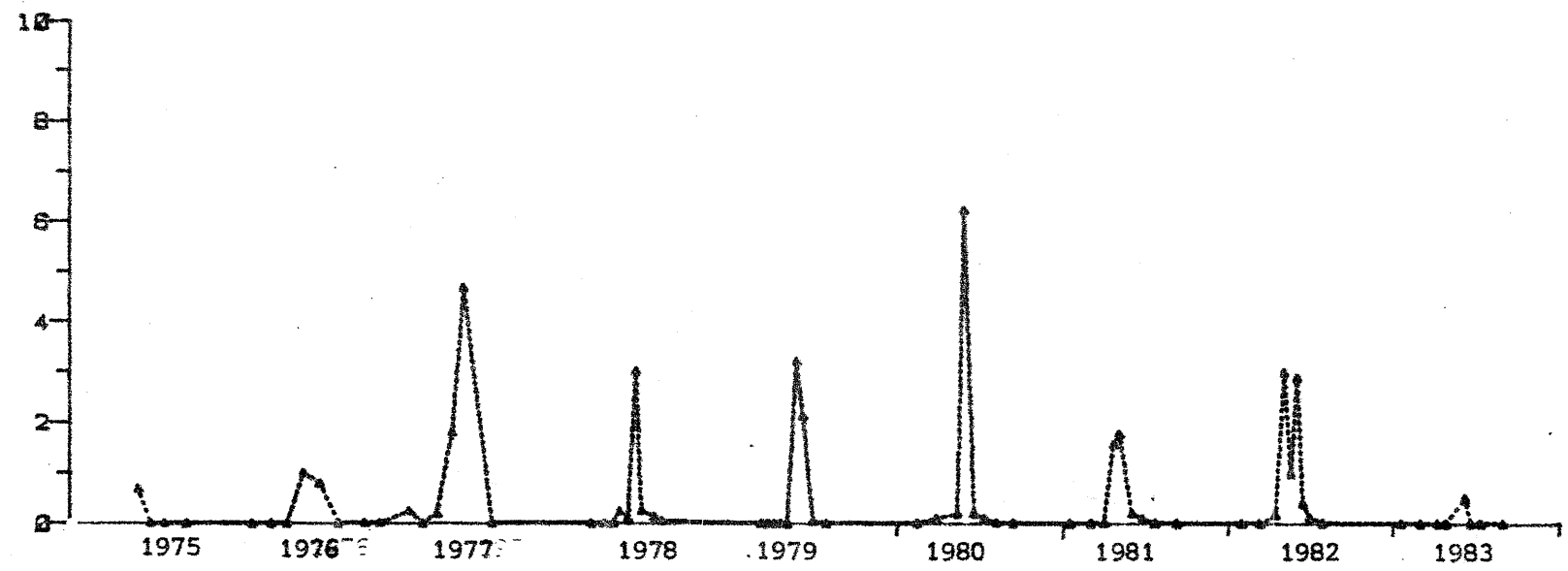


Fig. 2.- Fluctuations pluriannuelles des densités d'oeufs et de larves.

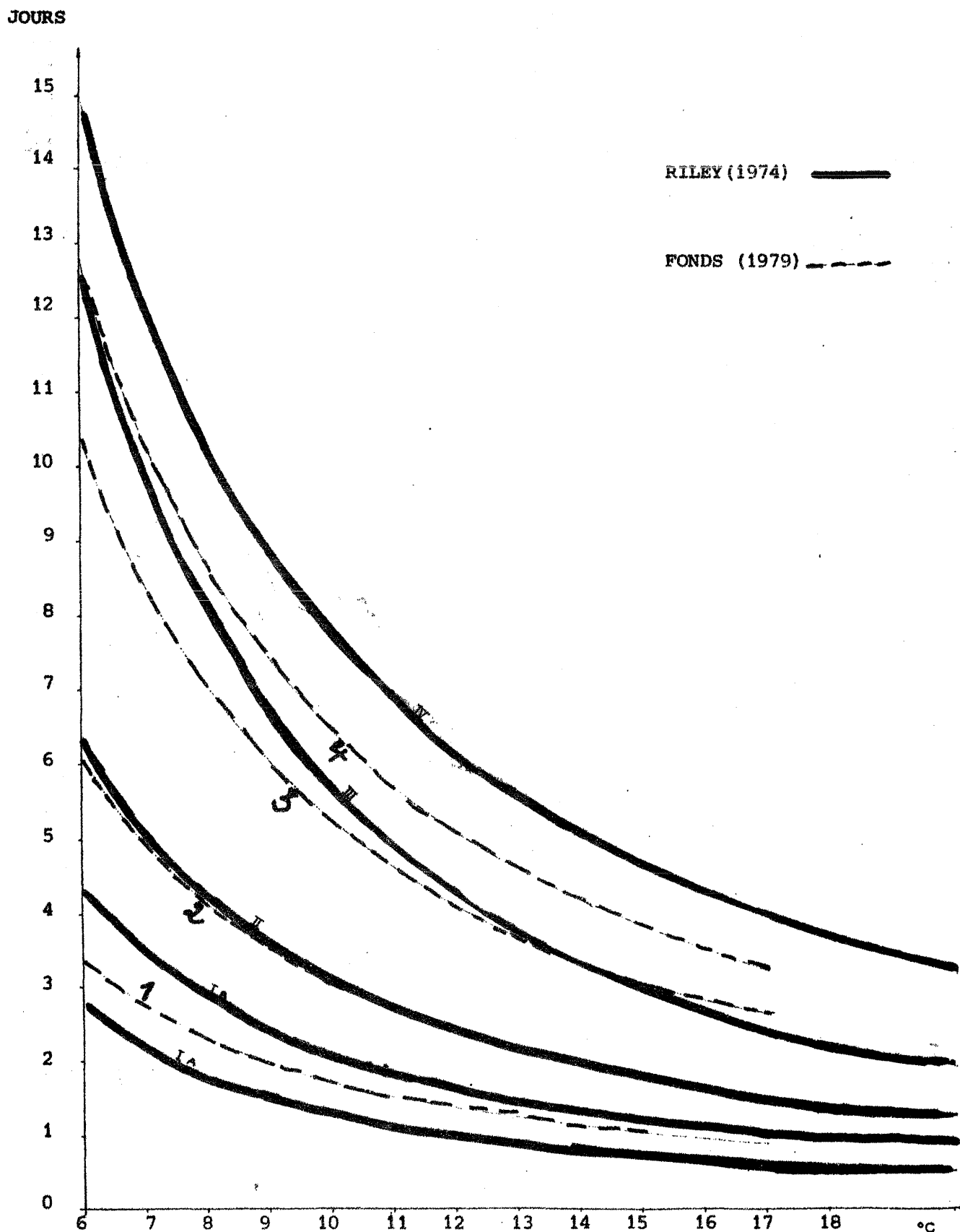


Fig. 3.- Durées de développement des oeufs de sole pour chacun des stades définis par RILEY et FONDS (voir description et équations tabl.1).

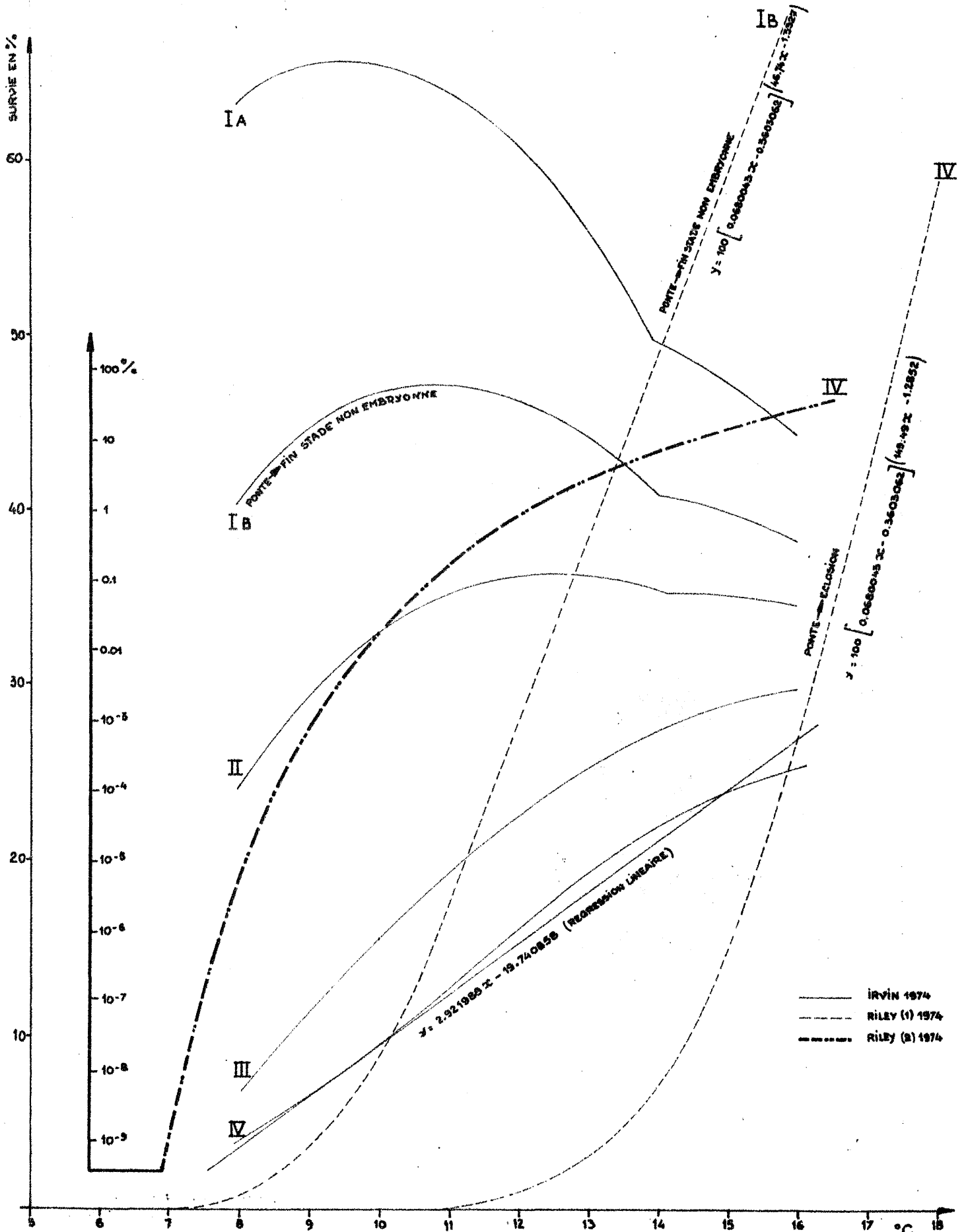


Fig. 4.- Pourcentages de survie des oeufs d'après RILEY et IRVIN.

TEMPERATURE

°C

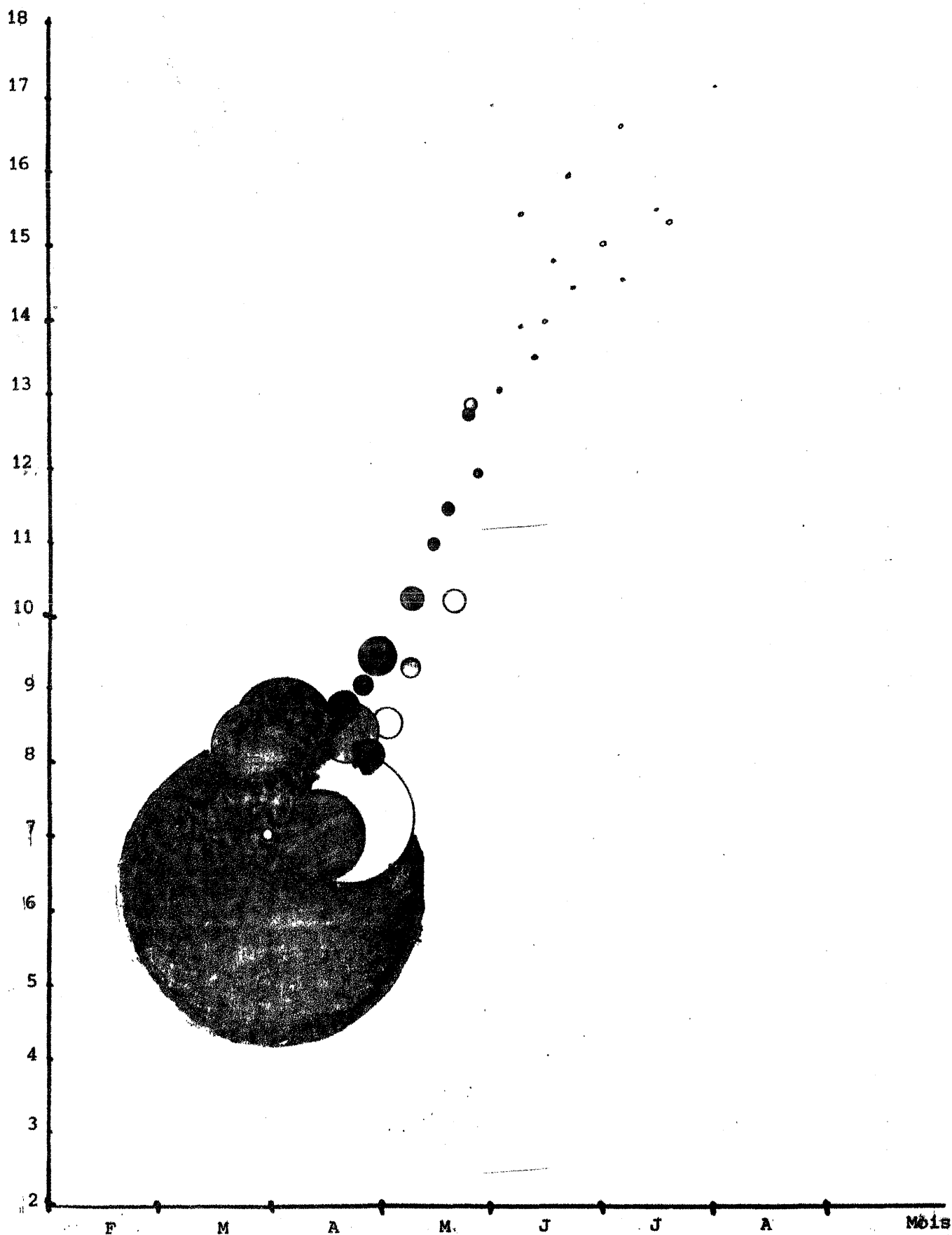


Fig. 5.- Densités d'oeufs virtuellement pondus (résultats de 1975 à 1982). Les aires sont centrées sur les courbes annuelles de température.

TEMPERATURE

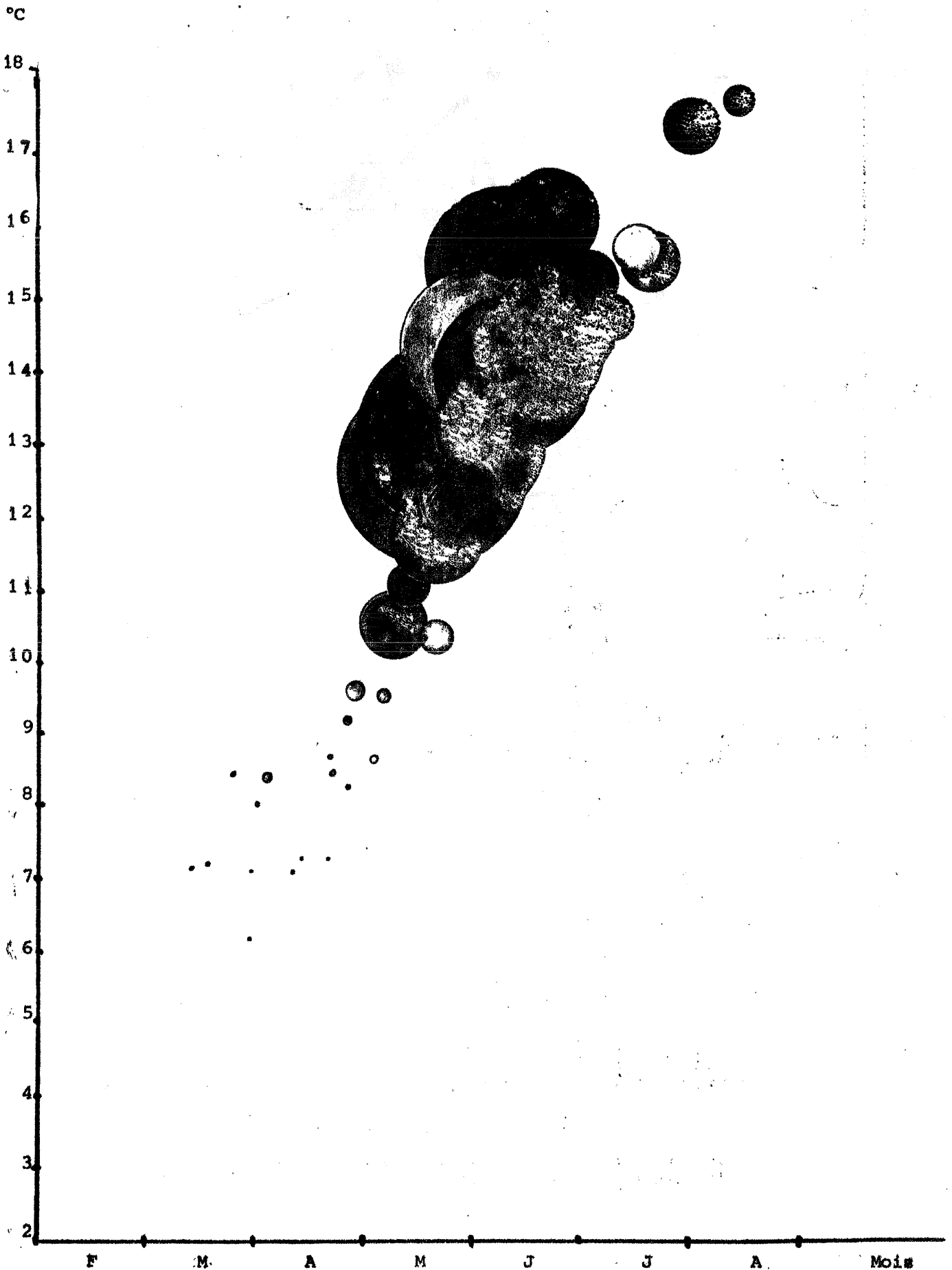


Fig. 6.- Densités de larves potentiellement écloses de 1975 à 1982 en partant des œufs au stade non embryonné - Les aires sont centrées sur les courbes annuelles de température.

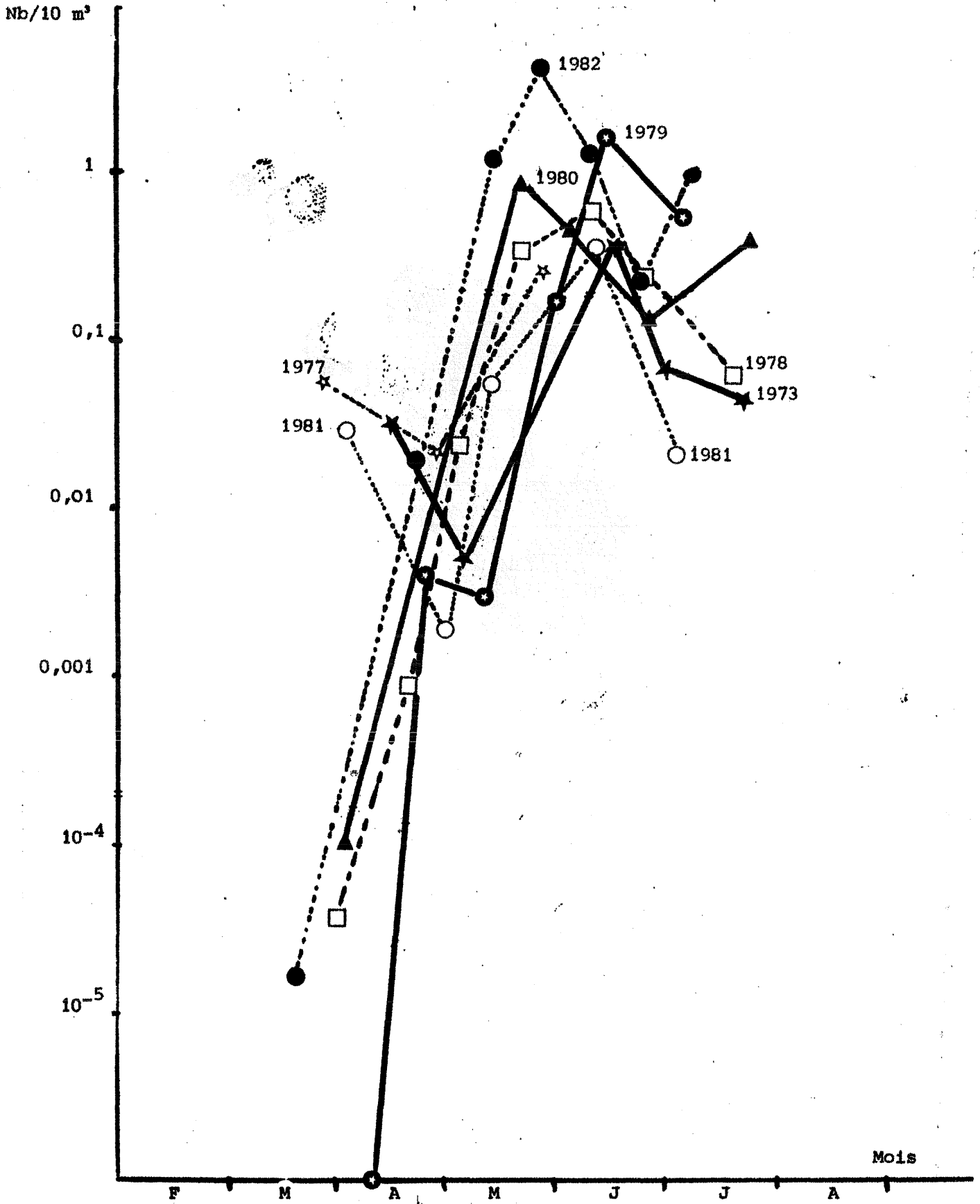


Fig. 7.- Densités de larves potentiellement écloses annuellement en partant des œufs du stade embryonné.

Tableau 1 : Description sommaire et durées en fonction de la température de quelques stades principaux du développement de l'oeuf et de la larve de sole

DUREE DE DEVELOPPEMENT

(depuis la ponte)

STADE	REFERENCE	DESCRIPTION DE LA FIN DU STADE	EQUATION DUREE = f (température)
I _A	RILEY (1974)	Blastoderme aux 4/5 du diamètre de l'oeuf	$D = 34,26 \times \theta^{-1.4121}$
I _B	"	Apparition ligne primitive	$D = 46,74 \times \theta^{-1.3327}$
II	"	Fermeture bastopore	$D = 72,39 \times \theta^{-1,3638}$
1	FONDS (1979)	" "	$D = 34,4 \times \theta^{-1,290}$
III	RILEY (1974)	Embryon aux 3/4 du diamètre de l'oeuf queue détachée du vitelus	$D = 221,89 \times \theta^{-1,5888}$
2	FONDS (1979)	Développement du bourgeon battements cardiaques	$D = 66,6 \times \theta^{-1,332}$
3	"	Embryon en U, peu avant éclosion	$D = 114,6 \times \theta^{-1,338}$
IV.	RILEY (1974)	Embryon à 300 → 320° du diamètre de l'oeuf éclosion à 320°	$D = 149,49 \times \theta^{-1,2852}$
4.	FONDS (1979)	Larves écloses flottant sur le dos.	$D = 137,8 \times \theta^{-1,329}$
5.	FONDS (1979)	Début de nutrition des larves.	$D = 270,9 \times \theta^{-1,383}$
Métamorphose	SYNTHESE A PARTIR DE FONDS (1979)	migration de l'oeil	$D = 270,9 \times \theta^{-1,383} + \frac{1,17878}{0,0092 \times \theta} - \frac{0,02206 \times \theta}{0,00019 \times \theta^2} - 0,0056$

EVOLUTION PLURIANNUELLE DES NOURRICERIES DE POISSONS PLATS

DANS LE SECTEUR DE LA BAIE DE SOMME

par

I. PERONNET* et A. TETARD*

I.F.R.E.M.E.R.

Station de Ouistreham

65,67, rue Gambetta

14150 - OUISTREHAM

ABSTRACT

Experimental surveys carried out since the year 1978, first of all at the join between spring and summer, afterwards in autumn, allowed to observe the apparent abundance and distribution of the 0-group and the 1-group among plaices, soles and dabs.

The abundance estimate of the year-classes that can be inferred, is compared to the results obtained for similar surveys on other areas.

Concerning plaice and sole, this estimate, is related to the results achieved through virtual population analysis.

Depuis 1978, des pêches expérimentales pratiquées, d'une part à la liaison entre le printemps et l'été, d'autre part, en automne, ont permis de suivre l'abondance apparente et la distribution des groupes 0 et 1 des plies, des soles et des limandes.

L'estimation d'importance des classes d'âges qui peut s'en déduire est comparée aux résultats d'études similaires sur d'autres sites et secteurs, rapprochée pour la pie et la sole des résultats obtenus par l'analyse des cohortes.

* Institut Français de Recherche
pour l'Exploitation de la Mer
Station de Ouistreham
67, rue Gambetta
14150 OUISTREHAM
(France)

I - INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, dans le cadre des études d'environnement liées à l'implantation de centrales nucléaires en bord de mer, le laboratoire de l'I.S.T.P.M. de Ouistreham étudie des nourriceries côtières de poissons plats en Manche Orientale et en Sud Mer du Nord (PERONNET et TETARD, Annls Biol., Copenh., Vol 39 et 40).

Le secteur de la baie de Somme, objet de cette communication, constitue une nourricerie plurispécifique de sole, plie et limande à laquelle est associée une pêcherie de crevette grise.

Nous présenterons ici les indices d'abondances par groupe d'âge, des juvéniles de poissons plats obtenus de 1978 à 1983. Ces résultats seront comparés d'une part aux indices de recrutement tirés de l'analyse des cohortes (résultats du groupe de travail poissons plats du CIEM) et d'autre part aux résultats des campagnes similaires françaises ou étrangères qui concernent la Manche Orientale et la mer du Nord.

Ce document consacre également une large part à la formulation d'hypothèses concernant l'influence de la température de l'eau et de ses variations saisonnières vis à vis de la précocité d'apparition des classes d'âge et de la structure démographique des juvéniles de sole.

II - METHODOLOGIE

La méthodologie mise en oeuvre vise essentiellement à évaluer un indice global de l'abondance des groupes 0 et 1 de poissons plats au niveau du secteur considéré.

En 1978, des prélèvements ont été effectués mensuellement de mai à octobre. Les années suivantes, la fréquence a été réduite à deux campagnes annuelles :

- 1'une au printemps-début d'été (1^{re} quinzaine de juillet) période à laquelle les juvéniles du groupe 1 sont bien représentés dans la zone littorale.

- 1'autre en fin d'été-début de l'automne (2^e quinzaine de septembre) toujours avant les premiers refroidissements automnaux susceptibles de déclencher des migrations hors de la zone côtière. Cette période correspond au maximum d'abondance des juvéniles du groupe 0.

La technique d'échantillonnage utilisée est l'application de méthodes mises au point et éprouvées depuis plusieurs années au niveau international pour l'étude des juvéniles de poissons plats (KUIPERS, 1975).

L'engin de pêche adopté est le chalut à perche. Nous avons utilisé, à partir de bateaux professionnels, deux de ces engins d'envergures différentes munis d'un filet de même maillage (20 mm en maille étirée) :

- Un chalut à perche de 3 m servant à prospecter les sondes de 0 à 20 m entre Dieppe et la baie d'Authie. Sur les fonds "doux" entre le Tréport et la baie d'Authie le filet était muni d'un bourrelet chaîné précédé d'une chaîne à lever le poisson ; par contre entre Dieppe et le Tréport où les fonds sont plus "durs", un bourrelet à rondelles caoutchouc a été utilisé sans chaîne en avant.

- Un chalut à perche de 2 m, utilisé sur les petits fonds à l'intérieur et aux abords immédiats de la baie de Somme, muni d'un filet avec bourrelet chaîné et d'une chaîne à lever le poisson.

Les caractéristiques techniques des engins et leur mise en oeuvre ont été maintenues autant que possible constantes durant toute cette étude afin de ne pas entraîner de trop fortes variations de capturabilité.

Un plan d'échantillonnage stratifié, principalement basé sur la bathymétrie, a été établi. L'effort d'échantillonnage est alloué préférentiellement aux strates côtières qui correspondent aux zones de plus forte densité.

Les chalutages d'une durée standard de 15 minutes pour le CP3 m et de 3 minutes pour le CP2 m sont réalisés parallèlement à la côte et à sonde constante. La vitesse moyenne de traîne est d'environ 3 nds par rapport au fond et la distance parcourue est calculée à partir des coordonnées de filage et de virage (DECCA, Radar et amers à terre) du fait de l'absence de techniques plus fiables.

A l'issue de chaque trait, les captures sont déterminées, dénombrées et pesées. Les espèces principales sont mesurées et sexées. Pour les soles, plies et limandes, des otolithes sont prélevées à raison de 5 par classe de taille au cm et par sexe pour l'établissement de clés taille-âge.

La méthode de calcul d'un indice global d'abondance et de sa variance est celle décrite par B. MESNIL (1983) et utilise comme estimateur dans chaque strate l'indice obtenu par expansion de surface. Les résultats sont exprimés en nombre d'individus pour 1000 m² et l'intervalle de confiance sur cet indice a été calculé d'après COCHRAN (1977).

En ce qui concerne le calcul de la taille moyenne des juvéniles de soles par campagne, nous avons donné dans chaque strate la même importance à chacun des traits afin d'éviter un éventuel biais dû à une répartition non homogène des tailles des individus.

III - RESULTATS

1. - Indices d'abondances

Les indices d'abondance pour les groupes 0 et 1 de soles, plies et limandes sont présentés sur le tableau 1. L'intervalle de confiance à 95 % sur cet indice est indiqué.

a) SOLE

Nous avons porté les indices du groupe 0 à l'automne ainsi que ceux du groupe 1 du début de l'été en fonction des indices au recrutement données par l'analyse de cohorte en Manche-Orientale (Anon., 1983)(fig. 1). Dans les deux cas, les corrélations positives observées ne tiennent qu'aux résultats de la seule année 1979.

La même démarche menée cette fois avec les indices au recrutement en mer du Nord (fig. 2) conduit à des corrélations nettement plus satisfaisantes. Il semblerait donc que le pré-recrutement de soles au niveau de la baie de Somme se rattache à celui de la mer du Nord. Cependant, il ne faut pas perdre de vue que les statistiques sur les débarquements réalisés en Manche-Orientale sont très incomplètes, ce qui entraîne une grande imprécision de l'indice au recrutement pour ce secteur.

Pour minimiser d'éventuelles erreurs d'échantillonnage, nous avons défini un indice combiné de pré-recrutement comme la moyenne géométrique entre l'indice du groupe 0 à l'automne et celui du groupe 1 au début de l'été (fig. 3). La pondération ainsi effectuée permet moyennant des extrapolations d'augmenter le nombre de données. La corrélation plus satisfaisante de cet indice avec les V.P.A. de mer du Nord apparait de la même façon que précédemment.

Une comparaison de nos indices avec ceux obtenus dans d'autres secteurs fait apparaître une convergence marquée avec les données hollandaises, en particulier pour les classes bien représentées comme 1979 et 1981 (Anon, 1983) et dans une moindre mesure (1979) avec les campagnes D.Y.F.S. du laboratoire IFREMER de BOULOGNE S/ MER (B. MESNIL, 1983). Par contre, aucune relation n'apparait avec les résultats anglais.

Il est classiquement admis que ce n'est qu'à partir du groupe 1 que l'on peut trouver un bon prédicteur de la force des classes d'âge. Nos résultats indiquent pourtant que la meilleure corrélation avec l'indice au recrutement s'observe avec le groupe 0 à l'automne (hypothèse d'un fonctionnement synchrone de la nurserie de baie de Somme avec celles de la mer du Nord).

Cette observation en baie de Somme, liée au fait que l'échantillonnage a pris en compte une zone très côtière qui n'est accessible qu'aux bateaux de très faible tirant d'eau, confirme l'hypothèse de plusieurs auteurs selon laquelle l'utilisation de navire océanographique, excluant l'échantillonnage des secteurs les plus côtiers tend à biaiser les estimations sur le groupe 0.

Cet état de fait apparait également au niveau de la forme des relations que l'on peut trouver dans la littérature, où l'ajustement conduit généralement à une relation puissance alors que dans notre cas, la relation linéaire passe près de l'origine.

b) PLIE

Pour cette espèce l'on ne dispose d'indice au recrutement que pour la mer du Nord. Nous avons donc tracé les relations entre ce seul indice de V.P.A. disponible et nos indices d'abondance pour les groupes 0 de début d'été et d'automne (fig. 4) et les groupes 1 obtenus aux mêmes périodes (fig. 5). La meilleure corrélation est obtenue avec l'indice du groupe 0 à l'automne. Comme pour la sole, l'idée d'une

	SOLE				PLIE				LIMANDE			
	début été		automne		début été		automne		début été		automne	
	GR 0	GR 1	GR 0	GR 1	GR 0	GR 1	GR 0	GR 1	GR 0	GR 1	GR 0	GR 1
1978	0.01 +/- 0.01	0.27 +/- 0.36	0.53 +/- 0.26	0.14 +/- 0.06	1.90 +/- 1.48	0.72 +/- 0.86	1.52 +/- 1.12	0.18 +/- 0.30	0.12 +/- 0.11	0.96 +/- 0.83	20.00 +/- 127.19	0.19 +/- 0.30
1979	0.05 +/- 0.03	0.05 +/- 0.03	2.72 +/- 1.76	0.11 +/- 0.08	2.98 +/- 1.83	0.28 +/- 0.12	3.73 +/- 4.11	0.22 +/- 0.11	0.03 +/- 0.03	2.41 +/- 2.12	2.70 +/- 2.38	0.93 +/- 0.39
1980	0.37 +/- 0.47	0.89 +/- 0.61	1.07 +/- 0.58	1.35 +/- 1.01	0.74 +/- 0.35	0.38 +/- 0.22	1.12 +/- 1.02	0.35 +/- 0.31	0.54 +/- 0.47	1.30 +/- 0.80	11.54 +/- 14.93	3.43 +/- 3.15
1981	0.16 +/- 0.09	0.21 +/- 0.21	2.00 +/- 0.53	0.77 +/- 0.56	2.31 +/- 0.75	0.06 +/- 0.04	5.31 +/- 2.18	0.04 +/- 0.05	4.46 +/- 3.42	1.42 +/- 0.80	35.16 +/- 16.90	1.24 +/- 0.41
1982	0.06 +/- 0.07	0.19 +/- 0.16	0.46 +/- 0.33	0.03 +/- 0.03	0.64 +/- 0.37	0.35 +/- 0.21	1.49 +/- 0.82	0.25 +/- 0.15	0.40 +/- 0.20	4.46 +/- 2.11	6.77 +/- 7.30	4.56 +/- 3.62
1983	0.07 +/- 0.08	0.45 +/- 0.59	0.38 +/- 0.16	0.02 +/- 0.02	4.29 +/- 2.05	0.26 +/- 0.15	2.42 +/- 1.12	0.04 +/- 0.04	1.55 +/- 0.45	1.62 +/- 0.79	1.68 +/- 0.90	0.23 +/- 0.14

Tabl. 1 .- Indices d'abondance (nbre pour 1 000 m²) par groupe d'âge pour la sole, la plie et la limande en baie de Somme, de 1978 à 1983; l'intervalle de confiance à 95% est indiqué.

évolution synchrone du pré-recrutement de plie en Manche-Orientale et en mer du Nord peut être formulée. Ici encore, on peut trouver une confirmation de cette hypothèse par les campagnes de pré-recrutement réalisées dans d'autres secteurs (campagnes D.Y.F.S. en France et aux Pays-Bas) par contre les résultats des campagnes anglaises ne convergent que pour l'année 1981.

c) LIMANDE

Nos données ne peuvent être comparées à des indices de recrutement, ceux-ci sont en effet inexistantes. Les résultats suggèrent pourtant une très bonne relation entre les indices du GRO à l'automne et ceux du groupe 1 au printemps ($r = 0.97$).

Au niveau du pré-recrutement, la classe 1981 domine largement sur toute la période étudiée. Cette observation corrobore celle des campagnes D.Y.F.S. (MESNIL B., 1983).

2. - Température et structure démographique des juvéniles de sole

Ne disposant pas de données précises sur les cycles hydro-climatiques du secteur de la baie de Somme, nous avons utilisé les relevés hydrologiques du RNO* qui encadrent ce secteur : Dunkerque (Sud mer du Nord), baie de Seine (Manche-Est)(fig. 6).

En l'occurrence, l'examen de ces cycles thermiques aboutit à la même hiérarchisation des années en fonction des températures hivernales ou estivales (tabl. 3). Cette classification des années a été adoptée pour le secteur de la baie de Somme.

a) Influence des températures estivales sur la croissance des juvéniles du groupe 0 au cours de l'été

La taille moyenne atteinte par une cohorte à l'automne de sa première année, semble être sous la dépendance directe des températures estivales ; l'influence positive des températures élevées sur la croissance des juvéniles au cours de leur premier été est nette.

Le taux d'accroissement journalier de la cohorte a été calculé pour la période séparant les deux prélèvements (tabl. 2). Les taux de croissance les plus élevés coïncident toujours avec les étés les plus chauds (1982, 1983) ; de même les accroissements les plus faibles correspondent aux étés les moins chauds.

Il apparaît de ce fait pour le groupe 0 une superposition parfaite entre les températures estivales et les taux d'accroissements journaliers (tabl. 2 et 3).

b) Influence des températures hivernales (tabl. 2 et 3)

Il est classiquement admis que les températures hivernales ont une influence directe sur la période de ponte de la sole, des hivers froids pouvant conduire à un retard de la ponte (WOEHLING et coll. 1981). Les études sur la reproduction de la sole dans diverses régions indiquent un décalage des pontes en fonction de la latitude (DENIEL, 1981).

Nous avons tenté de mettre en évidence une éventuelle influence des températures hivernales sur le pré-recrutement des juvéniles.

La taille moyenne des individus du groupe 0 au début de l'été peut être retenue comme premier indice de précocité de l'arrivée des juvéniles sur la nurserie. La montée des températures printanières étant sensiblement la même d'une année à l'autre,

* RNO : Réseau National d'Observation.

	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Taux de croissance (en mm/jour)	0.47	0.32	0.46	0.46	0.55	0.89
Taille moyenné début été (cm)	3.5 (s=0)	5.4 (s=0.5)	5.1 (s=0.8)	5.1 (s=0.6)	4.5 (s=0.4)	3.4 (s=0.5)
Taille moyenne rapportée au 1.07 (cm)	3.5	5.0	4.4	4.6	4.5	3.3
Taille moyenne automne (cm)	9.0 (s=1.6)	7.7 (s=1.2)	8.1 (s=1.7)	9.3 (s=1.4)	9.4 (s=1.6)	11.4 (s=2.0)
Taille moyenne rapportée au 30.09 (cm)	8.5	7.9	8.8	8.9	9.4	11.4
Indice de précocité	1.72	1.74	1.33	1.10	0.88	0.73

Tabl. 2.- SOLE - groupe 0 : Taux de croissance journalier pendant la période estivale, taille moyenne du groupe 0 et indice de précocité d'arrivée des juvéniles sur la nourricerie (*).

(*) Indice de précocité = $\log \frac{\text{Indice d'abondance du groupe 0 à l'automne}}{\text{Indice d'abondance du groupe 0 au début-été}}$

Années hiver doux	Années hiver intermédiaire	Années hiver froid
1980 - 1981	1982 - 1983	1979 - 1978
Années été chaud	Années été intermédiaire	Années été froid
1982 - 1983	1980 - 1981	1978 - 1979

Tabl. 3.- Classification des années par rapport aux températures hivernales et estivales de l'eau.

la taille des individus rapportée à une date fixe (1er juillet) ne devrait être fonction que de la date de métamorphose ou d'arrivée sur la nourricerie.

Or, si l'on considère les années à caractéristiques thermiques extrêmes, 1979 et 1978 apparaissent comme des années à hivers rigoureux et devraient correspondre à des années où les pontes ont été retardées. Cependant, on constate que les tailles moyennes de ces deux cohortes sont dissemblables, et correspondent aux tailles extrêmes (tabl. 2 et 3).

En 1980, année à hiver doux donc ponte plus précoce, la taille moyenne des juvéniles est faible.

Cet indice de précocité ne semble donc pas lié de façon simple à la température hivernale. Toutefois, les faibles abondances des cohortes au début de l'été peuvent entraîner un biais dans l'évaluation des tailles moyennes à cette époque (peu d'individus mesurés).

Il est cependant possible de définir un autre indice de précocité, basé sur les abondances des cohortes, comme le logarithme du rapport de la densité du groupe 0 à l'automne et la densité du groupe 0 au début de l'été.

Une valeur indicielle faible correspond alors à un pré-recrutement précoce, l'abondance des juvéniles ayant été importante dès le début de l'été.

Les valeurs de ces indices sont calculées pour chaque année et réparties dans le tableau 2.

Hormis, les années (1979 et 1978) où l'on a bien un indice de précocité élevé (ponte tardive) associé à un hiver froid, la relation avec la température n'apparaît pas clairement. Le plus souvent, nous sommes confrontés à des associations de type indice élevé et hiver doux (1980-1981) ou de type indice faible et hiver assez froid (1982-1983).

Il est à noter que nos 2 indices de précocité n'évoluent pas dans le même sens et qu'il n'existe pas de corrélation satisfaisante entre eux ($r = 0.3$). Cette corrélation positive signifierait que plus la ponte est tardive plus la taille des juvéniles est grande.

En revanche, il est possible d'établir une corrélation significative ($r = 0.8$) entre l'indice de précocité et la taille des juvéniles à l'automne, laquelle semble indiqué que dans le cas d'hiver froid, la taille de la cohorte à l'automne est faible et inversement pour les années à hiver peu rigoureux.

Mais le phénomène est en fait difficilement interprétable car à l'automne la taille moyenne de la cohorte ne dépend plus uniquement de la date d'arrivée des juvéniles sur la nurserie mais dépend également de leur croissance estivale, fortement liée aux températures qui ont régné pendant cette période. Il se trouve que les années à hiver froid (1978, 1979) connaissent un été aux températures les plus basses donc à faible taux de croissance rétablissant un lien artificiel entre l'indice de précocité et la taille moyenne des juvéniles.

c) Effet de l'abondance sur la taille des individus

Parmi les nombreux facteurs pouvant intervenir sur la croissance des poissons plats (abondance, alimentation, température, interaction entre espèces, ...), nous avons tenté de corréliser l'abondance (indice combiné) avec la taille moyenne du groupe 0 à l'automne. Le coefficient de régression de -0.43 qui a été trouvé, suggérerait une relation du type "density-dépendance", c'est à dire que plus la cohorte est

importante, plus la croissance des individus est faible. Mais dans le cas présent, l'action de la température estivale vient se superposer à ce phénomène, les plus fortes abondances correspondant aux étés froids, où la croissance est la plus faible (1979) et inversement (1983) : aucune conclusion ne peut être dégagée, ces deux effets étant en l'occurrence, indiscernables.

IV - DISCUSSION - CONCLUSION

En présentant les résultats des campagnes menées jusqu'ici, nous ne prétendons pas, compte tenu de la brièveté de la série disponible, tirer de conclusion définitive. De surcroît, l'aspect pluri-spécifique de la nurserie et les incidences possibles au niveau du pré-recrutement de chaque espèce n'a pas été abordé. Il importait surtout de faire le point sur la validité des résultats obtenus par ce type d'étude et d'émettre quelques hypothèses sur les facteurs pouvant influencer sur le devenir d'une cohorte et par là-même sur le recrutement.

On remarque, que contrairement à ce qui résulte de plusieurs études sur le pré-recrutement des poissons plats, le groupe O apparaît ici comme un bon prédicteur de la force des cohortes et ce malgré les fortes mortalités naturelles auxquelles ces individus peuvent ensuite être soumis, (1er hiver, prédation, ...). Cette différence est très probablement le fait d'une stratégie d'échantillonnage mieux dirigée sur la frange littorale la plus côtière, permise par l'utilisation de chalutiers de plus faibles tirant d'eau que les navires océanographiques classiques.

La baie de Somme s'avère être une nourricerie de sole et de plie dont la dynamique serait plutôt à relier à celles de la mer du Nord (sous réserve des résultats de l'évaluation analytique des stocks en Manche (V.P.A.)) et plutôt en opposition avec les phénomènes observés sur les côtes anglaises de mer du Nord.

Parmi, les facteurs pouvant agir sur l'importance du pré-recrutement, l'influence de la température hivernale sur les juvéniles du groupe O (taille moyenne, rapport des abondances du groupe O entre l'automne et le début de l'été) n'apparaît pas nettement et ne pourrait être qu'indirecte.

En revanche, la croissance de ces juvéniles est directement liée aux variations des températures estivales. Des ralentissements de croissance dus à de fortes densités des cohortes ne sont malheureusement pas discernables, si ils existent, de l'effet des températures estivales.

Bien que, dans le cas de la sole, il n'existe pas d'unité de stock entre la Manche Orientale et la mer du Nord comme le montrent des expériences de marquages (M. GIRET, com. pers.), l'évolution semble-t-il synchrone du pré-recrutement entre la baie de Somme et la mer du Nord (à l'exception du secteur anglais) suggère une convergence, à grande échelle, des phénomènes agissant sur le déterminisme du recrutement de cette espèce.

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME, 1983. - Report of the North Sea Flatfish Working Group. - Cons. Int. Explor. Mer, C.M. 1983 / Assess : 11.
- COCHRAN (W.G.), 1977. - Sampling Techniques. - NEW-YORK : John Wiley et sons, 413 p.
- DENIEL (C.), 1981. - Les poissons plats en baie de Douarnenez. - Thèse Université de Bretagne Occidentale n° 71.
- KUIPERS (B.), 1975. - On the efficiency of a two-meters beam trawl for the juvenile plaice. - Neth. J. of Sea Research, 9 (1) : 69-85.
- MESNIL (B.), 1983. - Indices d'abondance des juveniles de poissons plats devant les côtes françaises de Manche-Est et de Mer du Nord. Résultats des campagnes D.Y.F.S. 1977 à 1982. - Cons. Int. Explor. Mer, comité des poissons démersaux, G : 55.
- PERONNET (I.) et TETARD (A.), 1982. - Etude de deux nurseries des côtes françaises de la Manche Orientale et du Sud de la Mer du Nord. - Cons. Int. Explor. Mer, Annls. Biol. Copenh: 39 (à paraître).
- _____ 1983. - Etude de deux nurseries des côtes françaises de la Manche Orientale et du Sud de la Mer du Nord. - Cons. Int. Explor. Mer, Annls. Biol. Copenh. 40 (à paraître).
- WOEHLING (D.), GIRET (M.) et HALGAND (D.), 1981. - Reproduction des poissons et température de l'eau. Cas du sprat (Sprattus sprattus L.) et de la sole (Solea vulgaris Q.) sur différents sites en Manche et Sud de la Mer du Nord. - In influence des rejets thermiques sur le milieu vivant en mer et en estuaire. 2èmes journées de la Thermoécologie ; E.D.F. Dir. Equipement édit., Paris.

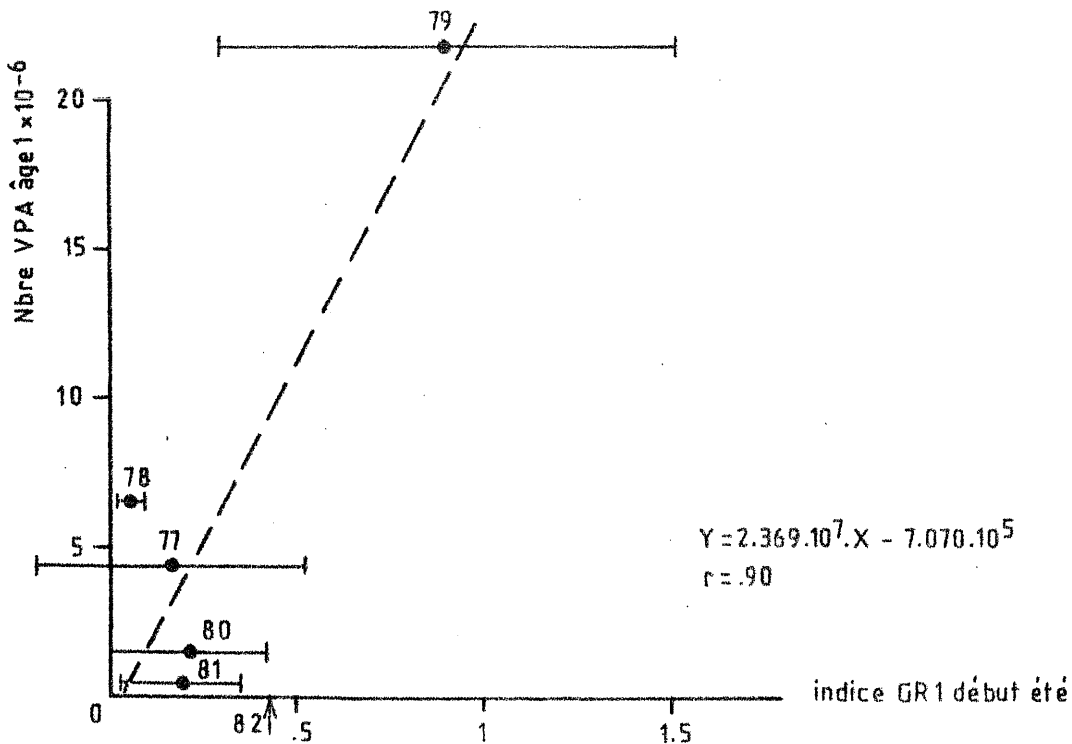
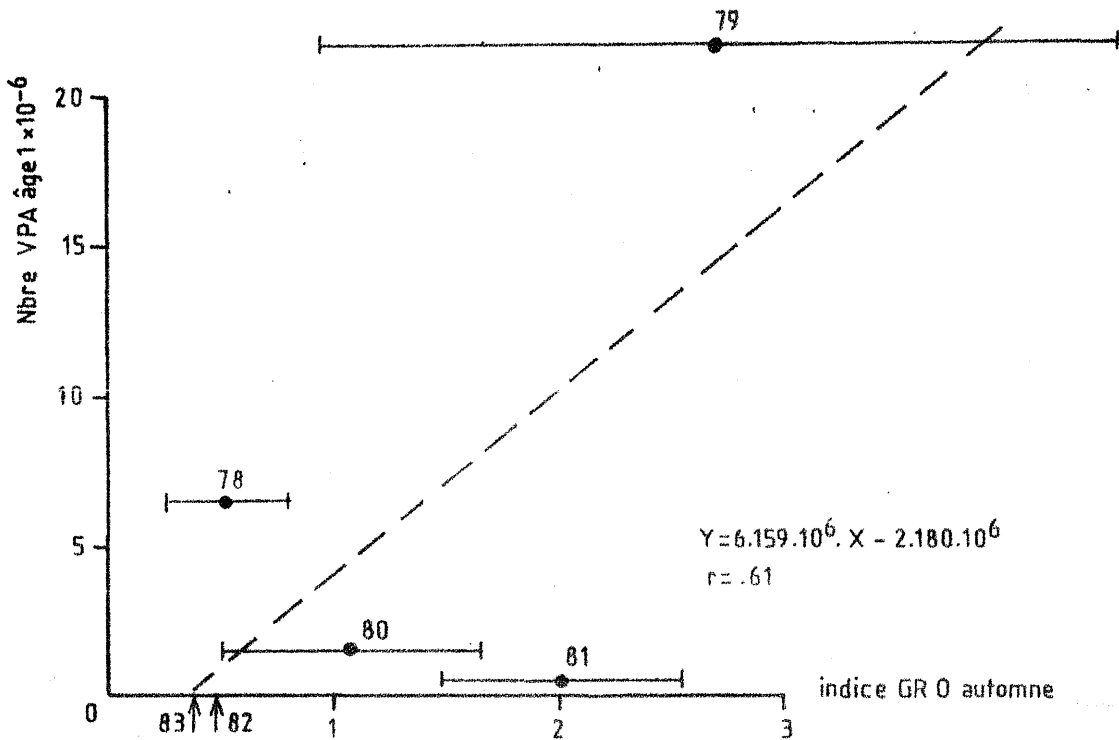


Fig. 1 .- SOLE : relation entre l'effectif au recrutement (âge 1) en Manche Orientale et les indices GR0 et GR1 obtenus en baie de Somme. (Les classes d'âge, l'intervalle de confiance à 95% et les paramètres des régressions linéaires sont indiqués).

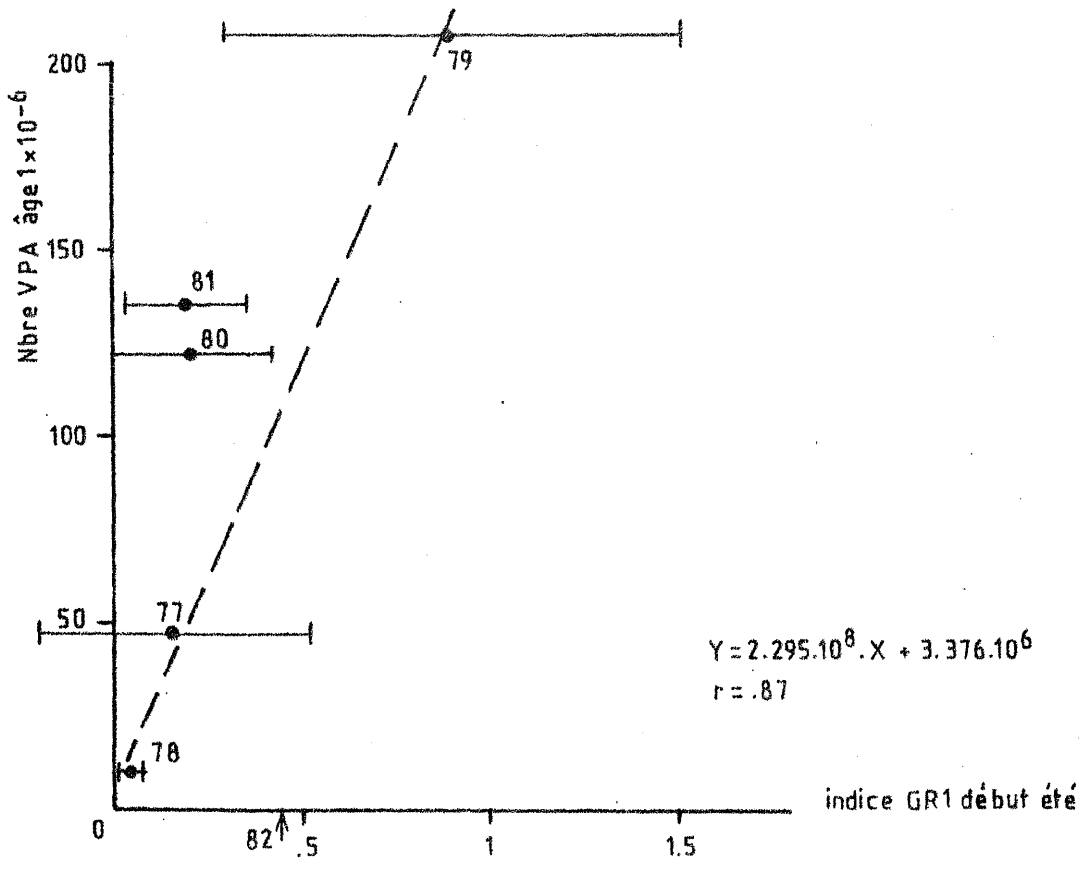
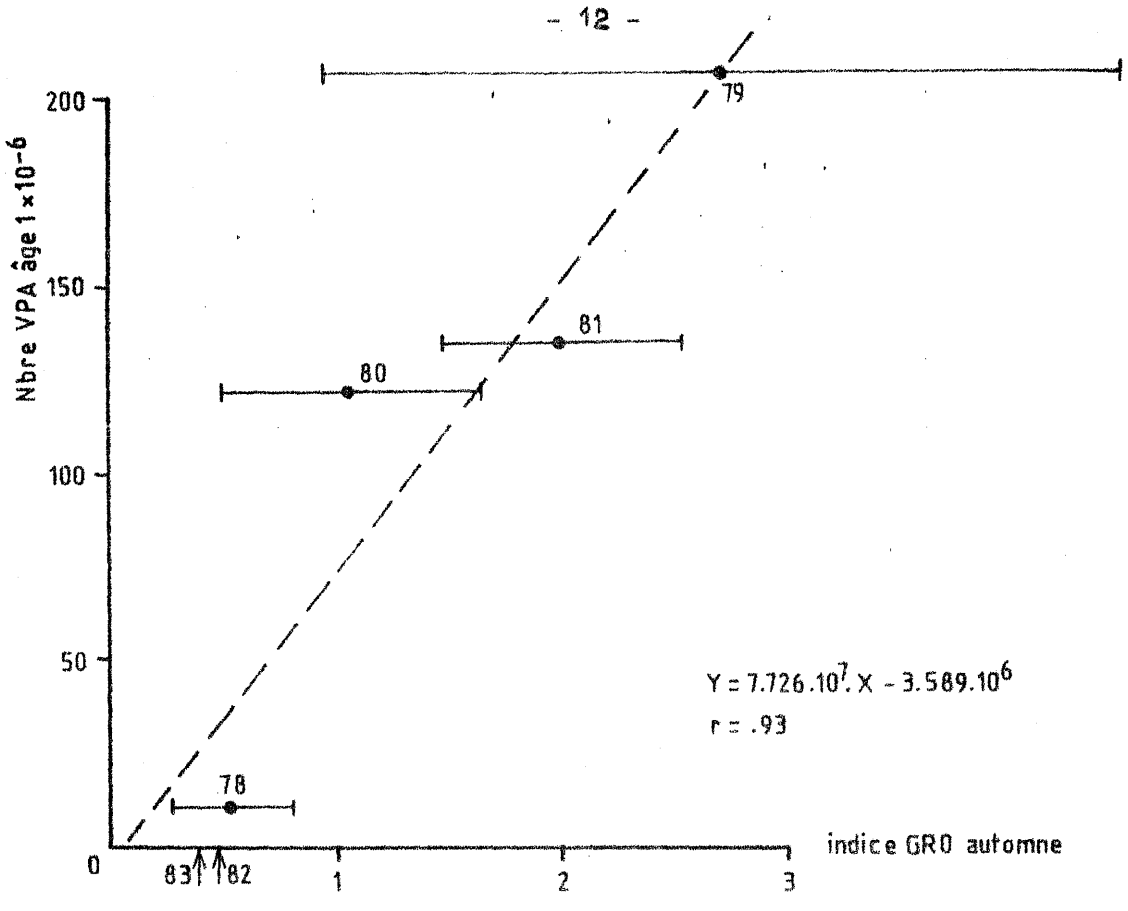


Fig. 2 .- SOLE : relation entre l'effectif au recrutement (âge 1) en mer du Nord et les indices GRO et GR1 obtenus en baie de Somme. (Les classes d'âge, l'intervalle de confiance à 95% et les paramètres des régressions linéaires sont indiqués).

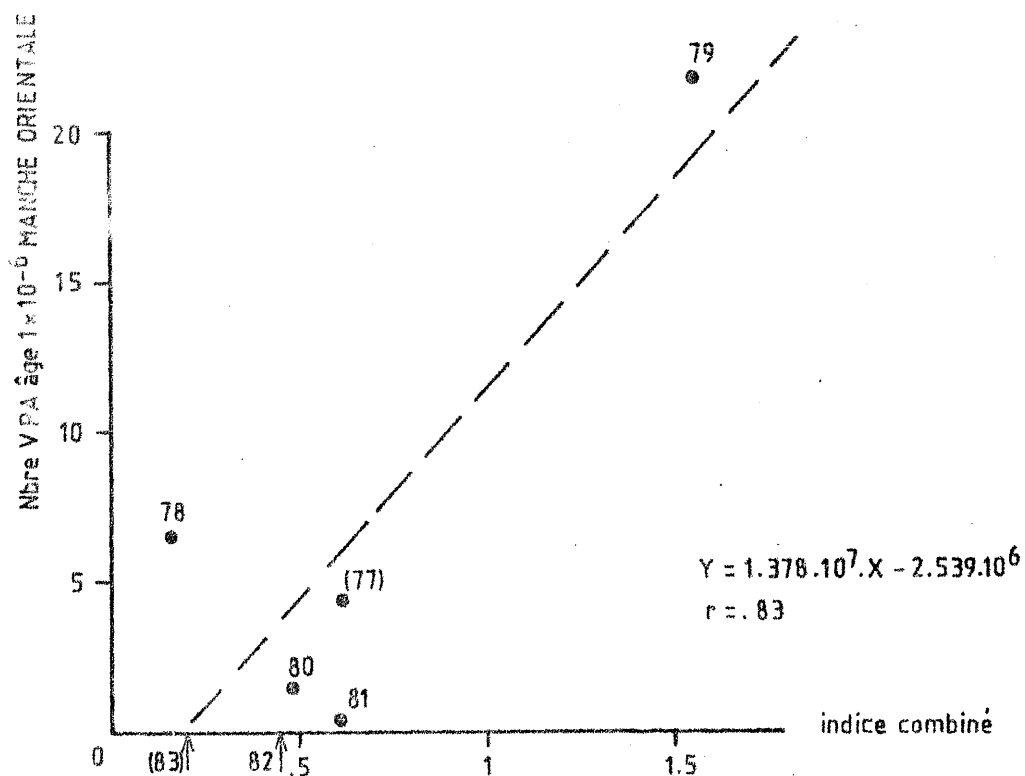
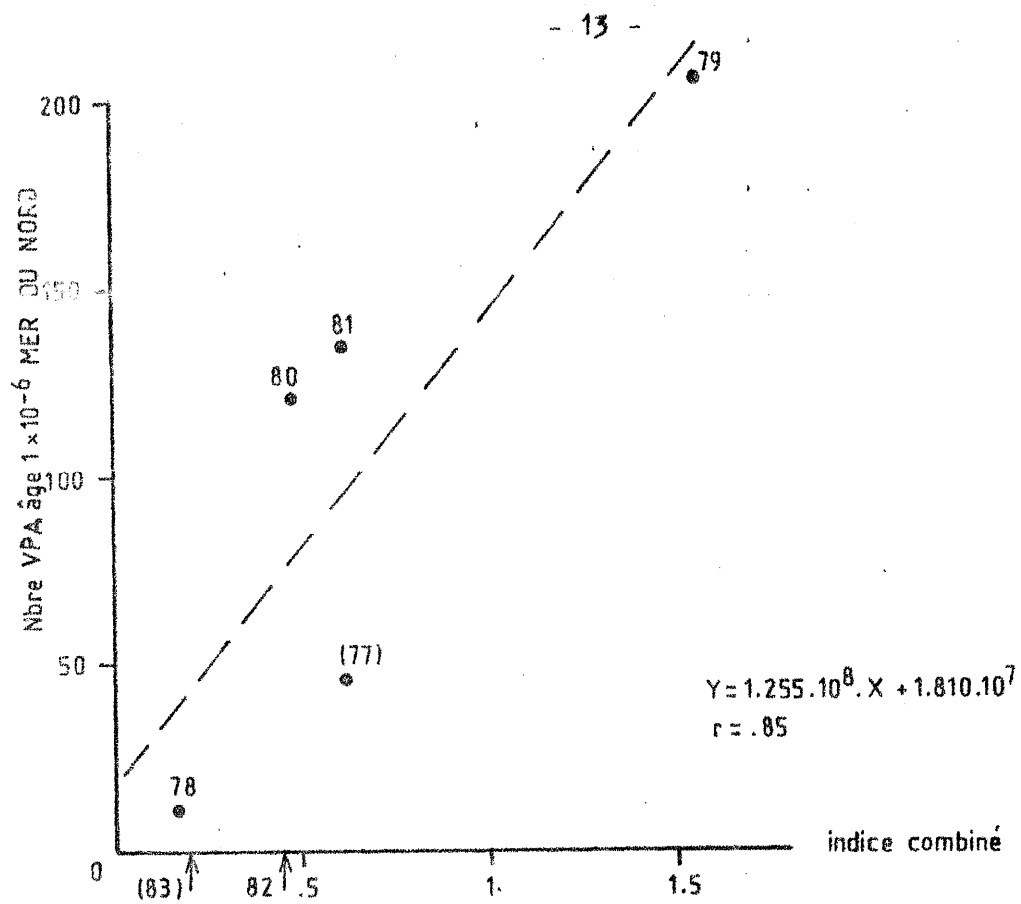


Fig. 3 .- SOLE : relation entre effectif au recrutement (âge 1) pour la mer du Nord et la Manche Orientale et l'indice combiné (moyenne géométrique entre l'indice du GRO à l'automne et celui du GR1 au début de l'été). (Les classes d'âge et les paramètres des régressions linéaires sont indiqués ; () = valeurs extrapolées).

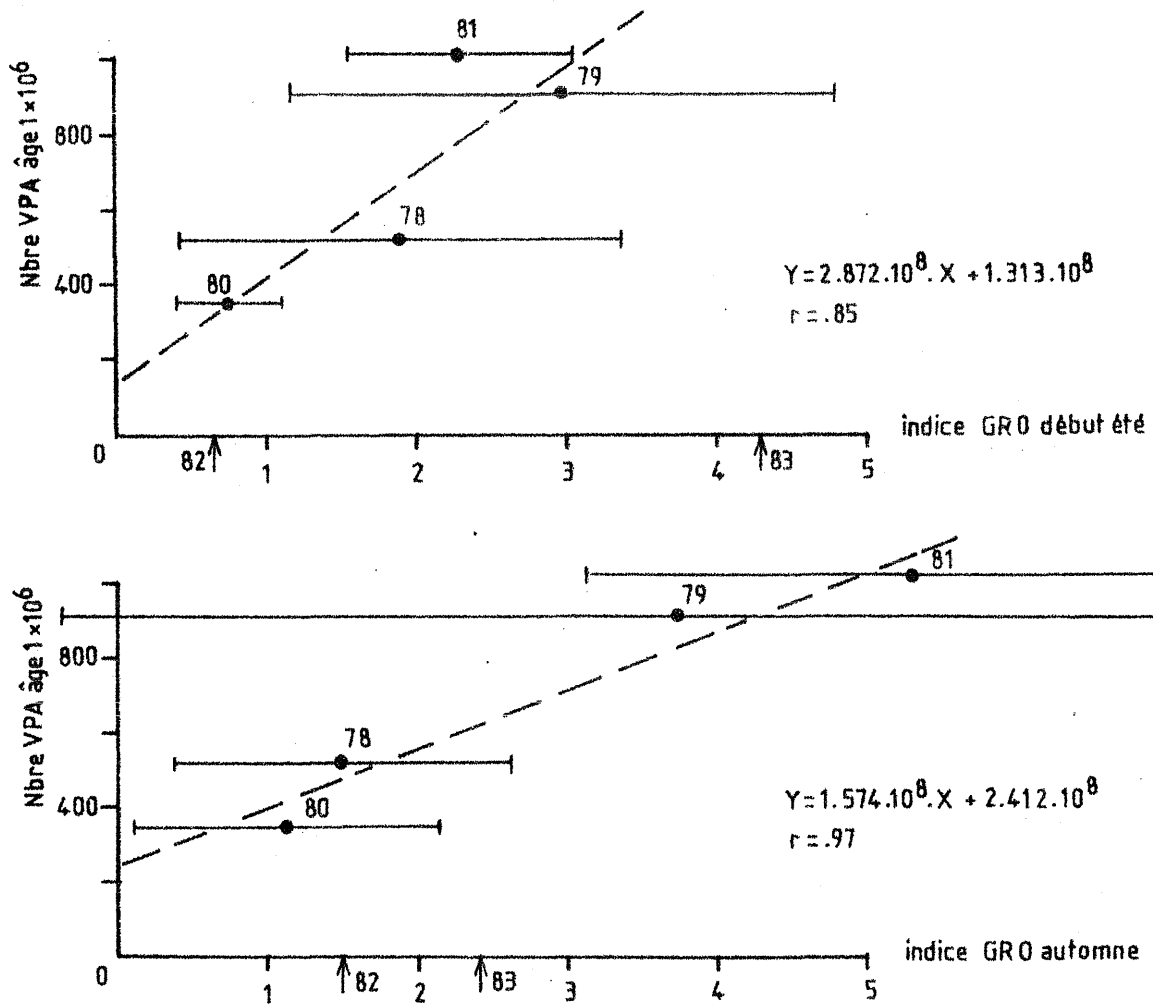


Fig. 4 .- PLIE : relation entre l'effectif au recrutement (âge 1) en mer du Nord et les indices de GRO obtenus en baie de Somme. (Les classes d'âge, l'intervalle de confiance à 95% et les paramètres des régressions linéaires sont indiqués).

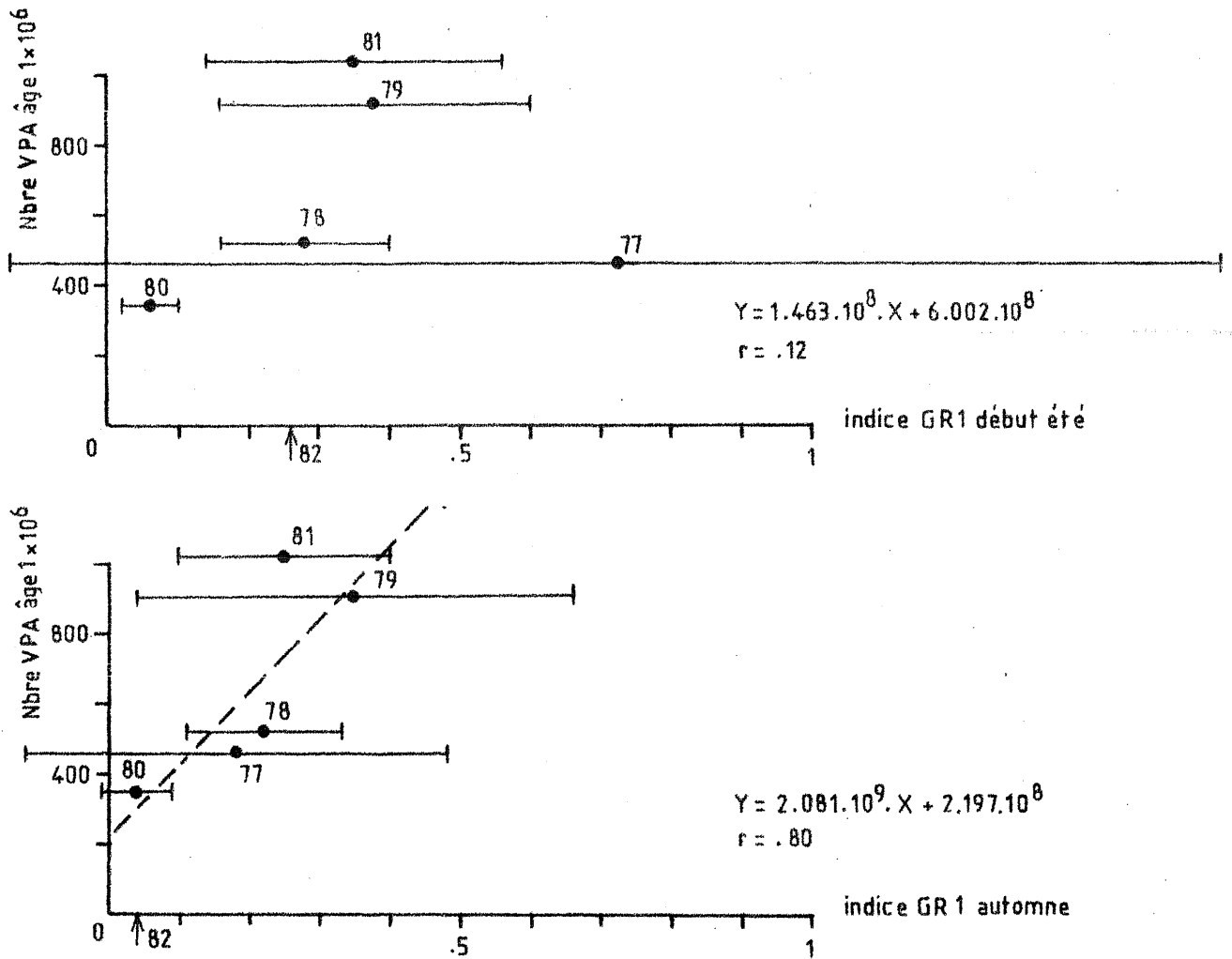
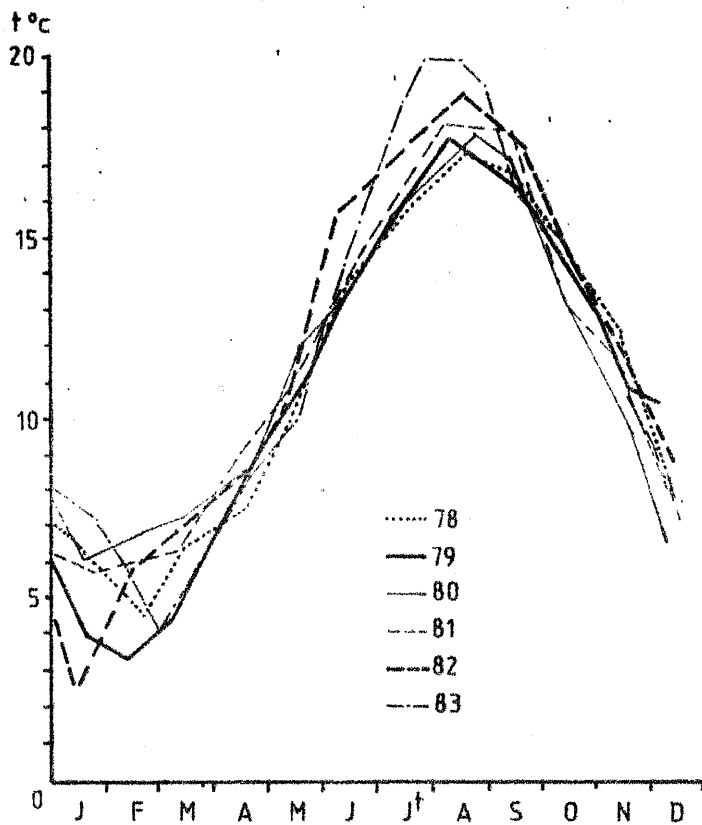
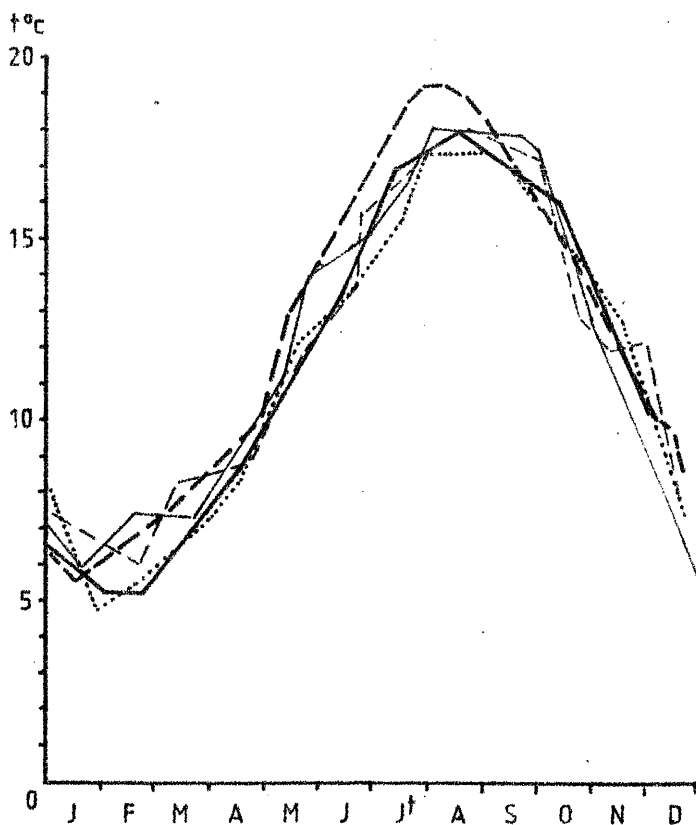


Fig. 5 .- PLIE : relation entre l'effectif au recrutement (âge 1) en mer du Nord et les indices de GR1 obtenus en baie de Somme. (Les classes d'âge, l'intervalle de confiance à 95% et les paramètres des régressions linéaires sont indiqués).



a) RNO-Dunkerque : moyenne toutes stations.



b) RNO-Baie de Seine : moyenne des stations les plus océaniques.

Fig. 6 .- Température de l'eau en Manche.
(D'après les données du R.N.O.)

THÈME III

COQUILLES SAINT-JACQUES

Contribution n°6

SUGGESTIONS POUR L'APPROCHE DU PROBLEME DU RECRUTEMENT

par

P. LUBET

Université de Caen - Laboratoire de Zoologie - 14032 - CAEN CEDEX

INTRODUCTION

Dans le domaine des sciences halieutiques, les premiers modèles de gestion proposés (BEVERTON, HOLDT, RICKER) ont été élaborés en ne tenant compte, sur le plan analytique, que de la phase recrutée, c'est-à-dire en supposant le recrutement constant. Ultérieurement, une intégration complète du cycle vital a été tentée par l'étude des relations stock-recrutement, c'est-à-dire des corrélations complexes, entre la biomasse féconde et le recrutement, soumises à de nombreux mécanismes de régulation ; les modèles auto-régénérants ainsi bâtis constituent un progrès notable (estimation de la fécondité par recrue, détermination du recrutement équilibré) mais, privilégiant le rôle de la biomasse reproductrice sur la phase prérecrutée, ils négligent la multitude des facteurs qualitatifs et quantitatifs qui induisent une énorme variabilité du recrutement.

L'approche de ce problème est extrêmement complexe et peut être envisagée, à mon avis, selon deux voies différentes mais pouvant s'avérer complémentaires :

1.1. Voie spécifique.

Cette voie "biologique" comporte la recherche et l'estimation des divers facteurs externes (température, hydrodynamique, photopériode, etc...) intervenant sur tous les processus biologiques qui, pour une espèce donnée, se déroulent de la maturation sexuelle au recrutement en passant par la ponte, le développement embryonnaire et la vie larvaire et/ou juvénile.

Le taux de survie est ainsi mesuré de la gamétogénèse jusqu'au recrutement et permet ainsi d'appréhender les divers stades critiques du cycle biologique ; il s'agit d'une recherche essentiellement de type écophysiologique comportant des méthodes expérimentales à envisager dans des élevages.

Cette voie biologique, s'intéressant à une espèce, doit être complétée par une dynamique classique des populations exploitées de cette espèce.

ex. 1. *Pecten maximus*.

ex. 2. *Sepia officinalis*.

1.2. Voie écologique.

Chaque espèce économiquement intéressante s'intègre, au cours de sa vie, dans un ou plusieurs écosystèmes aquatiques et notamment, pour beaucoup d'espèces, la phase larvaire et/ou juvénile est souvent incluse dans un écosystème littoral différent de l'écosystème fréquenté par la phase recrutée.

Ces écosystèmes littoraux benthiques ou pélagiques (estuaires, lagunes, havres, zone intertidale) sont déjà l'objet de certains programmes d'étude à partir de diverses stratégies d'échantillonnage. L'analyse exhaustive de ces écosystèmes ne peut être envisagée mais la structure et la dynamique de peuplements homogènes contigus sur le plan trophique peuvent être précisées à l'aide des paramètres numériques et pondéraux classiques (densité, répartition spatiale, diversité spécifique, biomasse, rang-abondance) ; ainsi peut être envisagée, selon une cartographie à définir, l'étude des peuplements incluant les phases larvaires et/ou juvéniles intéressantes et des peuplements amont et aval.

En corrélation avec celles de certains facteurs externes majeurs (température, lumière, hydrodynamique, éléments nutritifs), les fluctuations spatiales et saisonnières devraient permettre de mettre en évidence certains phénomènes :

- flux d'entrée lié à l'immigration de géniteurs, à la ponte et à l'éclosion des oeufs (aspects qualitatif et quantitatif dans le temps et dans l'espace) ;
- régulation des populations larvaires (ou juvéniles) résultant des mécanismes de compétition interspécifique et de prédation (éventuellement parasitisme) ;
- flux de sortie lié à l'émigration des juvéniles pré-recrues.

Un tel programme est ambitieux et nécessite la mise en oeuvre de moyens importants après un choix concerté, à l'échelle nationale, des écosystèmes cibles ; de telles recherches sont fondamentales en écologie, elles sont déjà

bien avancées au niveau de certains écosystèmes terrestres d'approche plus aisée, mais s'avèrent complexes dans les milieux marins où les interférences abiotiques et biotiques sont plus nombreuses.

II. - EXEMPLE : PECTEN MAXIMUS L.

Programme de recherches sur le déterminisme du recrutement dans les populations de la Manche.

2.1. Chercheurs susceptibles de participer :

A. Laboratoire de Zoologie et Groupe d'Endocrinologie Comparée (Université de CAEN), ERA 070491.

LUBET Pierre, Professeur.

Responsable des Laboratoires et de l'ERA 070491.

Biologie et endocrinologie des Lamellibranches.

MATHIEU Michel, Assistant, Biochimie et endocrinologie des Lamellibranches

CATANIA Robert, Assistant, Biologie des Mollusques, Microspectro-photométrie.

BESNARD J.Y., Thèse de 3e cycle, Recherches sur l'ovogénèse de la coquille St Jacques.

LENOIR F. Thèse de 3e cycle, Cultures de Cellules isolées.

B. Collaboration :

- G. ZWIGELSTEIN, Maître de Recherches au CNRS, Groupe CNRS 33, Laboratoire de Physiologie Comparée, Université Cl. Bernard. LYON, Biochimie des Lipides.

C. Collaborations éventuelles :

P. GABBOTT, Professeur, Départ. de Biochemistry, Univ. Bangor U.K. Biochimie des glucides.

Dr. R. MANN, Ph. Dr, Depart. of Biology. Woods Hole, Mass U.S.A., Lipides

des larves et ovocytes des Lamellibranches.

2.2. Proposition de collaboration.

Nos recherches sur la Coquille St Jacques se sont développées progressivement, soit en collaboration avec l'équipe "Pecten" du COB animée par J.Cl. DAO (Etude du cycle de reproduction en rade de St Brieuc), soit dans le cadre d'un programme régional (Recherches sur la maturité de la coquille St Jacques en Baie de Seine).

A la suite du contact pris avec notre collègue le Pr. BRIAN ROTSCCHILD à l'ISTPM de QUISTREHAM puis pendant sa visite au Laboratoire maritime de LUC SUR MER nous nous sommes longuement entretenu des problèmes posés par le déterminisme du recrutement du Pecten. En outre, M.J.Cl. DAO est venu à l'Université de Caen le 22.03.84 nous exposer l'état actuel de ses recherches et le programme qu'il comptait présenter afin de mieux articuler nos activités. Nous avons donc recherché avec ce dernier la meilleure stratégie susceptible de cerner ces problèmes de recrutement, problèmes sur lesquels mon équipe de recherche effectue depuis plusieurs années des recherches d'amont avec des techniques originales.

Il faut bien préciser que la contribution que nous présentons s'effectuera dans le cadre de la recherche fondamentale comme le souhaitent le CNRS et le PIRO et qu'elle s'intégrera de façon logique dans le développement des activités de notre ERA (07 0491 : Endocrinologie des Mollusques).

2.2.1. Problèmes posés par le recrutement.

Un certain nombre de problèmes sont apparus, tant au niveau des populations naturelles que des géniteurs en écloserie.

A. MILIEU NATUREL.

Les recherches que nous avons effectuées ont permis de mettre en évidence les faits nouveaux suivants :

a) L'examen histologique et ultrastructural des gonades d'animaux provenant de la rade de St Brieuc et de la Baie de Seine a montré que la ponte s'effectuait de mai à juillet, l'émission la plus importante étant située en juin-juillet, ce qui confirme en rade de St Brieuc les observations effectuées par le COB

avec d'autres méthodes (Etude de l'Index gonadique, du Captage, du Plancton).

Enfin, la pêche intensive au niveau des bancs doit également contribuer à une diminution importante des réserves en glycogène, les animaux échappant souvent à la drague en nageant, phénomène qui consomme comme l'a montré GABBOTT une quantité non négligeable de glycogène.

En conclusion, ces recherches montrent que malgré un cycle sexuel très étalé dans l'année, plus en rade de Brest et en Baie de Seine qu'en rade de St Briec, les potentialités de ponte du fait de l'atrésie ovocytaire sont limitées à une courte période de l'année.

B. LES GENITEURS EN ECLOSERIE

Les recherches faites au COB et les essais réalisés à la SATMAR (Barfleur) ont montré que les taux de fécondation étaient très bas en hiver et au début de printemps pour augmenter pendant la période de mai à juillet, ce que les recherches exposées ci-dessus expliquent aisément du fait de la présence d'ovocytes "surmatures" en voie d'atrésie, d'une faible quantité d'ovocytes matures mais sans doute ne possédant pas suffisamment certaines substances indispensables au développement larvaire tels les lipides.

a) Il importe donc de développer des recherches sur la nutrition des géniteurs afin d'obtenir des oeufs de bonne qualité et des larves viables.

Cette recherche passe par l'étude des constituants (glucides et lipides) des ovocytes au cours du cycle annuel avec détermination des quantités optimales renfermées dans les ovocytes donnant les meilleurs taux de fécondation.

Par ailleurs, en fonction des résultats obtenus, déterminer la meilleure alimentation de façon à renforcer ces voies métaboliques ("dopage" des algues, introduction d'émulsions de lipides ou de solutions d'acides aminés). Il importe également de bien maîtriser les conditions d'élevage des géniteurs en reproduisant les conditions du milieu naturel (température, salinité, photopériode) au moment des conditions optimales de maturité. Des recherches similaires devraient également être menées au niveau des élevages larvaires.

b) La gamétogénèse s'effectue par vagues successives de décembre à août se traduisant au moment de la maturité par un index gonadique élevé. Mais cet index ne peut rendre compte de l'état de maturation des ovocytes. En effet pendant

les mois d'hiver et du début de printemps, les ovocytes à maturité se lysent alors que démarre une nouvelle poussée gonadique, la ponte n'ayant pas lieu ou étant très faible.

Comme tous les lamellibranches à cycle sexuel très étalé, l'activité gamétogénétique du Pecten semble dépendre d'une "horloge interne", la multiplication des ovogonies et des spermatogonies étant contrôlée par l'activité sécrétoire des cellules neurosécrétrices des ganglions cérébroïdes, la neurohormone responsable de cette action présentant les caractères d'un polypeptide de faible poids moléculaire.

c) De janvier à mai plusieurs générations d'ovocytes atrétiques ont été mises en évidence (au moins 3). Ce processus d'atrésie est du à l'activité des enzymes lysosomiales (Phosphatase acide, N.acétyl-glucosaminidase, b glucuronidase, Estérases &) qui détruisent les cellules, les produits de lyse étant partiellement réabsorbés par pinocytose au niveau des microfilaments coiffant les microvillosités de la nouvelle génération ovocytaire. Le phénomène de lyse s'arrête pendant une "fenêtre" très courte de l'année correspondant à la période de reproduction dans les stations naturelles (fin mai à juillet).

d) Quelques recherches sur les teneurs en différents constituants ont montré que la seule réserve métabolique est constituée par le glycogène stocké par le muscle adducteur, en l'absence de cellules conjonctives de réserve (ANSELL). Comme l'a trouvé cet auteur, la réserve en glycogène faible en hiver augmente avec le bloom printanier. Nous retrouvons le même phénomène en Baie de Seine, l'augmentation de la teneur en glycogène correspondant de façon significative avec la réduction puis la disparition de l'atrésie ovocytaire. Nous interprétons de façon hypothétique ce phénomène d'atrésie comme la nécessité pour l'animal de fournir la couverture énergétique suffisante pour permettre une nouvelle poussée gamétique alors que les réserves et les apports nutritionnels sont insuffisants. D'ailleurs les premières recherches effectuées semblent montrer que la teneur en lipides des ovocytes augmente au printemps.

2.2.2. Programme de recherches

Situé en amont, il est axé sur l'étude de la maturation et de la lyse ovocytaire, la spermatogénèse n'offrant pas d'intérêt particulier, du sperme fonctionnel pouvant être obtenu sans difficulté.

A. Nature et évolution de constituants biochimiques au cours de l'ovogénèse.

a) Qualitative : La nature des constituants lipidiques (triacylglycérides, phospholipides) sera déterminée, ainsi que celle des glucides (chromatographie).

b) Quantitative :

Un suivi sera effectué au cours de l'année tant au niveau de la gonade femelle que du muscle adducteur (lipides, glucides pour les animaux de la Baie de Seine (1)).

Un suivi sera également poursuivi sur les pontes réalisées au cours du cycle annuel au COB, dont une partie sera conservée à notre intention. Cette opération aura pour finalité de comparer l'évolution de certains constituants, en particulier les lipides, aux taux de fécondation et de viabilité des larves obtenus à partir de ces pontes.

B. Etude des métabolismes glucidiques et lipidiques.

a) Etude des transferts métaboliques entre le muscle adducteur, la glande digestive et la gonade. Localisation des activités de la glycolyse (activité glycogène - phosphorylasique).

Recherches par électrophorèse des constituants de l'hémolymphe (lipoprotéines, glycoprotéines) et du glucose.

b) Etude de la vitesse de synthèse dans l'ovocyte des lipides (triglycérides et phospholipides) à l'aide d'éléments marqués (glycerol, A.gras, choline) dans les conditions normales (in toto) ou expérimentales (cultures de gonades isolées, ovocytes isolées). Nature des enzymes liées à ces activités et contrôle endocrinien éventuels. Synthèse du glycogène ou des glucides.

c) Etude de la ponte.

1. Recherches expérimentales sur les facteurs déclenchant la ponte (température, photopériode, S %).

2. Recherches expérimentales sur quelques substances susceptibles de provoquer l'émission des gamètes (sérotonine, prostaglandines, changements ioniques, extraits ganglionnaires).

3. Etat des ovocytes au niveau de la ponte, en particulier, nature de la membrane et composition en ions inorganiques.

1. La présence du navire de recherches cotières "Cote de Normandie" permettra des prélèvements réguliers qui jusqu'ici étaient presque limités aux apports des professionnels pendant la saison de pêche.

C. Lyse ovocytaire.

a. Etude des activités enzymatiques. (Phosphatase acide) au cours du cycle annuel et sur les lots d'ovocytes envoyés par le C.O.B. (voir 3-2-A-a).

b. Recherches sur la cinétique de cette enzyme en fonction de différents paramètres, en particulier de la température.

c. Recherches "in vitro" (Cultures d'organes) sur l'éventuel contrôle endocrinien de cette activité.

D. Nutrition des géniteurs :

En fonction des résultats obtenus, mise au point d'un régime alimentaire de "dopage" permettant une meilleure production qualitative et quantitative d'ovocytes par les géniteurs.

Cette recherche devrait s'effectuer en collaboration avec le C.O.B. qui possède l'infrastructure permettant de bons élevages et à qui nous proposerions des protocoles expérimentaux.

2.2.3. Conséquences attendues de cette recherche.

a. Mise au point d'un test rapide (permettant à partir des animaux des stations naturelles une bonne appréciation du degré de maturité (test fondé sur une méthode photométrique à partir de l'Oil Red I permettant l'appréciation de la quantité de lipides).

b. Progrès dans le conditionnement des géniteurs.

c. Estimation par le même test que ci-dessus (a) de la qualité des ovocytes obtenus à partir des géniteurs d'écloserie.

Les microméthodes sont déjà mises au point pour les différents dosages évoqués ci-dessus. Les cultures d'organes sont effectués en routine, les isollements cellulaires et cultures d'ovocytes en cours de réalisation.

La collaboration pour les recherches sur la biochimie des Lipides se fera avec G. ZWIGELSTEIN (Lyon).

L'équipement actuel du Laboratoire permet la réalisation des techniques proposées. Ces recherches sont d'ailleurs engagées (voir le rapport ci-joint).

3 - EXEMPLE : SEPIA OFFICINALIS

Programme de recherche sur le déterminisme du recrutement dans les populations de la Manche.

3.1. - Chercheurs susceptibles de participer : Laboratoire de Zoologie, CAEN)

- A) . BOUCAUD-CAMOU Eve, Professeur, membre de la Commission "Nutrition des Puccillothemus) du CNERNA

thèmes de recherche :

- nutrition et digestion des Céphalopodes
- relations entre nutrition et maturation sexuelle chez Sepia officinalis (dans le cadre de l'ERA 491 "Endocrinologie des mollusques")

- . PRUNUS Georges, Professeur

thèmes de recherche :

- dynamique des populations et analyse des peuplements au niveau des macrozoobenthos littoral
- technologie aquacole

- . MEDHIOUB Amel, Ingénieur Halientique de l'INA Tunisie, chercheur de 3e cycle ;

thèmes de recherche : étude biologique de la Seiche en Manche à partir de la Pêcherie de PORT-en-BESSIN (travail en relation avec le Comité local des Pêches).

B) Collaborations éventuelles :

- . MANGOLD K., Maître de recherches au C.N.R.S. (Laboratoire Arago Banyuls) : biologie des céphalopodes
- . VON BOLETSKY S., chargé de recherches au C.N.R.S. (Laboratoire Arago, Banyuls) : développement et élevage des Céphalopodes
- . BOUCHER-RODONI R, Chargée de recherches au C.N.R.S. (Station de Biologie marine, ROSCOFF) : nutrition des céphalopodes.

3.2. INTRODUCTION

La Seiche, Sepia officinalis, compte parmi les Céphalopodes les mieux connus. Les principaux traits de sa biologie ont été étudiés (Mangold-Wirz, 1963, cycle de la Seiche en Méditerranée, Richard, 1971, étude expérimentale de la croissance et de la maturation sexuelle, Boucaud-Camou, 1973, étude de la nutrition et de la digestion, Boletzky, 1974 et 1978-79, élevages et développement.).

Paradoxalement aucune étude de dynamique des populations de Seiches n'a été envisagée jusqu'à ce jour, malgré l'importance économique de plus en plus grande de cet animal dans notre région. Quelques études ponctuelles de biologie des pêches de Seiches ont été réalisées au Sénégal (Bakhayokho, 1980) en Tunisie (Najai, 1983) et dans le Golfe de Gascogne (GI JĚŦH, 1882).

Jusqu'ici, en Manche, nous ne disposons d'aucune étude de ce genre. Le problème d'un suivi de populations de Seiches est d'autant plus compliqué dans nos régions que ces animaux ne sont à la côte (donc exploités) que pendant la belle saison (avril à octobre) au cours de laquelle ils se reproduisent. Les mois de mai et juin correspondent à la plus importante période de reproduction (pourcentage maximum de gros animaux sexuellement mûrs) (voir annexe 1). En hiver, les Seiches effectuent des migrations mal connues vers l'Atlantique.

Cette absence de Seiches en hiver rend très difficile le suivi biologique des animaux dans des conditions naturelles. La période d'hivernage est pourtant cruciale, puisque c'est alors que se déroule la maturation sexuelle des animaux (Richard, 1971).

Dans le but d'améliorer nos connaissances sur la biologie de la Seiche en hiver, nous avons entrepris une étude sur les Seiches pêchées toute l'année par les chalutiers de Port-en-Bessin (pêche sur les côtes d'Irlande en hiver). La croissance et la maturation sexuelle des animaux a pu être ainsi suivie tout l'hiver. Au printemps (mai, juin) nous travaillerons en collaboration avec le comité de pêches de Port-en-Bessin sur les animaux sexuellement mûrs récoltés au casier (volume des gonades, état sexuel, nombre d'oeufs émis, étude des pontes etc...)

Nous espérons que ces premières études menées en Manche pourront servir de base à un travail, mené sur une plus grande échelle, sur le recrutement de la Seiche.

Nous indiquons plus loin comment nous pourrions nous insérer, par nos recherches fondamentales, dans un tel programme mené par l'I.F.R.E.M.E.R.

3.3. - Dynamique des Populations de la Manche

L'étude préliminaire en cours devrait permettre de dégager les grandes lignes du cycle biologique de ces populations.

A une plus grande échelle, nous pouvons ensuite envisager une analyse de tous les paramètres démographiques de la phase pêchée (coopération avec l'ISTPM et les comités locaux des Pêches) et de la phase prérecrutée (utilisation envisageable du bateau en construction dans la zone littorale).

3.4. - Problèmes biologiques en relation avec le recrutement

Possibilités d'intervention dans un programme sur le recrutement de la Seiche.

A) ETUDE DE LA REPRODUCTION

a. Suivi du développement sexuel des animaux

Les indices de maturation (comme le rapport gonado-somatique ou les rapports faisant intervenir le poids du tractus génital) sont en général seuls utilisés pour suivre le développement sexuel. Il est évident que des critères histologiques (maturation des gamètes) et surtout stéréologiques (mesure et dénombrement des ovocytes) ou biochimiques (accumulation des réserves vitellines) permettraient de mieux appréhender le développement sexuel et la fécondité des animaux.

b. Facteurs agissant sur le développement sexuel et la fertilité

L'influence de la température et de la lumière a été étudiée au Laboratoire (RICHARD, 1971). Toutefois, il faudrait pouvoir mieux connaître les conditions naturelles de température et de luminosité pendant l'hivernage. Le facteur alimentaire, encore mal connu, ne doit pas être négligé. De mauvaises conditions alimentaires hivernales (constatées par l'état des réserves dans la glande digestive) semblent influencer sur le nombre d'animaux observés au printemps (BLANCHIER, 1981, BLANCHIER et BOUCAUD-CAMOU, 1984). Notre expérience dans le domaine de la nutrition chez la Seiche nous permettrait d'intervenir à ce niveau.

B) ETUDE DU DEVELOPPEMENT

a) Développement embryonnaire

Pour le Seiche, nous disposons de nombreuses données sur la durée du développement des oeufs, l'influence de la température sur cette durée, l'influence de la durée du développement sur la taille des jeunes à l'éclosion. Cependant, ces résultats ont été obtenus au Laboratoire et doivent être comparés avec ce qui se passe dans la nature (influence des courants, de la température, des prédateurs, de l'activité humaine). Les pontes des Seiches sont en effet déposées en eau peu profonde, sur des supports variés (algues, tubes de Sabelles, etc...) et sont particulièrement vulnérables (chalutages, tempêtes, prédation).

Les modalités de l'utilisation du vitellus par l'embryon sont encore mal connues, et nous nous proposons d'étudier en détail les modalités de la digestion et de l'assimilation du vitellus par l'embryon et le jeune après l'éclosion (projet en collaboration avec S. Von BOLETZKY et R. BOUCHER-RODONI).

b) Développement post-embryonnaire

Chez la Seiche, comme chez tous les autres Céphalopodes, il n'y a pas de stade larvaire, mais une phase de croissance que nous avons définie comme post-embryonnaire : cette phase commence à la première capture d'une proie (1 à 3 jours après l'éclosion) et se termine 1 à 2 jours environ après l'éclosion, par une modification du régime alimentaire et différents changements physiologiques et métaboliques (BOUCAUD-CAMOU et BOUCHER-RODONI, 1983, BOUCHER-RODONI, BOUCAUD-CAMOU et MANGOLD, 1984, BOUCAUD-CAMOU et YIM, 1980 (voir annexe 2).

Cette période, qui correspond au stade larvaire d'autres animaux, est particulière critique pour le développement futur du jeune animal. Les jeunes Seiches sont extrêmement fragiles en raison de leur taille, de leurs habitudes alimentaires (régime base sur les mysis, poursuite de la nourriture, heures des repas non encore fixées) et de leur manque de maturité physiologique.

Nous avons au Laboratoire effectuée une étude très détaillée du développement de la glande digestive au cours de cette phase post-embryonnaire (BOUCAUD-CAMOU et YIM, 1980, YIM, 1978, YIM et BOUCAUD-CAMOU, 1980). Ces recherches sur la nutrition des très jeunes Seiches vont être poursuivies : mise en place des processus digestifs (activités enzymatiques en particulier), utilisation du vitellus au début de la phase post-embryonnaire, étude des besoins nutritifs, du régime alimentaire et de la croissance des jeunes (phase "post-embryonnaire") dans la nature.

3.5 ANNEXES - Cycle sexuel de la Seiche

A la lumière des travaux de MANGOLD (1966) et de RICHARD (1971), on peut expliquer le cycle de Sepia officinalis. Les Seiches issues des pontes tardives éclosent en août et septembre, et ont une croissance très ralentie en hiver. A la fin de cette période, leurs gonades ne sont pas suffisamment développées pour qu'elles puissent se reproduire. Ce sont les animaux immatures qui apparaissent en été dans les eaux littorales où la température élevée accélère leur croissance, alors que l'intensité lumineuse et les longs jours de l'été inhibent leur développement sexuel.

A l'automne, ces Seiches regagnent les eaux profondes où elles trouvent des conditions thermiques plus favorables. Là, le faible éclaircissement et les jours courts permettent leur développement génital. Au printemps, ces Seiches âgées de 18 mois environ ont atteint la maturité sexuelle et peuvent se reproduire dès le renversement du rythme nichthéméral.

Les Seiches issues des pontes précoces, écloses au début de l'été, ont une croissance rapide dans les eaux littorales, puis dès l'automne elles gagnent les eaux profondes du circalittoral, et reviennent à la côte au printemps. Leur croissance et leur développement sexuel s'achèvent alors et elles se reproduisent en été à l'âge de 14 - 15 mois.

Ainsi, à une génération de "Seiches tardives" succède une génération de "Seiches précoces".

En conclusion, aussi bien en Manche qu'en Atlantique et en Méditerranée, on peut retenir que se succèdent à la côte :

Printemps	Une génération de "grandes" Seiches qui se reproduisent, puis meurent.
Eté	Une génération de "petites" Seiches qui se reproduisent, puis meurent.
Automne	Des Seiches immatures, nées l'été précédent qui n'arriveront pas à maturité en été. Ces seiches donneront les Seiches de Printemps. Ce sont les futures "grandes" Seiches.

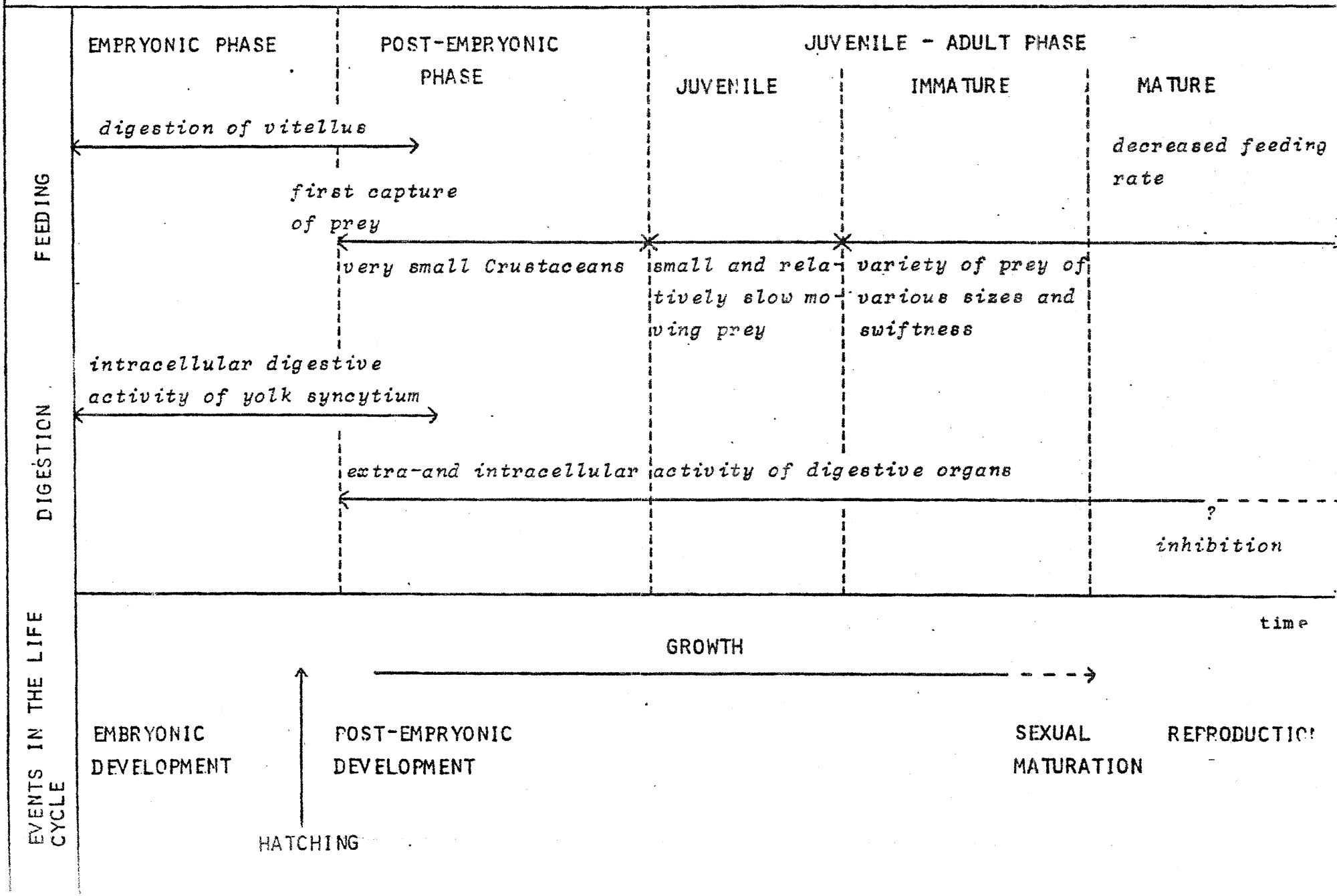
Automne

Des jeunes issues des pontes de l'année, qui donnent les "petits" animaux qui migrent à l'automne et qui se reproduisent l'été suivant.

Le problème des mâles est plus complexe. Ils sont mûrs plus tôt que les femelles, mais sont-ils vraiment aptes à la reproduction (MANGOLD 1966)?

Les mâles ont une période de reproduction qui s'étend beaucoup plus que celle des femelles et un certain nombre d'individus peuvent survivre à l'accouplement et on les retrouve parmi les animaux pris l'hiver qui suit leur maturité sexuelle (RICHARD 1971 et observations de BOUCAUD - CAMOU et BLANCHIER.

FEEDING AND DIGESTION IN THE LIFE CYCLE OF CEPHALOPODS



FROM "CEPHALOPOD LIFE CYCLE" ACADEMIC PRESS (Sous Presse)

Bibliographie

- BAKHAYOKMO (M.) 1980. - Pêche et biologie des Céphalopodes exploités sur les côtes du Sénégal (12° 20' N - 16° 03 N). Thèse Doct. 3e cycle. Université de Bretagne Occidentale. 119 p.
- BOLETZKY (S.Von) 1974a - The larvae of Cephalopoda : a review. Thalassia Jugoslavica, 10, 45-76.
- BOLETZKY (S.Von) 1974b - Elevage des Céphalopodes en aquarium. Vie et Milieu XXIV, 2 A, 309-340.
- BOLETZKY (S.Von) 1978-79 - Nos connaissances actuelles sur le développement des Octopodes. Vie et Milieu, XXIV, 1, AB, 85-120.
- BLANCHIER (B.) et BOUCAUD-CAMOU (E.). 1984 - Lipids in the digestive gland and the gonad of immature and mature Sepia officinalis (Mollusca Cephalopoda). Mar. Biol. (sous presse).
- BLANCHIER (B.) 1981. - Etude des lipides totaux et des stéroïdes dans la glande digestive et la gonade chez la Seiche Sepia officinalis L. (Mollusque Céphalopode). Thèse Doct. 3ème cycle, Université de Caen, 172 p.
- BOUCAUD-CAMOU (E.) 1973. - Etude de l'appareil digestif de Sepia officinalis L. (Mollusque Céphalopode). Essai d'analyse expérimentale des phénomènes digestifs. Thèse Doct. Sci. Nat., Université de Caen, 208
- BOUCAUD-CAMOU (E.) et PEQUIGNAT (E.) 1973. - Etude expérimentale de l'absorption digestive chez Sepia officinalis L. Forma et Functio, 6, 93-1
- BOUCAUD-CAMOU (E.) 1974. - Localisation d'activités enzymatiques impliquées dans la digestion chez Sepia officinalis L. Arch. Zool. exp. gen., 115, 5-27.
- BOUCAUD-CAMOU (E.) et YIM (M.) 1980. - Fine structure and function of the digestive cell of Sepia officinalis L. (Mollusca : Cephalopoda). J. Zool. Lond., 191 : 81-105.
- BOUCAUD-CAMOU (E.) 1982. - Localization of some hydrolytic enzymes in digestive organs of juvenile Sepia officinalis L. (Mollusca : Cephalopoda). Malacologia (sous presse).
- BOUCAUD-CAMOU (E.) et BOUCHER-RODONI (R.) 1983. - Feeding and digestion in Cephalopods. In "Mollusca" vol. 5, Physiology 2. Edit. A.M.S. Saleuddin et K. Wilbur. Academic Press. pp. 149-187.

- BOUCHER-RODONI (R.), BOUCAUD-CAMOU (E.) et MANGOLD (K.) 1984. - Feeding and digestion. In "Cephalopods life cycle", T.II. Edit. P. Boyle, Academic Press. (sous presse).
- GIJEON (I.) 1982. - Etude des populations de Seiches (Sepia officinalis Linné) du golfe de Gascogne. Thèse Doct. 3ème cycle. Université de Nantes, 262 p.
- MANGOLD-WIRZ (M.) 1966. Sepia officinalis de la mer Catalane. Vie et Milieu, Sér. A. 17, 961-1012.
- NAJAI (S.) 1983. - Contribution à l'étude de la biologie des pêches des Cephalopodes de Tunisie. Application à l'espèce Sepia officinalis Linné, 1758. Thèse Doct. 3ème cycle, Université de Tunis, 229 p.
- RICHARD (A.) 1971. Contribution à l'étude expérimentale de la croissance et de la maturation sexuelle de Sepia officinalis L. (Mollusque Cephalopode). Thèse Doct. es Science, Université de Lille. 264 p.
- YIM (M.) 1978. - Développement post-embryonnaire de la glande digestive de Sepia officinalis L. (Mollusque Céphalopode). Thèse Doct. 3ème cycle, Université de Caen, 81 p. plus illustrations.
- YIM (M.) et BOUCAUD-CAMOU (E.) 1980. - Etude cytologique du développement post-embryonnaire de la glande digestive de Sepia officinalis L. (Mollusque Céphalopode). Arch. Anat. Microsc., 69, 59-79.

Contribution n°21

I.F.R.E.M.E.R. - Centre de BREST C.O.B./B.A.P. - BP 337 - 29273 - BREST CEDEX

PROJET DE PROGRAMME :

DÉTERMINISME DU RECRUTEMENT DE LA COQUILLE SAINT-JACQUES **

** programme intégré élaboré en coopération par :

COB : Biologie-Aquaculture-Pêche

PARIS VI : Laboratoire de Physique et Chimie Marines

UBO : Laboratoire de Zoologie

UBO : Laboratoire d'Océanographie Biologique

UBO : Laboratoire d'Océanographie Physique

I - INTERET DE LA COQUILLE SAINT-JACQUES

L'exploitation de la coquille Saint-Jacques produit annuellement 12 000 tonnes pour un chiffre d'affaire de 120 millions de francs. Les stocks principaux sont bien localisés en Manche Ouest qui représente 30 % du tonnage produit principalement en baie de Saint-Brieuc, premier stock producteur tant en valeur absolue qu'en rendement d'exploitation.

L'équilibre de cette ressource en Manche Ouest est précaire. Le tonnage produit en baie de Saint-Brieuc marque une régression d'un facteur 3 (de 12 000 à 4 000 t) ces dix dernières années. Ce tonnage stabilisé depuis 2 à 3 ans risque une régression supplémentaire en l'absence d'une bonne année de recrutement. A cause de cette régression, la gestion de ce stock pose des problèmes.

En rade de Brest, le stock a complètement régressé il y a une quinzaine d'années et les causes de cette disparition sont mal connues. Un premier intérêt d'un programme recrutement est de contribuer à l'amélioration des méthodes de gestion. Il doit permettre de mieux cerner les causes des fortes fluctuations naturelles de production chez les pectinidés et probablement chez les autres bivalves.

Au-delà de la gestion des stocks naturels, le développement de l'exploitation de cette ressource passe par la mise au point d'une véritable aquaculture extensive de l'espèce par semis à grande échelle de juvéniles. L'obtention massive de ces juvéniles se fera nécessairement par un captage dans le milieu naturel. Une meilleure connaissance des phénomènes qui régissent le recrutement aurait dans ce contexte une grande importance pratique.

Enfin, l'acquis scientifique sur la biologie, l'existence de programmes avuls de pêche et d'aquaculture constituent des facteurs favorables à l'étude de cette espèce. Le programme pluri-annuel sur les pectinidés regroupe les actions sur la gestion des stocks et le repeuplement. Associées aux programmes d'aquaculture, une série d'études se développe actuellement sur la physiologie et la biologie de la reproduction et du développement larvaire pour améliorer les performances au niveau éclosion.

Au plan logistique, les stocks littoraux bien délimités, d'accès aisé et de cycle de développement court (deux ans de l'adulte à l'adulte) constituent également des points favorables.

Dans un premier temps, les zones d'étude pourraient être la baie de Saint-Brieuc et la rade de Brest, très favorables à cause des programmes de gestion et d'aquaculture qui s'y développent et du nombre de résultats acquis dans ces deux zones depuis une dizaine d'années.

Un groupe de réflexion sur la coquille Saint-Jacques a été constitué. Il rassemble les équipes compétentes susceptibles d'apporter leur contribution à un programme déterminisme du recrutement. Il existe ainsi un premier noyau de coopération entre biologistes halieutes (COB, CLPM, Brest, CEE Saint-Brieuc, ISTPM) et les océanographes physiciens, chimistes, écologistes (COB, LPCM, UBO, Roscoff).

Le programme s'appuie sur le bilan des connaissances, les réflexions et les propositions issues de ces réunions.

II - EXPLICITÉ DU PROGRAMME PROPOSÉ

A - Introduction

Les stades successifs de développement de *Pecten maximus*, dénomination, durée de vie et tailles sont définis en annexe 1. Pour élucider les phénomènes responsables des variations du recrutement, deux séries de causes doivent être envisagées. Elles correspondent d'une part aux caractéristiques biologiques et d'abondance de l'espèce cible de ses compétiteurs et de ses prédateurs, et d'autre part aux conditions d'environnement qui régulent leur développement.

Un schéma descriptif est construit pour la coquille Saint-Jacques (tableau 1) à partir d'un découpage en blocs des composants de l'écosystème et de l'identification des relations fonctionnelles entre ses constituants, et entre cet environnement et les différentes phases du cycle de recrutement de l'espèce cible. Ce schéma illustre la complexité du problème. Elle est due à la diversité des causes influentes, de nature interne, liées à la biologie, la physiologie, l'éthologie de l'espèce (génétique des parents, régulation hormonale de la maturation sexuelle, déterminisme de la ponte, croissance et métabolisme des stocks successifs de développement) et de nature externe liées à l'environnement qui influe de manière directe (température, courantologie, nourriture disponible, ...) et indirecte en synergie (météorologie, productions primaire et secondaire, prédation, ...). De plus, ces influences se manifestent à différentes échelles d'espace et de temps.

Pour résoudre ce problème, différents choix sont arrêtés :

- Identification des phases plus critiques du cycle de l'espèce à partir de travaux antérieurs.

- Définition de mesures intégrant l'impact des facteurs externes sur une fonction biologique pour un stade de développement ou le bilan de survie d'un de ces stades.

- Caractérisation synthétique des conditions de milieu en terme d'état (biomasses des différents niveaux de production) et de fonctionnement (production primaire, potentialités de croissance du niveau secondaire, ...).

La démarche proposée est de quantifier l'abondance des organismes pour chaque stade du cycle de *Pecten maximus* (de la gonade à l'adulte) et de rechercher dans les fluctuations des facteurs du milieu les causes des variations observées. Ceci implique une observation des fluctuations interannuelles des différents paramètres et permettra de classer causes et impacts par rang d'importance ainsi qu'une estimation de leurs seuils d'influence.

B - Choix et explicité des actions

Le choix des actions résulte de la problématique définie pour l'étude du recrutement et des réflexions menées depuis 1983 dans ce cadre. Les résultats dégagés, les hypothèses formulées, sont exposés par ailleurs au

cours de ce colloque. Elles se traduisent par douze opérations identifiées dont le contenu et les articulations sont schématisées dans le tableau II. De manière globale, elles concernent :

1. Le stock d'adultes et de juvéniles, abondance, tailles, distribution géographique, tonnage prélevé par pêche.

2. La fécondité et la ponte, durées et dates, quantité d'ovocytes émis et viabilité.

3. La phase pélagique : abondance des larves planctoniques de *Pecten maximus* et taux de survie liés à la nutrition, la compétition (autres bivalves principalement), la prédation (larves planctoniques de crustacés).

4. La phase benthique, taux de survie des post-métamorphosés et des juvéniles lié à la proximité des substrats favorables (fixation, espace vital, compétiteurs, prédateurs).

5. L'environnement physique, courantologie, température, agitation, lié à la météorologie qui intervient de façon directe (maturation, déclenchement de la ponte, distribution et dispersion des larves) et de façon indirecte (cycle de production, autres stocks biologiques et distribution des propriétés).

6. L'environnement biologique, phytoplancton comme quantité de nourriture disponible, stocks de prédateurs et compétiteurs benthiques et pélagiques, caractéristiques en période de reproduction des coquilles.

Les points 1, 5 et 6 ne sont pas détaillés plus avant ; ils correspondent à une mise en oeuvre de techniques classiques en Biologie des Pêches (programme réalisé en baie de Saint-Brieuc depuis 1972), en Ecologie Marine et en Océanographie Physique.

L'effort nouveau est porté sur la fécondité et les phases pélagiques et benthiques du développement des larves et juvéniles.

Pour la fécondité, les principaux problèmes ont été mis en évidence à partir des variations intra et inter-annuelles de l'indice gonado-somatique. Cet indice a permis d'établir de manière précise l'évolution annuelle de la maturation et les dates de pontes. Il montre une importante fluctuation des phénomènes d'une année sur l'autre, liée notamment aux cycles thermiques. Cependant, à cause de sa faible valeur absolue, il ne permet pas (à part une relation générale) d'établir des relations quantitatives entre variations d'abondances des larves apparues dans le plancton et amplitude des pontes, ceci en particulier à l'intérieur d'une même année.

Pour la phase pélagique plusieurs questions sont posées :

- Amélioration de l'estimation d'abondance des larves ;
- Nature de la distribution agrégée mise en évidence et rôle dans le devenir des larves (dispersion ou concentration des larves, circulation et probabilité de rencontre des substrats favorables) ;
- Probabilité de rencontre de la nourriture et des compétiteurs.

C - Protocoles de mesures et techniques

Les points d'actions identifiés ont conduit à définir des techniques de mesure propres au problème posé.

Fécondité potentielle par analyse de l'ovaire : taille des ovocytes et nombre d'ovocytes dans la gonade comparés à la fécondité effective à partir d'expérimentation sur les taux d'éclosion et de survie larvaire. Taille des ovocytes et teneur en lipide sont retenus comme indices de viabilité des oeufs.

Plancton :

- . enregistrements en continu du plancton et des paramètres physiques sont définis pour obtenir une estimation d'abondance des larves et une description compréhensive de leur distribution spatiale.
- . Développement d'une technique automatique d'identification et de comptage des larves par analyse d'image et reconnaissance de formes.
- . La nutrition sera mesurée à partir d'indices d'état des larves : épifluorescence de la glande digestive, stries et ornements de la coquille comme indicateurs de stress et éventuellement de croissance.
- . Le captage du naissain : ce paramètre correspond à une mesure de la survie larvaire. La technique est maîtrisée au plan matériel, la stratégie de déploiement des filières sera redéfinie en fonction des études de distribution et de circulation des larves notamment, pour aboutir à une quantification fiable.

Prérecrues : développement d'une technique d'échantillonnage des stades post-larvaires et juvéniles couplée à l'étude de l'environnement benthique.

III - CONCLUSIONS

Cette démarche pluridisciplinaire intégrée paraît indispensable au succès d'un programme axé sur la compréhension et la quantification des causes de variations du recrutement parce que ces causes sont multiples et interviennent à la fois de manière directe et indirecte. Le nombre de disciplines intervenantes est élevé mais au plan pratique la réalisation du programme bénéficie dans le cas de la coquille Saint-Jacques de plusieurs points favorables. Il existe dans la région bretonne plusieurs équipes dont les travaux sont déjà axés sur cette espèce pour la mesure et la gestion des stocks, la production de naissain et le repeuplement par semis. Ces équipes fournissent une part de l'expérience et des moyens nécessaires au programme. Ensuite, la coquille Saint-Jacques présente, notamment en baie de Saint-Brieuc, un stock géographiquement bien localisé, et dont les phases temporelles du développement sont discrètes et définies. Cette unité de temps et de lieu permet d'optimiser le déploiement des moyens nécessaires.

ANNEXE I

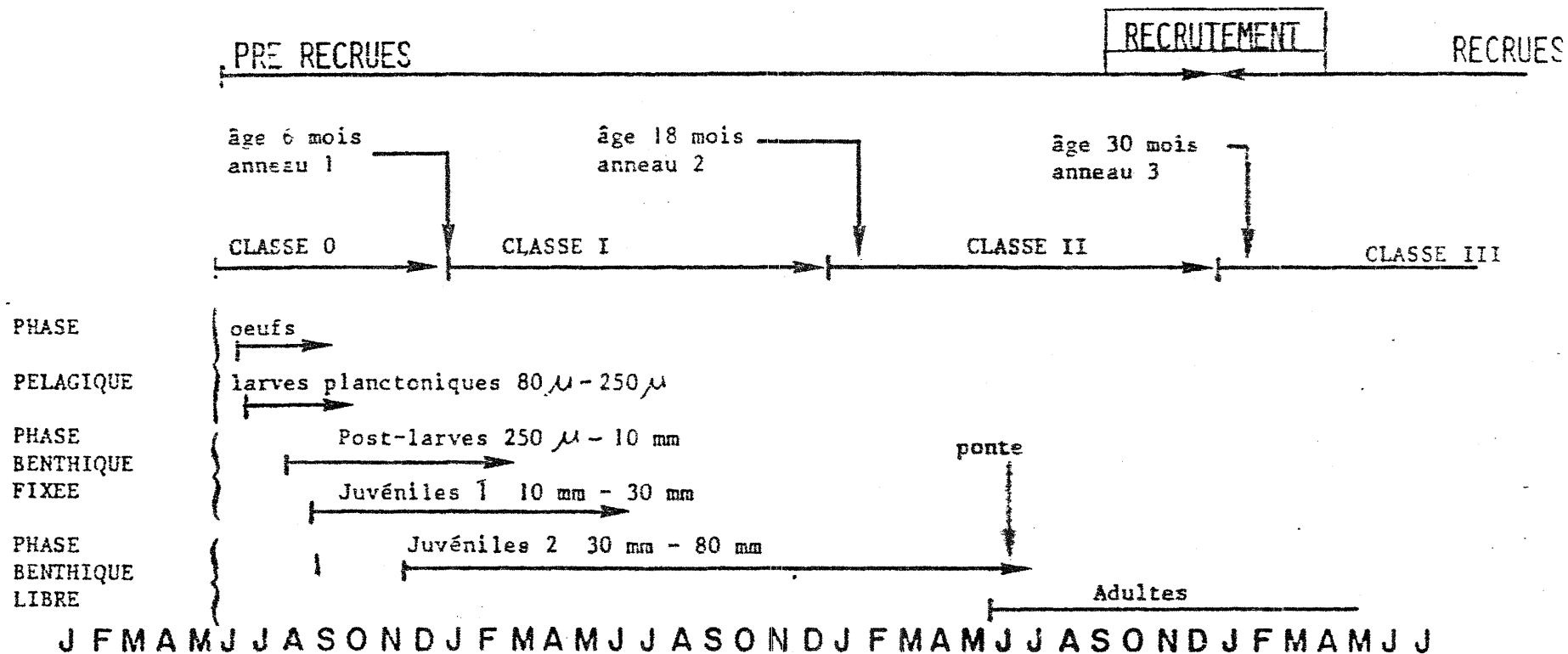
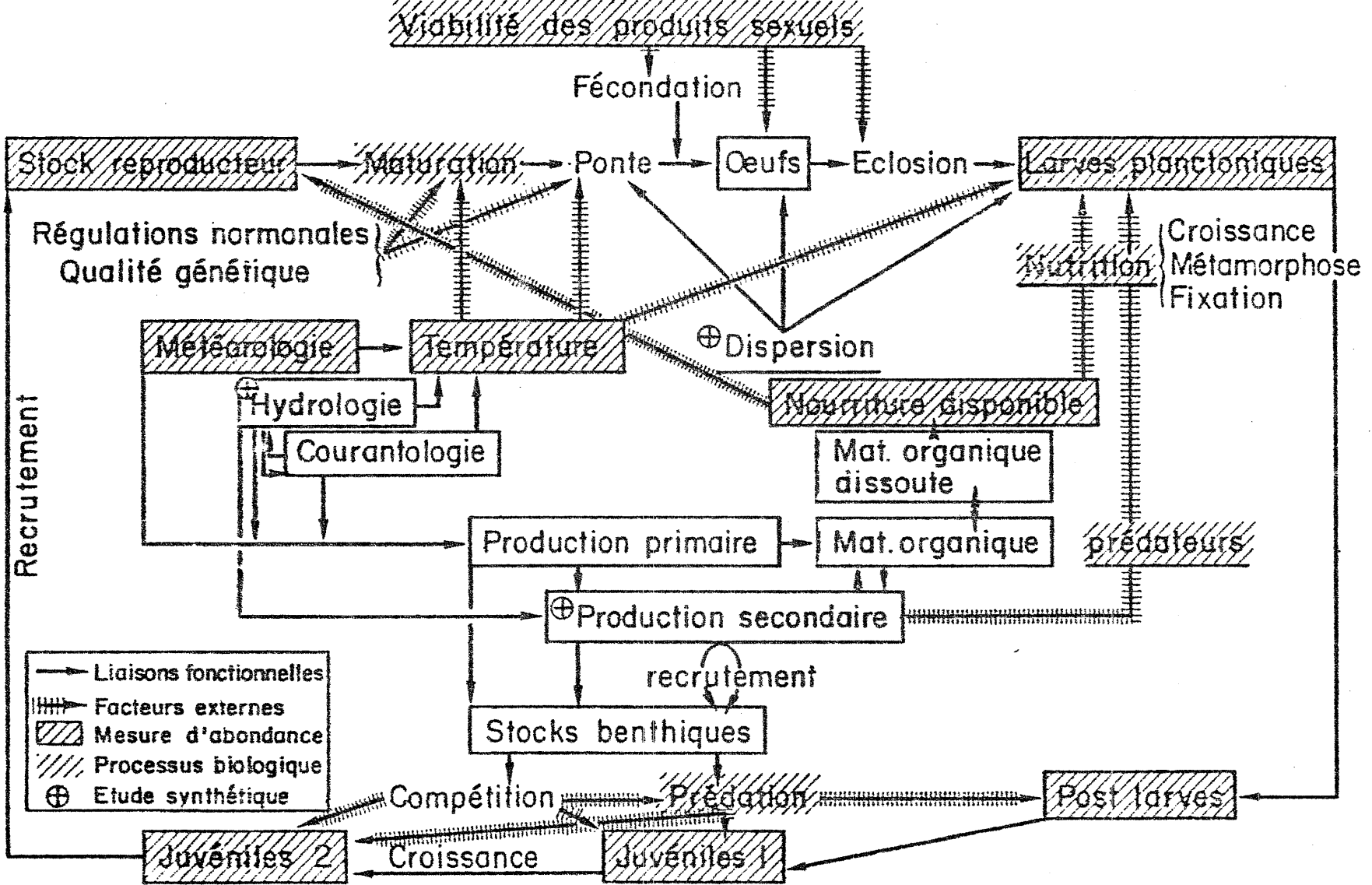


Tableau I : PHASES DU RECRUTEMENT ET PRINCIPALES CAUSES DE LEURS VARIATIONS



CAUSES PROBABLES DE VARIATIONS DU RECRUTEMENT DE LA COQUILLE SAINT-JACQUES

IDENTIFIEES EN BAIE DE SAINT-BRIEUC

(1975 - 1982)

J. BOUCHER - P. ARZEL - D. BUESTEL

I.F.R.E.M.E.R./ C.N.E.X.O.

C.O.B./B.A.P.

BP 337

29273 - BREST CEDEX

INTRODUCTION

De 1975 à 1982 des mesures de l'indice gonado-somatique, de l'abondance des larves de pectinidés (1978-1981) et d'autres bivalves, de captages de naissain et des stocks de reproducteurs et de recrues ont été réalisées en baie de Saint-Brieuc. Collectées dans un but de gestion de la pêche et de repeuplement du stock, la fréquence et les dates des observations sont très variables d'une année sur l'autre. Elles constituent cependant une masse d'information, exploitable au moins en termes semi-quantitatifs, sur la succession spatio-temporelle des processus intervenant dans la reproduction et le développement larvaire de la coquille Saint-Jacques. La comparaison des variations interannuelles de ces différents processus conduit à formuler quelques hypothèses sur les principales causes de variations du taux de survie des larves et à définir les stratégies de mesure à mettre en oeuvre pour étudier leurs influences.

I - LES EVENEMENTS DE LA MATURATION A LA METAMORPHOSE

Trois types de paramètres, le poids de la gonade (indice gonado-somatique : IGS), l'abondance des larves, la collecte de naissain, permettent de rendre compte de l'enchaînement temporel des événements. Le schéma explicatif est détaillé à partir de l'exemple des observations effectuées en 1979.

L'IGS est la moyenne pour une classe d'âge donnée des poids de gonades rapporté au cube de la dimension de la coquille. Les variations de cet indice rendent compte de la maturation (augmentation progressive) et de la ponte (chute brutale). La valeur de cet indice est discutée au paragraphe suivant.

Après chaque ponte décelée par la chute de l'IGS (durée 2 à 5 jours), les larves peuvent être échantillonnées dans le plancton avec un décalage de 2 à 4 jours entre le début de la ponte et l'apparition des larves. L'abondance de ces larves suit une courbe en cloche avec augmentation progressive de la densité durant une dizaine de jours suivie d'une décroissance brutale. La fin de la vie larvaire planctonique est traduite par le captage de naissain (stades post-métamorphosé) sur des filières immergées. La rotation rapide de ces filières permet de dater l'apparition de ces individus métamorphosés. En 1979, trois vagues de captages peuvent être ramenées à trois pics d'abondance des larves de pectinidés. La durée de la phase planctonique estimée par la différence de date entre les débuts de la ponte et du captage était respectivement de 27, 24 et 29 jours. Pour chacune de ces cohortes des différences de vitesse de croissance (taille) et de taille atteinte à la métamorphose indiquent l'existence de conditions de développement différentes, confirmées par la variation de rendements du captage, respectivement 10 à 30, 10 et 5 individus en moyenne par collecteur. Le dépouillement des pêches planctoniques met en évidence la concurrence d'autres larves de bivalves dont les variations sont similaires à celles des pectinidés bien que le synchronisme des maximums ne soit pas absolu. Ces observations résumées (figure 1) permettent de caractériser l'enchaînement et la durée de la ponte et de la vie larvaire, l'influence de l'environnement. Une première observation doit être soulignée : le nombre de larves produit par les pontes successives augmente tandis que l'amplitude de la chute de l'IGS décroît.

II - FLUCTUATIONS INTERANNUELLES DE CES PARAMETRES

A. I.G.S. et fécondité

L'examen des histogrammes d'IGS par classe d'âge et site, confirme la valeur de ce paramètre comme indice de ponte. En général, l'histogramme est unimodal en fin de période de maturation. A la ponte, l'émission des produits génitaux entraîne une chute complète du poids de la gonade ; c'est le nombre des individus qui émettent leurs produits qui présente le plus de variabilité d'une ponte et d'une année l'autre. Ainsi, pour une même année, les tendances de variations de l'IGS traduisent successivement la maturation, la première ponte, puis les rematurations et pontes secondaires tandis qu'à chaque période

la fluctuation de l'IGS rend compte du synchronisme de comportement entre le individus.

De 1975 à 1982, des fluctuations importantes de la date de ponte et du synchronisme entre les individus sont observées. De manière générale, le synchronisme est meilleur entre différentes classes d'âge d'un même site, qu'entre deux sites différents. Le facteur externe régulant ces mécanismes est identifié : la température. La première ponte se produit tous les ans lorsque la température atteint 16°. Plus la date d'apparition de cette température est tardive plus la première ponte est retardée (fin juin en 1976, fin juillet en 1978). Le gradient de température intervient également sur le synchronisme des individus au cours de la ponte et de la maturation qui présente la même tendance générale de variation que la température. Lorsque la température de 16° est atteinte lentement avec de nombreuses fluctuations de température (autour de 15° à 15°5), le synchronisme et la durée de la ponte sont perturbés et étalés et inversement pour un gradient régulier. Au cours des pontes plus tardives, les fluctuations plus faibles de l'IGS ne permettent pas d'identifier aussi précisément les relations entre température et pontes.

B. Relations entre l'intensité de la chute de l'IGS et le nombre de larves planctoniques

Un diagramme de dispersion permet de schématiser la relation entre la variation d'IGS (toutes classes d'âge confondues) au moment de la ponte et le nombre maximum moyen de larves de pectinidés présentes dans le plancton. Cette relation, très grossière, à cause des faibles valeurs quantitatives des paramètres, traduit une tendance générale pour toutes les années. Le nombre de larves augmente avec la chute de l'IGS. Elle est nettement améliorée si l'on dissocie les pontes précoces (antérieures à mi-juillet) et tardives. Ces dernières pontes produisent un plus grand nombre de larves pour une variation plus faible du poids de la gonade. Si cette relation moyenne Δ I.G.S./ nombre de larves conduit à diminuer l'influence de la fécondité, le problème est posé par contre de la signification et de l'origine des différences observées entre pontes précoces et pontes tardives.

C. Nombre de larves planctoniques

Les larves de pectinidés n'ont été identifiées, à cause des difficultés techniques et du coût de la réalisation, que de 1978 à 1981.

De 1975 à 1982, pour l'ensemble des larves de bivalves, on note une très forte fluctuation, avec de faibles densités ($\approx 80\ 000/m^3$) jusqu'en 1977, une multiplication en 1978-1979 ($250\ 000/m^3$), puis une régression jusqu'en 1982 avec retour au niveau de 1976. Les larves de pectinidés, très abondantes en 1978 ($4\ 000/m^3$), décroissant ensuite dès 1979 jusqu'en 1981, où des densités très faibles ($500/m^3$) ont été mesurées.

Les larves de bivalves apparaissent comme le premier compétiteur possible des larves de coquille Saint-Jacques. Elles ont la même morphologie et la même niche écologique ; leur présence est simultanée dans le plancton.

Il faut souligner en particulier les mauvais recrutements de coquilles Saint-Jacques de 1978 à 1981, années où les larves d'autres bivalves ont atteint des densités maximales en baie de Saint-Brieuc alors qu'en 1978 notamment la ponte et l'abondance des larves de *Pecten* étaient à leur meilleur niveau. Il serait intéressant de pouvoir comparer dans ce sens le rendement des collecteurs et les proportions larves de coquilles/ autres bivalves pour les cohortes correspondantes.

On manque actuellement d'observations sur les influences de l'environnement durant la phase larvaire planctonique. Les principales données concernent la distribution spatiale de ces larves. Elles permettent d'établir deux faits :

- la distribution horizontale n'est pas aléatoire mais présente toujours une zone de plus forte concentration, généralement située dans la partie Ouest de la baie.

- Les larves sont capables de mouvements et présentent des migrations mycthémerales très marquées d'une amplitude d'une dizaine de mètres.

Ces résultats sont très importants au plan méthodologique et au plan écologique. D'une part, la distribution conditionne le plan d'échantillonnage pour obtenir une estimation du nombre de larves et la dynamique de leur

évolution. L'échantillonnage doit être mené sur l'ensemble de la baie et non plus en quelques stations discrètes plantées sur les stocks d'adultes. D'autre part, cette distribution détermine la coïncidence avec la nourriture et les compétiteurs, la disponibilité pour les prédateurs, la nature des substrats rencontrés pour la fixation et la dispersion des larves. Connaître le déterminisme de cette distribution, la part respective due aux courants et aux comportements moteurs des animaux, revêt ainsi une grande importance pour la conduite du programme.

III - COMPARAISON AVEC LES FLUCTUATIONS DE RECRUTEMENT, IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFERENTS PROCESSUS

L'ensemble des paramètres décrits peut être comparé année par année au recrutement mesuré (abondance de la classe \approx II deux ans plus tard). Au cours de la période considérée, deux années ont donné lieu à un bon recrutement : 1976 et 1982. Pour ces deux années, l'ensemble des processus analysés présente des valeurs optimales : gradient marqué et régulier de température entraînant un bon synchronisme des pontes avec fortes chutes de l'IGS, plus faibles abondances des larves d'autres bivalves et fortes densités de larves de pectinidés non mesurées mais probables, d'après le rendement des collecteurs de naissain (tableau I).

Pour les autres années, on note un certain nombre d'accidents : désynchronisation des pontes en 1977, 1980 et 1981, forte abondance des autres larves de bivalves en 1978, 1979 et 1980, faible rendement des collecteurs de 1977 à 1981. Le recrutement est soit bon, soit mauvais. Ceci peut bien sûr être dû à la faiblesse des estimations quantitatives actuellement disponibles. De toute manière, l'ensemble des indices qualitatifs analysés indique bien qu'un accident dans la suite des processus suffit à ruiner le résultat de la reproduction. En 1978-1979 par exemple, malgré le bon synchronisme, les pontes intenses et les densités fortes de larves produites, la survie larvaire faible (rendement médiocre des collecteurs) correspond à un mauvais recrutement. Les conditions de développement et de survie durant la phase planctonique et à la métamorphose apparaissent ainsi comme un point particulièrement critique. Cette déduction est confortée par les relations observées plus faibles entre nombre de larves présentes et

captage de naissain qu'entre ponte et fécondité (IGS) et nombre de larves, comme entre captage et recrutement ; pour ces raisons, les problèmes liés à la reproduction et à la fécondation paraissent moins critiques. Signalons enfin comme argument supplémentaire que les bons recrutements observés en 1976 et 1982 sont dus aux succès de certaines cohortes : premières pontes en 1976 et au contraire pontes automnales en 1982. L'origine des individus recrutés est identifiée par la taille à l'anneau 1 de croissance ; les individus issus des premières pontes sont plus vieux de 2 à 4 mois à l'entrée de l'hiver de sorte que la différence de taille ne peut plus être comblée au cours de la première années de développement.

IV - CONCLUSIONS

Ces résultats permettent d'apprécier la signification et l'intérêt des paramètres mesurées, de fixer les échelles de temps et d'espace auxquelles se réalisent les différents processus, de définir les différentes étapes du cycle de développement de la coquille Saint-Jacques et de distinguer les plus critiques d'entre elles.

Les mesures étaient axées principalement sur les individus de l'espèce cible et si elles rendent d'abord compte des fluctuations d'abondances aux différents stades du développement sans permettre d'expliquer les causes de ces variations, elles mettent néanmoins en évidence l'influence prépondérante du milieu environnant. C'est dans ce sens qu'un programme nouveau doit donc être développé.

Ainsi, l'influence de la température sur la maturation et le déclenchement de la ponte est indéniable. La date à laquelle la température 16° est atteinte fixe la date d'apparition des premières cohortes de larves et probablement la succession des événements au cours de la saison de reproduction. Or, la dynamique du milieu est moins dépendante de ces gradients de température (rôle de la stabilité, des sels nutritifs, de l'énergie lumineuse pour la production primaire, de la courantologie, de la production primaire ... pour la production secondaire) et certainement de cette valeur absolue de 16° . Les conditions de développement que connaîtront les larves sont fixées indépendamment du mécanisme déclenchant leur apparition : le problème posé est alors de connaître la dynamique

d'évolution thermique dans la baie (agitation, courants, météorologie) et les conséquences des différentes configurations (réchauffements précoces ou tardifs, ...) sur les caractéristiques du milieu conditionnant le développement des coquilles (hypothèse match/mismatch de CUSHING).

De même pour l'étape suivante, des questions sont déjà formulées sur l'influence du milieu à petite échelle à partir des résultats obtenus sur la distribution (cf. IIc).

Ce résumé ne prétend pas exposer de manière exhaustive l'ensemble des connaissances sur l'espèce et son recrutement mais un choix des principaux éléments a été fait dans le but d'alimenter la confrontation avec les spécialistes réunis à Nantes sur ce problème. Il aura joué son rôle si une définition réaliste des actions à entreprendre en ressort.

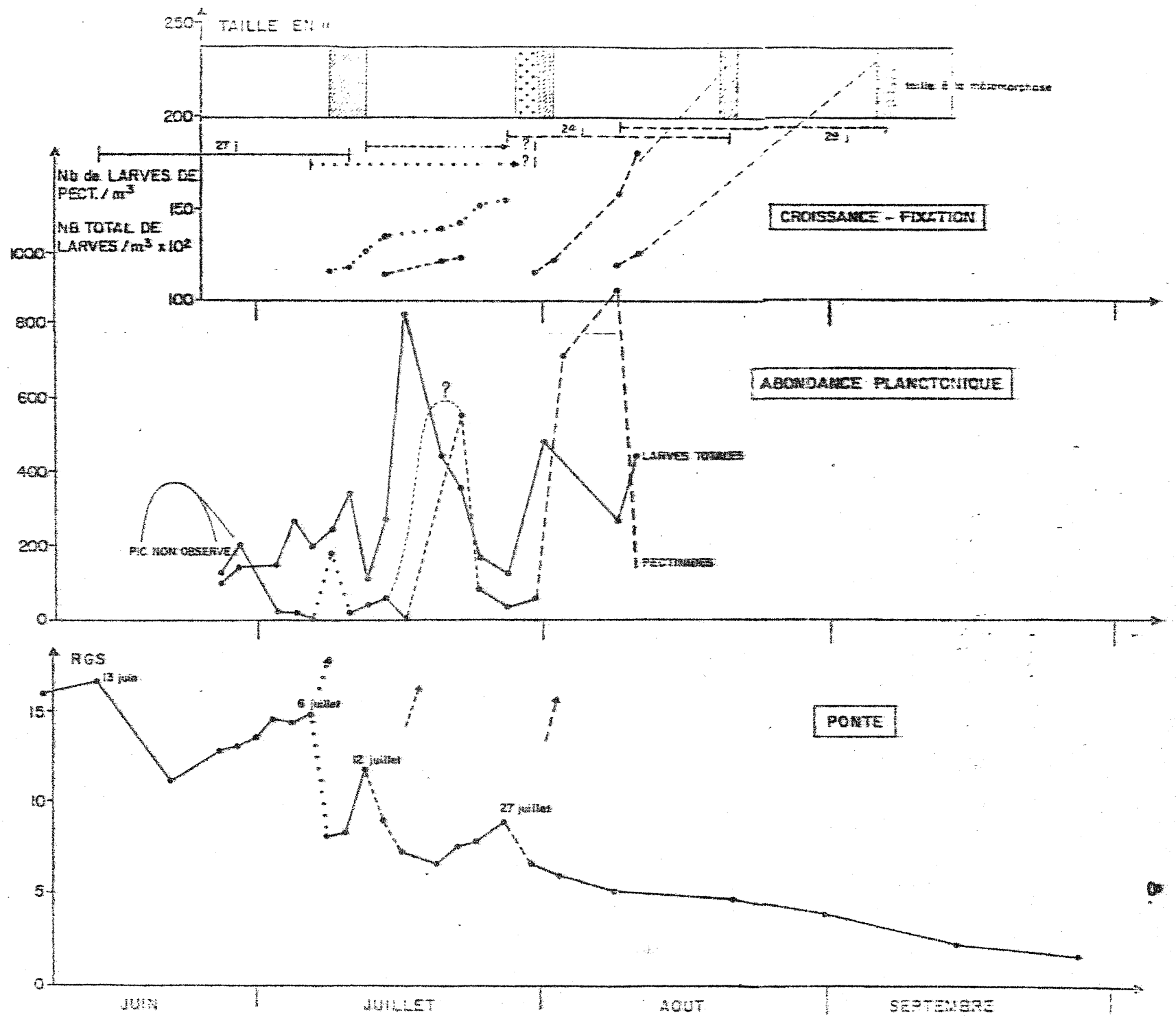


Figure 1 - Succession temporelle des événements de la maturation à la métamorphose.

Année de ponte N	Synchronisme Δ I.G.S.	Larves bivalves en M/m ³	Larves pectinidés 10 ³ /m ³	Captage naissain coq./collect.	Recrutement cl II/III en M (Année N+2)
1975	Médiocre	171	non mesuré	200-250	40
1976	Assez bon	127	non mesuré	400-700	300
1977	Médiocre	30	non mesuré	20	10
1978	Bon	615	18,5	10- 30	80
1979	Assez bon	1 100	8,1	10- 30	70
1980	Médiocre	800	6,3	10- 30	90
1981	Médiocre	520	4,7	20- 40	80
1982	Bon	plancton non échantillonné		70	En cours d'esti- mation. Indices de très forts recrutements.

Tableau I - Comparaison entre les fluctuations interannuelles des différents processus du développement et le recrutement correspondant.

LES VARIATIONS DE LA FÉCONDITÉ DE LA COQUILLE SAINT-JACQUES
DE LA RADE DE BREST
EN ÉCLOSERIE AU COURS DU CYCLE ANNUEL

J.C. COCHARD

I.F.R.E.M.E.R./C.N.E.X.O

C.O.B./B.A.P.

BP 337

29273 - BREST CEDEX

Parmi les facteurs biologiques susceptibles d'influencer le recrutement, la relation entre le nombre d'ovocytes émis et le nombre de larves obtenues peut être abordée par la voie expérimentale. Dans le cadre du programme de repeuplement de la rade de Brest (programme pluri-annuel coquille Saint-Jacques), les essais de production de naissain en écloserie (BUESTEL et al., 1982) permettent de suivre les variations de la fécondité réelle de *Pecten maximus* au cours du cycle annuel.

La période naturelle de ponte en rade de Brest s'étend de juin à septembre, mais des pontes peuvent être déclenchées artificiellement tout au long de l'année. Les résultats obtenus au cours des essais de productions de 1982 à 1983 et l'action des basses températures sont présentés.

I - MATERIEL ET METHODES

Les reproducteurs ont été prélevés soit par plongée, soit par dragage. Pendant la saison de pêche, ils proviennent de captures commerciales. Quelle que soit la façon dont les coquilles ont été pêchées, le temps d'émersion n'a pas dépassé deux heures.

Pour les expériences concernant l'action des basses températures, les animaux ont été placés dans des bacs de 500 litres en eau de mer courante

par lots de 30 individus. Ils étaient nourris en continu d'un mélange de Pavlova lutheri, Isochrysis galbana et Cylindrotheca sp. à raison de 20 à 40 l/μ.

La ponte est déclenchée par une élévation brutale de la température de 4-6° C. Dès l'émission des produits sexuels (généralement du sperme), les reproducteurs sont isolés dans des récipients contenant de l'eau de mer filtrée (1 μ) à 16-18° C. Celle-ci est renouvelée toutes les dix minutes environ.

A l'apparition des premiers ovocytes, la cavité palléale est rincée à l'eau de mer courante filtrée afin de limiter l'autofécondation. Les émissions ultérieures sont recueillies toutes les 5 à 10 minutes. Une fécondation croisée est réalisée systématiquement à l'aide du sperme provenant de deux ou trois individus.

La méthode consiste à ajouter au volume contenant les ovocytes de petites quantités de sperme jusqu'à ce que 4 à 5 spermatozoïdes en moyenne soient observés au microscope dans un plan équatorial autour de chaque gamète femelle (GRUFFYDD et BEAUMONT, 1970). Les oeufs sont ensuite passés au travers d'un tamis de 64 μ qui retient les feces et les débris émis pendant la ponte.

L'incubation est réalisée dans des bacs cylindriques à fond conique de 150 à 450 litres dont l'eau est agitée par bullage. Une addition de chloramphénicol, à raison de 8 mg/l, limite la prolifération bactérienne. La concentration des ovocytes varie de 5 à 70 par ml.

Le stade de larve D est atteint au bout de 48 heures environ. A ce moment, une vidange complète des bacs est effectuée. Les larves sont recueillies sur un tamis de 45 μ. Les nombres d'oeufs ou de larves sont évalués par comptage de trois échantillons de 0,1 ml prélevés dans une éprouvette de 2 litres dont le volume est homogénéisé à l'aide d'un piston perforé. Seuls les oeufs normaux sont dénombrés, le taux de fécondation (émission des globules polaires) n'est pas évalué. Les larves normales et anormales (malformation ou absence de la prodissococonque) sont comptées séparément. Il est à noter que les larves anormales étant

généralement petites, une forte proportion d'entre elles traverse le tamis de 45 μ .

Les "taux d'éclosion" anormaux observés sont donc sous estimés, leurs fluctuations permettent cependant de tirer quelques conclusions sur l'état de la gonade au moment de la ponte.

Les taux d'éclosion présentés dans cette étude correspondent au pourcentage d'ovocytes d'apparence normale ayant donné des larves normales ou anormales au bout de 48 heures. Des lots d'ovocytes ayant été mélangés à de nombreuses reprises, les calculs sont effectués sur la survie des oeufs recueillis au cours d'une stimulation, le nombre d'individus ayant participé à cette production varie de 1 à 15.

II - RESULTATS

L'analyse des rendements en larves normales et anormales au cours des années 1982 et 1983 (figure 1) permet de constater deux types de situations :

- L'hiver et le début du printemps sont caractérisés par de faibles taux d'éclosion et une forte proportion de larves anormales.

- En été, de forts taux d'éclosion sont observés, il y a peu de larves anormales.

Un pic de larves normales est observé au printemps, il est suivi d'une courte période de faibles taux d'éclosion, de forts taux d'anomalie. La situation estivale débute lorsque les températures atteignent 15,5 - 16° C.

La chute de température à l'automne est associée à une baisse rapide des rendements d'éclosion. D'une manière générale, les profils de tendance entre le cycle thermique de l'eau de mer et les rendements en larves normales sont semblables. Afin de vérifier ces résultats, des lots de reproducteurs ont été maintenus à basse température au cours de deux expériences dont les résultats sont présentés dans les tableaux 1 et 2.

La première de ces expériences montre que le froid a pour effet d'accélérer la diminution des taux d'éclosion normale qui s'observe au cours de l'automne. Après 36 jours à 9,5° C, une situation analogue à celle du mois d'avril est constatée : le rendement total est faible, la plupart des larves sont anormales.

La deuxième expérience permet de tirer deux conclusions :

- le pouvoir fécondant du sperme n'est pas altéré par les basses températures,

- après une semaine à 10° C, le rendement total à l'éclosion n'est pas sensiblement modifié, en revanche une forte proportion de larves anormales apparaît.

L'influence du froid se fait donc sentir très rapidement. Elle se traduit à court terme par une augmentation du taux d'anomalie et, à plus long terme, par une chute du rendement total. L'apparition des larves anormales pourrait correspondre à un premier stade de la dégradation des ovocytes.

III - DISCUSSION

L'explication la plus simple des différences observées entre les situations d'hiver et d'été est une différence de viabilité des gamètes femelles. Par exemple, en baie de Seine LUBET (1983) note l'existence de trois générations d'ovocytes qui se succèdent de novembre à juillet. Les deux premières entrent en atresie en hiver et au printemps, la dernière est émise en été. Cet auteur constate également une relation inverse entre les taux de fécondation et celui des ovocytes atresiques observés par l'histologie.

Un tel mécanisme peut être invoqué pour expliquer les fluctuations de rendements d'éclosion qui se produisent en rade de Brest. Toutefois, au cours de la présente étude, seuls les ovocytes d'apparence normale

ont été comptabilisés. Les ovocytes identifiables comme atrésiques, généralement expulsés en petites quantités au cours de la ponte, étant par nature incapables de se développer, n'étaient pas dénombrés. Il apparaît probable que les critères de forme utilisés dans cette étude sont moins discriminants que l'analyse histologique. Cependant les expériences menées sur l'influence du froid montrent une action progressive des températures dont la première manifestation est l'apparition de larves anormales. Ceci suggère fortement l'existence de stades intermédiaires entre l'ovocyte normal et l'atrésique.

Pour l'estimation de la fécondité réelle dans l'optique d'un programme d'étude du recrutement, la première approche consiste à mettre en relation le nombre d'oeufs émis avec les variations de poids de la gonade. Il apparaît d'après les résultats présentés qu'en été la plus grande partie des ovocytes se développe normalement, ceci est confirmé par la relation générale (BOUCHER et al., ce colloque) observée en baie de Saint-Brieuc entre les variations du poids de la gonade et le nombre de larves dans le plancton. Il existe cependant autour de cette relation des fluctuations inexplicables dont une part pourrait provenir de phénomènes de lyse ovocytaire (EZZUGHAYAR, 1980). Une étude des conséquences des variations de température en été sur les taux d'éclosion permettrait d'affiner la notion de fécondité réelle du stock.

BIBLIOGRAPHIE

- BUESTEL, D., COCHARD, J.C., DAO, J.C., GERARD, A., 1982. Production artificielle de naissain de coquille Saint Jacques *Pecten maximus* (L.). Premiers résultats en rade de Brest. *Vie Marine*, 4, 24-28.
- EZZUGHAYAR, A., 1980. Etude histologique du cycle de reproduction chez *Pecten maximus* (L.), rapport D.E.A. Caen.
- GROFFYDD et BEAUMONT, 1970. Determination of the optimum concentration of eggs and spermatozoa for the production of normal larvae in *Pecten maximus* (Mollusca, Lamellibranchia). *Helgoländer Wiss. Meeresunters*, 20 : 486-497.
- LOBET, 1983. Recherches sur la maturité sexuelle de la coquille Saint-Jacques en baie de Seine. Rapport final région Basse-Normandie.

LOT	DATE	Nombre d'ovocytes x 10 ⁶	N. larves normales x 10 ⁶	N. larves anormales x 10 ⁶	Rendement L. normales %	Rendement L. anormales %	Rendement total %
1	10.11.82	76	34.0	1.9	45	2	47
2	16.12.82	6.5	1.9	0.2	29	3	32
3	16.12.82	35	0.5	2.4	1	7	8

TABLEAU 1 : INFLUENCE DU FROID SUR LA FECONDITE - Expérience n° 1

Les animaux des lots 1 et 2 ont été stimulés dès leur capture, le lot n° 3 a été maintenu à 9,5°C du 10.11.82 au 16.12.82 soit 36 jours. La température du milieu naturel était égale à 13°C le 10 novembre et à 11°5 le 16 décembre.

LOT	origine des produits		N. ovocytes x 10 ⁶	N. larves normales x 10 ⁶	larves anormales x 10 ⁶	Rendement L. normales %	Rendement L. anormales %	Rendement total %
	ovocytes	sperme						
1	N	N	9.7	5.94	0.58	61	6	67
2	N	T	8.1	6.30	0.46	78	6	83
3	T	N	6.2	2.30	1.22	37	20	57
4	T	T	5.8	3.01	1.50	52	26	78

TABLEAU 2 : INFLUENCE DU FROID SUR LA FECONDITE.

Les produits sexuels notés N ont été obtenus par stimulation dès la capture des reproducteurs. Les produits notés T proviennent de reproducteurs maintenus à 10°5C pendant une semaine soit une baisse de température de 6,5°C.

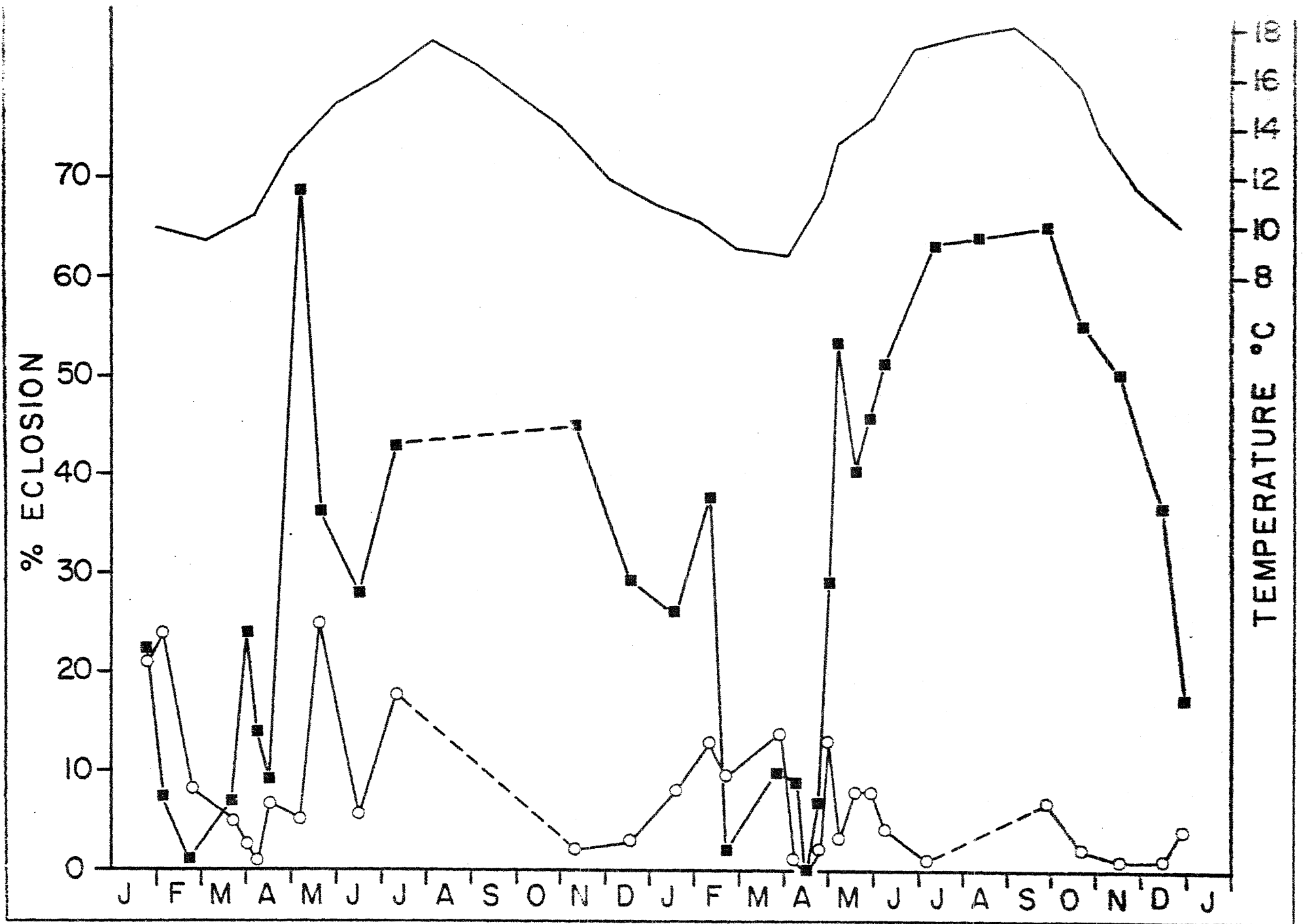


FIGURE 1 : VARIATIONS DES TAUX D'ECLOSION NORMALE (■—■) OU ANORMALE (○—○) EN RADE DE EREST EN 1982 ET 1983.

Contribution n°34

Evaluation de la biomasse de reproducteurs et des recrues du stock
de coquille Saint-Jacques de la baie de Saint-Brieuc
- Résultats préliminaires -

J.C.DAO

I.F.R.E.M.E.R./C.N.E.X.O

C.O.B./B.A.P.

BP 337

29273 - BREST CEDEX

Introduction

L'importance du déterminisme du recrutement pour la maîtrise des ressources vivantes, par gestion des stocks halieutiques comme par aménagement avec recours à l'aquaculture extensive et au repeuplement, est maintenant une évidence. La coquille Saint-Jacques de la baie de Saint-Brieuc a été retenue pour les enquêtes préparatoires à l'établissement d'un programme sur le sujet et dans ce cadre, il a été jugé fondamental d'apporter une évaluation sur le recrutement et sur la biomasse de reproducteurs.

Cette évaluation est possible sur ce stock qui est relativement bien connu et bien géré depuis les années 1975-1976. Ces deux données entrent d'ailleurs dans la stratégie d'exploitation de la flottille de coquillier puisque c'est à partir des abondances (ou indices d'abondance) du stock plus âgé, du recrutement et du prérecrutement, que l'on a développé des quotas de production et d'heures de pêche (DUPOUY, 1983 ; KERGARIOU, rapports annuels).

Cependant, bien que parfaitement opérationnel pour les besoins de gestion classique, la méthode qui repose sur un inventaire annuel par pêches expérimentales a deux inconvénients. Le premier est lié à la taille du bateau océanographique qui ne peut "caresser" les zones accidentées comme un bateau de pêche : il donne donc une évaluation plus conforme aux fonds meubles dragués sans appréhender les zones de "cailloux" et de "croche" où l'on sait que l'abondance, l'importance des classes âgées sont différentes. En second lieu, les engins de pêche utilisés ont une efficacité qui varie suivant la taille des animaux, la nature des fonds et les conditions

climatiques. Une erreur d'appréciation n'est pas dramatique en matière d'aménagement car elle peut se corriger en cours d'année. Elle est plus gênante pour utiliser les résultats d'une campagne dans l'évaluation d'une cohorte (DUPOUY et al., 1983, indices d'abondance 1975 à 1981).

Il était prévu dans le cadre du programme national sur les pectinidés (1983-1987) de reprendre l'ensemble des sources d'information pour en extraire des valeurs sur le recrutement et la biomasse en reproducteurs. Cette communication est une première compilation qui devra être revue notamment pour comprendre certains écarts entre différentes évaluations.

Matériel

Les données existantes sont très importantes. Cela est dû à la facilité d'échantillonnage de la coquille Saint-Jacques qui est sédentaire, abondante, accessible aux engins de pêche et dont l'âge se lit aisément par lecture des anneaux correspondant à un arrêt hivernal de croissance.

Les sources de données utilisées sont les suivantes :

1) I.S.T.P.M. La Trinité et Affaires Maritimes

- . tonnages débarqués par campagne et par port, 1960-1978.
- . évaluation et gestion du stock par l'I.S.T.P.M. La Trinité.

2) C.N.E.X.O.-C.O.B. et I.S.T.P.M. La Trinité

- . regroupement des échantillonnages de structure démographique pour un mémoire de 3è cycle : analyse de la cohorte 1973 (VERON, 1978).

3) C.N.E.X.O.-C.O.B. et Comité d'Expansion Economique des Côtes-du-Nord

- . enquêtes au débarquement de la flottille et tonnages enregistrés en criée par la Chambre de Commerce des Côtes-du-Nord.

4) C.N.E.X.O.-C.O.B. et I.S.T.P.M. La Trinité

- . valeurs de poids moyen par classe d'âge, qui varient largement selon les auteurs. Les valeurs utilisées sont celles de DUPOUY en poids commercial pour les débarquements et VERON et C.O.B. pour les poids l'été pour calculer la biomasse de reproducteurs (tableau I).

TABLEAU I : VALEURS DE POIDS MOYEN DE COQUILLE SAINT-JACQUES EN BAIE DE ST BRIEUC

(g)

Classe d'âge *	cl ₁	cl ₂	cl ₃	cl ₄	cl ₅	cl ₆ +
Sources						
DUPOUY et al. poids commercial	46	123	184	236	276	
DUPOUY et al. poids net	38	103	157	204	240	
KERGARIOU		125	143	182	230	
VERON et COB poids net hiver		125	160	190	220	240
VERON ET COB poids net été		103	155	191	212	230

* Classe d'âge : référence à l'ouverture de la saison de pêche
(cl₂ = cl₂ novembre-décembre et cl₃ janvier-avril)

Méthode

Pour fournir une estimation du nombre d'individus composant le stock, on estime que la coquille Saint-Jacques est pleinement exploitée et que la probabilité de mourir de vieillesse est très faible. Cette hypothèse est parfaitement reconnue autant par les équipes de recherche qui n'identifient qu'une très faible fraction de la population de plus de 6-7 ans que des pêcheurs qui considèrent qu'aucune "tâche" ne leur échappe. Cette situation existerait depuis la campagne 1977-1978 où les zones de "cailloux" et de "croche" sont devenues accessibles à la suite du renforcement des dragues et notamment de la lame et des dents.

Dans ces conditions, soit les coquilles sont pêchées et débarquées (tableau II), soit elles disparaissent par mortalité naturelle, pêche non déclarée (captures "accidentelles" hors saison ou débarquements hors criée), ou mortalité provoquée par le passage de l'engin de pêche (casse dans la drague ou coquilles décapitées restant au fond). On peut donc connaissant les débarquements en poids et en structure démographique, avec des valeurs des facteurs de mortalité cités, disposer d'une estimation du nombre d'individus présents sur le fond. Cette méthode n'est applicable que pour les cohortes totalement exploitées au cours de la période considérée.

VERON a suivi la période 1975-1979 sur une base mensuelle.

L'analyse a été conduite ici sur une base annuelle avec :

M	= mortalité naturelle annuelle	20 % du stock
F _R	= mortalité non déclarée	10 % des captures
M _C	= mortalité par casse	15 % des captures

Pour une classe d'âge donnée, une année i , et une pêche C , on obtient les effectifs N par :

$$N_i = N_{i+1} (1+M) + C_{i+1} (1+F_R) (1+M_C) (1+M)$$

Pour les données antérieures à 1977, on peut considérer que les captures ne concernent que les zones très accessibles, c'est-à-dire la "plaine". Dans les zones de "cailloux" l'exploitation est très faible comme en témoignent les deux échantillonnages en plongée qui ont été réalisés dans le milieu de la baie (Rohein).

TABLEAU II : PECHEES DE COQUILLE SAINT-JACQUES EN BAIE DE SAINT-BRIEUC
CAPTURES EN NOMBRE PAR CLASSE D'AGE (10^6)

classe d'âge ⁽¹⁾ saison de pêche	cl ₂	cl ₃	cl ₄	cl ₅	cl ₆ +
1974-75 ⁽²⁾	"38"	"11"	"6.3"	"1.02"	"0.13"
1975-76 ⁽³⁾	88.0	9.56	2.14	0.85	0
1976-77	4.84	56.0	6.42	1.99	0.03
1977-78	17.25	6.04	27.74	3.36	0.47
1978-79	49.49	5.23	2.23	7.84	0.03
1979-80 ⁽⁴⁾	0.45	11.62	3.04	4.38	1.67
1980-81	10.77	1.06	6.08	2.62	0.47
1981-82	7.56	7.09	2.1	3.16	0.7
1982-83	10.65	6.05	3.48	3.05	0.16
1983-84	9.93	7.05	3.12	2.01	0.13

(1) classe d'âge : référence à l'ouverture de la saison de pêche
(cl₂ = cl₂ novembre-décembre et cl₃ janvier-avril)

(2) données de dragage COB

(3) données de dragage COB + ISTPM (VERON)

(4) enquêtes au débarquement (Comité d'Expansion des Côtes-du-Nord - COB)

Année de naissance	1977	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66
août 1975	-	-	0	0	35	39	13	16	7	6	3	1
août 1977	0	0	0	0	64	18	11	4	1	1		

Les densités observées, 4,7 coquilles/m² en août 1977 sont très largement supérieures à celles de la "plaine" voisine (environ 0,1 à 0,5 coquille/m²). Il faut alors considérer un stock disponible doublé d'une zone réserve où les animaux meurent de vieillesse. Pour en apprécier l'importance, les calculs sur la période 1979-1984 ont été menés en isolant "plaine", "cailloux ou zones à croches", "zones mixtes", rendus possibles par les enquêtes au débarquement qui mentionnaient cette ventilation.

Le calcul mené sur les trois classes d'âge où l'on peut donner une valeur approchée donne :

	cl ₇₇	cl ₇₈	cl ₇₉
Recrutement cl ₂ (10 ⁶)	13	35.2	28
Recrutement "cailloux" (10 ⁶)	3.3	7.9	4.5
% "cailloux"	25.4	22.5	16.1

Résultats

Les résultats sont consignés dans le tableau III.

On remarque en premier lieu la différence entre l'évaluation de la biomasse exploitée d'après les estimations I.S.T.P.M. et celle de la biomasse féconde qui devrait donner des chiffres similaires. Cela tient partiellement aux valeurs de poids moyen des coquilles Saint-Jacques utilisées pour les calculs, mais il faudra reprendre en détail les données pour mieux cerner les facteurs de variations.

TABLEAU III : EVALUATION DU RECRUTEMENT ET DE LA BIOMASSE FECONDE
DU STOCK DE COQUILLE SAINT-JACQUES DE LA BAIE DE
SAINT-BRIEUC

Saison de pêche	Captures (tonnes)	Biomasse exploitable (ISTPM) (tonnes)	Recrutement (N.10 ⁶)	Biomasse féconde calculée (tonnes)	
				zones exploitées	incidence "cailloux"
1970-71	7 650	17 600			
1971-72	6 330	13 500			
1972-73	12 500	27 100	+++		+ 5 000 ?
1973-74	10 000	22 300	+++		+ 5 000 ?
1974-75	8 500	19 600	79	13 500	+ 7-10 000 ?
1975-76	10 500	39 000	244	30 400	+ 3- 5 000 ⁽⁴⁾
1976-77	9 500	28 200	36	25 100	+ 3- 5 000 ⁽⁴⁾
1977-78	7 500	17 300	40	17 700	+ 3 000 ⁽⁴⁾
1978-79	6 740	21 800	93	16 600	+ 1 000
1979-80	4 740	16 600	13	9 500	+ ε
1980-81	4 040	14 400	35	8 700	+ ε
1981-82	3 950	13 000-17 000 ⁽¹⁾	28	8 200	+ ε
1982-83	4 200	13 000-14 400 ⁽¹⁾	"30-40" ⁽³⁾	"9 000"	+ ε
1983-84	3 940	13 000-16 500 ⁽¹⁾	"30-40" ⁽³⁾	"9 000"	+ ε

(1) chiffre supérieur : tient compte des cl₂ recrutées (KERGARIOU)

(2) recrutement : nombre de coquilles de cl₂ sur le fond toutes tailles confondues

(3) prévisions

(4) classes d'âge progressivement prises en compte dans biomasse des zones exploitées.

Quoiqu'il en soit, les fluctuations observées vont dans le même sens et ne divergent que pour les années antérieures à 1975 selon que l'on tient compte ou non d'une réserve de reproducteurs dans les zones non accessibles (= "cailloux"). Celle-ci est estimée arbitrairement à l'accumulation de 4 ou 5 classes d'âge à partir d'un recrutement de valeur moyenne, comme celui des dernières années. Prenant 20 % comme indice du recrutement dans ces zones par rapport à celui de la plaine comme le calcul sur les classes d'âge 77 à 79 l'indique, on obtient un tonnage approximatif de 5 000 tonnes qui a progressivement disparu à partir de 1977. Une valeur supérieure à vraisemblablement dû exister avec les classes 73, 71 et 70 particulièrement abondantes.

On peut conclure de ces données à l'existence de trois périodes entre 1970 et 1974 :

- 1970 à 1977 : biomasse féconde d'environ 25 à 30 000 tonnes ou plus,
- 1979 à 1984 : biomasse féconde d'environ 10 000 tonnes,
- 1977 à 1979 : rapide période de transition par mise en exploitation des zones de réserve.

Sur le plan du recrutement, on peut constater l'amplitude des variations annuelles qui peuvent atteindre près de 1 à 20. Cette remarque est faite par DUPOUY (1983) avec les indices d'abondance calculés par l'ISTPM. Les débarquements des années 1970 à 1974 concernent exclusivement la partie "plaine" du gisement. On peut en conclure, sachant qu'il est un fait reconnu que la pêche sur ce secteur porte sur deux classes d'âge jeunes avec un taux d'exploitation élevé, que les valeurs de recrutement devaient être bonnes ou excellentes (captures record de 1972-1973).

Il semble donc que l'on puisse avancer la conclusion suivante :

- 1970-1976 : bons recrutements
- 1977-1984 : recrutements très moyens à mauvais à l'exception de celui de 1978.

Comparaisons stock-recrutement

La coquille Saint-Jacques est mature au bout de deux ans. Les données de stock d'une année et du recrutement deux ans après sont consignées dans la figure 1. On obtient un nuage de points qu'il est diffi-

cile d'interpréter. Il semble cependant que le recrutement augmente lorsque la taille du stock parental augmente. Les données devront être reprises en détail ultérieurement. On possède en effet des observations sur le pré-recrutement et notamment les rendements et les périodes de fixation de naissain sur des collecteurs. De plus, un travail suivi sur les premiers anneaux de croissance des animaux permet d'identifier le type de naissain donnant lieu au recrutement (LE GAOUYAT, 1976, mémoire de fin d'étude ENSAR).

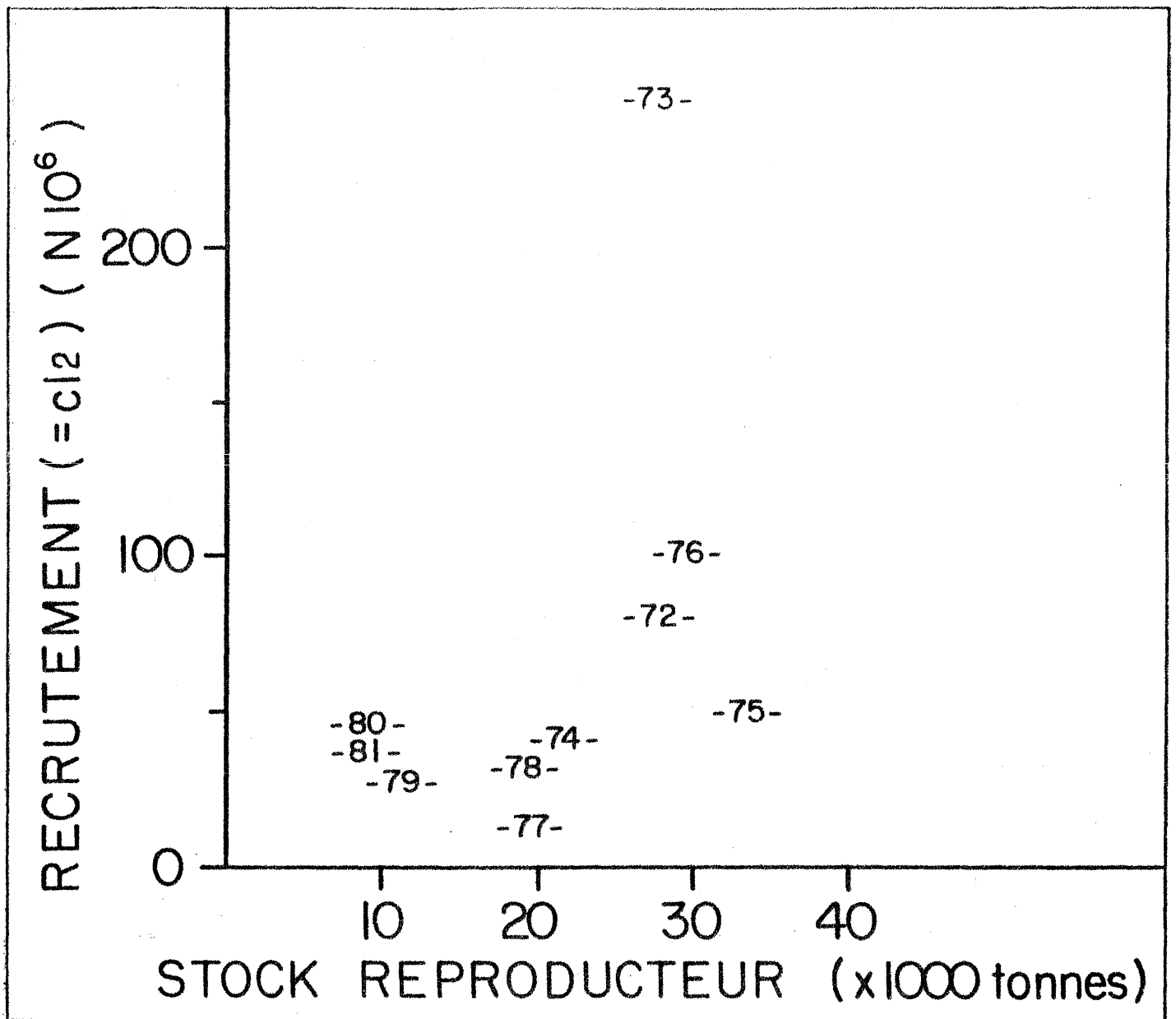


Fig 1 - COMPARAISON STOCK ANNEE i ET RECRUTEMENT ANNEE i+2

Conclusions

Ces résultats préliminaires ont été obtenus à partir des données récoltées pour la gestion et l'aménagement du stock de coquille Saint-Jacques de la baie de Saint-Brieuc.

Les premières conclusions qui se dégagent sont que, pour la période 1970-1976, avec un stock élevé, le recrutement était bon, sauf une année faible, tandis que pour la période 1977-1984 le stock est très nettement plus faible et le recrutement est moyen à très médiocre avec cependant quelques années bonnes (1978 et vraisemblablement 1984). Cette analyse repose sur l'hypothèse d'une contribution importante de la zone des "cailloux" dont l'effet pourrait se faire sentir sur l'importance quantitative du stock global comme sur l'aspect qualitatif (grande densité donc proximité des géniteurs et coquilles plus âgées).

Sur le plan de la gestion, il semble donc que l'on puisse voir trois périodes dans l'évolution du gisement de Saint-Brieuc :

1 - Une période "expansion" entre 1960 et 1970 où le stock est faible, le recrutement aléatoire mais la pression de pêche faible malgré le nombre d'heures élevé de dragage (puissance des bateaux faible, efficacité des dragues faible).

2 - Une période euphorique entre 1970 et 1976 où le stock est abondant, le recrutement important et la pression de pêche forte, en particulier avec l'adoption des dragues à volets (1968).

3 - Une période "régression" où la conjonction d'un mauvais recrutement, de l'ouverture à l'exploitation du stock-tampon que constituaient les "cailloux", et d'un effort de pêche élevé, a ramené l'équilibre stock/exploitation à un niveau beaucoup plus faible.

Cette situation semble être identique au Japon dans le Hokkaïdo où l'on possède quelques données sur le stock de *Patinopecten* de Sarufutsu, surexploité avant 1965-1970 et où le repeuplement à grande échelle a recréé un stock abondant assurant maintenant un recrutement pléthorique.

FECONDITE, NUTRITION LARVAIRE, METAMORPHOSE
CHEZ PECTEN MAXIMUS

par Albert LUCAS

Laboratoire de Zoologie - Faculté des Sciences - 29283 BREST CEDEX.

Entre la fécondité potentielle mesurable sur les géniteurs et le recrutement du stock reproducteur de deux ans, les données issues du milieu naturel sur la coquille St Jacques sont fragmentaires et ne permettent pas de se faire une idée précise des séquences du développement. Par contre, celles-ci commencent à être bien connues en aquaculture. On peut donc, d'après les données récoltées en écloséries, nurseries et cultures en mer, tirer des enseignements sur le développement de cette espèce, dans le but de comprendre ce qui se passe entre une ponte et le recrutement correspondant deux ans plus tard.

1. LES STADES DE DEVELOPPEMENT DE *Pecten maximus*

Les principales caractéristiques des stades de développement sont condensées sur le tableau 1.

1.1. Périsygotique

Les ovocytes émis par les Bivalves sont diploïdes : méiose ovocytaire, amphimixie, segmentation sont des phénomènes continus dont le déclenchement a pour origine la pénétration des spermatozoïdes. Le stade périsygotique recouvre tous les phénomènes qui entourent la fécondation, allant de l'émission des gamètes aux premières divisions des blastomères.

1.2. Embryonnaire

Ce stade se distingue du précédent par l'apparition de la différenciation cellulaire (passage d'un organisme homogène à un organisme hétérogène structurellement). Physiologiquement, il est caractérisé par son endotrophie. Ce type de nutrition s'applique aussi aux larves trochophores.

- TABLEAU 1 -

Génération	n	n + 1					
Structure	Hétérogène	Homogène	Hétérogène				
Nutrition	Exotrophe	Endotrophe		Exotrophe			
Ecologie	Benthique	Pélagique			Benthique		
Anatomie	Imaginale	Pré-imaginale				Imaginale	
Reproduction	Cyclique	Inexistante				Cyclique	
Stade	Adulte (mature)	Périzygotique	Embryonnaire	Larvaire	Post-larvaire	Juvenile	Adulte
Durée (1)	(3 mois)	4 heures	2 jours	3 semaines	2 semaines	2 années	n années

Fécondité réelle
Quantitative
Qualitative

Nutrition Larvaire
Qualitative
Quantitative

Métamorphose
Compétence
Performance

(1) Durée approximative (pour *Pecten maximus*) pour une température estivale de 16-18°C.

Principales caractéristiques des stades de développement de *Pecten maximus* (valables pour la plupart des Bivalves ovipares).

1.3. Larvaire

Il y a passage de l'endotrophie à l'exotrophie. En effet, les larves succédant à la trochophore : véligère à charnière droite ou en forme de D (larve D), véligère à umbo, pédivéligère ocellée doivent s'alimenter. Elles consomment surtout du phyto-nannoplancton, mais aussi des particules inertes (sestotrophie).

1.4. Postlarvaire

Il y a passage de la vie pélagique à la vie benthique, métamorphose avec profondes modifications sur environ deux jours et évolution sur deux semaines pour atteindre progressivement la forme adulte (imago), donc transition entre le pré-imaginal et l'imaginal. Ces modifications morphologiques impliquent des changements physiologiques, écologiques et éthologiques.

1.5. Juvenile

L'animal a la forme de l'adulte, mais de plus petite taille et sans gonade fonctionnelle.

Comme tout découpage d'un phénomène continu, celui-ci a une part d'arbitraire. Cependant, il est basé sur des observations précises du développement de l'organisme en prenant en compte sa structure, son anatomie, son écologie, sa physiologie nutritionnelle et reproductrice.

Si l'on se limite au développement précoce (ou pré-imaginal), on constate que deux stades sont particulièrement critiques dans les élevages : celui des postlarves qui doivent subir le passage d'une vie pélagique libre à une vie benthique fixée, ainsi que de profondes modifications anatomiques et physiologiques ; celui des larves véligères qui doivent passer de l'endotrophie à l'exotrophie.

On constate aussi qu'au cours du périzygotique, les observations dans le milieu extérieur permettent de mieux préciser les données de départ en calculant non plus la fécondité potentielle, mais la fécondité réelle, définie non seulement quantitativement mais aussi qualitativement.

Ceci nous amène donc à étudier successivement, dans l'ordre chronologique : la fécondité réelle, la nutrition larvaire, la métamorphose.

2. LA FECONDITE RELLE

Il n'est pas inutile de rappeler que chez la Coquille St Jacques :

- la gonade (comme chez tous les Pectinidés, mais contrairement à la plupart des Bivalves) est anatomiquement différenciée et donc séparable de la masse viscérale. Ce fait permettra de bien calculer la fécondité.
- les individus sont hermaphrodites simultanés.
- la fécondation est externe (comme chez tous les Bivalves).

2.1. Etude quantitative

La fécondité réelle ne peut être déduite automatiquement de la fécondité potentielle, en raison d'une part, de l'existence possible de cytolyses (ou atrésies) ovocytaires ; d'autre part, de pontes plus ou moins incomplètes. Il est donc nécessaire d'étudier cette fécondité réelle.

2.1.1. Au laboratoire

Pour connaître la fécondité réelle, deux méthodes peuvent être utilisées conjointement :

- 2.1.1.1. L'une histologique permet d'évaluer le nombre N_1 d'ovocytes mûrs avant la ponte dans la gonade, puis le nombre d'ovocytes résiduels N_2 observés dans la gonade après émission. La fécondité réelle est :

$$F_r = N_1 - N_2$$

N_1 et N_2 ne pouvant être calculés sur le même individu, ils sont établis statistiquement sur des lots homogènes de mêmes caractéristiques. Les calculs de N_1 et N_2 se font selon les principes de la stéréologie (Williams, 1981) et l'utilisation d'un analyseur d'image (OPTOMAX).

Le nombre calculé d'ovocytes en pré-ponte et en post-ponte est mis en relation avec le poids de l'ovaire en pré-ponte et en post-ponte.

- 2.1.1.2. L'autre expérimentale. L'émission des gamètes est provoquée chez des individus matures. Les ovocytes émis sont comptabilisés par homogénéisation du milieu et comptage d'une fraction.

Dans la plupart des cas, les ovocytes résiduels sont peu nombreux, les émissions sont quasi-complètes. Lorsqu'il y a un blocage évident de l'émission, les résultats ne sont pas pris en compte.

2.1.2. Dans le milieu naturel

La recherche de méthodes simples s'impose. Dans la mesure où d'après les études en laboratoire, une bonne corrélation sera établie entre nombre d'ovocytes et poids de l'ovaire, le plus pratique sera d'établir les poids moyens en pré-ponte et en post-ponte et en déduire la fécondité réelle. Toutefois, des vérifications histologiques pourront être réalisées de temps à autre. Cette fécondité sera établie pour chaque population et chaque classe d'âge.

2.1.3. Remarque sur la fécondation

Il ne semble pas qu'il y ait de problèmes de fécondation dans le milieu naturel, les chances de rencontre ovocytes/spermatozoïdes étant très élevées pour les raisons suivantes :

- abondance des spermatozoïdes par rapport aux ovocytes,
- nombre élevé de gamètes par individu (15-20 M d'ovocytes),
- nombre élevé d'individus par "bancs" (espèce grégaire),
- simultanéité des émissions (observation générale).

Cependant, cette simultanéité n'est pas toujours strictement observée : si la proportion d'individus ayant une ponte anticipée ou différée reste faible, cela ne porte pas à conséquence. Mais si l'asynchronisme caractérise une ponte, il y aurait de fortes chances pour que le taux de fécondation soit abaissé, surtout si le stock de géniteurs n'est pas abondant et, dans ce cas (sans doute exceptionnel) l'asynchronisme de l'émission des gamètes pourrait expliquer, au moins partiellement, un recrutement médiocre deux ans plus tard.

2.2. Etude qualitative

2.2.1. Au laboratoire

De multiples observations ont montré que toutes les pontes n'ont pas la même qualité puisqu'elles ne peuvent donner, ultérieurement, dans les mêmes conditions d'élevage, des résultats extrêmement variés.

Pour résoudre ce problème de qualité des pontes, deux sortes de méthodes ont été employées :

2.2.1.1. Méthode indirecte

C'est la méthode courante en écloserie. Dans un lot le nombre N d'ovocytes émis est compté. Deux jours plus tard, on compte le nombre n de larves véligères (normales et anormales) qui en sont issues. Le rapport $\frac{N}{n}$, encore appelé "taux d'éclosion", est considéré comme un indice de qualité de la ponte. Cela suppose que les conditions expérimentales sont immuables (Cochard, ce colloque). Selon cet auteur, la température de 15,5°C-16°C serait la limite inférieure pour obtenir une ponte de bonne qualité.

2.2.1.2. Méthodes directes

Bien que nombreuses, peu d'entre elles ont jusqu'ici été régulièrement employées. On peut distinguer :

2.2.1.2.1. La taille de l'ovocyte mûr. En prenant la précaution d'opérer toujours de la même façon pour effectuer la mesure, on constate, outre une forte variation individuelle des différences entre populations. Ainsi, d'après Paulet (Comm. pers.) dans une première approche, le diamètre moyen des ovocytes de *P. maximus* en Rade de Brest est de 65-70 µm et ceux de la Baie de St Briec de 75 µm, ce qui correspond, en volume, à une différence de 1/4. D'une ponte à l'autre, le volume des ovocytes peut passer du simple au double. Kraeuter et al. (1982) ont montré que chez un Pectinidae *Argopecten irradians* et un Veneridae *Mercenaria mercenaria*, où les oeufs avaient été classés en trois groupes de taille, le "taux d'éclosion" était plus élevé pour les gros oeufs que pour les petits. Il semble donc judicieux de prendre ce paramètre en compte.

2.2.1.2.2. La biochimie élémentaire, en particulier l'étude quantitative et éventuellement qualitative des lipides et des protéines. Ces mesures, contrairement aux précédentes, ne peuvent se faire individuellement, mais nécessitent une certaine quantité d'ovocytes, issus d'un lot. De telles mesures (protéines, glucides, lipides totaux, lipides neutres) ont été réalisées par Bayne et al. (1978) sur *Mytilus edulis*, qui trouvent que les oeufs de femelles "stressés" contiennent moins de lipides et de protéines que ceux des femelles "normales".

2.2.2. Dans le milieu naturel

Les variations des facteurs climatiques seront suivies *in situ*, en particulier la température.

Quand la température atteindra ou dépassera 16°C et que la maturité sexuelle sera constatée, des exemplaires récoltés dans le milieu naturel seront examinés au laboratoire, comme indiqué ci-dessus.

Conclusion

Les protocoles simples proposés jusqu'ici devraient permettre :

1. D'apprécier l'abondance de la ponte pour une population de structure démographique connue.
2. De préjuger de la qualité de la ponte en connaissant la température de l'eau, et d'apprécier cette qualité en déterminant la taille des ovocytes (ou des oeufs) et, éventuellement, leurs caractéristiques biochimiques élémentaires.

3. LA NUTRITION LARVAIRE

Il est difficile d'affirmer que, chez les Bivalves la nutrition larvaire pose problème dans le milieu naturel. En effet, il n'y a que des présomptions à ce sujet. Les unes sont indirectes : la nutrition larvaire est fréquemment cause de mortalité dans les élevages ; les autres directes mais incomplètement démontrées : l'absence de nourriture dans le milieu naturel aurait été cause des mortalités des larves d'huîtres creuses (*C. gigas*) dans le bassin d'Arcachon en 1981 selon Robert (1983). Quoiqu'il en soit, cette éventualité ne peut être négligée. C'est pourquoi, elle sera examinée ci-après.

3.1. Les acquis de l'aquaculture

On rapportera ici ce qui est valable pour *Pecten maximus*, mais qui a été acquis le plus souvent sur d'autres espèces de Bivalves.

3.1.1. Le passage de l'endotrophie à l'exotrophie

Il s'établit progressivement chez la larve D. En effet, la jeune véligère D commence à se nourrir quelques heures après sa formation (Lucas et Rangel, 1983), le nombre d'heures étant fonction de la température. Cependant, les larves qui se nourrissent possèdent encore des réserves vitellines (études en cours), aussi la première prise de nourriture peut-elle être différée de quelques heures.

La nourriture ingérée à ce moment peut être digérée puisque la véligère D possède des organes digestifs différenciés et similaires à ceux de l'adulte, notamment au niveau de l'estomac : stylet cristallin, sac du stylet, bouclier gastrique, glande digestive ou diverticule digestif (Yonge, 1926 ; Millar, 1955 ; Allen, 1961 ; Ansell, 1962 ; Masson, 1975 ; Elston, 1980 ; Rangel, 1984). Cette similitude avec les adultes ne se retrouve pas dans la prise de nourriture. Celle-ci se fait au moyen du vélum qui fonctionne à l'extérieur de la coquille chez la larve, tandis qu'à partir de la postlarve la prise s'effectue au moyen des branchies, dans la cavité palléale, à l'intérieur de la coquille.

3.1.2. La nourriture particulière

Les larves de Bivalves, microphages non filtreurs, peuvent être considérées comme sestotrophiques puisqu'elles ingèrent des particules inertes (tripton) ou vivantes (plancton). Parmi ces dernières il y a beaucoup de phyto-nanno-plancton et un peu de bactéries.

En utilisant la méthode de l'éclaircissement du milieu, (clearance rate), Riisgard et al. (1980) ont montré que les larves ingéraient des particules de 1 à 8 μm avec une préférence pour celles de 3 μm . Cependant, si leur taille convient, toutes les espèces d'algues ne sont pas digérées avec la même facilité pour les larves. Pour rechercher les espèces d'algues unicellulaires qui ont la meilleure "valeur nutritive", de nombreux auteurs (voir Lucas, 1982) ont eu recours à la méthode indirecte des croissances larvaires comparées entre lots ne différant que par la nature des algues fournies comme nourriture. Ainsi, 2 phytoflagellés *Pavlova (Monochrysis) lutheri*, (4 μm) et *Isochrysis galbana* (3 μm) sont universellement considérées comme bonne nourriture surtout pour les jeunes larves. Les mélanges d'algues donnent de meilleurs résultats qu'une nourriture monospécifique.

Les quantités optimales de nourriture ont été déterminées, elles aussi, par la méthode indirecte de croissance comparée (voir Lucas, 1982). A ce propos, on doit faire 2 remarques :

- pour bien interpréter les résultats sur les rations alimentaires (feeding rate) il convient de distinguer selon Lucas (1983) la ration fournie, la ration consommée, la ration ingérée. Ces 3 sortes de rations n'étant pas évaluées par les mêmes méthodes, elles ne sont pas comparables.

- il existe une valeur optimale de la ration fournie au-delà de laquelle la croissance des larves diminue (Bayne, 1965).

3.1.3. La digestion : dynamique et pathologie

En raison de la coloration de la glande digestive des larves de Bivalves, il est impossible d'y voir par transparence l'évolution des algues ingérées. Par contre, en épifluorescence, la chlorophylle des algues apparaît rouge et au cours de sa dégradation devient jaune puis incolore. En définissant 4 stades de digestion, Babinchak et Ukeles (1979),

Lucas et Rangel (1981, 1983), Rangel (1983, 1984) ont montré que l'ingestion et la digestion sont continues chez les larves, que la durée du transit alimentaire varie considérablement en fonction de la température, que la digestibilité des algues varie d'une espèce à l'autre.

Cette technique a aussi permis de déceler que dans un élevage, il pouvait y avoir une proportion plus ou moins élevée de larves morphologiquement normales et d'apparence saine, qui ne se nourrissaient pas, malgré la présence de nourriture.

Enfin, dans certains cas les larves qui ne se nourrissaient pas ont montré une structure pathologique de leur glande digestive, dont les cellules contenaient de grosses inclusions visibles en épifluorescence et en microscopie électronique.

3.1.4. Métabolisme larvaire

Outre la croissance tissulaire et coquillière, le métabolisme larvaire se caractérise par la constitution de réserves et la minéralisation de la coquille, ce qui a permis d'établir des indices de condition.

3.1.4.1. *Le taux de lipides*

(Poids des lipides totaux/poids sec organique) Gabbott et Holland (1973), Holland et Spencer (1973), Waldock et Nascimento (1979) ont montré que chez les larves, les réserves étaient essentiellement de nature lipidique. Le taux de lipides s'accroît jusqu'à la métamorphose. Il peut être déterminé par méthode gravimétrique sur des lots de larves.

Gallager et Mann (1981) ont proposé une méthode colorimétrique (Noir Soudan) moins précise mais beaucoup plus rapide et applicable individuellement. Ils ont montré qu'un jeûne de 3 jours suffit à faire disparaître les réserves lipidiques d'une larve.

3.1.4.2. L'indice $\frac{MO}{MI}$ (matière organique/matière inorganique)

Il s'établit sur des lots de larves. Au cours de la vie larvaire, ce taux commence par décroître (minéralisation de la coquille) d'abord fortement, puis plus faiblement et finit par remonter (Aldana, sous presse). Pour certains stades larvaires précis, les valeurs du taux de $\frac{MO}{MI}$ peuvent donc constituer des références de la condition du lot examiné.

3.1.4.3. *La structure de la coquille larvaire*

Comme chez le Bivalve adulte, la coquille de la larve est une sécrétion cumulative qui intègre l'histoire de l'animal et témoigne, en particulier, des variations de sa vitesse de croissance. Il est donc possible qu'une étude minutieuse au microscope électronique à balayage fournisse des indications non seulement sur l'état présent d'une larve, mais aussi sur ses antécédents.

3.2. Différences entre les conditions en écloserie et en milieu naturel

Avant de transposer les résultats obtenus sur les larves élevées en écloserie, à celles qui vivent dans le milieu naturel, il convient de récapituler les différences entre les 2 milieux (voir Tableau 2).

3.3. Application au milieu naturel

Pour étudier la nutrition larvaire dans le milieu naturel, on peut envisager 2 approches complémentaires :

- mieux connaître ce qui se passe dans le milieu naturel concernant les larves et concernant la nourriture (phytoplancton) ;
- réaliser des élevages plus proches des conditions naturelles.

3.3.1. Etudes in situ

3.3.1.1. *Les larves*

3.3.1.1.1. Des prélèvements de larves, par pompage, peuvent s'effectuer dans le milieu aux périodes propices (par exemple juillet en baie de St Brieuc). La reconnaissance des espèces ou des familles sera impossible sur les larves D, mais progressivement réalisable sur les larves umbonnées et les formes ultérieures.

3.3.1.1.2. Leur observation en épifluorescence, en utilisant une échelle pratique comportant 3 stades (larves bien nourries, mal nourries, à jeun) permettrait de voir :

- TABLEAU 2 -

	ECLOSERIES	MILIEU NATUREL
Espèces de Bivalves	1 seule espèce connue	Plusieurs espèces difficiles à reconnaître.
Espèces d'algues monocellulaires	Mélanges limités à 2-5 espèces obtenues en cultures monospécifiques. Toutes espèces favorables aux larves.	Plusieurs espèces où les dominantes varient selon les saisons, certaines n'étant pas utilisées par les larves.
Densités larvaires	Constantes et élevées.	Variables, peu élevées.
Concentrations algales	Renouvellement journalier d'une concentration optimale.	Concentration incontrôlée.

Caractéristiques de la nutrition larvaire en écloséries et milieu naturel.

- si dans les populations naturelles il y a un certain pourcentage de larves qui ne se nourrissent pas, comme dans les élevages (causes intrinsèques) ;

- si dans certaines circonstances et en particulier après certaines perturbations (tempête, marée rouge, absence de bloom, etc.), les populations naturelles de larves souffrent de malnutrition. Ce point est particulièrement important car si l'existence de la malnutrition larvaire pour des causes extrinsèques est démontrée en milieu naturel, ce fait serait à prendre en considération dans le déterminisme du recrutement. On peut estimer qu'au moins 2 années d'observation sont nécessaires avant de pouvoir tirer des conclusions.

3.3.1.1.3. Sur les larves prélevées, le taux de lipides pourrait être étudié par colorimétrie.

3.3.1.2. *Le phytoplancton* Les observations pourraient porter sur l'abondance des espèces phytoplanctoniques susceptibles d'être ingérées par les larves, sur l'évolution temporelle de ces espèces en relation avec la présence des cohortes successives de larves.

3.3.2. Etudes expérimentales

Pour se rapprocher des conditions du milieu naturel, des élevages larvaires caractérisés comme suit, pourraient être entrepris :

- grand volume ;
- algues provenant du milieu naturel à partir d'eau de mer centrifugée (la centrifugation fait éclater les organismes animaux qui décantent, mais pas les organismes végétaux qui surnagent) ;
- densité faible de larves appartenant à 2 ou 3 espèces normalement présentes : par exemple, *Pecten maximus*, *Mytilus edulis*, *Anomia ephippium*...

L'intérêt d'un élevage polypécifique serait, en particulier, de voir si certaines espèces sont plus sensibles que d'autres à la pénurie de nourriture.

La compétition avec d'autres phytophages planctoniques est aussi à envisager.

CONCLUSION

Devant le problème de la nutrition larvaire, il est nécessaire de hiérarchiser les méthodes d'approches.

L'étude nutritionnelle (épifluorescence, taux de lipides) des larves récoltées dans le milieu naturel est primordiale. En effet, si l'on constate que quelles que soient les circonstances, les larves de Bivalves sont toujours suffisamment nourries dans le site considéré, il serait inutile, dans ce cas, d'entreprendre les autres études suggérées ci-dessus.

Par ailleurs, l'approfondissement des études sur le métabolisme larvaire reste souhaitable, car il peut aboutir à la mise au point de méthodes nouvelles, éventuellement plus pratiques, pour évaluer la condition des larves, aussi bien en milieu naturel qu'en éclosérie.

4. LA METAMORPHOSE

4.1. Les acquis de l'aquaculture

Pour que la métamorphose se réalise, il faut que la larve soit apte à la métamorphose (compétence) et que cette aptitude ne reste pas potentielle mais qu'elle se réalise sous l'influence de certains facteurs (performance).

4.1.1. Compétence

La compétence se reconnaît par les critères suivants :

- critère morphologique. La larve est une pédivéligère, qui possède toujours un velum et a acquis un pied cylindrique, allongé, très mobile. Une tache pigmentaire visible à travers la coquille apparaît latéralement chez certaines espèces (*Ostrea*, *Crassostrea*, *Pecten*, etc.). Cette tache est communément appelée "oeil", on dit que la larve est "oeillée".

- critère biochimique. Le taux de lipides (lipides totaux/matière organique) est de 20 à 25 %. Par exemple de 23 % chez *Ostrea edulis* d'après Holland et Spencer (1973). Si ce taux tombe au-dessous d'une valeur limite (environ 10 % pour la plupart des espèces) la larve n'est pas apte à la métamorphose.

- critère éthologique. La pédivéligère nage près du fond (grâce à son velum) et rampe sur le fond (grâce à son pied) : on parle de comportement exploratoire.

4.1.2. Performance

Les nombreux facteurs qui interviennent dans le déclenchement de la métamorphose chez les Invertébrés marins benthiques ont été analysés par Crisp (1974). Dans la présente étude, on se limitera à quelques remarques.

4.1.2.1. *Fixation épidémique*

Dans les écloseries on constate que, quelle que soit l'espèce, la fixation des postlarves se produit le plus souvent de façon épidémique. Tout se passe comme si un ou plusieurs facteurs favorables agissaient subitement ou qu'une inhibition était levée.

4.1.2.2. *Effet de transfert*

Il arrive que des larves compétente maintenues dans leur écloserie d'origine où elles n'arrivent pas à se métamorphoser, le fasse immédiatement lorsqu'elles sont transférées ailleurs. Cela a été régulièrement le cas ces récentes années pour *Pecten maximus* transféré du COB situé sur le goulet de Brest à l'écloserie du Tinduff, située en rade de Brest (Cochard et Gérard, Comm. pers.).

4.1.2.3. *Température*

La température intervient sur la métamorphose des Bivalves. Ainsi, Gérard (1978) a montré que la palourde japonaise *Tapes philippinarum* ne se métamorphosait pas au-dessous de 23°C. Il en est de même pour des larves compétentes de *Pecten maximus* maintenue à 8°C (Beaumont et Budd, 1981). Ces remarques sporadiques demandent à être complétées et précisées.

4.1.2.4. Les substances biochimiques exogènes

Des substances exogènes favorables à la métamorphose ont été découvertes pour diverses espèces d'Invertébrés marins (Crisp, 1967, 1974 ; Hardfield, 1977). Certaines d'entre elles, utilisées en milieu confiné, améliorent considérablement les résultats de la métamorphose. Parmi celles-ci on peut citer :

4.1.2.4.1. L'acetazolamide, testée avec succès chez *Ostrea lutaria* par Nielsen (1973).

4.1.2.4.2. L'acide α aminobutyrique (GABA) et divers composés voisins dont la L.Dopa, qui induisent la métamorphose (élévation du taux de succès) et accélèrent le processus (Morse et al., 1979, 1980).

4.1.2.4.3. La cyclohexadiénone extraite de l'algue rouge *Delesseria sanguinea* entraîne une augmentation du taux de métamorphose (Cochard et al., sous presse). Ce produit ne présente pas de différence d'activité qu'il ait été obtenu par extraction ou par synthèse.

4.1.2.5. Influence des bactéries

Le rôle des bactéries dans ce phénomène a été abordé par plusieurs auteurs dont Meadows et Williams (1963), Crisp et Ryland (1970) qui pensent que les films bactériens recouvrant les surfaces émergées et favorisent la fixation des larves d'Invertébrés.

La même idée avait aussi été émise par Kiselva (1966) pour qui un film bactérien et/ou algal enveloppant un substrat favorisait la fixation et la métamorphose de *Mytilus galloprovincialis* en élevage expérimental. Cependant, ces auteurs restent très imprécis sur les bactéries dont ils signalent le rôle.

Plus récemment, une souche bactérienne isolée d'un élevage de *Crassostrea virginica* s'est révélée jouer un rôle important dans la fixation et la métamorphose des bivalves (Weiner et Colwell, 1982). Cette bactérie, qui synthétise la mélanine, agirait par l'intermédiaire d'une substance chimique produite au cours de cette synthèse. Le Dopa, déjà mentionné précédemment, et précurseur de la mélanine, pourrait être cette substance.

4.2. Application au milieu naturel

4.2.1. Métamorphose

Les connaissances actuelles sur la métamorphose des Bivalves sont encore fragmentaires. Si l'on peut envisager certaines applications en écloséries (addition de substances chimiques par exemple), il est exclu de les employer dans le milieu naturel. Ainsi, ne peut-on envisager ni action, ni contrôle sur la performance en milieu naturel.

Par contre, la compétence biochimique des pédivéligères pourrait être évaluée, en employant la méthode colorimétrique. Il faudrait pour cela pouvoir capturer en nombre des pédivéligères dans le milieu naturel, mais cela n'a pas encore été possible pour *Pecten maximus*.

4.2.2. Captage en mer

Des méthodes de captage en milieu naturel mises au point au Japon sur l'espèce *Patinopecten yessoensis*, ont été adaptées en France pour *Pecten maximus* et d'autres Pectinidae par Dao, Buestel et collaborateurs (type de collecteur, lieu, date et technique de pose). Ces expériences, outre leur intérêt pratique, apportent des données originales pour la compréhension du recrutement de *Pecten maximus* en baie de St Brieuc.

Dans la mesure où les stades précédant la fixation des post-larves seront mieux compris et mieux suivis, comme il a été suggéré dans les pages précédentes, à savoir :

- une bonne définition de la fécondité réelle par classe d'âge à chaque période de ponte (au lieu du seul poids de gonade rapporté à la taille) ;
 - une appréciation de la qualité des pontes ;
 - une appréciation de la condition et de l'état de réplétion des larves issues de ces pontes ;
 - une éventuelle appréciation de la compétence des larves à la métamorphose ; il va de soi que la fixation des postlarves dans les collecteurs sera mieux maîtrisée, que les résultats seront moins aléatoires, permettant ainsi une meilleure contribution à la compréhension du déterminisme du recrutement de l'espèce dans le site considéré.
-

THÈME IV

HUITRE

Réunion "Déterminisme du Recrutement"-I.S.T.P.M. Nantes, 2-4 juillet 1984
Contribution n°3

ELEMENTS CONCERNANT L'HUITRE PLATE, Ostrea edulis

par A.G. MARTIN - IFREMER - Station de La Trinité - 12, rue des
résistants - 56470 - LA TRINITE S/MER.

Introduction

La production française d'huitres plates (Ostrea edulis) est assurée en majeure partie par les centres bretons. Le captage de cette espèce se fait essentiellement en Bretagne dans la baie de Quiberon et les rivières attenantes. Le laboratoire conchylicole I.S.T.P.M. de La Trinité S/Mer consacre donc une partie de ses programmes, d'une part à l'étude de la reproduction de l'huitre plate afin de déterminer la période favorable à la pose des collecteurs, d'autre part à l'évaluation du recrutement sur ces collecteurs. L'apparition des deux parasitoses successives a considérablement modifié les données concernant la culture de cette espèce (Grizel, 1983). Le présent document est destiné à préciser :

- les données déjà acquises
- les actions prévues en 1984 et 1985
- les problèmes posés notamment à la suite de la seconde parasitose
- les propositions éventuelles.

I. Données déjà acquises

I.1. Reproduction de l'huitre plate

Les plus anciennes données disponibles concernant la reproduction de l'huitre plate en Bretagne datent de 1934 (Herman, 1935). Mais on peut considérer que les méthodes sont standardisées depuis une dizaine d'années, la campagne de reproduction se déroulant de la mi-mai à la mi-août de la façon suivante :

- suivi de la température de l'eau en surface et au fond dans divers secteurs, et, depuis un an seulement, suivi de la salinité aux mêmes points,

- examen de l'état sexuel des géniteurs à partir de la mi-mai,

cet examen se fait macroscopiquement sur des lots de 50 à 100 huîtres provenant de divers bancs amodiés à la profession, deux fois par semaine,

- estimation du nombre de larves dans l'eau dès l'apparition des huîtres ardoisées,

le prélèvement se fait en surface au filet de maille de 130 μ équipé d'un flot-mètre. La numération se pratique, après décantation, dans une cellule de comptage spéciale,

- suivi de l'évolution des larves avec détermination du taux de larves proches du stade de fixation,

numération et mesures se font tous les deux jours et parfois tous les jours en période critique,

- pose de collecteurs-témoins

elle a lieu tous les deux jours à partir de l'apparition de larves proches du stade de fixation.

Ces actions s'accompagnent de l'information permanente des professionnels par bulletins et voies de presse.

I.2. Estimation du recrutement

Jusqu'à présent l'estimation du recrutement concerne le captage traditionnel en secteur découvrant sur tuiles chaulées.

En 1979 et 1980, l'étude s'est faite en deux temps : dénombrement des collecteurs sur le terrain en automne, après la pose, comptage du nais-sain récolté au moment du détroquage au printemps suivant (échantillonnage stratifié à 2 niveaux, Martin et coll., 1980).

Depuis 3 ans, en raison de la parasitose due à Bonamia ostreae et des problèmes économiques et réglementaires qu'elle occasionne, seule le comptage systématique des collecteurs-tuiles a été effectué. L'évaluation du tonnage mis en élevage a été obtenue par ailleurs au moment des semis, ceux-ci étant obligatoirement soumis à déclaration. Cette évaluation ne correspond pas exactement à la quantité de naissain capté, une partie du naissain ayant été détruite et certains semis n'ayant pas été déclarés.

I.2.2. Recrutement en eau profonde

Deux types de collecteurs sont utilisés en eau profonde : le cadre plastique chaulé et la coque de moule.

Le captage sur cadre plastique ne concerne que 2 professionnels et ne fait pas l'objet d'une étude.

Le captage sur coque de moules par contre sur sol et surtout en suspension tend à se développer actuellement en baie de Quiberon et nécessiterait une étude particulière. Il n'a fait l'objet pour le moment que d'études techniques de mise au point (Grizel et coll., 1979) et amélioration (Martin et coll., en cours).

II. Actions prévues en 1984 et 1985

Sont prévus dans le cadre des programmes 1984 et 1985, en ce qui concerne la reproduction et le recrutement :

- suivi de routine de la reproduction,
- essai d'amélioration de la technique de prélèvement de larves : prélèvement par pompage à différentes profondeurs afin d'étudier la répartition des larves et l'état de leur évolution en fonction de la profondeur. Cette étude envisagée notamment en raison du développement du captage en eau profonde dépend de l'acquisition du matériel adéquat (pompe péristaltique et groupe électrogène),
- estimation du recrutement sur tuiles,
- estimation du recrutement sur coques de moules dépendant de la présence d'une stagiaire E.N.T.M. pour 5 mois (réponse en attente).

III. Problèmes posés

Comme cela a déjà été mentionné, le développement de la "Bonamiose" modifie considérablement les données concernant l'élevage de l'huître plate.

Actuellement, en dehors des facteurs climatiques et écologiques, le recrutement repose sur deux incertitudes : une incertitude biologique, la relation stock-recrutement, et une incertitude économique, la relation possibilité d'élevage-quantité de collecteurs mis à l'eau.

Le stock de géniteurs situé en baie de Quiberon est considérablement réduit du fait de la mortalité importante et du nettoyage des gisements. Malgré les conditions de température favorables de l'été 1983 (facteur considéré jusqu'ici comme primordial pour le captage) les quantités de larves observées ont été faibles par rapport aux autres années. Par contre, un important captage d'huîtres creuses (Crassostrea gigas) s'est produit sur les tuiles, phénomène exceptionnel dans ce secteur. En 1976, les conditions de températures étaient également favorables mais le stock d'huîtres creuses de la baie probablement moins important, le captage d'huîtres creuses a été faible.

On ne peut conclure cependant à une insuffisance de géniteurs de l'espèce O. edulis, les conditions climatiques et hydrologiques ayant été fortement perturbées de mars à septembre 1983, et notamment au moment de la maturation des huîtres (mai - juin) et d'autres facteurs ont également pu entrer en jeu (compétition, prédation, variations de la composition en éléments trophiques).

Par ailleurs, en 1982, le stock de géniteurs avait déjà considérablement diminué. On a pourtant observé un captage naturel important au point de permettre un recrutement sur sol dans toute la baie de Quiberon d'huîtres plates qui auront 2 ans en été 1984 et seront en principe capables de se reproduire à cette époque. Ces huîtres s'ajoutent à celles captées sur coques de moules par les professionnels. Malgré la poursuite du nettoyage des gisements, le stock de géniteurs se trouve donc en augmentation par rapport à 1983 mais très rajeuni (fécondité moindre des jeunes huîtres).

La deuxième incertitude concerne le nombre de collecteurs susceptibles d'être mis à l'eau, les professionnels étant partagés entre la crainte de mévente, en raison du risque et des restrictions imposées par le plan de sauvegarde, et l'espoir provoqué par le succès des expériences menées à Cancale et à Paimpol.

IV. Propositions éventuelles

Le stock de données recueillies depuis dix ans et plus sur la reproduction de l'huître plate constitue un capital qui mériterait d'être mis en forme et exploité. Un début de récapitulation a été effectué par des stagiaires de passage mais 4 mois de vacation seraient nécessaires pour en faire la synthèse. Nous possédons en outre un grand nombre de données précises concernant la reproduction et le recrutement des pectinidés (pétoncle et coquille Saint Jacques) pour les années 1974 à 1984 dans les mêmes secteurs. L'analyse concomitante de ces données pourrait contribuer à comprendre certains phénomènes.

Par ailleurs, l'étude du stock de géniteurs de la baie de Quiberon devient primordiale. Un essai de mise au point d'une méthode d'évaluation par plongée est prévue en 1985. Cette étude rentre dans le programme général d'évaluation de la production retenu comme prioritaire sur le plan national.

Par contre, en ce qui concerne les facteurs d'environnement, facteurs physico-chimiques, facteurs trophiques, problèmes de compétition et de prédation au niveau des larves, nous possédons peu de données à ce sujet et aucune étude dans ce sens ne peut être envisagée dans les conditions actuelles de fonctionnement du laboratoire.

BIBLIOGRAPHIE

- GRIZEL H., LANGLADE A., PERODOU J.B., 1979. - Premiers essais d'une nouvelle technique de captage d'huîtres plates en baie de Quiberon. Communication C.I.E.M., C.M. 1979/K : 24.
- GRIZEL H., 1983. - Impact de Marteilia refringens et de Bonamia ostreae sur l'ostréiculture bretonne. Communication C.I.E.M., C.M. 1983/Gen : 9.
- HERMAN A.,. - Rapport sur la reproduction des huîtres indigènes dans le Morbihan et le Finistère en 1934. Revue des Travaux, Fasc. 1, n° 29.
- MARTIN A.G., GRIZEL H., LANGLADE A., 1979. - Evaluation du recrutement d'huîtres plates (Ostrea edulis) collectées sur tuiles dans le quartier d'Auray (Bretagne) en 1979. Communication C.I.E.M., C.M. 1980/K : 31.

STATION MARINE DE ROSCOFF

L. P. 4601 du C.N.R.S. et
Univ. P. & M. Curie - Paris VI

29211 - ROSCOFF

1. PROPOSITION DE RECHERCHE

"Caractéristiques et distribution des spectres de taille de particules et de substances dissoutes et leurs échanges à l'interface eau-sédiment de parcs ostréicoles et de nurseries, en régime macrotidal".

2. OBJECTIFS

Les océanographes des pêches ont reconnu depuis longtemps l'importance de la variabilité du recrutement en tant que facteur essentiel dans le contrôle des fluctuations de stocks.

Toute prédiction du recrutement passe par une connaissance approfondie des mécanismes biologiques et physiques qui contrôlent le recrutement (courants, nutrition larvaire etc.).

Les modalités d'action de tels mécanismes sont nombreuses et complexes. Elles dépendent de situations géographiques et hydrologiques très variées.

Parmi les approches possibles, l'analyse des spectres de taille de particules et la caractérisation des matériels particulaires et dissous dans la colonne d'eau et à l'interface eau-sédiment doivent permettre de mieux comprendre le phénomène fondamental d'aggrégation de particules, qui peut traduire un potentiel de recrutement pour un écosystème donné. Le maintien dans les habitats marins d'un spectre étendu de taille de particules est en relation avec le caractère en mosaïque des microdistributions. C'est une caractéristique qui semble généralisable pour des conditions pélagiques et de l'interface eau-sédiment.

Dans cet ordre d'idée, les écosystèmes côtiers du Nord-Finistère soumis à un fort hydrodynamisme, tout particulièrement au niveau de l'interface eau-sédiment, constituent des modèles d'étude exceptionnellement typés.

L'objectif principal de notre projet est donc d'appréhender dans des parcs ostréicoles et des nurseries de la Manche (baie de Morlaix, baie de St Brieux) :

- certaines des caractéristiques de structure de taille et qualité chimique de matériels particulaires et dissous,

- leurs implications dans des processus d'échange à l'interface eau-sédiment, qui conditionnent les transformations de l'énergie mécanique en énergie chimique utilisable par les organismes.

On s'efforcera :

- 1° de déterminer des phénomènes d'agrégation par une analyse des spectres de taille de particules, en tenant compte de la variabilité à court (marée) et moyen (saison) termes.

- 2° de caractériser quantitativement des paramètres biochimiques importants de la colonne d'eau et de l'interface eau-sédiment : protéines, hydrates de C, pools d'acides aminés, lipides, vitamines.

- 3° de comparer les spectres de particules de matériaux vivants et inertes par observation directe (microscopie), par respirométrie et par microcalorimétrie. On cherchera ainsi à mettre en évidence la nature et l'importance des propriétés allométriques du matériel particulaire vivant, son "turnover" et ses propriétés énergétiques.

- 4° de préciser l'amplitude des échanges entre l'eau et le sédiment par des mesures de flux : ammoniacque, nitrates, nitrites, consommation d'oxygène et calorimétrie directe. L'objectif de cette recherche est de déterminer l'importance des modifications de ces paramètres en fonction de la charge en huîtres et poissons plats, l'approche sera menée in situ et au laboratoire dans des conditions contrôlées (microcosmes/mesocosmes).

3. METHODOLOGIES

1. Détermination de la disponibilité de matériels particulaires pour des particules inférieures à 50 microns (technique du Coulter Counter) et dissous (Technicon, HPLC) dans la colonne d'eau et à l'interface eau-sédiment. Analyse saisonnière à trois périodes caractéristiques de l'année : bloom phytoplanctonique printanier ; période estivale, période hivernale.

2. Variabilité de ces matériels au cours du cycle de marée (basse mer - mi-marée et pleine mer).

Les approches 1 et 2 permettront de caractériser la variabilité du milieu à deux échelles de temps importantes dans ce type d'écosystème : saisons et marée. Dans l'hypothèse où la variabilité temporelle serait du même ordre de grandeur au cours de la marée qu'au cours de l'année.

3. Détermination des flux d'ammoniaque, de nitrates/nitrites, de la consommation d'oxygène et des échanges microcalorimétriques globaux du sédiment, en fonction de la charge en huîtres dans des enclos expérimentaux (10 à 20 huîtres au m²). Technique utilisées : Spectrophotométrie, Technicon, chambres de respiration, oxymétrie multicanaux, microcalorimètres différentiels à ampoule et circulation.

Les déterminations seront réalisées dans des enceintes in situ et à partir de prélèvements d'eau et de sédiment (carottes) non perturbés.

4. INSERTION DU PROJET DANS LES ACTIVITES DU LABORATOIRE

Le projet s'insère dans deux thématiques majeures développées par les équipes de la Station de Roscoff:

- Groupe "Plancton et Production primaire" (responsable A.SOURNIA),
- Groupe "Ecophysiologie, Microbiologie et Biogéochimie" (resp. P. LASSERRE).

5. DUREE DU PROJET : 3 ans

5. LIAISONS AVEC D'AUTRES OPERATIONS SUIVIES PAR LE LABORATOIRE

- GRECO "ICO" : Programme 1. Echanges biogéochimiques à l'interface eau-sédiment (resp. P. Lasserre).

- GIS Aquaculture "Nord-Vilaine" (G. BOUCHER : "Quantification des rejets azotés biogènes à l'interface des parcs ostréicoles").

- A.T.P. du CNRS "Réseaux Trophiques".

7. MOYENS AFFECTES AU PROJET

A. Personnels :

Chercheurs (liste non limitative):

G. BOUCHER, C.R. CNRS
R. BOUCHER, C.R. CNRS
C. COURTIES, Ingénieur CNRS
P. LASSERRE, Professeur
Y. LERAT, stagiaire 3^o cycle
V. MARTIN-JEZEQUEL, A.R. CNRS
S. POULET, C.R. CNRS
M. REGNAULT, C.R. CNRS
C. RIAUX, C.R. CNRS
T. TOURNIE, boursier thèse Etat
J. TRICHEREAU, stagiaire 3^o cycle

Techniciens :

L. CRAS, Technicien 5B
Y. CRAIGNOU, Marin, Plongeur 3B
C. FAIDY, Technicienne 2B

B. Matériels disponibles à Roscoff :

- Pompes à plancton (Flight)
- Bouteilles à prélèvement d'eau horizontal
- Enceintes à métabolisme in situ.
- Chambres de simulation et enceintes contrôlées de laboratoire (micro/mesocosmes).
- Système de comptage de particule Coulter avec périphériques informatisés.
- Système H.P.L.C., équipé en visible et fluorescence.
- Deux chaînes d'autoanalyse (Technicon).
- Appareillages multicanaux d'oxymétrie (Orbisphère)
- Microcalorimètre différentiel à ampoule (Setaram).
- Microcalorimètre différentiel à circulation (LKB).

" DEVELOPPEMENT ET SURVIE LARVAIRE CHEZ *CRASSOSTREA GIGAS*"

E. HIS

I.S.T.P.M., 63, bd Deganne 33120 Arcachon

1. Introduction.

L'huître japonaise, *Crassostrea gigas* a été introduite dans les centres conchylicoles français principalement à partir de 1971, à la suite de l'épizootie qui a affecté *C. angulata*.

Très rapidement cette nouvelle espèce a colonisé les zones estuariennes du littoral Atlantique français laissées vacantes par l'huître portugaise; elle se reproduit de l'estuaire de la Bidassoa à celui de la Loire, plus occasionnellement jusqu'en rade de Brest (LUCAS, communication personnelle).

Les principaux centres protecteurs de naissain sont du sud au nord, le bassin d'Arcachon, l'estuaire de la Gironde, le bassin de Marennes-Oléron

L'influence des principaux facteurs de milieu sur l'embryogénèse et la vie larvaire sera précisée. A l'aide d'exemples précis, celle des facteurs anthropiques sera mise en évidence; enfin seront exposées les orientations des recherches qui sont développées à Arcachon, à la suite des anomalies de la reproduction de *C. gigas* qui ont été mises en évidence.

2. Influence des facteurs externes sur l'embryogénèse et le développement larvaire.

Tout d'abord il faut rappeler que la viabilité des larves dépend des conditions de milieu dans lesquelles les

géniteurs ont mûrifié leurs produits sexuels et de leur état physiologique au moment de la ponte (BAYNE, 1976).

En ce qui concerne le développement embryonnaire et le développement larvaire proprement dits, les données acquises par le biais des écloséries expérimentales, ont permis de définir de façon précise les limites de tolérance et l'optimum des principaux facteurs de milieu: température, salinité, ration alimentaire des larves (HELM et al, 1977).

2.1. Température et salinité.

La meilleure croissance larvaire de *C. gigas* est obtenue à la température de 28°C et à la salinité de 25‰, sans qu'il y ait une influence marquée de la salinité à laquelle les géniteurs ont été conditionnés.

Une croissance larvaire, quoique réduite, est encore observée à 18°C et lorsque les larves subissent tous les deux jours un passage brutal de 18° à 24° (HIS et al, 1981). Dans le milieu naturel (bassin d'Arcachon par exemple) le développement larvaire est satisfaisant pour des températures égales ou supérieures à 22°C ; l'augmentation de la température se traduit, comme en milieu contrôlé, par une diminution de la durée de la vie pélagique, et par suite par une augmentation de l'intensité du captage.

En ce qui concerne le facteur salinité, il faut s'inscrire en faux contre l'opinion généralement avancée du rôle favorable des salinités élevées, sur le développement larvaire : des valeurs comprises entre 20‰ et 25‰ permettent une meilleure croissance larvaire que celle qui est obtenue à 32‰ et au dessus (HELM et al, 1977) Nous avons pu vérifier cette observation qui est d'ailleurs corroborée dans le milieu naturel par la prolifération de *C. gigas* dans l'estuaire de la Gironde.

2.2. Facteur nutritionnel.

Les stades larvaires chez les huîtres ont été l'objet de très nombreuses études en ce qui concerne plus particulièrement leurs exigences nutritionnelles (UKELES, 1980). Dans le milieu naturel, outre l'importance du facteur thermique " l'eau de mer doit contenir suffisamment de microorganismes d'une taille et d'une composition convenable pour permettre un bon

recrutement (PERSOONE et al., 1980).

HELM et al. (1977) ont défini la ration alimentaire des véligères de *C. gigas* sous des conditions artificielles de milieu et montré qu'elle varie en fonction de l'âge et de la taille.

Depuis les recherches fondamentales de DAVIS et al. (1958) et de WALNE (1970) de très nombreux travaux ont été consacrés à la nutrition des larves de bivalves (UKELES, 1975; MASSON, 1977; LUCAS, 1982 et 1983).

Le nanoplancton constitue l'essentiel de la nourriture des véligères; toutefois bactéries, particules inertes et substances organiques dissoutes peuvent être utilisées.

2.2.1. Les algues monocellulaires.

PERSOONE (1980) donne l'état récapitulatif établi par IMAÏ des algues monocellulaires utilisées pour la nutrition des larves de bivalves : elles sont en nombre relativement restreint. LOOSANOFF (1969) rappelle par ailleurs que les véligères des différentes espèces ont souvent des besoins alimentaires spécifiques vis à vis des algues fourrage; ainsi les véligères des *Crassostrea* sont particulièrement exigeantes : ceci peut s'expliquer par leur taille relativement faible lors de leur formation (de 60 à 70µm contre 90 µm chez *Mytilus edulis*, par exemple).

La taille des algues est un critère fondamental qui conditionne leur utilisation, les véligères plus âgées pouvant ingérer des cellules de plus grande taille (cas des *Platymonas suecica* pour les véligères de *C. gigas*, qui ne sont apportées aux élevages qu'à partir de la taille de 120µm par HELM et al., 1977).

Les algues nanoplanctoniques à paroi épaisse ont généralement une mauvaise qualité alimentaire (LOOSANOFF, 1969).

Les mélanges d'algues donnent de meilleurs résultats pour la croissance (DAVIS et al., 1958 ; WALNE, 1970; HELM et al., 1977). Il a été démontré expérimentalement que les meilleurs résultats sont obtenus à une concentration en algues déterminée, au delà de laquelle la croissance est ralentie; cette concentration optimum varie en fonction de l'espèce algale et en fonction de la taille des véligères.

Enfin des essais d'utilisation d'algues conservées par

froid ou lyophilisées ont été tentés avec succès (HIDU et al., 1964 ; MASSON, 1977).

2.2.2. Les bactéries.

Le rôle pathogène de certaines bactéries sur les véligères a été mis en évidence (GUILLARD 1959, TUBIASH et al. 1965).

Inversement, MARTIN et al. (1977) , MENGUS (1978) montrent que certaines bactéries peuvent avoir une action bénéfique sur la croissance larvaire; enfin PRIEUR (1981 et 1982) met en évidence les relations trophiques qui existent entre larves de moules en élevage et bactéries : il y a ingestion et digestion de certaines souches.

2.2.3. Les substances dissoutes.

Certaines algues unicellulaires émettent des substances dissoutes qui sont toxiques (LOOSANOFF et al., 1953). De même l'action pathogène de certaines bactéries s'explique par la libération d'exotoxines solubles dans l'eau (PRIEUR, 1983).

A l'inverse, MANAHAN (1983), MANAHAN et al. (1982), LANGDON, (1983) montrent que les larves de *Mytilus edulis* et de *C. gigas* peuvent absorber les substances dissoutes présentes dans l'eau de mer.

Il faut enfin rappeler le rôle que peuvent jouer bactéries et substances organiques dissoutes comme agents favorisant la fixation des pédivéligères; certaines substances émises par les géniteurs ont un rôle attractif et facilitent les fixations (HIDU, 1969; VEITCH et al., 1971); une souche bactérienne a été récemment isolée (LST) dans les élevages de *C. virginica*; elle aurait la propriété d'induire la métamorphose (WEINER et al., 1982).

2.3. Survie et mortalités larvaires.

La vitesse de croissance des larves de *C. gigas* dépend essentiellement des conditions thermiques et nutritionnelles d'une zone conchylicole donnée. Ainsi, dans le bassin d'Arcachon, le captage intervient de deux à trois semaines après le frai. On constate une chute très importante des quantités de larves présentes dans le plancton : de plusieurs centaines de milliers par m³ de larves D, on ne dénombre dans les meilleurs cas que quelques milliers ou dizaines de milliers de pédivéligères; cette

diminution s'explique par les phénomènes de dispersion dus aux courants et par l'action des prédateurs (Noctiluques par exemple) Enfin tout facteur de milieu naturel ou lié aux activités anthropiques qui ralentissent la croissance, diminuent fortement les chances d'aboutir à un bon recrutement (CALABRESE et al 1973).

Les mortalités liées à l'action des bactéries ou des champignons pathogènes, qui ont été précédemment mentionnées, n'ont jamais à notre connaissance, été mentionnées dans le milieu naturel. Cependant CARDWELL et al, 1979 imputent à des phénomènes d'eaux rouges les mortalités de véligères de *C. gigas*. La toxicité des Dinoflagellés a d'ailleurs été démontrée en laboratoire (UKELES et al, 1969). CARDWELL et al, quant à eux mettent en cause *Ceratium fusus* et *Gymnodinium splendens*.

Récemment, nous avons pu mettre en évidence à Arcachon des mortalités larvaires par toxicité indirecte, avec perturbation du régime trophique des véligères (HIS et al, 1981 et 1983).

3. Les perturbations de la reproduction de *C. gigas* dans le bassin d'Arcachon. Etat actuel des recherches et perspectives.

3.1. Etat actuel des connaissances.

Pendant cinq années consécutives, de 1977 à 1981, le captage a pratiquement été inexistant dans le bassin d'Arcachon.

Les larves D, qui ne présentaient aucune anomalie morphologique caractéristique d'un milieu perturbé, se formaient dès les premières vingt-quatre heures qui suivaient les pontes. Par contre elles se caractérisaient ultérieurement par une très faible pigmentation de leur tractus digestif et par une croissance presque nulle ; les différentes cohortes se succédaient en été disparaissaient sans qu'apparaissent les stades umbonés.

Ces anomalies ont été étudiées par la technique des élevages en milieu contrôlé. Il a été démontré que les géniteurs du bassin permettaient d'obtenir des larves parfaitement viables qui se développaient normalement en eau de la baie prélevée à différentes dates et dans les différents secteurs ; la présence d'un ou plusieurs micropolluants susceptibles d'agir directement sur les larves pouvait être exclue. La mise au point d'une technique de prélèvement des véligères du milieu naturel et leur mise en élevage sous des conditions expérimentales a permis de constater que celles-ci se développaient normalement en eau du bassin, en présence d'un apport nutritionnel sous forme

d'algues monocellulaires. Ceci nous amenait à suspecter une perturbation du régime trophique des véligères dans le milieu naturel, qui pouvait intervenir au niveau du nanoplancton dont s'alimentent les véligères.

Parallèlement la toxicité des peintures antisalissures à base d'organostanniques sur le développement embryonnaire et la croissance larvaire était démontrée (His et al 1980 et 1983) L'interdiction de ces peintures a été suivie d'un retour à la normale dans le bassin et il a pu être prouvé que les sels organométalliques de l'étain perturbaient et inhibaient même la croissance de certaines souches du nanoplancton (*Isochrysis galbana* et *Chaetoceros calcitrans*); d'autres espèces étant moins sensibles (*Platymonas suecica*).

Ces travaux ont entraîné des recherches relatives à la nutrition des larves dans le milieu naturel; ils ont mis l'accent une fois de plus sur l'incidence des facteurs anthropiques sur le recrutement.

3.2. Etat actuel des recherches et perspectives.

Les données acquises sur la nutrition des larves de bivalves reposent presque uniquement sur des observations de laboratoire sans que l'on sache exactement ce que consomment les véligères dans le milieu naturel. Seul JØRGENSEN (1981) aborde le problème du grazing par les larves de *Mytilus edulis* dans le milieu naturel. Une meilleure compréhension des phénomènes mis en évidence dans le bassin d'Arcachon impliquait donc des études sur le nanoplancton de la baie d'une part et sur l'alimentation des véligères dans le milieu naturel d'autre part.

Les recherches concernant le recrutement dans le bassin d'Arcachon comprennent trois volets:

- le premier concerne une étude systématique du phytoplancton; des observations à caractère préliminaire ont été effectuées en 1982 lors de la reprise du captage (MAURER et al, 1984) Une étude spécifique sur ces problèmes a été entreprise en 1983 par CHRETIENNOT- DINET (C.N.R.S., Séminaire de l'Houmeau); elle doit être poursuivie dans le cadre d'une thèse de Doctorat de Spécialité sous la direction de ce chercheur.

- Le second concerne une étude expérimentale sur les larves D du bassin d'Arcachon. Il s'agit dans un premier temps d'étudier les espèces nanoplanctoniques utilisées par les véligères dans le milieu naturel.

En effet les données actuelles ont été acquises par des observations de laboratoire basées sur l'utilisation d'un nombre relativement restreint de souches isolées de l'eau de mer en Grande Bretagne, aux Etats Unis d'Amérique ou au Japon. Les souches autochtones du bassin peuvent être différentes et leur connaissance doit permettre de mieux comprendre les phénomènes du recrutement dans la baie.

Des essais sont effectués afin d'isoler les souches ingérées par les véligères, pour les cultiver et vérifier leur qualité alimentaire en milieu contrôlé. Seront établies:

- leur vitesse d'ingestion et de digestion par les larves par observation au microscope à épifluorescence (BABINCHAK et al, 1979 ; LUCAS et al, 1983).

- leur qualité nutritionnelle sur le plan qualitatif et quantitatif par la méthode indirecte de croissance comparée.

- par la méthode d'éclaircissement du milieu sera aussi abordé celui de leur retention en fonction de la taille des algues.

Enfin des essais de mesure d'impact des cohortes de larve de *C. gigas* sur le grazing seront effectués lors des principales périodes de reproduction.

- le dernier volet concerne enfin la surveillance de la "qualité biologique" de l'eau du bassin en ce qui concerne le développement larvaire. La méthode des "bioessais" préconisée par WOELKE (1977) sera appliquée à l'étude de l'influence des facteurs anthropiques sur la reproduction des huîtres, tant sur le plan d'eau que sur le pourtour du bassin (rôle éventuel des apports telluriques, vecteurs potentiels de nuisances).

Une des conditions essentielles au recrutement des bivalves marins est en effet la qualité du milieu de reproduction.

Comme le souligne MATTHIESSEN (1970) dans une synthèse concernant l'ostréiculture aux Etats-Unis, "si l'on y prend garde, l'ostréiculture du futur sera effectuée dans des installations à terre, ou le milieu naturel est remplacé par des bassins peut être même en eau de mer de synthèse".

Références bibliographiques.

BAYNE B.L., 1965.- Ophelia 2:1-47.

" 1976.- Estuarine Processes, Martin Wisely edit. 1:432-448

BABINCHAK J. et UKELES R., 1979.- Mar. Biol. 51:69-76.

CALABRESE A. et DAVIS H.C., 1970.- Helgoländer wiss Meeresunters 553-554.

CALBRESE A., COLLIER R.S., NELSON D.A et MAC INNES J.R., 1973.- Mar. Biol. 18:162-166.

CARDWELL R.D., OLSEN R., CARR M.J. et SANBORN E.N., 1979.- Nat. Ocean. Admi., Tech. memo., MESA 39:36p.

CALABRESE A. et DAVIS H.C., 1970.- Helgoländer wiss. Meeresunters, 20:553-564.

CALABRESE A., COLLIER R.S., NELSON D.A. et MAC INNES J.R., 1973.- Mar. Biol., 18:162-166.

DAVIS H.C., 1953.- Biol. Bull., 104:334-350.

DAVIS H.C. et GUILLARD R.R., 1958.- Fish. Bull. Natl mar. Fish. Serv., U.S., 136:293-304.

GUILLARD R.R., 1959.- Biol. Bull., 55:260-282.

HELM M.M. et MILLICAN P.F., 1977.- Aquaculture, 11:1-12.

HIDU H., 1969.- Chesapeake Sci., 10:(2):85-92.

HIDU H. et UKELES R., 1967.- Proc. Nat. Shellfish. Assoc., 53:85-101.

HIS E. et ROBERT R., 1980.- Cons. intern. Explor. mer, C.M. 1980/F: 27: 10p.

HIS E., ROBERT R. et MAURER D., 1983.- Rapport I.S.T.P.M., Contrat d'aide à la recherche 82J:D 657:58p.

HIS E. MAURER D. et ROBERT R., 1983.- J. moll. Stud., suppl. 12A:60-68.

JØRGENSEN C.J., 1981.- Ophelia, 20(2):185-192.

LANGDON C.J., 1983.- Biol. Bull., 164:227-235.

LOOSANOFF V.L., 1969.- Proc. conf. on Artificial Propagation of Commercially valuable Shellfish, October 22-23, College of Marine Studies, University of Delaware: 9-40.

LOOSANOFF V.L., DAVIS H.C., CHANLEY P.E., 1953.- Anat. Rec., 117: 586-587.

- LUCAS A., 1982.- Oceanis, 8(5):363-388.
" 1983.- Bull.Soc.Zool.de France, 108(3):423-430.
" et RANGEL C.-Aquaculture, 30:369-374.
MANAHAN D.T., 1983.- Biol.Bull. 164 (2):236-250.
" CRISP D.T., 1982.- Am.Zool., 29(3):635-646.
" et RICHARDSON K., 1983.- Mar.Biol., 75:241-247.
MARTIN Y.D. et MENGUS B.M., 1977.- Aquaculture, 10: 253-262.
MASSON M., 1977.- Mar.Biol., 40:157-164.
MATTHIESSEN G.C., 1970.- Contribution n° 2528, Woods Hole Ocean. Institution:52p.
MAURER D., HIS E. et ROBERT R., 1983.- Cons.int.Explor.mer, CM 1984/14p, sous presse.
MENGUS B.M., 1978.- Thèse 3ème cycle Océanographie biol., Univ. Aix-Marseille:135p.
MOORSE D.L., HOOKER N. JENSEN L. et DUNCAN H., 1978.- Science, 24: 407-410.
PRIEUR D., 1981.- Thèse Doct.Etat Sci.Nat, Brest, 266p.
PRIEUR D., 1982.- Oceanis, 8(8):437-457.
TUBIASH H.S. CHANLEY P.E. et LEIFSON E., 1965.- J.Bacteriology, 90: 1036-1044.
UKELES R., 1975.- Proceedings of the first International Conference on Aquaculture Nutrition, October 1975, Univ. of Delaware, 127-162.
" 1980.- in Algae biomass production and use, (Ed. G.Shelef et Solder C.J.) Elsevier, Amsterdam, 287-306.
" et SWEENEY B., 1969.- Oceanography, 14(3):403-410.
VEITCH F.P. et HIDU H., 1971.- Chesapeake Sci., 12(3):173-178.
WALNE P.R., 1970.- Fish.Invest., London, Ser.II 26(5):1-62.
WOELKE C.E., 1967.- Am.Soc.Testing Mats, STP 416:112-120.
-