

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE NANTES

ANNEE 1991

**ETUDE PREPARATOIRE A
L'INTRODUCTION DU PETONCLE DE
BAIE, *ARGOPECTEN IRRADIANS*, EN
FRANCE**

THESE
pour le
diplôme d'Etat
de
DOCTEUR VETERINAIRE

Présentée et soutenue publiquement,
le 27 Juin 1991
devant
la Faculté de Médecine de Nantes
par

SOPHIE LE BOUQUIN

Née le 31 Octobre 1966 à Fontenay-aux-Roses (92)

JURY

Président : Monsieur BARBIN
Professeur à la Faculté de Médecine de Nantes

Membres : Monsieur MARCHAND, Madame L'HOSTIS,
Professeurs à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes,
Monsieur LE BRIS
Maître de Conférences associé, E.N.V.Nantes

Membre Invité : Monsieur COCHARD
Chercheur IFREMER, Centre de Brest

LISTE DES MEMBRES DU CORPS ENSEIGNANT DE L'ENV DE NANTES

Directeur Monsieur J.P TILLON

SERVICES	CHEFS DE SERVICE	PROFESSEURS SANS CHAIRE	MAITRES DE DE CONFERENCES	MAITRES ASSISTANTS	ASSISTANTS
PHARMACIE-TOXICOLOGIE	M. PINAULT	M. PUYT		MME KAMMERER (agrégée)	M. POULIQUEN
PHYSIQUE ET CHIMIE BIOLOGIQUES ET MEDICALES	M. ANDRE		MME SILIART	MELLE MONTRADE	M. LE BIZEC
ANATOMIE DES ANIMAUX DOMESTIQUES	M. COSTIOU			MME DOUART M. GUINTARD	M. BETTI
PHYSIOLOGIE PHARMACODYNAMIE THERAPEUTIQUE	M. JONDET		M. GOGNY	M. SAI	M. BIDON
HISTOLOGIE ANATOMIE PATHOLOGIQUE	MME WYERS	MME HURTREL		M. PLASSIART	M. DALLIBARD
H I D A O A	M. JOUVE			M. DROMIGNY MME BERTHELIN (associée)	M. CAPPELIER
PARASITOLOGIE MALADIES PARASITAIRES	M. MARCHAND		M. BOURDEAU	MELLE L'HOSTIS (Agrégée) M. CHALVIN	M. GUERIN L
AQUACULTURE PATHOLOGIE AQUACOLE			M. LE BRIS (associé)		M. BLANC
PATHOLOGIE MEDICALE DES EQUIDES ET DES CARNIVORES	M. GUEIFI	M. LEGEAY		MME FANUEL (agrégée)	MELLE LOUVARD
PATHOLOGIE MEDICALE DU BETAIL ET DES ANIMAUX DE BASSE-COUR	M. LECOANET			M. DOUART MME BREYTON	M. VEILLON
PATHOLOGIE CHIRURGICALE	M. LE NIHOJANNEN	M. SEVESTRE		MME LIJOUR	M. GOYENVALLE
PATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION	M. TAINURIER			M. FIENI (agrégé) M. BRUYAS M. LIJOUR	M. ALLAIRE
MALADIES CONTAGIEUSES ZONOSSES LEGISLATION SANITAIRE	M. GANIERE	MME ANDRE FONTAINE		MELLE FOURICHON	M. GUERIN P.
PATHOLOGIE GENERALE MICROBIOLOGIE-IMMUNOLOGIE	M. PERSON	M. PELLERIN		M. SEBBAG	MME HALLOPE
ZOOTECNIE-ECONOMIE RURALE	M. DENIS		M. SEEGER	M. MALHER (agrégé)	M. TURMEAU
ALIMENTATION	M.FROMAGEOT	M. NGUYEN		M. DUMON (agrégé)	MELLE KINER

Monsieur DELABY en HIDAQA, Contrôleur Général des Services Vétérinaires

A notre jury de thèse,

*Monsieur le Professeur BARBIN,
Professeur à la faculté de Médecine de Nantes,
qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence
de notre jury de thèse.
Hommage respectueux.*

*Monsieur le Professeur MARCHAND,
Professeur à l'école Nationale Vétérinaire de Nantes,
qui nous a fait l'honneur de juger notre travail.
Qu'il veuille bien accepter ici le témoignage de notre reconnaissance
pour ses conseils et le rôle qu'il a pu jouer dans notre orientation.
Hommage respectueux.*

*Monsieur LE BRIS,
Maître de Conférences associé à l'Ecole Nationale Vétérinaire de
Nantes,
pour sa participation à la réalisation de ce travail.
Avec tous nos remerciements
pour ses conseils et ses encouragements
tout au long de cette année d'assistantat au service
d'aquaculture et de pathologie aquacole de l'E.N.V. Nantes.*

*Madame l'HOSTIS,
Maître Assistant agrégé à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes,
pour sa disponibilité et pour avoir accepté de siéger à notre jury de
Thèse.
Avec nos remerciements.*

*Monsieur COCHARD,
chercheur IFREMER,
pour son accueil et ses conseils éclairés.
Sans lui, notre travail n'aurait pas vu le jour.*

*A Madame RADENAC,
documentaliste au centre IFREMER de Nantes.
Nous la remercions pour sa disponibilité et son aide précieuse
dans la recherche de la bibliographie.*

*A Monsieur GERARD,
pour tout ce qu'il fait pour notre profession
dans le domaine de l'aquaculture ;
pour ses conseils, ses encouragements, et son expérience qu'il aime
à nous faire partager.*

*A la mémoire de ma grand-mère,
elle qui aurait été si heureuse
de connaître l'aboutissement de nos études.
Son courage, sa disponibilité, son amour,
je ne les oublierai jamais.*

*A mes parents,
pour leur patience et leurs encouragements ;
pour les liens qui nous unissent
et la facilité avec laquelle n'importe quel sujet a toujours pu être
abordé ensemble.
Comment font ils pour toujours être là quand il le faut?*

*A Vincent,
le Docteur es-spaghetti de mes années de prépa.*

A tous mes amis.

SOMMAIRE

PREAMBULE	1
------------------------	----------

PREMIERE PARTIE :

GENERALITES SUR L'INTRODUCTION ET LE TRANSFERT D'ESPECES

1/ LES RAISONS D'UNE INTRODUCTION D'ESPECE	3
1.1/ Les trois motivations majeures	3
1.2/ L'exemple de l'introduction de <i>Crassostrea gigas</i> en France ...	3
1.3/ La situation actuelle en France	4
2/ LES RISQUES ASSOCIES A L'INTRODUCTION OU AU TRANSFERT D'ESPECES.....	6
2.1/ Explosion de la population	6
2.2/ Implications génétiques	7
2.3/ Introductions accidentelles associées	8
2.3.1/ Organismes non pathogènes	9
2.3.2/ Organismes pathogènes	10
3/ LES AUTORITES CONCERNEES	11
3.1/ Le C.I.E.M	11
3.2/ La législation française	11
3.3/ Le contrôle des immersions de coquillages d'origine étrangère	12
4/ LA PROCEDURE A SUIVRE	13

DEUXIEME PARTIE :
LE PETONCLE DE BAIE, DONNEES CONCERNANT
L'ESPECE .

1/ DONNEES SUR LA GENETIQUE	18
1.1/ Position systématique	18
1.2/ Génétique	20
2/ ANATOMIE	21
2.1/ La coquille	21
2.2/ Le manteau	25
2.3/ Le muscle adducteur	27
2.4/ Le pied	27
2.5/ L'appareil digestif	28
2.6/ Les branchies	29
2.7/ L'appareil circulatoire	30
2.8/ L'appareil excréteur	31
2.9/ L'appareil génital	32
2.10/ Le système nerveux et les organes sensoriels	33
3/ BIOLOGIE	34
3.1/ Cycle biologique	34
3.1.1/ Particularités du cycle du pétoncle de baie	34
3.1.2/ Structure de la population	38
3.1.3/ Principales causes de mortalité en milieu naturel	41
3.2/ Ecologie	42
3.2.1/ Habitat et milieu de vie	42
3.2.1.1/ Distribution géographique	42
3.2.1.2/ Habitat naturel	44
3.2.1.3/ Température	45

3.2.1.4/ Salinité	47
3.2.1.5/ Effets combinés température-salinité.	48
3.2.1.6/ Turbidité	52
3.2.1.7/ Courant	52
3.2.2/ Vie de relation	54
3.2.2.1/ Locomotion et déplacement	54
3.2.2.2/ Facteurs influençant la nage	56
3.2.2.3/ Vie sociale	58
3.2.2.4/ Compétiteurs	58
3.2.2.5/ Prédateurs	59
3.3/ Reproduction	61
3.3.1/ Maturation des gonades	61
3.3.2/ Déterminisme du cycle	62
3.3.3/ Déroulement de la ponte	64
3.3.4/ Fécondation et développement de la larve	64
3.3.5/ Variations du cycle	67
3.4/ Respiration et alimentation	69
3.4.1/ Activité respiratoire	69
3.4.2/ Filtration branchiale	70
3.4.3/ Ingestion et digestion	72
3.4.4/ Composition du bol alimentaire	73
3.5/ Métabolisme	74
3.6/ Croissance	75
3.6.1/ Données générales sur la croissance	75
3.6.2/ Facteurs influençant la croissance	76
4/ PATHOLOGIE	78
4.1/ Les virus	78
4.2/ Les bactéries	79
4.3/ Les mycoses	80
4.4/ Les helminthes	81
4.5/ Les Apicomplexa	83
4.6/ Les algues	84
4.7/ Les crustacés	84
4.8/ Les polychètes	85
4.9/ Les autres parasites	86

5/ EFFETS DE LA CONTAMINATION DE L'ENVIRONNEMENT SUR ARGOPECTEN IRRADIANS	86
5.1/ Pollution par les métaux lourds	87
5.1.1/ Devenir des métaux lourds	87
5.1.2/ Conséquences pour l'animal	88
5.2/ Pollution par les hydrocarbures	89
5.3/ Pollution par la radioactivité	89
5.4/ Conséquences pour la santé publique	89
6/ PECHE ET PRODUCTION	90
6.1/ Les zones de pêche	91
6.2/ La flotte coquillière	91
6.3/ Les techniques de pêche	91
6.3.1/ Le personnel	91
6.3.2/ Les engins de pêche	93
6.4/ Les saisons de pêche. Aspects règlementaires	93
6.5/ La conservation et la transformation des produits de la pêche.	94
6.6/ Production et commercialisation	95
6.6.1/ Le marché mondial	95
6.6.2/ Le marché américain	97
7/ L'ELEVAGE	100
7.1/ Importance de l'espèce en aquaculture dans son aire d'origine 	100
7.2/ Historique	101
7.3/ Les techniques d'écloserie	102
7.3.1/ Le conditionnement	102
7.3.2/ La ponte	103
7.3.3/ La fécondation	103
7.3.4/ L'élevage des larves	104
7.3.5/ La sélection du naissain	105
7.4/ L'élevage post larvaire	106
7.5/ Le post élevage	106
7.6/ Pourcentages de survie aux différents stades	109

TROISIEME PARTIE :

SYNTHESE

1/ RESUME DES DONNEES SUR L'ESPECE	114
2/ LES INTRODUCTIONS D'ARGOPECTEN IRRADIANS DANS LE MONDE	117
2.1/ L'introduction d'<i>Argopecten irradians</i> au Canada	117
2.2/ L'introduction d'<i>Argopecten irradians</i> en Chine	120
3/ QUELS SONT LES SITES POTENTIELS DE L'ELEVAGE D'ARGOPECTEN IRRADIANS SUR LE LITTORAL FRANCAIS ?	121
3.1/ Définition des caractéristiques générales du site d'introduction	121
3.2/ Hydrologie des principaux centres conchyloles	122
3.3/ Phytoplancton de quelques régions conchyloles	129
3.4/ Couverture végétale	132
3.5/ Les zones susceptibles d'accueillir l'élevage du pétoncle de baie	133
CONCLUSION	135
ANNEXES	136
BIBLIOGRAPHIE	144

PREAMBULE

A l'heure actuelle, la conchyliculture française repose à 80 % sur l'élevage d'une espèce importée il y a une vingtaine d'années : l'huître japonaise, *Crassostrea gigas*. Si cette espèce devait subir une maladie grave, comme celle connue par l'huître portugaise il y a quelques années, ou aujourd'hui encore par l'huître plate, cela conduirait à la disparition de 20 000 emplois et à l'effondrement économique de tous les grands bassins conchylicoles du littoral français.

Afin de limiter ce risque considérable, il est nécessaire de favoriser le développement d'une diversification conchylicole. Mais une introduction d'espèce ne se réalise pas du jour au lendemain ; elle doit être réfléchie et objective, afin d'éviter une catastrophe écologique. Sous la contrainte de pressions socio-économiques énormes, elle sera effectuée dans de mauvaises conditions. Ces raisons justifient le choix que nous avons fait de constituer un dossier complet à présenter aux instances internationales, prêt à être utilisé en cas de nécessité.

Nous avons choisi d'étudier *Argopecten irradians*, le pétoncle de baie pour plusieurs raisons :

- d'abord, parce qu'il s'agit d'un bivalve, dont l'introduction est directement destinée aux conchyliculteurs.

- ensuite parce que c'est un pectinidé et, que ce soit sur le marché français ou international, les pectinidés présentent une haute valeur marchande. La France, troisième pays consommateur derrière les Etats-Unis et le Japon, est tout de même le premier pays importateur.

- enfin, parce que les techniques d'écloserie et d'élevage contrôlé sont entièrement maîtrisées par l'homme.

Après avoir présenté de manière générale comment se réalise une introduction d'espèce, nous ferons une étude des connaissances sur cet animal, et dans un troisième temps, nous analyserons ses principales caractéristiques, et leur compatibilité avec les exigences du littoral français.

PREMIERE PARTIE :
GENERALITES SUR L'INTRODUCTION
ET LE TRANSFERT D'ESPECES

1/ LES RAISONS D'UNE INTRODUCTION D'ESPECE

1.1/ Les trois motivations majeures

Les introductions d'espèces ont toujours pour origine les trois mêmes motivations :

- A la suite d'une réduction des stocks disponibles, soit à cause d'une surpêche, soit du fait d'une dégradation des qualités de l'environnement, l'activité décline. Il s'ensuit une pression économique importante, justifiant l'introduction d'une espèce de remplacement. Il s'agit en général d'une mesure curative, plutôt que préventive.

Il est nécessaire de s'assurer au préalable qu'il n'existe pas déjà une espèce autochtone que l'on pourrait développer, plutôt que d'en introduire une nouvelle.

- A la suite d'une épizootie, les stocks sont brutalement dévastés. Il faut alors parer au plus pressé pour éviter l'effondrement de toute une profession.

- Enfin, il arrive que certaines pêches soient totalement absentes d'un pays. Dans ce cas, il s'agit le plus souvent de combler une niche écologique vide, peu exploitable ou occupée par une espèce sans grand intérêt commercial.

1.2/ L'exemple de l'introduction de *Crassostrea gigas* en France

On se trouve ici dans le deuxième cas de figure décrit, où l'introduction est rendue nécessaire par la dévastation des stocks à la suite d'une épizootie.

Les premiers échantillons d'huîtres importés datent vraisemblablement de 1966. En France, à cette époque, la production de l'huître portugaise *Crassostrea angulata* commence à devenir irrégulière, et les ostréiculteurs sont vite séduits par la qualité et la

croissance de *Crassostrea gigas* au Japon. En 1970 et 1971, la maladie des branchies touche durement les stocks de Portugaises. L' "opération résur", destinée à recréer les gisements naturels décimés par l'épizootie à partir d'huîtres japonaises est lancée.

Une quantité massive d'huîtres (562 tonnes) provenant de Colombie Britannique est alors introduite sur le littoral français, de la baie de Bourgneuf à l'estuaire de la Gironde.

Parallèlement, des importations de naissain (plus de 5 milliards) ont lieu, de 1971 à 1977.

La production de *Crassostrea angulata* qui se situait en 1960 autour de 66 000 tonnes est remplacée puis largement dépassée dès 1975 par celle de *Crassostrea gigas* (85 000 tonnes).

L'introduction de *Crassostrea gigas* en France a été longtemps très controversée. En effet, elle fut effectuée dans le cadre d'une crise économique grave qui exigeait une solution immédiate, et toutes les précautions indispensables pour minimiser les risques ne purent être prises. Avec le recul d'une vingtaine d'années maintenant, nous pouvons constater que le bilan global de cette opération est largement positif, puisqu'elle a permis la relance de la production, et la continuité du fonctionnement des entreprises. Il faut toutefois noter que la hâte dans laquelle elle s'est faite a conduit à l'introduction d'une dizaine d'autres espèces étrangères, parmi lesquelles on trouve des algues : la sargasse japonaise (*Sargassum muticum*), la laminaire (*Undaria pinnatifida*), mais aussi un copépode parasite (*Mytilicola orientalis*).

1.3/ La situation actuelle en France

Aujourd'hui, la conchyliculture française concerne cinq espèces de bivalves. Par ordre d'importance, il s'agit d'abord de l'huître japonaise *Crassostrea gigas* avec 140 000 tonnes en 1988. Elle est élevée dans tous les bassins ostréicoles français, et représente **98% de la production totale d'huîtres** (fig. 1). Viennent ensuite les moules, *Mytilus edulis* et *Mytilus galloprovincialis* avec 50 000 tonnes, puis l'huître plate *Ostrea edulis* avec 2 000 tonnes, et la palourde japonaise *Ruditapes philippinarum*, avec 600 tonnes (Cochard, 1990).

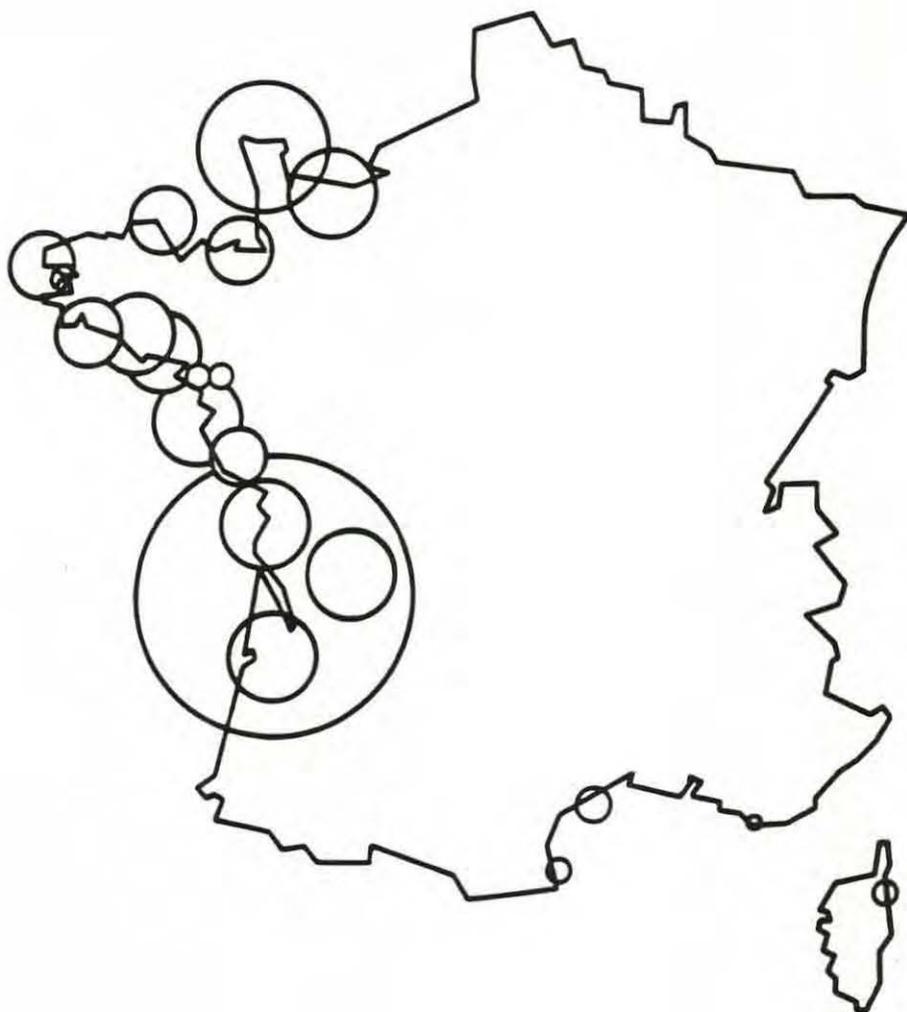


Fig. 1 : Distribution géographique de la production d'huîtres, exprimée en valeur marchande (Chaussade et Corlay, 1988).

Il existe une telle disproportion, en valeur marchande comme en tonnage, entre la production ostréicole et les autres, que l'on peut pratiquement parler de **monoculture**. L'historique de la conchyliculture française ces vingt dernières années, montre que la disparition de l'huître portugaise dans les années 1970, et celle quasi complète de l'huître plate dans les années 1980 ont pour origine des épizooties foudroyantes. Qu'advient-il du métier d'ostréiculteur si l'huître japonaise était touchée à son tour?

Les risques socio-économiques de cette disproportion sont évidents, c'est pourquoi il est important de développer une politique de diversification conchylicole, visant à mieux répartir les activités sur le littoral, et à promouvoir des espèces nouvelles. Le développement récent de la vénériculture, celui de la pectiniculture encore au stade expérimental, vont dans ce sens.

2/ LES RISQUES ASSOCIES A L'INTRODUCTION OU AU TRANSFERT D'ESPECES

Il est impossible de prédire le comportement d'un organisme exotique, une fois placé dans un nouvel environnement. Chaque introduction entraîne une ou plusieurs modifications d'importance variable, à l'intérieur de la communauté-hôte. Si l'on est incapable de contrôler la prolifération de l'espèce nouvelle, ou si l'introduction s'accompagne de celle d'une maladie, un changement radical de l'écosystème risque de se produire. De nombreux exemples de catastrophes écologiques existent. Il suffira de se rappeler la prolifération du lapin en Australie, ou celle du tilapia tout autour du monde (Ling, 1977) et plus particulièrement en Floride (Courtenay, 1978), et les conséquences qui en découlent.

Dès que la nouvelle espèce est libérée dans le milieu naturel, les moyens d'action pour contrôler le cours des choses sont limités, voire inexistant. De plus, les effets néfastes sur la communauté-hôte n'apparaissent, souvent, qu'après plusieurs années.

2.1/ Explosion de la population

Les exemples sont nombreux, mais nous reprendrons celui, bien connu sur notre territoire, du poisson-chat (*Ictalurus melas*).

L'introduction du poisson-chat en Europe remonte à 1871 (Jeunet, 1984), date à laquelle il fut importé des Etats-Unis. Un véritable engouement se développe pour ce poisson avec lequel on pensait pouvoir

repeupler les rivières françaises qui souffraient déjà de diverses pollutions industrielles. Très robuste, le poisson-chat avait aussi une chair très appréciée des gourmets - obtention du premier prix à l'exposition culinaire de Bruxelles en 1900 - (Vivier, 1951). De nombreuses sociétés de pêche firent alors des déversements dans toute la France.

Aujourd'hui, le poisson-chat figure au côté de la perche soleil, dans la liste des espèces de poissons susceptibles de provoquer des déséquilibres biologiques. Les tendances omnivores et opportunistes du poisson-chat, sa grande prolificité, ainsi que ses facultés d'adaptation aux mauvaises conditions du milieu ont contribué à son acclimatation et à son expansion sur la presque totalité de notre territoire. Ce poisson ne connaît aucun véritable prédateur, et seules les maladies semblent constituer un moyen de régulation des populations. La situation s'est aggravée dans les bassins des grands fleuves. Le poisson-chat peuple les rivières et envahit les plans d'eau aux dépens de nombreuses autres espèces pisciaires. Face à cette prolifération, aucune solution vraiment efficace n'a été trouvée, et seul le respect des articles 413 et 434 du code rural, relatifs à la vidange des plans d'eau et à leur réempoissonnement permet encore de préserver certains milieux (cf annexe 1).

L'acclimatation d'une nouvelle espèce doit donc être menée selon des méthodes rigoureuses, en ayant toujours la possibilité de contrôler les populations introduites, et en tenant compte du principe qu'il n'y a pas d'eaux strictement closes.

Mais si une telle explosion peut se produire à la suite d'une très bonne acclimatation, le cas de figure inverse, où l'espèce introduite végète et n'arrive pas à se développer, existe aussi.

2.2/ Implications génétiques

Les implications génétiques consécutives à l'introduction d'espèces exotiques sont trop souvent ignorées. Cependant, il peut y avoir de profonds changements dans la structure génétique des espèces introduites, du fait de la sélection naturelle exercée dans le nouveau milieu.

Nous savons que les candidats à l'introduction présentent des variations génétiques au sein même de leur population, suivant leur localisation (Lannan, 1972 ; Losee, 1978 ; Newkirk *et al*, 1977). Il en découle obligatoirement des degrés d'adaptation différents au niveau du milieu. Il est donc important, lorsque l'on décide d'introduire une nouvelle espèce, de choisir la sous-population qui se rapproche le plus des conditions du milieu d'introduction.

La deuxième implication génétique est la possibilité d'hybridation de la nouvelle espèce avec une espèce autochtone, risquant de produire un hybride indésirable. Il semble qu'il n'existe aucune référence faisant allusion à une hybridation en milieu naturel, suite à l'introduction d'espèce, néanmoins, plusieurs tentatives menées en laboratoire ont abouti :

- Menzel (1968, 1971, 1972) rapporte que l'hybridation est possible entre les espèces suivantes :

Crassostrea angulata

Crassostrea gigas

Crassostrea virginica

Crassostrea rhizophorae

L'hybridation entre *Crassostrea gigas* et *Crassostrea virginica* aboutit à des descendants chromosomiquement aberrants, et pour l'auteur, l'hybridation n'a aucune chance de réussir dans les conditions naturelles.

- Dupuy (com. pers.) a lui aussi réussi le croisement *Crassostrea gigas* femelle X *Crassostrea virginica* mâle et l'inverse, et a obtenu des adultes matures. Il a pu mettre en évidence que la croissance des hybrides était supérieure à celle des parents.

Même si l'éventualité d'une hybridation est certainement très faible en milieu naturel, il est important de limiter au maximum ce risque, étant donné le peu de moyens de contrôle.

2.3/ Introductions accidentelles associées

L'introduction de *Crassostrea gigas* en France se serait accompagnée accidentellement de celle de onze autres espèces.

2.3.1/ Organismes non pathogènes

L'espèce non désirée, si elle se développe, peut entraîner trois types de conséquences :

- soit sa présence n'est gênante pour personne et les conséquences sont nulles.

- soit elle s'étend, et sa présence dérange. C'est le cas de cette grande algue, la sargasse japonaise, introduite en France en même temps que *Crassostrea gigas*. Elle colonise les ports et est une entrave à la navigation (freinage et détérioration des hélices), à l'ostréiculture, ainsi qu'à la pêche (gêne à l'utilisation des filets).

- soit elle s'étend, mais présente un potentiel économique non négligeable, on essaie alors de le développer. Nous prendrons l'exemple de la laminaire *Undaria pinnatifida* introduite, elle aussi, en même temps que *Crassostrea gigas*. Il s'agit d'une algue brune, découverte en 1971 dans l'étang de Thau. Très connu au Japon sous le nom de "Wakame", ce produit, acheté sec ou salé, est employé dans la cuisine traditionnelle, pour la confection de soupes, en association avec du riz...

En dehors de ses qualités organoleptiques, l'algue a une valeur alimentaire certaine par sa teneur en vitamines B, C, PP, en sels minéraux et en oligo-éléments. Sa teneur en protéines est, elle aussi, intéressante. Si sa consommation se localise principalement en Extrême Orient, elle s'étend grâce aux émigrés qui amènent avec eux dans les pays d'accueil leurs traditions et de leurs coutumes. On constate en particulier qu'ils continuent à consommer des algues importées des régions productrices. Si l'on ajoute à cette demande celle des restaurants spécialisés dans les mets exotiques et des industries pharmaceutiques, on dispose certainement là d'un marché potentiel non négligeable. Il faut se rappeler que l'aquaculture fournissait en 1984 près de 3 300 000 tonnes de produits frais dont 2 400 000 tonnes d'algues alimentaires ou industrielles, soit près des deux tiers du tonnage (Perez *et al*, 1984). Il est évident que si une production d'*Undaria* de bonne qualité pouvait être

obtenue dans nos régions, à un prix raisonnable, elle trouverait assurément preneur (Perez *et al*, 1981).

2.3.2/ Organismes pathogènes

L'introduction peut s'accompagner de l'entrée de germes, parasites ou compétiteurs dans des zones jusque là saines. Ici encore, de nombreux exemples existent, dans tous les pays. Nous citerons l'exemple de *Mytilicola orientalis*, copépode parasite, provenant du Japon, apporté en même temps que *Crassostrea gigas*, ou de celui de deux haplosporidies *Minchinia nelsoni* et *Minchinia costalis*, sur la côte Est des Etats-Unis, responsables de mortalités catastrophiques sur les populations d'huîtres (Sindermann et Rosenfield, 1967).

Mais le phénomène inverse peut aussi se produire : à la suite d'une introduction d'animaux dans une zone de porteurs sains, tous les nouveaux arrivants meurent. Le cas de la baie de Malpègue (Ile du Prince Edouard - Canada) est intéressant. Dans les années 1910, une épizootie détruisit la presque totalité de l'industrie de l'huître (Needler et Logie, 1947). La maladie s'étendit dans les provinces avoisinantes. Après quelques années, la sélection naturelle permis le développement d'animaux résistants, et un retour à la production initiale. Cependant, l'agent infectieux est toujours présent, et dès que l'on introduit de nouveaux animaux dans cette région, ils meurent, dans un délai d'un an ou de deux ans (Rosenfield *et al*, 1979).

Heureusement, il ne s'est jamais produit de grave catastrophe en milieu marin, mais, parce qu'il était fondamental d'apporter une très grande attention aux introductions, celles-ci sont aujourd'hui contrôlées dans de nombreux pays.

N.B. : Il est à noter que la coque des bateaux et les plates-formes de forage sont des supports pouvant aussi permettre l'introduction d'espèces indésirables.

3/ LES AUTORITES CONCERNEES

3.1/ Le C.I.E.M.

Le Conseil International pour l'Exploration de la Mer (C.I.E.M ou I.C.E.S. en anglais) est une structure intergouvernementale qui concerne tous les pays de l'Atlantique Nord. Les représentants officiels français sont nommés par le Ministère de la Mer. L'IFREMER est largement représenté au C.I.E.M. Ce conseil siège en permanence à Copenhague et rassemble un certain nombre de groupes de travail, en particulier celui s'occupant de l'introduction d'espèces, intitulé "groupe de travail sur le transfert et l'introduction d'organismes marins".

Le C.I.E.M. a un rôle essentiel de conseiller. Il travaille dans le sens d'une synchronisation entre les différents pays (ex : calibrage des techniques entre les laboratoires). Il constitue aussi un moyen de pression au niveau gouvernemental. Il n'a, par contre, aucun pouvoir législatif.

3.2/ La législation française

Sur le plan législatif, le texte de base est l'**arrêté du 21 Novembre 1969** (cf annexe 2). Celui-ci stipule que :

1/ l'immersion de coquillages provenant de pays étrangers est formellement interdite dans les eaux françaises.

2/ Toutefois, des dérogations à cette interdiction peuvent être accordées.

Il est à noter que cet arrêté, encore en vigueur aujourd'hui, ne l'est plus pour longtemps. En effet, dans l'optique de l'ouverture des frontières en 1993, le Journal Officiel des Communautés Européennes a édité le 28 Janvier 1991 une "directive du Conseil, relative aux conditions de police sanitaire régissant la mise sur le marché d'animaux et de produits

d'aquaculture". La transcription de cette directive en droit français n'a pas encore été publiée.

La réglementation actuelle se base sur un régime dérogatoire. Chaque demande, formulée auprès du Ministère de la Mer, est donc étudiée individuellement. Si elle est acceptée, elle est à l'origine d'une autorisation présentée sous forme d'une circulaire ministérielle.

La dérogation ne peut être appliquée que dans le cadre d'un établissement agréé. Les demandes sont reçues exclusivement par les Quartiers des Affaires Maritimes, puis étudiées avec l'IFREMER et le Ministère de la Mer. Deux types d'établissements agréés existent :

- l'établissement de retrempage momentané, qui ne peut recevoir que des animaux adultes en attente d'être commercialisés.

- la station de quarantaine, qui nous intéresse particulièrement. Elle est destinée à la réception pour isolement temporaire aux fins de contrôles zoosanitaires d'animaux d'origine étrangère, devant subir un complément d'élevage. En aucun cas elle ne doit recevoir de coquillages pour livraison à la consommation. L'eau ayant été en contact avec les coquillages d'origine étrangère, est traitée avant rejet dans le milieu naturel.

3.3/ Le contrôle des immersions de coquillages d'origine étrangère

Un double contrôle est réalisé :

- à l'entrée en France, les douanes et les services vétérinaires effectuent un premier contrôle. L'intervention des services vétérinaires au passage en douane dans le processus de contrôle des immersions vise d'une part, à faciliter l'aiguillage des lots vers les établissements ou stations appropriées, et d'autre part à intensifier les prélèvements en frontière, pour analyse.

- à l'immersion, les lots subissent un contrôle de la part des Affaires Maritimes et de l'IFREMER.

En cas de non conformité du lot, la consignation peut être prononcée par l'agent des Affaires Maritimes ou par celui d'IFREMER. Dans tous les cas, le refus d'immersion ou l'ordre de destruction ne peut être prononcé que sur l'ordre du chef du Quartier des Affaires Maritimes. De même, le retrait d'agrément se réalise à l'initiative des Affaires Maritimes ou de l'IFREMER (annexe 3).

4/ PROCEDURE A SUIVRE

Afin de mieux évaluer le candidat à l'introduction, et de minimiser les risques d'erreur, des protocoles précis ont été élaborés.

Plusieurs modèles ont vu le jour, le premier en 1949, mis au point par Turner. Dans ce premier modèle, cet auteur reprend les différents critères biologiques importants à prendre en considération, dans le but d'une introduction :

- L'espèce ne doit pas pouvoir être remplacée par une espèce autochtone.

- Elle ne doit pas entrer en compétition avec une espèce autochtone, au risque de contribuer à son déclin.

- Elle ne doit pas pouvoir s'hybrider avec une espèce locale, et risquer de produire un hybride indésirable.

- L'introduction ne doit pas s'accompagner de celle de maladie, ennemi ou parasite, pouvant contaminer le nouvel environnement.

- Elle doit vivre et se reproduire en équilibre avec son nouvel environnement, que ce soit du point de vue de l'espace, ou de la nourriture.

En 1973, Courtenay et Robins établissent un autre modèle, qui reprend largement celui de Turner. Il peut être adapté à n'importe quel organisme aquatique exotique, et se résume comme suit :

- 1/ Définir les raisons de l'introduction : celles ci doivent être clairement exposées et justifiées. Dans le cas de l'aquaculture par exemple, il faut décrire les avantages de l'espèce exotique par rapport aux espèces autochtones. Il est nécessaire d'établir une liste de candidats

potentiels, en étudiant leurs avantages et leurs inconvénients.

2/ Effectuer une première étude de l'impact : il s'agit d'établir la faisabilité de l'opération, à partir des données concernant l'espèce retenue, et des données sur l'environnement.

3/ Diffuser l'information et critiquer le projet : à ce stade de l'étude, il est nécessaire de solliciter l'avis d'experts en la matière. Aucune importation n'est à ce point urgente, qu'on n'ait pas le temps de définir rigoureusement les implications biologiques, sous l'autorité d'experts du gouvernement, et d'agences publiques.

4/ Passer aux recherches expérimentales : si le projet est retenu, un programme de recherche doit alors être mis en oeuvre, afin de tester les animaux importés dans une structure appropriée, où le circuit d'eau est entièrement contrôlé.

Le personnel de cette structure n'a aucune autorité pour décider du sort des animaux. Il doit soumettre un rapport, dans lequel il expose ses constatations et ses résultats, aux experts.

5/ Nouvelles critiques, et décision finale : le rapport doit être critiqué, et seulement après, si les experts sont d'accord, l'introduction peut être réalisée.

Ce n'est qu'en 1973 que le C.I.E.M., après création d'un groupe de travail intitulé "Transfert et Introduction d'Organismes Marins", définit un code de conduite international. Il est destiné à limiter les risques liés à l'introduction d'espèces marines non indigènes. Les Etats-Unis, le Canada, la France et le Royaume Uni y adhèrent. Il sera révisé en 1979 puis en 1983.

En voici les principaux points :

- Examen par les autorités compétentes du pays importateur de chaque candidat à l'importation, dans son environnement naturel.

Discussion de la proposition avec le C.I.E.M., et prise en compte de ses considérations.

- Etude minutieuse du candidat retenu.

- Etude de l'impact probable sur le nouvel environnement, incluant une étude des introductions antérieures réalisées dans d'autres pays.

Si la décision de procéder à l'introduction est retenue, la démarche suivante est recommandée :

- Multiplication d'un stock de géniteurs importés placés en

quarantaine.

Obtention de la F1 (première génération), et destruction du stock de géniteurs. Le pool initial ne doit jamais être implanté dans le nouvel environnement. Seule la F1 peut être transférée, et seulement après observation rigoureuse de la population pendant son séjour en quarantaine.

- Stérilisation de tous les effluents de l'établissement de quarantaine.

- Une fois l'espèce introduite dans le milieu naturel, le suivi est maintenu, et des rapports sont adressés périodiquement au C.I.E.M.

En 1983, de nouvelles mesures sont retenues, complétant le code de conduite de 1979. Elles concernent à la fois les mollusques, les crustacés et les poissons, et définissent précisément les caractéristiques de l'écloserie, de la réalisation de l'échantillonnage et de l'inspection des animaux. Nous nous limiterons au cas des mollusques (cf annexe 4).

Si ce code de conduite international, reconnu par de nombreux pays, présente une grande valeur, le respect à la lettre pose plusieurs problèmes. Ce document traite en effet, presque exclusivement des conséquences biologiques de l'introduction, mais ne fait pas référence aux nombreuses pressions économiques, politiques ou sociologiques qui peuvent accompagner l'introduction. Dans le cadre d'une crise économique grave, où l'on aurait à faire face à un besoin urgent de la nouvelle espèce, se pose un problème évident en terme de délai. Le temps nécessaire à l'étude de l'animal de remplacement, au choix du site d'introduction, à l'obtention de la F1, puis d'un pool de naissain suffisant pour servir de base à une prolifération naturelle supportant une activité de pêche active est beaucoup trop long, les agents économiques qui auront motivé la demande auront disparu.

D'autre part, ce protocole ne tient pas compte d'une éventuelle étude de marché : l'introduction d'une nouvelle espèce va-t-elle par exemple nécessiter une éducation préalable du consommateur pour développer le marché?

Enfin, le problème majeur revient à savoir si les géniteurs importés sont réellement exempts de maladie. Le terme de "certification" que l'on

retrouve dans le code est sans doute inexact, puisqu'il est pratiquement impossible de garantir à 100% la qualité sanitaire d'un organisme vivant.

DEUXIEME PARTIE :

**LE PETONCLE DE BAIE, DONNEES
CONCERNANT L'ESPECE**

1/ DONNEES SUR LA GENETIQUE

1.1/ Position systématique

La classification adoptée ici reprend celle utilisée par Morton et Yonge (1964), ainsi que celle d'Abbott (1974).

L'embranchement des **mollusques** compte sept classes.

Celle des **bivalves** ou lamellibranches regroupe les mollusques aquatiques à corps plus ou moins aplati transversalement, protégé par deux valves reliées dorsalement par un ligament élastique et souvent engrénées par des dents constituant une charnière. Chez l'adulte, la fermeture des valves est assurée par un ou deux muscles adducteurs qui les relient l'une à l'autre. Les bivalves possèdent une paire de branchies ciliées.

La systématique chez les bivalves est basée sur les caractères structuraux des branchies. Le pédoncle de baie appartient aux **filibranches**, dont les branchies sont caractérisées par l'existence de septums transverses.

Le sous-ordre des **anisomyaires** est caractérisé par des animaux présentant un muscle adducteur antérieur plus petit que le postérieur, voire absent.

La charnière ne présente souvent pas de dents véritables. Elles sont parfois remplacées par de petits denticules.
Ces mollusques ne présentent pas de siphons.

Dans la super-famille des **Pectinoidea**, la coquille est souvent inéquivalve. Elle présente des côtes radiales.
Le ligament, à cartilage interne, est inséré dans une fossette.
Le manteau est ouvert, ses deux lobes sont souvent pourvus d'yeux marginaux et de tentacules.

Généralement il ne persiste qu'un seul muscle adducteur.

Les particularités de la famille des **Pectinidés** sont :

- une coquille de taille moyenne ou grande, équi ou inéquivalve, à valves souvent costulées et à charnière souvent auriculée.

Ils vivent couchés sur le côté.

- Par un phénomène de régression, les Pectinidés ne présentent souvent qu'un seul muscle adducteur.

- Les feuillets branchiaux sont plissés.

- Les sexes sont souvent réunis.

On compte plus de 350 espèces de Pectinidés, parmi lesquels on retrouve :

- les coquilles Saint Jacques

- *Pecten maximus* (Atlantique)

- *Pecten jacobus* (Méditerranée).

- les pétoncles blanc et noir

- *Chlamys opercularis*

- *Chlamys varia*

Sur ces 350 espèces, seulement une quinzaine sont exploitées dans le monde.

La famille des Pectinidés regroupe trois sous-familles dont deux principales, représentées respectivement par le genre des *Pecten* (coquille Saint-Jacques), et le genre des *Chlamys* (pétoncle). Le genre *Argopecten* qui nous concerne ici est très proche de celui des *Chlamys*. Abbott (1974) le décrit ainsi : " *Argopecten* présente deux valves convexes. La droite, c'est à dire celle posée sur le sable, est habituellement la plus convexe. Les oreilles sont sensiblement égales en longueur, l'antérieure contient l'orifice byssal. Les valves ne baillent pas. La surface des coquilles est marquée de nervures radiales épaisses et d'un quadrillage fin concentrique".

L'espèce *Argopecten irradians* mesure de 6 à 9 cm de long. Elle présente une coquille très colorée gris-marron marquée de jaune.

On distingue quatre sous-espèces possédant chacune une aire de distribution géographique particulière :

- *Argopecten irradians irradians* : son aire de distribution s'étend

du Massachusetts au New Jersey. C'est la plus plate des quatre sous-espèces. Sa coquille est marquée de 17 à 18 nervures. La valve supérieure est beaucoup plus claire que la valve inférieure.

- *Argopecten irradians concentricus* s'étend de la Louisiane à la Floride et de Long-Island à la Géorgie. Sa coquille est marquée de 19 à 21 nervures. La valve inférieure est presque toujours blanc-jaunâtre.

- *Argopecten irradians amplicostatus* couvre l'aire allant du Texas au Mexique et à la Colombie. Morphologiquement elle est très proche de *Argopecten irradians concentricus*, mais ne possède que de 12 à 17 nervures.

- *Argopecten irradians sablensis* enfin, avec 18 à 21 nervures. Il s'agit d'une sous espèce éteinte, disparue au moment du refroidissement des eaux. Elle s'étendait de Sable Island jusqu'à la Nouvelle-Ecosse. Une datation au C₁₄ a permis de situer son extinction il y a 1800 ans (Clarke *et al*, 1967).

1.2/ Génétique

La connaissance du caryotype des bivalves est un phénomène récent. Elle est liée à la réussite de l'élevage en éclosérie, rendant possible les études sur les oeufs et les embryons.

Le pédoncle de baie possède seize paires de chromosomes, soit $2n=32$ chromosomes (Wada, 1978). Bien qu'il soit difficile de toujours mettre en évidence le centromère, l'auteur suggère l'existence de chromosomes méta, sub-méta, sub-télo ou télacentriques.

Parmi les caryotypes des pectinidés connus, *Argopecten irradians* est le seul à présenter 16 paires de chromosomes. Beaumont et Gruffydd (1974) rapportent, pour des espèces de la même famille :

- $2n=38$ pour :
 - *Pecten maximus*
 - *Chlamys varia*
 - *Chlamys distorta*
 - *Chlamys islandica*
 - *Placopecten magellanicus*

- $2n=26$ pour :
- *Chlamys opercularis*.

***Argopecten irradians* ne semble donc pas pouvoir s'hybrider avec une autre espèce de pectinidé vivant sur nos côtes.**

Il existe certainement une variabilité génétique au sein des populations de pétoncles de baie. Etant donnée la très large répartition géographique (et climatique, par voie de conséquence) de cette espèce, une divergence génétique des populations permettrait de mieux comprendre leur adaptation parfaite aux conditions de l'environnement (Sastry, 1970b).

2/ ANATOMIE

La majeure partie des connaissances de base concernant le pétoncle de baie proviennent de la description faite par Belding (1931) pour *Argopecten irradians irradians*, la sous-espèce la plus septentrionale, et par Gutsell (1930) pour *Argopecten irradians concentricus*.

2.1/ La coquille

Son allure générale est celle bien connue de la coquille Saint-Jacques. Elle est formée de deux valves, unies dorsalement par un ligament brunâtre au niveau duquel se fait l'articulation, et flanquée de deux "oreilles" sensiblement égales. La coquille est robuste, approximativement circulaire, à l'exception des oreilles (fig. 2).

La position centrale des umbos fait que l'on parle de coquille équilatérale, même s'il existe une très légère différence entre les deux valves : l'animal repose sur la valve droite qui est légèrement convexe, la valve gauche (au dessus), étant beaucoup plus nettement convexe.

L'encoche du byssus se situe au niveau de l'oreille antérieure droite. Elle est petite, et munie d'un denticule.

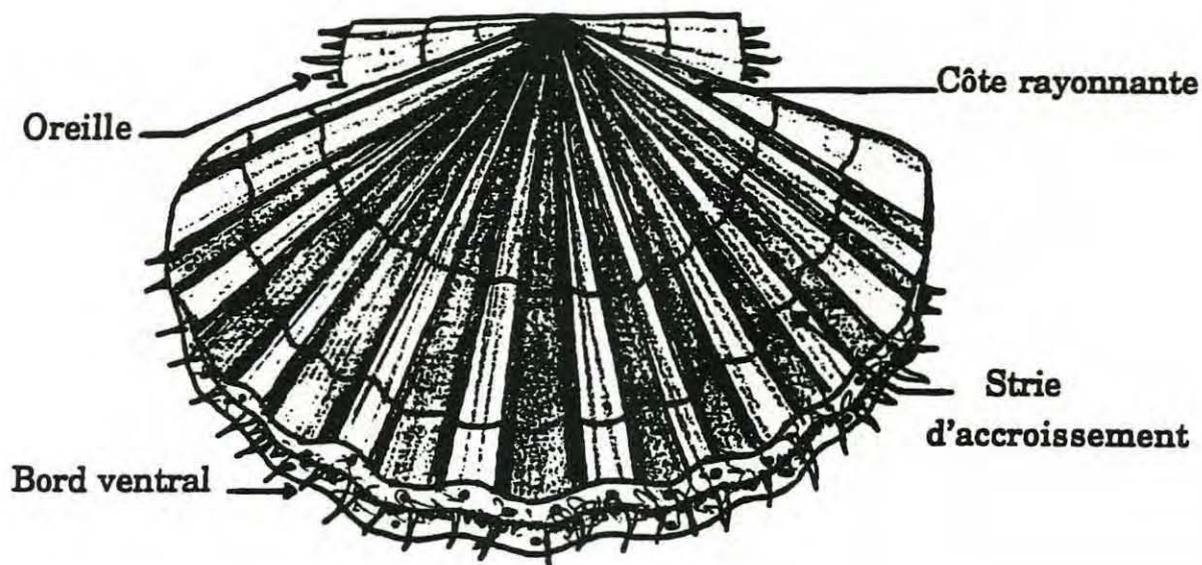


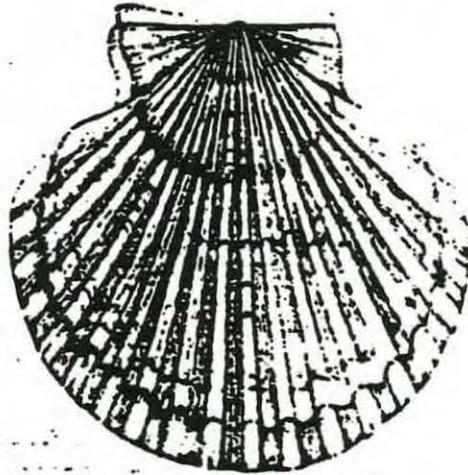
Fig. 2 : Schéma de la coquille d'*Argopecten irradians* -valve droite- (original).

La surface des valves est plissée par des cannelures ou côtes rayonnantes, et les valves s'imbriquent parfaitement l'une dans l'autre. On observe, croisant les côtes radiales, des stries concentriques, qui sont des stries d'accroissement. Les oreilles présentent elles aussi des nervures.

La combinaison de ces ornements radiaux et concentriques détermine la réticulation spécifique : *Argopecten irradians irradians* est muni de 17 à 18 côtes radiales, alors que *Argopecten irradians concentricus* en possède de 19 à 21, et *Argopecten irradians amplicostatus* de 12 à 17 (fig. 3).

Vue de la valve gauche (supérieure)

Vue antérieure



(1)



(2)



(3)



Fig. 3 : Morphologie externe de *Chlamys opercularis*, (1), *Argopecten gibbus* (2) et *Argopecten irradians* (3) (Broom, 1976).

Mais il existe d'autres différences morphologiques entre ces 3 sous-espèces : la coloration de la face externe des valves complète la sculpture des valves (Waller, 1969). Chez *Argopecten irradians irradians*, la valve gauche présente une gamme de couleur pouvant aller de l'orange pastel au marron ou au jaune, en passant par le blanc voire le noir. La valve droite est fréquemment plus sombre. Chez *Argopecten irradians concentricus* comme chez *Argopecten irradians amplicostatus*, la valve gauche est souvent terne, grise ou noire, parfois rougeâtre, de couleur uniforme ou présentant des dessins vaguement concentriques. La valve droite est généralement jaunâtre avec des taches irrégulières de la même couleur que l'autre valve. Sur la face interne on retrouve l'empreinte du muscle adducteur ainsi que celle de la ligne palléale (tab. I).

Tab. I : Diagnostic différentiel des trois sous-espèces d'*Argopecten irradians* selon ABBOTT (1974).

Caractéristiques	<i>Argopecten irradians irradians</i>	<i>Argopecten irradians concentricus</i>	<i>Argopecten irradians amplicostatus</i>
Nombre de côtes rayonnantes	17-18	19-21	12-17
Forme des côtes	Basses Arrondies	Anguleuses	Grandes Anguleuses ou parfois arrondies
Couleur de la valve inférieure	Légèrement plus claire que la supérieure	Claire, le plus souvent toute blanche	Le plus souvent toute blanche
Couleur de la valve supérieure	Beige, gris-marron, avec des tâches marron foncé	Terne, gris-bleu à marron	Comme concentricus
Volume	La plus plate des 3 sous-espèces	—	Plus ronde que concentricus

Située sur le bord dorsal de chaque valve, la charnière correspond à un épaississement de la coquille. Le ligament, quant à lui, est responsable par son élasticité de l'ouverture passive du coquillage. Il a une action antagoniste de celle des muscles adducteurs.

La taille moyenne du coquillage est de 60 à 90 mm, mais des spécimens mesurant jusqu'à 105 mm ont été trouvés.

2.2/ Le manteau

Le manteau est une formation tégumentaire qui adhère fortement au corps dans les régions dorsales, et qui se détache en deux lobes minces délimitant la cavité palléale. Les bords de ces deux lobes sont libres en région antérieure. Ils laissent passer le pied, organe très peu différencié. Le manteau se décompose en trois parties :

- le bourrelet externe, responsable de la minéralisation de la coquille.

- le bourrelet moyen, essentiellement sensoriel : à sa surface on rencontre des ocelles et des tentacules fortement contractiles. Au fur et à mesure que l'on s'approche du bourrelet interne, la taille des tentacules augmente. Le nombre d'ocelles quant à lui varie considérablement d'un individu à l'autre. Elles sont plus nombreuses sur le lobe supérieur.

- le bourrelet interne : c'est le plus volumineux des trois. Il est de nature musculaire, et joue un rôle dans le mécanisme de déplacement par la nage. Il présente au niveau de son bord libre une alternance de grands et de petits tentacules, lui donnant un rôle indéniable dans la sensibilité tactile.

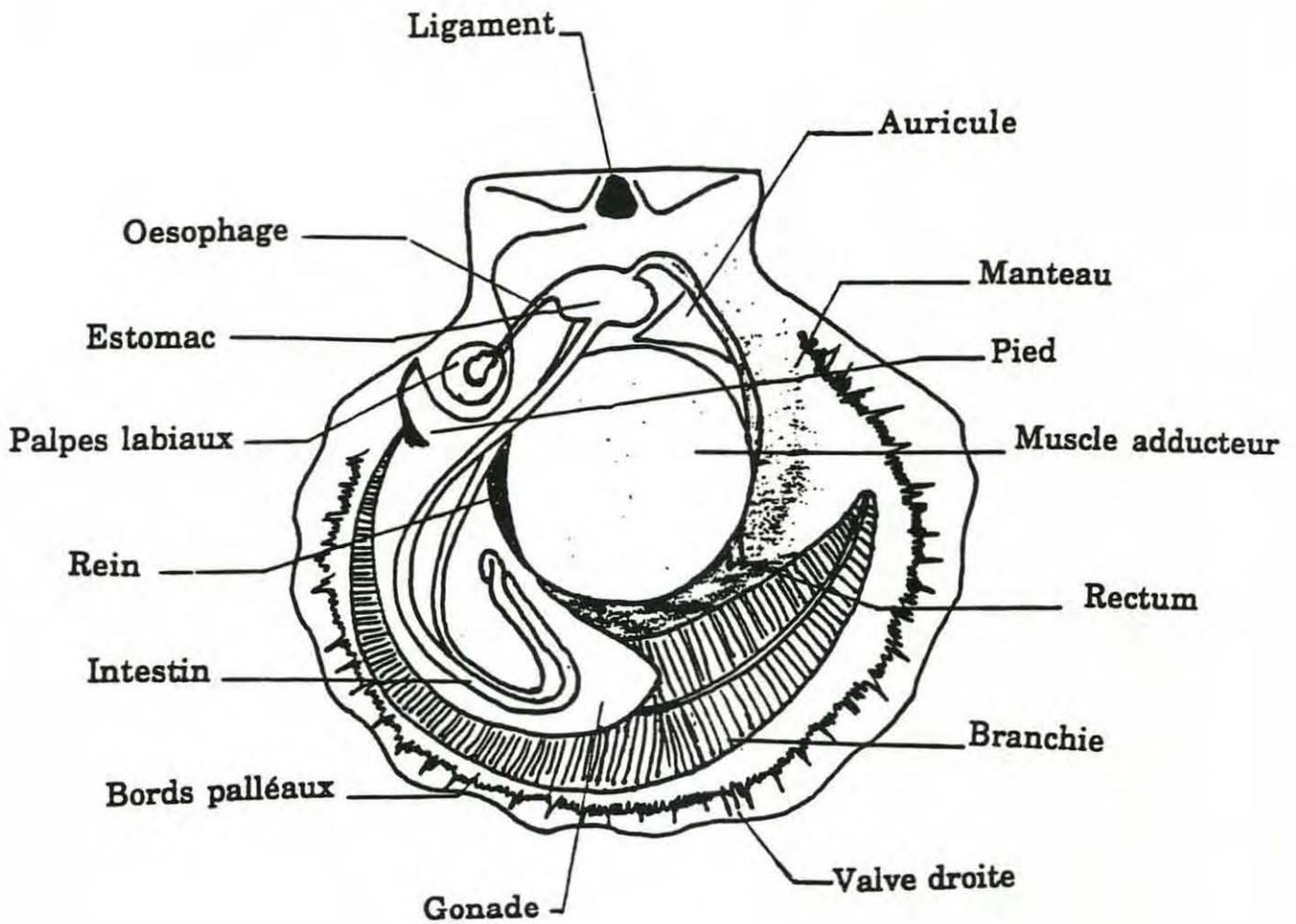


Fig. 4 : Morphologie générale d'*Argopecten irradians*.
 Valve gauche, lobe du manteau et branchies enlevées (original).

2.3/ Le muscle adducteur

Le muscle adducteur, unique (seul persiste l'adducteur postérieur de la larve), présente un intérêt tout particulier : c'est la noix, le principal organe utilisé par les consommateurs. De la taille de ce muscle dépend la rentabilité économique de la production.

Il est constitué de deux parties inégales séparées par du tissu conjonctif :

- la plus développée et la plus claire est constituée de fibres striées. Ces fibres ont une contraction rapide, qui cesse au bout de quelques secondes, lorsque les valves se sont refermées. Cette portion de muscle est mise à contribution au cours de la nage.

- la plus petite, plus dure, plus opaque aussi, et nacrée, est constituée de filaments épais non striés. La contraction de cette portion est lente, mais peut se prolonger très longtemps : ceci permet de maintenir les valves fermées ou partiellement fermées.

2.4/ Le pied

Le pied est un organe musculeux faisant saillie sous la masse viscérale. De très petite taille chez les pectinidés, il est pratiquement cylindrique chez le pétoncle de baie. Il possède un rôle dans la locomotion, même si la nage est le moyen le plus fréquemment utilisé.

Au niveau du pied on rencontre la glande byssogène qui secrète le byssus et qui permet au pétoncle de baie de se fixer aux algues ou à tout autre support. La fixation est fréquente chez les jeunes mais on l'observe aussi parfois chez les animaux adultes.

2.5/ L'appareil digestif

L'appareil digestif est assez rudimentaire.

Le pédoncle de baie, comme tous les bivalves, est acéphale. La bouche se réduit à un simple orifice à la base des branchies, près de la charnière. Elle est entourée de deux palpes labiaux, ciliés et plissés transversalement. Les palpes effectuent, grâce à une musculature complexe, un second tri parmi les particules apportées par le courant branchial.

La bouche s'ouvre sur un oesophage court et musculéux. Sa paroi ciliée entraîne les particules alimentaires jusqu'à l'estomac.

L'estomac est un renflement ovoïde entre l'oesophage et l'intestin. L'épithélium cilié qui le recouvre permet un brassage du contenu stomacal.

Comme chez les autres lamellibranches on trouve un "stylet cristallin" dont l'extrémité bute sur une formation cuticulaire de la paroi. Animé d'un mouvement rotatif, ce stylet triture les particules alimentaires. Il contribue aussi à la digestion chimique, par les enzymes qu'il libère : amylases et glyco-génases surtout, selon Morton (1952).

Tout autour de l'estomac, on trouve une masse volumineuse, vert foncée chez le pédoncle de baie : c'est l'hépatopancréas ou glande digestive. Les sécrétions enzymatiques (lipase, protéase, amylase) sont déversées dans l'estomac par deux petits conduits débouchant en partie antérieure.

L'intestin présente de nombreuses circonvolutions. Il quitte la masse viscérale par la face ventrale de l'estomac, traverse le ventricule du coeur, et se termine par le rectum puis par l'anus à gauche de la ligne médiane ; sa muqueuse est ciliée et son tissu musculaire pratiquement inexistant sauf au niveau du rectum où la ciliature devient très importante.

2.6/ Les branchies

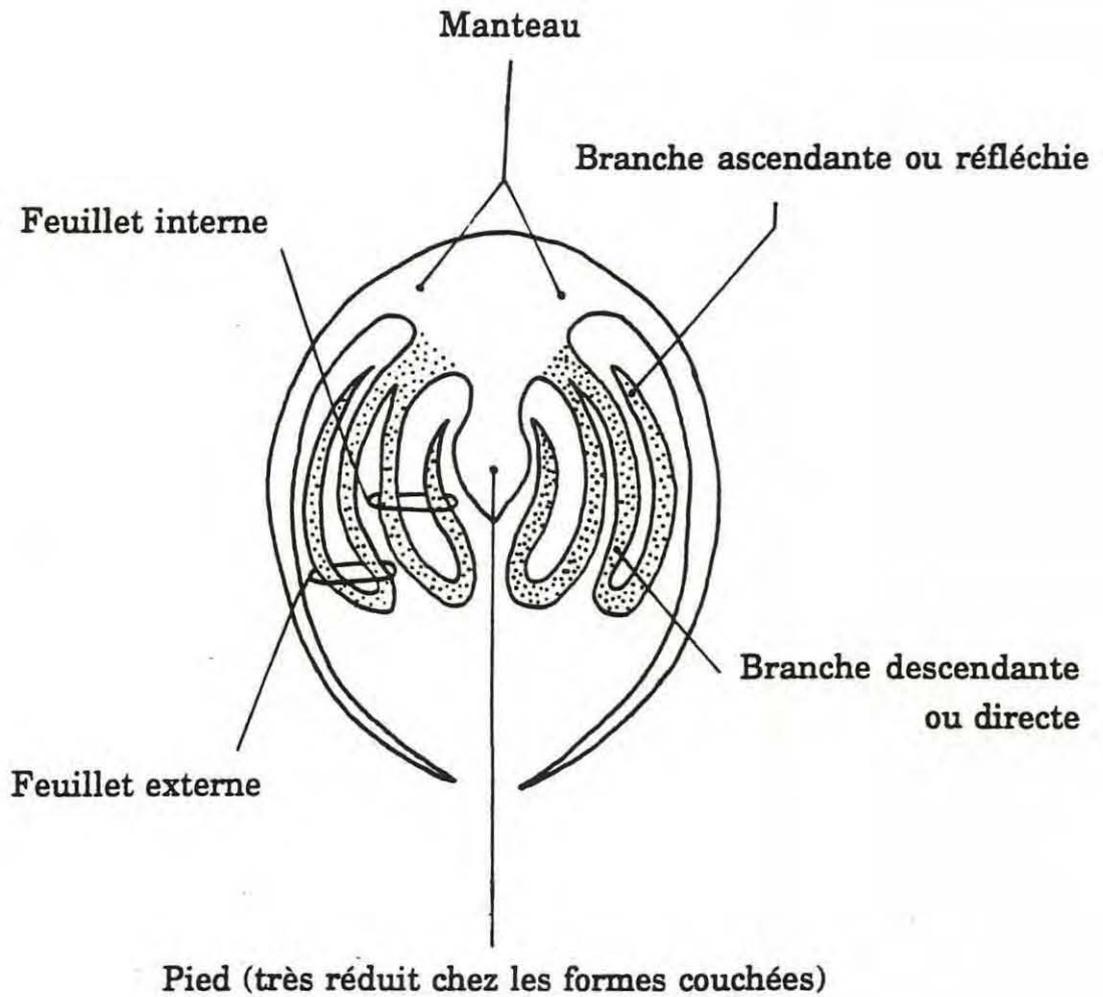


Fig. 5 : Coupe transversale des branchies de lamellibranches filibranches (d'après Beaumont et Cassier, 1975).

L'appareil respiratoire du pédoncle de baie est constitué d'une paire de branchies ou cténidies. Chaque branchie est faite d'un axe vasculaire

sur chaque face duquel est insérée une rangée de filaments parallèles, creux et aplatis. Ils se dirigent ventralement, puis se replient sur eux-même vers le dos, formant ainsi une lame double, composée d'une lame descendante ou directe et d'une lame ascendante ou réfléchi. Les feuillets direct et réfléchi d'une même cténiidie sont réunis par des septums transverses, caractéristiques des lamellibranches filibranches. Les branchies sont garnies sur toute leur surface de cils vibratiles et sont recouverts de mucus (fig. 5).

Les cils, par leurs battements permanents, assurent un courant d'eau. Cette eau passe au niveau des branchies comme à travers un filtre, et l'hémolymphe située dans les nombreux vaisseaux branchiaux subit l'hématose. Cette surface d'échange assure donc l'apport d'oxygène, mais aussi l'élimination du gaz carbonique et autres déchets.

En plus de ce rôle respiratoire, les branchies permettent d'effectuer un tri parmi les particules alimentaires. Les particules en suspension qui arrivent au contact des branchies sont, selon leur nature, soit arrêtées par les cils, soit immobilisées par le film de mucus sécrété à la surface branchiale et entraînées vers les palpes labiaux, soit éliminées.

2.7/ L'appareil circulatoire

L'appareil circulatoire des pectinidés se compose, conformément au plan général des lamellibranches, d'un coeur situé dorsalement, chassant l'hémolymphe dans deux aortes, antérieure et postérieure, qui se ramifient en artères et artérioles. Ces vaisseaux aboutissent à des lacunes du tissu conjonctif, où des échanges gazeux avec les tissus voisins s'effectuent. L'hémolymphe est ensuite ramenée au coeur par le système veineux (sinus) après avoir traversé le rein, ou organe de Bojanus. Chargée d'oxygène au niveau des branchies, elle gagne les oreillettes par les vaisseaux branchiaux efférents.

Le coeur est enveloppé d'un vaste péricarde transparent appliqué contre le manteau et occupant la plus grande partie de la face dorsale de l'animal. Une simple paroi réno-péricardique sépare ventralement le

coeur du rein. Deux orifices assurent leur communication.

Le coeur se situe en position médiane, sous la charnière. Il est traversé par le rectum. Il est constitué d'un ventricule médian à paroi épaisse, et de deux oreillettes latérales et symétriques à paroi fine.

L'hémolymphe : c'est un liquide incoagulable, incolore, qui se congèle comme l'eau de mer. Il représente de 1/5 à 1/7 du poids du corps. Il contient des éléments figurés : les amœbocytes. Ce sont des cellules incolores, particulièrement abondantes dans les branchies, ainsi que dans la lumière et dans les parois du tube digestif. Elles possèdent un grand pouvoir phagocytaire, ce qui leur confère un rôle important dans l'absorption, le transport des produits de digestion, et l'élimination des déchets.

Le plasma, sous forme de liquide péricardique s'infiltré au niveau de la paroi du ventricule, et pénètre au niveau du rein.

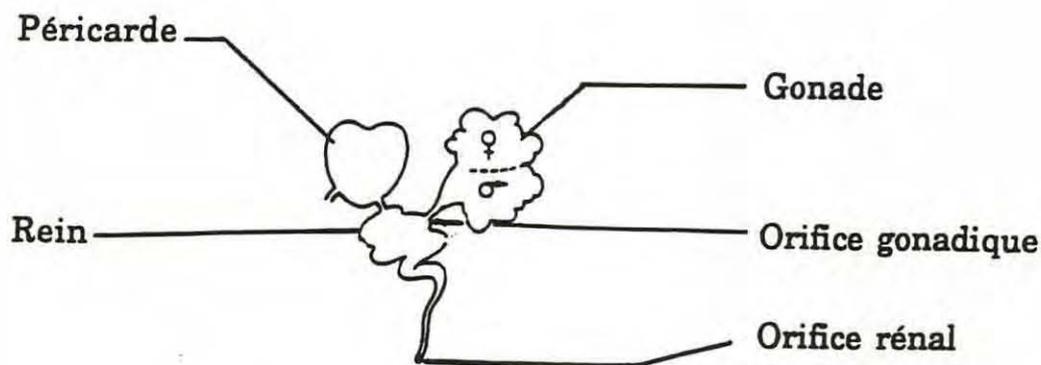


Fig. 6 : Représentation schématique des rapports anatomiques entre le péricarde, le rein et la gonade des pectinidés (d'après Mackie, 1984).

2.8/ L'appareil excréteur

Il est constitué des deux organes de Bojanus, marrons clairs, largement irrigués, situés à la partie postérieure du corps, et s'étendant jusqu'au muscle adducteur.

Le rein naît dans le péricarde par un entonnoir péricardial cilié qui se poursuit par deux branches, proximale et distale, formant un U. Il s'ouvre à l'extérieur par un orifice situé dans le sinus urogénital, à la base du pied et des branchies.

Par ultrafiltration, une partie du plasma sanguin traverse la paroi du ventricule cardiaque, et constitue le liquide péricardique. Il est entraîné jusqu'au rein où il subit des remaniements complexes et mal connus (échanges de matière organique, de minéraux, d'eau). De ces remaniements du liquide péricardique naît l'urine, essentiellement constituée d'urée (Gault, 1977).

Les glandes péricardiques auriculaires, grandes cellules ovales situées sur la paroi des oreillettes participent aussi à la fonction excrétrice. Souvent dépourvues de conduits excréteurs, elles déversent leur produit de sécrétion dans des cavités closes. Ces sécrétions sont reprises par des cellules phagocytaires qui, par diapédèse, regagnent la circulation sanguine générale, et enfin quittent l'organisme par différents épithéliums.

Les reins jouent aussi un rôle d'accumulation sous forme de concrétions pour certaines substances minérales présentes dans le milieu environnant. C'est par exemple le cas du manganèse, du plomb, ou du cobalt .

2.9/ L'appareil génital

L'appareil génital des pectinidés correspond à la partie communément appelée corail. Il se situe en face ventrale et est rattaché au muscle adducteur antérieurement et inférieurement.

Le pédoncle de baie est hermaphrodite morphologique et fonctionnel, et le corail comprend 2 parties distinctes :

- A sa base, la partie mâle : elle est de couleur blanchâtre qui évolue vers une teinte ivoire à maturité.

- La partie libre est femelle : elle est rose-orangée, mais de part la présence d'ovocytes, elle devient rouge à maturité.

Chez les pectinidés les reins servent de conduit d'excrétion des produits génitaux.

Le développement du corail et sa couleur sont fonction du stade de maturation. Ils évoluent donc de manière saisonnière.

2.10/ Le système nerveux et les organes sensoriels

Le système nerveux d'*Argopecten irradians* est constitué de trois paires de ganglions :

- les ganglions cérébraux, réunis par la commissure cérébroïde, sont situés entre la bouche et le pied. Ils innervent la région buccale, et la partie antérieure du manteau.

- à proximité immédiate, on rencontre les ganglions pédieux.

- le ganglion viscéral, gros ganglion bilobé, résulte de la fusion des deux ganglions viscéraux au niveau de la commissure viscérale. Il innerve les branchies, la région postérieure du manteau, le muscle adducteur, les organes internes.

Les différentes paires de ganglions sont reliées entre elles par des connectifs.

Les organes des sens sont bien développés chez *Argopecten irradians*. Tout le pourtour du manteau est orné de multiples petits tentacules et d'ocelles.

Les ocelles des pectinidés ont fait l'objet de nombreuses études et l'on note de grandes ressemblances avec les yeux des vertébrés.

L'oeil à cavité close est pédonculé. Le pédoncule contient des fibres musculaires, de larges lacunes sanguines, et le nerf optique issu, selon Dakin (1910), du ganglion viscéral. A l'apex, l'épithélium se différencie en cornée. Le globe oculaire contient un cristallin lentiforme. En arrière, on rencontre la rétine constituée de deux couches de cellules à bâtonnets, puis le tapetum, membrane tendue, brillante, et fortement réfléchissante.

En plus d'une photosensibilité évidente - les valves se ferment dès qu'une diminution de luminosité est perceptible (ex : ombre) - *Argopecten irradians* serait doté d'une sensibilité au déplacement des objets (Gutsell, 1930).

Les tentacules extensibles possèdent au moins un rôle tactile. Le simple fait d'effleurer le bord du manteau déclenche immédiatement une fermeture complète de l'animal.

Le pétoncle de baie possède aussi une paire de statocystes, organe de l'équilibration, des organes auditifs rudimentaires et assez peu décrits, et les osphradies, dont le rôle est mal connu. Ce sont des organes pairs, situés de part et d'autre de l'axe branchial, innervés par de fines ramifications du nerf branchial principal.

Il possède une sensibilité thermique, surtout aux excès de température, et une sensibilité chimique. Celle-ci est mise en évidence et sera revue dans l'étude du mécanisme de fuite face aux prédateurs.

3/ BIOLOGIE

3.1/ Cycle biologique

3.1.1/ Particularités du cycle du pétoncle de baie

Le pétoncle de baie est hermaphrodite. Il émet ses gamètes, comme la plupart des autres bivalves, dans le milieu naturel où se réalise la fécondation. L'oeuf subit ensuite une segmentation spirale.

- La vie larvaire :

Au cours de cette première phase du cycle biologique, les larves mènent une vie planctonique et se déplacent à l'aide de longs cils dans la masse d'eau, à la recherche de leur nourriture. Cette première phase est de courte durée, puisque la fixation se produit entre le dixième et le quatorzième jour après la fécondation (Belding, 1910 ; Castagna, 1975).

Les larves sont très vulnérables, et toutes les conditions défavorables de température, salinité, etc sont susceptibles de compromettre toute la reproduction d'une année, qui peut disparaître au stade larvaire.

- La vie fixée :

A la fin de cette première période, la larve se fixe à un support, à l'aide de son byssus. Au cours de cette période, la coquille est encore très fragile, et la mortalité toujours élevée. La phase fixée peut se prolonger tout le reste de la vie chez certaines espèces, mais, chez *Argopecten irradians*, elle ne va durer que jusqu'à ce que le jeune atteigne la taille de vingt à trente millimètres (Belding, 1910). Il se détache alors, et tombe sur le fond où il passera le reste de sa vie.

- La vie libre :

Cette troisième phase se caractérise par l'aptitude des pectinidés à se déplacer par claquement des valves.

La croissance suit alors un rythme annuel, influencé par la température et l'abondance de nourriture. A la reprise de la pousse au printemps, on observe un anneau de croissance. La succession de ces anneaux de croissance est précieuse, car elle permet de déterminer l'âge de l'animal.

Argopecten irradians présente un cycle de reproduction annuel, décalé selon la latitude (Sastry, 1963 ; 1970). La maturité sexuelle est atteinte à l'âge d'un an. La croissance somatique et l'accumulation de réserves s'effectuent rapidement avant la gamétogénèse. La ponte est massive, et le taux de fécondation élevé. Certains animaux sont susceptibles de pondre deux années consécutives, mais la majorité de la population est détruite dans l'hiver ou au printemps suivant la première ponte.

La durée de vie du pétoncle de baie est donc très courte : 1,5 à 2 ans

(Belding, 1910). L'existence d'animaux plus âgés (trois ans), est rare (Russel, 1971 ; Marshall, 1963).

Le taux de croissance est rapide : la taille marchande (50 mm) est atteinte en douze à dix sept mois dans le Massachusetts (Belding, 1910) et en sept à dix mois en Caroline du Nord (Gutsell, 1930). Le taux de croissance varie d'une région à l'autre, mais globalement il est de plus en plus lent lorsque l'on remonte vers le Nord.

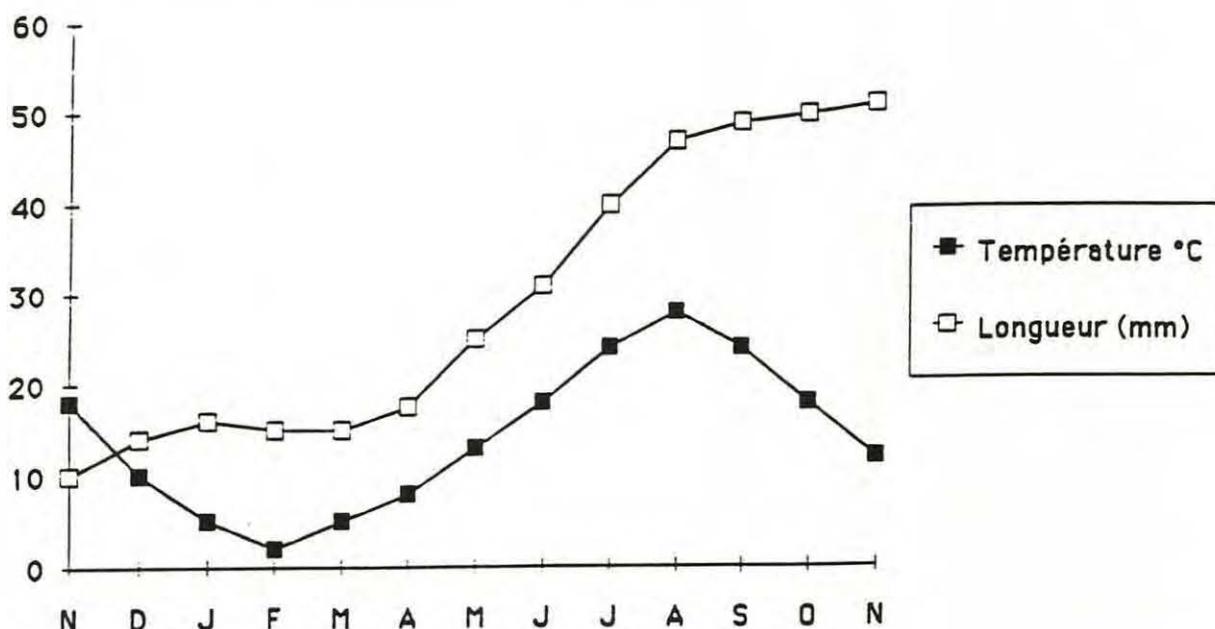


Fig. 7 : Courbe de croissance d'Argopecten irradians (ponte en Août) et température (d'après Castagna et Duggan, 1971).

Une fois la période de vie libre atteinte, la sensibilité des pectinidés diminue généralement vis à vis des conditions du milieu. A l'exception de certains cas rares de mortalités massives et soudaines associées à des variations brutales de température ou de salinité, on peut considérer que l'essentiel de la mortalité naturelle agissant sur les juvéniles et sur les adultes résulte de l'action de prédateurs. Enfin, la mortalité va s'accroître à nouveau quand l'âge approche de sa limite maximale (fig. 8).

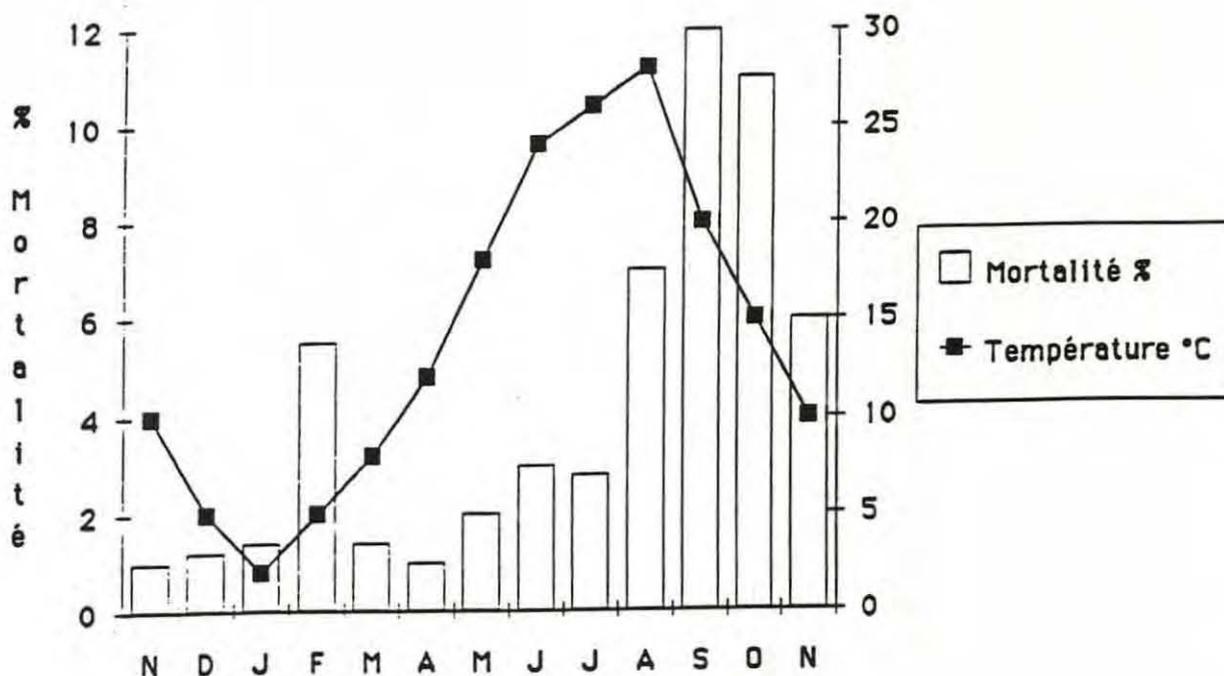


Fig. 8 : Courbe de mortalité d'*Argopecten irradians* sur une année, et température (d'après Castagna et Duggan, 1971).

Le cycle du pétoncle de baie est marqué par :

- **une durée de vie courte : 2 à 3 ans maximum.**
- **une croissance rapide.**
- **un cycle de reproduction annuel**
- **une ponte massive.**

Les caractéristiques principales de ce cycle biologique sont celles d'une espèce présentant des fluctuations de population extrêmement importantes avec des conséquences économiques évidentes.

Le cycle du pétoncle de baie présente donc les principales caractéristiques d'une espèce développant une stratégie r par opposition à la stratégie k. La prolificité très élevée d'*Argopecten irradians* semble être en apparence contradiction avec la pauvreté des stocks disponibles certaines années (Marshall, 1979). Beaucoup d'animaux présentent de façon comparable une telle prolificité. Mais, dans la dynamique des systèmes naturels, il existe en fait une relation inversement proportionnelle entre le nombre d'oeufs produits, et le pourcentage de survie. Seule une production massive d'oeufs fécondés va pouvoir pallier la faible protection et la grande vulnérabilité des oeufs et des larves.

Il en résulte que la moindre variation en début de chaîne peut expliquer la différence entre une année très réussie et une année normale ou catastrophiquement pauvre. Lorsque les individus vivent longtemps et pondent chaque année, l'alternance d'années pauvres et d'années fastes contribue à maintenir la population à un niveau constant. Mais le cycle de vie du pétoncle de baie est court, et il pond seulement une fois dans sa vie. Ainsi, si le pourcentage de survie larvaire est quasiment nul une année, la population d'adultes l'année suivante sera réduite. Le faible stock de géniteurs reconstituera difficilement le stock initial.

3.1.2/ Structure de la population

Du fait de son cycle biologique court, seules deux classes d'âge sont principalement représentées (Broom, 1976). La distinction entre ces deux catégories d'individus est rendue possible par la présence d'un anneau de croissance qui n'apparaît qu'après le premier hiver.

Les premières captures s'effectuent sur des animaux âgés de plus d'un an.

Les données concernant la répartition des tailles dans une population donnée sont rares. Gutsell (1930) a analysé la fréquence des tailles dans une population de Caroline du Nord. Voici ses résultats (tab. II - fig. 9) :

* au début de l'année, deux classes sont représentées.

- La première regroupe un grand nombre d'individus de petite taille, mais d'écart-type important. Il s'agit des animaux nés l'été précédent.

- La deuxième consiste en un groupe compact d'animaux de grande taille, centré sur un pic vers 75-79 mm de long. Il s'agit des animaux âgés de plus d'un an, géniteurs l'été précédent du premier groupe.

* au fur et à mesure que l'année avance, les deux groupes prédéfinis s'estompent : le premier groupe grandit en taille, tandis que les individus du deuxième groupe disparaissent peu à peu. Tous les individus forment un ensemble s'étalant de 10 à 50 mm.

En Juillet, le groupe 2 a disparu. Seul persiste un groupe compact, centré sur 50 à 60 mm. Il s'agit des individus du groupe 1, adultes maintenant, et qui vont donner naissance à la nouvelle génération.

Taille (mm)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0/4,5	61,7	56,6	11,3	2,3		0,6	2	31	50	67,1	69,9	41,9
5/9,5	11	9	16,3	23,6		2,4	0,7	8,3	14,6	5,1	10,1	13,9
10/14,5	2,6	3,5	5,4	16,1	1,1	0,6	0,7	6,1	7,1	6	0,7	5,6
15/19	1	1,6	5	7,5	4			2,6	1,7	0,7	0,4	2,3
20/24	0,8	1,2	3,8	4,6	11,6			1,7	0,6	0,2	0,5	1,2
25/29	1,2	1,6	5,8	1,1	9,9					0,2	0,4	0,3
30/34	1,2	2,7	5	4	2,9							0,3
35/39	0,6	3,3	11,3	4	4	3		0,4				
40/44	1,2	1,6	18,3	12,6	9,9	20,6						
45/49	0,6	2	10,8	9,8	11,6	11,5	2	0,4				
50/54		0,4	4,2	5,7	22,7	19,4	19,5	0,4				
55/59			0,4	2,3	9,3	18,2	28,8	14	1,4	0,9	0,2	0,6
60/64	0,2				1,7	19,4	33,6	22,7	10,6	7,4	2,3	2,1
65/69	0,4	0,4	0,4			1,8	8,1	7,7	11,1	9,3	7,8	10,3
70/74	6,3	3,5	2,1		0,6		2	2,2	2,3	2,5	6,3	19,1
75/79	8,7	5,7	4,2	3,4	1,2	0,6	0,7	0,9	0,3		1,3	2,3
80/84	3,6	6,1	3,8	2,3	5,8	1,2		0,9		0,5		
85/89	0,6	0,8	0,4	0,6	2,9	0,6	1,3	0,4	0,3		0,2	
90/94	0,2	0,2			0,6		0,7					

Tab. II : Répartition en taille d'une population de pétoncles de baie en Caroline du Nord (Gutsell, 1930).

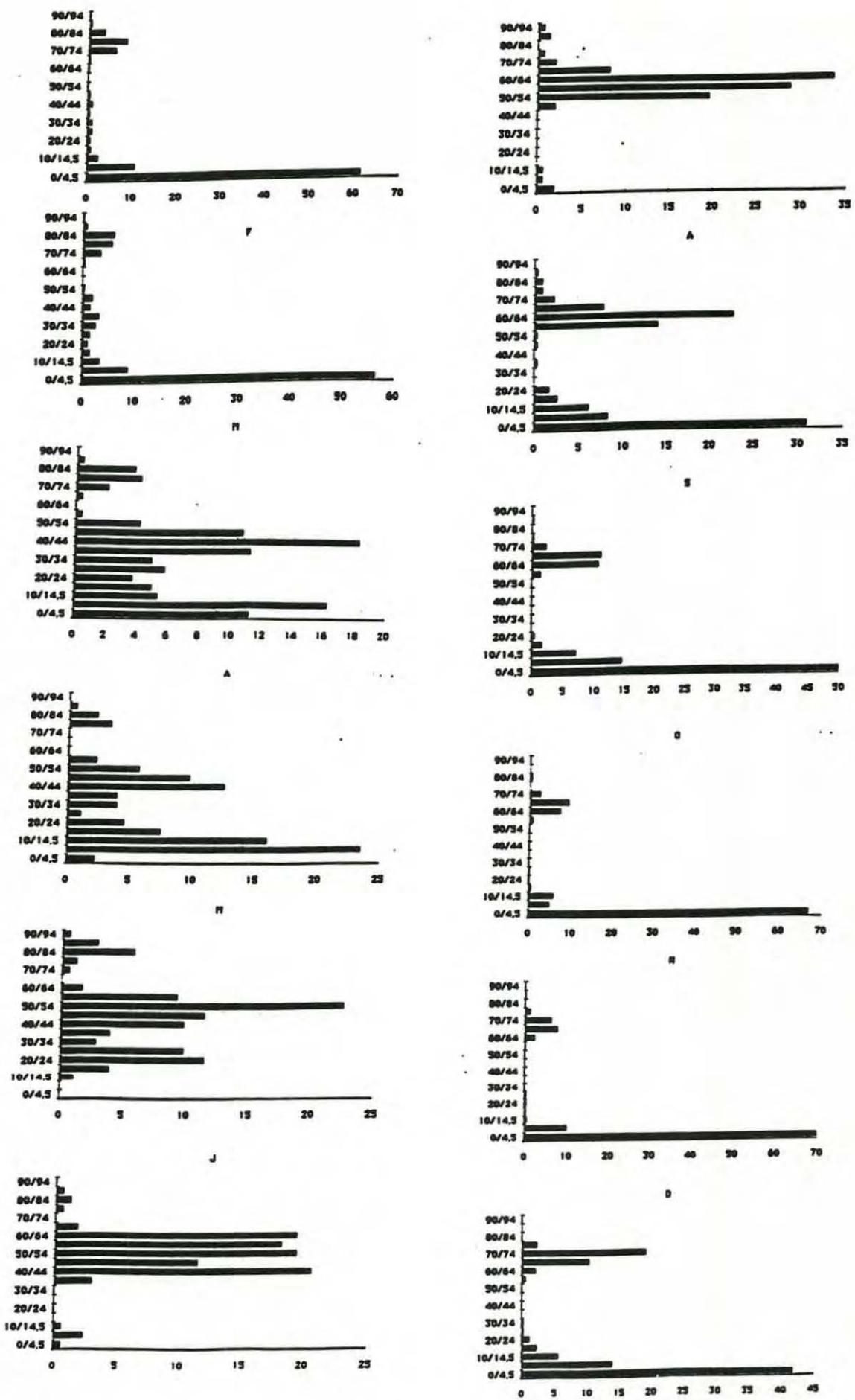


Fig. 9: Répartition en taille d'une population de pétoncles de baie, d'après les données présentées dans le tableau ci-dessus

3.1.3/ Principales causes de mortalité en milieu naturel

Comme nous l'avons déjà vu, la cause principale de mortalité revient aux prédateurs (oiseaux de mer, étoiles de mer, crabes, planctonophages...) Bien qu'il n'existe que peu ou pas de données relatives aux mortalités causées en milieu naturel par les parasites et les maladies, ce facteur doit être pris en compte.

Les fortes variations climatiques (hiver rigoureux entraînant une température basse persistante, baisse importante de salinité consécutive à une grosse pluie, etc) peuvent être responsables d'une mortalité importante touchant indifféremment les jeunes et les animaux âgés.

Parfois les animaux sont retrouvés morts, enfouis dans le sable (Tettelbach, 1990). Cette mortalité par asphyxie qui a déjà été décrite chez d'autres bivalves (*Crassostrea gigas*), ne se rencontre que lorsque la température est inférieure à 7°C, c'est-à-dire entre Décembre et Mars. Le pétoncle mène alors une vie ralentie au cours de laquelle il est pratiquement inactif et ne se déplace pas par la nage. Il est peu à peu recouvert par le sédiment et meurt finalement asphyxié. Ce phénomène est responsable d'une mortalité saisonnière importante.

La dessiccation, à l'occasion de très grandes marées basses, provoque une faible mortalité.

Enfin, il faut tenir compte de la sénescence, c'est-à-dire du déclin physique naturel, lié à l'âge. Celui-ci débute vers 18 mois, et presque tous les individus sont éliminés avant qu'ils aient atteint 26 mois (Belding, 1910). Ce qui semble étonnant, c'est que l'animal, au cours de sa deuxième année se prépare à la ponte : tout se déroule normalement dans le développement des gonades et celui des gamètes, jusqu'à ce que la mort interrompe le cycle (Gutsell, 1930). Le mécanisme de la sénescence n'est pas encore élucidé. Si la ponte est responsable d'un affaiblissement important des géniteurs, d'autres facteurs doivent y contribuer. Les travaux de Sastry (1966) ont permis de mettre en évidence qu'un animal

qui vient de pondre est très sensible aux variations de température et de salinité, en particulier à une augmentation de température. Cette "détresse physiologique" est rencontrée chez de nombreux bivalves.

3.2/ Ecologie

3.2.1/ Habitat et milieu de vie

3.2.1.1/ Distribution géographique

Argopecten irradians est aujourd'hui présent sur les côtes Est des Etats-Unis et dans le golfe du Mexique. Il s'étend de 26°N 97°W - Texas - jusqu'à 42°N 70°W - Massachusetts - (Broom, 1976 ; Clarke, 1965 ; Gutsell, 1930) relatent quant à eux la présence d'*Argopecten irradians* jusqu'en Colombie (Amérique du Sud) (fig. 10).

Il y a environ 1800 ans, une population de pétoncles de baie vivait dans les eaux canadiennes, le long de la côte de la Nouvelle Ecosse. Sa disparition est sans doute due au refroidissement des eaux marines, et à la modification de l'environnement qui s'en est suivie (Clarke *et al*, 1967).

Les trois sous-espèces de pétoncles de baie se répartissent comme suit :

- *Argopecten irradians irradians* est présent entre 42°N et 39-40°N, c'est à dire qu'il s'étend de Cape Cod, jusqu'au New Jersey (Clarke, 1965).

- *Argopecten irradians concentricus* s'étend plus au Sud, le long de la côte de Floride, et dans le golfe du Mexique. Au nord, il côtoie *Argopecten irradians irradians* vers 39-40°N dans le New Jersey. Sa limite sud est située vers 29°N dans le golfe du Mexique, à la limite Nord d'*Argopecten irradians amplicostatus* (Waller, 1969).

- *Argopecten irradians amplicostatus* se situe sur les côtes Sud et Est des Etats-Unis. Il longe le golfe du Mexique, et sa limite la plus au sud est 26°N (Waller, 1969)

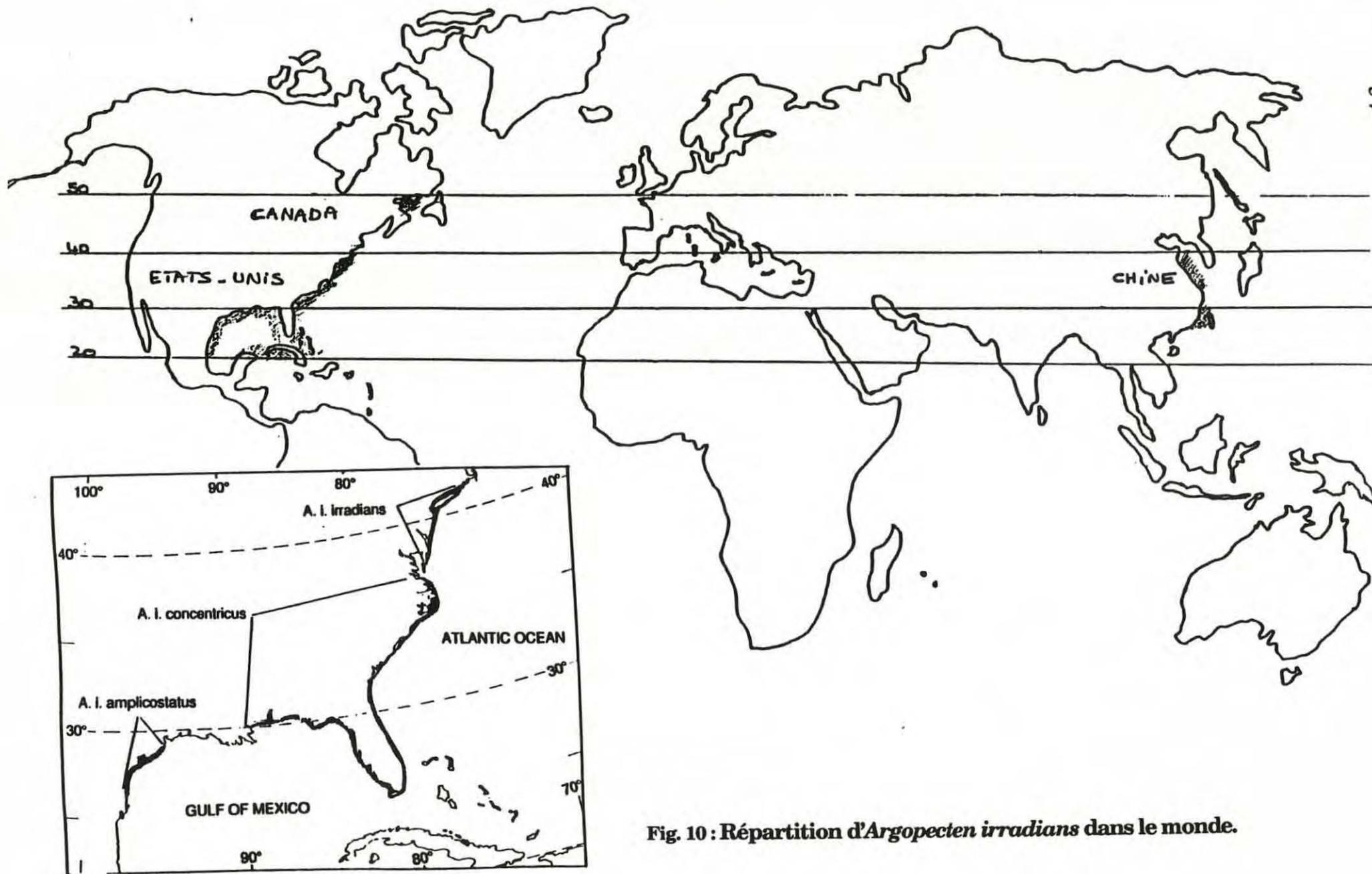


Fig. 10 : Répartition d'*Argopecten irradians* dans le monde.

Répartition géographique des trois sous espèces,
le long de la côte Est des U.S.A
(d'après Broom, 1976).

Argopecten irradians a été réintroduit au Canada, à l'île du Prince Edouard, entre 1979 et 1981. Pour l'instant, bien que les animaux se soient reproduits, aucun résultat ne permet d'affirmer que l'introduction soit réussie.

Il n'en est pas de même pour la Chine. En décembre 1982, des géniteurs d'*Argopecten irradians* ont été introduits à des fins d'aquaculture, dans la mer Jaune et la mer Orientale de Chine. En 1988, la production s'élevait à 50 000 tonnes (Zhang, 1989).

Les principales zones d'élevage se situent :

- dans la province de Shandong (Baie de Jiaozhou).
- dans celle de Fujian (Baie de Luoyuan)
- et dans celle de Liaoning.

L'aire de répartition s'étend du 25°N au 45°N.

3.2.1.2/ Habitat naturel

Comme son nom l'indique, on rencontre le pétoncle de baie dans des eaux peu profondes et protégées : estuaires, baies, ports... En général, c'est à une profondeur allant de 1,5 à 10 m en dessous de la zone de balancement des marées qu'il se situe. La profondeur extrême relatée est de 20 m. En Caroline du Nord, la profondeur moyenne est de moins de 2 m. Sur ces hauts-fonds, la prédation par les oiseaux de mer aux marées très basses est importante, et de fortes mortalités sont observées lors de températures hivernales très basses.

Le pétoncle de baie peut s'adapter à des substrats de nature très variable puisque sa présence s'échelonne d'un sol vaseux à un sable grossier. Les animaux adultes supportent assez bien un sol vaseux, tandis que les jeunes (< 10 mm) sont beaucoup moins tolérants (Castagna, 1975).

La présence d'une couverture végétale est aussi nécessaire. *Argopecten irradians* se rencontre dans la zone de végétation sublittorale, formée d'herbiers à zostères (*Zostera marina*) et d'autres algues marines. Cette couverture végétale assure une protection non négligeable face aux

prédateurs, et face au courant, jouant le rôle de déflecteur. Du fait des courants tourbillonnaires créés par la présence de végétaux, le phytoplancton est piégé et apparaît en quantités plus élevées. Les algues servent aussi de support de fixation aux jeunes larves juste métamorphosées, et c'est souvent en densité très élevée qu'on les observe sur les feuilles des zostères ou les frondes des algues. On rencontre exceptionnellement les adultes à découvert dans de petites dépressions, à même le sable, dans des zones très protégées comme par exemple la rivière Niantic dans le Connecticut (Marshall, 1947, 1960).

3.2.1.3/ *Température*

Pour au moins trois raisons physiologiques majeures, la température de l'eau est un facteur important à prendre en compte :

- *l'alimentation*

La relation entre la température et la prise d'aliment est un phénomène complexe qui fait intervenir d'autres paramètres. Néanmoins, on sait que la prise d'aliment augmente en même temps que la température. A $T^{\circ} = 0^{\circ}\text{C}$, l'activité ciliaire cesse, et l'alimentation devient négligeable. L'importance des courants branchiaux augmente jusqu'à environ 30°C (Kirby-Smith et Barber, 1974).

- *la croissance.*

Belding rapporte que la température minimale requise est de 5°C . A partir de là, la croissance devient de plus en plus rapide jusqu'à une température avoisinant les 30°C . Ici aussi d'autres facteurs interviennent, en particulier la disponibilité en nourriture.

- *la reproduction.*

Le cycle de reproduction est corrélé avec le cycle des saisons et celui de la disponibilité en phytoplancton. La température de croissance maximale des gonades varie d'une région à l'autre :

- 15°C dans les eaux du Massachusetts.

- 23°C dans celles de Caroline du Nord.

Dans tous les cas, la croissance gonadique débute quand la température est supérieure à 10°C (Sastry *et al*, 1968; Turner et Hanks, 1960), et les

ovocytes ne sont pas fécondables à moins de 15 voire 20°C (Sastry, 1970b).

Il est important de retenir que du fait de sa situation particulière sur les hauts fonds, le pétoncle de baie est soumis à des amplitudes de température et de salinité notables. Il montre une remarquable tolérance face aux variations de son milieu. Belding (1910) et Gutsell (1930) rapportent qu'à la suite d'hivers particulièrement rigoureux, les stocks de pétoncles de baie ont été partiellement détruits. Mais il n'est pas rare de trouver dans les régions les plus au Nord, une couche de glace sur l'eau en hiver, que le pétoncle de baie est capable de supporter quelques temps. *Argopecten irradians* est très résistant aux basses températures puisqu'il est capable de supporter pendant deux heures un froid de -6,6°C (Marshall, 1960).

En ce qui concerne la résistance du pétoncle de baie aux températures élevées, Wright (1984) montre que, quelque soit le stade de développement, le pétoncle supporte des températures allant jusqu'à 29°C, sans montrer aucun signe de défaillance (fig. 11).

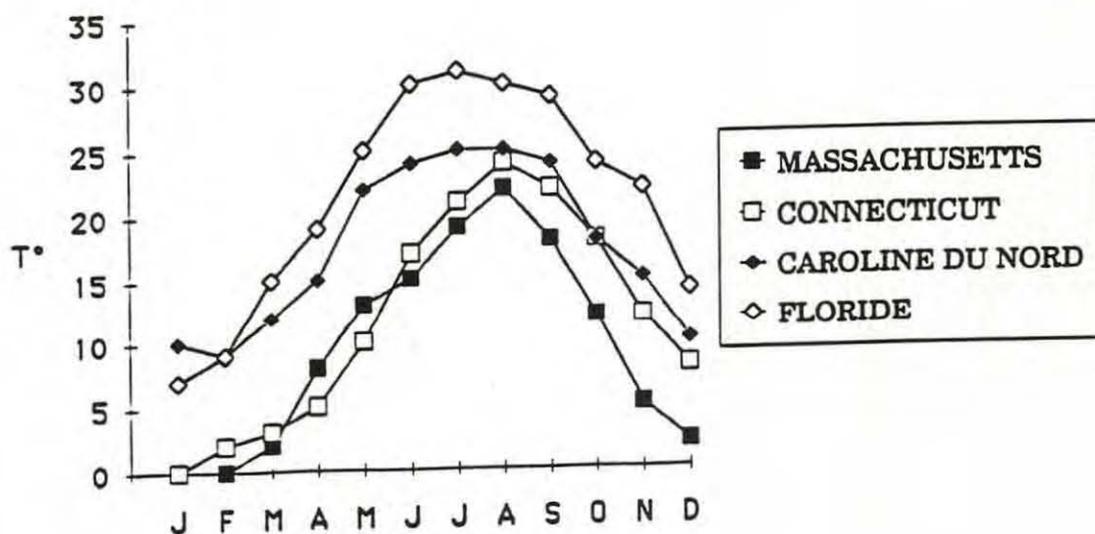


Fig. 11 : Variations de la température dans différents états.

3.2.1.4/ Salinité

On rencontre le pétoncle de baie en milieu naturel dans des eaux dont la salinité s'échelonne de 21 à 33‰. En général, il préfère une eau assez riche en sel, relativement stable, et la mortalité consécutive à un apport d'eau douce massif peut être importante. On conseille en élevage une salinité de 30‰ (Gates *et al*, 1974).

En ce qui concerne la salinité minimale tolérée, deux valeurs sont décrites :

- la valeur que l'animal est capable de supporter de façon durable. Elle correspond à la limite de distribution du pétoncle. Elle est de 21‰ (Gutsell, 1930).

- la valeur qu'il est capable de tolérer pendant une durée limitée. Les pectinidés sont en général sensibles aux fluctuations de salinité, du fait de leur mobilité limitée, et de leur capacité d'osmorégulation réduite. Tettelbach (1985) relate une mortalité massive de pétoncles de baie à la suite d'une forte pluviosité printanière dans le Connecticut. Aucune autre explication qu'une chute durable de la salinité (48h à 4‰) n'a pu expliquer cette mortalité.

Ces observations ont été reprises par Duggan (1975) qui a étudié les réactions du pétoncle de baie face à une réduction progressive de la salinité. Le pétoncle claque ses valves l'une contre l'autre dès le premier apport d'eau douce, comme pour marquer son désagrément. Aucun déplacement ne s'ensuit. Entre 15 et 12‰, le battement ciliaire cesse. A 0‰, le pétoncle est capable de survivre deux heures, coquille fermée. Le retour à la salinité normale s'accompagne d'une reprise d'activité de l'animal.

Une réduction temporaire de la salinité est à l'origine d'une augmentation du volume de la chair de l'animal. Celle-ci résulte d'une modification de la pression osmotique (salinité interne > salinité du milieu ambiant) d'où s'ensuit une absorption d'eau par les tissus qui se distendent.

3.2.1.5 / Effets combinés température-salinité

Il est important de connaître les effets combinés de la température et de la salinité sur le pétoncle puisqu'ils déterminent en grande partie l'aire de distribution de la population, qu'ils expliquent certaines des mortalités rencontrées dans le milieu naturel, et qu'ils permettent aussi d'augmenter les chances de réussite lorsque l'on fait une introduction sur un site nouveau. Plusieurs travaux concernant ces effets combinés ont été réalisés. Nous aborderons ici les recherches de Mercaldo et Rhodes (1982) sur l'adulte, et celles de Tettelbach et Rhodes (1981) sur les embryons et les larves.

- Effets sur les adultes (tab. III) :

Il ressort de cette étude qu'une immersion dans de l'eau douce, même de très courte durée (2 heures) est létale à température élevée (24°C). Les animaux soumis à une température allant de 5 à 13°C sont plus résistants et ils peuvent supporter l'immersion pendant 6 heures. Plus la température est basse et mieux ils supportent l'eau douce (48 heures à 1°C).

L'animal supporte donc mieux une chute de salinité à température basse. Cette constatation a été retrouvée chez d'autres bivalves, en particulier chez l'huître américaine (*Crassostrea virginica*) (Loosanoff, 1965).

- Effets sur les embryons et les larves (tab. IV, V, VI, VII, VIII) :

Il résulte de cette étude que :

* le développement embryonnaire normal ne se produit que dans une marge très étroite de température et de salinité, en effet, la réussite est supérieure à 70% quand la salinité est de 25‰ et la température comprise entre 20 et 25°C. Les conditions optimales sont réalisées quand la température est de 22°C et la salinité de 25‰.

Tab. III : Survie des pétoncles après exposition à des salinités différentes, et à des températures de 19 et 24°C, pendant 2, 6, 24 et 48 h (Mercaldo et Rhodes, 1982).

13, 5, et 1°C,
0°C,

Salinité (ppt)	24°C				24°C				19°C			
	Heures				Heures				Heures			
	2	6	24	48	2	6	24	48	2	6	24	48
28	10	-	-	10	10	-	-	10	10	-	-	10
15	10	9	10	6	9	10	9	9	10	10	10	10
10	10	0	0	0	8	2	0	0	10	10	1	0
5	6	0	0	0	4	0	0	0	10	10	0	0
0	2	0	0	0	1	0	0	0	10	9	0	0

Salinité (ppt)	13°C				5°C				1°C			
	Heures				Heures				Heures			
	2	6	24	48	2	6	24	48	2	6	24	48
28	10	-	-	9	10	-	-	8	10	-	-	10
15	10	10	10	10	8	9	8	8	10	10	8	9
10	10	10	9	0	10	10	10	8	9	9	10	7
5	10	10	0	0	10	8	9	5	9	10	10	4
0	10	9	0	0	9	9	0	0	10	10	9	7

Salinité (ppt)	0°C				0°C			
	Heures				Heures			
	2	6	24	48	2	6	24	48
28	9	-	-	10	6	-	-	10
15	10	10	9	8	9	10	7	10
10	7	9	9	7	8	6	7	8
5	8	8	6	5	8	8	9	4
0	6	5	0	0	7	9	0	0

Tab. IV : Pourcentage relatif de développement embryonnaire normal jusqu'au stade D (48 h), sous 36 combinaisons de température et de salinité différentes.
(Tettelbach et Rhodes, 1981).

Salinité (ppt)	Temperature (°C)					
	10	15	20	25	30	35
10	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0,14	11,67	0,14	0
25	0	41,79	100	98,77	39,05	0
30	0	12,54	61,67	20,46	0,14	0
35	0	0	0,14	0	0	0

Tab. V : Pourcentage relatif de développement embryonnaire normal jusqu'au 5ème jour après la fécondation.
sous 36 combinaisons de température et de salinité différentes.
(Tettelbach et Rhodes, 1981).

Salinité (ppt)	Temperature (°C)					
	10	15	20	25	30	35
10	0	0	0	0	0	0
15	7,26	32,16	42,04	40,02	38,51	0
20	32,66	45,46	70,16	70,06	67,34	0
25	92,24	86,8	100	91,03	93,45	0
30	80,24	81,45	79,74	80,04	69,26	0
35	68,95	71,98	62,5	66,73	64,82	0

Tab. VI : Pourcentage relatif de survie larvaire jusqu'à la fixation (6 à 8 jours après la fécondation), sous 36 combinaisons de température et de salinité différentes.
(Tettelbach et Rhodes, 1981).

Salinité (ppt)	Temperature (°C)					
	10	15	20	25	30	35
10	0	0	0	0	0	0
15	0,76	22,65	9,71	25,78	7,66	0
20	15,31	28,69	59,87	58,36	21,2	0
25	91,15	85,22	100	91,48	87,38	0
30	83,28	74,65	82,09	68,82	62,78	0
35	57,61	60,52	65,7	64,08	45,44	0

Tab. VII : Pourcentage relatif de croissance larvaire jusqu'au 5ème jour après la fécondation, sous 36 combinaisons de température et de salinité différentes.
(Tettelbach et Rhodes, 1981).

Salinité (ppt)	Température (°C)					
	10	15	20	25	30	35
10	0	0	0	0	0	0
15	0	0	6,1	49,17	30,43	0
20	0	7,97	50,1	97,54	94,38	0
25	6,73	25,6	60,72	100	91,04	0
30	9,49	25,49	53,04	98,36	91,5	0
35	8,73	18,85	38,37	74,57	63,44	0

Tab. VIII : Pourcentage relatif de croissance larvaire jusqu'à la fixation, sous 36 combinaisons de température et de salinité différentes.
(Tettelbach et Rhodes, 1981).

Salinité (ppt)	Température (°C)					
	10	15	20	25	30	35
10	0	0	0	0	0	0
15	0	0	26,42	70,5	32,33	0
20	0	22,72	63,38	95,79	79,92	0
25	5,56	34,79	70,58	97,94	86,21	0
30	5,51	35,66	68,96	100	92,7	0
35	5,43	24,78	57,65	89,63	91,17	0

RQ: Les pourcentages relatifs sont calculés par rapport au résultat maximum obtenu à partir d'une culture témoin.

* La survie larvaire supporte des écarts plus importants. Elle est supérieure à 70% dans de nombreux cas, sauf quand la température dépasse 35°C ou quand la salinité est inférieure à 10‰. La survie optimale se produit pour une température de 18°C et une salinité de 28‰.

* La croissance optimale est obtenue pour une température élevée (24°C) et une salinité moyenne (27‰). Alors que l'action conjointe des deux facteurs existe toujours, il semble quand même que pour la croissance, la température soit le facteur déterminant.

* Entre 18 et 21°C, la métamorphose commence entre 12 et 13 jours d'élevage. A 22-23°C, elle commence au bout de 10 jours. A 28°C, elle commence au bout de 8 jours.

Ces résultats sont fondamentaux à considérer en élevage, puisqu'il est nécessaire de se positionner dans des conditions optimales afin de rentabiliser au maximum l'opération. On considère que la croissance est le premier facteur à prendre en compte, dans la mesure où la survie est moins exigeante, et c'est donc sur les valeurs Température-Salinité de croissance optimale que l'on se basera.

3.2.1.6/ Turbidité

La turbidité se définit par l'augmentation du taux de particules en suspension dans l'eau. Comme pour tous les animaux filtreurs, une turbidité excessive est néfaste pour le pétoncle de baie.

Dans les conditions expérimentales, on voit que le taux de filtration est inversement proportionnel à la turbidité. A une turbidité de 0,5 g de particules/litre, le taux de filtration ne représente que 35‰ de celui du lot témoin (Stone et Palmer 1973). Cela laisse à penser qu'à long terme, une turbidité élevée risque d'interférer avec les processus normaux de croissance et de reproduction.

3.2.1.7/ Courant

Le courant agit sur l'animal de deux façons différentes :

- par ses effets, il est responsable des déplacements passifs des

animaux au gré des marées. Les adultes peuvent se déplacer activement. Néanmoins, Peterson *et al* (1982) ont montré que ce n'est qu'en cas de fuite que cette fonction est utilisée par l'animal. Le courant intervient aussi dans la dissémination passive des larves par rapport à leur lieu d'origine. Ce phénomène concerne non seulement les jeunes larves au cours de leur phase de vie libre, mais aussi les post-larves fixées à des supports mobiles, comme par exemple des algues déracinées. Transportées au gré des courants, ces post-larves vont pouvoir parcourir des distances parfois très grandes (Belding, 1931 ; Orensanz, 1986).

- le courant intervient également dans la disponibilité en aliment, et donc sur la croissance. Quand le courant est très fort, les animaux sont incapables de se nourrir, du fait d'une inhibition de la filtration. Les travaux de Kirby-Smith (1972), consacrés à l'influence du courant sur la croissance, montrent que la croissance augmente quand le courant diminue. La croissance maximale a été obtenue pour le courant minimal testé, à savoir 0,21 cm/s. En présence d'un courant supérieur à 12 cm/s, la croissance s'arrête. De plus, l'indice de condition Volume du muscle/Longueur du coquillage est meilleur dans les zones où il y a peu de courant. Quand le courant est nul, la croissance cesse. Ceci s'explique dans la mesure où la vitesse de renouvellement d'eau conditionne le renouvellement des particules alimentaires, l'élimination des déchets, et l'apport d'oxygène.

Ainsi, dans la nature, selon le courant, la densité peut être variable. Cooper et Marshall (1963) ont relevé les densités à certains endroits de la rivière Niantic (Connecticut) :

- quand le courant est nul, la densité est de 3 à 5 animaux/m².
- quand il est de 4 à 20 cm/s, la densité est de 65 à 75 animaux/m².
- entre les deux, la densité est de 11 à 25 animaux/m².

Le courant, ou plutôt le renouvellement d'eau, conditionne la disponibilité alimentaire, et de ce fait la compétition intraspécifique. Mais l'on remarque aussi que même si les animaux sont placés dans un fort courant, ils sont toujours protégés. Ainsi, même si le courant est important, les animaux cachés dans les herbiers ne le subiront pas. Ceux placés à même le sable seront dans une dépression, protégés du fort courant au dessus d'eux, mais bénéficiant quand même d'un

renouvellement d'eau important.

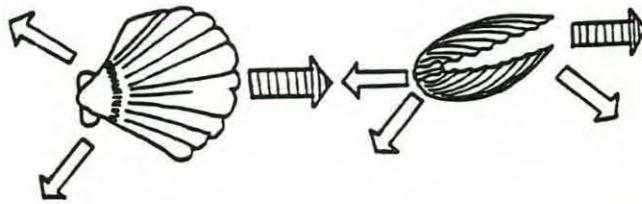
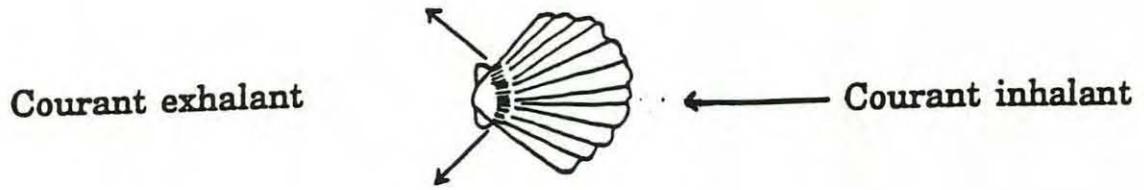
En élevage, plus que le courant, c'est le taux de renouvellement d'eau qui est important à prendre en considération. Rhodes et Widman (1981), parle de 200 litres/mn, dans des raceways de 10 m X 1,2m X 0,3 m, soit 3,3 renouvellements d'eau par heure.

3.2.2/ Vie de relation

3.2.2.1/ Locomotion et déplacement

Le pétoncle de baie semble conserver, sa vie durant, sa capacité de fixation par son byssus. Cependant il est assez rare de le voir fixé à l'âge adulte. Il s'agit d'un nageur actif, à toutes les tailles, qui utilise essentiellement la nage comme moyen de fuite face aux prédateurs (Peterson *et al*, 1982). Le pétoncle de baie se déplace en zig-zag, par hydropulsion. Il éjecte un jet d'eau puissant en claquant rapidement ses valves, ce qui l'entraîne dans le sens opposé au jet. A chaque claquement, il est soulevé de quelques centimètres et progresse parfois de plus d'un mètre. Puis les contractions du muscle adducteur cessent, et il retombe passivement au fond, en décrivant des mouvements de glissement latéraux (fig. 12).

Nage en avant



Nage en arrière

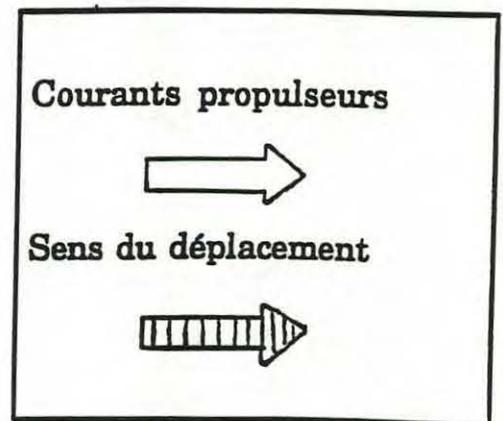
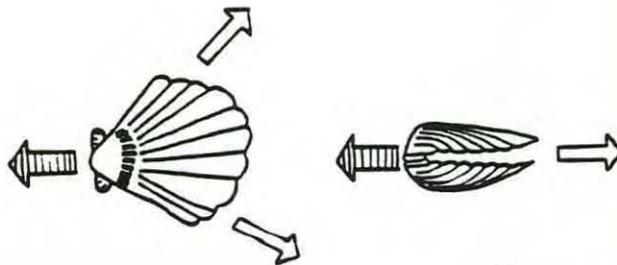


Fig. 12 : La nage chez la coquille Saint-Jacques (Le Prevost, 1980).

3.2.2.2/ Facteurs influençant la nage

- La probabilité de nage

* **L'âge** : un très jeune adulte, ou un adulte, auront beaucoup moins tendance à nager qu'un juvénile (15 à 35 mm). Ce sont les individus d'environ 25 mm qui sont les plus actifs. Ceux-ci se déplacent facilement lorsqu'on les frôle, où quand un prédateur s'approche un peu trop près. Cette mobilité s'explique dans la mesure où la compétition alimentaire est parfois très forte à cet âge (Tettelbach, 1990).

* **La nature du sol** : elle influence nettement la probabilité de nage et la distance parcourue. Ainsi, des pétoncles de baie posés sur du sable nu, vont avoir tendance à se déplacer vers les herbiers alentours. Par contre, les pétoncles de baie placés d'emblée sur les herbiers, dans les mêmes conditions, vont avoir tendance à rester sur place (Winter et Hamilton, 1985).

* **La présence d'un prédateur** : *Argopecten irradians* placé en présence d'un prédateur potentiel, réagit instantanément ; il se met aussitôt à claquer rapidement des valves ce qui entraîne un déplacement et un repositionnement de l'animal. On note que l'intensité de la réponse est proportionnelle à l'intensité réelle de la prédation. Ainsi, en présence de *Luidia clathrata*, une étoile de mer qui s'alimente essentiellement à partir de la macrofaune (bivalve, etc), la réponse est immédiate et importante. Par contre, au contact d'*Echinaster sp*, étoile de mer se nourrissant essentiellement de débris de matière organique, *Argopecten irradians* ne se déplace que très peu (Winter et Hamilton, 1985). Le mécanisme de reconnaissance repose aussi bien sur le contact que sur des stimuli chimiques (mucus, etc). Lorsque l'on injecte dans la cavité palléale un broyat de *Luidia*, *Argopecten irradians* réagit aussi rapidement qu'à son contact. On n'observe pas de réponse à l'injection d'un extrait d'*Echinaster* (Gutsell, 1930).

Le pétoncle de baie serait donc capable de faire une distinction entre un prédateur et un animal inoffensif ou presque.

Les substances en cause seraient des agents de surface analogues aux saponines (Mackie *et al*, 1968).

* **La densité** : les travaux de Peterson (1982) montrent que même en cas de forte densité impliquant une compétition intraspécifique importante, le pétoncle de baie n'utilise pas la nage.

* **La température** : mis en présence du même prédateur, le pétoncle a besoin de moins de temps pour répondre à une température fraîche (12°C) qu'à une température élevée (20°C). Une fois initiée, la réponse de fuite est la même et ne dépend plus de la température (Ordzie et Garofalo, 1980).

* **La salinité** : de nombreux travaux (Belding, 1910 ; Gutsell, 1930 ; Sastry, 1961 ; Feder, 1972) présentent les réactions de fuite du pétoncle de baie face à un milieu défavorable, à la suite de modifications chimiques, mécaniques ou thermiques. Il semble qu'une diminution importante de salinité n'entraîne pas de mouvement de fuite des individus. Une adjonction importante d'eau douce déclenche une série de claquements brusques des valves, toutefois insuffisants pour rompre le byssus, ou permettre à l'animal de se déplacer, s'il est libre. Si la salinité se maintient à un niveau faible, l'animal cesse alors toute activité et se rétracte dans sa coquille (Sastry, 1961).

- La distance parcourue

* **la fréquence de stimulation** : les travaux de Winter et Hamilton (1985) mettent clairement en évidence que des stimulations rapprochées, sans période de repos, affectent le déplacement car à la deuxième stimulation, l'individu ne bouge pas. Au fur et à mesure que le temps de repos augmente, la réponse augmente, et à $T_0 + 90$ secondes, tous les pétoncles de baie sont capables de réagir. La distance parcourue reste de toutes façons moindre.

* **Le poids** : si l'on ne possède que très peu de données concernant la distance parcourue, on sait cependant qu'elle est inversement proportionnelle au poids de l'animal. Ainsi un adulte recouvert

d'épibiontes sera beaucoup plus lourd et se déplacera moins loin (Winter et Hamilton, 1985).

- La direction

L'idée selon laquelle les déplacements seraient orientés est assez controversée. Moore et Marshall (1967) concluent qu'il s'agit d'un phénomène aléatoire, orienté essentiellement par les courants marins. Il s'ensuit que les gisements se développent sur les lieux même, ou à peu de distance des secteurs favorables à la fixation. Par contre, Winter et Hamilton (1985), montrent que face à un prédateur, le pétoncle fuit, et se dirige dans la direction opposée.

3.2.2.3/ Vie sociale

La vie sociale des populations de pétoncles de baie est très limitée. Le phénomène d'agrégation est pourtant fréquemment rencontré (Broom, 1976), et son importance n'est pas négligeable dans le contexte de l'élevage car l'augmentation locale de la densité des coquillages nuit considérablement à leur croissance.

3.2.2.4/ Compétiteurs

- Compétition interspécifique

Argopecten irradians entre en compétition avec les animaux qui utilisent la même ressource trophique que lui. Si l'on considère que l'essentiel de son alimentation se compose de phytoplancton, *Argopecten irradians* entre en compétition avec le zooplancton, et d'autres bivalves. L'épifaune incrustée à la surface des valves des animaux âgés, ainsi que les commensaux peuplant sa cavité palléale comme le "pea crab" (*Pinnotheres maculatus*), sont des compétiteurs potentiels. *Argopecten irradians* est aussi en compétition avec les autres espèces benthiques suspensivores qui mènent une vie sédentaire sur un sol pouvant leur convenir.

- Compétition intraspécifique

Argopecten irradians, animal grégaire, se rencontre dans la nature à des densités parfois très élevées. Les conséquences sont évidentes sur la disponibilité des aliments, et sur l'accumulation des métabolites. La compétition intraspécifique a été prouvée par Cooper et Marshall (1963) qui ont mesuré des animaux provenant de deux gisements naturels. Dans le premier cas, où la densité frôlait les 75 animaux/m², les animaux étaient plus petits, plus légers que dans le deuxième où les animaux, moins denses, n'étaient pas plus de 3 à 5/m².

Il est évident, et cela sera revu par la suite, que de tels résultats sont importants à prendre en compte en situation d'élevage.

3.2.2.5/ Prédateurs

Dans la littérature, on évoque de nombreuses espèces susceptibles d'être prédatrices du pétoncle. Parmi celles-ci, on retrouve :

Prédateurs		Prédateurs potentiels	
Crabes	<i>Cancer borealis</i> <i>Cancer irroratus</i>	Tautogue noir	<i>Tautoga onitis</i>
Crabe vert	<i>Carcinus maenus</i>	Plie	<i>Winter flounder</i>
crabe bleu	<i>Callinectes sapidus</i>	Cardeau	<i>Paralichthys dentatus</i>
Homard	<i>Homarus americanus</i>	Tanche tautogue	<i>Tautogolabrus adspersus</i>
Bernard l'hermite	<i>Pagurus longicarpus</i>	Araignée	<i>Spider crab</i>
	<i>Pagurus pollicarpus</i>	Anguille d'Amérique	<i>American eel</i>
Bigorneau perceur	<i>Urosalpinx cinerea</i>	Eclair	<i>Busycon contrarium</i>
	<i>Euplera caudata</i>	Lambis	<i>Busycon canaliculatum</i>
Etoile de mer	<i>Asterias forbesi</i>		

Tab. IX : Prédateurs et prédateurs potentiels d'*Argopecten irradians* (Morgan et al, 1980).

* *Les étoiles de mer* (*Asterias forbesii*, *Marthasterias sp* et *Luidia clathrata*). Elles sont considérées comme étant les ennemies principales

des jeunes et des adultes. On ne les rencontre que dans des eaux relativement profondes. Les pétoncles utilisent la nage pour fuir leur présence et en général, les étoiles de mer ne causent pas de gros dégâts (Russel, 1973).

* **Les oiseaux de mer**, les canards parfois, mais surtout les mouettes et les goélands, sont réputés pour être des prédateurs importants du pétoncle, lors de marées très basses. Gutsell (1930) rapporte la destruction presque complète d'un gisement de pétoncles par un groupe de goélands argentés. Lorsque la mer est basse et le fond assez découvert, les oiseaux les attrapent et les laissent tomber sur la plage pour briser les coquilles. Ensuite, ils les mangent.

Ces marées très basses ne se produisent que rarement, si bien que la prédation par les oiseaux de mer reste faible. Il est à noter qu'en cas de très grande marée, le pétoncle est aussi exposé aux risques de dessiccation et de gel éventuels.

* **Les bigorneaux perceurs** (*Urosalpinx cinerea* et *Euplera caudata*). Il s'agit de petits gastéropodes, prédateurs réputés chez l'huître et chez la moule. On les rencontre très fréquemment sur les gisements de pétoncles (Gutsell, 1930; Belding, 1910). Parfois la densité est très forte et Russel (1973) rapporte la présence d'au moins trois bigorneaux perceurs par pétoncle, à Brightman Pond (Rhode Island). La mortalité associée est par contre très faible. Le nombre élevé de perforations incomplètes laisse à penser que le pétoncle est capable de se débarrasser d'*Urosalpinx*, avant que celui-ci ait entièrement percé la coquille. Ordzie (1980) suggère que de simples battements vigoureux des valves suffisent à les détacher. Le perceur qui se déplace lentement est alors incapable de suivre le pétoncle, nageur actif et rapide (Gutsell, 1930). Les travaux d'Ordzie (1980) ont cependant permis de mettre en évidence l'attraction d'*Urosalpinx* pour les effluents du pétoncle.

* **Le crabe vert** (*Carcinus maenas*) et **le crabe bleu** (*Callinectes sapidus*) sont aussi à l'origine d'une prédation. Selon Marshall (1960), le crabe vert est l'un des prédateurs les plus dangereux pour *Argopecten irradians*.

* *Les autres* : en plus de l'homme, quelques espèces sont citées : le homard (*Homarus americanus*) consomme des individus pouvant mesurer jusqu'à 5 cm.

On parle aussi de certaines espèces de poissons, et de deux espèces de bernard l'hermite (*Pagurus longicarpus* et *Pagurus pollicarpus*). Ils se limitent à des proies de taille inférieure à 15 mm (Morgan *et al*, 1980). Les larves de pétoncle sont des proies faciles pour les nombreux animaux se nourrissant de plancton. Dans tous les cas, la destruction des formes larvaires est quantitativement très supérieure à celle des jeunes ou des adultes.

3.3/ Reproduction

3.3.1/ Maturation des gonades

Selon Sastry (1963) le développement des gonades peut se scinder en six stades.

Les stades 1 à 3 correspondent à un animal immature.

Le stade 4 est le stade mature.

Les stades 5 et 6 correspondent à la libération des gamètes.

- Au stade 1, la gonade est petite et transparente. Au niveau histologique, seules des protogonies sont visibles.

- Au stade 2, la taille de la gonade augmente. Elle est translucide. Il est encore impossible de distinguer la partie femelle de la partie mâle, mais au microscope, on trouve des ovogonies et des spermatogonies.

- Au stade 3, la taille augmente encore. On distingue la partie mâle, blanche et proximale, de la partie distale femelle, orange pâle.

Quelques spermatozoïdes sont déjà présents, les ovocytes sont nombreux.

- Au stade 4, stade mature, la gonade est considérablement développée. Le testicule est de couleur crème, tandis que l'ovaire est orange vif. Une ligne noire délimite les deux portions. La membrane sombre qui recouvrait jusqu'alors la surface de la gonade disparaît.

A l'examen microscopique, des spermatozoïdes mobiles sont visibles, ainsi que des gamètes femelles matures.

- La majorité des gamètes est émise entre le stade 4 et 5. Il persiste

encore quelques produits génitaux, et la gonade conserve ses couleurs.

- Au stade 6, tous les gamètes sont émis. La gonade est uniformément marron clair, sans aucune distinction mâle ou femelle. Elle est rétractée, flasque.

L'utilisation énergétique, et les transformations biochimiques associées à l'ovogénèse ont été étudiées par Barber et Blake pendant de nombreuses années (1981, 1985, 1986). L'ovogénèse est en effet un phénomène extrêmement coûteux en énergie. Celle-ci provient en partie de la disponibilité en nourriture dans le milieu extérieur, et en partie des réserves accumulées par l'animal. Le muscle adducteur et la glande digestive sont les deux principaux organes de réserve (fig. 13).

La gamétogénèse s'étale sur 4 à 6 mois.

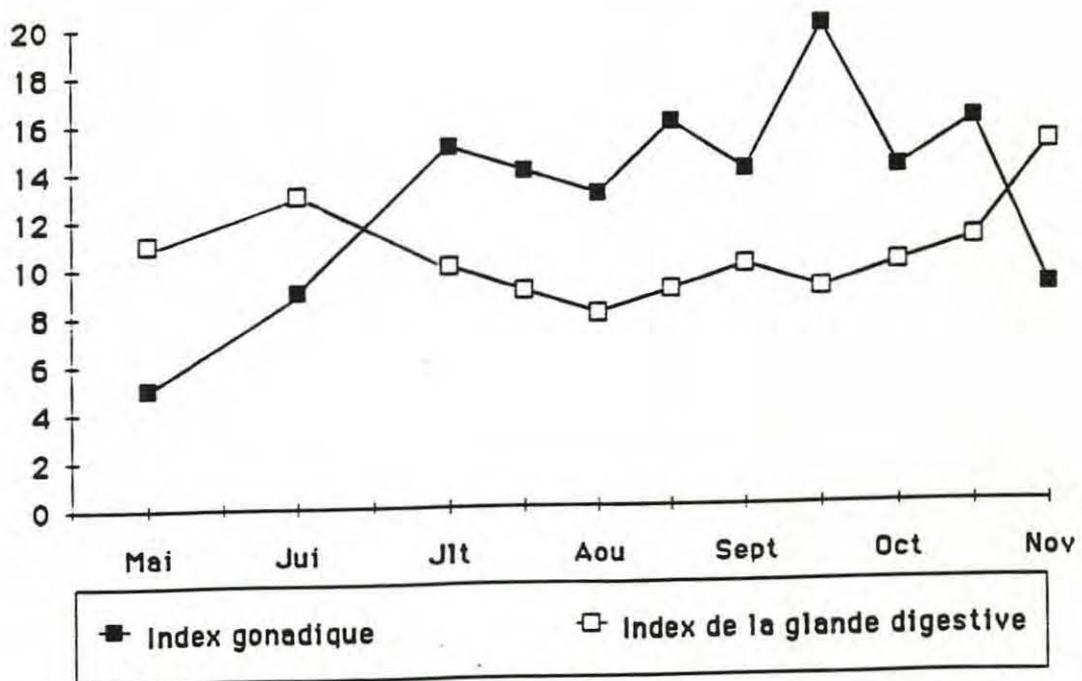


Fig. 13 : Variations des index corporels au cours de la période de reproduction (d'après Sastry, 1966).

3.3.2/ Déterminisme du cycle

Les travaux de Blake et Yevich (1972) ont permis de mettre en évidence une évolution synchrone entre le cycle neurosécréteur et le cycle

de reproduction. Au début de l'hiver, au moment où l'épithélium germinatif prolifère, les cellules neurosécrétrices des ganglions cérébraux et viscéraux augmentent de volume et changent d'aspect.

A chaque stade du cycle de reproduction (initiation de la gamétogénèse, maturation, ponte) des changements se produisent. Le déterminisme est complexe car de nombreux facteurs entrent en ligne de compte : la température, la nourriture disponible, l'âge, la taille, etc. Mais cette explication neuroendocrinienne permet de mieux comprendre l'extrême synchronicité des cycles gamétogénétiques, et des périodes de ponte, à l'échelle d'une population entière.

La température est un élément fondamental qui autorise ou non l'activité sexuelle (fig. 14). Elle intervient à tous les niveaux du cycle : initiation de la gamétogénèse, maturation, déclenchement de la ponte (Blake et Sastry, 1978).

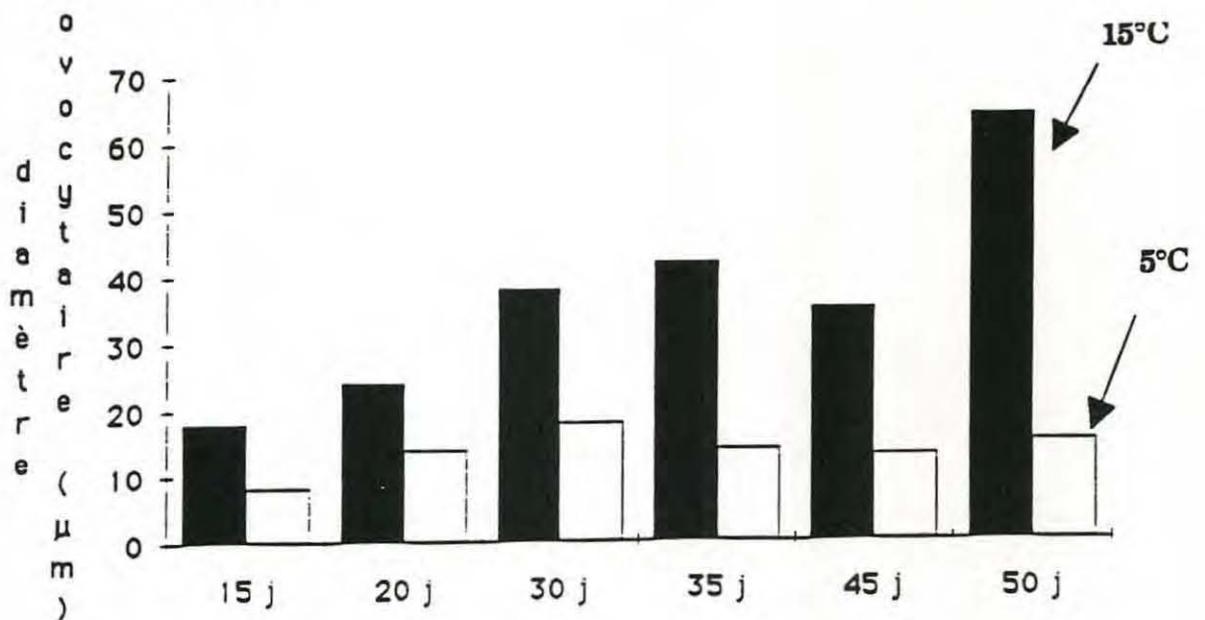


Fig. 14 : Evolution du diamètre ovocytaire en fonction de la température (d'après Sastry et Blake, 1971).

Les effets de la température doivent être reliés à l'état d'alimentation de l'animal. Quelle que soit la température, un animal

affamé ne réussira jamais à débiter un cycle (Sastry, 1968). Une teneur minimale en glycogène dans les gonades semble être préalablement nécessaire. Une fois ce seuil atteint, la maturation et la ponte pourront avoir lieu, même si à ce moment l'alimentation disponible dans le milieu est insuffisante. La croissance des gonades coïncide en fait avec le pic de phytoplancton du début de l'été (Sastry, 1968).

L'âge et la taille interviennent aussi : les géniteurs sont des animaux âgés d'un an, mesurant au minimum 35 mm (Sastry, 1963).

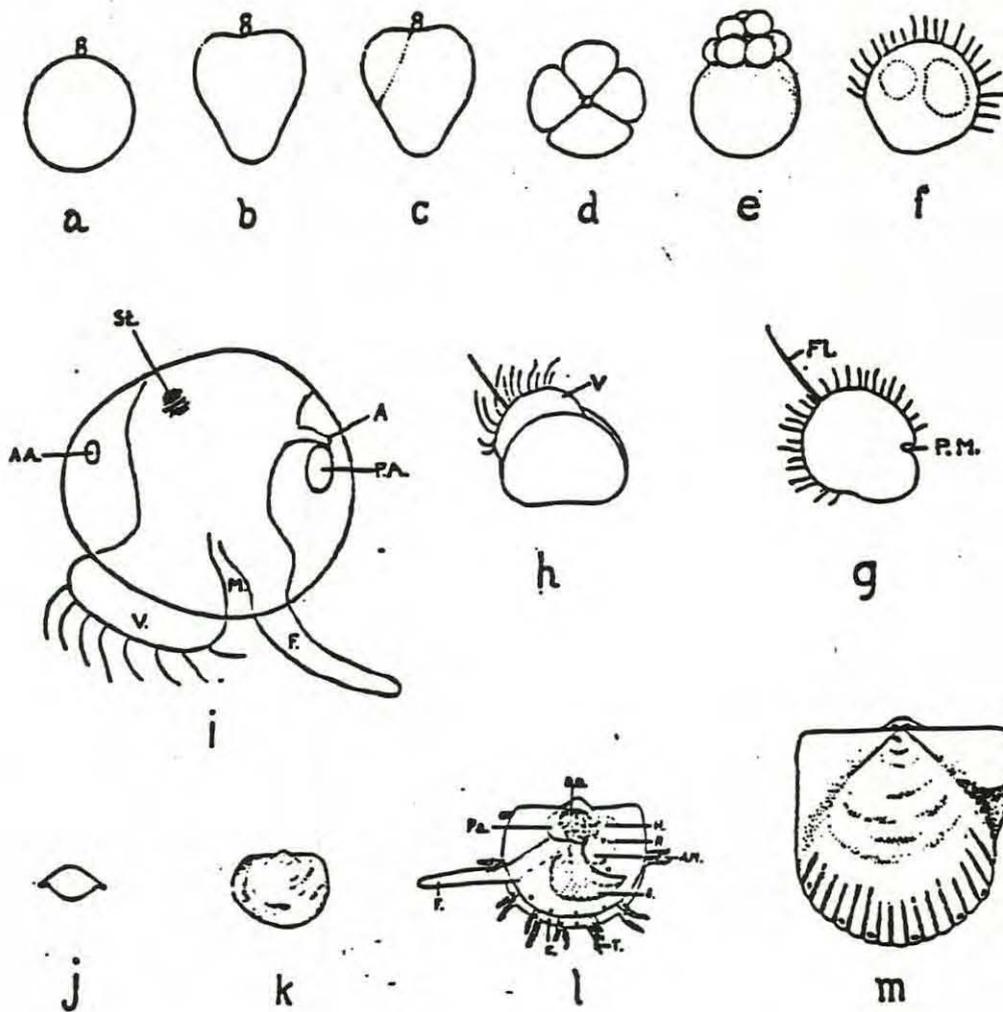
3.3.3/ Déroulement de la ponte

Le pédoncle de baie est un hermaphrodite fonctionnel. Cela signifie que les produits génitaux mâle et femelle sont mûrs en même temps. Les oeufs et le sperme passent par un canal commun, traversent les reins par les orifices urogénitaux, avant d'être rejetés dans le courant exhalant. Les deux types de produits génitaux sont très rarement émis en même temps, ce qui limite considérablement l'autofécondation. En général, le sperme est émis le premier, suivi par les ovocytes. A chaque ponte, *Argopecten irradians* émet environ 2 000 000 ovocytes.

Réalisée en laboratoire, l'autofécondation aboutit à une génération F1 apparemment normale. Les générations suivantes montrent par contre un faible taux de survie et beaucoup d'animaux anormaux (Castagna, 1975).

3.3.4/ Fécondation et développement de la larve

La fécondation et le développement de l'oeuf se font en eau libre. L'oeuf subit une segmentation totale, inégale, de type spirale. Les étapes classiques du développement embryonnaire sont accomplies : blastula, gastrula ciliée, larve trochophore qui marque la fin du développement embryonnaire (fig. 15 et 16).



a et b : émission des globules polaires - c : premier clivage - d : stade 4 cellules - e : stade 8 cellules - f : gastrula - g : larve trochophore - h : larve véligère ou prodissoconque - i : larve pédivéligère - j : coupe longitudinale d'une jeune post-larve (0,22 mm) - k : à 0,54 mm - l : à 1,2 mm - m : à 1,6 mm. Présence de dents, de l'encoche du byssus, et des côtes radiales.

Structures : A-anus, F-pied, A.A.-muscle adducteur antérieur, M-bouche, P.A.-muscle adducteur postérieur, V-velum, St-estomac, Fl-flagelle, P.M.-bouche primitive.

Fig. 15 : Schémas des premiers stades larvaires chez les pectinidés (d'après Gutsell, 1930).

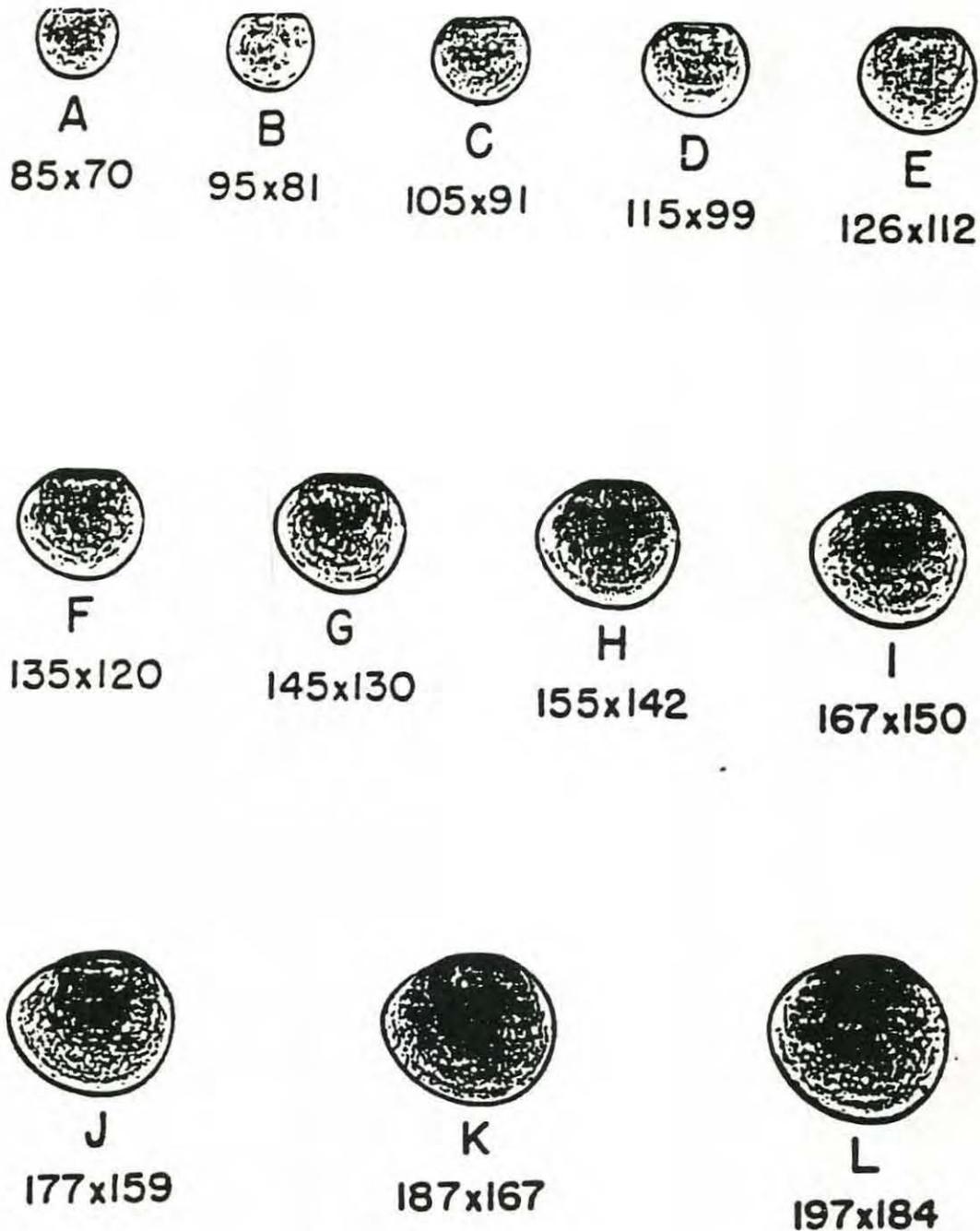


Fig. 16 : Photographies de larves d'*Argopecten irradians* à différents stades de développement, de la larve D à la métamorphose.

Le premier chiffre indique la longueur de la larve, et le deuxième, la largeur (en µm).

(D'après Loosanoff et al, 1966).

Le stade trochophore est obtenu en environ 24 heures. La larve sécrète une coquille, et se transforme progressivement en larve véligère qui, mesure en moyenne 101 μm , quand la coquille est entièrement formée, environ 48 heures après la fécondation. A ce stade, la nourriture est collectée par les cils du velum.

Au troisième jour du stade véligère, la larve mesure 122 μm . Elle atteint alors le stade de larve protodissoconque. A ce moment, le pied se développe notablement : c'est le stade pédivéligère.

Suit alors une courte période pendant laquelle la larve se déplace alternativement grâce à son pied et à la nage, juste avant la métamorphose. La fixation et la métamorphose ont lieu aux environs du treizième jour, quand la larve mesure près de 190 μm .

La métamorphose marque la disparition du velum, le développement du pied, des branchies, et de la dissoconque ou coquille de l'adulte.

On connaît assez mal les lieux de fixation privilégiés. Alors que *Zostera marina* semble être le support le plus fréquemment rencontré, on trouve aussi des post-larves et des juvéniles sur des macroalgues (Rhodophycées ou Chlorophycées). On les retrouve aussi en quantité non négligeable fixées à la surface de coquilles d'huîtres, ou de débris divers (Marshall, 1960). La fixation des larves sur des plantes déracinées est importante à prendre en compte dans le phénomène de dissémination des larves (Tettelbach, 1990).

Après la fixation, la croissance est très rapide. A 29 jours, les côtes radiales sont déjà visibles, et à 37 jours, la larve mesure déjà en moyenne 1,8 mm. La croissance du juvénile se ralentit par la suite.

3.3.5/ Variations du cycle

L'**effet de population** est très important chez les lamellibranches, et le comportement d'un banc est le plus souvent très homogène. Cependant,

selon la localisation des bivalves (profondeur, lumière, etc) des variations existent. En règle générale, les individus les plus âgés sont prêts à émettre leurs gamètes les premiers, les animaux les plus jeunes les imitant à contre temps (Le Treut, 1986).

De même, la **latitude** (fig. 17) a une influence sur le cycle reproducteur. Dans le Massachusetts, la ponte a lieu entre le 15 Juin et le 15 Août, quand la température est de l'ordre de 18°C (Gutsell, 1930; Belding 1931). A Rhode Island, elle se produit entre le 8 Juin et le 19 Août, quand la température est de 21°C, tandis que dans le Connecticut, elle se réalise en Juin et Juillet, quand la température avoisine les 25°C (Marshall, 1947).

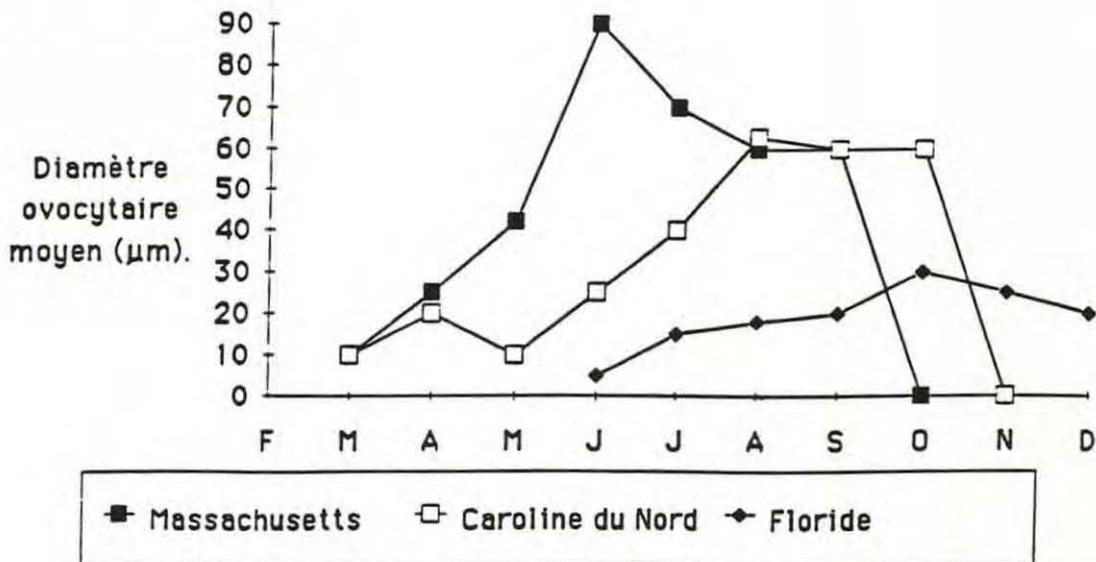


Fig. 17 : Cycle gamétogénétique d'*Argopecten irradians* en fonction de la latitude (Barber et Blake, 1983).

Il existe aussi un décalage dans le déroulement des cycles. Alors que la durée des cycles reste la même, la croissance gonadique s'étale d'Avril à Juillet à Woods Hole - Massachusetts - et de Juin à Septembre à Beaufort - Caroline du Nord - (Sastry, 1970). Ceci s'explique par la température de l'eau qui n'est pas la même au Nord qu'au Sud, ainsi que par le pic phytoplanctonique. Il se produit à la fin de l'hiver et pendant le printemps au Nord (Yentsh, 1963) alors qu'il est estival à Beaufort (Williams et Murdoch, 1966).

Le déplacement de la période de reproduction est une réponse adaptative des populations aux variations climatiques et alimentaires d'une région à une autre.

Gutsell (1930) a mis en évidence que dans la localisation la plus au Nord (Massachusetts), la ponte a lieu au début de l'été, alors que la température de l'eau augmente encore. Il semblerait qu'il existe une valeur seuil au-delà de laquelle la ponte se réalise. Celle-ci est de 18°C. Sastry (1963) montre que, par contre, le pétoncle de Floride pond, alors que la température de l'eau décline, après le pic estival. De plus, la température requise par les populations du Sud, pour qu'il y ait maturation et ponte, est plus élevée que celle requise pour les populations du Nord.

En 1970, Sastry constate que la transplantation d'un stock d'une région à une autre peut entraîner un échec de la reproduction. Ceci indique qu'il existe très probablement des différences génétiques entre les populations du Nord (*Argopecten irradians irradians*) et celles du Sud (*Argopecten irradians concentricus*).

3.4/ Respiration et alimentation

Le fonctionnement des branchies intervient dans deux activités vitales pour l'animal : l'activité respiratoire et l'alimentation.

3.4.1/ Activité respiratoire

Le battement des cils branchiaux participe à la création et à l'entretien de courants respiratoires, permettant ainsi un renouvellement permanent d'eau. Au niveau des filaments branchiaux, la faible épaisseur des tissus permet les échanges gazeux entre l'eau et l'hémolymphe. Les échanges au niveau tégumentaire sont aussi importants.

3.4.2/ Filtration branchiale

Le battement des cils branchiaux contribue aussi au captage des particules alimentaires en suspension. La collecte des particules alimentaires se réalise grâce à l'action filtratrice des branchies. Les aliments sont retenus par un film de mucus branchial, et véhiculés tout le long des branchies. Ils pénètrent dans la cavité palléale à la faveur d'un courant engendré par les mouvements ciliaires. La sécrétion de ce mucus est proportionnelle à la concentration des particules en suspension.

Contrairement à de nombreux autres bivalves (l'huître en particulier), le pédoncle de baie présente une activité de pompage ininterrompue, dont la permanence ne serait affectée ni par la quantité de particules disponibles, ni par l'alternance jour-nuit (Kirby-Smith, 1970). La régulation de la nutrition se situerait plus haut, au niveau de l'ingestion puis de l'assimilation.

Le pédoncle de baie présente un taux de filtration élevé, à mettre en relation avec sa croissance rapide, et son mode de vie actif (Chipman et Hopkins, 1954).

Plusieurs paramètres sont susceptibles de modifier la motilité des cils branchiaux responsables du pompage. C'est en particulier le cas de la température, de la salinité, et du courant.

En ce qui concerne l'activité de filtration à proprement parler, de nombreux facteurs entrent en jeu. Nous retiendrons :

* **La concentration en particules alimentaires** : dans le cas d'un apport massif de phytoplancton, le pédoncle de baie pompe activement, à un rythme très supérieur à la moyenne, jusqu'à obtention d'un équilibre ; jusqu'à ce seuil, le taux de filtration est inversement proportionnel à la concentration cellulaire (fig. 18).

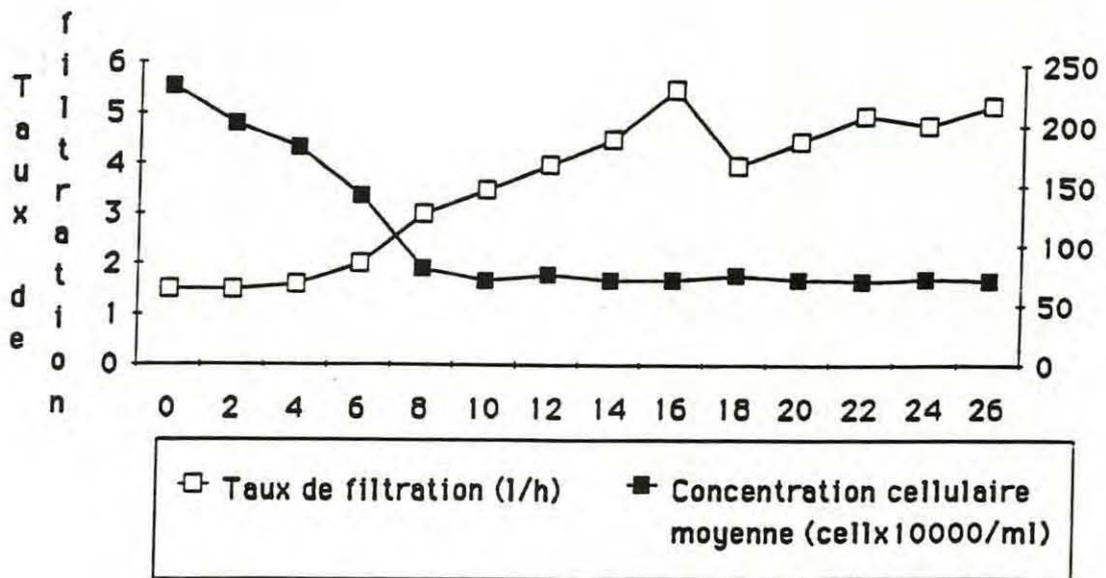


Fig. 18 : Régulation de la concentration cellulaire par modification du taux de filtration chez Argopecten irradians (Palmer, 1980).

La filtration massive s'accompagne d'un rejet de pseudofèces, aliments non ingérés, agglomérés en paquets par du mucus (Palmer, 1980). Ce phénomène est important pour les populations naturelles vivant à proximité des côtes et des estuaires : elles sont en effet sujettes aux blooms phytoplanctoniques et à l'apport massif de matières en suspension. La filtration active leur permet de clarifier leur milieu de vie. Il n'existe aucune donnée relative à l'envasement qui s'ensuit, cependant, il s'agit dans tous les cas d'un problème relatif à la gestion conchylicole proprement dite.

* **La taille des animaux** : Chipman et Hopkins (1954) ont étudié l'activité de filtration avec des algues radioactives marquées (P radioactif). De leur étude, il ressort que le taux de filtration varie en fonction de la taille de l'animal :

Animaux de 38 à 44 mm	3,26 l/h
Animaux > 60 mm	14,72 l/h
Maximum observé	25,4 l/h

Les petits animaux filtrent de l'ordre de 1 litre/heure/gramme de tissu, tandis que les gros filtrent en moyenne 0,7 litre/heure/gramme de tissu.

* **La taille des particules** : la taille des particules retenues est proportionnelle à la concentration algale dans le milieu. Palmer et Williams (1980) ont montré qu'à faible concentration, les particules de 3 et de 7 μm de diamètre sont retenues de la même manière. A forte concentration, seules les petites particules (2 à 4 μm) sont retenues. Ce phénomène s'accompagne d'une production de pseudofèces contenant les grosses particules. En ne sélectionnant ainsi qu'une faible part de l'alimentation disponible, l'animal contribue au contrôle et à la régulation du niveau de nourriture collecté pour l'ingestion.

Enfin, les travaux de Davis et Marshall (1961) ont permis de mettre en évidence que la **prise alimentaire** ne se réalisait pas au hasard. En effet, comme nous le verrons plus loin, le contenu stomacal d'*Argopecten irradians* est représenté par une prédominance de formes benthiques et tychopélagiques. Or, un prélèvement d'eau réalisé à la même hauteur, est essentiellement constitué de formes planctoniques. De là, les auteurs ont émis quatre hypothèses :

- le pédoncle de baie, par des mouvements de coquille et par de forts courants créés par les battements ciliaires, peut intercepter les particules alimentaires situées sur le fond.

- il est susceptible de consommer la flore microscopique qui pousse à la surface des valves. Souvent à ce niveau on trouve un dépôt de fèces ou de pseudofèces, en particulier des diatomées non digérées qui peuvent recirculer.

- la prise alimentaire peut évidemment se réaliser directement au niveau de l'ouverture du manteau, c'est-à-dire à 6 à 7 mm au dessus du fond.

- on peut enfin envisager une prise sélective des formes benthiques et tychopélagiques.

3.4.3/ Ingestion et digestion

Les particules alimentaires retenues par les branchies sont

orientées vers les palpes labiaux qui les rabattent vers la bouche. Les particules retenues dans l'amas muqueux, mais trop volumineuses, sont éliminées dans le courant exhalant.

Le bol alimentaire emprunte l'oesophage et gagne l'estomac. Sous l'action du stylet cristallin, les particules sont malaxées et les diastases sont libérées progressivement. A ce stade, la digestion est seulement ébauchée. Le matériel alimentaire serait alors conduit, grâce à de brusques contractions de l'estomac vers les diverticules stomacaux, où il subirait une digestion (Franc, 1960).

Les travaux de Burle et Kirby-Smith (1979) prouvent qu'à ce stade, il existe une sélectivité d'assimilation importante. Pour cela, les auteurs distribuent aux pétoncles une alimentation artificielle riche en protéines (comme dans leur alimentation naturelle). Malgré une ingestion élevée et apparemment normale, aucune croissance n'est visible, et au bout d'une période assez longue (15 jours), il y a même perte de poids. Cette expérience a permis de montrer que ingestion et assimilation peuvent varier parfois considérablement. Dans ce sens, Peirson (1983) met en évidence que si de nombreuses algues sont ingérées dans des proportions assez semblables (77,5 à 99%), il n'en est pas de même de leur assimilation (17,4 à 89,9%). Ceci s'explique de part leur variété de taille et de constitution (ex : paroi cellulaire).

Les fèces sont émis par l'anus dans la cavité palléale et rejetées avec le flux d'eau exhalant.

3.4.4/ Composition du bol alimentaire

Davis et Marshall (1961) ont étudié, à trois périodes de l'année (Mars, Juin, Septembre), la composition du contenu stomacal de 99 pétoncles. Leurs résultats mettent en évidence la prédominance des diatomées d'origine benthique.

Ces résultats ne prennent en considération que les diatomées et les microflagellés, mais pour l'auteur, il semble évident que les bactéries, la microflore fixée sur la coquille, les débris de matière organique, entrent

pour une large part dans l'alimentation du pétoncle de baie. Il faut cependant noter que l'analyse du contenu stomacal ne révèle que des espèces identifiables par leur squelette c'est-à-dire les diatomées. Les microflagellés représentant la plus grande partie de la biomasse phytoplanctonique ne sont même pas mentionnés.

En élevage, *Thalassiosira* - Diatomée - semble donner de bons résultats, mais aussi *Dunaliella* - Chlorophycée - (Peirson, 1983). De même en ce qui concerne l'alimentation larvaire, de nombreuses variétés de phytoplancton ont été essayées en éclosion. Parmi celles qui ont donné des résultats intéressants on retiendra les Chlorophycées (*Dunaliella tertiolecta*, *Nanochloris oculata*), les Chrysophycées (*Monochrysis lutheri*, *Isochrysis galbana*) et seulement une diatomée (*Phaeodactylum tricornutum*).

Dans tous les cas, une alimentation constituée d'un mélange de plusieurs espèces semble avoir un effet plus bénéfique sur la larve qu'une alimentation monoalgale.

Les essais à partir d'une alimentation artificielle n'ont donné aucun résultat concluant (Castagna, 1975 ; Burle et Kirby-Smith, 1979). La production de phytoplancton n'étant pas constante tout au long de l'année, il semble évident que l'alimentation de l'animal subit une évolution saisonnière. La plus grande part de l'alimentation vient des particules trouvées dans la couche d'eau juste au dessus du fond. Dans les estuaires, les courants permettent un renouvellement permanent de la matière organique, et maintiennent le phytoplancton et les débris organiques en suspension.

3.5/ Métabolisme

Le métabolisme des bivalves se mesure par la consommation d'oxygène (VO_2). Il est influencé par de nombreux facteurs. Parmi les principaux, nous retiendrons la température de l'eau, la taille des animaux, la concentration en particules alimentaires, l'état physiologique des individus. Selon l'équation $VO_2 = aW^b$ la relation entre le poids de l'animal et la consommation en oxygène a été déterminée pour différents

pectinidés. Le coefficient b obtenu, varie de 0,486 à 0,986, soit une moyenne de 0,76. Il est de 0,733 pour le pétoncle de baie (Bricelj, 1987). Cette valeur est très proche de celle considérée pour les bivalves : 0,727 (Bayne et Newell, 1983), et de celle de 0,75 obtenue pour les poekilothermes en général (Hemminngsen, 1960).

3.6/ Croissance

3.6.1/ Données générales sur la croissance

Le pétoncle de baie présente un taux de croissance très rapide par rapport aux autres pectinidés, puisqu'il atteint toujours la taille marchande (50 mm), en moins de deux ans, mais en seulement :

- 12 à 17 mois dans le Massachusetts (Belding, 1931)
- 7 à 10 mois en Caroline du Nord, où les eaux sont plus chaudes (Gutsell, 1930 ; Russel, 1971) (fig. 19).

Le pétoncle peut atteindre la taille de 95 mm, mais la taille moyenne ne dépasse généralement pas 60 à 70 mm (Robert, 1978).



Fig. 19 : Croissance du pétoncle de baie rapportée par 4 auteurs.

Le taux de croissance suit un cycle annuel, fortement corrélé avec la disponibilité en phytoplancton et la température des eaux. Tettelbach (1990), d'après une étude menée d'Avril 1983 à Décembre 1984, dans le Connecticut constate que :

- De Juillet à Novembre, la croissance est de 10 mm/mois.
- De Novembre à Décembre, elle est de 2 à 3 mm/mois.
- De Décembre à Mai, elle est nulle.
- De Mai à Juillet, elle est de 4 mm/mois.

3.6.2/ Facteurs influençant la croissance

Dans les conditions optimales, la croissance journalière peut atteindre 0,4 mm, en moyenne. De très nombreux facteurs sont susceptibles de l'influencer. Parmi ceux-ci, on retiendra :

* **l'alimentation** : comme nous l'avons déjà vu dans le chapitre consacré à l'alimentation, une nourriture mal adaptée est susceptible de stopper la croissance, purement et simplement (Burle et Kirby-Smith, 1979).

Epifanio (1976) met en évidence qu'une alimentation naturelle ne contenant pas les algues nécessaires à la croissance du pétoncle de baie, tout au moins pas en quantité suffisante, est capable d'entraîner, en 22 semaines d'élevage, un arrêt de la croissance, puis une déformation de la coquille, enfin, une mortalité.

* **les dépenses métaboliques** : en période de ponte, la croissance corporelle se ralentit, et toute l'énergie est détournée au profit de la croissance gonadique.

* **la température** : le taux de croissance augmente quand la production primaire augmente. Or, la biodisponibilité en phytoplancton est avant tout fonction de la photopériode, mais aussi de la température des eaux (fig. 20).

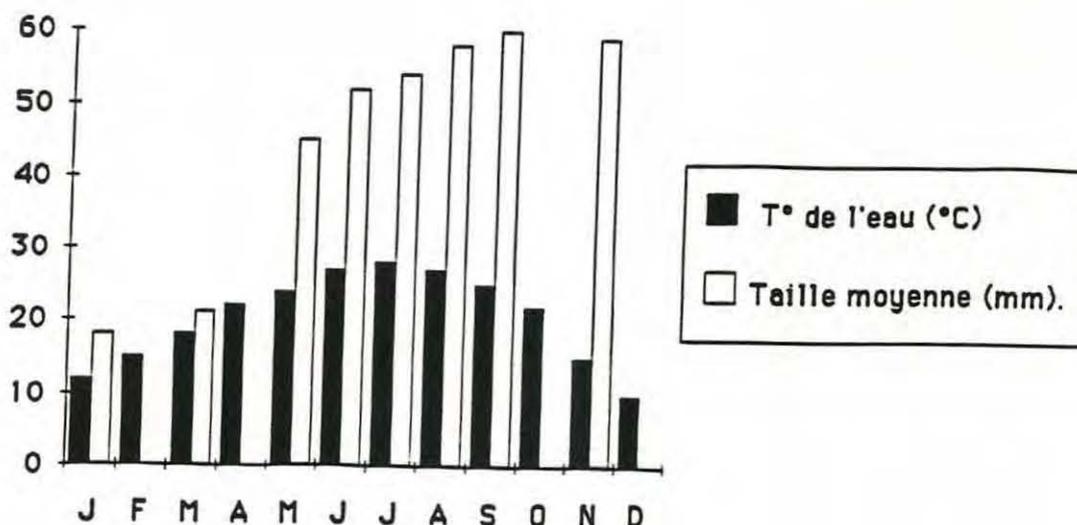


Fig. 20 : Taille moyenne d'Argopecten irradians et température de l'eau à Anclote Estuary (USA) (Barber et Blake, 1983).

On remarque, dans tous les cas, que le taux de croissance élevé, ainsi que le développement gonadique, suivent de très près l'augmentation des températures, et la production de phytoplancton (Sastry, 1966). On note ainsi un décalage dans les courbes de croissance et dans celles de reproduction selon la latitude (Sastry, 1963).

* **le courant** : la croissance augmente quand le courant diminue, à condition que celui-ci ne soit pas nul (Kirby-Smith, 1972).

* **l'alternance jour / nuit** : le pétoncle de baie présente une croissance diurne marquée (Wrenn, 1972). Elle est maximale l'après-midi, et semble plus liée à un rythme endogène, qu'à un photopériodisme (Dodd, 1969 ; Wheeler *et al*, 1975).

* **la densité** : c'est un facteur à prendre bien évidemment en compte en élevage (Rhodes *et al*, 1981) mais l'incidence de la densité a aussi été démontrée sur les stocks naturels (Marshall, 1960).

4/ PATHOLOGIE.

Le pétoncle de baie présente relativement peu de maladies, et leurs effets sont moindres que ceux infligés à d'autres bivalves comme par exemple l'huître (Robert, 1978). Les parasites sont assez fréquemment décrits dans la littérature. Ils touchent les jeunes et les adultes. Il n'existe par contre que très peu d'éléments en ce qui concerne les bactérioses, viroses ou mycoses. Celles-ci semblent toucher indifféremment les larves, les jeunes et les adultes.

Gutsell (1930) a évoqué l'éventualité d'une parasitose abrégant la durée de vie des pétoncles du Massachusetts. En effet, Belding (1910), rapporte qu'*Argopecten irradians irradians* meurt généralement vers l'âge de 22 mois, alors qu'il est en pleine maturation gonadique. La mort semble donc frapper brutalement des animaux apparemment sains et non pas être la conséquence d'un phénomène naturel de sénescence. Après avoir analysé des pétoncles âgés de 22 mois en provenance des Massachusetts, Gutsell n'a mis en évidence aucun parasite, et ne peut donc conclure. Aucune autre donnée ne va permettre de confirmer ou d'infirmier cette hypothèse.

Zhang (1989), dans son article consacré à la réussite de l'élevage d'*Argopecten irradians* en Chine, fait allusion à une maladie touchant le naissain : la "velum desintegrating disease of larva", mais il n'en donne pas la description. On sait seulement qu'elle contribue à la pénurie de naissain dans ce pays.

4.1/ Les virus

Il est difficile de discuter des maladies virales des pectinidés puisque l'on n'a encore jamais confirmé l'identité virale des agents mis en cause. Avec le développement imminent des cultures cellulaires d'invertébrés marins, on devrait bientôt mieux connaître les virus de ces organismes (Sindermann, 1970), des pectinidés en particulier.

4.2/ Les bactéries

La plupart des bactéries marines ne sont pas dangereuses pour les bivalves adultes, à moins qu'elles ne soient présentes en densité très élevée. Du fait de leur activité de filtration, les bivalves sont capables d'accumuler de très fortes concentrations de microorganismes, provenant de leur environnement immédiat.

Le rôle des bactéries en tant qu'organismes pathogènes est relativement mal cerné. Des espèces telles que certains pseudomonas ou vibrions peuvent très bien être des constituants habituels du tractus digestif. La très grande majorité des bactéries associées aux organismes marins sont Gram -.

Leibovitz *et al* (1984) ont répertorié trois maladies bactériennes chez *Argopecten irradians* dont une vibriose et une maladie bactérienne nécrosante.

Les connaissances sur cette dernière sont réduites. Elle aurait pour étiologie plusieurs vibrions, cinq selon Tubiash *et al* (1970). La mauvaise hygiène de l'élevage serait le premier facteur favorisant à prendre en compte. Une infestation expérimentale montre, 4 à 5 heures après l'innoculation, une réduction nette de la motilité des larves, et une extension accrue de leur pied. 8 heures après, la mortalité s'installe. Un examen microscopique révèle une invasion de tous les tissus larvaires par des bactéries. En cas d'infestation massive, la mortalité peut atteindre 100% en 18 heures. Dans les expériences menées en laboratoire, les larves s'avèrent être toujours plus sensibles que les adultes (Lauckner, 1983). Castagna (1975) signale que le traitement consiste en une adjonction d'antibiotiques à large spectre, ou de streptomycine, à raison de 50 mg/l. Néanmoins, la meilleure méthode reste toujours de contrôler le mieux possible la qualité physico-chimique et biologique de l'eau, il conseille, comme dans toute éclosion, d'installer un filtre UV à l'arrivée d'eau dans l'élevage.

Les seuls articles faisant référence à l'observation de bactéries chez les adultes sont ceux de Morrison et Shum (1982-1983). Au cours de la quarantaine à l'île du Prince Edouard, ils ont pu mettre en évidence, au

sein de plusieurs générations de pétoncles, la présence de rickettsies et de bactéries proches des chlamydias. Selon les auteurs, la contamination ne serait pas postérieure à l'introduction, il s'agirait donc de bactéries introduites en même temps que les pétoncles. Les rickettsies ont été observées dans le rein, tandis que les chlamydias ont été localisées dans les diverticules digestifs. Des bactéries du même ordre que les chlamydia ont déjà été décrites chez de nombreuses espèces de bivalves : *Mercenaria mercenaria*, *Mya arenaria*, *Crassostrea virginica* (Harshbarger, Chang et Otto, 1977; Otto, Harshberger et Chang, 1979; Meyers, 1979) sur la côte Est des Etats-unis ; *Tapes decussatus*, *Crassostrea gigas* et *Ostrea edulis* (Comps, 1980) en France. Des études menées par plusieurs laboratoires ont permis de conclure que les rickettsies n'avaient qu'un faible pouvoir pathogène, mais qu'elles joueraient plutôt en affaiblissant le mollusque, le rendant ainsi plus vulnérable.

4.3/ Les mycoses

Sirolopidium sp est responsable de la contamination fréquente des élevages larvaires d'*Argopecten irradians* sans toutefois provoquer de mortalité, dans la majorité des cas (Getchell, 1991).

4.4/ Les helminthes

Plusieurs espèces de trématodes et de cestodes sont susceptibles d'infester *Argopecten irradians* (fig. 21). Ainsi Cake (1976) décrit les différentes larves de cestodes rencontrées chez le pétoncle dans le golfe du Mexique. Celles ci sont répertoriées dans le tableau ci-dessous :

Cestode	Mollusque hôte	Localisation tissulaire	Localisation géographique	Remarques
Trypanorhyncha <i>Parachristianella</i> sp	<i>A. irradians concentricus</i>	Paroi intestinale	Floride	enkysté
Lecanicephalidea <i>Polypocephalus</i> sp	<i>A. irradians concentricus</i>	Glande digestive	Floride	enkysté
Lecanicephalidea <i>Tylocephalum</i> sp	<i>A. irradians concentricus</i>	Paroi intestinale	Floride	enkysté
Tetraphyllidea <i>Rhinebothrium</i> sp	<i>A. irradians concentricus</i>	Estomac et diverticule digestif	Floride	libre

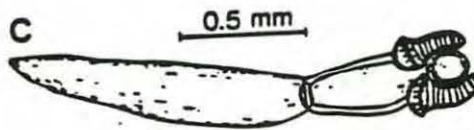
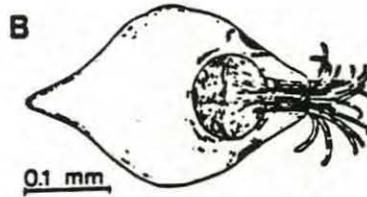
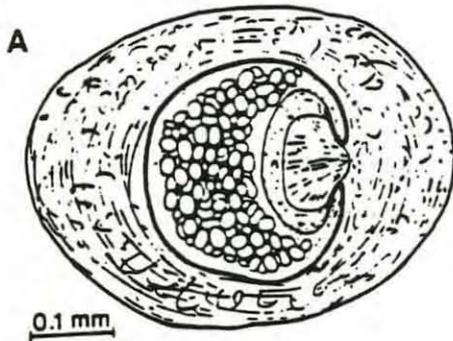
Tab. X : Les cestodes parasites d'*Argopecten irradians concentricus*, et leur localisation (Cake, 1972).

Le pétoncle s'infeste en ingérant des oeufs ou des proglottis rejetés dans le milieu naturel par des hôtes définitifs, ou des larves nageuses mobiles. Il semble avant tout être un hôte intermédiaire, l'hôte définitif étant le plus souvent un poisson marin ou un oiseau.

Le danger pour l'homme est limité. De part la localisation digestive des parasites, le risque de consommation humaine est réduit. Ce sont de plus des cestodes détruits par la cuisson et les enzymes digestives.

Lecanicephalidea
Tylocephalum sp

Lecanicephalidea
Polycephalus sp



Tetraphyllidea
Rhinebothrium sp

Fig. 21 : Formes larvaires des cestodes du pédoncle de baie *Argopecten irradians concentricus* (Cake, 1972).

La seule conséquence économique consiste en l'altération qualitative et quantitative de la chair. D'un point de vue biologique, l'effet immédiat de ces différents parasites est d'affaiblir le mollusque, et de ce fait, de le rendre plus vulnérable aux maladies. De plus, le stress physiologique causé par une forte infestation, peut affecter la croissance, ainsi que la reproduction.

4.5/ Les Apicomplexa

Récemment, Leibovitz *et al* (1984) ont décrit la présence de coccidies chez des pétoncles de baie d'élevage. Localisées au niveau du rein, les coccidies sont responsables d'une destruction des tubules rénaux. Il s'ensuit une mortalité excédant parfois 80%. Les diverticules digestifs, branchies et gonades sont aussi parfois infestés. La présence de coccidies sur les animaux sauvages a également été mise en évidence, sans qu'elle entraîne de mortalités significatives.

Argopecten irradians est aussi susceptible d'héberger *Nematopsis ostrearum* - Grégarine - (Sprague, 1970) et *Nematopsis duorari*. La crevette *Penaeus duorarum* est l'hôte définitif. Après étude en laboratoire sur des huîtres, Sprague et Orr (1955) ont conclu que l'infestation par ces parasites était préjudiciable à l'hôte intermédiaire, mais n'était pas responsable d'une mortalité significative sur les animaux sauvages.

Beaucoup plus récemment, au cours de la quarantaine préalable à l'introduction d'*Argopecten irradians* à l'île du Prince Edouard (Canada), les chercheurs ont pu mettre en évidence l'existence d'un champignon ressemblant à *Perkinsus marinus*. Des travaux sont en cours pour essayer de mieux le connaître, ainsi que pour déterminer son éventuel impact sur les espèces de mollusques autochtones. Il ne semble pas causer de problème pathologique particulier chez son hôte. Il prolifère au fur et à mesure que la température de l'eau augmente. On pense que la transmission intraspécifique se déroule pendant la ponte, mais il n'existe, à l'heure actuelle, aucune preuve de la transmissibilité interspécifique du parasite.

4.6/ Les algues

Beaucoup d'algues sont susceptibles de se fixer sur les bivalves. Les algues du genre *Zoochlorella sp* sont parfois responsables d'infection du manteau, des yeux ou des tentacules sur des pétoncles de baie sauvages ou d'élevage. L'infection provoque des lésions granulomateuses prolifératives vertes sur le manteau et les tentacules, ainsi qu'une inflammation des yeux. Cette maladie n'a pas été mise en évidence chez le jeune (Leibovitz *et al*, 1984).

Récemment des populations de pétoncle de baie du Nord Est des Etats-Unis (Long-Island, NY) ont été décimées par des blooms phytoplanctoniques, aussi appelés "marées brunes". Ces blooms sont aussi responsables de la destruction partielle des herbiers, par suite d'une diminution de la pénétration des rayons lumineux. A forte concentration, l'algue serait responsable d'une toxicité chronique sur les bivalves.

4.7/ Les crustacés

Le "pea crab", *Pinnotheres maculatus* a de nombreuses fois été mis en évidence dans la cavité palléale du pétoncle de baie. Les travaux de Kruczynski (1972) ont permis de montrer l'action néfaste de ce crabe sur la croissance du pétoncle de baie : les pétoncles contenant des femelles adultes de crabes sont légèrement plus petites que celles qui ne sont pas contaminées. A taille égale, les animaux infestés sont légèrement moins lourds. Après autopsie, on met en évidence une gonade moins développée, à l'origine d'une diminution de production d'oeufs et de sperme.

Le ralentissement de croissance s'explique du fait de l'irritation mécanique causée par la présence du parasite, entraînant une baisse dans son alimentation. D'autre part, après marquage du phytoplancton au C₁₄, cet auteur a pu montrer qu'une partie de la nourriture filtrée par les branchies du pétoncle de baie était détournée au profit du crabe.

L'infestation des jeunes pétoncles est réalisée à la fin de l'année par des préadultes. Ceux-ci sont matures au printemps suivant, et les

femelles restent dans l'hôte jusqu'à la fin de la vie du pétoncle. Les mâles, plus petits, peuvent changer d'hôte, mais les femelles restent prisonnières du même pétoncle en raison de leur grande taille.

L'importance du "pea crab" varie donc selon le degré d'infestation. En cas d'infestation massive, les répercussions économiques peuvent être graves, par suite d'une diminution de production de muscle.

4.8/ Les polychètes

Plusieurs descriptions d'infestation d'*Argopecten irradians* par *Polydora ciliata* sont rencontrées dans la littérature (Plaine, 1952 ; Turner et Hanks, 1959).

Un article fait référence à une infestation massive par *Polydora ciliata*, à l'origine d'une mortalité élevée à Fairhaven dans le Massachusetts (Turner et Hanks, 1959). Au moment de la récolte, les pêcheurs de la région se sont aperçus que beaucoup de coquilles étaient vides, et que la qualité du muscle des animaux vivants était médiocre. Aucune preuve n'a permis de mettre en relation le ver et la forte mortalité. Néanmoins, étant donné la localisation des galeries creusées par le parasite dans la coquille, au dessous du muscle adducteur, il semble qu'en cas de contraction violente, l'insertion du muscle rendue peu solide pouvait facilement se rompre, entraînant la mort des animaux.

Polydora ciliata creuse des galeries dans la coquille de ses hôtes. L'animal pénètre dans la coquille des mollusques par des procédés mécaniques et chimiques, en perforant le calcaire. A mesure du creusement de la coquille, l'animal va constituer une cavité qui s'élargit et qui va lui permettre de se replier en U. Quand le *Polydora* accède à l'espace intérieur du coquillage, entre les deux valves, et y accumule de la vase ou du mucus, celui-ci réagit en sécrétant une couche de coquille enrobant la vase, et forme ainsi une chambre. Cette dépense d'énergie peut contribuer à un affaiblissement du mollusque lui-même. A ce titre, le *Polydora* peut être considéré comme un parasite important du pétoncle de baie. En cas d'infestation massive, du fait de son mécanisme d'action,

il est responsable de mortalités élevées, et dans tous les cas, d'une diminution de la qualité de la chair (Blake et Evans, 1973).

Il n'existe à ce jour aucun traitement vraiment efficace chez les pectinidés.

4.9/ Les autres parasites

*** Les gastéropodes**

Odostomia sp a été mis en évidence chez le pétoncle de baie (Wells et Gray, 1964). Il s'agit d'un petit gastéropode qui pénètre jusqu'au manteau grâce à un stylet et qui, à l'aide d'une pompe buccale, aspire les parties liquides de l'animal.

Une référence fait allusion à la présence d'un cas de *Liparis atlanticus* chez le pétoncle de baie (Hoff, 1968). Cet escargot de mer de 35 mm a été trouvé dans un pétoncle de deux fois sa taille (70X66 mm). C'est la première fois que cette espèce est décrite chez *Argopecten irradians*, et aucun détail concernant son incidence n'est rapporté.

*** Les haplosporidies**

Au cours de la quarantaine préalable à l'introduction d'*Argopecten irradians* dans l'île du Prince Edouard, les chercheurs ont pu mettre en évidence l'existence d'une haplosporidie du genre *Minchinia*. Ce parasite susceptible de causer des dégâts considérables sur les populations d'huîtres n'a été retrouvé qu'une seule fois.

5/ EFFETS DE LA CONTAMINATION DE L'ENVIRONNEMENT SUR ARGOPECTEN IRRADIANS

Les perturbations de l'environnement consécutives à l'extension des activités associées à l'industrie et à la technologie, sont pour une grande part responsables des modifications de fonctionnement des écosystèmes marins. La pollution des eaux est souvent à l'origine d'une

diminution des ressources économiques marines (Nelson *et al*, 1976). Le pétoncle de baie est un animal filtreur, qui plus est, sa localisation le rend encore plus que les autres vulnérable, aux pollutions côtières.

Plusieurs types de pollution chimique côtière peuvent être envisagés :

- la pollution par les métaux lourds.
- la pollution par les hydrocarbures.
- la pollution par la radioactivité.

5.1/ Pollution par les métaux lourds

Il s'agit de la pollution la plus fréquemment décrite dans la littérature.

Les travaux de Nelson *et al* (1976, 1988) montrent que le pétoncle de baie fait partie des bivalves filtreurs les plus sensibles à la pollution par les métaux lourds. Toutefois, les auteurs précisent que leurs résultats doivent être interprétés avec précaution, dans la mesure où la toxicité varie en fonction de nombreux facteurs : l'état physiologique des animaux, leur âge, la température, la salinité, etc.

5.1.1/ Devenir des métaux lourds

Le pétoncle de baie est capable d'accumuler très rapidement les métaux lourds dans ses tissus. L'organe qui présente la concentration la plus élevée est le rein.

Carmichael *et al* (1979) ont mis en évidence au niveau rénal de larges lacunes contenant des concrétions très riches en minéraux (Ca-P) et en métaux lourds. Ces lacunes ont un fonctionnement analogue à celui d'une vessie, et se déversent dans le milieu extérieur, en épurant l'organisme des produits toxiques.

Le rein joue donc un rôle très important dans l'épuration, puisque les concrétions rénales sont le lieu d'accumulation et d'excrétion des métaux lourds (Carmichael et Fowler, 1981).

5.1.2/ Conséquences pour l'animal

Pesch *et al* (1979) ont étudié l'effet toxique du cuivre sur *Argopecten irradians* :

à 5 $\mu\text{g/l}$, la concentration la plus faible testée, la mortalité est déjà de 10% au bout de 42 jours.

à 11 $\mu\text{g/l}$, la mortalité est supérieure à 50% au bout de 42 jours.

Les auteurs remarquent qu'avant de mourir, les pétoncles se détachent du substrat auquel ils étaient fixés (fig. 22).

Si l'on arrête de soumettre les mollusques à l'effet du cuivre, les survivants sécrètent un nouveau byssus, et se refixent dans le mois suivant.

Le cuivre est aussi facteur limitant de la croissance, puisqu'à la concentration de 5 $\mu\text{g/l}$, la croissance est réduite de 43%.

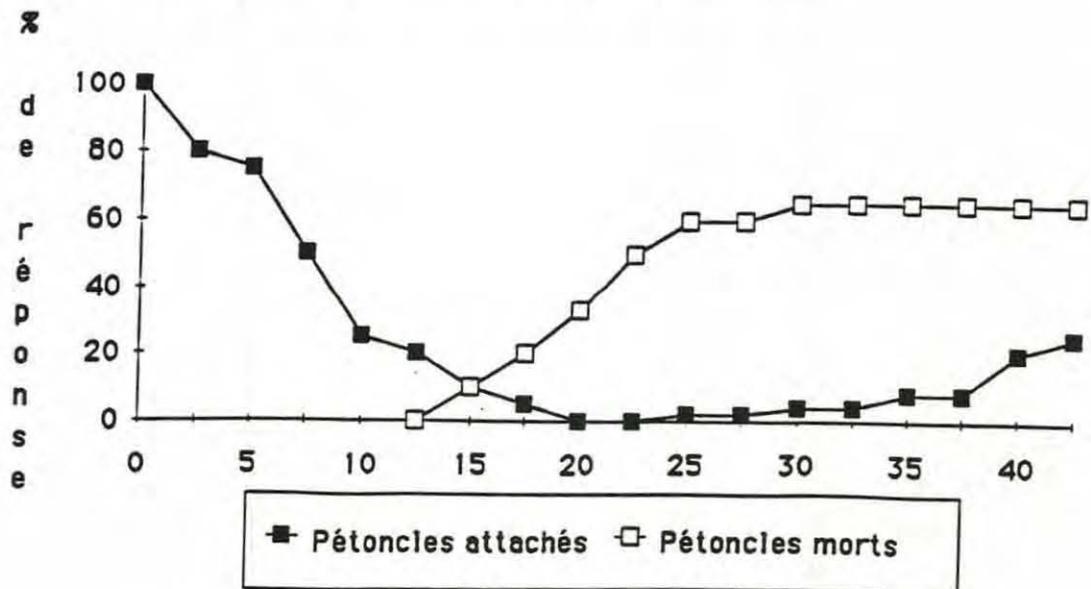


Fig. 22 : Mortalité cumulée et détachement du byssus chez le pétoncle de baie exposé à une concentration de 11 $\mu\text{g/l}$ de Cu pendant 42 jours (Pesch *et al*, 1979).

Avec une concentration élevée en cadmium, on observe une nécrose cellulaire au niveau rénal (Carmichael et Fowler, 1981).

Toutefois, en raison du moyen de régulation performant qu'est l'accumulation par les concrétions puis l'excrétion, le pétoncle est capable de tolérer un environnement relativement contaminé.

5.2/ Pollution par les hydrocarbures

La contamination de l'environnement par les hydrocarbures est responsable d'une modification des mouvements du pétoncle de baie. Le mécanisme de fuite est altéré, mais aussi la reconnaissance des prédateurs (Ordzie et Garofelo, 1980).

5.3/ Pollution par la radioactivité

Une étude sur la faune marine de la région de Beaufort (Caroline du Nord) a permis de mettre en évidence que les pétoncles étaient capables de concentrer dans leurs tissus 30 fois plus de radioactivité que les autres lamellibranches prélevés dans le même temps, et sur le même site (Schelske, 1973). La radioactivité se concentre essentiellement dans le rein, où elle peut atteindre des concentrations jusqu'à 100 fois supérieure aux autres organes.

5.4/ Conséquences pour la santé publique

Le pétoncle de baie étant un animal filtreur, il est bien entendu, au même titre que les palourdes ou les huîtres, fortement susceptible d'accumuler des xénobiotiques dangereux pour le consommateur. C'est du reste un très bon bioaccumulateur, témoin vivant de la pollution marine : il existe par exemple une corrélation entre la concentration en Cu de l'eau de mer, et la concentration en Cu de la masse viscérale de l'animal (Zaroogian et Johnson, 1983).

Etant relativement résistant aux pollutions côtières, il représente donc un vecteur pour la contamination humaine. Toutefois, les

conséquences sur la santé publique sont limitées dès lors que l'on se rappelle que seuls les noix et le corail sont consommés.

En ce qui concerne le problème crucial des biotoxines marines, aucun élément bibliographique ne relate un hébergement possible par *Argopecten irradians*.

6/ PECHE ET PRODUCTION

La pêche des pectinidés est une activité très ancienne. Les hommes de la préhistoire capturaient les coquilles à la main le long des rivages à marée basse ou après les tempêtes. Par la suite, ils ont pu explorer les abords du rivage sur de petites embarcations, et faire une récolte plus systématique à l'aide de râteaux. Cette pêche primitive et peu efficace s'est perpétuée jusqu'à l'apparition de dragues et de chaluts à perche qui permirent des captures suffisantes à l'établissement d'un commerce (Moyen Age).

En Amérique du Nord, la pêche aux pectinidés s'est développée à la fin du siècle dernier sur la côte Est, dans les zones côtières proches des grandes agglomérations de New York, Boston, Portland et Halifax. Deux espèces sont exploitées :

- la première, au Sud de Cap Cod est limitée aux hauts-fonds, principalement aux estuaires, c'est le " bay scallop ", *Argopecten irradians*.

- la deuxième, plus septentrionale, s'étend du Cap Hatteras jusqu'à Terre-Neuve, c'est le " sea scallop " ou pétoncle géant, *Placopecten magellanicus*, qui peut mesurer jusqu'à 18 à 20 cm.

Alors que la pêche au pétoncle géant prend des proportions énormes, celle au pétoncle de baie se maintient. Cependant, entre 1965 et 1974, un déclin de la production de pétoncle géant a contribué à l'exploitation d'une espèce proche du pétoncle de baie mais située dans des eaux beaucoup plus profondes (50 à 120 m) : le " Calico scallop " *Argopecten gibbus*. A la suite de la quasi disparition d' *Argopecten irradians*, vers 1967, son exploitation a été pratiquement stoppée dans les

années 1970. Depuis 1980, il est à nouveau exploité selon des normes de contrôle et de restriction bien précises (Dupouy, 1983).

6.1/ Les zones de pêche

Argopecten irradians est exploité de la Nouvelle-Angleterre, jusqu'au golfe du Mexique. Mais il ne revêt une importance commerciale que dans les Etats suivants : Massachusetts, Rhode Island, New York, New Jersey, Virginie, Caroline du Nord et Floride (Thayer et Stuart, 1974). De part sa situation très côtière, il est, beaucoup plus que tous les autres pectinidés, susceptible d'être exploité voire surexploité, notamment par la pêche à pied.

6.2/ La flotte coquillière

Elle est dominée par de petits bateaux de pêche, qui seuls peuvent travailler sur des hauts-fonds. Les bateaux coquilliers sont des bateaux puissants (on compte 0,5 CV/kg de drague à traîner), de 50 à 200 CV, pour des tailles se situant entre 6 et 15 m.

En 1967, on comptait une flottille de 400 bateaux à Wickford (Rhode Island) et de 50 bateaux à Nantucket (Massachusetts). Le déclin de cette flottille est proportionnel à la chute des stocks de pétoncles de baie dans les années qui ont suivi (Kopinsky, 1979).

6.3/ Les techniques de pêche

6.3.1/ Le personnel

On ne possède aucun renseignement à son sujet, à part un seul article (Tettelbach, 1989) qui relate qu'à la suite d'une décimation des stocks de pétoncles, consécutives à des blooms phytoplanctoniques toxiques dans les années 1980, la pêche dans l'Etat de Long-Island a été suspendue. Or, en 1984, cette industrie qui produisait près d'un quart de la totalité des pétoncles aux Etats-Unis, employait entre 400 et 600 personnes.

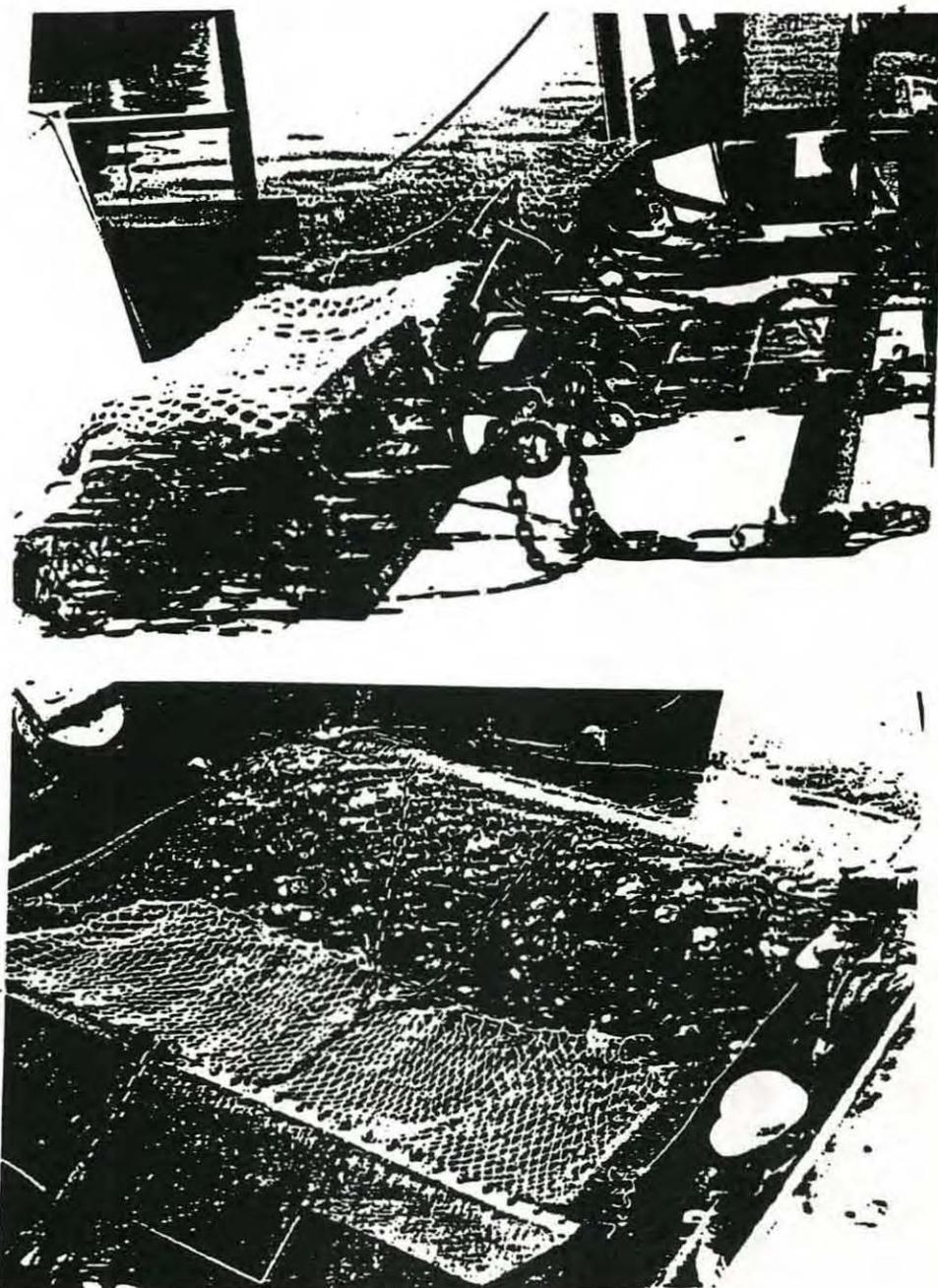


Fig. 23 : Différents types de dragues communément utilisées pour la pêche aux pectinidés aux U.S.A. (Rhodes, 1991).

6.3.2/ Les engins de pêche

La situation côtière des gisements de pétoncles de baie permet une exploitation par dragage, aussi bien que par ratissage manuel. En effet, la récolte se fait à des profondeurs situées généralement à moins de 2 m, au maximum à 6 m. On utilise une ou plusieurs petites dragues de 0,7 à 2 m de large en moyenne, ce qui facilite les manoeuvres.

Le dragage est évidemment beaucoup plus efficace et moins contraignant que le ratissage, mais cette méthode est responsable de la destruction des herbiers, support de fixation du naissain. Le déclin d'*Argopecten irradians* consécutif à cette destruction massive des algues, fait que l'on essaye aujourd'hui de limiter cette technique de pêche, du moins dans certaines régions (fig. 23).

6.4/ Les saisons de pêche. Aspects réglementaires

La pêche au pétoncle de baie est une pêche imprévisible. Traditionnellement, on la qualifie de " feast or famine fishery ". Une année la récolte va être abondante, et comme la valeur commerciale du coquillage est élevée, on va faire fortune. L'année suivante, la récolte sera catastrophique.

Ces fluctuations très importantes, si elles sont liées au cycle biologique de l'animal, sont aussi liées à la surexploitation pratiquée par la pêche à pied. Les bancs sont facilement accessibles à tous, et chacun peut se servir à volonté, pour sa consommation personnelle. Il a donc été nécessaire d'instaurer une réglementation sévère. Celle-ci est propre à chaque Etat. Elle repose sur :

* La limitation de la saison de pêche .

- Dans le Massachusetts, la saison est ouverte du 1/10 au 31/3.
- Dans le Maine, du 1/11 au 14/4.
- Dans l'Etat de New York, du troisième Lundi de Septembre, au 31/3.
- Dans le Connecticut, d'Octobre à Avril.
- En Caroline du Nord, l'ouverture de la pêche est limitée à 2 ou 3 jours

par semaine pendant les 2 premiers mois. Par la suite, elle s'étend à 5 jours par semaine.

La commercialisation est interdite le week-end.

*** La limitation de la destruction de l'environnement .**

Dans le Maine, des mesures sont prises pour limiter la destruction des herbiers : les dragues ne doivent pas excéder 2,44 m de large.

*** Des mesures de protection de la population .**

- Dans le Maine, seuls des animaux de plus d'un an (ceux qui présentent une ligne de croissance annuelle), c'est à dire ceux qui ont déjà pondu, sont récoltés.

- Dans l'Etat de New York, seuls les animaux de plus de 57 mm peuvent être pêchés.

- Dans le Massachusetts, il existe des prises maximales à respecter, par saison et par individu.

6.5/ La conservation et la transformation des produits de la pêche

La conservation du pétoncle de baie ne présente pas de particularités par rapport aux autres pectinidés.

Les pétoncles ne sont consommés frais dans leur coquille qu'à proximité des centres de production, puisque, contrairement aux autres coquillages tels que clam, ou moule, ils ne peuvent clore leurs valves de manière étanche après avoir été pêchés ; il s'ensuit une déshydratation mortelle.

Les pétoncles étant pêchés de façon très artisanale, ils sont fréquemment décortiqués à la main, sur le bateau, tout de suite après leur prise. La majorité est ensuite congelée ; il faut dire qu'aux Etats-Unis, la valeur marchande du produit congelé est supérieure à celle du produit frais.

La plupart des coquillages sont vendus décortiqués et congelés, mais les plats préparés représentent une part non négligeable du

marché (15%).

Aux Etats-Unis, contrairement à la France, seule la noix, qui représente à peine 10% de l'animal entier est consommée. Pratiquement toute la demande concerne les noix seules. Une exception : les restaurants français qui proposent la noix et le corail.

Les substitutions d'espèces sont fréquentes, et ne posent guère de problèmes aux industriels, dans la mesure où les noix sont pratiquement de la même couleur, quelle que soit l'espèce ; seule leur taille diffère. Pour augmenter la taille du muscle de manière artificielle, il existe de nombreuses techniques plus ou moins frauduleuses. Une attention toute particulière doit être apportée à la quantité d'eau contenue dans le muscle congelé, car il absorbe facilement l'eau. Pour blanchir la noix et augmenter son volume, on la passe dans une solution de polyphosphate. Cette opération a pour conséquence d'augmenter le poids du muscle de 20 à 30%. On tolère un passage dans une solution à 10% (Webb et Thomas, 1968).

6.6/ Production et commercialisation

6.6.1/ Le marché mondial

Le Japon et les Etats-Unis sont les deux principaux pays producteurs de pectinidés. Ces pays à eux seuls récoltent les deux tiers de la production mondiale, soit près de 600 000 tonnes en 1988 (Globefish, 1990). On trouve ensuite la Chine (122 000 tonnes en 1988), puis le Canada et l'Europe. La production dans les pays tropicaux est réduite, à l'exception du Pérou et de Panama (tab. XI).

Le marché mondial est représenté par deux principaux importateurs :

- les USA.
- la France.

Tab. XI : Production mondiale de pectinidés.

(en millions de tonnes)

(D'après "The world market for bivalves"- Globefish N°4, Mars 1990).

PAYS	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Japon	213,3	209,2	226,8	249,6	297,8	342,0
USA	184,7	473,9	192,2	98,6	204,4	239,9
Chine	12,0	3,8	8,3	23,7	43,6	122,0
Canada	51,3	36,5	47,2	56,9	73,8	77,8
Mexique	1,3	0,0	0,0	7,5	10,0	20,0
Norvège	0,0	0,0	1,2	14,6	42,0	18,5
R.U	23,3	22,8	18,3	17,6	21,5	14,7
Australie	30,5	29,8	19,2	16,2	11,7	12,0
Islande	15,2	15,5	17,2	16,4	13,2	10,1
France	10,5	10,3	10,5	8,9	6,3	8,9
Feroë	2,7	2,4	1,9	2,0	2,0	8,9
Pérou	13,6	17,9	51,5	16,0	5,3	6,9
URSS	2,2	1,6	2,4	3,0	2,5	2,7
Nelle Zélande	4,0	4,7	3,2	4,6	3,0	1,4
Chili	1,1	5,3	2,1	1,2	1,5	1,3
Panama	0,0	0,0	30,0	45,0	35,0	1,0
autres	3,8	4,2	8,9	4,4	2,4	1,8
TOTAL	559,5	837,9	640,9	586,0	774,8	889,9

Les Japonais consomment eux aussi beaucoup de coquillages, mais leur production excédentaire leur permet d'être le premier exportateur mondial. Environ le tiers de la production mondiale est exportée, principalement vers les Etats-Unis et l'Europe (tab. XII).

Le marché mondial représente près de 300 millions de dollars, la France et les Etats-Unis important à eux seuls pour 250 millions de dollars de marchandises. Cependant, ces deux marchés diffèrent notablement puisque le consommateur américain, contrairement au consommateur français, ne mange pas le corail. Il s'ensuit une perte considérable puisqu'un corail mature peut augmenter de 60% le poids commercialisé.

Les consommateurs Japonais, quant à eux consomment la noix, le corail et le manteau.

Tab. XII : Principaux pays consommateurs de pectinidés.
(D'après "The world market for bivalves"- Globefish N°4, Mars 1990).

PAYS	Produc.	Import.	Export.	Excedent	Cons. par hbt
Japon	40	-	8	32	0,27
Hong Kong	-	1	-	1	0,18
USA	18	17	-	35	0,15
France	0,5	8	0,5	8	0,15
Belgique	-	1	-	1	0,10
Canada	9	-	7	2	0,08
Australie	1,5	0,5	1	1	0,06

N.B.: TOUTES LES VALEURS SONT EXPRIMEES EN POIDS DE CHAIR, ET EN MILLIONS DE TONNES, SAUF LA CONSOMMATION PAR HABITANT, EXPRIMEE EN KG/HBT/AN.

6.6.2/ Le marché américain

Aux Etats-Unis, le marché de la coquille est dominé par trois espèces (tab. XIII) :

- le "sea scallop"
- le "calico scallop"
- le "bay scallop".

La consommation américaine a nettement augmenté puisqu'elle représentait 0,12 kg par habitant et par an en 1980. Elle représente en 1988, 0,15 kg par habitant et par an.

Les "sea scallop" frais, sont généralement vendus par les pêcheurs dans des sacs de 50 livres américaines (soit un peu moins de 23 kg). Les "calico scallop" et les "bay scallop" frais, sont décortiqués et vendus par gallon (un gallon contient 8 livres américaines*), dans des récipients en plastique. Le produit frais est commercialisé essentiellement en hiver, et les pectinidés atteignent leur prix le plus élevé au moment des fêtes de fin d'année.

Tab. XIII : Production américaine de pectinidés
(en millions de tonnes).

(D'après "The world market for bivalves"- Globefish N°4, Mars 1990).

ESPECES	1984	1985	1986	1987	1988
<i>P. Magellanicus</i>	66,6	57,7	73,4	119,7	115,9
muscle	8,4	7,2	9,1	13,2	13,9
<i>A. gibbus</i>	395,7	125,6	16,9	85,4	121,7
muscle	17,8	5,7	0,7	3,7	5,4
<i>A. irradians</i>	6,6	5,2	4,7	2,9	2,3
muscle	0,8	0,6	0,3	0,3	0,3
<i>P. caurinus</i>	5,5	3,7	2,6	2,7	1,0
muscle	-	-	-	-	-
TOTAL	473,9	192,2	97,6	210,7	239,9
muscle	27,0	13,5	10,1	18,5	19,5

* Une livre américaine équivaut à 0,453 kg.

Alors que le pétoncle de baie entre pour une faible part dans l'économie des pêches aux Etats-Unis, avec une moyenne de 1,3 millions de livres américaines de noix pour ces dix dernières années, l'espèce est très importante pour l'économie locale des régions productrices. Le pétoncle de baie représente aussi un revenu par la pêche à pied et peut connaître un développement important à travers l'aquaculture. Malgré sa petite taille, le pétoncle de baie est généralement préféré au pétoncle géant, car il est plus savoureux, ce qui explique son prix très élevé :

- calico scallop ----> 300 à 600 noix/kg soit 2\$ US/kg
- sea scallop -----> 67 à 73 noix/kg soit 9 \$ US/kg
- bay scallop -----> 155 à 200 noix/kg soit 13,3 \$ US/kg.

Le pétoncle de baie est considéré comme un produit de luxe, très apprécié des gourmets, et de très haute valeur marchande. Malgré la concurrence immédiate du "sea scallop", il conserve un prix élevé, ce qui lui confère une part non négligeable dans les ressources de la pêche des Etats de la côte Est des Etats-Unis. Il atteint, en effet, en importance, le quatrième rang des bivalves, derrière l'huître, le clam, et le "sea scallop". Toutefois, le prix qui résulte de l'offre et de la demande, est complexe à déterminer (tab. XIV).

Comme nous l'avons déjà vu précédemment, et malgré des différences de prix significatives, les trois espèces de coquilles sont assez interchangeables. Le "sea scallop" qui représente de loin le tonnage le plus important influence très largement le prix.

Une fois encore, la très grande fluctuation de la population, et du stock commercialisable, rendent les prévisions impossibles : en 1979, le Massachusetts, Etat leader dans la production de pétoncle de baie avec 1,1 millions de livres américaines (500 T) tombe en 1980 à seulement 201 000 livres américaines (91 T). En 1978 on estimait la production mondiale à 10 000 T (animaux entiers), contre 150 000 T de "sea scallop". Aujourd'hui il faut tenir compte des performances chinoises qui représentent 50 000 T en 1988.

**Tab. XIV : Production de pétoncles de baie aux U.S.A. entre 1978 et 1989 :
quantité et valeur commerciale (d'après Rhodes, 1991).**

Année	Quantité (en 1 000 livres)	Valeur (en 1 000 \$)	Prix au débarquement (en \$/livre de muscle)
1978	1,371	4,166	3,04
1979	1,774	6,798	3,83
1980	968	3,894	4,02
1981	670	2,427	3,62
1982	1,78	6,903	3,88
1983	2,338	12,783	5,47
1984	1,728	8,48	4,91
1985	1,331	5,938	4,46
1986	735	6,527	8,88
1987	580	3,159	5,45
1988	569	3,414	6
1989	217	1,516	6,99

7/ L'ELEVAGE

7.1/ Importance de l'espèce en aquaculture dans son aire d'origine

La quasi totalité du commerce des pectinidés résulte de la pêche des stocks sauvages. Il dépend donc uniquement de la richesse des ressources naturelles. La pêche côtière du pétoncle de baie est une entreprise assez peu coûteuse, qui nécessite un petit capital d'investissement, et des méthodes simples de production. Le pétoncle de baie grandit vite, et en un an il a atteint une taille suffisante pour être exploité. Mais un des inconvénients majeurs est l'extrême fluctuation qui caractérise les stocks disponibles. On a donc envisagé de le faire grandir en milieu contrôlé, pour stabiliser la production. L'intérêt grandissant pour cette espèce a incité au développement de techniques d'écloserie et de nurserie. Le naissain produit en écloserie peut être transplanté dans le milieu naturel afin d'étendre les gisements sauvages préexistants, pourvoir d'autres zones, ou enfin, être élevé en milieu contrôlé jusqu'à une taille marchande.

Pour au moins sept raisons majeures le pétoncle de baie est un candidat intéressant à l'aquaculture (Castagna et Duggan, 1971) :

- sa haute valeur marchande, que ce soit en produit frais ou congelé ; elle est indispensable pour pouvoir supporter le coût de l'élevage.

- il n'y a pas besoin de créer un marché nouveau, puisque les consommateurs existent déjà.

- la fluctuation de la population naturelle et donc des récoltes, grosse entrave économique, va pouvoir être levée grâce à un élevage en milieu contrôlé.

- les méthodes d'écloserie (conditionnement, ponte, élevage larvaire) sont faciles à mettre en oeuvre et relativement bien maîtrisées.

- sa croissance rapide : en un an en moyenne on obtient des animaux de taille marchande. Ce taux de croissance peut certainement être amélioré si l'on exerce une sélection génétique sur le pool de reproducteurs.

De tous les coquillages commercialisables de la côte Est des Etats-Unis, c'est lui qui présente la croissance la plus rapide.

- il est résistant et a peu de maladies.

- les méthodes de transformation (éviscération, décorticage) sont déjà automatisées chez le "calico scallop", et les mêmes machines peuvent être utilisées pour le pétoncle de baie, avec pas ou peu de modifications. Les problèmes inhérents au travail et à la main d'oeuvre sont donc d'emblée résolus aux Etats-Unis.

7.2/ Historique

Belding (1910) a expérimenté le premier la reproduction contrôlée au début de ce siècle. Déjà, à ce moment, il réalise une tentative de ponte et d'élevage en laboratoire. Ses résultats sont peu concluants. Les travaux de Loosanoff et Davis (1963) sont beaucoup plus fructueux. Au début des années 1970, Castagna et Duggan (1971) établissent la faisabilité biologique de l'élevage du pétoncle de baie, de l'oeuf à la taille marchande. Après avoir réussi un cycle d'élevage complet, Duggan (1973) va étudier les effets de la profondeur et de la densité sur la croissance et la survie des

larves. Des biologistes du Massachusetts conditionnent, font pondre et élèvent des larves de pétoncles jusqu'à la métamorphose, dans de l'eau chauffée, provenant d'une centrale nucléaire. L'eau chaude accélère et prolonge la période de croissance des juvéniles (Wright *et al*, 1984). Malgré tout, des problèmes persistent : l'asphyxie des larves par les déchets qu'elles rejettent entraînent des taux de mortalité élevés. L'alimentation mal adaptée et la compétition intraspécifique limitent la croissance de l'animal et donc celle de la noix. En 1983, Rhodes, dans le Connecticut, obtient des résultats commercialement intéressants en post élevage, et collabore à l'introduction d'*Argopecten irradians* en Chine. En 1987 les Chinois commercialisent 800 millions de naissains et en 1988, 50 000 tonnes d'animaux adultes (Zhang, 1989). Il n'aura fallu que cinq ans pour passer de trente individus importés à un marché de 50 000 tonnes.

7.3/ Les techniques d'écloserie

7.3.1/ Le conditionnement

Les reproducteurs sont des animaux adultes de moins d'un an, mesurant plus de 35 mm, prélevés dans le milieu ambiant.

Placés dans de l'eau allant de 18 à 23°C, leur maturité sexuelle est atteinte entre trois et six semaines, en fonction de la température, de l'alimentation reçue, et de l'état de développement initial des gonades (Castagna et Duggan, 1971). Plus les parents sont collectés tardivement, et plus le temps pour atteindre la ponte est court. Ceci s'explique par le fait que plus la saison avance, plus les gonades sont développées.

Les parents sont stockés dans des bacs. On augmente progressivement la température de l'eau de mer (1 à 2°C / jour) jusqu'à la température voulue (en général 23°C).

Les animaux sont nourris copieusement à l'aide d'algues unicellulaires.

L'écartement des valves permet de suivre le développement des gonades, et d'estimer le délai séparant de la ponte.

7.3.2/ La ponte

Pour induire la ponte, la méthode des chocs thermiques est utilisée : les animaux subissent pendant quelques minutes une eau filtrée à 30°C puis la température est ramenée à 24°C. L'alternance des températures se poursuit jusqu'à émission des gamètes.

D'autres méthodes d'induction de ponte existent. La plus utilisée consiste en l'adjonction de quelques millilitres de sperme dans le bac, ce qui stimule l'émission des gamètes femelles. On peut aussi induire la ponte par une injection intragonadique d'un très petit volume de sérotonine (Gibbons et Castagna, 1984).

Ces trois techniques ne sont pas propres au pétoncle de baie. Ce sont les mêmes que l'on utilise pour induire la ponte de nombreux mollusques marins. Des animaux vraiment matures peuvent pondre sans autre stimulus qu'un simple changement d'eau. Les oeufs obtenus de cette manière sont de meilleure qualité (Zhang, 1989).

Juste avant la ponte, les géniteurs ne sont pas nourris afin d'éviter l'émission des fèces ou pseudofèces en même temps que des produits génitaux. La ponte dure deux heures en moyenne. Pour la majorité des géniteurs, une deuxième ponte provoquée trois à quatre jours plus tard, donnera une quantité d'ovocytes plus importante.

7.3.3/ La fécondation

Il est important de séparer la ponte femelle de la ponte mâle, afin d'éviter l'autofécondation. On passe ensuite les produits génitaux à travers un tamis, afin d'éliminer les déchets divers ; puis, à l'aide d'une pipette, on mélange quelques millilitres de suspension de sperme par litre de suspension d'oeufs. L'addition d'un volume plus important de sperme peut être à l'origine de larves anormales, ce qui résulte sans doute d'un phénomène de polyspermie (Castagna, 1975).

7.3.4/ L'élevage des larves

L'élevage larvaire est une phase délicate, pour laquelle les conditions optimales doivent être respectées.

Comme nous l'avons déjà vu au chapitre consacré aux effets combinés température/salinité, on choisit d'élever les larves dans les conditions de température et de salinité optimales pour la croissance. Il s'agit en pratique de s'approcher le plus possible de $T^{\circ} = 24^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ et de $S \leq 27\text{‰}$.

A $T^{\circ} = 23^{\circ}\text{C}$ et $S = 27\text{‰}$, les oeufs se transforment en larves D de $90 \mu\text{m}$ en 20 à 22 heures.

La densité larvaire dans les cuves d'élevage ne doit pas être trop élevée. On préconise 6 à 15 larves/ml.

Un bullage permanent d'air permet une aération supplémentaire du milieu, ainsi qu'une meilleure répartition des larves et de leur nourriture dans la cuve. A des concentrations larvaires très faibles, le bullage n'est pas nécessaire.

L'alimentation des larves est composée d'un mélange d'algues unicellulaires : *Isochrysis galbana* et *Dictyteria sp* au tout début ; puis quand la larve atteint la taille de $120 \mu\text{m}$, elle reçoit un mélange composé de ces deux algues, mais aussi de *Platymonas subcordiformis*, *Pyramimonas sp*, ou *Chlorella sp* (Zhang, 1989). Dans tous les cas, un mélange d'algues donne de meilleurs résultats qu'une alimentation monoalgale.

L'eau est renouvelée fréquemment, soit en totalité tous les deux jours, soit, comme le préconisent les Chinois, deux fois par jour, partiellement. L'eau utilisée est de l'eau de mer filtrée à $1 \mu\text{m}$. Juste après renouvellement d'eau, on ajoute les algues.

A chaque changement d'eau, un échantillon est prélevé, ce qui permet de compter, mesurer, et suivre l'évolution des larves. Elles sont

aussi triées et dédoublées pour n'avoir plus finalement que 5 larves/ml au maximum, au moment de la métamorphose.

Dans ces conditions idéales, les larves sont "oeillées" en une dizaine de jours. Elles mesurent alors entre 150 et 220 μm , soit en moyenne 190 μm .

On les transfère alors dans des collecteurs, où elles vont pouvoir se fixer. La métamorphose se produit en effet très rapidement après l'apparition de l'oeil, tache pigmentaire photosensible, apparaissant à la base du pied. La salinité requise est comprise entre 18 et 33 ‰, l'optimum allant de 22 à 26 ‰.

La larve se fixe au montant des collecteurs (filets en polyéthylène) à l'aide de son byssus. Le pied, ainsi que la glande byssale, sont bien développés. Ce stade de métamorphose est certainement le plus critique de tout l'élevage, et la mortalité est parfois élevée.

7.3.5/ La sélection du naissain

La production de naissain en écloserie présente l'avantage d'un contrôle omniprésent sur les animaux : on peut choisir les géniteurs, choisir les meilleures pontes, ne conserver que les larves qui semblent les plus saines, etc...

Pour l'instant, assez peu de travaux ont été consacrés à la sélection génétique du naissain de qualité supérieure. Les travaux de Tabarini (1984) permettant d'induire la triploïdie peuvent être considérés comme ouvrant une voie d'avenir. Par un traitement chimique (cytochalasine B) dans les minutes suivant la fécondation, on obtient des animaux triploïdes stériles. Ces animaux présentent un potentiel de croissance très supérieur aux autres, puisque toute l'énergie métabolique utilisée pour le développement gonadique et la reproduction, est ici mis au profit de la croissance.

Cette méthode qui permettrait d'obtenir en une seule génération des animaux au poids de chair beaucoup plus important n'est pas encore au point : en effet, si le taux de triploïdie frôle les 90%, la mortalité au stade véligère est extrêmement importante. Mais cette technique pourrait être

d'actualité dans les années à venir.

7.4/ L'élevage post larvaire

C'est la période s'étalant de la larve juste métamorphosée au naissain de taille commercialisable (3 à 5 mm). La durée requise est d'environ 70 jours.

Dès que les larves ont atteint une taille de 350 à 700 μm , les Chinois les sortent de l'écloserie pour les transplanter en mer. Il est nécessaire de protéger le naissain fixé, des prédateurs et du courant, afin d'éviter qu'il ne se détache. Pour cela on abrite les collecteurs dans des tubes en plastique en début d'élevage, puis dans des filets à mailles très fines (0,8 mm). Arrivés à une taille moyenne d'1,5 à 2,5 mm, les larves sont détachées des collecteurs, et placées à même les filets, jusqu'à la commercialisation.

Dans la littérature on trouve bien d'autres méthodes de fixation (support en bois ou en fibre de verre) et d'élevage post-larvaire. Les Américains, en particulier, élèvent le naissain fixé en écloserie, sur des bacs plats jusqu'à sa commercialisation.

Dans tous les cas, dès 500 μm , voire 1 mm, il est possible de placer les post-larves dans de l'eau de mer non filtrée.

Même si la technique américaine donne de bons résultats, la méthode chinoise semble être aujourd'hui la plus performante. Il ne faut pas perdre de vue que l'écloserie, si elle représente un moyen de contrôle formidable, n'en est pas moins d'un coût de fonctionnement très élevé, dû en particulier à l'énergie dépensée pour chauffer l'eau, sans oublier des frais de personnel conséquents.

7.5/ Le post élevage

A la taille de 4-5 mm, le naissain est commercialisable. En Chine, ce sont 700 à 800 millions de naissains qui ont été produits en 1987, chiffre

bien en dessous de la demande.

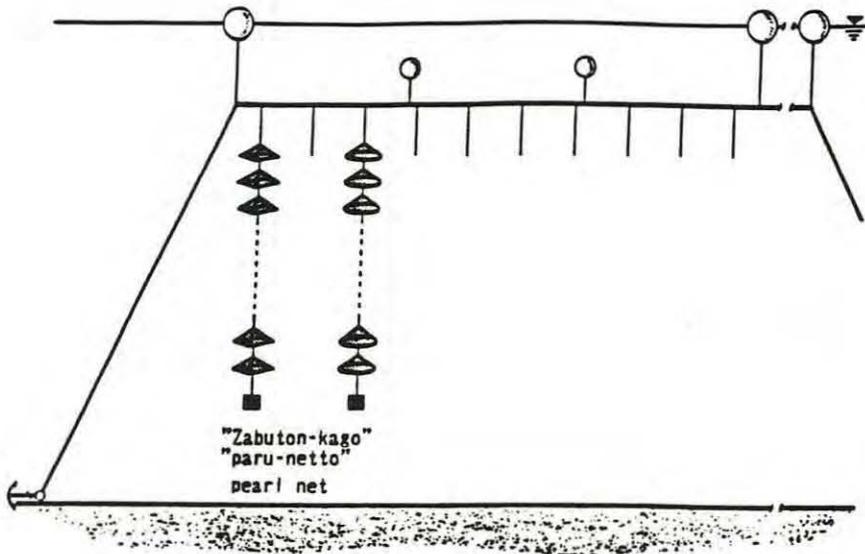
Beaucoup des travaux de Rhodes (1980, 1981a, 1981b, 1984) sont consacrés à l'élevage des naissains. Leurs résultats sont présentés ici.

Dès 3 mm, le pétoncle de baie peut survivre et grandir rapidement dans des raceways : il s'agit de grands bacs circulaires de 10 m X 1,2 m X 0,5 m, construits en fibre de verre opaque et noire, afin d'éviter le développement d'algues. Il est important de prendre en compte la taille minimale du naissain. En effet, à moins de 3 mm, des pertes importantes sont à regretter, probablement liées aux effets néfastes de l'accumulation de dépôts vaseux au fond des bacs. L'asphyxie serait la principale cause de mortalité en aquaculture du pétoncle de baie.

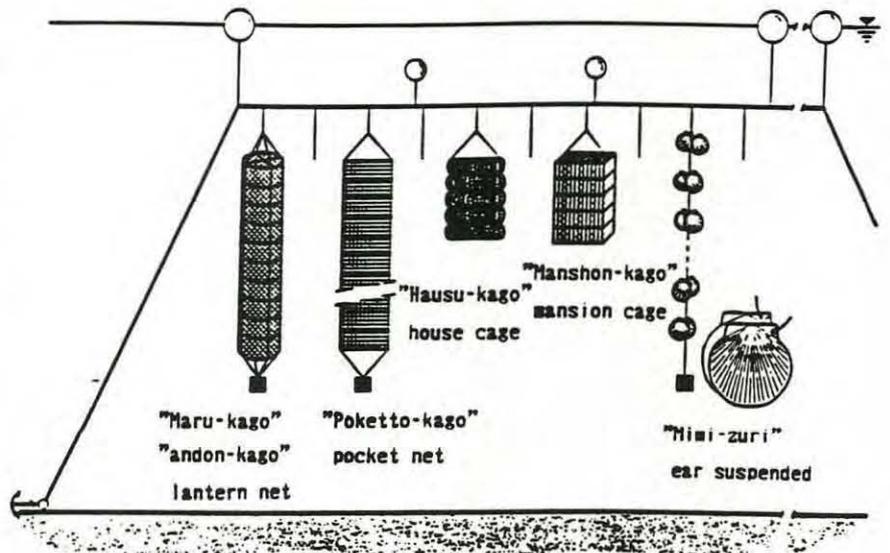
Cette méthode, compromis idéal entre l'écloserie, entièrement contrôlée, et l'incertitude complète du milieu extérieur, est extrêmement coûteuse. Des études économiques ont montré que cette technique ne pouvait pas s'appliquer jusqu'à la taille marchande. A partir de 44 mm, le coût des opérations devient supérieur à la valeur des pétoncles.

En pratique, on élève le pétoncle de baie dans les raceways entre 3 mm et 10 mm. A cette taille, les pétoncles sont encore trop petits pour être placés dans le milieu extérieur sans aucune protection. C'est pourquoi on les regroupe dans des cages en filets, appelés "lanternes japonaises", ou dans des filets pyramidaux appelés "pearl nets" suspendus dans des baies abritées. Les résultats économiques montrent que la croissance dans ces lanternes est tout à fait compétitive (fig. 24).

Le choix du site semble déterminant : il faut une zone bien abritée, à faible courant, mais cependant suffisamment ouverte sur le large pour assurer une bonne qualité de l'eau. Les jeunes sont ainsi soustraits à l'action de la plupart des prédateurs, et aux problèmes d'asphyxie, puisque le courant est suffisant pour éviter l'accumulation de dépôt. Le coût est réduit : les problèmes d'espace et de pompage sont éliminés.



Filets pyramidaux ou "Pearl net"



Lanternes japonaises

Fig. 24 : Différentes méthodes de culture en post-élevage
(Rhodes, 1991 - Chandler Middleton, 1983).

A la taille de 2 cm, les pétoncles subissent encore une transplantation qui les amènera à la taille commerciale. La méthode qui consiste à les semer directement sur le fond, sans aucune protection, s'est révélée commercialement désastreuse (nage, prédation, courant, etc...) (Morgan *et al*, 1980), et le procédé finalement retenu consiste à les parquer à l'intérieur d'une clôture. Il s'agit en réalité de très grands filets compartimentés horizontalement, qui présentent l'avantage d'assurer une protection face aux prédateurs, et de rendre la récolte plus facile, puisque tous les pétoncles sont regroupés.

Même si ces techniques sont moins onéreuses que l'élevage en raceways, de nombreuses manipulations sont malgré tout indispensables. Il est en particulier nécessaire de fréquemment nettoyer les filets, à cause des salissures. Le montage, la mise à l'eau des filets, le tri des collecteurs, la mise en pré élevage, le nettoyage des paniers et des cages, la récolte : autant de main d'oeuvre qui représente une part importante dans le prix de revient. De plus, le parc de matériel est à renouveler en moyenne tous les trois à quatre ans.

Il est bien évident que dans toutes ces techniques, le facteur limitant la croissance est la densité. Rhodes (1984), a mis en évidence que la croissance n'était pas limitée jusqu'à une densité de 750 coquilles/m². A cette densité, la taille marchande est obtenue dans le délai normal, mais au delà, la croissance est inversement proportionnelle à la densité et l'on observe des développements anormaux (malformation de la coquille), ainsi qu'une mortalité élevée (fig. 25 et 26).

7.6/ Pourcentages de survie aux différents stades

Des chiffres ont été donnés par Castagna et Duggan (1971). Ils rendent évidemment compte de résultats obtenus en élevage.

Géniteurs --Ponte--> **Gamètes** --Fécondation--> **Oeufs fécondés**
99%

-----> **Larves fixées** ---Métamorphose--> **Naissain de 2 mm**
5% 20 à 50%

-----> **Adulte de taille marchande**
50%

Ex : 100 oeufs non fécondés
99 oeufs fécondés
4,95 larves fixées
1,73 larves de 2 mm
0,86 pétoncle adulte.

Si la fécondation des gamètes donne en général d'excellents résultats, la mortalité ultérieure est très élevée. Seulement 5 % des larves vont pouvoir se fixer.

Les pertes en éclosion sont dues à différents facteurs : les maladies (Tubiash et Chanley, 1963; Loosanoff et Davis, 1963), mais aussi les larves anormales incapables de se développer. Seulement 20 à 50 % des individus fixés atteignent la taille de 2 mm.

L'asphyxie, liée à l'accumulation de dépôt dans les bacs d'élevage, est aussi responsable de pertes parfois importantes.

De 2 mm à 50 mm, la population est encore réduite de moitié, du fait de la présence de prédateurs et de l'accumulation d'épibiontes ralentissant le courant d'eau, limitant la quantité de phytoplancton disponible et l'élimination des déchets.

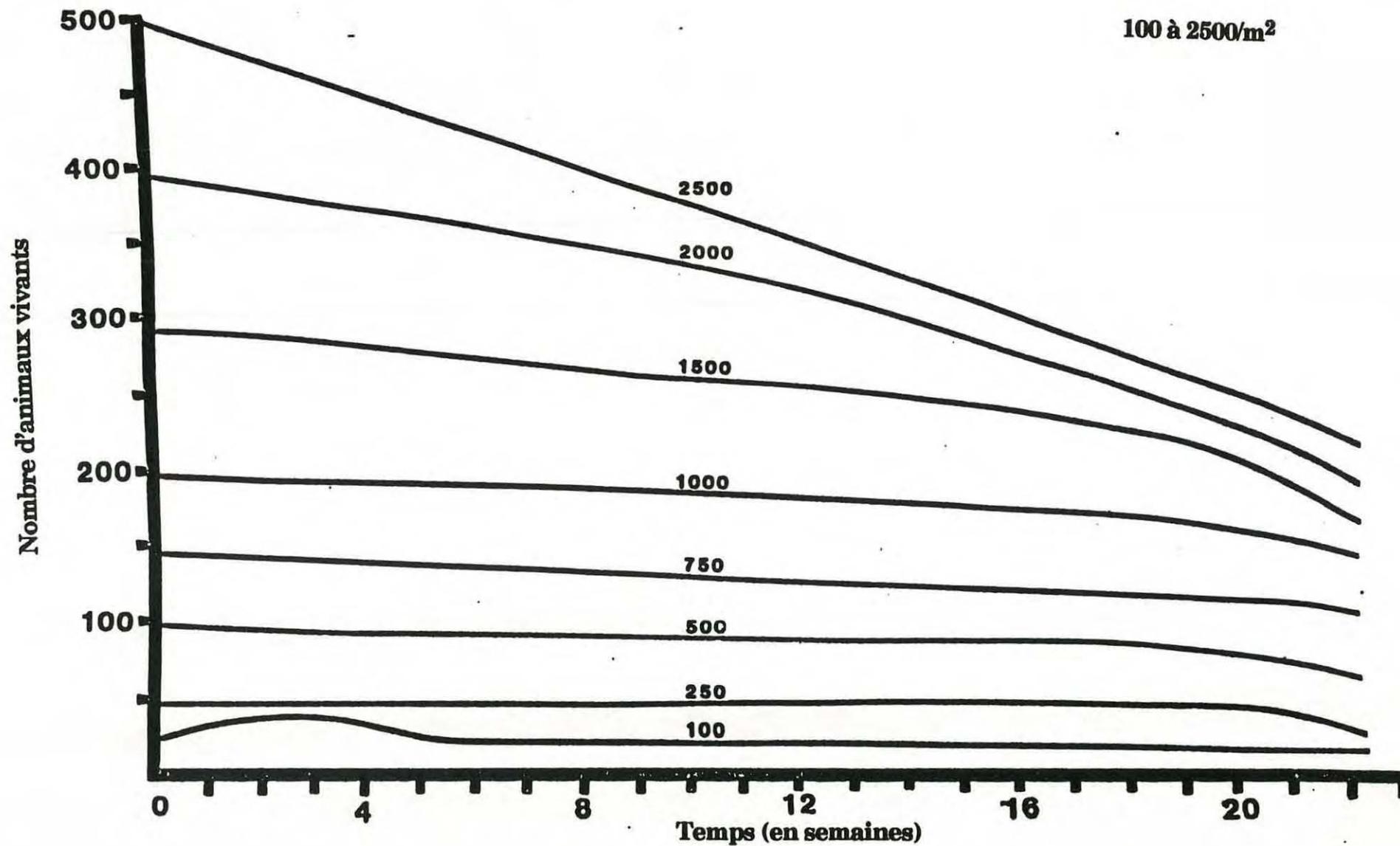


Fig. 25 : Survie des animaux en fonction de la densité d'élevage
(Rhodes, 1984).

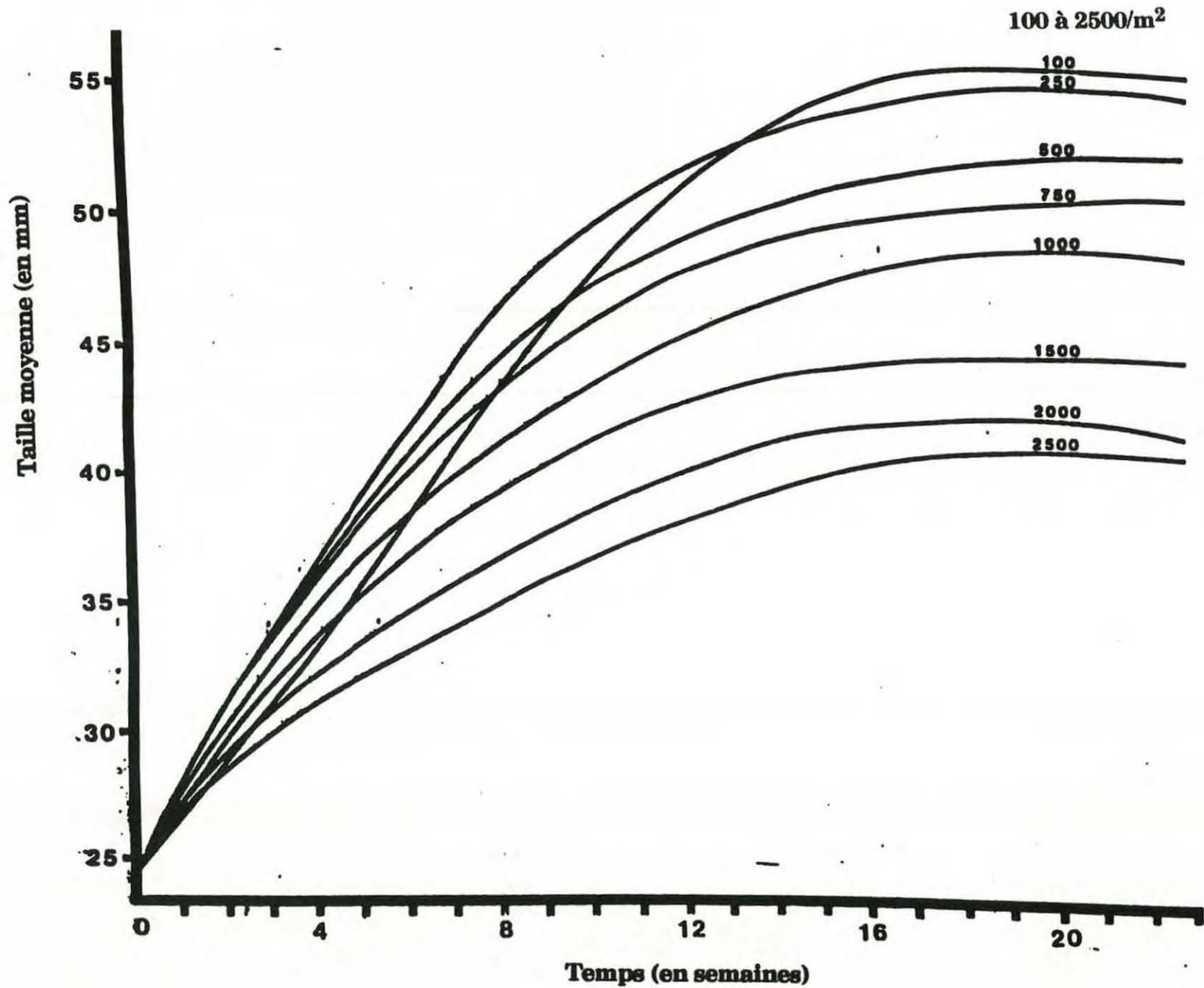


Fig. 26 : Croissance des animaux en fonction de la densité d'élevage (Rhodes, 1984).

TROISIEME PARTIE :

SYNTHESE

1/ RESUME DES DONNEES SUR L'ESPECE

HABITAT :

Le pétoncle de baie se trouve habituellement dans les herbiers à zostères des fonds sablonneux, sur des zones particulièrement protégées et peu profondes : les estuaires et les baies.

Il se situe à des profondeurs s'échelonnant de 1,5 m à 10 m, mais le plus souvent, on le trouve à moins de 2 m au dessous de la zone de balancement des marées.

LIMITES PHYSIOLOGIQUES :

Cette espèce supporte de très larges variations de température et de salinité. Sa zone de répartition s'étend pour des salinités allant de 21 à 33‰. Le minimum requis est de l'ordre de 14‰ pour les adultes (Sastry, 1961) et de 22,5‰ pour les larves (Castagna, 1975).

L'optimum de croissance se situe à des températures allant de 22 à 28°C (Kirby Smith et Barber, 1974) ; la croissance débute vers 5°C (Belding, 1910). La température permettant la reproduction se situe autour de 20°C (Sastry, 1970). Néanmoins, dans les zones les plus septentrionales, une température aussi élevée n'est pas nécessaire.

Comme pour tout animal filtreur, une turbidité élevée semble être néfaste pour le pétoncle de baie. Dans les conditions expérimentales, on voit que le taux de filtration est inversement proportionnel à la turbidité.

ORIGINE :

Les trois sous-espèces de pétoncles de baie se répartissent du Maine à la Colombie, sur la côte Est du continent américain (Clarke, 1965 ; Gutsell, 1930).

REPARTITION ACTUELLE :

En plus de son aire d'origine, *Argopecten irradians* a été importé au Canada (Ile du Prince Edouard) en 1979 et en Chine (Mer Jaune et Mer de Chine) en 1982.

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES BIOLOGIQUES :

Le cycle biologique d'*Argopecten irradians* est court : un an et demi à deux ans en moyenne.

Il s'agit d'un hermaphrodite dont la maturité sexuelle est atteinte en une année.

Chaque femelle pond 2 millions d'oeufs par an.

Le nombre de chromosomes de $2n=32$ ne se retrouve sur aucune espèce de pectinidé vivant sur nos côtes. Cela interdit le risque d'hybridation.

MALADIES CONNUES :

Le pétoncle de baie présente relativement peu de maladies.

- Plusieurs espèces de trématodes et de cestodes sont susceptibles d'infester *Argopecten irradians*. Ce sont des parasites de l'ordre des :

- Trypanorhyncha (*Parachristianella sp*)
- Lecanicephalidea (*Polyocephalus sp*, *Tylocephalum sp*)
- Tetraphyllidea (*Acanthobothrium sp*, *Anthobothrium sp*, *Rhinebothrium sp*).

Aucune de ces larves de parasites n'est dangereuse pour l'homme.

- Les apicomplexa sont susceptibles de provoquer de fortes mortalités en élevage, en particulier les coccidies. *Perkinsus marinus*, bien connu sur nos côtes touche aussi *Argopecten irradians*.

- Comme de nombreux autres pectinidés, *Argopecten irradians* peut héberger des chlamydias dans les diverticules digestifs et des rickettsies dans le rein. Ces pathogènes sont essentiellement responsables d'une diminution de productivité, plutôt que d'une réelle mortalité.

- *Argopecten irradians* n'est pas indemne de vers perceurs : *Polydora ciliata* creuse des galeries dans l'épaisseur de sa coquille. Il s'agit d'un hôte indésirable bien connu en France.

- Le "pea crab", *Pinnotheres maculatus*, plus commensal que réel parasite, est parfois hébergé en forte concentration par le pédoncle de baie. Il existe aussi sur nos côtes.

- Enfin, la mise en évidence, toutefois exceptionnelle, d'une haplosporidie du genre *Minchinia* doit être sérieusement prise en compte, étant donné les conséquences dramatiques que cet agent pathogène peut provoquer sur d'autres espèces de bivalves marins.

PRINCIPAUX PREDATEURS :

Les principaux prédateurs à retenir sont :

- Les étoiles de mer : *Asterias forbesii*
Marthasterias sp
Luidia clathrata

- Les oiseaux de mer, capables de gros dégâts lors de marées de très forte amplitude.

- Les bigorneaux perceurs (*Urosalpinx cinerea* et *Euplera caudata*) parfois présents en très grande densité sur les gisements.

- Le crabe vert (*Carcinus maenas*) et le crabe bleu (*Callinectes sapidus*), le crabe vert étant peut-être le prédateur le plus dangereux pour *Argopecten irradians* (Marshall, 1960).

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES ECONOMIQUES :

Dans son aire d'origine, la taille marchande de cinq cm est atteinte en :

- 12 à 17 mois dans le Massachusetts (Belding, 1931)

- 7 à 10 mois en Caroline du Nord (Gutsell, 1930 ; Russel, 1971).

Argopecten irradians présente une très haute valeur commerciale, et la demande sur le marché est non moins importante .

Les techniques d'écloserie et d'élevage sont aujourd'hui bien maîtrisées.

Du fait de sa localisation, il est facile à pêcher. Un investissement minimum en matériel est requis.

2/ LES INTRODUCTIONS D'ARGOPECTEN IRRADIANS DANS LE MONDE

Le pétoncle de baie a déjà fait l'objet de deux introductions :

- La première au Canada.
- La seconde en Chine.

2.1/ Introduction d'*Argopecten irradians* au Canada

L'idée d'introduire une nouvelle espèce de mollusque au Canada remonte aux années 1955 et 1956. Très rapidement, le pétoncle de baie est retenu comme étant une espèce appropriée, mais ce n'est qu'en 1976 qu'une demande officielle, émanant du Département des Pêches et Océans est formulée (cf annexe 5).

Plusieurs candidats sont en compétition ; parmi eux la coquille japonaise *Patinopecten yessoensis* ; mais c'est finalement le pétoncle qui est retenu, car il répond le mieux aux caractéristiques du milieu. Dès lors, une enquête est menée, afin de mieux appréhender cette nouvelle ressource, et ses chances de réussite au Canada :

- la demande de la part des professionnels est forte, le but de cette introduction étant en effet, avant tout, économique ; à la suite de plusieurs années de surpêche, les stocks de la coquille autochtone (*Placopecten magellanicus*) s'épuisent, il est donc important de diversifier la

production.

- *Argopecten irradians* a été introduit avec succès dans le Maine (USA).

- aucune maladie responsable de mortalités importantes n'a jamais été décrite.

- les caractéristiques physico-chimiques de l'eau à l'île du Prince Edouard, lieu hypothétique de l'introduction, sont acceptables.

- les estuaires, les baies, propices à l'implantation du pétoncle de baie, constituent une niche écologique vide de près de 2000 ha.

Argopecten irradians apparaît donc finalement comme le candidat idéal, présentant une valeur marchande élevée, et un marché déjà existant. Sa croissance rapide, son fort taux de reproduction, sont des atouts importants. Sa pêche demande un équipement minimal, et donc un investissement limité.

Néanmoins, certaines réserves sont évoquées :

- l'introduction d'*Argopecten irradians* peut s'accompagner de celle de prédateurs parasites, ou de vecteurs de maladies indésirables. Pour limiter ce risque, il est nécessaire de placer les animaux introduits en quarantaine, et de les maintenir en liberté surveillée pendant une, deux, voire trois générations.

- la compétition avec *Crassostrea virginica* est envisageable.

- l'impact biologique consécutif à l'introduction de cette nouvelle espèce, est comme toujours, incomplètement maîtrisé.

En 1977, la décision d'introduction est finalement retenue par le C.I.E.M., sous réserve d'une mise en quarantaine. Le lieu d'introduction choisi est l'île du Prince Edouard, dans le golfe du Saint Laurent. Les premiers spécimens (340 géniteurs) en provenance du Connecticut, sont

introduits au printemps 1979, et placés en quarantaine à la station de Ellerslie (Ile du Prince Edouard).

En 1980, un second stock d'*Argopecten irradians* est importé, pour pallier une éventuelle défaillance de la reproduction du premier lot. L'un comme l'autre vont pondre et donner des individus de deuxième génération.

C'est alors que des chlamydias et des rickettsies sont mises en évidence. Même si rien ne permet d'affirmer que ces organismes sont pathogènes pour la faune autochtone, il est décidé de maintenir les animaux en quarantaine l'hiver suivant. De nombreuses études ne permettront pas de conclure à un danger potentiel pour les espèces autochtones.

Les premiers essais sur le terrain sont alors programmés, mais juste à ce moment, un parasite du genre des *Minchinia* (*nelsoni* ou *costalis*) est retrouvé dans les effluents de l'élevage. Ce pathogène, susceptible de provoquer de très graves dommages sur les huîtres, retarde encore ces premiers essais. Le parasite ne sera jamais retrouvé ultérieurement.

Depuis le printemps 1982, les pétoncles sont placés en milieu semi-contrôlé, dans quatorze estuaires représentatifs de la diversité de l'île du Prince Edouard. Ceci a permis d'approfondir les connaissances sur les interactions avec les espèces autochtones. Il semble d'autre part que les animaux adultes à partir de 25 mm ne présentent que peu de difficultés à s'adapter aux conditions hivernales.

En 1990, un parasite ressemblant à une espèce du genre *Perkinsus* a été mis en évidence. Les conséquences et risques éventuels sont encore à l'étude.

La réussite successive des pontes a permis d'obtenir des animaux de quatrième et de cinquième génération. Aucun chiffre relatif à la production d'*Argopecten irradians* à l'île du Prince Edouard depuis son introduction ne nous a permis de juger de la réussite de l'opération.

Néanmoins, à ce stade de l'introduction, il faut souligner le considérable investissement, aussi bien en temps, en main d'oeuvre, qu'en argent.

Puisque le pétoncle de baie était une espèce étrangère à la région, il était souhaitable de lui faire subir une quarantaine, afin d'assurer la protection de l'environnement receveur. Dans ce but, une unité de quarantaine a été construite à la station de Ellerslie. Sa caractéristique essentielle est de retraiter tous les effluents de l'élevage, danger potentiel direct pour l'environnement marin.

L'élevage est en circuit fermé : l'eau, après avoir été traitée à l'ozone, est réinjectée dans le circuit. La désinfection à l'ozone a été retenue comme étant la méthode la plus efficace, même si elle est moins répandue que la désinfection par les U.V. ou par le chlore. Quand au circuit fermé, c'est le seul moyen permettant un isolement complet par rapport au milieu extérieur.

Dans de telles conditions, tout problème de contamination de l'environnement a pu être évité. Il est cependant à noter que ce système nécessite une attention constante de la part du personnel, qui doit non seulement s'assurer du bon fonctionnement du circuit de recyclage d'eau, mais aussi répondre aux besoins alimentaires énormes des animaux en milieu fermé.

Dans cette unité, trois générations successives de pétoncles ont été obtenues en deux ans et demi, en utilisant les techniques d'écloserie classiques.

2.2/ L'introduction d'*Argopecten irradians* en Chine

Si l'introduction d'*Argopecten irradians* au Canada est relativement bien décrite, les données relatives à celle en Chine sont beaucoup plus limitées.

Argopecten irradians a été introduit en Chine en décembre 1982. Les géniteurs, placés en milieu contrôlé, sont à l'origine, dès Janvier et Février 1983, d'une seconde génération. Les premiers essais sont apparus

très positifs, et *Argopecten irradians* est présenté comme étant une excellente espèce atteignant sa taille adulte en un an, et capable de s'adapter aussi bien aux caractéristiques de la mer Jaune, qu'à celles de la mer de Chine.

En 1984, les professionnels sont stimulés par la haute valeur économique du pétoncle. Afin de mieux faire connaître cette nouvelle espèce, des brochures consacrées à l'élevage des larves et des adultes sont distribuées à toutes les personnes intéressées.

Le succès de l'élevage dans les années qui ont suivi n'a fait qu'augmenter la popularité du pétoncle auprès des professionnels. Cinq ans après son introduction, le naissain produit en écloserie (700 à 800 millions) est loin de répondre à la demande, et en 1988, environ 50 000 tonnes d'adultes sont mises sur le marché. La seule ombre au tableau est l'existence d'une maladie du naissain (Velum desintegrating disease of larva) responsable d'une mortalité importante en écloserie, et pour laquelle on ne connaît pas encore de traitement. Cependant, même s'il faut rester réservé, l'introduction d'*Argopecten irradians* en Chine apparaît déjà comme une réussite pour l'aquaculture du pays.

3/ QUELS SONT LES SITES POTENTIELS DE L'ELEVAGE D'ARGOPECTEN IRRADIANS SUR LE LITTORAL FRANCAIS ?

3.1/ Définition des caractéristiques générales du site d'introduction.

L'introduction d'*Argopecten irradians* a pour but d'apporter une diversification de la conchyliculture française. D'un point de vue économique, son intérêt est évident, à condition que le site d'introduction retenu permette une croissance rapide de l'animal. Mais, pour pouvoir conserver le contrôle de cette espèce, il est obligatoire que ce site n'autorise pas la prolifération de l'espèce. Elle ne doit par ailleurs, porter aucun

préjudice aux espèces économiquement exploitées actuellement. Il est donc nécessaire de trouver un compromis entre ces différents impératifs. Afin d'empêcher le maintien naturel de l'espèce dans le milieu sauvage, il est possible d'agir à différents stades :

- soit en introduisant l'espèce dans un milieu où l'optimum de température estivale n'autorise pas la reproduction naturelle.

- soit en supprimant le support de fixation nécessaire au recrutement, à savoir l'herbier.

3.2/ Hydrologie des principaux centres conchylicoles

Les principaux centres conchylicoles ont fait l'objet d'études hydrologiques de la part des chercheurs des laboratoires spécialisés dans les recherches appliquées à l'ostréiculture ou à la mytiliculture. On peut donc établir une comparaison entre les régimes hydrologiques des principaux secteurs de reproduction et d'élevage, et souligner les particularités des uns et des autres (Deltreil *et al*, 1974).

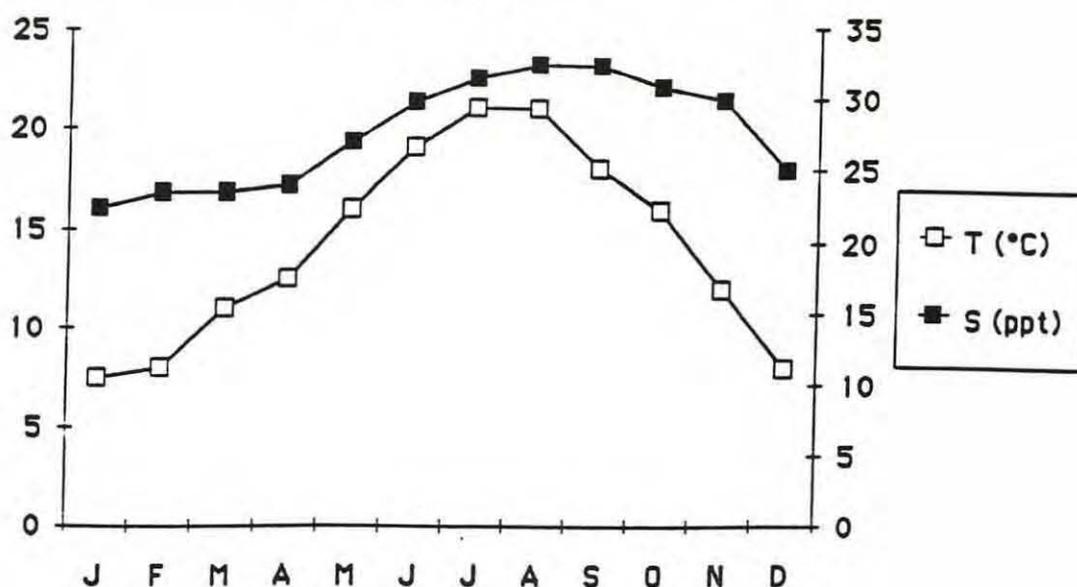
Rivière de Morlaix et de Penzé

Située en bordure d'une côte granitique où la mer est violente, les courants y sont rapides.

Le régime hydrobiologique offre quelques particularités. Les courbes de température et de salinité présentent des différences notables avec celles des rivières morbihannaises. Compte tenu de la latitude, le réchauffement printanier débute plus tardivement que sur la côte Sud, mais le refroidissement automnal et hivernal se manifeste avec le même retard. Le décalage est d'environ un mois. En outre, les températures estivales atteignent des valeurs moins élevées et dépassent rarement 17-18°C. En hiver, elles ne descendent pas au dessous de +6°C.

Les salinités varient très peu au cours de l'année, et ne descendent pas au dessous de 30 ‰ à Morlaix (fig. 27).

Fig. 27 : Rivière de Morlaix : diagramme T-S (fond)
(Deltreil *et al.*, 1974).



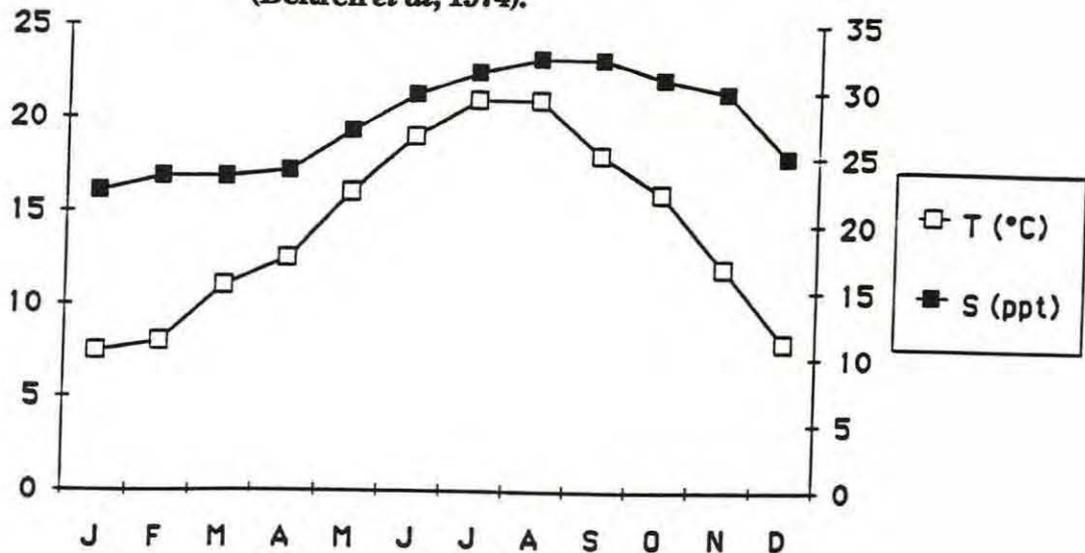
La zone littorale du Morbihan

Elle se trouve séparée en trois régions bien distinctes : à l'Est, le bassin Pénerf-Vilaine entre la presqu'île du Rhuys et la pointe de Piriac ; au centre la baie de Quiberon proprement dite, les rivières d'Auray (fig. 28), de Crach, de Saint Philibert et le Golfe du Morbihan ; à l'Ouest, le secteur d'Étel-Lorient. La baie de Quiberon se trouve particulièrement bien abritée par les îles d'Houat, Hoëdic et Belle-Ile. Chacun de ces estuaires, chaque baie, chaque anse, abrite des parcs ou des gisements.

Les valeurs de la température oscillent habituellement entre +3°C à +5°C en hiver, et 20-22°C en été.

Fig. 28 : Rivière d'Auray : diagramme T-S
(moyennes mensuelles 1961-1971).

(Deltreil *et al*, 1974).



Les salinités sont directement influencées par les apports fluviaux et la pluviosité. On peut distinguer, pour chacune des rivières morbihannaises, un régime de crue et un régime d'étiage. Les effets de la crue se manifestent spectaculairement dans les estuaires d'Auray et de la Vilaine ; ils sont moins marqués ailleurs. On peut alors relever des valeurs inférieures à 5 ‰ dans les eaux superficielles des parties amont à pleine mer. En été, dès que cessent les pluies, l'équilibre tend à se rétablir, de la surface au fond, de l'aval à l'amont ; les salinités deviennent égales ou supérieures à 35 ‰.

Depuis l'implantation du barrage d'Arzal, les salinités observées dans l'estuaire de la Vilaine se répartissent entre 5,4 ‰ et 33,1 ‰, avec un gradient croissant du barrage vers la baie (Merceron, 1985). A l'embouchure, la gamme des salinités est comprise entre 24,8 et 31,7 ‰. Les eaux les plus fortement déssalées sont observées à basse mer de vive eau, à proximité immédiate du barrage, en surface. En dehors de ce cas particulier, les salinités les plus basses sont comprises entre 15 et 20 ‰.

Les turbidités, faibles dans la plupart des rivières à l'exception de la Vilaine, n'augmentent sensiblement qu'en période de crues. A Auray, elles varient de 3 à 14 mg/l en aval, et de 5 à 28 mg/l en amont selon l'importance des apports.

La vitesse des courants varie entre 0,10 m/s et 0,40 m/s (Marteil, 1956) selon le coefficient de marée.

La baie de Bourgneuf

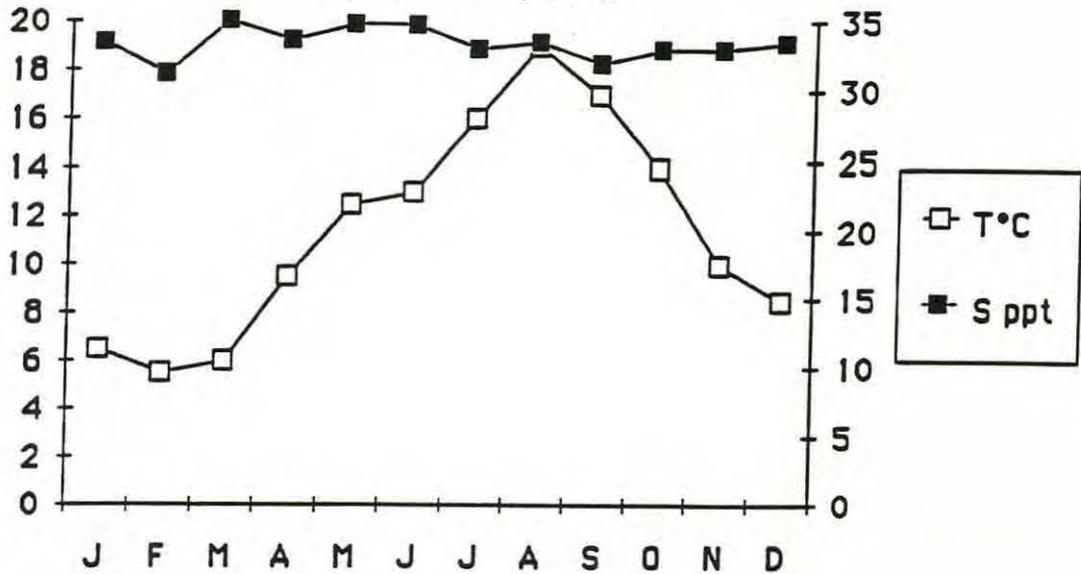
Séparée de l'Océan Atlantique par l'île de Noirmoutier, la baie de Bourgneuf communique avec lui par deux ouvertures d'importance très inégales : au Nord, entre les pointes Saint Gildas et de l'Herbaudière, la passe est large de 12 km alors qu'au Sud, elle se réduit à un étroit goulet. Sur la côte continentale, les vasières sont très plates alors que le substrat rocheux prédomine sur les rivages de Noirmoutier.

L'hydrologie de la baie est caractérisée par l'influence qu'exerce la Loire sur les variations de salinité et de turbidité ainsi que par celle des marées sur la remise en suspension des vases déposées sur le rivage de la côte orientale. Les salinités dans les chenaux oscillent de 32,5 ‰ à 34,6 ‰ selon que la Loire est en crue ou non ; dans la zone littorale, les pluies et les apports des ruisseaux affluents peuvent les abaisser au dessous de 30 ‰.

Les températures varient de 6 à 19°C au cours de l'année, mais peuvent s'élever jusqu'à 21 et 22°C pendant la période estivale près du rivage (Corbeil, 1968). Les turbidités oscillent, selon Gouleau (1971), de 7 à 8 mg/l en moyenne au large jusqu'à 15 à 30 mg/l à proximité des vasières (fig. 29).

Fig. 29 : Baie de Bourgneuf. Diagramme T-S

(Deltreil *et al.*, 1974).



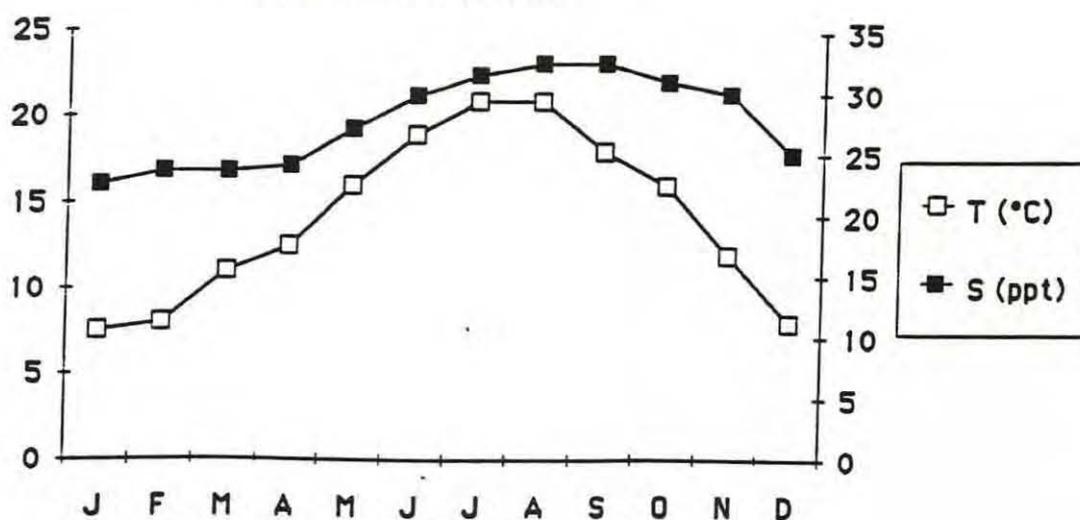
Marennes-Oléron

Le bassin Marenne-Oléron forme une vaste baie limitée, à l'Ouest, par l'île d'Oléron qui le protège des vents dominants et des effets de la houle atlantique, et par la côte continentale à l'Est et au Sud ; il reçoit les eaux de la Charente et de la Seudre mais aussi celles de nombreux autres ruisseaux collecteurs et des marais qui bordent les rivages. Largement ouvert au Nord par le pertuis d'Antioche, il communique encore au Sud avec l'océan par une passe étroite, le pertuis de Maumusson. La topographie particulière du bassin influence son hydrologie.

Cette hydrologie s'apparente étroitement au régime des eaux d'estuaire. L'hétérogénéité est sa principale caractéristique. Les apports d'eau douce par la Seudre et la Charente, affectent plus intensément la salure des eaux au voisinage de leur embouchure qu'à proximité des pertuis où l'influence océanique est prépondérante. En période de crue, la salinité peut descendre au dessous de 5 ‰ dans la partie amont de la Seudre mais tombe rarement au dessous de 15 ‰ au milieu du bassin. En

été, la salinité remonte dans tous les secteurs du bassin mais dépasse rarement 32-33 ‰. Toutefois, dans les claires, elle peut être supérieure à 40 ‰ alors que la température s'élève au-delà des valeurs mesurées en eaux libres où elles oscillent entre 6° et 22°C, s'abaissant exceptionnellement, par grand froid, aux environs de 0°C (1963) mais pouvant aussi, surtout en Seudre dépasser 23°C en été (fig. 30).

Fig. 30 : Bassin de Marennes-Oléron : eaux de surface en Seudre. Diagramme T-S. Moyennes mensuelles (1966-1973).
(Deltreil *et al*, 1974).



La Gironde

L'estuaire reçoit les eaux douces de la Garonne et de la Dordogne. Aussi le régime hydrologique subit-il des fluctuations importantes de salinités et de turbidités. Entre la partie aval où l'influence océanique prédomine et la partie amont, existe une zone saumâtre qui, sur la rive gauche, s'étend de la pointe de Grave au port de By (Le Dantec, 1968). Si la salinité moyenne annuelle est d'environ 20 ‰, les variations saisonnières sont importantes : en été, elle atteint 25,9 ‰, oscille entre 20 et 22 ‰ pendant une courte période tant au printemps qu'en automne et tombe à 16,5 ‰ de décembre à avril.

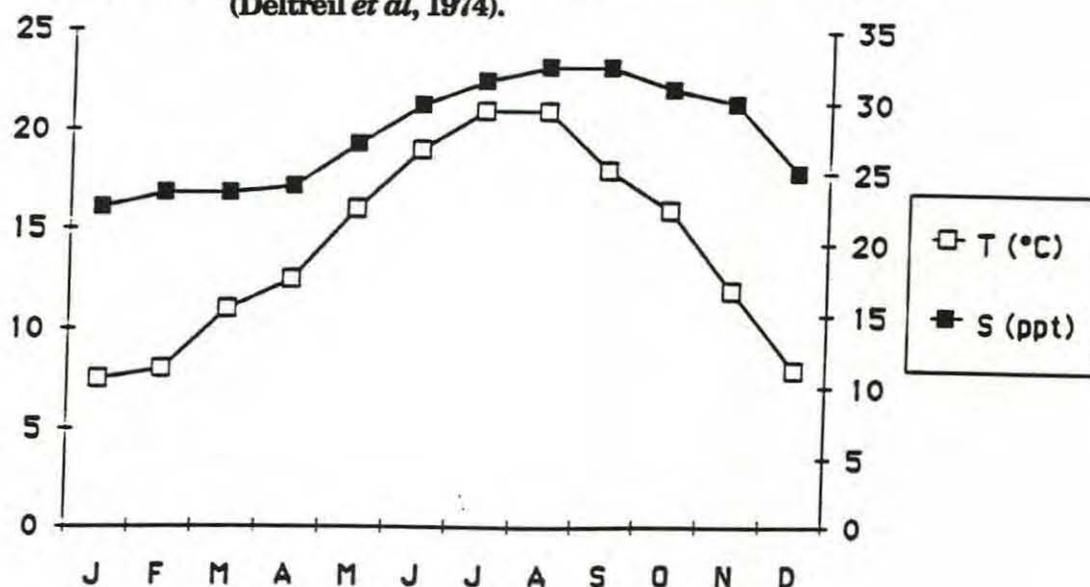
Le régime thermique de la Gironde est très semblable à celui du

bassin d'Arcachon.

Le bassin d'Arcachon

Le bassin d'Arcachon affecte une forme triangulaire de 84 km de périmètre ; sa surface avoisine 15 500 ha dont 5 000 ha de bancs de sable et de vase, les "crassats", qui émergent à marée basse. Il communique avec l'océan par des passes encombrées de bancs de sable particulièrement instables. Il reçoit les eaux de plusieurs cours d'eau dont l'Eyre est le principal. Les températures moyennes de l'eau pour l'ensemble du bassin varient de 8 à 21°C et suivent une courbe sensiblement parallèle à celle de l'air ; elles peuvent être plus faibles ou plus fortes selon les stations et les années, descendre jusqu'à 4°C ou monter à 22°C et plus.

Fig. 31 : Bassin d'Arcachon. Diagramme T-S
(Deltreil *et al.*, 1974).



Les salinités moyennes oscillent de 26 à 33 ‰. Leur régime est saisonnier comme dans toutes les régions littorales et varie de l'aval à l'amont. L'influence des eaux douces se fait sentir dès le début de l'automne sur la côte sud où elle s'accroît en hiver ; sur la côte ouest à la fin de l'hiver et au début du printemps ; dans la zone centrale de la baie à la fin du printemps. En période de crue, dans les zones amont, les salinités peuvent descendre au dessous de 20 ‰ (fig. 31).

La vitesse des courants est généralement faible en période de morte-eau et comprise entre 0,30 m/s et 0,40 m/s ; elle double en vive-eau pour atteindre 2 m/s, en surface, dans les grands chenaux.

Etang de Thau

Situé à proximité immédiate de Sète, l'étang de Thau comprend deux parties d'inégale importance. Il a une longueur maximale de 19,5 km ; sa plus grande largeur atteint 4,5 km. Sa profondeur moyenne varie de 1 à 3 m dans la crique de l'Angle et de 3 à 4 m dans le secteur ouest. Il reçoit les eaux du canal du Midi et de nombreux ruisseaux s'y déversent. Bien que très faible, le phénomène de marée y est sensible ; les échanges avec la mer en dépendent partiellement mais les vents exercent une influence déterminante (Audouin, 1962).

Le régime thermique de l'étang est encore plus étroitement lié qu'ailleurs aux températures de l'air, en raison de sa faible profondeur. La température moyenne de l'eau est minimale en février, maximale en juillet-août. Elle varie habituellement entre 4°C et 22°C, mais peut, en période de grand froid, tomber aux environs de 0°C (Février 1956) ou par forte chaleur atteindre 28°C (1973).

La salinité moyenne s'établit aux environs de 34‰. Elle peut exceptionnellement descendre à 30 ‰ (1972) ou dépasser 37 ‰ (1968).

La vitesse des courants qui, dans l'Etang des Eaux Blanches oscille entre 0,10 et 0,20 m/s, est plus faible que dans le Grand Etang. Ces conditions écologiques, si elles sont favorables à la croissance des mollusques comme à l'utilisation de techniques telles que l'élevage en suspension, le sont aussi au déclenchement des phénomènes d'eutrophisation susceptibles de provoquer des mortalités qui affectent périodiquement les mollusques de l'étang.

3.3/ Phytoplancton de quelques régions conchylicoles

La teneur en phytoplancton est assez élevée dans les zones

conchylicoles. Elle est en effet le support alimentaire de tout l'élevage (fig. 32).

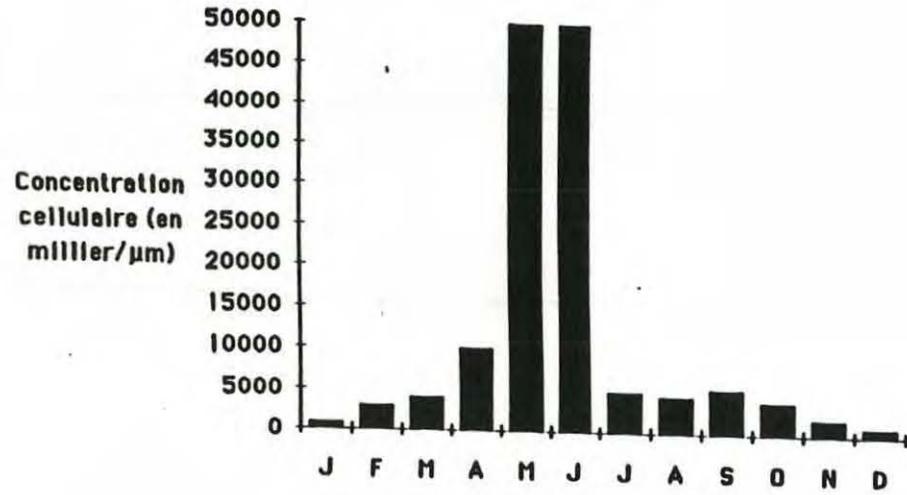
En Bretagne, les cycles phytoplanctoniques correspondent plus aux saisons sur la côte méridionale que sur la côte nord. Au sud, on relève deux poussées maximales, l'une au printemps, l'autre en automne ; au nord, il n'y a qu'un seul maximum, en été, mais les conditions moyennes y sont plus élevées (Le Borgne *et al*, 1974).

L'inventaire effectué par Paulmier (1965, 1971, 1972) lui a permis d'identifier jusqu'ici 507 espèces, variétés et formes de Diatomées appartenant à 98 genres, et 177 espèces, variétés et formes de Dinophycés représentant 36 genres en rivière d'Auray.

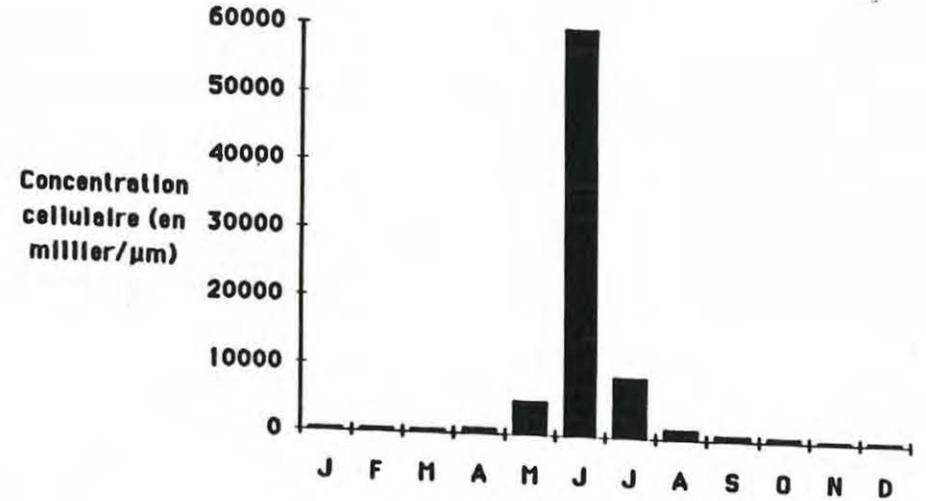
Dans le bassin de Marennes-Oléron, on note aussi une très grande diversité de flore.

Le cycle saisonnier du phytoplancton du bassin d'Arcachon, ouvert pourtant sur l'Océan Atlantique et soumis au régime des marées n'est pas très différent de celui de l'étang de Thau. On trouve la même succession de brusques floraisons végétales, de ralentissement de la production et de *minima*. Cette séquence de variations saisonnières qualitatives et quantitatives n'est pas sans influence sur l'élevage des mollusques. Dans l'étang de Thau, le phytoplancton est dominé par les Diatomées, aussi nombreuses que diverses, alors que les Dinoflagellés sont aussi pauvres en individus qu'en espèces, sauf au printemps et en été. Mais bien que sujet à de très grandes variations saisonnières, qualitatives et quantitatives, le plancton végétal ne fait jamais défaut dans l'étang, et paraît assez abondant pour assurer la croissance des coquillages.

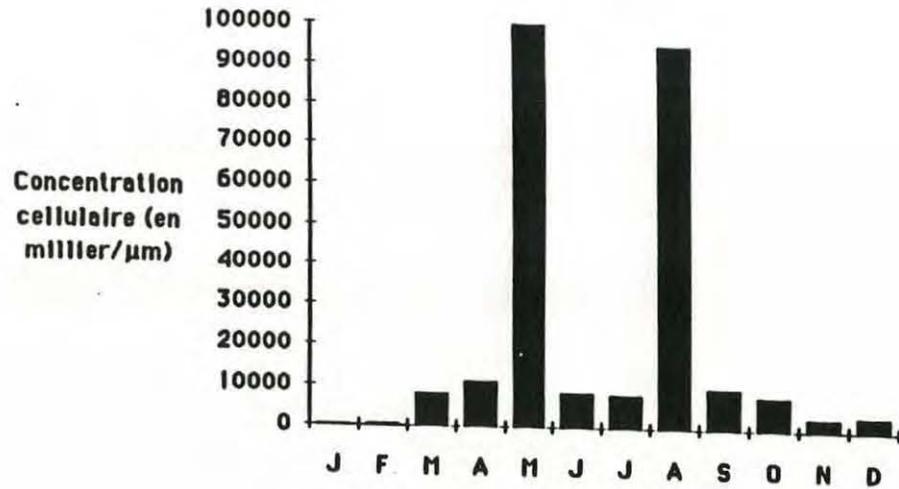
AURAY



MORLAIX



BELON



PENZE

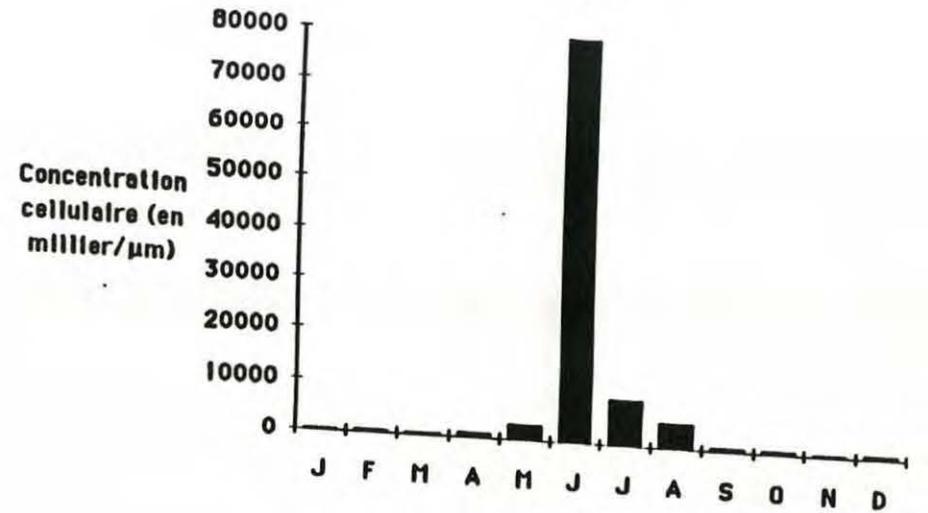


Fig. 32 : Cycle annuel de la production phytoplanctonique dans les estuaires bretons.

(Le Borgne et al, 1974).

3.4/ Couverture végétale

L'habitat naturel du pétoncle de baie est constitué d'un sol sableux, recouvert d'une végétation assez dense : les herbiers à zostères. Cette couverture végétale lui sert à la fois de support de fixation, de piège de particules alimentaires, et de zone de protection.

Les zostères sont des angiospermes marines présentes dans les zones côtières peu profondes, où la disponibilité lumineuse, ainsi que la température et la salinité sont parfois très variables. On rencontre trois espèces différentes sur le littoral français :

- *Zostera marina* domine les côtes atlantiques de l'Europe. Les renseignements concernant la distribution précise des herbiers à *Zostera marina* sont difficiles à obtenir, d'autant plus qu'au cours des années, leur répartition présente des fluctuations (Glémarec *et al*, 1986). Néanmoins, on sait que dans la région de Roscoff et de l'île de Batz, les zostères sont présentes en quantité abondante. *Zostera marina* existe aussi dans la baie de Morlaix et dans le golfe du Morbihan.

- *Zostera noltii* est plus petite que la précédente. Elle est présente sur les côtes atlantiques européennes où elle colonise les hauts niveaux des estrans vaseux, le long de la Mauritanie, dans la Mer Méditerranée et la Mer Noire. Elle est abondante sur la côte d'Azur.

- *Zostera angustifolia* est la troisième espèce. Elle est bien adaptée aux zones intertidales.

3.5/ Les zones susceptibles d'accueillir l'élevage du pétoncle de baie.

	Température	Salinité	Turbidité	Herbiers	Compétition interspécif.
Biotope idéal	> 20°C	30 ‰	< 10 mg/l	+++	nulle
Baie de Seine	< 17°C				Coq. St Jacq. +++
Manche	6°C < T° < 18°C	30 ‰		Roscoff +++ Morlaix +++ Abers +++	Coq. St Jacq. +++
Rade de Brest		32 à 35 ‰			Pétoncle noir Coq. St Jacq. + (Mer Iroise)
Morbihan	3°C < T° < 22°C	25 à 35 ‰	3 à 28 mg/l	Golfe +++	Pétoncle noir Coq. St Jacq. (Belle Ile)
Bourgneuf	6°C < T° < 22°C	30 à 35 ‰	7 à 30 mg/l		Pétoncle noir (La Rochelle) Coq. St Jacq (Perth.Breton)
Marennes-Oléron	6°C < T° < 23°C	15 à 33 ‰			
Gironde	8°C < T° < 21°C	16 à 26 ‰			
Arcachon	8°C < T° < 22°C	26 à 33 ‰			
Méditerranée	0°C < T° < 28°C	30 à 37 ‰		+++	

Tab. 15 : Tableau récapitulatif des principales données obtenues (original).

Les caractéristiques hydrologiques des principaux centres conchylicoles français laissent à penser que la plupart d'entre eux conviendraient parfaitement à l'élevage d'*Argopecten irradians*. Si l'on souhaite maîtriser parfaitement la reproduction, on peut envisager d'introduire l'espèce au nord de la Rade de Brest. Néanmoins, il faut se rappeler qu'aux Etats-Unis, la reproduction naturelle peut se réaliser à des températures inférieures à 20°C, pour les populations les plus septentrionales.

On peut aussi interrompre le cycle biologique de l'animal, en supprimant le support de fixation nécessaire au recrutement en milieu naturel, à savoir l'herbier. Les données concernant la localisation précise des herbiers à zostères sont insuffisantes pour répondre à cette question, d'autant plus que la répartition de ceux-ci fluctue au cours du temps.

Enfin, pour éviter la compétition interspécifique avec d'autres espèces commercialement exploitables, il est important d'éviter les zones de la Baie de Seine, de la Baie de Morlaix, et de la Mer d'Iroise, où la coquille Saint Jacques est déjà bien implantée.

CONCLUSION

Le but de ce travail était d'établir la faisabilité technique de l'introduction et de l'adaptation d'*Argopecten irradians* en France. De cette étude, il ressort que :

- le pétoncle de baie est un animal qui grandit vite. Il atteint en un an sa taille marchande.

-les professionnels maîtrisent aujourd'hui parfaitement les techniques d'élevage larvaire et post-larvaire.

- c'est un pectinidé de zone côtière, très résistant, qui supporte dans son environnement d'origine de grandes variations de température et de salinité.

- le marché des pectinidés est déjà bien développé en France, premier importateur mondial.

- le pétoncle de baie est sensible aux mêmes maladies que les autres pectinidés et ne présente aucune pathologie nouvelle, décrite dans la littérature, susceptible d'être introduite accidentellement. Le respect d'une observation stricte des animaux au cours de la quarantaine doit, de plus, permettre de réduire au maximum les risques.

- enfin, le littoral français semble convenir aux exigences biologiques de l'animal. Il devrait donc pouvoir s'acclimater assez facilement sur nos côtes.

Autant d'atouts faisant du pétoncle de baie un candidat idéal à l'introduction sur le littoral français.

ANNEXE 1 : EXTRAIT DU CODE RURAL.

ARTICLE 413

Il est interdit, sous peine d'une amende de 2 000 F à 6 000 F :

1° d'introduire dans les eaux visées par le présent titre, des poissons appartenant à des espèces susceptibles de provoquer des déséquilibres biologiques et dont la liste est fixée par décret. Le transport des poissons de ces espèces est interdit sans autorisation, délivrée dans les conditions fixées par décret en Conseil d'Etat ;

2° d'introduire sans autorisation dans les eaux visées par le présent titre des poissons qui n'y sont pas représentés. La liste des espèces représentées est fixée par le ministre chargé de la pêche en eau douce ;

3° d'introduire dans les eaux classées en première catégorie, en vertu du 10° de l'article 437, des poissons des espèces suivantes : brochet, perche, sandre et black-bass ; toutefois, cette disposition n'est pas applicable aux lacs Léman, d'Annecy et du Bourget ;

4° d'introduire dans les eaux visées au présent titre, pour réempoissonner ou aleviner, des poissons qui ne proviennent pas d'établissements de pisciculture ou d'aquaculture agréés dans les conditions fixées par décret en Conseil d'Etat.

ARTICLE 434

Les vidanges de plans d'eau visés ou non à l'article 402 sont soumises à autorisation en application du présent article. Ces autorisations déterminent le programme de l'opération et la destination du poisson.

Quiconque effectue une vidange sans l'autorisation prévue à l'alinéa précédent sera puni d'une amende de 1 000 F à 80 000 F.

ANNEXE 2

MINISTRE DES TRANSPORTS
SECRETARIAT GENERAL DE LA MARINE
MARCHANDE

Direction des Pêches Maritimes

Paris, le 21 novembre 1966

N° 4 1 6 0 P.3

- A R R Ê T É -

LE MINISTRE DES TRANSPORTS,

VU le décret-loi du 9 janvier 1852, modifié, sur la pêche maritime côtière et notamment l'article 3, 6°, 7° et 11° de ce décret;

VU les décrets des 4 juillet 1853, 19 novembre 1859 et 10 mai 1862,

VU le règlement d'administration publique du 21 décembre 1915 modifié, pris en exécution de l'article 2 du décret-loi du 9 janvier 1852 susvisé;

VU l'ordonnance du 3 juin 1944 portant réorganisation des pêches maritimes et notamment son article 4,

VU l'arrêté 5902 MMP.2 du 30 décembre 1964 relatif à l'immersion dans les eaux françaises des coquillages provenant de pays étrangers;

VU l'avis du Directeur de l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes,

Le Comité Interprofessionnel de la Conchyliculture consulté,

A R R Ê T É :

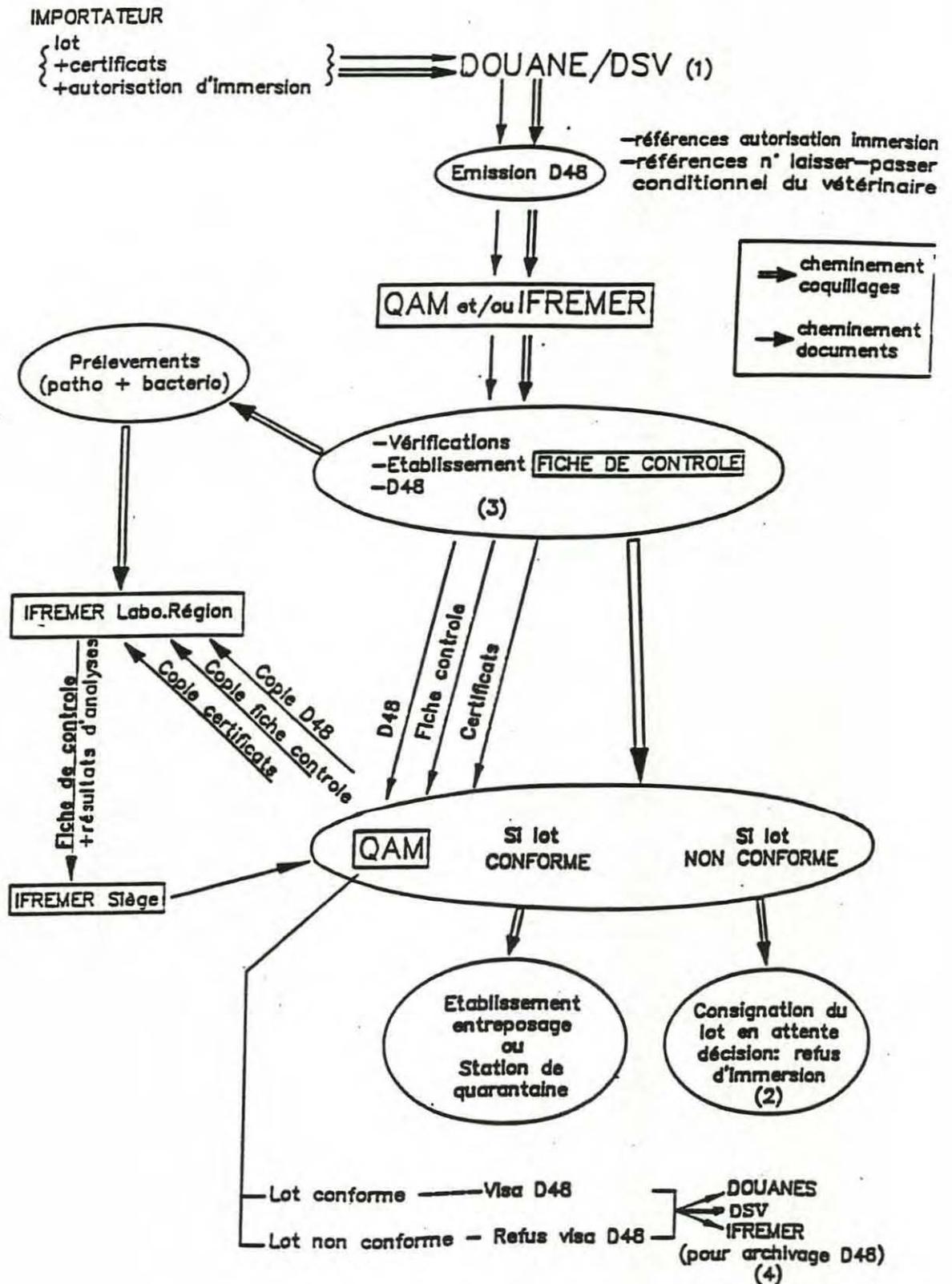
Article 1er

L'immersion de tous coquillages - à l'exception des bigorneaux - provenant de pays étrangers est formellement interdite dans les eaux françaises.

Article 2

Toutefois, des dérogations à cette interdiction peuvent être accordées par le Ministre chargé de la Marine Marchande, après étude de chaque cas particulier par l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes et sous réserve que les bénéficiaires éventuels prennent l'engagement écrit, dans leur demande même, de soumettre, obligatoirement avant immersion, les lots de coquillages provenant de pays étrangers, à l'examen des représentants dudit Institut et de se conformer, dans tous les cas, aux instructions de ses représentants.

CONTROLE DES IMMERSIONS
DE COQUILLAGES D'ORIGINE ETRANGERE



ANNEXE 4

PROTOCOLE D'INSPECTION DES MOLLUSQUES.

D'après : "Drafts protocols for inspection of marine species prior to importation", ICES, May 1983.

L'exportation ou l'importation de coquillages doit se faire après examen attentif, en accord avec le protocole suivant :

1/ Examen de la coquille

1.1/ Externe

La coquille ne doit présenter à sa surface ni épibiontes, ni autres mollusques, gastéropodes, crustacés, polychètes, échinodermes ou algues...

1.2/ Interne

La coquille doit présenter un aspect lisse, propre, sans aucune structure anormale : polychètes perceurs, maladies à l'origine d'une déformation de la coquille...

2/ Examen de la chair

- L'étude macroscopique et microscopique des tissus in vivo ne révèle aucune anomalie, maladie ou parasite. Cet examen doit concerner le manteau, les branchies, la masse viscérale et les muscles. Aucune lésion, parasite, kyste, pustule, tumeur ou décoloration n'est visible.

- Des coupes de tissu, réalisées au microscope électronique, ne présentent ni maladie, ni parasite (virus, rickettsie, bactérie, protiste ou métazoaire). Si nécessaire, des études plus approfondies pour identifier les organismes observés doivent être menées.

3/ Echantillonnage

1/ Prélèvement d'un échantillon et acheminement jusqu'au laboratoire dans de bonnes conditions.

2/ La taille de l'échantillon doit être exploitable statistiquement (30 animaux minimum).

3/ Des biologistes qualifiés doivent superviser l'opération échantillonnage. Des commémoratifs doivent être joints à l'échantillon.

4/ Ces mêmes biologistes doivent rechercher les parasites et les maladies

éventuelles.

5/ Un second échantillonnage peut s'avérer nécessaire : à une autre saison, dans une autre région.

ANNEXE 5

CALENDRIER DE L'INTRODUCTION D'ARGOPECTEN IRRADIANS AU CANADA

D'après "Introduction of the bay scallop to Prince Edward Island,
Canada", ICES, May 1983.

- 1976 =
 - Proposition faite au gouvernement fédéral d'importer le pétoncle de baie *Argopecten irradians* .
 - Etude des caractéristiques physico-chimiques du milieu à l'île du Prince Edouard. Estimation de la réussite de l'introduction d'*Argopecten irradians* .
 - Relevé des principaux paramètres physico-chimiques du milieu pendant une année sur quatre estuaires sélectionnés.
 - Le Département des Pêches et Océans réalise une étude bibliographique sur l'animal, et envisage d'observer *Argopecten irradians* dans son milieu naturel.

- 1977 =
 - Proposition d'introduction de l'espèce au Comité Consultatif d'Introduction d'Espèces non Indigènes.
 - Discussions
 - Décision d'importation retenue, sous réserve d'une mise en quarantaine préalable.

- 1978 =
 - Mise en place d'une unité de quarantaine à la station d' Ellerslie (Ile du Prince Edouard) et perfectionnement du système de traitement des effluents par l'ozone.

- 1979 =
 - Importation des premiers animaux au printemps afin de tester l'efficacité du système de quarantaine. Après mise au point, destruction de ce premier lot d'animaux.
 - Importation du premier lot de géniteurs. Obtention

- d'une descendance F1a.
 - Destruction du stock parental.
 - Contrôle permanent sur les animaux.
- 1980 =
- Deuxième importation en provenance de Nouvelle-Angleterre, pour suppléer à une éventuelle défaillance du premier stock.
 - Obtention d'une F1b à partir des géniteurs.
 - Mise en évidence de chlamydias sur ce lot.
 - Dans le même temps, mise en évidence de chlamydias sur les pétoncles F1a et F2a (deuxième génération de la première importation).
 - Bien que le danger représenté par ces organismes ne soit pas prouvé, décision de conserver les animaux en quarantaine pendant l'hiver 1980-1981.
- 1981 =
- Analyse poussée du chlamydia au laboratoire d'analyses d'Halifax. La tentative de culture échoue.
 - Plusieurs espèces autochtones sont examinées afin de rechercher des chlamydias : on en identifie sur des "deep sea scallop".
 - Après discussion avec les experts américains et canadiens, la conclusion est que les chlamydias ne sont pas pathogènes pour les espèces autochtones. La quarantaine est partiellement levée en juillet.
 - Fin juillet une haplosporidie proche de *Minchinia nelsoni* ou *Minchinia costalis* est retrouvée dans les effluents de l'élevage. Les dégâts provoqués par ces parasites sur les huîtres américaines peuvent être considérables. C'est pourquoi la levée de quarantaine est suspendue.
 - En décembre, aucun nouveau parasite n'a pu être mis en évidence. La quarantaine est levée.
- 1982 =
- Les individus provenant des générations F3a et F4a sont lâchés dans la rivière Bidefort, près de la station d'Ellerslie.

- La recherche de maladies ou parasites sur ces animaux se révèle négative.
- L'autorisation de placer des pétoncles dans les estuaires tout autour de l'île est accordée.
- Ceux-ci sont très rigoureusement suivis afin de déterminer les mouvements et les interactions avec les espèces indigènes.

- 1983 =

En mars et avril, les animaux placés dans le milieu naturel se reproduisent, donnant naissance à des animaux de quatrième et de cinquième génération.

BIBLIOGRAPHIE.

* Références citées

- Références consultées

- 1* ABBOTT, R.T. 1974. American seashells. Princeton, Van Nostrand, 541 p.
- 2- ADAMKEWICZ, L. et M. CASTAGNA. 1988. Genetics of shell color and pattern in the bay scallop, *Argopecten irradians*. J. of Hered. 79 : 14-17.
- 3- ADVISORY COMMITTEE ON THE INTRODUCTION OF NON-INDIGENOUS SPECIES. 1983. Introduction of the bay scallop (*Argopecten irradians irradians*) to Prince Edward Island, Canada. A working paper.
- 4* AUDOUIN, J. 1962. Hydrologie de l'étang de Thau. Pêches Marit. 26(1) : 5-104.
- 5* BARBER, B.J. et N.J. BLAKE. 1981. Energy storage and utilization in relation to gametogenesis in *Argopecten irradians concentricus* (Say). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 52 : 121-134.
- 6- BARBER, B.J. et N.J. BLAKE. 1983. Growth and reproduction of the bay scallop, *Argopecten irradians* (Lamarck) at its southern distributional limit. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 66 : 247-256.
- 7* BARBER, B.J. et N.J. BLAKE. 1985. Intra-organ biochemical transformations associated with oogenesis in the bay scallop, *Argopecten irradians concentricus* (Say), as indicated by C₁₄ incorporation. Biol. Bull. 168 : 39-49.
- 8* BARBER, B.J. et N.J. BLAKE. 1986. Reproductive effort and cost in the bay scallop, *Argopecten irradians concentricus*. Int. J. of Invert. Reprod. and Devel. 10 : 51-57.
- 9* BAYNE, B.L. et R.C. NEWELL. 1983. Physiological energetics of marine molluscs. In : A.S.M. Saleuddin and Wilbur (Edit.); the mollusca, 4(1). Academic press, N.Y.. P 407-515.

- 10* BEAUMONT, A.R. et LL. D. GRUFFYDD. 1974. Studies of the chromosomes of the scallop *Pecten maximus* (L.) and related species. J. Mar. Ass. U.K., 54, 713-718.
- 11* BEAUMONT, A. et P. CASSIER. 1975. Biologie animale des protozoaires aux métazoaires épithélioneuriens. Dunod. Univ., Bordas, Paris.
- 12* BELDING, D.L. 1910. A report upon the scallop fishery of Massachusetts. Boston, Commonwealth of Massachusetts, 50 p.
- 13* BELDING, D.L. 1931. The scallop fisheries of Massachusetts. Commonwealth of Mass., Dept. of conservation, Div. of Fish. and Game, Marine fisheries series N°2.
- 14- BISKER, R. et M. CASTAGNA. 1987. Effect of air-supersaturated seawater on *Argopecten irradians concentricus* (Say) and *Crassostrea virginica* (G.), J. Shell. Res., 6(2) : 79-83.
- 15* BLAKE, J.A. et J.W. EVANS. 1973. *Polydora* and related genera as borers in mollusk shells and other calcareous substrates. The Veliger, 15(3) : 235-249.
- 16* BLAKE, N.J. et A.N. SASTRY. 1978. Neurosecretory regulation of oogenesis in the bay scallop, *Argopecten irradians irradians*. 13th European Marine Biology Symposium, Isle of Man.
- 17* BLAKE, N.J. et P.P. YEVICH. 1972. The neurosecretory cycle of the bay scallop, *Argopecten irradians irradians*, Gen. and Comp. Endocr. 18(3).
- 18- BRICELJ, V.M., J. EPP et R.E. MALOUF 1987. Comparative physiology of young and old cohorts of bay scallop *Argopecten irradians irradians* (L.) : mortality, growth, and oxygen consumption, J; Exp. Mar. Biol. Ecol., 112 : 73-91.
- 19- BRICELJ, V.M., J. EPP et R.E. MALOUF 1987. Intraspecific variation in reproductive and somatic growth cycles of bay scallop *Argopecten irradians*, Mar. Ecol., 36 : 123-137.
- 20* BROOM, M.J. 1976. Synopsis of biological data on scallops : *Chlamys opercularis* (Linnaeus), *Argopecten irradians* (Lamarck), *Argopecten gibbus* (Linnaeus), FAO Fisheries synopsis N°114, 44p.
- 21* BURLE, E. et W.W. KIRBY-SMITH. 1979. Growth of the bay scallop *Argopecten irradians*, fed an artificial diet rich in protein. Estuaries, 2(3) : 206-208.

- 22* CAKE, E.W. 1976. Larval cestode parasites of edible mollusks of the northeastern gulf of Mexico, Gulf Res. Rep. 6(1) : 1-8.
- 23* CAKE, E.W. 1972. Larval cestode infections in several edible bivalve mollusks from the vicinity of St Teresa, Florida, Proc. Nat. Shell. Assoc. 63.
- 24- CARDIN, M. 1944. La coquille Saint-Jacques *Pecten maximus* - Biologie, pêche, utilisation. Thèse Doc. Vét. Alfort, N° 9.
- 25* CARMICHAEL, et B.A. FOWLER. 1981. Cadmium accumulation and toxicity in the kidney of the bay scallop *Argopecten irradians*, Mar. Biol., 65 : 35-43
- 26* CARMICHAEL, N.G., K.S. SQUIBB, et B.A. FOWLER. 1979. Metals in the molluscan kidney : a comparison of two closely related bivalve species (*Argopecten*), using X-Ray microanalysis and atomic absorption spectroscopy, J. Fish. Res. Board Can, 36 :1149-1155.
- 27* CASTAGNA, M. et W. DUGGAN. 1971. Rearing the bay scallop, *Argopecten irradians*. Proc. Natl. Shellfish. Assoc., (61) : 80-85.
- 28* CASTAGNA, M. et W. DUGGAN. 1971. Spawning and rearing the bay scallop, Sea Grant Advisory Services Project, 5.
- 29* CASTAGNA, M. 1975. Culture of the bay scallop *Argopecten irradians* in Virginia. Mar. Fish. Rev., 37(1) : 19-24.
- 30- CHANDLER MIDDLETON, K. 1983. Bay scallops : a mariculture species whose time as come. Aquaculture magazine.
- 31- CHANG, S.C *et al.* 1980. Status of cytoplasmic prokaryote infections and neoplasms in bivalve mollusks. 6th Food and Drug Science Symposium on Aquaculture.
- 32* CHAUSSADE, J. et J.P. CORLAY. 1988. Atlas des pêches et cultures marines en France. G.I.P. Reclus : 103 pp.
- 33* CHIPMAN, W.A. et J.G. HOPKINS. 1954. Water filtration by the bay scallop *Argopecten irradians*, as observed with the use of radioactive plankton. Biol. Bull. (Woods Hole) 107 (1) : 80-91.
- 34* CLARKE, A.H., Jr. 1965. The scallop superspecies *Argopecten irradians* (Lamarck). Malacologia, (2) : 161-88.
- 35* CLARKE, A.H., D.J. STANLEY, J.C. MEDCOF et R.E. DRINNAN. 1967. Ancient oyster and bay scallop shells from Sable Island, Nature, 215 : 1146-1148.
- 36- COCHARD, J.C. 1990. Presentacion del cultivo de moluscos en Francia, Actas III Congreso Nac. Acuicult. : 941-955.

- 37* COMPS, M. 1980. Infections rickettsiennes chez les mollusques bivalves des côtes françaises. Conseil International pour l'Exploration de la Mer. Réunion spéciale sur les maladies des poissons, crustacés et coquillages d'importance commerciale. N°40.
- 38* COOPER, R.A. et N. MARSHALL. 1963. Condition of the bay scallop, *Argopecten irradians*, in relation to age and the environment, Chesapeake Science, 4(3) : 126-134.
- 39* CORBEIL, M.J. 1968. Etude sur la reproduction des huîtres portugaises en Baie de Bourgneuf. Pêches Marit. 32(4) : 387-396.
- 40* COURTENAY, W.R. 1978. Biological impacts of introduced species and management policy in Florida, 237-257, in : Exotic species in mariculture, R. MANN (edit.), MIT Press, Cambridge, Mass.
- 41* COURTENAY, W. R. et C. R. ROBINS. 1973. Exotic aquatic organisms in Florida, with emphasis on fishes : a review and recommendations. Trans. Amer. Fish. Soc. 102(1) : 1-12.
- 42- CROWE, W.A., Status report on the japanese scallop *Patinopecten yessoensis* (Jay), Working group of ICES, May 1989.
- 43* DAKIN, W.J. 1910. The eye of Pecten. Quarterly journal of microscopical science, new series, 55(217).
- 44* DAVIS, R.L. et N. MARSHALL. 1961. The feeding of the bay scallop, *Argopecten irradians*, Proc. Mar. Shell. Assoc., 52 : 25-29.
- 45- DEAN, D. 1979. Introduced species and the Maine situation, 149-161 in : Exotic species in mariculture, R. MANN (edit.), MIT Press, Cambridge, Mass.
- 46* DELTREIL, J.P., M. FEUILLET, P. GRAS, J. MARIN et L. MARTEIL. 1974. Le milieu physico-chimique, dans : La Conchyliculture française, première partie, ISTPM.
- 47* DODD, J.R. 1969. Effect of light on rate of growth of bivalves. Nature 224 : 617-618.
- 48* DUGGAN, W.P. 1973. Growth and the survival of the bay scallop, *Argopecten irradians*, at various locations in the water column and at various densities, Proc. Nat. Shell. Assoc. 63 : 68-71.
- 49* DUGGAN, W.P. 1975. Reactions of the bay scallop, *Argopecten irradians*, to gradual reductions in salinity. Chesapeake Science 16 (4) : 284-286.

- 50- DUPORTE, P.M. 1988. Contribution à l'étude de la distribution géographique du poisson-chat en France. Résultats d'une enquête effectuée auprès de l'ensemble des fédérations départementales des associations agréées de pêche et de pisciculture. Thèse Doct. Vét., Toulouse N°3.
- 51* DUPOUY, H. 1983. Bilan et perspectives de la pêche et de la culture des pectinidés (coquilles Saint-Jacques et pétoncles) dans le monde, La Pêche Maritime, 704-712.
- 52* DUPUY, J.L. Personal communication.
- 53- ECKMAN, J.E. 1987. The role of hydrodynamics in recruitment, growth, and survival of *Argopecten irradians* (L.), and *Anomia simplex* (D'Orbigny) within eelgrass meadows, J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 106 : 165-191.
- 54- ECKMAN, J.E., C.H. PETERSON et J.A. CAHALAN. 1989. Effects of flow speed, turbulence, and orientation on growth of juvenile bay scallops *Argopecten irradians concentricus* (Say), J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 132 : 123-140.
- 55* EPIFANIO, C.E. 1976. Shell deformity among scallops (*Argopecten irradians* L.) cultured in a recirculating seawater system, Aquaculture, 9 : 81-85.
- 56- EPP, J., V.M. BRICELJ et R. MALOUF. 1988. Seasonal partitioning and utilization of energy reserves in two ages classes of the bay scallop *Argopecten irradians irradians* (L.), J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 121.
- 57* FEDER, H.M. 1972. Escape responses in marine invertebrates. Sci. Amer. 227(1) : 92-100.
- 58* FRANC, A. 1960. Classe des bivalves : Anatomie, systématique, biologie. Dans traité de zoologie, Vol. 5 - GRASSE (P.P.), Paris, Masson et cie.
- 59* GATES, J.M., G.C. MATTHIESSEN et C.A. GRISCOM. 1974. Aquaculture in New England. Univ. of Rhode Island, Mar. Tech. Rep. series N°18, 78 pp.
- 60* GAULT, D. 1977. Les coquilles Saint-Jacques : expériences d'aquaculture. Thèse Doc. Vét. Alfort, N° 41.
- 61* GETCHELL, R.G. 1991. Diseases and parasites of scallops. In : Scallops : Biology, ecology and aquaculture, SHUMWAY (edit.), Elsevier.
- 62* GIBBONS, M.C. et M. CASTAGNA. 1984. Serotonin as an inducer of

- spawning in six bivalve species, *Aquaculture*, 40 : 180-191.
- 63* GLEMAREC, M., H. LE BRIS et C. LE GUELLEC. 1986. Modification des écosystèmes des vasières côtières du sud-Bretagne. *Hydrobiologia*, 142 : 159-170.
- 64* GLOBEFISH. 1990. The world market for bivalves.
- 65- GOLDBERG, R. 1977. Some effects of gas-supersaturated seawater on *Spisula solidissima* and *Argopecten irradians*, *Aquaculture*, 14(4) : 281-287.
- 66* GOULEAU, D. 1971. Le régime hydrodynamique de la baie de Bourgneuf et ses conséquences sur la sédimentation. *Cah. Océano.*, 13(7) : 629-647.
- 67- GRIZEL, H., Introduction de l'huître creuse *Crassostrea gigas* en France, Groupe de travail du C.I.E.M., Bergen, 1983.
- 68* GUTSELL, J.S., Natural history of the bay scallop. *Bull. Bur. Fish. Wash., D.C.*, XLVI : 569-632, 1930.
- 69- HAMILTON, P.V., M.A. WINTER et R.K. PEGG. 1981. Effects of whole drilling mud and selected components on the shell movements of the bay scallop, *Argopecten irradians*. *Northeast Gulf Science*, 5(1) : 13-20.
- 70* HARSHBARGER, J.C., CHANG S.C. et OTTO S.V. 1977. Chlamydia (with phages), mycoplasmas, and rickettsiae in Chesapeake Bay bivalves. *Science*, 196, 666-668.
- 71- HEFFERNAN, P.B., L. RANDAL, W. et D.M. GILLEPSIE. 1988. Biological feasibility of growing the northern bay scallop, *Argopecten irradians irradians* (L.), in coastal waters of Georgia, *J. Shell. Res.*, 7(1) : 83-88.
- 72* HEMMINGSEN, A.M. 1960. Energy metabolism as related to body size and respiratory surfaces and its evolution. *Rep. Steno. Mem. Hosp. Copenh.*, 9 : 7-110.
- 73* HOFF, J.G., Occurrence of *Liparis atlanticus* in *Argopecten irradians* in Buzzards Bay, Massachusetts, *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 97, 1968.
- 74* ICES, Code of practice to reduce the risks of adverse effects arising from introduction of non indigenous marine species, adopted 10/10/1973.
- 75- I.C.E.S. Mariculture committee, Report of the working group on introductions and transfers of marine organisms, Bergen, Norway, 10-13 May 1983, 64p.
- 76* I.C.E.S. Mariculture committee, Draft protocols for inspection of marine species prior to importation, May 1983, 13p.

- 77- I.C.E.S. Mariculture committee, Report of the working group on introductions and transfers of marine organisms, Göteborg, Sweden, May 28-June 1, 1985, 37p.
- 78* JEUNET. 1984. Bull. Aq. p 152.
- 79- KELLOGG, R.L., EASLEY J.E.JR. et JOHNSON T. 1988. Optimal timing of harvest for the North Carolina bay scallop fishery, Am. J. Agric. Econ., Vol. 70, N°1, 50-62.
- 80* KIRBY-SMITH, W.W. 1970. Growth of the scallops, *Argopecten irradians concentricus* (Say) and *Argopecten gibbus* (Linne), as influenced by food and temperature. Ph. D. thesis, Duke univ., Durham, N.C. 127 p.
- 81* KIRBY-SMITH, W.W. 1972. Growth of the bay scallop : the influence of experimental water currents. Jour. Exp. Mar. Biol. Ecol. (8) : 7-18.
- 82* KIRBY-SMITH, W.W. et R.T. BARBER. 1974. Suspension-feeding aquaculture systems : effects of phytoplankton concentration and temperature on growth of the bay scallop, Aquaculture 3(2), 135-145.
- 83* KOPINSKY, E. 1979. A partially annotated bibliography of commercially exploited scallops, including a general review of world scallop fisheries, Marine Resources Research Unit.
- 84- KRAEUTER, J.N., M. CASTAGNA et R. VAN DESSEL. 1982. Egg size and larval survival of *Mercenaria mercenaria* (L.) and *Argopecten irradians* (L.), J. Exp. Biol. Ecol., 56 : 3-8.
- 85* KRUCZYNSKI, W.L. 1972. The effect of the pea crab, *Pinnotheres maculatus* (Say), on the growth of the bay scallop, *Argopecten irradians concentricus* (Say). Chesapeake Sci., (13) : 218-220.
- 86* LANNAN, J.E. 1972. Estimating heritability and predicting response to selection for the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. Proc. Nat. Shell. Ass. 62 : 62-66.
- 87* LAUCKNER, G. 1983. Diseases of mollusca : bivalvia. In : O. Kinne (Edit), Diseases of marine animals. Biolog. Anstalt Helgoland, Hamburg, 2 : 477-961.
- 88* LE BORGNE, A. et G. PAULMIER. 1974. Le milieu biologique. Dans : la Conchyliculture française, première partie, ISTPM.
- 89* LE DANTEC, J. 1968. Ecologie et reproduction de l'huître portugaise (*Crassostrea angulata* Lamarck) dans le bassin d'Arcachon et sur la rive gauche de la Gironde. Rev. Trav. Inst. Pêches marit. 32(3) : 237-362.

- 90- LE PREVOST DE LA MOISSONNIERE, B. 1980. La coquille Saint-Jacques fraîche et surgelée. Thèse Doc. Vét. Alfort, N° 46.
- 91* LE TREUT, Y. 1986. La palourde : Anatomie - Biologie - Elevage - Pêche - Consommation - Inspection sanitaire. Thèse Doct. Vét. Nantes, N° 76.
- 92* LEIBOVITZ, L., Schott, E.F. et R.C. KARNEY. 1984. Diseases of wild, captive and cultured scallops. J. World Maricul. Soc., 15 : 269-283.
- 93- LING, S.W. 1977. Aquaculture in Southeast Asia. Univ. of Washington Press, Seattle. 108p.
- 94* LOOSANOFF, V.L. 1965. The American or eastern oyster. U.S. Fish. Wildl. Serv. Circ. 205 : 36p.
- 95* LOOSANOFF, V.L. et H.C. DAVIS. 1963. Rearing of bivalve mollusks. Adv. Mar. Biol., (1) : 2-136.
- 96* LOOSANOFF, V.L., H.C. DAVIS et P.E. CHANLEY. 1966. Dimensions and shapes of larvae of some marine bivalve mollusks. Malacologia, 1966, 4(2) : 351-435.
- 97* LOSEE, E. 1978. Influence of heredity on larval and spat growth in *Crassostrea virginica*. Proc. of the 9th Annual meeting, World Mariculture Society.
- 98- MAC CLINTOCK, J.B. 1983. Escape response of *Argopecten irradians* (Mollusca : Bivalvia) to *Luidia clathrata* and *Echinaster* sp (Echinodermata : Asteroidea). Florida Sci. 46(2) : 95-100.
- 99* MACKIE, A.M., R. LASKER et P.T. GRANT. 1968. Avoidance reactions of a mollusc *Buccinum undatum* to saponin-like surface active substances in extracts of the starfish *Asterias rubens* and *Marthasterias glacialis*. Comp. Biochem. Physiol., 26 : 415-428.
- 100- MANN, R., Exotic species in aquaculture : an overview of when, why and how, 331-354, in : Exotic species in mariculture, R. MANN (edit.), MIT Press, Cambridge, Mass.
- 101- MANN, R., Preface in : Exotic species in mariculture, R. MANN (edit.), MIT Press, Cambridge, Mass.
- 102- MANN, R. 1983. The role of introduced bivalve mollusc species in mariculture, World Mariculture Society, Fourteenth annual meeting, 546-559.
- 103* MARSHALL, N. 1947. Abundance of bay scallops in the absence of eelgrass. Ecology, (28) : 321-322.

- 104* MARSHALL, N. 1960. Studies of the Niantic River, Connecticut, with special reference to the bay scallop *Argopecten irradians*. *Limnol. Oceanogr.*, (5) : 86-105.
- 105* MARSHALL, N. 1963. Mortality rates and the life span of the bay scallop, *Argopecten irradians*. *Proc. Nat. Shell. Assoc.*, (54) : 87-92.
- 106* MARSHALL, N. 1979. The unpredictable bay scallop, *Maritimes*, 23(2).
- 107* MARTEIL, L. 1956. Etude des courants du littoral sud de la Bretagne. *Rev. Trés. Inst. Pêches marit.*, 20(3) : 263-280.
- 108* MENZEL, R.W. 1968. Hybridization in species of *Crassostrea*. *Proc. Nat. Shellf. Ass.*, 58 : 6.
- 109* MENZEL, R.W. 1971. Selective breeding in oysters. p. 81-92 in : K.S. PRICE *et al* (Edit.). Conference on Artificial propagation of commercially valuable Shellfish (1969), Univ. Delaware. 212p.
- 110* MENZEL, R.W. 1972. Hybridization oysters *Crassostrea*. *Amer. Malacol. Union*, 38th Ann. Mtg., Galveston, Texas, abstr.
- 111* MERCALDO, R.S. et E.W. RHODES. 1982. Influence of reduced salinity on the Atlantic bay scallop *Argopecten irradians* (Lamarck) at various temperatures. *J. Shell. Res.* 2 : 177-181.
- 112- MERCERON, M. 1985. Impact du barrage d'Arzal sur la qualité des eaux de l'estuaire et de la baie de Vilaine. IFREMER.
- 113* MEYERS, T.R. 1979. Preliminary studies on a chlamydial agent in the digestive diverticular epithelium of hard clams *Mercenaria mercenaria* (L.) from Great South Bay, New York. *Journal of fish diseases* 2 : 179-189.
- 114- MINCHIN, D. 1989. Introduction of the japanese scallop to irish waters, ICES.
- 115* MOORE J.K. et N. MARSHALL. 1967. An analysis of the movements of the bay scallop, *Argopecten irradians*, in a shallow estuary, *Proc. Nat. Shell. Assoc.*, 57 : 77-82.
- 116* MORGAN, D.E., J. GODSELL, G.C. MATTHIESSEN, J. GAREY et P. JACOBSON. 1980. Release of hatchery-reared bay scallops (*Argopecten irradians*) onto a shallow coastal bottom in Waterford, Connecticut, *Proc. World. Maricul. Soc.* 11 : 247-261.
- 117* MORRISON, C.M. et G. SHUM. 1982. Chlamydia-like organisms in the digestive diverticula of the bay scallop *Argopecten irradians* Lamarck.

- Journal of fish diseases 4 : 459-472.
- 118* MORRISON, C.M. et G. SHUM. 1983. Rickettsias in the kidney of the bay scallop, *Argopecten irradians* Lamarck. Journal of fish diseases 6 : 537-541.
- 119* MORTON, J.E. 1952. The role of the crystallin style. Proc. Malacol. Soc. London, 85-92.
- 120* MORTON, J.E. et C.M. YONGE. 1964. Classification and structure of the Mollusca. In Physiology of mollusca. Wilbur and Yonge (Edit.). London, Academic press, 1 : 1-57.
- 121* NEEDLER, A.W. et R.R. LOGIE. 1947. Serious mortalities in Prince Edward Island oysters caused by a contagious disease. Trans. R. Soc. Can, Sect. V, 3(41) : 73-89.
- 122- NELSON, D.A., A. CALABRESE, B.A. NELSON, J.R. MACLNNES et D.R. WENZLOFF. 1976. Biological effects of heavy metals on juvenile bay scallops, *Argopecten irradians*, in short-term exposures. Bull. Envir. Contam. Toxicol., 16(3), 275-282.
- 123* NELSON, D.A., A. CALABRESE et J.R. MACLNNES. 1976. Mercury stress on juvenile bay scallops, *Argopecten irradians*, under various salinity-temperature regimes. Mar. Biol. 43 : 293-297,.
- 124* NELSON, D.A., J.E. MILLER, et A. CALABRESE. 1988. Effect of heavy metals on bay scallops, surf clams, and blue mussels in acute and long-term exposures. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 17 : 595-600.
- 125- NEWKIRK, G.F. 1979. Genetic aspects of the introduction and culture of nonindigenous species for aquaculture, 192-211, in : Exotic species in mariculture, R. MANN (edit.) , MIT Press, Cambridge, Mass.
- 126* NEWKIRK, G.F. et al. 1977. Genetics of larvae and spat growth rate in the oyster *Crassostrea virginica*. Mar. Biol. 41 : 49-52.
- 127* ORDZIE, C.J. et G.C. GAROFALO. 1980. Behavioral recognition of molluscan and echinoderm predators by the bay scallop, *Argopecten irradians* at two temperatures. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 43.
- 128* ORDZIE, C.J. et G.C. GAROFALO. 1980. Predation, attack success, and attraction to the bay scallop, *Argopecten irradians* by the oyster drill, *Urosalpinx cinerea*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 47.
- 129- ORDZIE, C.J. et G.C. GAROFALO. 1981. Lethal and sublethal effects of short term acute doses of kuwait crude oil and a dispersant corexit 9527 on bay scallops, *Argopecten irradians* and two predators at different temperatures. Marine Envir. Research 5 : 195-210.

- 130* ORENSANZ, J.M. 1986. Size, environment, and density : the regulation of a scallop stock and its management implications. In : Jamieson, G.S. et N. Bourne (edit.) North Pacific Workshop on stock assesment and management of invertebrates. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 92.
- 131* OTTO, S.V., HARSHBARGER J.C., et CHANG S.C. 1979. Status of selected unicellular eucaryote pathogens, and prevalence and histopathology of inclusions containing obligate procaryote parasites, in commercial bivalve mollusks from Maryland estuaries. *Haliotis* 8, 285-295.
- 132* PALMER, R.E. 1980. Behavioral and rythmic aspects of filtration in the bay scallop *Argopecten irradians concentricus* and the oyster *Crassostrea virginica*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 45 : 273-295.
- 133- PALMER, R.E. 1980. Observations on shell deformities, ultrastructure, and increment formation in the bay scallop *Argopecten irradians*. *Mar. Biol.* 58, 15-23.
- 134* PALMER, R.E. et L.G. WILLIAMS. 1980. Effect of particle concentration on filtration efficiency of the bay scallop *Argopecten irradians* and the oyster *Crassostrea virginica*. *Ophelia*, 19(2) : 163-174.
- 135* PAULMIER, G. 1965. Le microplancton de la rivière d'Auray. *Pêches Marit.* 29(2) : 211-224.
- 136* PAULMIER, G. 1971. Cycle des matières organiques dissoutes du plancton et du microphytoplancton dans l'estuaire du Belon. Leur importance dans l'alimentation des huîtres : *Pêches Marit.* 35(2) : 157-200.
- 137* PAULMIER, G. 1972. Seston, phytoplancton et phytobenthos en rivière d'Auray. Leur rôle dans le cycle biologique des huîtres *Ostrea edulis*. *Pêches Marit.* 36(4) : 375-506.
- 138* PEIRSON, W.M. 1983. Utilization of eight algal species by the bay scallop, *Argopecten irradians concentricus* (Say). *J. Exp. Biol. Ecol.*, 68 : 1-11.
- 139* PEREZ, LEE et JUGE. 1981. Observation sur la biologie de l'algue japonaise *Undaria pinnatifida*, introduite accidentellement dans l'étang de Thau. *Science et pêche, Bull. Inst., Pêches marit.* N° 315.
- 140* PEREZ, KAAS et BARBAROUX. 1984. Culture expérimentale de l'algue *Undaria pinnatifida*, sur les côtes de France. *Science et pêche*, N° 343.

- 141* PESCH G., N. STEWART et C. PESCH. 1979. Copper toxicity to the bay scallop *Argopecten irradians*, Bull. Environm. Contam. Toxicol. 23 : 759-765.
- 142* PETERSON, C.H., W.G. AMBROSE, Jr., et J.H. HUNT. 1982. A field test of the swimming response of the bay scallop (*Argopecten irradians*) to changing biological factors. Bull. of Marine Science, 32(4) : 939-944.
- 143* PLAINE, H.L. 1952. A variation in the distribution of a spionid polychaete in the Woods Hole region. Ecol., 33(1) : 121-123.
- 144- RHODES, E.W. 1991. Fisheries and aquaculture of the bay scallop, *Argopecten irradians* in the eastern United States. In : Scallops : Biology, ecology and aquaculture, SHUMWAY (edit.), Elsevier.
- 145* RHODES, E.W. et J.C. WIDMAN. 1981. Some aspect of the controlled production of the bay scallop (*Argopecten irradians*). Proc. World Mariculture Soc. 11 : 235-246.
- 146* RHODES, E.W., J.C. WIDMAN et P. BOYD. 1980. Experimental evaluation of nursery and grow-out methods for the bay scallop, *Argopecten irradians*. ICES, Mariculture committee, C.M. 1981/F : 25.
- 147* RHODES, E.W. et J.C. WIDMAN. 1984. Density-dependent growth of the bay scallop *Argopecten irradians irradians*, in suspension culture, ICES, Shellfish committee.
- 148* RHODES, E.W., R. GOLDBERG, et J.C. WIDMAN. 1981. The role of raceways in mariculture systems for the bay scallop, *Argopecten irradians irradians* , and the surf clam, *Spisula solidissima*. Europ. Mariculture Soc. 7 : 227-250.
- 149- ROBERT, G. 1978. Biological assesment of the bay scallop *Argopecten irradians* for maritime waters. Tech. Rep. Fish. Mar. Serv. N° 778.
- 150- ROBERTSON, R. et T. MAU-LASTOVICKA. 1979. The ectoparasitism of *Boonea* and *Fargoa* (Gastropoda : Pyramidellidea). Biol. Bull., 157 : 320-333.
- 151- ROELS, O.A., J.B. SUNDERLIN et L. SCOTT. 1979. Bivalve molluscan culture in an artificial upwelling system, Proc. World Maricul. Soc. 10 : 122-138.
- 152* ROSENFELD, A. et F.G. KERN. 1979. Molluscan imports and the potential for introduction of disease organisms, 165-185 in : Exotic species in mariculture, R. MANN (edit.), MIT Press, Cambridge, Mass.
- 153* RUSSEL, H.J. 1971. A scallop success story. Maritimes 15 (1).

- 154* RUSSEL, H.J. 1973. An experimental seed bay scallop stocking of selected Rhode Island waters. Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA, COM 75-10455, 126p.
- 155* SASTRY, A.N. 1961. Studies on the bay scallop *Argopecten irradians concentricus* (Say) in Alligator Harbour (Florida). Ph. D. thesis, Florida state Univ.
- 156* SASTRY, A.N. 1963. Reproduction of the bay scallop *Argopecten irradians* Lamarck. Influence of temperature on maturation and spawning. Biol. Bull. Mar. Biol. Lab., Woods Hole, 125 : 146-153.
- 157- SASTRY, A.N. 1965. The development and external morphology of pelagic larval and post-larval stages of the bay scallop *Argopecten irradians concentricus* (Say), reared in the laboratory. Bull. Mar. Science, (15) 2 : 417-435.
- 158* SASTRY, A.N. 1966. Temperature effects in reproduction of the bay scallop, *Argopecten irradians*, Lamarck. Biol. Bull. Mar. Biol. Lab., Woods Hole, 130 : 118-34.
- 159* SASTRY, A.N. et N.J. BLAKE. 1968. The relationships among food, temperature and gonad development of the bay scallop *Argopecten irradians* Lamarck. Physiol. Zool., 41(1) : 44-53.
- 160* SASTRY, A.N. 1970a. Reproductive physiological variation in latitudinally separated populations of the bay scallop, *Argopecten irradians*, Lamarck. Biol. Bull. (Woods Hole), 138 : 56-65.
- 161* SASTRY, A.N. 1970b. Environmental regulation of oöcyte growth in the bay scallop, *Argopecten irradians*, Lamarck. Experientia, 26(2) : 1371-1372.
- 162- SASTRY, A.N. et N.J. BLAKE. 1971. Regulation of gonad development in the bay scallop *Argopecten irradians* Lamarck. Biol. Bull., (140) : 274-283.
- 163* SCHELSKE, C.L. 1973. Fallout Mn⁵⁴ accumulated by bay scallops *Argopecten irradians* (L.) near Beaufort, North Carolina. Radioact. Contam. Mar. Envir. IAEA.
- 164* SINDERMAN, C.J. 1970. Principal diseases of marine fish and shellfish. Academic press, New York/London, xi + 369 p.
- 165* SINDERMAN, C.J. et A. ROSENFELD. 1967. Principal diseases of commercially important marine bivalve Mollusca and Crustacea. Fish. Bull., US, 66 : 335-385.

- 166- SPITSBERGEN, D.L. 1977. A study of the bay scallop *Argopecten irradians* in North Carolina Waters. Annual Progress Report for Project.
- 167* SPRAGUE, V. 1970. Some protozoan parasites and hyperparasites in marine bivalve molluscs. In : Snieko (Edit.), A symposium on diseases of fishes and shellfishes. Am. Fish. Soc. Wash. Spec. Publ. 5 : 511-526.
- 168* SPRAGUE, V. et P.E. ORR. 1955. *Nematopsis ostrearum* and *N. prytherchi* (Eugregarinina : Porosporidae) with special reference to the host-parasite relations. J. parasit., 41 : 89-104.
- 169* STONE, R. et R. PALMER. 1973. Effects of turbidity on the bay scallop, *Argopecten irradians*. Contribution N° 38, Northeastern Univ. Mar. Sci. Inst., Nahant, Ma.
- 170* TABARINI, C.L. 1984. Induced triploidy in the bay scallop, *Argopecten irradians*, and its effect on growth and gametogenesis. Aquaculture, 42 : 151-160.
- 171* TETTELBACH, S.T. 1989. Winter burial of transplanted bay scallops, *Argopecten irradians irradians* Coastal and estuarine studies, 713-733.
- 172* TETTELBACH, S.T. 1990. Seasonal changes in a population of northern bay scallops, Coastal and estuarine studies, 35.
- 173* TETTELBACH, S.T. et E.W. RHODES. 1981. Combined effects of temperature and salinity on embryos and larvae of the northern bay scallop, *Argopecten irradians irradians*. Marine Biology 63 : 249-256.
- 174* TETTELBACH, S.T., P.J. AUSTER, E.W. RHODES, et J.C. WIDMAN. 1985. A mass mortality of northern bay scallops, *Argopecten irradians irradians*, following a severe spring rainstorm. The veliger 27 (4) : 381-385.
- 175* THAYER, G.W. et H.H. STUART. 1974. The bay scallop makes its bed of seagrass. Mar. Fish. Rev., 36(7) : 27-30.
- 176- TOWNSHEND, E.R. et J.M. WORMS. 1983. Introduction of a new pectinid species (*Argopecten irradians*) to the gulf of St Lawrence, Canada. ICES, Shellfish committee.
- 177* TUBIASH, H.S. et P.E. CHANLEY. 1963. Bacterial necrosis of bivalve larvae. Bacteriol. Proc., p. 164.
- 178- TUBIASH, H.S. , R.R. COLWELL et R. SAKAZAKI. 1970. Marine vibrios associated with bacillary necrosis, a disease of larval and juvenile bivalve mollusks. J. of Bact., 103 (1) : 272-273.

- 179* TURNER, H.J. 1949. Report on investigations of methods of improving the shellfish resources of Massachusetts. Dept. Conser., Div. Mar. Fish. Comm. Mass. 22p.
- 180* TURNER, H.J. JR et J.E. HANKS. 1959. Infestation of *Pecten irradians* by *Polydora*, *The Nautilus*, 72(4) : 109-111.
- 181* TURNER, H.J. JR et J.E. HANKS. 1960. Experimental stimulation of gametogenesis in *Hydroides dianthus* and *Pecten irradians* during the winter, *Biol. Bull. Woods Hole*.
- 182- TURNER, G.E. *et al.* 1983. Introduction of the bay scallop (*Argopecten irradians irradians*) to Prince Edward Island, Canada. ICES, working paper.
- 183* VIVIER, P. 1951. Poissons et crustacés d'eau douce acclimatés en France en eau libre depuis le début du siècle. *Terre et la vie*, 98 : 57-82.
- 184* WADA, K. 1978. Chromosome karyotypes of three bivalves : The oysters, *Isognomon alatus* and *Pinctada imbricata*, and the bay scallop, *Argopecten irradians irradians*, *Biol. Bull. Mar. Biol.* 155 (1) : 235-245.
- 185* WALLER, T.R. 1969. The evolution of the *Argopecten gibbus* stock (Mollusca : Bivalvia), with emphasis on the tertiary and quaternary species of eastern North America. *Mem. Paleontol. Soc.*, 3 : 125p.
- 186* WEBB, N.B. et THOMAS F.B. 1968. A study of the quality of North Carolina scallops, Division of Commercial and sports fisheries, Special Scientific report 16 : 1-83.
- 187- WELLS, H.W. et M.J. WELLS. 1962. The polychaete *Ceratonereis tridentata* as a pest of the scallop *Aequipecten gibbus*. *Biol. Bull.* 122(1) : 149-159.
- 188* WELLS, H.W., M.J. WELLS. et I.E. GRAY. 1964. The Calico scallop community in North Carolina. *Bull. Mar. Sci.*, 14 : 561-593.
- 189* WHEELER, A.P., BLACKWELDER P.L. et K.M. WILBUR. 1975. Shell growth in the scallop *Argopecten irradians*. I. Isotope incorporation with reference to diurnal growth., *Biol. Bull.*, 148 : 472-482.
- 190- WIDMAN, J.C., RHODES E.W. et P.A BOYD. 1982. Nursery culture of the bay scallop, *Argopecten irradians irradians* in suspended mesh enclosures.
- 191* WILLIAMS, R. et M.B. MURDOCH. 1966. Phytoplankton production and chlorophyll concentration in the Beaufort channel, North Carolina. *Limnol. Oceanog.*

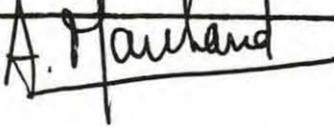
- 192* WINTER, M.A. et P.V. HAMILTON. 1985. Factors influencing swimming in bay scallops, *Argopecten irradians*, J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 88 : 227-242.
- 193* WRENN, S.L. 1972. Daily increment formation and synchronization in the shell of the bay scallop. Amer. Zool. 12(3) : 37.
- 194- WRIGHT, D.A., V.S. KENNEDY, W.H. ROOSENBURG, M. CASTAGNA et J.A. MIHURSKY. 1983. Temperature tolerance of embryos and larvae of five bivalve species under simulated power plant entrainment conditions : A synthesis. Mar. Biol., 77 : 271-278.
- 195* WRIGHT, D.A., W.H. ROOSENBURG et M. CASTAGNA. 1984. Thermal tolerance in embryos and larvae of the bay scallop *Argopecten irradians* under simulated power plant entrainment conditions, Mar. Ecol., 14(2-3) : 269-273.
- 196* YENTSCH, C.S. 1963. Primary production. In H. Barnes (Edit.) Oceanography and marine biology, annual review, vol.1, London.
- 197* ZAROOGIAN, G.E. et M. JOHNSON. 1983. Copper accumulation in the bay scallop, *Argopecten irradians*. Arch. Envir. Contam. Toxicol. 12 : 127-133.
- 198* ZHANG, F.,Y. HE, X. LIU et J. MA. 1989. Mass production of commercial seed bay scallops in China, Cur. Top. Mar. Biol., 307-310.

Vu : Le Professeur Rapporteur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire
de Nantes

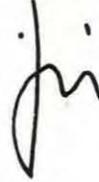
Vu : le Directeur de l'Ecole
Nationale Vétérinaire
de Nantes

Professeur

Professeur A. MARCHAND

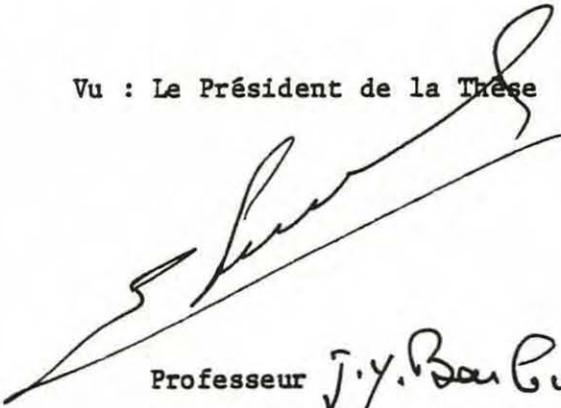


J.P TILLON



Vu : Le Président de la Thèse

Vu : le Doyen de la Faculté
de Médecine de Nantes



Professeur

J.Y. Baulieu

Professeur J.Y. GROLLEAU

Vu et permis d'imprimer