

Ecloserie de bivalves

Un manuel pratique



Photos de la page de garde:

De gauche à droite en partant du haut: Bacs en fibre de verre utilisés pour la culture des micro-algues; intérieur d'une petite écloserie de bivalve; nourricerie sur radeau de naissain de bivalve; microphotographies de larves D de *Crassostrea gigas* (avec l'aimable autorisation de Michael M. Helm); une palourde japonaise femelle en cours de ponte (avec l'aimable autorisation de Brian Edwards).

Ecloserie de bivalves

Un manuel pratique

FAO
DOCUMENT
TECHNIQUE SUR
LES PÊCHES

471

Préparé par

Michael M. Helm

Consultant de la FAO

Nouvelle-Ecosse, Canada

et

Neil Bourne

Consultant de la FAO

Colombie britannique, Canada

Compilé et édité par

Alessandro Lovatelli

Département des ressources des eaux intérieures et de l'aquaculture

Département des pêches de la FAO

Rome, Italie

Traduit par

Zakia Massik

Institut national de recherche halieutique

Casablanca, Maroc

René Robert

Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer

Brest, France

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE

Rome, 2006

Préparation de ce document

Ce manuel fait partie du programme de publication du Service des ressources des eaux intérieures et de l'aquaculture du Département des pêches de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Il s'agit d'une synthèse des méthodologies récentes appliquées aux écloseries intensives de mollusques bivalves incluant les similarités et différences dans l'approche de la culture de palourdes, huîtres et pectinidés dans différentes régions climatiques. Tous les aspects du processus de culture sont décrits, conjointement aux critères de sélection de site pour l'installation d'une écloserie ainsi que la conception des équipements appropriés. Les méthodes de pré-grossissement de naissain de bivalves dans des nourriceries basées à terre ou en mer sont aussi traitées dans ce document. De plus, ce dernier projette d'assister aussi bien les nouveaux techniciens désirant entrer dans ce secteur que les investisseurs potentiels intéressés qui pourront s'imprégner de la complexité de la production en écloserie intensive.

Les auteurs apportent ensemble une expérience et un savoir-faire cumulés sur une période de quatre-vingts ans dans les domaines de la biologie, de la gestion et du fonctionnement des écloseries intégrant une gamme d'espèces de bivalves les plus communément cultivées dans différentes régions du monde. La préparation de ce manuel a été réalisée sous la coordination générale d'Alessandro Lovatelli, Spécialiste des ressources halieutiques (aquaculture).

Les auteurs souhaitent exprimer leur reconnaissance à de nombreux collègues pour leurs contributions dans le passé et le présent et aux dirigeants industriels, sans qui cette publication n'aurait pas été possible.

La mise en page de ce manuel a été faite par J.L. Castilla Civit.

A moins qu'autrement reconnu, toutes les photos ont été prises par les auteurs.

Résumé

La culture des mollusques bivalves est une composante majeure de l'aquaculture mondiale. Elle est en expansion croissante et représentait environ 20 pour cent de la production du secteur aquacole en 2000, avec 14 millions de tonnes. Le gros de la production provient des gisements naturels, bien qu'ils soient épuisés pour la plupart ou sollicités au-delà de la limite d'une exploitation durable.

L'augmentation des stocks reposant sur la capture et le semis de naissain naturel, que ce soit de façon extensive ou intensive, est une pratique commune à l'échelle mondiale. Mais l'amélioration de cette production reste difficile, du fait que le recrutement naturel est hautement variable et que les conflits d'usage pour l'occupation de la zone côtière s'intensifient.

La culture en éclosérie est devenue indispensable pour répondre aux demandes en naissain des espèces de bivalves d'intérêt commercial (palourdes, huîtres et pectinidés) exprimées par les conchyliculteurs. La production de naissain par les écloséries ne représente encore qu'un petit pourcentage de la demande totale, mais il est probable qu'elle devienne importante, surtout que des travaux de recherches sont en développement pour produire des souches sélectionnées dotées de caractéristiques génétiquement adaptées à des conditions particulières d'élevage.

Les écloséries ont débuté en 1960 en Europe et aux Etats-Unis d'Amérique. Depuis, la connaissance des besoins biologiques des espèces dominantes dans la production aquacole mondiale et des technologies utilisées pour les produire a évolué et continue de s'améliorer.

Ce manuel présente l'état actuel des connaissances en décrivant les différents aspects de la culture en éclosérie, de l'acquisition des géniteurs jusqu'au stade où le naissain atteint une taille suffisante pour son transfert dans des installations de grossissement en pleine mer. L'accent a porté sur les méthodes d'installation et de fonctionnement de la culture intensive de bivalve en éclosérie, plus que sur les méthodes de production extensive dans les systèmes d'étang à terre. Pour avoir un aperçu complet, la phase intermédiaire de production en nourricerie, qui est l'interface entre l'éclosérie et le grossissement en pleine mer, ainsi que le concept du télécaptage, sont également décrits et abondamment discutés.

Ce manuel ne doit pas être vu comme un traité scientifique sur le sujet. Il vise plutôt à mettre à la disposition du lecteur un aperçu pratique sur les opérations fondamentales d'éclosérie et les méthodes suivies pour la gestion des différents stades du cycle de vie de bivalves dans une éclosérie. Les exemples traités sont en grande partie liés aux espèces les plus communément cultivées dans les régions tempérées, telles l'huître du Pacifique, *Crassostrea gigas*, l'huître d'Amérique, *Crassostrea virginica*, l'huître plate européenne, *Ostrea edulis*, la palourde japonaise, *Tapes philippinarum* et quelques espèces de pectinidés. La culture des espèces tropicales de bivalves est aussi traitée. Les méthodes décrites sont aussi applicables aux bivalves de moindre intérêt dans la production aquacole mondiale.

Les auteurs considèrent que la production des bivalves en éclosérie est plus un art reposant sur des bases scientifiques que de la science pure. Il y a en effet plusieurs façons de faire fonctionner et gérer une éclosérie tout comme il existe différents

niveaux de sophistication et d'équipements pour développer tout ou partie du cycle de production. A cet égard, plusieurs gérants d'écloserie expérimentés considéreront probablement les informations présentées dans ce manuel trop détaillées et à la limite de la lourdeur. Les auteurs ont néanmoins considéré que les connaissances de base nécessaires pour un débutant dans ce domaine ne se limitent pas à la maîtrise de différentes procédures employées mais englobent aussi l'assimilation d'un processus biologique. Ces informations sont appropriées aussi bien pour les opérations de culture expérimentale que celles conduites à l'échelle industrielle.

En plus des informations relatives aux technologies et méthodologies culturelles, le manuel comprend aussi une brève discussion des processus d'identification d'un site et des critères appropriés à la conception d'une écloserie. Il inclut aussi les avancées technologiques qui améliorent la fiabilité et la viabilité économique de cette industrie dans un avenir proche et des thèmes d'actualité comme la polyploidie, le développement des souches sélectionnées, la cryo-préservation de gamètes et le besoin d'une nouvelle nourriture inerte.

Mots clés: aquaculture marine, culture de bivalves, écloseries de bivalves, nourricerie de bivalves, production de naissain de bivalves, huîtres, palourdes, pectinidés.

Helm, M.M.; Bourne, N.; Lovatelli, A. (comp./éd.)

Écloserie de bivalves. Un manuel pratique.

FAO Document technique sur les pêches. No. 471. Rome, FAO. 2006. 184p.

Table des matières

Préparation de ce document	iii
Résumé	iv
Liste des figures	xi
Liste des tableaux	xvi
Glossaire	xvii
Abréviations, acronymes et conversions	xxi
Introduction	1
Chapitre 1 – Sélection du site, conception d'écloserie et considérations économiques	
1.1 SÉLECTION DU SITE	5
1.1.1 Introduction	5
1.1.2 Critères de sélection	6
1.1.2.1 <i>Législation</i>	6
1.1.2.2 <i>Qualité de l'eau de mer</i>	6
1.1.2.3 <i>Installation de l'écloserie</i>	7
1.2 CRITÈRES POUR LA CONCEPTION D'UNE ÉCLOSERIE	8
1.2.1 Introduction	8
1.2.2 Système d'eau de mer	9
1.2.3 Plan d'installation	12
1.2.3.1 <i>Équipement pour la culture d'algue</i>	13
1.2.3.2 <i>Maintenance des géniteurs et zone de reproduction</i>	14
1.2.3.3 <i>Zone d'élevage larvaire</i>	15
1.2.3.4 <i>Zone d'élevage des juvéniles</i>	15
1.2.3.5 <i>Autres espaces nécessaires</i>	16
1.3 CONSIDÉRATIONS ÉCONOMIQUES	16
1.4 LECTURES RECOMMANDÉES	17
Chapitre 2 – Biologie élémentaire des bivalves: taxonomie, anatomie et cycle de vie	
2.1 TAXONOMIE ET ANATOMIE	19
2.1.1 Introduction	19
2.1.2 Anatomie externe	20
2.1.3 Anatomie interne	21
2.2 CYCLE DE VIE	24
2.2.1 Développement des gonades et ponte	24
2.2.2 Développement embryonnaire et larvaire	26
2.2.3 Métamorphose	27
2.2.4 Alimentation	27
2.2.5 Croissance	28
2.2.6 Mortalités	28
2.3 LECTURES RECOMMANDÉES	30

Chapitre 3 – Opération d'écloserie: culture d'algue

3.1 INTRODUCTION	33
3.2 MAINTENANCE DES CULTURES SOUCHES ET MÈRES	36
3.2.1 Procédures pour la gestion des cultures souches	37
3.2.2 Gestion des cultures mères	40
3.3 CULTURE À ÉCHELLE INTERMÉDIAIRE	41
3.3.1 Etapes de croissance des cultures	42
3.3.2 Détails des cultures à échelle intermédiaire	43
3.3.3 Estimation de la densité algale	45
3.4 CULTURE À GRANDE ECHELLE	48
3.4.1 Cultures en sacs et en cylindres	49
3.4.2 Cultures avec éclairage intégré	51
3.4.3 Principes de gestion des cultures à grande échelle	51
3.4.4 Automatisation des cultures à grande échelle	55
3.4.5 Sénescence des cultures	56
3.4.6 Culture extensive en plein air	57
3.5 LECTURES RECOMMANDÉES	59

Chapitre 4 – Opération d'écloserie: conditionnement des géniteurs, ponte et fécondation

4.1 CONDITIONNEMENT DES GÉNITEURS	61
4.1.1 Introduction	61
4.1.2 Méthodes de conditionnement	64
4.1.2.1 <i>Systèmes de bac et traitement d'eau</i>	64
4.1.2.2 <i>Alimentation des géniteurs</i>	67
4.1.2.3 <i>Calcul de la ration alimentaire pour le conditionnement</i>	68
4.1.2.4 <i>Ajustement de la ration alimentaire pour les circuits ouverts</i>	69
4.1.2.5 <i>Les deux étapes du conditionnement en zone tempérée</i>	69
4.1.3 Conditionnement des bivalves sous les tropiques	70
4.2 PONTE ET FÉCONDATION	71
4.2.1 Introduction	71
4.2.2 Lacération des gamètes	72
4.2.3 Cas particulier des huîtres plates	73
4.2.4 Induction de la ponte chez les bivalves ovipares	77
4.2.4.1 <i>Choc thermique</i>	77
4.2.4.2 <i>Ponte des bivalves dioïques</i>	78
4.2.4.3 <i>Ponte des bivalves monoïques</i>	79
4.2.5 Techniques de fécondation	80
4.3 LECTURES RECOMMANDÉES	82

Chapitre 5 – Opération d'écloserie: méthodologie de base pour l'élevage larvaire, alimentation et nutrition, facteurs influençant la croissance et la survie, et fixation et métamorphose

5.1 MÉTHODOLOGIE DE BASE	86
5.1.1 Introduction	86
5.1.2 Méthodes pour le développement embryonnaire	86
5.1.2.1 Bacs pour embryons et larves	86
5.1.2.2 Traitement de l'eau	87
5.1.2.3 Culture d'embryons	88
5.1.3 Méthodes pour élevage larvaire	94
5.1.3.1 Débuter un nouvel élevage	95
5.1.3.2 Elevage larvaire	96
5.1.4 Amélioration de la croissance larvaire	99
5.1.4.1 Densité élevée de culture	99
5.1.4.2 Culture à flux continu	100
5.1.5 Croissance et survie larvaires	103
5.2 ALIMENTATION ET NUTRITION	104
5.2.1 Introduction	104
5.2.2 Calcul des rations alimentaires	105
5.2.3 Composition du régime et ration alimentaire	107
5.2.3.1 Stratégies d'alimentation	110
5.2.3.2 Calcul des rations alimentaires	111
5.3 LES FACTEURS INFLUENÇANT LA CROISSANCE ET LA SURVIE	113
5.3.1 Introduction	113
5.3.2 Les effets de la température et de la salinité	113
5.3.3 Qualité de l'eau de mer	116
5.3.4 Qualité des œufs et des larves	119
5.3.5 Maladies	123
5.4 FIXATION ET MÉTAMORPHOSE	124
5.4.1 Introduction	124
5.4.2 Maturation des larves	125
5.4.3 Larves en fixation	126
5.4.3.1 Les stimuli de la fixation	126
5.4.3.2 Les substrats convenables	126
5.5 LECTURES RECOMMANDÉES	132

Chapitre 6 – Opération d'écloserie: culture de naissain issu de télécaptage en écloserie et nourriceries

6.1 INTRODUCTION	137
6.2 TÉLÉCAPTAGE	140
6.2.1 Contexte	140
6.2.2 Préparation des larves pour l'expédition	141
6.2.3 Préparations au niveau du site de réception	141
6.2.4 Réception des larves œillées	142
6.2.5 Fixation des larves et élevage du naissain	143

6.3 MÉTHODES D'ÉLEVAGE DU PETIT NAISSAIN	145
6.3.1 Introduction	145
6.3.2 Système d'élevage pour le naissain fixé sur supports de captage	145
6.3.3 Système d'élevage pour le naissain libre	145
6.3.4 Gestion des systèmes clos type ascendant	149
6.3.5 Gestion des systèmes clos type descendant	150
6.3.6 Tri et estimation du nombre de naissain	151
6.3.7 Gestion des systèmes en flux ouvert	153
6.4 RÉGIME ET RATIONS ALIMENTAIRES POUR LE PETIT NAISSAIN	155
6.4.1 Composition en espèces du régime alimentaire	155
6.4.2 Calcul de la ration alimentaire	155
6.5 CROISSANCE ET SURVIE	157
6.5.1 Variabilité de la croissance du naissain entre espèces	157
6.5.2 Effet de la ration alimentaire sur la croissance	158
6.5.3 Effets combinés de la ration alimentaire et de la température	160
6.5.4 Survie	161
6.5.5 Production de l'écloserie	162
6.6 CULTURE EN NOURRICERIE	163
6.6.1 Nourricerie à terre	165
6.6.2 Nourricerie type barge	167
6.7 LECTURES RECOMMANDÉES	170
 Chapitre 7 – Avenir des écloseries: développement technologique	
7.1 GÉNÉTIQUE	175
7.1.1 Polyploidie	176
7.1.2 Génétique quantitative et moléculaire	178
7.2 AVENIR	179
7.3 LECTURES RECOMMANDÉES	182

Liste des figures

Figure 1: Production (en millions de tonnes) de bivalves issus de la pêche et de l'aquaculture durant la période 1991 à 2000	1
Figure 2: Comparaison entre la production provenant de la pêche et de l'aquaculture, en fonction des contributions relatives des principaux groupes de bivalves entre 1991 et 2000	2
Figure 3: Sélection de photos d'écloseries montrant la variabilité en taille et la sophistication de construction qui existent internationalement	8
Figure 4: Diagramme de différents stades de traitement d'eau de mer en usage en éclosion de bivalves à partir du point de prélèvement jusqu'aux diverses zones d'utilisation	10
Figure 5: Plan général pour la construction d'une éclosion de bivalves	13
Figure 6: Caractères externes et internes des valves du clam <i>Mercenaria mercenaria</i>	20
Figure 7: Anatomie interne du corps mou de la palourde du genre <i>Tapes</i>	20
Figure 8: Anatomie du corps mou de l'huître plate européenne, <i>Ostrea edulis</i> , et du pétoncle calico, <i>Argopecten gibbus</i> , visible après l'enlèvement de l'une des deux valves	21
Figure 9: Anatomie de la partie interne du corps mou d'un pectinidé hermaphrodite	22
Figure 10: Microphotographies de coupes histologiques de l'ovaire du pétoncle, <i>Argopecten gibbus</i> , durant la gamétogenèse	24
Figure 11: Représentation des différents stades de développement chez le pétoncle calico, <i>Argopecten gibbus</i> , obtenus en éclosion	26
Figure 12: Microphotographies de deux espèces d'algues couramment cultivées en éclosion, <i>Isochrysis</i> sp. et <i>Tetraselmis</i> sp. montrant la différence relative de taille des cellules	33
Figure 13: Etapes de production algale	35
Figure 14: Processus de culture algale montrant les différents intrants nécessaires	35
Figure 15: Incubateurs thermostatés illuminés programmables pour le maintien des petits volumes de cultures d'algues	36
Figure 16: A – Diagramme schématique d'une cabine ou hotte de transfert de culture. B – Autoclave pour la stérilisation de petits volumes du milieu de culture	37
Figure 17: Photographies d'équipements classiquement utilisés pour la maintenance des cultures mères	41
Figure 18: Deux différentes approches pour la culture algale à échelle intermédiaire	42
Figure 19: Phases de croissance des cultures d'algues illustrées par une courbe de croissance du grand flagellé vert, <i>Tetraselmis suecica</i>	43
Figure 20: Diagramme de la grille gravée sur un hématimètre	46
Figure 21: Compteur électronique de particules utilisé en éclosion pour le comptage des densités cellulaires des cultures algales	47
Figure 22: La culture à grande échelle a longtemps été pratiquée en grand bac, circulaire ou rectangulaire avec éclairage suspendu	48
Figure 23: Bacs de culture algale de 200 litres, à éclairage interne et refroidis à l'eau	48
Figure 24: Exemples de sac en polyéthylène et type d'éclairage, et de systèmes cylindriques de culture algale en fibre de verre	49
Figure 25: Relation entre la productivité d'un système de culture (rendement) et l'intensité lumineuse	52
Figure 26: Effet de l'intensité lumineuse sur la productivité de <i>Tetraselmis</i> dans un bac de 200 litres à éclairage intégré	53

Figure 27: Effet de la densité cellulaire après récolte (DCAR) et du pH sur le taux de division cellulaire, et influence de la salinité sur la productivité des cultures de <i>Tetraselmis suecica</i>	53
Figure 28: Relations entre densité cellulaire après récolte (DCAR) et la taille cellulaire exprimée en poids, et la productivité de culture en semi-continu de <i>Tetraselmis suecica</i>	54
Figure 29: Relations entre densité cellulaire après récolte (DCAR) et densité cellulaire standard de cultures en semi-continu de <i>Skeletonema costatum</i> sous deux intensités lumineuses et deux concentrations de silicates	54
Figure 30: Schéma d'un système de culture en continu («turbidostat»)	55
Figure 31: Exemples d'une production d'algue à grande échelle en plein air	57
Figure 32: Un système classique de conditionnement de géniteurs	62
Figure 33: L'anatomie d'un pétoncle calico pleinement mature (<i>Argopecten gibbus</i>)	62
Figure 34: Une sélection de palourdes communément cultivées en écloserie	63
Figure 35: Représentation schématique d'un bac à flux ouvert de géniteurs dans lequel les adultes sont suspendus sur des plateaux à grand maillage pour éviter que les fèces et les détritiques ne s'accumulent dans le bac; un bac similaire équipé pour permettre une filtration sur gravier	64
Figure 36: Différents exemples de types variés de bacs à flux ouvert utilisés pour le conditionnement de géniteurs	65
Figure 37: Un bac de conditionnement de géniteurs de 120 litres contenant 55 huîtres dont le poids total moyen est de 80 g	66
Figure 38: Une palourde japonaise femelle en cours de ponte	72
Figure 39: Lacération et transfert de gamètes d'une huître du Pacifique dans un bécher contenant de l'eau de mer filtrée à l'aide d'une pipette Pasteur	73
Figure 40: Anatomie d'une huître plate développée, <i>Ostrea edulis</i>	74
Figure 41: Stades d'incubation de l'huître plate européenne, <i>Ostrea edulis</i>	75
Figure 42: Aspect de la larve véligère d' <i>Ostrea edulis</i> à l'émission	75
Figure 43: Conditionnement expérimental des géniteurs d' <i>Ostrea edulis</i>	75
Figure 44: Récupération des larves d' <i>Ostrea edulis</i> à partir d'un adulte porteur d'œufs	76
Figure 45: Diagramme d'un bac classiquement utilisé pour la ponte des bivalves ovipares	77
Figure 46: Des adultes de <i>Pecten ziczac</i> subissant un choc thermique dans un pondeur	79
Figure 47: Série de photos illustrant la ponte du pétoncle calico, <i>Argopecten gibbus</i> , pectinidé monoïque, à la Station de recherche biologique des Bermudes, Inc	81
Figure 48: Division de l'œuf de <i>Crassostrea gigas</i> 50 minutes après fécondation	82
Figure 49: Les premiers stades de développement des œufs	82
Figure 50: Selon les espèces et les températures, les œufs fécondés peuvent être incubés dans de l'eau de mer filtrée contenue dans différents types de bac pendant une période de 2 à 3 jours	86
Figure 51: Microphotographie d'une larve D de <i>Crassostrea gigas</i>	87
Figure 52: Récipients adéquats pour le développement embryonnaire (et larvaire)	87
Figure 53: Exemples d'équipement adapté au traitement de l'eau	88
Figure 54: Développement d'embryons à partir du premier stade trochophore jusqu'au stade de larve D	89
Figure 55: Mesure de larves: chaque larve est orientée et alignée le long d'une lentille graduée	90
Figure 56: Arrangement de tamis de récolte de larve D	91
Figure 57: Apparence d'environ 5 millions de larves du pétoncle calico, <i>Argopecten gibbus</i> , concentrées dans un tamis de 20 cm de diamètre et après leur transfert dans un pichet gradué de 4 litres, pour estimation de leur densité	91

Figure 58: Equipement utilisé pour l'estimation du nombre de larves	92
Figure 59: Etapes de prélèvement de sous-échantillons de larves pour le comptage et estimation du nombre total	93
Figure 60: Exemple de feuille d'enregistrement quotidien et de type d'information utile pour pouvoir suivre le processus d'évolution d'un lot ou d'un bac de larve	97
Figure 61: Vidange des bacs en eau stagnante contenant une culture de larves pendant les jours de changement d'eau	98
Figure 62: Contrôle automatique expérimental de la densité cellulaire dans les cultures de larves de bivalves à densité élevée	100
Figure 63: Installation typique pour la culture à flux ouvert	101
Figure 64: Détails de la partie supérieure d'un bac expérimental à flux ouvert montrant le filtre dit «banjo» attaché au tuyau de sortie d'eau	102
Figure 65: Microphotographies de la croissance et du développement larvaires de l'huître du Pacifique, <i>Crassostrea gigas</i> , et de la coquille de sable, <i>Pecten ziczac</i>	103
Figure 66: Comparaison de la croissance des larves de certaines espèces de bivalves d'eau tempérée cultivées à une température de 24 ± 2 °C	104
Figure 67: Les larves se nourrissent en nageant	105
Figure 68: Croissance, développement et fixation de larves d' <i>Ostrea edulis</i> nourries avec des régimes alimentaires monospécifiques et des régimes composés de trois espèces d'algues précisées	105
Figure 69: Comparaison entre lipides totaux exprimés en pourcentage de matière organique et abondance relative des différents acides gras hautement insaturés (AGHIs) chez un certain nombre d'espèces d'algues	106
Figure 70: Croissance de larves de <i>Crassostrea gigas</i> , <i>Crassostrea rhizophorae</i> , <i>Mercenaria mercenaria</i> et <i>Tapes philippinarum</i> nourries avec T-Iso, <i>Chaetoceros calcitrans</i> et un mélange de deux espèces microalgales	109
Figure 71: Effets de la température et de la salinité sur la croissance larvaire de la coquille Saint-Jacques japonaise, <i>Patinopecten yessoensis</i>	114
Figure 72: Croissance de l'huître de mangrove, <i>Crassostrea rhizophorae</i> , des larves de l'huître du Pacifique, <i>Crassostrea gigas</i> , exposées à des températures et des salinités différentes	115
Figure 73: Croissance des larves de la palourde japonaise, <i>Tapes philippinarum</i> , de la larve D jusqu'à la métamorphose à trois températures	115
Figure 74: Survie relative dans des bioessais consistant à comparer le taux de formation de larves D de l'huître du Pacifique dans de l'eau de mer artificielle et dans de l'eau de mer normalement traitée	117
Figure 75: Comparaison de la croissance des larves d'huîtres du Pacifique, après une période de 6 jours à 25 °C dans de l'eau de mer normale d'écloserie et de l'eau de mer artificielle, exprimée en indice de croissance	118
Figure 76: Indices de croissance de différents lots de larves d'huître plate européenne, <i>Ostrea edulis</i> , cultivées en béccher en écloserie	119
Figure 77: Composition des œufs en acides gras hautement insaturés de la palourde japonaise, <i>Tapes philippinarum</i> , émis par des géniteurs conditionnés en écloserie et nourris sur différents régimes	120
Figure 78: Comparaison de la composition en acides gras hautement insaturés des larves conditionnées en écloserie et issues d'un stock sauvage de l'huître plate européenne, <i>Ostrea edulis</i>	120
Figure 79: Relation entre lipides totaux des œufs exprimés en pourcentage du poids sec et taux de formation de larve D de l'huître du Pacifique, <i>Crassostrea gigas</i>	121
Figure 80: Relation entre teneur en lipides d'œufs fraîchement émis de l'huître du Pacifique (exprimés en lipides par millions d'œufs) et, mois de l'année au cours de deux différentes années et, chlorophylle α contenue dans l'eau de mer non filtrée utilisée pour le conditionnement de géniteurs en écloserie selon un protocole standard	121

Figure 81: Relation entre croissance larvaire d' <i>Ostrea edulis</i> pendant 4 jours depuis la libération et teneur lipidique à l'émission à partir de géniteurs conditionnés en éclosionerie	122
Figure 82: Comparaison de l'augmentation du poids sec sans cendre (organique) et de la teneur en lipides larvaire en fonction de la longueur moyenne des larves chez quatre espèces de bivalves	122
Figure 83: Microphotographies de nage de larves d' <i>Argopecten gibbus</i> , montrant l'organe cilié de nage/alimentation, le velum, et de larves œillées pedivéligères de la même espèce	124
Figure 84: Comportement d'agrégation ou «regroupement en cheminée» de larves matures avant fixation	125
Figure 85: Système de télécapage d'huîtres situé dans l'île de Vancouver, Colombie britannique, Canada	127
Figure 86: Dans cet exemple, des feuilles en PVC à surface matte utilisées comme substrat de fixation de naissain d'huître sont placées dans le fond des bacs d'élevage larvaire	128
Figure 87: Les pedivéligères de pectinidés peuvent être mises en métamorphose à une densité optimale de 2 000 par litre dans des bacs remplis de collecteurs et fonctionnant en eau stagnante ou en flux ouvert	130
Figure 88: Tamis cylindriques à maille nylon pour la fixation des pedivéligères des pectinidés à la Station de recherche biologique des Bermudes, Inc.	131
Figure 89: Réception de larves d'huître du Pacifique enveloppées dans un filet en nylon sur un site de télécapage en Colombie britannique, Canada	141
Figure 90: Bacs de fixation sur un site en Colombie britannique, Canada	142
Figure 91: Systèmes simples de bacs utilisés pour la culture de naissain fixé sur collecteurs	146
Figure 92: Système de bac fermé conçu pour maintenir le naissain de pectinidés dans des cylindres à flux d'eau descendant.	147
Figure 93: Diagramme montrant la différence dans la circulation de l'eau dans des systèmes ascendants et descendants pour le naissain	148
Figure 94: Systèmes ascendants clos utilisés pour le grossissement du petit naissain d'huître	149
Figure 95: Tri manuel du naissain utilisant des tamis dans des bacs peu profonds	152
Figure 96: Unités de bacs en flux ouvert, à circulation ascendante, pour le naissain de grande taille	154
Figure 97: Exemple de pâte d'algue utilisée comme produit de remplacement total ou partiel des algues normalement cultivées en éclosionerie pour la culture du naissain de bivalves	155
Figure 98: Comparaison de la croissance du naissain d'huître du Pacifique, de la palourde japonaise et du pétoncle calico dans des conditions similaires	158
Figure 99: Relation entre ration alimentaire et croissance chez le naissain de l'huître du Pacifique	159
Figure 100: Comparaison de la croissance du naissain de l'huître plate européenne et de l'huître du Pacifique à 24 °C nourri avec différentes rations alimentaires constituées d'un régime mixte d' <i>Isochrysis</i> et de <i>Tetraselmis</i>	160
Figure 101: Survie et croissance du naissain de pétoncle calico, <i>Argopecten gibbus</i> , durant six semaines après fixation	162
Figure 102: Organigramme résumant les différents aspects de production en éclosionerie montrant la gamme de température et volumes journaliers de nourriture nécessaire par nombre d'animaux à chaque stade	163
Figure 103: Nourricerie à terre dont la nourriture est assurée par deux étangs d'algues qui sont remplis et fertilisés à différentes périodes pour assurer la continuité de la culture algale	164
Figure 104: Exemples de nourriceries à terre	165
Figure 105: Données provenant d'une nourricerie type étang à terre en Nouvelle-Ecosse, Canada, opérationnelle du début mai à fin octobre	166
Figure 106: Exemples de nourricerie sur radeau ou barge	168

Figure 107: Petite nurricerie commerciale fonctionnant avec une pompe à flux axial à la ferme d'huîtres d'Harwen, Port Medway, Nouvelle-Ecosse, Canada	169
Figure 108: Systèmes ascendants flottants fonctionnant grâce à la marée – «FLUPSYS»	169
Figure 109: Représentation du processus de l'induction de triploïdie	177
Figure 110: Appareil de pression exercée sur les ovocytes pour empêcher la réduction du nombre de chromosomes par altération de la méiose. Expériences en cryopréservation de gamètes et larves de bivalve	181

Liste des tableaux

Tableau 1: Volume cellulaire, poids organique et composition en lipides de certaines espèces d'algues, couramment utilisées comme nourriture pour alimenter les larves et naissain de bivalves	34
Tableau 2: Composition et préparation du milieu de culture d'Erdschreiber pour le maintien des souches	37
Tableau 3: Milieu de culture de Guillard F/2 utilisé pour la culture d'algue en éclosérie de bivalves. À partir de Guillard (1975)	39
Tableau 4: Milieu de culture HESAW utilisé pour la culture d'algue en éclosérie de bivalves. A partir de Harrison <i>et al.</i> (1980)	39
Tableau 5: Solutions mères nutritives pour l'enrichissement des cultures de diatomées en eau de mer traitée	44
Tableau 6: Densités cellulaires à la récolte (cells μl^{-1}) obtenues en batch dans des cultures à petite échelle et en semi-continue de 2 litres ou 20 litres chez plusieurs espèces de bonnes valeurs nutritionnelles	45
Tableau 7: Comparaison des rendements de <i>Tetraselmis</i> et <i>Phaeodactylum</i> provenant de différents systèmes de culture algale à grande échelle	50
Tableau 8. Effet du régime alimentaire sur la production de larves d' <i>Ostrea edulis</i>	67
Tableau 9: Résumé d'informations relatives au conditionnement et à la production d'œufs (ou larves) pour un nombre de bivalves classiquement cultivés	71
Tableau 10: Synthèse des données sur les densités embryonnaires classiques (milliers par l), taille initiale de larve D (longueur de coquille, μm), densités de larve D (milliers par ml) et les conditions de culture sur la base des températures ($\pm 2^\circ \text{C}$) et des salinités ($\pm 5 \text{ PSU}$) adaptées pour la culture des embryons et des premiers stades larvaires de plusieurs bivalves	89
Tableau 11: Relation entre la taille de la maille des tamis et la taille minimale de larves qui vont être retenues	92
Tableau 12: Nombre initial moyen de larves (N_0) et nombre de survivantes juste avant fixation (N_p) à des densités normales et élevées chez l'huître plate européenne, <i>O. edulis</i> et l'huître du Pacifique, <i>C. gigas</i>	100
Tableau 13: Nombre de cellules algales ingérées quotidiennement par les larves chez trois bivalves communément cultivés en fonction de la longueur moyenne des coquilles	113
Tableau 14: Besoins en volume d'eau du bac et nourriture journalière pour du naissain de bivalves de différentes tailles cultivés à une biomasse de 200 g de poids frais par 1 000 litres ..	139
Tableau 15: Poids frais moyen du naissain d' <i>Ostrea edulis</i> et de <i>Crassostrea gigas</i> au bout de 7 jours pour un poids frais initial moyen de 2 mg	160
Tableau 16: Effets combinés de la température et de la ration alimentaire sur du naissain d' <i>Ostrea edulis</i> débutant une période de croissance d'une semaine avec un poids moyen frais initial de 2 mg	161

Glossaire

AGPI	acides gras polyinsaturés
Algue	une plante aquatique qui se reproduit par l'intermédiaire de spores
Antérieur	côté situé à l'avant ou vers la tête d'un animal
Ascendant	dans la terminologie d'écloserie, c'est un système de grossissement dans lequel l'eau entre par le bas des bacs où se trouvent les naissains (à comparer avec le descendant)
Auricule	structure en forme d'oreille sur une coquille de bivalve. Pour la coquille Saint-Jacques il s'agit d'une projection au niveau de la charnière de l'animal. Cette partie peut aussi faire référence à la chambre du cœur qui reçoit le sang du corps
Axénique	culture d'une seule espèce dans des conditions stériles (sans bactéries)
Bivalves	classe de mollusques, à corps mou muni de deux coquilles ou valves jointes par un muscle charnière. Cette classe inclue les palourdes, les huîtres et les moules et d'autres espèces
Branchies	ont la forme de feuillets pairs et symétriques, elles assurent aussi bien la respiration que la filtration de l'aliment dans l'eau (voir cténidés)
Byssus	cordon de fixation des bivalves utilisé par les bivalves pour se fixer sur un substrat
Captage naturel	obtention du naissain à partir des populations naturelles
Charnière	bord d'une coquille à deux valves (par exemple d'un mollusque bivalve) par où elle s'ouvre et se ferme
Cils	minuscule structure filiforme sur une cellule. Ils présentent des battements rythmiques qui induisent un courant d'eau dans les bivalves
Collecteur	un matériel utilisé pour la collecte des naissains de bivalves
Cténidés	synonyme de branchies. Organe implanté dans la cavité palléale des mollusques, facilitant le courant d'eau et donc le cheminement des particules nutritives
Détritus	fines particules de matière organique d'origine animale ou végétale
Diatomée	plante unicellulaire de la classe des Bacillariophyceae; enfermée dans une coquille siliceuse appelée frustule, elle peut former des chaînes. Elle flotte souvent près de la surface de l'eau. Elle constitue généralement le premier organisme d'une chaîne alimentaire ou d'un réseau trophique
Dimyaire	se dit des bivalves pourvus de deux muscles adducteurs par exemple palourde et moules
Dioïque	organismes dont les organes reproducteurs sont séparés, ils sont portés par différents individus
Diploïde	état d'une cellule qui possède 2n chromosomes, c'est à dire que chaque type de chromosome est en deux exemplaires (= chromosomes homologues). Les chromosomes homologues portent les mêmes gènes mais pas forcément les mêmes allèles

Division méiotique	un processus dans lequel le nombre normal de chromosomes ($2n$) est réduit en haploïde dont le nombre de chromosomes est (n)
Dorsal	du côté du dos, la surface interne ou partie d'un organisme loin du sol
Descendant	selon la terminologie de l'écloserie, c'est un système de grossissement dans lequel le flux de l'eau entre en haut du bac contenant les naissains (à comparer au système ascendant)
Embryon	nouvel organisme issu du développement d'une cellule résultant de la fécondation, pour les bivalves, antérieur au stade larvaire
Exhalant	le siphon exhalant, dans le canal postérieur ou anal, pour l'expulsion des déchets
Exotique	espèce qui n'est pas originaire ou présente, à l'état naturel, dans une région donnée. Généralement introduite par l'homme. Se dit d'une espèce non indigène qui se trouve dans un milieu naturel qui n'est pas son milieu naturel d'origine et qui y a été introduite par suite directe ou indirecte de l'activité humaine
Fécondation	union d'un œuf et d'un spermatozoïde
Fixation	un comportement observé chez les larves matures de bivalves quand elles sont à la recherche d'un support favorable à leurs fixations
Flagellé	un groupe d'algue unicellulaire ayant un organe de locomotion appelé flagellum
Frustule	coque à deux loges protégeant les diatomées
Gamète	cellule reproductrice sexuée possédant la moitié des chromosomes (haploïde) des autres cellules de l'organisme (diploïdes) qui, en s'unissant avec une cellule reproductrice du sexe opposé, forme l'œuf (ou zygote) d'où sera issu un nouvel individu
Gamétogenèse	un processus par lequel l'œuf et le spermatozoïde sont produits
Globule polaire	c'est la cellule qui se forme durant la division méiotique de l'œuf après la pénétration du spermatozoïde, elle contient un excès de matériel chromosomique pour produire un œuf haploïde
Grossissement	le processus de grossissement d'une graine produite en écloserie jusqu'à la taille marchande
Halocline	est une barrière constituée par une variation brusque de salinité. Elle est formée entre deux couches d'eau de salinité différente
Hauteur de la coquille	c'est la distance de la ligne droite mesurée perpendiculairement à partir de l'umbo jusqu'au point ventral de la coquille
Indigène	native, n'est pas importé
Inhalant	le siphon inhalant, dans le canal antérieur, servant à la respiration
Lame branchiale	seule plaque ou lamelle de branchies d'un bivalve
Larve à charnière droite	partie précoce du stade larvaire, parfois appelée stade D
Larve D	la première phase de larve véligère de bivalve, aussi connu comme larve à charnière droite
Larve véligère	le stade larvaire de la plupart des mollusques caractérisé par la présence d'un velum

Larve	stade de développement de l'embryon à la métamorphose chez les bivalves
Ligament	un matériel fibreux qui relie les deux valves d'un bivalve au niveau de la charnière
Ligne palléale	ligne située à la surface interne des valves de bivalves, correspondant à l'attache des muscles du manteau
Longueur de la coquille	c'est la distance de la ligne droite qui sépare la partie antérieure et la partie postérieure de la coquille
Manteau	tégument qui enveloppe la masse viscérale et qui secrète la coquille
Métamorphose	changement total de forme et de structure que subissent certaines espèces naturelles au cours de leur développement. Dans ce cas, c'est la période de transformation entre le stade larvaire et le stade juvénile
Microalgue	algue de petite taille, qui peut être unicellulaire ou en chaîne (diatomées), cultivée en tant qu'aliment pour les larves et les naissains dans une écloserie
Microlitre (µl)	un millionième d'un litre ou un millième d'un millilitre
Micromètre (µm)	un millionième d'un mètre ou un millième d'un millimètre
Monoïque	des organismes dans lesquels les organes reproducteurs mâle et femelle se trouvent dans le même individu
Monomyaire	des bivalves avec un seul muscle adducteur, par exemple, huître et coquille Saint-Jacques
Mordant	se dit lorsque deux pectinidés se coincent les valves l'une dans l'autre en «mordant»
Moyenne	moyenne
Muscle adducteur	muscle large (ou muscles) qui relie ensemble les deux valves de la coquille. Ce sont des muscles qui contrôlent les valves des bivalves et des brachiopodes
Naissain	larve récemment fixée de mollusques bivalves produits dans un laboratoire ou en écloserie ou recueillie dans le milieu naturel selon diverses techniques (par exemple, lignes en monofilament, collecteurs enduits de ciment, etc. Egalement appelé post-larve ou juvénile chez les bivalves
Naissain	un terme d'écloserie utilisé pour tout juvénile ayant la taille marchande
Ceil ou tache ocellaire	un organe simple qui se développe à proximité du centre de larve mature de certains bivalves et il est sensible à la lumière
Palpe	appendice sensoriel situé près de la bouche qui aide à introduire la nourriture dans la bouche
Pédieux	appartenant au pied de l'animal
pH	c'est un symbole utilisé en chimie, qui indique le degré d'acidité ou de basicité d'une solution aqueuse diluée. Il est qualifié d'acide lorsque son pH est inférieur à 7 et de basique lorsqu'il est supérieur à 7
Plancton	ensemble des organismes (de petite taille) qui vivent dans la colonne d'eau de mer, sans lien avec le fond, peut être phytoplancton (végétaux) ou zooplancton (animaux)

Planctotrophe	ce sont des organismes qui se nourrissent de phytoplancton
Polyploïde	animaux ayant plus que le nombre normal de chromosomes diploïde (2n)
Postérieur	vers l'arrière d'un organisme
Pronucleus	se trouve dans l'œuf, c'est le noyau haploïde après l'achèvement de la méiose mais avant de fusionner avec le noyau du spermatozoïde
Pseudofèces	fausses déjections, excréments solides des animaux, formés des résidus de la digestion
PSU	unité de mesure de salinité, équivalent à une partie pour mille
Resilium	chez les bivalves, ligament déporté vers l'intérieur, entre les bords des valves, permettant aux valves de s'ouvrir quand les adducteurs se relâchent
Salinité	concentration de sel commun (chlorure de sodium) dans l'eau souvent mesurée en parties pour mille (ppt) ou en Unité Pratique de Salinité (PSU)
Système urogénital	système d'organes à double fonction, à savoir l'excrétion (rein) et la reproduction (gonades)
Tentacule	extension longue mobile d'un corps, généralement en couronne, surtout autour de la bouche à fonction sensorielle
Tetraploïde	animal polyploïde présentant deux fois plus le nombre normal de chromosomes (4n)
Thermocline	zone de variation verticale brusque de la température
Triploïde	animal présentant des triplets de chromosomes à la place des paires
Trochophore	le stade planctonique de l'embryon de bivalves
Umbo ou crochet	partie charnière d'une coquille de bivalve. C'est la partie qui se trouve dans la partie dorsale de la coquille la plus ancienne de la coquille
Valve	partie de la coquille des Lamellibranches, deux valve forment une coquille
Velum	organe de locomotion de la larve
Ventral antérieur	appartenant au côté intérieur ou inférieur de l'animal
Zygote	diploïde (2n) première cellule d'un être vivant à reproduction sexuée, issue de la fusion de deux cellules reproductrices (gamète mâle et gamète femelle). Oeuf

Abréviations, acronymes et conversions

ADH	acide docosahexanoïque
AEP	acide eicosapentanoïque
AGHI	acide gras hautement saturés
AGPI	acide gras polyinsaturés
CPE	cellule photoélectrique
DCAR	densité cellulaire après récolte
DOPA	dihydroxyphenylalanine
EDTA	éthylène diamine acid tetra acetic
EMF	eau de mer filtrée
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
IC	index de croissance
MAAP	Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des pêches
PRV	plastique renforcé avec du verre
PVC	polychlorure de vinyle (non plastifié)
RA	résistance asservissement
SBRB	Station biologique de recherche des Bermudes
SI	système international
SAFLO	système ascendant flottant
TBT	tributyltétain
TCBS	thiosulfate citrate bile sucrose
UV	ultraviolet

Il est à noter que les abréviations qui figurent ci-dessous ne sont pas toutes utilisées dans ce manuel. Cependant, elles sont fournies comme référence pour la consultation d'autres documents.

<	inférieur à
>	supérieur à
n.a.	n'est pas analysé ou n'est pas disponible (aussi représenté comme N/A)
µm	micron
mm	millimètre
cm	centimètre
m	mètre
km	kilomètre
inch	pouce
ft	pied
yd	yard
mi	mile
ft ²	pied au carré
yd ²	yard au carré
mi ²	mile au carré
m ²	mètre au carré
ha	hectare
km ²	kilomètre carré
cm ³	centimètre cube (= ml)

m³	mètre cube
ft³	pied au cube
yd³	yard au cube
µl	microlitre
ml	millilitre (= cm ³)
l	litre
µg	microgramme
mg	milligramme
g	gramme
kg	kilogramme
t	tonne (1 000 kg)
oz	once (28,349 g)
lb	livre
cwt	cent poids [valeurs différentes entre les unités employées en Grande Bretagne GB («Impérial») et aux Etats-Unis d'Amérique – voir les conversions dans la section Poids].
psi	livre par pouce au carré
psu	unité pratique de salinité
gpm	(«Impérial» = GB) gallons par minute
mgd	million («Impérial» = GB) gallon par jour
cfm	pied au cube par minute
ppt	parties pour mille (ou ‰)
ppm	parties pour million
ppb	parties pour milliard (mille millions)
min	minute
hr	heure
kWhr	kilowatt-heure

Conversions

La section des annexes doit être utilisée en conjonction avec la section des abréviations. Il faut noter que gallon et tonne présente des valeurs différentes dépendant de l'origine du texte que vous consultez si le texte est d'origine anglaise ou américaine.

Longueur:

1 µm	0,001 mm = 0,000001 m
1 mm	0,001 m = 1 000 µm = 0,0394 pouce
1 cm	0,01 m = 10 mm = 0,394 pouce
1 m	1 000 000 µm = 1 000 mm = 100 cm = 0,001 km = 39,4 pouce = 3,28 pied = 1,093 yd
1 km	1 000 m = 1 093 yd = 0,621 mi
1 inch	25,38 mm = 2,54 cm
1 ft	12 inch = 0,305 m
1 yd	3 ft = 0,914 m
1 mi	1 760 yd = 1,609 km

Poids:

1 µg	0,001 mg = 0,000001 g
1 mg	0,001 g = 1 000 µg
1 g	1 000 000 µg = 1 000 mg = 0,001 kg = 0,0353 oz
1 kg	1 000 g = 2,205 lb
1 mt	1 000 kg = 1 000 000 g = 0,9842 UK t = 1,102 US t
1 oz	28,349 g
1 lb	16 oz = 453,59 g

1 UK cwt	112 lb = 50,80 kg
1 US cwt	100 lb = 45,36 kg
1 UK t	20 UK cwt = 2 240 lb
1 US t	20 US cwt = 2 000 lb
1 UK t	1,016 mt = 1,12 US t

Volume:

1 μ l	0,001 ml = 0,000001 l
1 ml	0,001 l = 1 000 μ l = 1 cm ³
1 L	1 000 000 μ l = 1 000 ml = 0,220 UK gallon = 0,264 US gallon
1 m ³	1 000 l = 35,315 ft ³ = 1,308 yd ³ = 219,97 UK gallons = 264,16 US gallons
1 ft ³	0,02832 m ³ = 6,229 UK gallons = 28,316 l
1 UK gallon	4,546 l = 1,2009 US gallons
1 US gallon	3,785 l = 0,833 UK gallon
1 MGD	694,44 GPM = 3,157 m ³ /min = 3 157 l/min

Concentration – dissolution d'un solide dans un liquide:

1 %	1 g dans 100 ml
1 ppt	1 g dans 1 000 ml = 1 g dans 1 l = 1 g/l = 0,1%
1 ppm	1 g dans 1 000 000 ml = 1 g dans 1 000 L = 1 mg/l = 1 μ g/g
1 ppb	1 g dans 1 000 000 000 ml = 1 g dans 1 000 000 l = 0,001 ppm = 0,001 mg/l

Concentration – dilution des liquides dans des liquides:

1 %	1 ml dans 100 ml
1 ppt	1 ml dans 1 000 ml = 1 ml dans 1 l = 1 ml/l = 0,1%
1 ppm	1 ml dans 1 000 000 ml = 1 ml dans 1 000 l = 1 μ l/l
1 ppb	1 ml dans 1 000 000 000 ml = 1 ml dans 1 000 000 l = 0,001 ppm = 0,001 ml/l

Aire:

1 m ²	10,764 ft ² = 1,196 yd ²
1 ha	10 000 m ² = 100 ares = 2,471 acres
1 km ²	100 ha = 0,386 mi ²
1 ft ²	0,0929 m ²
1 yd ²	9 ft ² = 0,836 m ²
1 acre	4 840 yd ² = 0,405 ha
1 mi ²	640 acres = 2,59 km ²

Température:

°F	(9 \div 5 x °C) + 32
°C	(°F - 32) x 5 \div 9

Pression:

1 psi	70,307 g/cm ²
-------	--------------------------

Unités scientifiques

Les scientifiques ont différentes manières d'écrire certaines unités qui sont décrites dans ce glossaire. Ils utilisent ce qu'on appelle le système international (SI). Les unités font référence aux unités SI. Par exemple: 1 ppt, qui peut être écrit 1 g/l (voir concentration ci-dessus) est écrite 1 g l⁻¹ dans les journaux scientifiques. 1 g/kg est écrit 1 g kg⁻¹. 12 mg/kg vont être écrits 12 mg kg⁻¹. 95 μ g/kg va être écrit 95 μ g kg⁻¹. Une densité de stockage va être écrite 11 kg m⁻³. Ce système de standardisation n'est pas généralement utilisé dans les écloséries industrielles ni dans les unités de grossissement et par conséquent, il n'a pas été utilisé dans ce manuel. Plus d'informations relatives à ce sujet peuvent être trouvées sur Internet en cherchant les unités SI.

Introduction

Les mollusques bivalves (huîtres, moules, palourdes et coquilles Saint-Jacques) représentent une part significative de la production de la pêche mondiale. En 2000, les débarquements des bivalves provenant de la pêche et de l'aquaculture atteignaient 14 204 152 tonnes (figure 1). Durant la période 1991 à 2000, la production de bivalves a connu une croissance continue et les débarquements enregistrés ont plus que doublé, passant de 6,3 millions de tonnes en 1991 à 14 millions de tonnes en 2000.

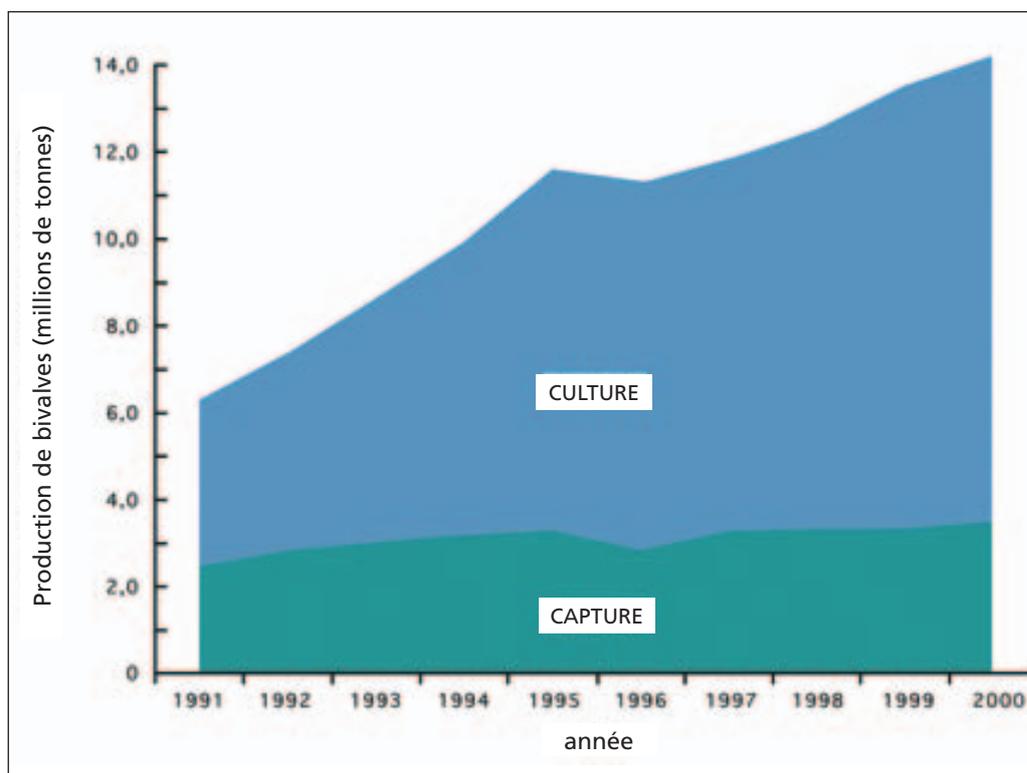


Figure 1: Production (en millions de tonnes) de bivalves issus de la pêche et de l'aquaculture durant la période 1991 à 2000 (Source: Annuaire statistique des pêches de la FAO).

Globalement, la tendance croissante de la consommation humaine des produits de la mer continuera sans doute. Ils constituent une composante essentielle du régime alimentaire dans plusieurs pays. La population mondiale étant toujours en expansion, les besoins de la production seront croissants. Dans certains pays les produits de la mer sont de plus en plus perçus comme une partie importante du régime alimentaire, d'autant plus essentiel qu'ils sont jugés sains sur le plan diététique. Par conséquent la demande pour ce type de produit ne pourra qu'augmenter. L'essentiel de la demande en produits de la mer est et restera pour longtemps le poisson. Cependant, la production et la récolte des mollusques, particulièrement celle des bivalves, auront une part grandissante pour répondre à cette demande toujours croissante. Alors que la collecte des bivalves dans le milieu continuera à être significative, de nombreux stocks naturels sont probablement déjà épuisés ou à la limite maximale d'une exploitation durable. Dans certaines régions ces stocks sont surexploités et l'aquaculture représente alors une alternative à la récolte des stocks sauvages.

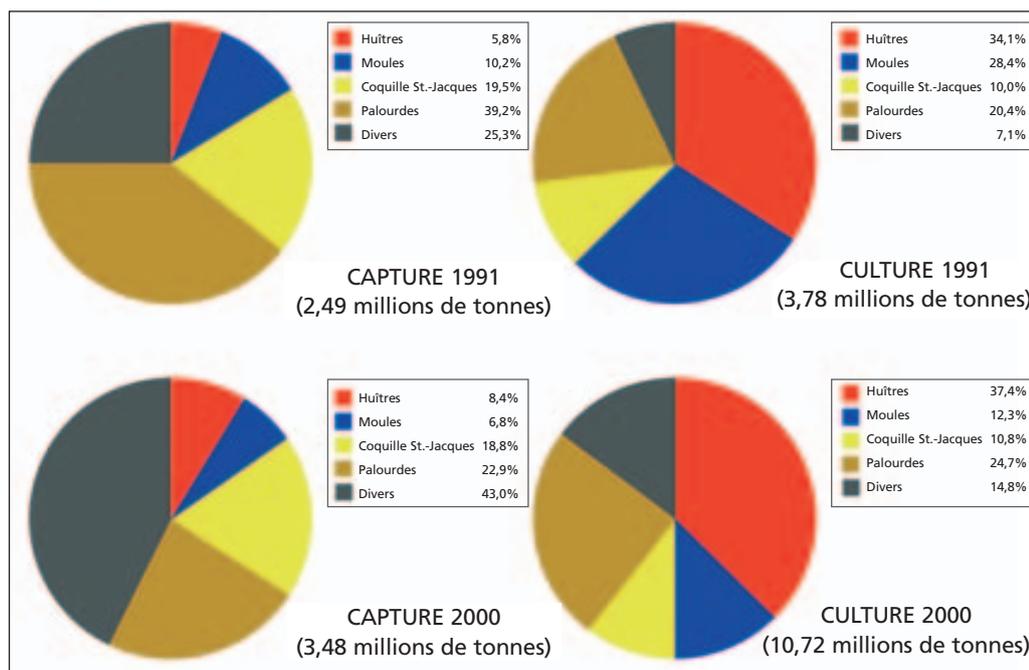


Figure 2: Comparaison entre la production provenant de la pêche et de l'aquaculture, en fonction des contributions relatives des principaux groupes de bivalves entre 1991 et 2000.

Durant la période 1991 à 2000, les débarquements des bivalves issus de la pêche ont augmenté de 2,5–3,5 millions de tonnes, alors que les débarquements provenant d'aquaculture ont plus que doublé durant la même période, en passant de 6,3 à 14 millions de tonnes (figure 2). Environ 75 pour cent de la production mondiale des bivalves a pour origine l'aquaculture, sous une forme ou une autre.

Les bivalves sont des espèces idéales pour l'aquaculture. Ils sont herbivores, et ne nécessitent pas une alimentation additionnelle hormis, le phytoplancton présent dans l'eau de mer. Bien que cultivées depuis des centaines d'années, ce n'est que récemment que leur production a connu une hausse significative, suite à des avancées technologiques concernant les cultures. L'amélioration continue des méthodes et des technologies sera nécessaire pour satisfaire la demande croissante et rendre la culture des bivalves plus attractive sur le plan économique, tant pour les investisseurs que pour les personnes désirant devenir des conchyliculteurs. Des techniques de culture de plus en plus efficaces deviendront essentielles à l'avenir, car les sites propices pour la conchyliculture sont limités et peuvent même se réduire, sous le poids croissant de la démographie et de l'urbanisation côtière.

La condition *sine qua non* pour n'importe quelle opération d'élevage est l'abondance et la régularité de l'approvisionnement en juvéniles ainsi que leur prix modéré. Actuellement, la plupart des élevages de bivalves, de par le monde, utilisent du naissain récolté dans le milieu naturel. Des supports (collecteurs) sont placés dans des zones de reproduction pour la collecte des larves en cours de métamorphose et les juvéniles ainsi collectés sont transférés dans des zones de grossissement, jusqu'à la taille commerciale. Dans d'autres types d'élevages, les juvéniles sont collectés dans des zones d'abondance puis transportés dans des zones de grossissement qui peuvent être éloignées du site naisseur d'origine. Dans le futur, la récolte du naissain, issu du milieu naturel restera importante pour la conchyliculture mondiale, et s'étendra probablement à d'autres régions pour en satisfaire la demande croissante. L'importance primordiale de ces zones de reproduction doit être reconnue et tous les efforts nécessaires devront être déployés pour les conserver.

Dans de nombreuses autres zones conchylicoles, ces espaces de reproduction naturelle n'existent pas ou ne peuvent pas produire suffisamment de naissain pour faire face à la demande. Il existe également des zones de reproduction erratique qui ne peuvent autoriser un approvisionnement régulier de juvéniles. Le captage du naissain du milieu naturel peut être inadapté pour d'autres raisons. C'est le cas lorsque certains conchyliculteurs souhaitent cultiver une variété ou une qualité particulière de bivalves pour répondre à leurs besoins, dans une zone où ce type de juvénile n'est pas disponible localement ou dans des zones avoisinantes. Un autre cas, concerne des conchyliculteurs désireux de cultiver des espèces exotiques, dont la source d'approvisionnement en naissain n'existe pas. L'alternative au captage naturel des bivalves est leur production en éclosérie. Les écloséries de bivalves existent depuis une cinquantaine d'années au moins et sont bien implantées dans plusieurs pays. Elles sont partie intégrante de la filière conchylicole en étant même parfois la plus importante voire la seule source de fourniture de juvéniles. A l'avenir les écloséries de bivalves joueront un rôle majeur en conchyliculture qui deviendra de plus en plus spécialisée et qui concomitamment devra faire face à une demande accrue en juvéniles.

Comparée à la collecte du naissain en milieu naturel, les écloséries présentent plusieurs avantages. Elles sont plus fiables et peuvent fournir aux conchyliculteurs les juvéniles dont ils ont besoin, au moment voulu, et même souvent à l'avance par rapport au milieu naturel. Elles peuvent approvisionner les conchyliculteurs en juvéniles inexistant dans le milieu naturel, comme ceux issus de souches génétiquement modifiées, présentant l'avantage d'être mieux adaptées aux conditions d'élevage dans une zone donnée, ou ceux provenant d'espèces exotiques. Le coût est l'inconvénient majeur pour la production de naissain en éclosérie: il est beaucoup plus cher de produire des juvéniles que de les collecter en milieu naturel. Bien que par le passé, les facteurs économiques soient probablement à l'origine de la cessation d'activité de plusieurs écloséries de bivalves, des améliorations technologiques récentes ont permis de fiabiliser la production contrôlée de juvéniles et autoriser la viabilité économique des entreprises en produisant du naissain à prix compétitif. Bien que dans plusieurs régions du monde, les écloséries représentent l'unique source de production de naissain pour la conchyliculture, il reste encore beaucoup à faire pour les rendre plus performantes et les positionner partout comme fournisseur préférentiel de naissain.

Construire et faire fonctionner une éclosérie de bivalves est une affaire complexe et coûteuse et il faut être prudent et avisé lors de la phase de développement sinon l'affaire est vouée à l'échec. Il n'y a pas de recette unique pour construire et faire fonctionner une éclosérie. A vrai dire, beaucoup d'écloséries ont commencé modestement, puis se sont agrandies parallèlement à la croissance de leurs marchés. Les écloséries varient dans leurs conceptions, configurations et constructions d'un site à l'autre, en fonction des espèces cultivées, du niveau de production visée, et surtout en fonction des conditions locales et des préférences propres aux propriétaires ou opérateurs. Cependant, les bases de toute éclosérie sont les mêmes et reposent sur des méthodes de conditionnement et de reproduction des adultes, des techniques d'élevage larvaire et de leur fixation, des techniques d'élevage du naissain jusqu'à une taille acceptable, combinées à des techniques de production de nourriture (algues) pour alimenter tous les stades du cycle de vie. Bien que ces conditions essentielles soient les mêmes pour toute éclosérie, il existe des variations dans les techniques employées. Mais dans tous les cas, la rentabilité d'une éclosérie nécessite une bonne maîtrise de toutes les étapes et leur amélioration continue.

Cette publication se veut être un manuel de référence pour les écloséries de mollusques bivalves. Beaucoup de documents décrivant les techniques d'éclosérie de mollusques sont désormais dépassés et n'incluent pas les avancées technologiques récentes dans ce

domaine. Ce manuel est destiné aux nouveaux opérateurs avec une initiation pratique aux opérations fondamentales d'écloserie. Il pourrait aussi aider les investisseurs potentiels dans l'estimation des coûts de construction et de gestion d'une écloserie. Cette publication ne répond pas aux canons académiques d'un travail scientifique. Son contenu repose sur l'expérience et le savoir faire acquis par les auteurs pendant une période cumulée de plus de quatre-vingt années. Cela dit, une bibliographie extensive et pertinente relative aux écloseries existe. Nombreuses sont les publications qui sont épuisées, confidentielles, ou uniquement accessibles en librairie spécialisée. Les lecteurs intéressés éprouvent des difficultés pour se procurer cette littérature. Ainsi un effort didactique a été consenti dans ce manuel pour le rendre le plus accessible possible.

Enfin, plutôt que d'inclure des références dans le texte, une bibliographie sélective figure à la fin de chaque section pour permettre aux lecteurs d'approfondir ses connaissances sur des sujets spécifiques ou autres aspects opérationnels.

Chapitre 1

Sélection du site, conception d'écloserie et considérations économiques

1.1 SÉLECTION DU SITE	5
1.1.1 Introduction	5
1.1.2 Critères de sélection	6
1.1.2.1 Législation	6
1.1.2.2 Qualité de l'eau de mer	6
1.1.2.3 Installation de l'écloserie	7
1.2 CRITÈRES POUR LA CONCEPTION D'UNE ÉCLOSERIE	8
1.2.1 Introduction	8
1.2.2 Système d'eau de mer	9
1.2.3 Plan d'installation	12
1.2.3.1 Equipement pour la culture d'algue	13
1.2.3.2 Maintenance des géniteurs et zone de reproduction	14
1.2.3.3 Zone d'élevage larvaire	15
1.2.3.4 Zone d'élevage des juvéniles	15
1.2.3.5 Autres espaces nécessaires	16
1.3 CONSIDÉRATIONS ÉCONOMIQUES	16
1.4 LECTURES RECOMMANDÉES	17

1.1 SÉLECTION DU SITE

1.1.1 Introduction

Sélectionner un site adéquat pour une écloserie de bivalves est la mesure la plus importante à considérer au moment de sa conception. C'est pourtant, un des facteurs que l'on a le moins souvent pris en compte. Plusieurs facteurs pourraient avoir contribué au choix d'un site inapproprié incluant l'infrastructure principale dépourvue d'une ou plusieurs composantes, comme un terrain à un prix raisonnable, l'accessibilité à l'électricité et l'eau douce, la disponibilité en main-d'œuvre qualifiée et l'accès aux communications. De plus, certaines personnes ou sociétés pourraient avoir souhaité construire leurs écloseries à proximité d'installations de grossissement de bivalves déjà existantes. Dans ces cas, l'écloserie ne fait que s'ajouter aux opérations d'élevage existantes. Encore une fois, un individu ou une entreprise peut posséder ou avoir les droits de concession et il s'avère que cet endroit est le seul site qui paraît convenable pour la construction d'une écloserie. Aussi, s'il est vrai qu'il est impossible de construire une écloserie dans un site idéal, certains critères néanmoins doivent être respectés sinon l'écloserie sera vouée à l'échec.

1.1.2 Critères de sélection

1.1.2.1 Législation

La première étape est de s'assurer que la législation autorise la construction d'une écloserie de bivalves dans le site choisi. Cette vérification peut être faite rapidement en faisant une enquête au niveau local, national, ou auprès des autorités fédérales ou provinciales. Si ces législations ne permettent pas la construction d'une écloserie dans le site choisi, il est alors préférable de trouver un autre endroit où la construction d'une écloserie est possible ou de tenter de changer les procédures gouvernementales existantes afin d'obtenir un permis de construction dans le site choisi.

Il est probable qu'un nombre d'autorisations et permis soit demandé conformément aux lois locales et nationales de construction ainsi qu'aux législations environnementales avant toute autorisation de construction. Ce processus peut être long, coûteux et chronophage et peut exiger une évaluation d'impact de l'écloserie sur l'environnement local avant même que l'autorisation soit délivrée.

1.1.2.2 Qualité de l'eau de mer

Avant de s'engager dans la recherche d'un site convenable à l'installation d'une écloserie de bivalve, il est primordial de s'assurer que la qualité de l'eau de mer soit bonne durant toute l'année dans le site potentiel. Cette condition est incontournable. Si une source de bonne qualité d'eau est indisponible, il serait difficile, voire impossible, de développer une écloserie viable. C'est pour cette raison qu'il faut impérativement obtenir le maximum d'informations concernant la qualité de l'eau de mer dans le site ou les sites potentiels. Ces informations à rassembler ne concernent pas uniquement les eaux de surface mais aussi toute la colonne d'eau, puisque la thermocline peut s'installer ou la résurgence peut apparaître périodiquement. Si des études océanographiques ont été entreprises dans la zone, une copie des données doit être examinée. Si, au contraire, aucune étude de ce genre n'a été réalisée, il faut alors opérer à un échantillonnage serré d'eau, durant au moins une année, dont l'objectif est de mesurer les paramètres environnementaux du site, et leurs compatibilités avec la culture des espèces ciblées.

Les larves comme les juvéniles des bivalves ont des exigences physiologiques, comme la température de l'eau, la salinité et le taux de l'oxygène dissous. Ces paramètres doivent être maintenus durant le cycle d'élevage. Les températures sont plus élevées dans les régions tropicales que dans les régions tempérées et les bivalves, d'origine locale sont bien adaptés pour tolérer ces conditions. Cependant, dans une écloserie, la température doit être maintenue à un niveau assez élevé pour permettre la survie et la croissance des larves et des juvéniles. Dans les zones tempérées, les températures de l'eau ne doivent pas excéder le niveau léthal qu'il soit supérieur ou inférieur, aussi bien pour les larves que pour les juvéniles. La salinité peut varier largement et la tolérance à ces fluctuations diffère d'une espèce à l'autre. Certaines nécessitent un niveau de salinité élevé alors que les espèces euryhalines (estuaire et eau saumâtre) montrent une large tolérance. Les périodes de fortes pluies peuvent d'une part, causer des périodes de baisse de salinité, et d'autre part, si elles sont accompagnées d'écoulements, augmenter les quantités de limon et autres nutriments qui peuvent générer des problèmes dans l'écloserie. De fortes concentrations phytoplanctoniques marines (floraisons) et bactériennes peuvent libérer des substances toxiques provoquant des altérations du taux de survie et de croissance des larves et juvéniles de bivalves, voire des mortalités massives dans les cas extrêmes. C'est la raison pour laquelle la collecte des données relatives à ces paramètres doit être accomplie avant de se décider sur la conformité d'un site pour l'installation d'une écloserie de bivalves. Des mesures curatives pour améliorer une mauvaise qualité d'eau, peuvent être coûteuses et affecter la rentabilité de l'entreprise.

Les sites qui peuvent être contaminés par les effluents industriels doivent être évités. Les effets létaux et sublétaux d'un grand nombre de polluants industriels restent encore méconnus, comme les effets synergiques qui peuvent apparaître quand plusieurs industries relarguent une série de déchets potentiellement toxiques dans l'eau avoisinante. Les effets de ce type d'effluents peuvent être désastreux pour les larves. Par exemple, il a été démontré qu'un composé antisalissure associé à une peinture marine, le tributyltétain (TBT), est léthal pour les larves de bivalves même à de très faibles concentrations de l'ordre de quelques parties par milliard (ppb). Alimenter l'écloserie en eau de mer prélevée au voisinage d'une marina et de docks est à éviter également. Si c'est possible, il est souhaitable d'entamer des tests biologiques (bioessais) en utilisant des embryons de bivalves pour déterminer la qualité de l'eau de mer dans le site potentiel. La présence de matière détritique peut être transitoire ou saisonnière; aussi les prélèvements destinés aux bioessais doivent être opérés durant une période d'au moins une année à un pas hebdomadaire.

Les sources de pollution telles que l'agriculture, la sylviculture et les rejets domestiques doivent aussi être évitées. Il a été récemment montré que le drainage venant de terres cultivées peut véhiculer des pesticides à des concentrations néfastes pour la croissance et la survie des larves de bivalves. La pollution domestique peut non seulement contenir des polluants, toxiques pour les larves de bivalve, mais aussi de fortes teneurs en matière organique. Ces dernières peuvent provoquer une déplétion de la teneur en oxygène et augmentent les niveaux bactériens entraînant également une réduction de la croissance et des mortalités larvaires.

Un autre critère à prendre en compte pour le choix d'un site propice à l'installation d'une écloserie de bivalves, est le développement potentiel d'une agglomération. L'urbanisation avec les problèmes qu'elle engendre est un des soucis majeurs pour la conchyliculture. Si une urbanisation est prévue à proximité du site, il faudra s'assurer que les sources potentielles de pollution seront minimales et cela nécessitera de travailler en étroite collaboration avec les décideurs et les investisseurs.

1.1.2.3 Installation de l'écloserie

L'écloserie doit être située proche de l'océan pour minimiser la distance de pompage et diminuer l'entretien de grandes longueurs de tuyaux. Elle doit aussi être localisée le plus possible au même niveau de la mer pour éviter les problèmes de pompage d'eau liés à un important dénivelé. Si des fluctuations thermiques et halines sont décelées régulièrement en surface, le point de pompage devra être positionné en profondeur, (jusqu'à 20 m) afin de stabiliser les valeurs de température et de salinité. En fonction de la nature géologique du substrat, un forage proche du rivage est envisageable pour avoir accès à une nappe d'eau marine. Une telle source d'eau aura l'avantage d'être à température presque constante toute l'année et sera préfiltrée par percolation à travers le substrat. Cependant, l'eau peut nécessiter une oxygénation préalable avant son utilisation. Il est toujours prudent de consulter un ingénieur qualifié pour décider de la meilleure méthodologie et technologie à adopter pour s'approvisionner en eau.

Le site doit comprendre une superficie suffisante pour abriter l'écloserie et les constructions annexes mais aussi pour autoriser une extension future. Le besoin d'une surveillance adaptée doit aussi être considéré.

D'autres critères doivent être présents à l'esprit, comme la possibilité de disposer sur le site d'une alimentation adéquate d'énergie électrique, d'une source d'eau douce et d'une main-d'œuvre qualifiée capable de faire fonctionner l'écloserie. De bons moyens de communication doivent être accessibles pour que le matériel et les fournitures nécessaires puissent être acquis rapidement et que les larves et le naissain soient

rapidement livrés à leurs différentes destinations. La proximité d'institutions telles qu'universités, laboratoires publics et bibliothèques doit aussi être considérée puisque de tels contacts peuvent fournir une assistance opérationnelle précieuse et permettre la résolution de problèmes émergents.

Il est recommandé de dresser préalablement une liste de paramètres qui doivent être atteints ou au moins considérés, lors de la sélection d'un site pour l'implantation d'une écloserie de bivalves et l'emplacement sera considéré comme propice s'il répond à la plupart des critères établis.

1.2 CRITÈRES POUR LA CONCEPTION D'UNE ÉCLOSERIE

1.2.1 Introduction

Il n'y a pas de conception figée pour un projet d'écloserie de bivalves. L'agencement d'une écloserie varie d'un site à l'autre car il est fonction des espèces à élever, de sa localisation géographique, des fonds disponibles, de l'objectif de la production et des préférences personnelles des opérateurs (figure 3). Certaines écloseries sont petites et fournissent du naissain pour leurs propres opérations d'élevage de bivalves. D'autres sont grandes et peuvent produire du naissain destiné exclusivement à la vente, mais aussi à leur propre usage et dont l'excédent est vendu aux autres conchyliculteurs. Les écloseries peuvent comporter ou non une nourricerie et certaines ne produisent que des larves compétentes pour le télécaptage alors que d'autres peuvent assurer le prégrossissement et fournir des juvéniles de 1 à 12 mm de longueur. Beaucoup de critères dépendent de la nature, des exigences et du degré de sophistication des opérations de grossissement, lesquels varient en fonction de la demande du client.

Plusieurs écloseries ont été construites avec peu de planification préalable autorisant un développement futur. Une écloserie est construite pour produire une quantité ciblée



Figure 3: Sélection de photos d'écloseries montrant la variabilité en taille et la sophistication de construction qui existent internationalement. Dans le sens des aiguilles d'une montre à partir du haut et de la gauche: Tinamenor S.A. (Pesues, Espagne), l'écloserie de Turpiolito (Golfe de Cariaco, Venezuela), la station biologique des Bermudes, écloserie de pectinidés conçue dans des conteneurs isolés de cargos et la SMS, écloserie d'huître (Point Pleasant, Nouvelle-Ecosse, Canada).

de naissain et quand l'objectif initial est atteint une décision est prise pour étendre et augmenter ses capacités de production. Les installations rajoutées sont souvent inefficaces et peu fonctionnelles. D'autres écloséries ont été conçues pour produire du naissain d'une seule espèce, alors que d'autres espèces y sont produites actuellement si bien que cette nouvelle configuration est inefficace.

Beaucoup de temps pourrait être économisé et beaucoup de frustrations évitées si l'écloserie était planifiée avec soin avant même que la construction ne commence. Plusieurs facteurs doivent être rappelés pour la conception d'une écloserie et deux points sont particulièrement importants. Premièrement, les opérations en écloserie doivent être fonctionnelles et pratiques pour les ouvriers, afin de les rendre aussi rentables que possible, et deuxièmement, la nécessité d'une expansion future doit être intégrée.

Il y a deux compartiments essentiels pour une écloserie de bivalves, le système d'alimentation en eau de mer et le plan des installations.

1.2.2 Système d'eau de mer

Le besoin d'une alimentation en eau de mer de bonne qualité a été antérieurement discuté. Il est important, de s'assurer que la source d'eau de mer, le système de pompage et traitement de l'eau soient situés à proximité de l'écloserie, et une utilisation optimale est conseillée pour préserver l'investissement et minimiser les coûts de fonctionnement.

L'écloserie doit être située le plus possible au même niveau de la mer pour réduire les efforts de pompage. Le point de pompage doit être le plus proche possible de l'écloserie et localisé de manière à faciliter la mise en service et minimiser son entretien. Le prélèvement d'eau de mer doit être placé en profondeur pour éviter toute variation de température et de salinité et réduire au maximum le nombre d'organismes et la quantité de matière détritique pénétrant dans le système. Dans les zones tempérées, le point de prélèvement doit être localisé en dessous de la thermocline estivale afin de réduire les fluctuations thermiques. Dans les zones caractérisées par des périodes de fortes pluies, les prélèvements doivent être opérés assez profondément pour éviter les brusques fluctuations de salinité et le fort envasement résultant de ses pluies. Le pompage en profondeur permet d'éviter les principales floraisons phytoplanctoniques dont certaines peuvent être néfastes pour les larves de bivalves et limite également les salissures qui rentrent dans le système. Les organismes qui se fixent sur les tuyaux réduisent d'une manière importante le débit de l'eau dans l'écloserie. Plusieurs des sources de variabilité citées ci-dessus peuvent être évitées en s'alimentant sur eau de forage. Cette possibilité doit être examinée avant que toute autre solution soit envisagée.

La taille des pompes ainsi que le diamètre des tuyaux à employer dépendront de l'échelle des opérations et du volume d'eau de mer nécessaire pour répondre à l'ensemble des besoins de production. Les pompes sont disponibles chez les fournisseurs et le type et la taille souhaitée peuvent être déterminées après discussion avec les revendeurs. Il est important de s'assurer que les surfaces qui seront en contact avec l'eau de mer ne soient pas toxiques. La plupart des plastiques, fer sablé et certains genres d'acier inoxydable sont convenables. Les pompes contenant des composantes de certains types d'acier ou en cuivre doivent être évitées.

L'eau de mer pompée directement de l'océan passe préalablement à travers des filtres à sable qui suppriment la majorité de la matière en suspension dont le diamètre est supérieur à 20–40 μm (figure 4). Un filtre à sable bien entretenu enlèvera de l'eau, la majeure partie de la matière détritique et des organismes qui peuvent interférer avec

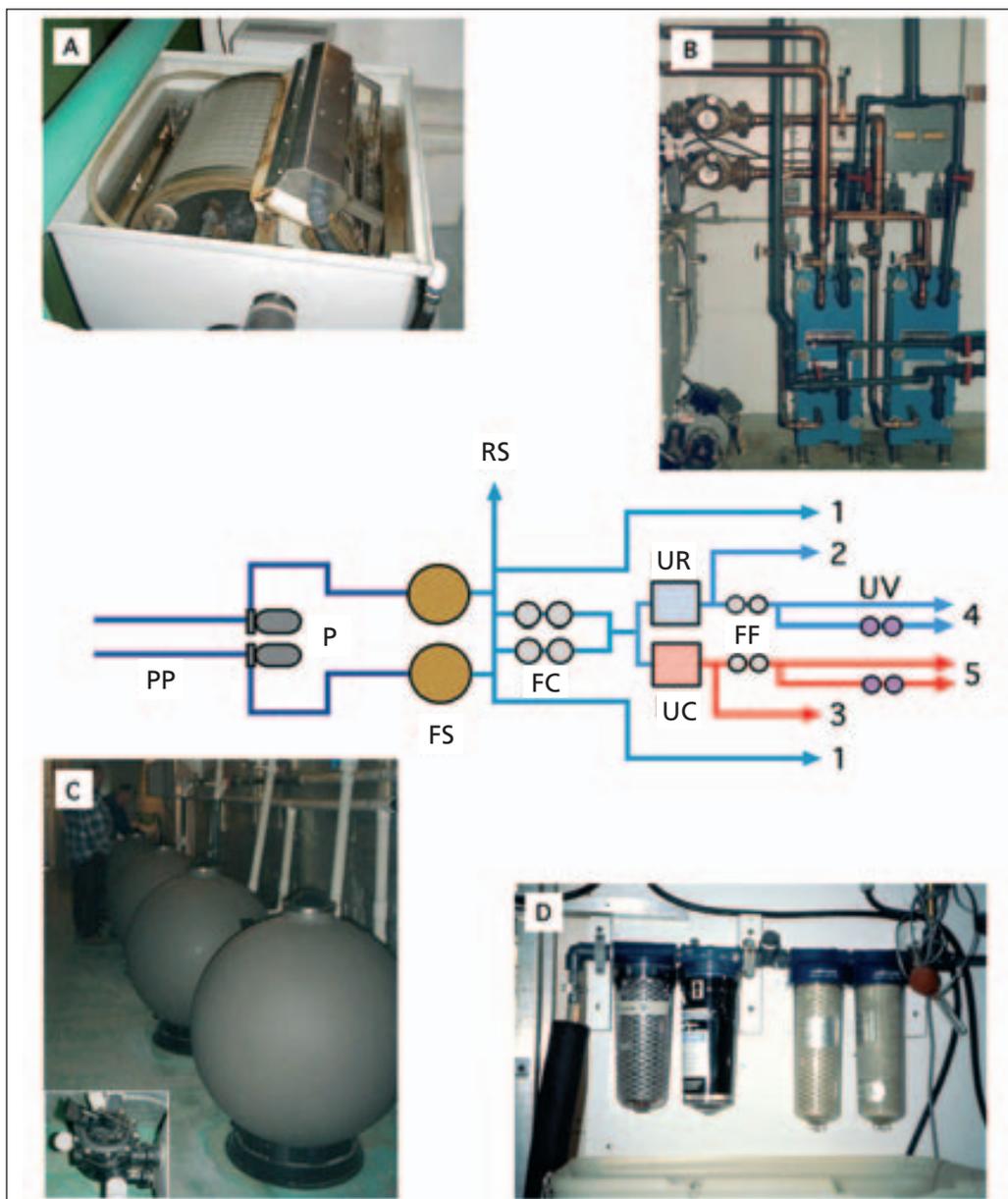


Figure 4: Diagramme de différents stades de traitement d'eau de mer en usage en écloserie de bivalves à partir du point de prélèvement (PP) jusqu'aux diverses zones d'utilisation (1 to 5). Clés: P – pompes d'eau de mer; FS – filtres à sable (photo C) ou alternativement tambour rotatif autonettoyant (photo A); RS – jusqu'au réservoir de stockage (si nécessaire); FC – filtres à cartouche de 20 μm et 10 μm ; UR – unité de refroidissement d'eau de mer (si nécessaire); UC – unité de chauffage d'eau de mer (en cas de besoin – photo B); FF – filtration finale (5 μm et 1 ou 2 μm - photo D); UV – unité de désinfection rayons ultraviolet (si nécessaire).

Un guide pour un usage normal (le niveau de traitement varie d'une écloserie à une autre):

- 1 – Eau non chauffée, filtrée sur sable pour les géniteurs et les juvéniles de grandes tailles (si l'eau nécessite d'être chauffée dans ce cas voir point 3).
- 2 – Eau de mer refroidie et filtrée à 10 μm pour les géniteurs matures ou pour les cultures d'algue à grande échelle d'espèces délicates. L'eau de mer refroidie (ou à température ambiante) est souvent mélangée à l'eau chauffée pour fournir une température intermédiaire pour des besoins divers.
- 3 – Eau chauffée et filtrée à 10 μm pour le conditionnement et la reproduction des géniteurs et le grossissement du naissain de grande taille. Certaines écloseries disposent d'un système de chauffage aussi bien pour l'eau de mer brute que l'eau filtrée sur sable destinée au conditionnement des géniteurs.
- 4 – Eau refroidie et filtrée à 1 μm et désinfectée ou non aux UV utilisée pour la culture des algues.
- 5 – Eau chauffée et filtrée à 1 μm et soit désinfectée ou non par UV pour la culture des larves.

l'élevage des larves de bivalves. Il élimine les salissures qui peuvent se fixer et croître dans les tuyaux. Ces organismes causent non seulement des problèmes de circulation de l'eau de mer mais peuvent provoquer aussi, quand ils meurent des conditions anaérobiques pouvant être toxiques pour les larves de bivalves. Ils peuvent aussi retenir et éliminer les bactéries potentiellement nuisibles aux larves. Les filtres à sable sont disponibles dans le commerce et sont identiques à ceux utilisés dans les piscines. Une série de deux ou plus de ces filtres est généralement installée et régulièrement retrolavée pour éviter leur colmatage. D'autres types de filtres peuvent être utilisés en fonction des préférences du personnel et des coûts. Les tambours rotatifs auto nettoyant offrent une alternative pour éliminer les matières en suspension grossières et les cartouches de grand format où des filtres à poche sont disponibles et sont particulièrement efficaces pour éliminer des particules de petites tailles.

Un autre moyen de s'approvisionner en eau de mer, est de pomper de l'eau à partir d'un puits. Durant les dernières années, cette possibilité est devenue la méthode la plus répandue pour les écloseries. Un puits creusé ou un forage à proximité de l'écloserie et assez profond, fournira suffisamment d'eau de mer pour l'écloserie. L'eau provenant de ce genre de puits est de bonne qualité et présente généralement des températures et des salinités constantes. Elle a déjà été filtrée à travers les sédiments et les roches poreuses, contient peu de débris et peu, sinon jamais de salissures. L'eau ainsi pompée nécessite peu de filtration supplémentaire. Construire un puits d'eau de mer peut paraître initialement coûteux mais cet investissement est largement compensé par les réductions du coût de fonctionnement.

Après filtration, la totalité ou une partie de l'eau de mer est transférée dans un réservoir de stockage en béton ou fibre de verre. Le choix de l'utilisation d'un réservoir peut être une question de préférence et plusieurs écloseries ne disposent pas de réservoirs. Ils sont utiles quand l'eau ne peut être pompée que dans un temps limité, par exemple, à marée haute. Parfois cette méthode peut être pratique dans les zones où l'énergie électrique est peu fiable pour assurer une disponibilité durable de l'eau de mer. Une quantité suffisante d'eau est pompée dans le réservoir et ainsi l'écloserie est alimentée jusqu'à ce que le réservoir puisse être rempli de nouveau. Le réservoir doit être placé dans un point haut pour que l'effet de la gravité autorise la circulation d'eau dans l'écloserie. Dans d'autres écloseries, le circuit de l'eau de mer est un circuit ouvert et l'eau est pompée continuellement à travers l'écloserie en cas de besoin et par la suite elle est rejetée dans les effluents. Récemment, plusieurs écloseries ont installé des systèmes de re-circulation entiers ou partiels pour réduire les coûts de fonctionnement. Cette approche est particulièrement adaptée en cas de ressource limitée en eau de mer ou si elle a été chauffée ou refroidie. Dans les circuits de re-circulation fermée, l'eau passe à travers des filtres biologiques activés, pour éliminer les métabolites des animaux, où elle est maintenue avant utilisation. De plus, si elle est chauffée ou refroidie, elle peut passer à travers des échangeurs d'énergie pour être partiellement chauffée ou refroidie. Le circuit fermé permet de réduire par la suite les coûts énergétiques.

Tous les tuyaux doivent être non toxiques, normalement en PVC (polyvinylchloride) type 40 ou 80, bien que les tuyaux en ABS ou en polyéthylène soient parfois aussi utilisés comme alternative. Le diamètre des tuyaux dépend de la demande en eau. Dans la majorité des écloseries, les tuyaux de distribution principale ont un diamètre de 50 mm ou moins, alors que le tuyau de pompage principal peut avoir jusqu'à 15 cm de diamètre. L'installation des tuyaux doit être solide et placée en hauteur pour ne pas entraver le chemin facile d'accès pour le nettoyage. Les valves et les sorties doivent être placées de manière à être accessibles. Si l'eau est suffisamment filtrée, il y aura besoin de peu de nettoyage. Un nettoyage périodique est cependant nécessaire, et, il est important que les joints ou supports d'attachement soient positionnés convenablement afin que

les conduits puissent être facilement nettoyés *in situ* ou rapidement démantelés pour un nettoyage complet.

Dans la plupart des écloseries situées en zones tempérées il est parfois nécessaire de chauffer et de refroidir une partie de l'eau de mer. Ce type de matériel existe à l'échelle industrielle et son dimensionnement doit être discuté avec les fournisseurs afin de garantir une alimentation en eau à la température souhaitée. D'autre part, il est essentiel de s'assurer que les surfaces de ces unités, qui sont en contact direct avec de l'eau pompée, ne soient pas toxiques pour les larves de bivalves. La plupart des unités de chauffage d'eau disponible dans le commerce utilisent du titane pour le transfert de l'énergie à la surface et ce type de matériel est choisi par la majorité des écloseries.

Les gérants d'écloserie peuvent souhaiter stériliser (ou plus correctement, désinfecter) tout ou une partie de l'eau de mer avant toute utilisation, particulièrement si des problèmes de maladies émergent. L'eau de mer peut être stérilisée soit avec des rayons ultraviolet (UV) soit avec de l'ozone. Des unités sont disponibles dans le commerce et un simple calcul permettra de déterminer la taille de l'unité demandée. Les unités commerciales sont normalement évaluées selon leur performance de stérilisation de l'eau douce. Dans le cas des eaux de mer où des charges organiques et la turbidité causée par la matière colloïdale sont fréquent plus que ceux rencontrés dans l'eau douce, il est recommandé que ces unités soient utilisées à moitié (ou même moins) du débit nominal recommandé pour pouvoir fonctionner de façon satisfaisante. Si les rayons UV sont utilisés pour la stérilisation, l'eau doit être filtrée à 1 µm avant toute stérilisation puisque ces rayons UV sont facilement absorbés par les particules se trouvant dans l'eau diminuant l'efficacité du système. La filtration peut être facilement incorporée à l'intérieur de l'UV et plusieurs unités, disponibles sur le marché proposent des filtres couplés à des lampes UV.

Dans certaines régions le contrôle des rejets d'écloserie peut être soumis à législation. Avant la construction d'une écloserie, les lois relatives aux rejets d'effluents doivent donc être vérifiées, et si elles existent les appliquer.

Des conduits d'évacuation de grandes tailles enterrées dans les zones humides sont essentiels et doivent être placés de manière à être accessible tout autour de l'écloserie. Périodiquement des grands volumes d'eau doivent être évacués, par exemple, au moment de la vidange des bassins, et les conduits d'écoulement doivent être capable de gérer de tels rejets.

Certaines écloseries peuvent s'intéresser à la reproduction d'espèces exotiques ou variété ou souche d'espèces qui ne se reproduisent pas localement. Selon les lois en vigueur, l'instauration exigera une quarantaine pour s'assurer que les animaux nuisibles, les parasites et les maladies ne seront pas introduits avec les espèces exotiques et que les larves ne s'échappent pas accidentellement dans le milieu naturel. La quarantaine comprendra alors un système de drainage spécifique en se déversant dans un bassin de stockage où les effluents pourront être stérilisés avec une solution fortement concentrée d'hypochlorite de sodium. L'eau stérilisée est ensuite neutralisée au thiosulfate pour éliminer tous les résidus chlorés avant d'être rejetée dans l'environnement. Les équipements de quarantaine peuvent nécessiter une salle séparée pour maintenir, conditionner, et reproduire les adultes. Les évacuations de cette salle devraient aussi passer dans les bassins de traitement de la quarantaine.

1.2.3 Plan d'installation

Des réflexions avisées doivent être formulées lors de la conception d'une écloserie afin de rendre les opérations d'élevage pratiques et efficaces. L'écloserie doit être modulable

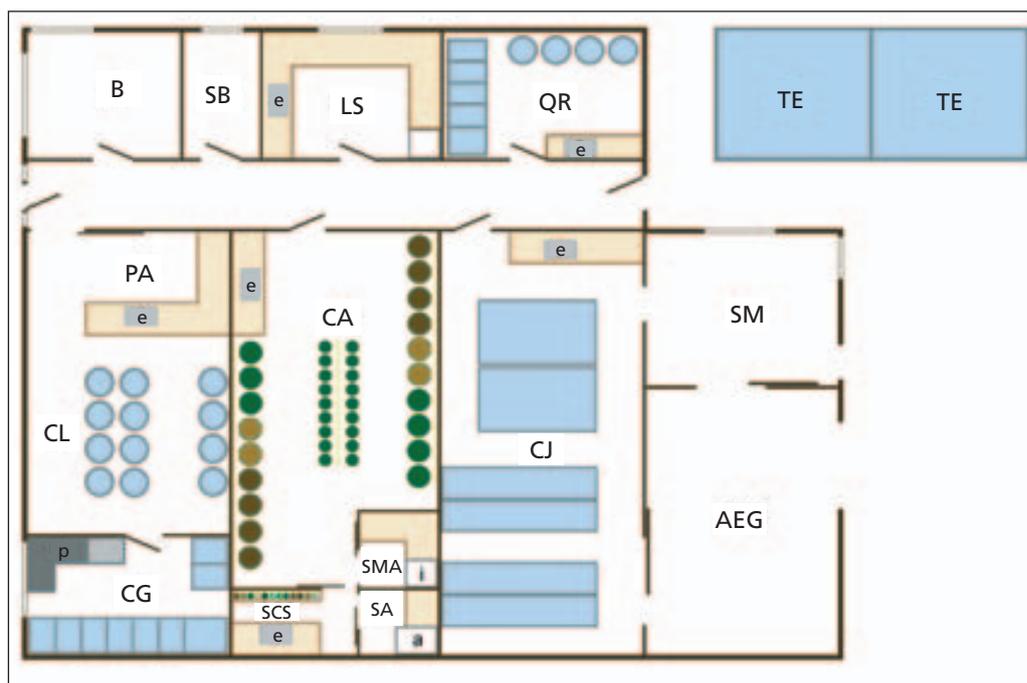


Figure 5: Plan général pour la construction d'une écloserie de bivalves (voir le texte ci-dessous pour explication).

pour permettre facilement des changements ultérieurs sans modifications majeures. Dans certaines éclosiers, les bassins sont en béton et des changements ne peuvent pas être facilement réalisés. Il est préférable de s'équiper de bacs en plastique ou en fibre de verre pour les déplacer ou les changer facilement en cas de besoin. Le sol doit être en béton et disposer d'évacuation en nombre suffisant. Toutes les surfaces de travail doivent être couvertes de matériel dur, résistant et facile à nettoyer. Le sol des unités d'élevages et de stockage doit être fait en bois monté sur une plinthe de béton pour éviter qu'il soit endommagé par immersion dans l'eau de mer. Quand ce n'est pas possible, les surfaces en bois nécessitent d'être enduites d'une résine epoxy de bonne qualité.

Une écloserie dispose de plusieurs aires toutes interdépendantes. D'un point de vue pratique, elles sont partagées en une salle de culture phytoplanctonique, une salle de conditionnement et de reproduction des géniteurs, une salle d'élevage larvaire, une salle pour la culture des juvéniles et des aires réservées aux différents services (figure 5).

1.2.3.1 Équipement pour la culture d'algue

La réussite d'une écloserie de bivalves dépend de la production phytoplanctonique. De grandes quantités d'algue de bonne qualité doivent être disponibles en cas de besoin. Cette production d'algue constitue presque la partie la plus importante d'une écloserie et une profonde réflexion doit être effectuée à ce sujet pour réserver une aire de travail suffisante et efficace (CA – figure 5). Puisque les algues sont utilisées dans toutes les étapes de production, les installations réservées à cette tâche doivent être localisées en position centrale et aménagées d'une manière pratique. La superficie à réserver pour la culture des algues dépend partiellement de l'intensité de production et des méthodes de culture. Ainsi, les algues peuvent être entièrement cultivées à l'intérieur de l'écloserie sous éclairage artificiel, ou cultivées à l'extérieur sous lumière naturelle, ou en combinant les deux. Une serre chaude bien ventilée est indispensable si les algues sont cultivées sous lumière naturelle et cette structure devra être disposée de telle sorte de récupérer le maximum de lumière. Un ombrage sera nécessaire pour protéger les cultures les plus jeunes et les moins denses.

Une petite salle est à prévoir pour le maintien des souches (dites mères) de cultures d'algue (SMA). Les dimensions de cette salle varient mais peut être aussi petite que 2 x 3 m. La salle doit être isolée et la température refroidie. Des étagères équipées à l'arrière par des lampes fluorescentes fournissant une source de lumière sont également nécessaire ainsi qu'un approvisionnement en air. Les tubes à essai inclinés et des flacons contenant des algues et les souches de cultures monospécifiques et axéniques sont gardés dans cette salle, souvent dans un incubateur réfrigéré et illuminé. Les méthodes sont décrites dans le chapitre 3.

La phase suivante consiste à cultiver des algues issues des souches mères dans des erlenmeyer de 4 litres et des ballons de 20 litres exposées à une rangée de lampes fluorescentes (SCS). Cela peut occuper une partie de l'aire principale de la culture d'algue ou une petite salle. La superficie nécessaire dépend du nombre d'espèces et de la quantité d'algue à produire. Cette salle doit être équipée d'une source d'air et de dioxyde de carbone et doit être maintenue à des températures variant de 15 à 18 °C. Une autre petite salle adjacente (SA) peut contenir l'autoclave (a), qui est utilisé pour stériliser le milieu de culture pour les petits volumes de cultures. Certaines écloseries utilisent d'autres méthodes alternatives pour préparer le milieu de culture et ces méthodes sont aussi décrites dans le chapitre 3.

La taille de la salle principale de la culture d'algue dépend du nombre d'espèces cultivées et de la quantité d'algues nécessaire. Cette salle peut occuper une aire considérable de l'écloserie. Si la plupart des algues sont cultivés dans l'écloserie selon la méthode dite «discontinue» alors il faudra prévoir dans ce cas une superficie suffisante contenant une série de bacs mesurant jusqu'à 3 à 4 m de diamètre et 2 m de profondeur. Si la méthode des sacs ou cylindres hauts est utilisée, la superficie au sol peut être réduite. Les ballasts des lampes fluorescentes, utilisées pour illuminer les cultures doivent être de faible échauffement ou déportée dans une zone séparée afin que l'énergie générée puisse être dissipée. Cette aire doit être maintenue à des températures variant entre 15 et 20 °C.

Dans plusieurs écloseries, une partie importante de la production, sinon la totalité, est assurée en serre. Cette structure peut être indépendante ou adjacente à l'écloserie, préférablement du côté sud dans l'hémisphère Nord, et au nord dans l'hémisphère Sud, pour pouvoir recevoir le plus de lumière possible. La taille de la serre dépend de la méthode de culture et de la quantité d'algue à produire.

Une énergie électrique suffisante doit être disponible pour assurer un éclairage artificiel quand la lumière naturelle est insuffisante. Des sources d'air comprimé et de dioxyde de carbone sont essentielles. Une ventilation adéquate ou une climatisation est nécessaire pour maintenir les températures en dessous de 20 °C pendant les jours où le soleil chauffe les installations. Un groupe électrogène est indispensable dans les lieux où la fourniture d'électricité n'est pas fiable avec des coupures de plusieurs heures ou plus. Bien que la survie des algues ne soit pas critique en absence de lumière pour une heure ou deux, les cultures ont par contre besoin d'être aérées. Sans aération les diatomées sédimentent et les cultures peuvent s'effondrer.

1.2.3.2 Maintenance des géniteurs et zone de reproduction

Un espace est nécessaire pour maintenir et conditionner les géniteurs (CG – figure 5). La superficie nécessaire dépend en partie du nombre d'espèces à maintenir et si une partie de ce conditionnement peut se dérouler en milieu ouvert plutôt que dans l'écloserie. De l'eau de mer chauffée ou refroidie peut s'avérer indispensable pour ce genre d'opération pendant certaines périodes de l'année. La possibilité d'isoler les bacs pour que la photopériode soit ajustée est recommandée puisqu'il a été démontré que des fluctuations photopériodiques peut affecter la maturité des gonades.

Un espace est recommandé pour les bacs de ponte (Pondoir: P) mais il peut être intégré à la zone d'élevage larvaire puisque cet espace n'est nécessaire que temporairement. Les pondoirs ou les récipients peuvent être stockés quand ils ne sont pas utilisés. Les méthodes pour le conditionnement, ponte et fécondation sont décrites dans le chapitre 4.

1.2.3.3 Zone d'élevage larvaire

Une autre partie majeure de l'écloserie est occupée par les installations dédiées aux élevages larvaires (CL) et les dimensions ainsi que l'espace dépend du niveau de production. L'espace consacré à cette activité est rempli par des bacs, le nombre nécessaire de ces bacs dépend du niveau de production et des techniques utilisées pour l'élevage larvaire. Sur la côte Pacifique de l'Amérique du Nord, la tendance est d'élever les larves à faible densité, de 2 à 3 par ml, dans de grands bacs dont les capacités varient de 3 à 4 m de diamètre, de 4 à 5 m en hauteur pour un volume total de 40 000 à 50 000 litres. Dans d'autres éclosiers les larves sont cultivées dans de petits bacs de 5 000 litres au plus, à des densités larvaires élevées. Un gérant devrait décider de la production nécessaire pour pouvoir satisfaire la demande du marché et de la méthode d'élevage larvaire à mettre en oeuvre pour la planification de cette partie de l'écloserie.

Les bacs d'élevage larvaire sont généralement en fibre de verre ou en plastique et doivent être trempés dans l'eau de javel avant utilisation. Indépendamment de la taille des bacs utilisés, les bacs doivent être dotés d'une large bonde permettant l'évacuation de grands volumes d'eau quand les bacs sont vidangés. Une paillasse servant aux préparations est indispensable dans la salle d'élevage larvaire (PA) pour le nettoyage, le tri, le comptage et les mesures des larves. La présence de tous les équipements utilisés pour cette tâche est nécessaire. Cet espace nécessite des armoires et des étagères pour le stockage du matériel inutilisé.

1.2.3.4 Zone d'élevage des juvéniles

Une fois que les larves matures se sont fixées (et ont commencé la métamorphose) elles sont transférées dans des bacs dédiés dans la salle de culture de juvéniles (CJ) jusqu'à ce qu'elles atteignent la taille suffisante permettant leur transfert en nourricerie, située dans une partie de l'écloserie ou dans un autre lieu.

C'est le cas généralement des juvéniles (naissain) qui excèdent 2 mm de longueur de coquille. La taille et le type de bac, tant en volume qu'en superficie, consacrés à cette tâche varient selon les espèces.

Les larves matures sont fixées dans l'écloserie ou à l'extérieur (parfois éloigné) des installations. Quand cette opération se produit à l'intérieur de l'écloserie elle est généralement conduite dans la salle d'élevage larvaire, fréquemment dans les bacs larvaires eux mêmes. Un espace pour des bacs complémentaires peut s'avérer nécessaire spécifiquement pour ce procédé. Les naissains (juvéniles précoces) sont ultérieurement transférés dans des bacs dans une aire séparée, dédiée à la culture de juvéniles (CJ). La taille et le type de bacs, tant en volume qu'en superficie, consacrés à cette tâche varient selon les espèces. Ça consiste soit en des systèmes d'eau ascendante, descendante ou des systèmes de plateaux de diverses configurations où les juvéniles sont élevés jusqu'à la taille minimale de 2 mm (longueur de coquille). Le grossissement du naissain à l'intérieur de l'écloserie reposant sur une nourriture cultivée n'est pas économiquement rentable parce que la demande nutritionnelle augmente exponentiellement avec la taille. Si les systèmes de nourricerie sont localisés à l'extérieur de l'écloserie, suffisamment d'espace doit être attribué à cette opération.

Les méthodes pour l'élevage larvaire sont décrites dans le chapitre 5 et pour le naissain dans le chapitre 6.

1.2.3.5 Autres espaces nécessaires

Les écloseries qui utilisent des géniteurs provenant de régions éloignées ou des espèces exotiques peuvent, comme il a été déjà mentionné, nécessiter une quarantaine pour le stockage et l'élevage de cette progéniture en isolation. Ce genre d'écloserie va inclure une quarantaine (QR) pour cette opération à partir de laquelle les effluents sont déversés dans les bacs de traitement (TE).

D'autres espaces sont composés de laboratoire sec (LS), bureau (B) et salle de bain (SB). Le laboratoire sec est l'endroit réservé au repiquage d'algues (si aucun autre espace spécifique n'a été alloué ailleurs), à la pesée et au mélange des produits chimiques, à l'examen des cultures au microscope, aux enregistrements de données et au stockage du matériel scientifique.

L'équipement statique tel que les pompes principales, les filtres à sable et préfiltres (pour enlever les particules jusqu'à 10 µm), les unités de chauffage et de refroidissement d'eau de mer, les fours, les systèmes de ventilation, soufflantes/compresseurs d'air et, groupe électrogène en cas de coupure électrique, et les équipements de contrôle sont regroupés dans une salle de machines insonorisée (SM). La duplication de l'équipement majeur est conseillée en cas de problèmes électriques ou défaillances mécaniques. L'air comprimé est indispensable pendant toutes les phases de culture et le dioxyde de carbone nécessaire à la culture algale. Dans plusieurs écloserie les pompes d'eau de mer et les filtres à sable sont placés dans une salle séparée proche du point de prélèvement d'eau de mer et la filtration finale de l'eau de mer, unité de filtration fine peut prendre place au point d'utilisation plutôt qu'en position centralisée.

Comme le stockage est toujours une nécessité en écloserie, il est utile d'avoir une grande aire réservée (AEG) à cette fin et peut être utilisée pour emmagasiner du matériel et de l'équipement, pour emballer le naissain ou servir d'atelier de travail. La plupart des espaces de travail doivent être équipés de paillasse et d'éviers.

Il est préférable que les différentes parties de l'écloserie soient isolées en cas d'apparition de maladies.

1.3 CONSIDÉRATIONS ÉCONOMIQUES

Une écloserie de bivalves est une affaire et comme toutes les autres affaires, elle doit être gérée efficacement, et être économiquement viable. Les primes ou subventions gouvernementales peuvent aider à compenser les coûts, particulièrement pendant les phases initiales des opérations mais en fin de compte, l'écloserie doit faire face en comptant sur ses propres moyens et être rentable. La politique économique à adopter pour la construction et le fonctionnement des opérations en écloserie varie d'une installation à une autre, d'une région à une autre et d'un pays à l'autre mais en fin de compte toutes ces affaires doivent générer un profit.

Les écloseries sont des opérations coûteuses. Un capital important est nécessaire pour construire une écloserie et financer les différentes opérations. Le propriétaire doit avoir suffisamment de fonds de roulement pour pouvoir continuer les opérations d'élevage jusqu'à que du bénéfice soit généré. Avant de décider de construire une écloserie, il est recommandé d'examiner tous les aspects de sa construction et de son fonctionnement, et de déterminer ensuite à quel niveau l'écloserie sera économiquement viable. Plusieurs coûts doivent être considérés y compris l'achat du terrain, la construction de l'écloserie, l'installation des systèmes de pompage d'eau de mer, l'équipement nécessaire à toutes

les phases de production, la maintenance, les fournitures et besoins généraux, les remboursements de prêt et le besoin d'un personnel expérimenté.

La rentabilité du projet peut varier aussi avec d'autres facteurs y compris la situation géographique, le niveau des opérations et l'intégration des opérations de culture des bivalves.

Dans les zones tempérées le coût majeur de fonctionnement est le chauffage (et refroidissement) de l'eau de mer, mais ce coût n'existe pas dans les tropiques. Cela peut influencer le choix de l'emplacement d'une écloserie dans les régions tempérées dans des sites où l'eau de mer chaude existe au moins pendant une partie de l'année pour aider à réduire les coûts de chauffage.

Certaines écloserie sont des affaires familiales qui produisent seulement suffisamment de naissain pour leur propre besoin. Ce type d'écloserie est généralement fonctionnel pendant seulement quelques mois de l'année, la production est limitée, et les coûts sont beaucoup plus importants que dans d'autres grandes écloseries.

Les grandes écloseries peuvent intégrer toutes les opérations de culture de bivalves ou se limiter à une simple affaire de production de naissain. Quand l'écloserie fait partie d'un élevage intégré, elle peut être gérée simplement sans faire de profit ou même fonctionner avec des pertes minimales. Les profits pour l'entreprise sont réalisés dans d'autres phases d'élevage. Quand l'écloserie existe pour produire uniquement du naissain afin de le vendre à d'autres conchyliculteurs, le profit doit être fait sur les seules opérations d'écloserie. De ce fait avant la construction de l'écloserie il faut avoir une connaissance précise du marché pour tout type de naissain qui va être y produit et pas seulement de la quantité de naissain qui peut être vendu mais aussi le prix que les gens sont prêt à payer pour le naissain.

Une autre considération à prendre en compte dans le fonctionnement d'une écloserie de bivalves est le niveau critique de production qui doit être maintenu pour permettre sa rentabilité. Une écloserie ne peut pas exister en produisant simplement quelques milliers de juvénile chaque année. Le coût pour le réaliser est trop élevé. En effet, le coût associé à la production de quelques milliers de juvéniles est presque similaire à celui de plusieurs millions en considérant l'économie d'échelle. Un gérant doit déterminer le niveau critique de production qui doit être atteint pour rentabiliser son affaire mais il est également nécessaire de connaître l'ampleur et la valeur du marché pour le produit considéré.

Un enregistrement précis des coûts, des productions et des ventes doit être fait pour évaluer si l'écloserie est gérée d'une manière rentable ou pas.

1.4 LECTURES RECOMMANDÉES

Anon. 1979. Feasibility study for a commercial oyster hatchery in Tasmania. Tas. Fish. Devel. Authority: 115 pp.

Breese, W.P. et Malouf, R.E. 1975. Hatchery manual for the Pacific oyster. Sea Grant Program Pub. No. ORESU-H-002. Oregon State Univ. Corvallis, Oregon, USA: 22 pp.

Castagna, M. et Krauter, J.N. 1981. Manual for growing the hard clam *Mercenaria*. VIMS Spec. Rep. In Applied Mar. Sci. and Ocean Eng. **249**: 110 pp.

- Curtin, K.** 1983. Oyster hatchery pilot scheme; setting up, operation and future role of hatcheries. N.Z. MAF: 16 pp.
- Dupuy, J.L., Windsor, N.T. et Sutton, C.E.** 1977. Manual for design and operation of an oyster seed hatchery for the American oyster, *Crassostrea virginica*. Spec. Rep. Applied Mar. Sci. Ocean. Eng. **142**. VIMS, Gloucester Point, Virginia.
- Helm, M.M.** 1994. Towards reliable bivalve seed supply in Nova Scotia. Bull. Aquacul. Assoc. Canada **94** (4): 9–14
- Holliday, J.E.** 1984. International developments in oyster hatchery technology. Misc. Bull. 1. Div. Fish, Dept. Agriculture. New South Wales, Australia: 101 pp.
- Huguenin, J.E. et Colt, J. (eds.)**. 1989. Design and operating guide for aquaculture seawater systems. Dev. Aquaculture Fish. Sci. Elsevier. **20**: 264 pp.
- Hurley, G., Henderson, K., Percy, M. et Roscoe, D.** 1987. Design of a small scale shellfish hatchery. Nova Scotia Dept. Fish. Halifax, NS, Canada: 45 pp.
- Im, K.H. et Langmo, R.D.** 1977. Hatchery produced Pacific oyster seed: economic feasibility on cultch in the Pacific Northwest. Sea Grant, Oregon State Univ. Corvallis, Oregon, USA. Pub. No. ORSESU-T-77-010: 80 pp.
- Neima, P.G. et Kenchington, E.** 1997. Report on commercial scallop hatchery design. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci., **2176**: 55 pp.
- Robert, R. et Gerard, A.** 1999. Bivalve hatchery technology: the current situation for the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, and the scallop *Pecten maximus* in France. Aquat. Living Resour. **12** (2): 121–130
- Spencer, B.E., Helm, M.M. et Dare, P.J.** 1977. Recommended quarantine measures for marine molluscs. MAFF Fish. Res. Tech. Rep., Lowestoft, No. 32: 7 pp.
- Utting, S.D. et Helm, M.M.** 1985. Improvement of seawater quality by physical and chemical pre-treatment in a bivalve hatchery. Aquaculture, **44**: 133–144
- Wickins, J.F. et Helm, M.M.** 1981. Sea water treatment. p 63–128. In: Hawkins, A. D. (ed.) Aquarium Systems. Academic Press, London: 452 pp.