

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR
ECOLE DOCTORALE SCIENCES DE LA VIE, DE LA SANTE ET DE
L'ENVIRONNEMENT
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES

Année: 2019

N° d'ordre: 201908



THESE DE DOCTORAT

Spécialité: Sciences Halieutiques et Aquacoles

Présentée par

Abdoulaye LOUM

**Contribution à l'étude de la croissance et
essai de la reproduction artificielle de
l'ormeau *Haliotis tuberculata* au Sénégal**

Soutenue le 26 Avril 2019 devant le jury composé de:

Président: Cheikh Tidiane BA, Professeur Titulaire, FST/UCAD

Rapporteurs:

France-Lyse CLOTILDE BA, Maître de Conférences, FST/UCAD

François TCHOUMBOUGNANG, Maître de Conférences, ISH/ Université de Douala

Jean FALL, Maître de Conférences, IUPA/UCAD

Examineurs:

Papa NDIAYE, Directeur de Recherche, IFAN/UCAD

Hamet Diaw DIADHIOU, Maître de Recherche, CRODT/ISRA

Directeur de thèse: Malick DIOUF, Professeur Titulaire, FST/UCAD

Nom et prénom du Candidat: Abdoulaye LOUM

Titre de la thèse: Contribution à l'étude de la croissance et essai de la reproduction artificielle de l'ormeau *Haliotis tuberculata* au Sénégal

Date et lieu de soutenance:

Jury

Président: Cheikh Tidiane BA, Professeur Titulaire CAMES, FST/UCAD (Sénégal)

Rapporteurs: France-Lyse CLOTILDE BA, Maître de Conférences CAMES, FST/UCAD (Sénégal)

François TCHOUMBOUNANG, Maître de Conférences CAMES, ISH/ Université de Douala (Cameroun)

Jean FALL, Maître de Conférences CAMES, IUPA/UCAD (Sénégal)

Examineurs: Papa NDIAYE, Directeur de Recherche, IFAN/UCAD

Hamet Diaw DIADHIOU, Maître de Recherche, CRODT/ISRA

Directeur de thèse: Malick DIOUF, Professeur Titulaire CAMES, FST/UCAD (Sénégal)

Résumé :

L'ormeau est un mollusque très apprécié pour son goût à travers le monde. Ce qui fait que sa demande ne cesse d'augmenter d'année en année depuis 1999. Ainsi donc, la connaissance de son exploitation socioéconomique pour une meilleure gestion du stock naturel et son élevage, sont aujourd'hui susceptibles de redresser le niveau de l'offre. Toute fois la réussite de cet élevage passe par la connaissance de certains paramètres comme l'effet de la densité sur la croissance mais aussi la maîtrise de la reproduction artificielle. C'est ainsi, des juvéniles sauvage (200 individus) on été collecté au niveau de la baie de Ouakam. A leur arrivée à la station ils ont été mesurés et pesés. 135 individus ayant une longueur initiale comprise entre 26 mm et 36 mm ont été sélectionnés. Ces individus ont été répartis dans neufs bac de 80 L chacun à des densités différentes (10 ; 15 et 20) soit en triplicate trois bacs par densité. Les ormeaux de chaque bac ont été nourris à assiéte avec des macros algues disponibles comme *Ulva lactuca* et *Dictiopeterus sp.* Une fois par mois pendant 12 mois, la longueur et la largeur de la coquille des d'individus de chaque bac et leur poids corporel ont été mesurées. Les résultats ont montré que l'exploitation socioéconomique de l'ormeau dominée par les lébou, occupe une place importante dans la vie des populations le long de la côte rocheuse. L'étude de la croissance a montré une allométrie minorante chez l'espèce. Les ormeaux de la densité 10 présentent un gain de poids (GPa et GPr), un taux de croissance spécifique (TCS) et un gain de longueur (GLa et GLr) plus important) que les densités 15 et 20 et significativement différentes de ceux de la densité 20. Pour Les paramètres de la croissance linéaire de Von Bertalanffy, l'étude a montré que les individus de la densité 20 et la densité 15 ont une vitesse de croissance similaire qui est plus importante que celle de la densité 10 entre 0 et 2 ans. Les résultats ont montré aussi que la saison a un effet sur la croissance de *Haliotis tuberculata* en élevage libre pour toutes les trois densités. Pour les essais de la reproduction les résultats ont montré que le nombre total d'œufs pondus dans les essais variaient de 1,5 à 2 millions d'œufs par femelle. Environ 15 heures après la fécondation, des œufs ont commencé à éclore et des larves trochophores ont été observés dans la colonne d'eau. Au bout de 72 heures des larves véligière ont été observées.

Mots clés : Ormeau ; *Haliotis tuberculata* ; Elevage ; Croissance ; Densité ; Reproduction

Abstract

Abalone is a mollusk highly appreciated for its taste throughout the world. As a result, its demand has been increasing yearly since 1999. Thus, the knowledge of its socio-economic exploitation for a better management of the natural stock and its breeding, are today likely to redress the level of the supply. However, the success of this breeding requires the knowledge of certain parameters such as the effect of density on growth and the mastery of artificial reproduction. Thus, wild juveniles (200 individuals) were collected at the Ouakam Bay. When they arrived at the experimental station the weight and length were measured. 135 individuals with an initial length of between 26 mm and 36 mm were selected. These individuals were distributed in nine tanks of 80 L each at different densities (10, 15 and 20) or triplicate three tanks per density. The abalones from each tank were fed on seaweed macroalgae available as *Ulva lactuca* and *Dictiopeterus sp.* Once a month for 12 months, the length and width of the shell and the wet body weight of individuals in each tank were measured. The results showed that the socio-economic exploitation of abalone dominated by Lebou, occupies an important place in the life of the populations along the coast line. The study of growth showed a lower allometry in the species. The abalone of the density 10 showed a weight gain (WGa and WGr), a specific growth rate (SGR) and a longer gain in length (GLa and GLr) than densities 15 and 20 and significantly different from those of 20. For Von Bertalanffy's linear growth parameters, the study showed that individuals of the density 15 and 20 have a similar growth rate which is greater than that of the density 10 between 0 and 2 years. The results also showed that the season has an effect on the growth of *Haliotis tuberculata* in free culture for all three densities. For the breeding trials, the results showed that the total number of eggs laid in the test ranged from 1.5 to 2 million eggs per female. About 15 hours after fertilization the eggs started to hatch and trochophorous larvae were observed in the water column. After 72 hours the veligerous larva was observed.

Key words: Abalone; *Haliotis tuberculata*; Breeding; Growth; Density; Reproduction

DEDICACES

Alhamdoulilah je rends grâce à ALLAH. Paix et Salut sur le Prophète MOUHAMET.

Je dédie ce travail A :

Mon défunt Père Matar LOUM que Dieu l'accueille dans son paradis

Ma Mère Fatou CISSE

Mon épouse Mariama NDAO

Ma fille Maman Fatou LOUM

MON Père Ousmane NDAO et toute sa famille

Mes frères et sœurs

.....

REMERCIEMENTS

Aux termes de ce travail :

Je tiens à remercier, dans un premier temps, l'équipe dirigeante du laboratoire Biologie et Ecologie des Organismes Aquatiques de l'IUPA et l'Ecole Doctorale SEV d'avoir permis la réalisation de cette thèse.

Ce travail a été réalisé grâce à l'appui financier du projet n° P-Z1-AD-002 n° 2100155007376 PAES/UEMOA. J'exprime ma profonde gratitude aux autorités de la Commission de l'UEMOA et la BAD pour leur contribution financière.

Je remercie toute l'équipe qui m'a aidé à réaliser les travaux de terrain allant des enquêtes à la réalisation des expériences en passant par la collecte des ormeaux et des macros algues: Pr Jean FALL ; Mariama SAGNE ; Abdoulaye DIOP et toute sa famille ; Ousmane SARR ; Ibrahima NDIAYE ; grand Jule man ; Alioune Faye et tous les étudiants qui ont eu à faire leur stage à la Station d'Expérimentation Aquacole de l'IUPA qui se trouve à Ouakam.

Je tiens à exprimer mes remerciements à Monsieur Malick DIOUF, Professeur Titulaire au Département de Biologie Animale de la Faculté des Sciences et Techniques, Directeur de l'IUPA qui a accepté de diriger ce travail et à qui je dois une reconnaissance particulière pour ses qualités humaines, généreux de cœur et d'esprit, vous avez toujours accompli de la manière la plus efficace possible votre rôle de Directeur de thèse. Merci pour les conseils, la confiance, le suivi, le soutien, et pour la liberté scientifique que vous m'avez toujours accordée, que ce soit dans les directions scientifiques à prendre ou pour la rédaction de ce manuscrit. Votre constante **disponibilité**, votre **simplicité**, votre rigueur, votre efficacité dans le travail ainsi que votre **modestie** font de vous un exemple.

Je voudrais exprimer ma gratitude au **Pr. Jean FALL** Maître de Conférences à l'IUPA, qui m'a fait l'honneur d'accepter d'être mon encadreur depuis mon master à l'IUPA. Il m'a fait découvrir le domaine de la recherche scientifique, m'a formé et accompagné tout au long de ces années avec beaucoup de patience et de pédagogie. Merci professeur pour la formation, l'encadrement, les conseils, et surtout la confiance et la disponibilité que vous m'avez toujours accordée.

J'exprime ma reconnaissance et ma gratitude aux membres du jury qui ont bien voulu juger ce

travail. Vos commentaires et critiques constructifs vont beaucoup m'aider dans l'amélioration du document.

Je remercie Monsieur Cheikh Tidiane BA, Professeur Titulaire au Département de Biologie Animale de la Faculté des Sciences et Techniques, qui m'a fait l'insigne honneur de présider le jury de cette soutenance malgré ses nombreuses obligations et contraintes. Merci infiniment, Professeur !

Je remercie Madame France-Lyse CLOTILDE BA, Maître de Conférences au Département de Biologie Animale de la Faculté des Sciences et Techniques, qui m'a fait l'honneur d'être rapporteur de ma thèse malgré ses multiples occupations et d'avoir accepté de juger ce travail.

Je remercie le Professeur François TCHOUMBOUGNANG, Maître de Conférences à Institut des Sciences Halieutiques de l'Université de Douala (Cameroun) qui a bien voulu être rapporteur de cette thèse malgré son calendrier très chargé. Veuillez trouver ici toute ma reconnaissance.

Je remercie le Professeur Papa NDIAYE, Directeur de Recherches à l'IFAN d'avoir accepté de juger ce travail malgré ses nombreuses responsabilités. Veuillez trouver ici toute ma reconnaissance et ma gratitude.

J'exprime ma profonde gratitude à Monsieur Hamet Diaw DIADHIOU, Maître de Recherche, CRODT/ISRA d'avoir accepté de juger ce travail malgré ses nombreuses charges administratives. J'ai beaucoup appris à vos côtés via le projet PAM-Tilapia. L'occasion m'est offerte pour vous remercier et vous témoigner toute ma reconnaissance.

J'exprime ma reconnaissance et mes remerciements aux membres du CLP de Ouakam qui ont contribué à la réalisation de ce travail. J'associe à ces remerciements toute la communauté des Pêcheurs de Ouakam mais aussi celle de Ngor et Soumbédioune.

Monsieur Abdoulaye DIOP Mon attachement, ma gratitude et mes remerciements envers vous ne peuvent être exprimés, ni traduits par ces quelques mots imparfaits. Vous m'avez offert un climat social stable et agréable à Ouakam sans quoi ce travail n'aurait pas lieu. Je vous remercie du fond du cœur.

Je voudrais remercier deux amis, camarades et collègues en l'occurrence **Mariama SAGNE** et **Alioune FAYE** avec qui j'ai cheminé depuis la première année de faculté. Il m'est impossible d'exprimer tout mon attachement et ma gratitude envers vous. Nous avons tous partagé ensemble. Je vous dis tout simplement merci du fond du cœur. Ce travail est le vôtre

Je remercie également d'autres membres de l'équipe : Ousmane SARR ; Ibrahima NDIAYE Jule Man pour leurs soutiens et aides surtout lors des nuits blanches qu'on passait à la belle étoile pour réaliser la reproduction de l'ormeau.

Mes vifs remerciements à Messieurs Abdoulaye DIOUF et Diégane NDONG pour leur soutien moral, leurs conseils et surtout les corrections apportées à ce document et les articles scientifiques.

Je remercie Monsieur Ansoumana Bâ, Maître assistant au Département de Biologie Végétale de la Faculté des Sciences et Technique qui nous a aidé lors de la culture des microalgues en nous donnant gratuitement une souche de *Chlorella sp.*

Je remercie le Professeur Shyn Shin Sheen du Département Aquaculture de l'Université Nationale des Océans de Taiwan pour ses orientations par rapport à l'étude mais aussi d'avoir diligenté la publication de l'un des articles scientifiques de cette étude.

Docteur Niokhor DIOUF veuillez trouver ici toute l'expression de ma reconnaissance pour avoir guidé mes premiers pas, en sciences halieutiques notamment en G.I.A, et pour votre grande disponibilité mais aussi les corrections apportées à ce document. Merci infiniment.

Je remercie également Dr. Alassane SARR et Dr. Waly NDIAYE, Enseignants Chercheurs à l'IUPA. Je vous suis très reconnaissant de m'avoir fait profiter de vos conseils et de vos compétences scientifiques sans aucune retenue sans oublier vos encouragements et sympathies.

J'adresse aussi mes sincères remerciements à Mme Mame Diarra LOUM MBAYE chef bureau statistique de la DPM de m'avoir facilité l'accès aux données. J'associe à ces remerciements deux camarades de promo à l'IUPA Monsieur Modou MBEGUE et Mademoiselle Dior DIOP.

Je remercie le personnel de l'Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture : Mme KEBE, Daly SENE, Adama LY, Ala FAYE, Mme KA, Abdoulaye GASSAMA, Pa NDIAYE sans oublié grand Abou SALL et Baïdy SALL mais aussi l'ensemble des enseignants de cet institut pour leur soutien, leur disponibilité et leur sympathie.

J'adresse aussi mes sincères remerciements au Dr. Babacar SECK pour son soutien financier et ses conseils.

A mon père Ousmane NDAO et toute sa famille, Vous êtes pour moi une seconde famille, vous m'avez aimé et l'avez manifesté en plusieurs circonstances. J'aimerais vous témoigner toute ma reconnaissance et ma gratitude. Vous m'avez offert un climat social stable et agréable sans quoi ce travail n'aurait pas lieu.

A mes frères et sœurs, Mon attachement et ma gratitude envers vous ne peuvent être exprimés, ni traduits par ces quelques mots imparfaits. J'ai toujours apprécié l'estime et l'amour que vous portez à mon égard, sachez que c'est réciproque. Ce travail est le vôtre, il est le fruit de notre union familiale

Last, but not least ! Je n'ai certainement pas tort en affirmant ici que sans le soutien que m'ont toujours apporté mes parents, cette thèse ne verrait jamais le jour. C'est donc l'occasion de réitérer tout le mérite qui revient à mon défunt **Papa Matar LOUM** (Que Dieu l'accueille dans son paradis) et à ma **Mère Fatou CISSE** qui, malgré les difficultés, se sont toujours battu pour m'assurer un contexte favorable au plein épanouissement durant tout mon cursus scolaire et universitaire. Je ne ménagerai aucun effort pour mériter tout l'espoir qui les a conduits à s'investir sur mon éducation. Je ne tourne pas à la dérision en réservant une mention spéciale à **ma chère épouse Mariama NDAO et ma fille Maman Fatou LOUM**. Qu'elles sachent que je suis fier d'elles et je partage avec elles tout l'honneur associé à la réalisation de cette thèse.

Enfin, que tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail et dont les noms et prénom ne sont pas mentionnés ici, trouvent en ces lignes l'expression de ma profonde gratitude. Merci à toutes et à tous.

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Arbre phylogénique des Haliotideae (selon Geiger, 1999)	7
Figure 2: Répartition géographique de <i>Haliotis tuberculata</i> (adapté de Greiger, 2000)	10
Figure 3: Morphologie externe de l'ormeau (face ventrale et dorsale).....	11
Figure 4: Différentes parties de la vue externe de l'ormeau (Travers, 2008)	11
Figure 5: Coquille de <i>Haliotis tuberculata</i> (vue externe et interne de l'ormeau)	12
Figure 6: Description des différentes parties de l'ormeau (Le Petit, 2009)	13
Figure 7: Retournement d' <i>Haliotis tuberculata</i>	15
Figure 8: <i>Haliotis tuberculata</i> - vue décoquillée d'une femelle (Travers, 2008).....	15
Figure 9: Développement des ormeaux (Cardinaud, 2013).	24
Figure 10: Schéma du développement et de la croissance de l'ormeau en liaison avec l'habitat, la vulnérabilité et la dissémination (Le Petit, 2009).....	25
Figure 11: Pêche légale (en bleu) et illégale (en vert) d'ormeaux par pays en 2010 (Fishtech, 2012).....	29
Figure 12: Evolution de la production de l'ormeau au Sénégal (DPM, 2017).....	31
Figure 13 : Localisation des sites	34
Figure 14: <i>Ulva lactuca</i> (A) <i>Dictyopterus sp</i> (B)	37
Figure 15: Matériel de Mesure (Balance électronique (A) ; Pied à coulisse (B)	37
Figure 16: Système d'élevage de la station aquacole de l'IUPA à Ouakam	42
Figure 17: Sexe de l'ormeau Mâle (A) Femelle (B).....	43
Figure 18 : Macroalgues collectées	44
Figure 19: Souche de <i>Clorella sp.</i> et d'une Cyanobactérie	45
Figure 20: Dispositif pour la culture des micro-algues	46
Figure 21 : Processus de culture des microalgues.....	46
Figure 22: Evolution annuelle des captures de l'ormeau de 2000 à 2010.....	49
Figure 23: Evolution mensuelle des captures de l'ormeau de 2000 à 2010	50
Figure 24 : Situation matrimoniale des plongeurs	51
Figure 25: Période de Pêche.....	53
Figure 26: Fréquence des sorties.....	53
Figure 27: Pêche exclusive de l'ormeau	55
Figure 28: Connaissance de la période de reproduction	56
Figure 29: Evolution des captures	57
Figure 30: Autres activités exercées.....	58
Figure 31: Clients	61

Figure 32: Existence de règles locales de gestion sur l'ormeau	63
Figure 33: Respect des règles.....	64
Figure 34: Contribution à l'élaboration des règles	64
Figure 35: Règles propres de gestion de l'ormeau.....	64
Figure 36: Variation mensuelle de la température des trois densités.	66
Figure 37: Variation mensuelle de l'oxygène dissous des trois densités.	66
Figure 38: Courbe théorique relation taille- poids des trois densités	68
Figure 39: Courbe réelle relation taille- poids des trois densités	68
Figure 40: Variation mensuelle du Gain de Longueur Absolu des trois densités	70
Figure 41: Variation mensuelle du Gain de Poids Absolu des trois densités.....	71
Figure 42: Variation mensuelle du TCS des trois densités	71
Figure 43: Moyenne annuelle du facteur de condition pour <i>H. tuberculata</i>	72
Figure 44: Variation de la moyenne mensuelle du facteur de condition.....	73
Figure 45: Courbe de croissance de Von Bertalanffy de l'ormeau <i>Haliotis tuberculata</i> en fonction de la densité.....	74
Figure 46: Croissance saisonnière de <i>Haliotis tuberculata</i> à la densité 10.....	75
Figure 47: Croissance saisonnière de <i>Haliotis tuberculata</i> à la densité 15.....	75
Figure 48: Croissance saisonnière de <i>Haliotis tuberculata</i> à la densité 20.....	76
Figure 49: Relation entre la longueur et la largeur de la coquille de la densité 10	78
Figure 50: Relation entre la longueur et la largeur de la coquille de la densité 15	78
Figure 51: Relation entre la longueur et la largeur de la coquille de la densité 20	79
Figure 52: Variation du taux survie durant l'expérience.....	79
Figure 53: Variation annuelle de la température du bac 1	80
Figure 54: Variation annuelle de la température du bac 2	81
Figure 55: Variation annuelle de l'oxygène dissout dans le bac 1	81
Figure 56: Variation annuelle de l'oxygène dissout dans le bac 2.....	82
Figure 57: Variation du pH des deux bacs	82
Figure 58 : Résultat de la reproduction	84

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Production mondiale d'ormeaux de 1970 à 2013 (Cook, 2014).....	28
Tableau II: Production aquacole d'ormeaux par pays en 2013 (Cook, 2014).....	30
Tableau III : Age des plongeurs	50
Tableau IV : Ethnie	51
Tableau V : Nom local de l'ormeau	52
Tableau VI : Profondeur de pêche.....	52
Tableau VII : Type de plongée.....	53
Tableau VIII : Durée de la sortie.....	54
Tableau IX : Quantité débarquée par sortie.....	55
Tableau X : Période de reproduction.....	56
Tableau XI : Taille des individus capturés	57
Tableau XII: Autres activités	59
Tableau XIII: Contraintes de la pêche des ormeaux	60
Tableau XIV : Prix du Kg de l'ormeau	61
Tableau XV : Revenu par sortie	62
Tableau XVI: Utilisation des revenus	63
Tableau XVII: Règles de gestion	65
Tableau XVIII: Paramètres de la relation taille poids.....	67
Tableau XIX: Paramètres de croissance.....	69
Tableau XX: Valeur moyenne mensuelle du facteur de condition	72
Tableau XXI: Paramètres de la croissance linéaire.....	74
Tableau XXII: Taux de croissance instantanée en fonction de la densité.....	76
Tableau XXIII: Paramètres de la relation morphométrique longueur- largeur	77
Tableau XXIV: Données provenant d'expériences d'études des effets de la densité sur la croissance de différentes espèces d'ormeaux	87

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

°C	: degrés Celsius
AAT	: Aspartate Amino Transférase
ANA	: Agence Nationale de l'Aquaculture
ANSD	: Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie
ARN	: Acide Ribonucléique
CLP	: Comité Local des Pêcheurs
cm	: Centimètre
COI	: Cytochrome Oxydase I
D10	: Densité 10
D15	: Densité 15
D20	: Densité 20
DPM	: Direction des Pêches Maritimes
ELEFAN	: Electronic Length Frequency Analysis
FAO	: Food and Agriculture Organization
GABA	: Acide Gamma Amino-Butyrique
GE	: Gabidge Enzyme
GLMa	: Gain de Longueur Moyenne absolue
GLMr	: Gain de Longueur Moyenne relative
GPI	: glucose 6-phosphate isomérase
GPMa	: Gain de Poids Moyen absolu
GPMr	: Gain de Poids Moyen relatif
H	: <i>Haliotis</i>
IP	: Indo-Pacifique
ISH	: Institut des Sciences Halieutiques

IUPA	: Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture
L_{max}	: Longueur maximale
LM_f	: Longueur Moyenne finale ;
LM_i	: Longueur Moyenne initiale
MDH	: Malate deshydrogénase
mm	: Millimètre
NZ	: Nouvelle Zélande
PAM-Tilapia	: Production d'Alevins Mâle de Tilapia
PGM	: phospho-gluco mutase
PM_f	: Poids Moyen final ;
PM_i	: Poids Moyen initial
PNIM	: Parc National des Iles de la Madeleine
PT	: Poids Total
SAS	: Statistical Analysis System
T	: Tonne
TCS	: Taux de Croissance Spécifique
TS	: Taux de Survie
UCAD	: Université Cheikh Anta Diop de Dakar
UEMOA	: Union Economique et Monétaire Ouest Africaine

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS.....	ii
LISTE DES FIGURES	vi
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....	ix
Introduction	1
Chapitre I : Synthèse Bibliographique.....	5
I.1. Classification phylogénétique	6
I.1.1. Position phylogénétique de <i>Haliotis tuberculata</i> (Linnaeus, 1758).....	8
I.2. Ecologie et Biologie générale de l'ormeau	8
I.2.1. Habitat	8
I.2.2. Répartition géographique	9
I.2.3. Anatomie	10
I.2.3.1. Coquille	11
I.2.3.1.1 Conformation de la coquille.....	11
I.2.3.1.2 Constitution de la coquille	12
I.2.3.2. Eléments mous.....	12
I.2.3.2.1 Présentation générale	12
I.2.3.2.2. Organisation externe	13
I.2.3.2.3 Organisation interne.....	15
I.2.3.3. Vie de relation de l'ormeau	16
I.2.4. Reproduction et développement.....	18
I.2.4.1. Reproduction	18
I.2.4.1.1. Organes reproducteurs	19

I.2.4.1.2. Acquisition de la maturité sexuelle.....	19
I.2.4.1.3. Cas d’hermaphrodisme chez les juvéniles	19
I.2.4.1.4. Histologie des phénomènes de gamétogénèse	20
I.2.4.1.5. Cycle annuel d’émission des gamètes.....	21
I.2.4.1.5.1. Variations du volume de la gonade	21
I.2.4.1.5.2. Variation quantitative des éléments de la spermatogénèse	21
I.2.4.1.5.3. Facteurs influençant le cycle reproducteur.....	21
I.2.4.1.5.4. Emission des gamètes et fécondation.....	22
I.2.4.2. Développement larvaire.....	22
I.2.4.2.1. Stade trochophore	22
I.2.4.2.2. Stade véligère.....	22
I.2.4.2.3. Stade benthique	23
I.2.4.3. Croissance.....	25
I.2.5. Alimentation.....	26
I.2.6. Prédateurs et parasites	26
I.3. Exploitation des ormeaux.....	28
Chapitre II : Matériel et Méthodes.....	32
II.1. Etude socioéconomique de l’ormeau	33
II.1.1. Approche méthodologique.....	33
II.1.2. Localisation des sites de l’étude	34
II.1.3. Présentation des sites	34
II.1.3.1. Soumbédioune.....	34
II.1.3.2. Ouakam	35
II.1.3.3. Ngor.....	35
II.2. Etude de la croissance.....	36
II.2.1. Milieu d’étude	36

II.2.2. Protocole expérimental	36
II.2.3. Paramètres de croissance de survie.....	38
II.2.3.1. Taux de croissance spécifique (TCS).....	38
II.2.3.2. Gain de poids moyen.....	38
II.2.3.3. Gain de longueur moyenne	38
II.2.3.4. Taux de survie	39
II.2.3.5. Paramètres de la croissance linéaire de Von Bertalanffy.	39
II.2.3.6. Relation taille poids.....	40
II.2.3.7. Paramètres morphométriques	40
II.2.4. Paramètres physicochimiques	41
II.2.5. Analyse statistique	41
II.3. Essais de la reproduction.....	41
II.3.1. Collecte des géniteurs	42
II.3.2. Acclimatation et stockage des géniteurs	43
II.3.3. Collecte de macroalgues	44
II.3.4. Suivi des paramètres physico-chimiques	45
II.3.5. Culture de microalgues	45
II.3.6. Reproduction artificielle	47
Chapitre III : Résultats et Discussion.....	48
III. 1 Résultats	49
III.1.1. Etude socioéconomique	49
III.1.1.1. Evolution des captures de l'ormeau de 2000 à 2010	49
III.1.1.2. Age des plongeurs.....	50
III.1.1.3. Situation matrimoniale.....	50
III.1.1.4. Ethnie	51
III.1.1.5. Nom de l'espèce suivant les sites.....	51
III.1.1.6. Profondeur de pêche.....	52

III.1.1.7. Types de pêche.....	52
III.1.1.8. Période de pêche de l'ormeau.....	53
III.1.1.9. Fréquence des sorties par jour.....	53
III.1.1.10. Durée de la sortie	54
III.1.1.11. Quantité débarquée par sortie	54
III.1.1.12. Pêche exclusive de l'ormeau	55
III.1.1.13. Périodes d'abondance	55
III.1.1.14. Période de reproduction	56
III.1.1.15. Evolution des captures	56
III.1.1.16. Taille des individus capturés.....	57
III.1.1.18. Autres activités exercées.....	57
III.1.1.19. Contraintes de la pêche des ormeaux.....	59
III.1.1.20. Marché des ormeaux	61
III.1.1.21. Prix de vente	61
III.1.1.23. Revenu par sortie	62
III.1.1.24. Utilisation des revenus	62
III.1.1.25. Règles de gestions locales sur l'ormeau	63
III.1.1.26. Règles spécifiques à la gestion de l'ormeau	64
III.1.1.27. Règles de gestion	65
III.1.2. Etude de la croissance.....	66
III.1.2.1. Paramètres physi-cochimiques.....	66
III.1.2.1.1. Température	66
III.1.2.1.2. Oxygène dissous.....	66
III.1.2.1.3. pH.....	67
III.1.2.1.4. Salinité.....	67
III.1.2.2. Relation taille-Poids.....	67
III.1.2.3. Taux de croissance spécifique (TCS), gain de poids et de longueur	69

III.1.2.4. Le facteur de condition	71
III.1.2.5. Croissance linéaire en fonction de la densité	73
III.1.2.5. Croissance saisonnière	74
III.1.2.7. La croissance instantanée	76
III.1.2.8. Relations morphométriques	77
III.1.2.9. Taux de survie	79
III.1.3. ESSAIS DE LA REPRODUCTION	80
III.1.3.1. Paramètres physicochimiques	80
III.1.3.1.1. Température des bacs d'élevage	80
III.1.3.1.2. Oxygène dissous dans les bacs d'élevage	81
III.1.3.1.3. pH des bacs d'élevage	82
III.1.3.1.4. Salinité des bacs d'élevage	82
III.1.3.3. Reproduction artificielle	83
III.1.3.5. Elevage des larves	84
III.2. DISCUSSION	85
III.2.1. Etude socioéconomique	85
III.2.2. Etude de la croissance	86
III.2.3. Essais de la reproduction	90
Conclusion et Recommandations	91
Références Bibliographiques	91
Annexes	91

Introduction

INTRODUCTION

Les océans et les mers, qui représentent plus de 72% de la surface de la Terre, sont indispensables pour l'humanité. Ils constituent une source d'organismes, de matières premières, ainsi qu'une source importante d'énergie. Actuellement, plus de 50% de la population mondiale vit le long des côtes. Il est estimé que ce chiffre augmentera jusqu'à 75% en 2025 (World Océan Network, 2014). Les zones côtières sont parmi les écosystèmes les plus diversifiés biologiquement sur la planète.

Aujourd'hui, la communauté mondiale doit faire face à une multitude de défis interdépendants, qui vont des impacts de la crise financière et économique actuelle à une vulnérabilité accrue face au changement climatique. Elle doit en parallèle concilier la nécessité de répondre aux besoins alimentaires et nutritionnels urgents d'une population en expansion avec le caractère limité des ressources naturelles. La pêche et l'aquaculture contribuent de façon déterminante au bien-être et à la prospérité des êtres humains. Si les pêches de capture demeurent stables, la production de l'aquaculture ne cesse d'augmenter (FAO 2014)¹. Parmi tous les secteurs produisant des aliments d'origine animale, l'aquaculture présente l'une des croissances les plus rapides et au cours des dix prochaines années, la production totale issue des pêches de capture et de l'aquaculture dépassera celle des bovins, porcins ou des volailles. Selon les dernières statistiques disponibles recueillies à l'échelle mondiale par la FAO, la production mondiale de l'aquaculture a atteint un niveau record de 90,4 millions de tonnes en 2012 (soit 144,4 milliards de dollars US), comprenant 23,8 millions de tonnes d'algues (soit 6,4 milliards de dollars US). Selon les dernières informations, la FAO estime que la production alimentaire mondiale aquacole a augmenté de 5,8% pour atteindre 70,5 millions de tonnes en 2013. En 2013, la Chine a produit à elle seule 43,5 millions de tonnes de poisson de consommation et 13,5 millions de tonnes d'algues (FAO 2014)¹. En Afrique, l'Egypte occupe la première place avec une production totale de 1,137 millions de tonnes de produits aquacoles.

Au Sénégal, l'aquaculture est une activité qui tarde à prendre son expansion bien qu'étant une activité ancienne pour ce qui concerne les secteurs traditionnels d'élevage des mollusques (huîtres principalement). Elle s'est développée depuis les années 40. Les premiers essais en ostréiculture ont débuté en Casamance à la fin des années 40, pour se poursuivre jusqu'en 1955 dans la région du Sine Saloum. La technique consistait à réaliser des captages de naissains puis assurer le grossissement en milieu naturel.

¹ : FAO, 2014. Situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. 275p

De 2011 à 2016, la production aquacole (toutes espèces confondues) du Sénégal est passée de 371 tonnes à 2082 tonnes (ANA, 2017). Certes des avancées sont en train d'être observées mais on est encore très loin du Nigéria qui occupe la première place en Afrique de l'ouest avec une production de 313200 tonne en 2014 (FAO, 2016)².

L'ormeau, pourrait être un candidat potentiel pour la diversification des élevages conchylicoles. La saveur de sa chair et l'originalité de sa coquille nacrée délicatement perforée font de ce mollusque un produit raffiné à haute valeur commerciale prisé internationalement, particulièrement par les restaurateurs européens et les populations asiatiques. L'élevage des ormeaux s'est remarquablement développé depuis 25 ans à travers le monde, faisant face à la diminution des stocks sauvages surexploités (Gordon et Cook, 2001). L'effort de recherche déployé a ainsi permis à certains pays comme l'Australie ou la Chine de maîtriser les différentes étapes de sa culture et d'en faire une activité économique rentable. Elle a atteint une production de 100352 tonnes soit 785799 millions de dollars US en 2012 (FAO, 2014)¹. Cependant, il y a de nombreux obstacles qui peuvent entraver la réussite économique de l'aquaculture de l'ormeau. Parmi ces obstacles on peut citer sa période d'élevage qui est longue (environ 3 à 4ans) et sa croissance qui est lente et variable (Day et Fleming, 1992) ce qui pourrait réduire les bénéfices. Ainsi donc, il est important de comprendre les facteurs affectant la croissance et la survie de l'ormeau pour pouvoir l'élever dans des conditions optimales et ainsi maximiser la production.

Les nombreux facteurs connus pour influencer sur la croissance des juvéniles d'ormeaux sont le débit d'eau (Fleming et *al.* 1997; Higham et *al.*, 1998), la profondeur (Liu et Chen, 1999), la qualité de l'eau, ses paramètres physicochimiques tels que l'oxygène dissous (Harris et *al.*, 1999; Leitman, 1992), la salinité (Wickins, 1981), la température (Gilroy et Edwards, 1998; Leighton, 1974), le pH (Harris et *al.*, 1998a), les déchets azotés (Harris et *al.*, 1998b), la quantité et qualité des aliments (Tahil et Juinio- Menez, 1999; Fleming et *al.* 1998; La Touche et *al.* 1993; Mercer et *al.*, 1993; Hooker et Morse, 1985), la densité de peuplement (Flassch et Aveline, 1984; Koike et *al.*, 1979) et le Système de réservoir (Loipersberger, 1997 ; Hindrum et *al.*, 1995,). De nombreuses études ont porté sur des facteurs tels que la quantité et la qualité des aliments et les composantes de la qualité de l'eau. Cependant, les effets de la densité d'élevage, en dépit de son importance pour la croissance et des considérations économiques (par unité de production), n'ont pas reçu beaucoup d'attention. En plus les gastéropodes ont

² : FAO, 2016. Situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. 227p

une croissance dépendante de la densité (Marshall et Keough, 1994 ; Fletcher, 1988 ; Fletcher et Creese, 1985; Creese et Underwood, 1982).

Au Sénégal, le stock naturel de l'ormeau est pleinement exploité (Fall, 2006). Tout ceci combiné au fait que *Haliotis tuberculata* n'a jamais fait l'objet d'élevage au Sénégal, nous a poussé à mener des essais de son élevage. Ainsi, l'objectif principal de ce travail a été d'initier l'élevage de l'ormeau au Sénégal, afin d'ouvrir des possibilités de diversification des activités conchyliques. Une attention particulière a été portée sur l'étude socioéconomique de la pêche de l'espèce, l'effet de la densité sur la croissance mais aussi un essai de sa reproduction artificielle.

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

I.1. Classification phylogénétique

L'orveau est un mollusque gastéropode marin de l'ordre des Vetigastropoda. L'espèce servant de type au genre *Haliotis* est, selon les termes de Montfort (1810), "celui auquel on a donné le nom d'oreille d'âne (*Haliotis asinina*)". Le nom d'*Haliotis* vient du grec « halios » (la mer) et « ous, otis » (l'oreille). Les fossiles d'*Haliotidae* qui ont été trouvés à travers le monde ont permis d'évaluer l'apparition de ces mollusques au Crétacé supérieur (Maastrichtien - 65,5 à - 70,6 Ma). Des fossiles de *Haliotis tuberculata* datant du Miocène (- 5,75 Ma à -5,32 Ma) ont pu être retrouvés en France, en Italie, en Ukraine, en Bulgarie, en Hongrie, à Malte et dans les îles Canaries (Geiger, 1999). Jusqu'à récemment, la classification phylogénétique des orveaux apparaissait complexe et variable selon les auteurs. La plupart des auteurs s'entendaient sur 75 ou 100 espèces distinctes et c'est Geiger (1999 ; 2000) qui, le premier, a réévalué ces familles et établi la liste des 56 espèces d'orveau, se basant sur la morphologie (forme, aspect, couleur de la coquille, nombre et diamètre des pores, forme de la radula, de l'épipodium...) et sur la génétique (gène de la sperme-lysine, allozyme, et le gène de l'ARN ribosomal mitochondrial 16S).

Aucune des 56 espèces d'orveau n'a de répartition globale, et certaines régions du monde abritent plusieurs espèces d'orveau. Il faut compter neuf espèces endémiques en Australie, trois en Nouvelle-Zélande, cinq en Afrique du Sud, et six sur la côte ouest d'Amérique du Nord (Geiger, 2000). Les espèces sont souvent proches morphologiquement, et ce sont des études génétiques qui ont permis de confirmer la divergence des espèces et d'étudier la répartition géographique de celles-ci. Différents marqueurs génétiques ont permis l'étude de la diversité des *Haliotidae*: les allozymes comme la GPI (glucose 6-phosphate isomérase), la PGM (phospho-gluco mutase) la MDH (malate deshydrogénase), l'AAT (aspartate amino transférase) (Mgaya *et al.*, 1995; Hamm & Burton, 2000; Zuniga *et al.*, 2000), les microsatellites (Evans *et al.*, 2000; Selvamani *et al.*, 2000; Tang *et al.*, 2005), certaines séquences génomiques comme la sperme-lysine (Lee & Vacquier, 1995; Swanson *et al.*, 2001; Clark *et al.*, 2007) ainsi que des séquences mitochondriales comme la Cytochrome Oxydase I (COI) ou l'ARNr 16s (Hamm & Burton 2000; An *et al.*, 2005; Le Bras *et al.*). La diversité des *Haliotidae*, à travers un arbre phylogénétique construit à partir des séquences concaténées du sperme lysine, de l'ARN ribosomique 16S, et des allozymes a été étudiée par Geiger (1999) (Figure 1).

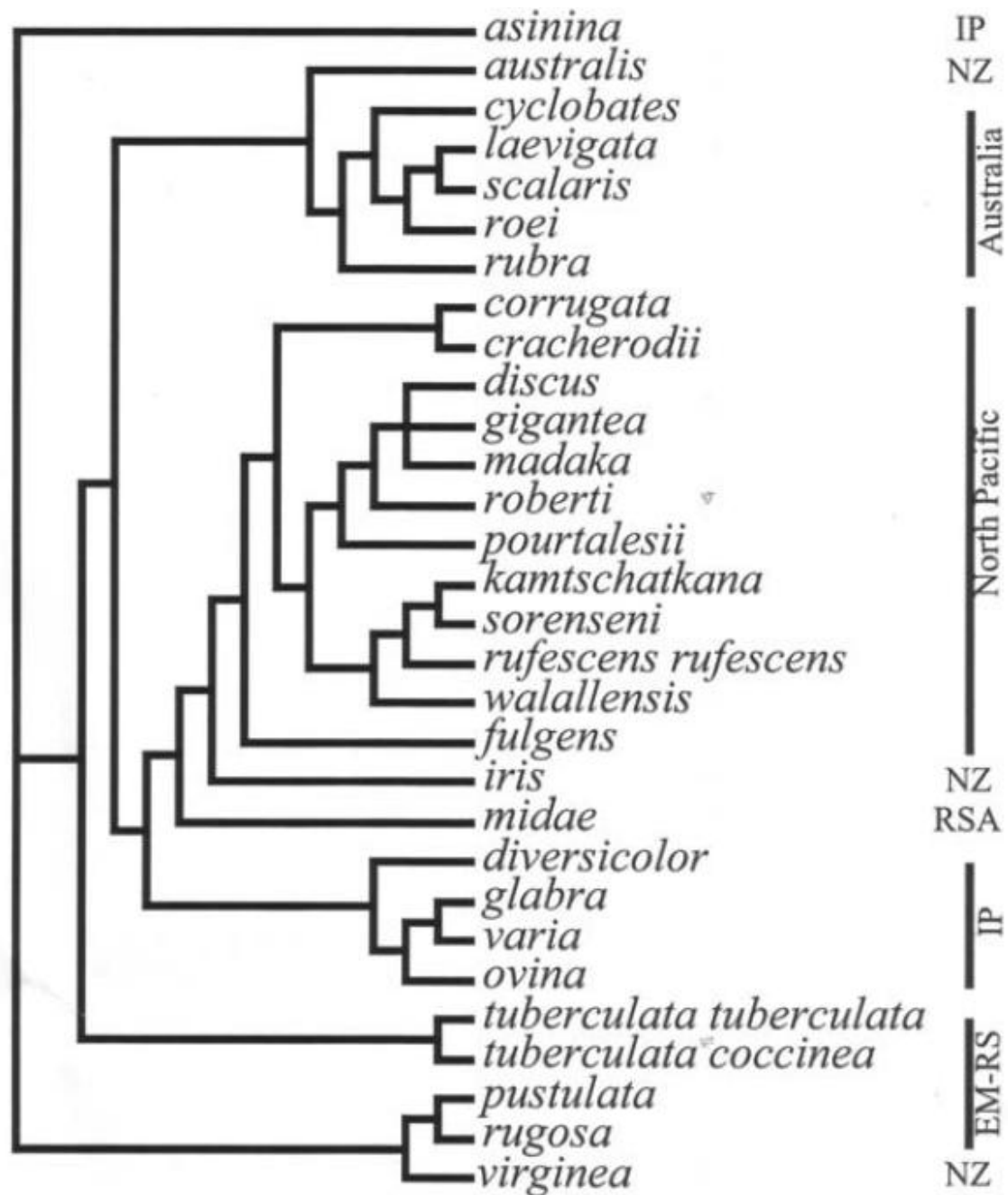


Figure 1: Arbre phylogénique des Haliotidea (selon Geiger, 1999)

Cet arbre est basé sur les séquences concaténées des allozymes, du gène de l'ARN ribosomal 16s du sperme lysine EM-RS : Europe, Méditerranée Mer rouge; IP : Indo-Pacifique ; NZ : Nouvelle Zélande ; RSA : Afrique du Sud

I.1.1. Position Phylogénétique de *Haliotis tuberculata* (Linnaeus, 1758)

Mollusques



Eu mollusques



Conchifères



Ganglionneures



Viscéroconques



Gastéropodes



Classe :

Sous-classe :

Prosobranches

Ordre :

Archaeogastropoda

Famille :

Haliotidae

Genre :

Haliotis

Espèce :

Haliotis tuberculata

I.2. Ecologie et Biologie générale de l'ormeau

I.2.1. Habitat

L'ormeau, qui vit généralement « collé » sous les rochers, se déplace peu dans le milieu. On ne les trouve qu'exceptionnellement sur du sable car il obstrue leurs branchies. L'habitat consiste donc en un substrat dur et stable, abrité de la lumière et situé à faible profondeur. La densité des ormeaux est principalement fonction des caractéristiques du milieu, et une stratification bathymétrique des tailles a été mise en évidence entre 0 et 5,5 m dans la région de Saint-Malo, les individus les plus jeunes se répartissant préférentiellement à faible profondeur (Clavier & Richard, 1985). Chez d'autres espèces de *Haliotis*, les algues peuvent parfois servir de refuge pour les juvéniles.

Il semble que l'ormeau préfère les surfaces de rochers recouverts d'algues roses encroûtantes « lithotamniée ». Cette surface donne plus de pouvoir d'adhésion aux ormeaux que celles couvertes d'éponges et d'ascidies. Sur beaucoup de rochers entourés par du sable, on ne

trouve en effet les ormeaux que sur une mince bande de roche couverte de lithotamniée située immédiatement au-dessus du niveau du sable (Heleine, 1979).

Les ormeaux habitent la zone du ressac (zone de déferlement des vagues au niveau des rochers). Vers 13-14 mètres *Haliotis tuberculata* devient rare. Ceci a été observé dans le Parc National des Iles de la Madeleine (PNIM), (Sénégal) mais aussi en Bretagne (Billy et Peronnet, 2003 ; Clavier, et Richard, 1985 ; Clavier et Richard, 1984 ; Flassch, et Aveline, 1984).

Les autres espèces de *Haliotis* peuvent parfois vivre dans des milieux très différents de celui de *H. tuberculata*. L'ormeau noir (*Haliotis cracherodii*) vit dans la zone des embruns, là où les vagues couvrent et découvrent tour à tour les rochers. L'espèce rare et peu connue *Haliotis pourtalesae* (qui vit au large de la Floride) se fixerait à des profondeurs de 100 à près de 400 mètres.

Cependant, la plupart des espèces, vivent en eau superficielle, ne dépassant pas une profondeur d'une vingtaine de mètres, le long des côtes rocheuses.

I.2.2. Répartition géographique

L'ormeau est rencontré dans la plupart des régions du monde. On le trouve le long des côtes de la méditerranée, de l'Afrique, de l'Australie, de la Nouvelle-Zélande, dans les îles du Pacifique et le long de la côte Ouest de l'Amérique du Nord. La plupart des espèces de la famille des *Haliotideae* vivent dans l'Océan Pacifique.

Haliotis tuberculata est présent exclusivement en Europe et Afrique (Huchette et Clavier 2004). On le retrouve des îles Anglo-Normandes, au nord, jusqu'au Sénégal, au sud, ainsi qu'aux îles Canaries et en Méditerranée (Huchette et Clavier 2004).

L'ormeau méditerranéen (*Haliotis lamellosa*) n'est qu'une sous-espèce de *Haliotis tuberculata* avec les sculptures obliques et lamellaires de sa coquille (Geiger, 1999).

Deux sous-espèces de *H. tuberculata* sont recensées en Europe (Geiger, 1999) : *H. tuberculata tuberculata* (Linnaeus, 1758) et *H. tuberculata coccinea* (Lamarck, 1822). Les critères permettant de différencier les deux sous-espèces sont d'ordre génétique : les séquences de la sperme-lysine diffèrent seulement de 4 acides aminés entre *H. tuberculata coccinea* et *H. tuberculata tuberculata*, alors que la plupart des espèces diffèrent de 15 à 20 acides aminés. Selon Geiger (2000) la morphologie des coquilles serait réellement distinguable. Toutefois, cette différence morphologique est à prendre avec précaution car ce dernier n'avait comparé que des coquilles de *H. tuberculata coccinea* venant des îles Canaries

avec des coquilles de *H. tuberculata tuberculata* venant de Bretagne. Les coquilles proviennent d'animaux d'environnements très différents. *Haliotis tuberculata* présente une répartition géographique très large (figure 2).

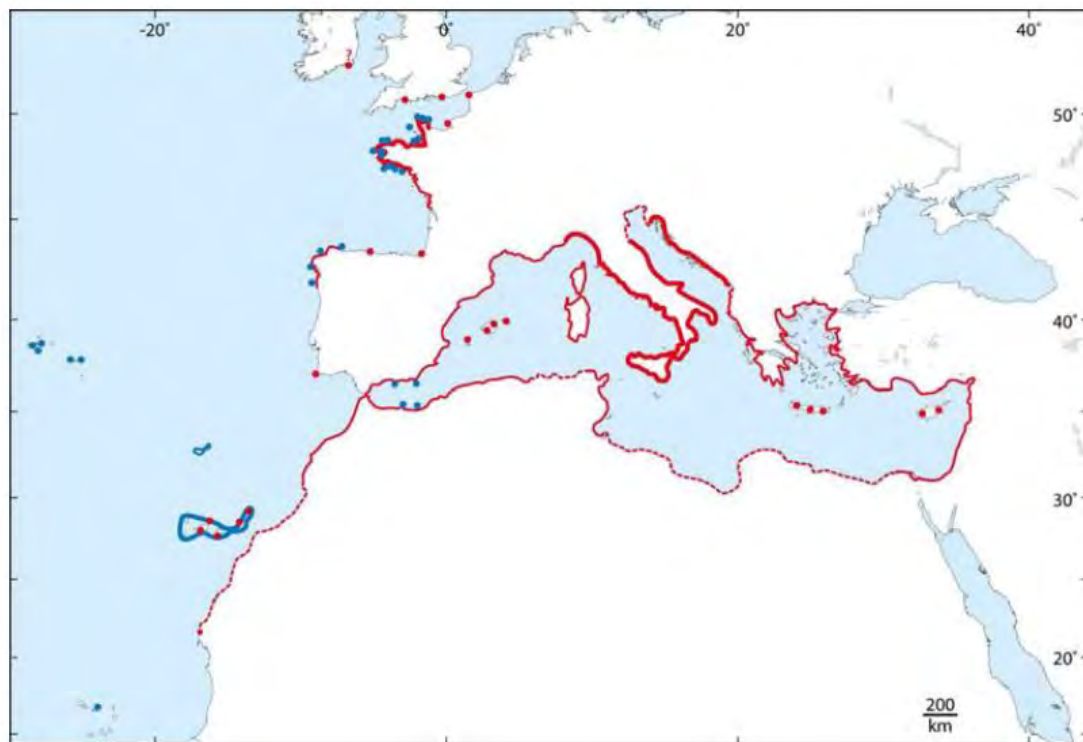


Figure 2: Répartition géographique de *Haliotis tuberculata* (adapté de Greiger, 2000)

La répartition principale de chaque sous-espèce est présentée en trait plein (Figure 2), les points correspondant à une distribution plus sporadique. La présence de *Haliotis tuberculata tuberculata* est signalée en rouge. La présence de *Haliotis cocinea* en bleu (Figure 2).

I.2.3. Anatomie

Cette partie s'inspire principalement des travaux de Croft (1929) et de Bevelander (1988), et s'attache à décrire les différents organes de l'ormeau, à savoir manteau, système musculaire, respiratoire, cœlomique, circulatoire, digestif, nerveux et sensoriel. L'ormeau est un gastéropode à coquille aplatie de forme ovoïde dont la dernière spire est très développée (Figure 3). La plupart des espèces d'ormeau sont de petites tailles (*H. diversicolor supertexta* n'excède pas 50 mm), la plus grande espèce étant l'ormeau américain *H. rufescens* (jusqu'à 275 mm). *H. tuberculata* mesure quant à lui en moyenne 77 mm à 5 ans (Clavier et Richard, 1985), et les plus grands spécimens peuvent atteindre 135,5 mm (Huchette, communication personnelle). La coquille couvre entièrement l'animal et comporte des pores respiratoires (5 à 7 trous en moyenne), qui permettent la respiration, l'excrétion et l'émission des gamètes.

L'orveau possède, à proximité des yeux, deux tentacules céphaliques à rôle préhensile (Figure 4). La bouche ventrale est munie d'une radula, armée de rangées de dents.

Face ventrale (pied)

Face dorsale (coquille)



Figure 3: Morphologie externe de l'orveau (face ventrale et dorsale)

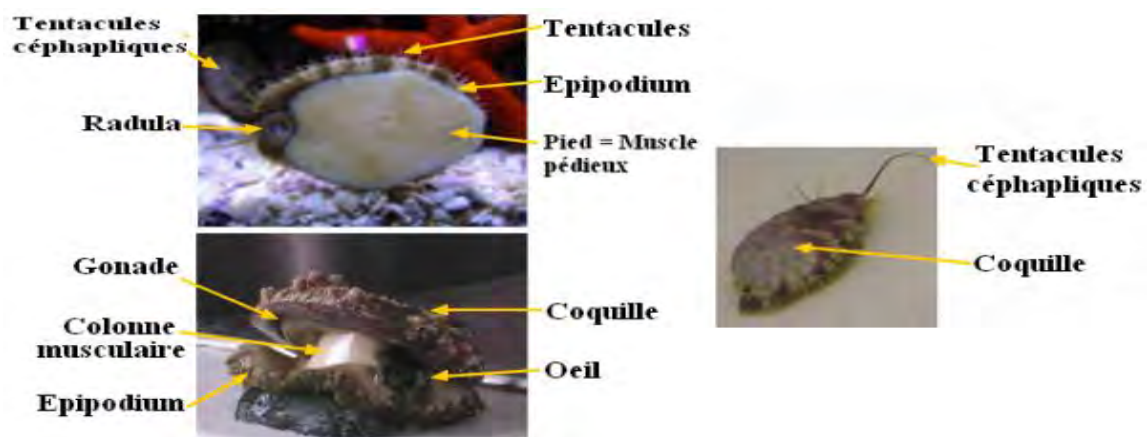


Figure 4: Les différentes parties de la vue externe de l'orveau (Travers, 2008)

1.2.3.1. Coquille

1.2.3.1.1 Conformation de la coquille

Les orveaux possèdent une coquille auriforme composée d'une courte spirale formée par trois ou quatre tours dont le dernier est très grand. Elle présente une série de trous ronds ou

ovales autour desquels la surface de la coquille est légèrement relevée. L'intérieur de la coquille est nacrée (Figure 5). On y voit une seule impression musculaire, subcentrale, circulaire ou ovale, correspondant à l'insertion du pied (Figure 5).



Figure 5: La coquille de *Haliotis tuberculata* (vue externe et interne de l'ormeau)

L'ouverture est presque aussi grande que la coquille, à bords continus : le droit, mince et tranchant, le gauche, épais, solide, réfléchi à l'intérieur. Le sommet de la coquille est perforé d'une série d'orifices, parallèles au bord gauche, dont un certain nombre seulement reste ouvert au-dessus de la cavité branchiale. Les pores permettent la respiration, évacuation des déchets et des gamètes. Au fur et à mesure que l'animal se développe, de nouveaux trous se forment, tandis que les plus anciens (et plus postérieurs) sont scellés.

La couleur externe est influencée par les conditions environnementales et surtout par les algues composant son régime alimentaire (Liu *et al.*, 2009).

I.2.3.1.2 Constitution de la coquille

La coquille est constituée d'une couche de nacre sur la face interne, formée de carbonate de chaux et de conchyoline. La nacre est sécrétée par toute la face interne du manteau et sert à épaissir la coquille. Les autres couches sont : la couche moyenne, appelée émail, formée de petits prismes de calcaire et une couche externe (la cuticule).

Ces deux dernières couches sont produites par les bords du manteau et servent à l'allongement de l'animal.

I.2.3.2. Eléments mous

I.2.3.2.1 Présentation générale

Tous les organes de l'ormeau sont organisés autour de la cavité palléale dans laquelle circule un courant d'eau (Figure 6). Le pied, musculeux permet la fixation au support (Figure 3).

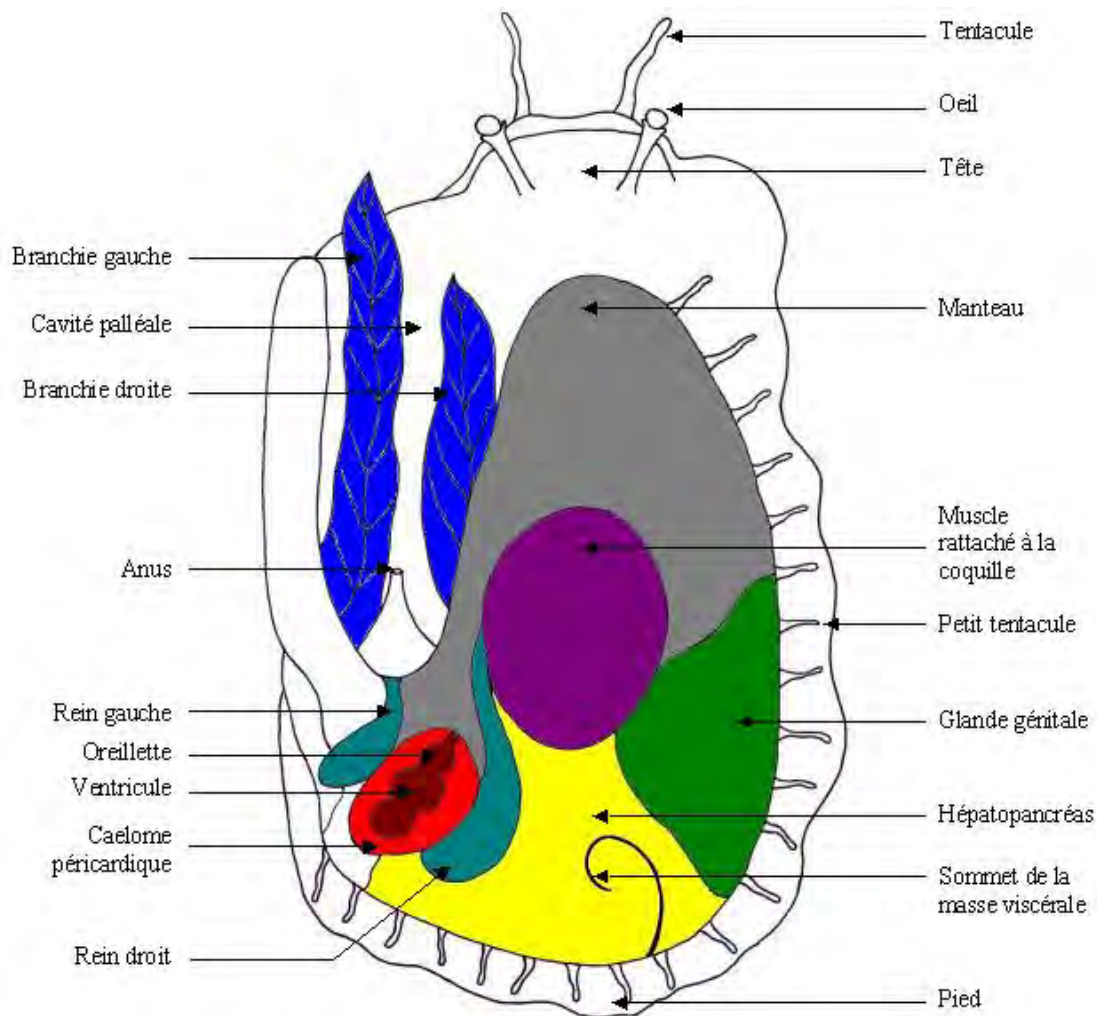


Figure 6: Description des différentes parties de l'ormeau (Le Petit, 2009)

1.2.3.2.2. Organisation externe

La tête présente une trompe très réduite, une paire de grands tentacules sensoriels coniques finement ciliés et une paire d'yeux. Ces yeux sont placés au sommet de tubercules coniques situés au côté externe du tentacule.

Le manteau est attaché à la coquille, et ses lobes antérieurs droits et gauches permettent la fermeture de la cavité respiratoire. Le manteau permet la formation de la coquille et la nacre (Suja et Dharmaraj, 2005) et délimite les cavités internes de l'animal. La coquille des mollusques est composée de matière organique et de matière minérale. Elle est formée de deux couches : une fine couche nacrée interne (cristaux d'aragonite) et une couche externe prismatique composée de calcite et d'aragonite. La synthèse de la coquille et sa réparation sont sous le contrôle du manteau qui se rétracte et se positionne autour des zones à réparer. Le manteau est également capable de sécréter les protéines nécessaires à la formation de la

coquille et est une zone de transit pour les carbonates de calcium synthétisés par les cellules sous épithéliales (Jolly *et al.*, 2004; Fleury *et al.*, 2008).

Cet épithélium contient des cellules glandulaires, pigmentaires et sensorielles. Un des développements spéciaux du manteau est la glande hypo-branchiale ou glande à mucus, située autour des branchies (particulièrement développée à gauche). La quantité de mucus secrété dans la chambre respiratoire augmente rapidement en cas d'irritation. Il est produit pour protéger les cténidies (ou branchies) et pour entourer et éliminer les débris venant de l'anus et des reins.

Le manteau sécrète la coquille et porte sur ses bords de petits tentacules sensoriels. Il est simple, fendu en avant et à gauche, au-dessus de la cavité branchiale.

Le pied est très musclé, large, épais vers le centre, aminci sur les bords et porte une large expansion chargée d'ornements divers et un grand nombre de tentacules. Il y a deux muscles, mais ici le muscle gauche n'est représenté que par un faible ligament. De chaque côté du pied, il apparaît comme un repli continu, fréquemment compliqué de longues papilles ou tentacules. Ces replis sont très développés dans le genre *Haliotis*. Le pied est revêtu d'un épithélium qui se compose sur la sole de hautes cellules ciliées placées sur une basale qui surmonte un conjonctif parcouru par de nombreuses fibres musculaires. Le système glandulaire, très important, comprend un système de glandes unicellulaires plus profondes avec mucocytes à long col.

Le pied (muscle pédieux) de l'animal est très développé, et représente en moyenne 40% du poids total de l'animal. Il est lubrifié par du mucus secrété, ce qui permet le déplacement de l'ormeau, pouvant atteindre des vitesses de 20-50 cm/min pour les petits individus et 50-80 cm/min pour les plus gros. Le pied est attaché à la coquille par une colonne musculaire, et il est entouré d'organes sensoriels sur l'épipodium appelés tentacules. Le muscle est composé de fibres allongées et d'une forte proportion de fibres de collagène (jusqu'à 4,2% de son poids) qui diminue selon la saison, en particulier en été, au moment de l'effort de reproduction des animaux (Yoneda *et al.*, 2000). La puissance du pied des ormeaux peut être observée en plaçant un ormeau sur le dos. Celui-ci est alors capable de se retourner rapidement, qu'il soit en eau ou non. Ce retournement est rendu possible par des mouvements violents du pied à 180°. Une fois un substrat trouvé et une petite portion du pied adhérente, le pied très musclé de l'ormeau permet son retournement rapide (Figure 7).



Figure 7: Retournement de *Haliotis Tuberculata* (Travers, 2008)

Autour de la colonne musculaire se trouve la masse viscérale comprenant les branchies, le cœur, les reins, l'intestin, la glande digestive et la gonade (qui entoure la glande digestive et prend une couleur crème chez les mâles et gris-vert chez les femelles (Figure 8).



Figure 8: *Haliotis tuberculata* - vue décoquillée d'une femelle (Travers, 2008)

Les glandes hypobranchiales correspondent à des champs glandulaires situés au voisinage des cténidies. Elles élaborent du mucus destiné à agglomérer les particules en suspension et les déchets afin d'en faciliter l'évacuation. Elles produisent aussi des substances protéiques, des pigments (Geiger, 1999).

Les osphradies sont des différenciations tégumentaires à récepteurs sensoriels qui sont associées aux cténidies. Ce sont des organes olfactifs et à même d'apprécier la teneur de l'eau en sédiments. L'osphradie se présente comme un bourrelet placé contre l'axe cténidial. Histologiquement, c'est une zone épithéliale différenciée en cellules muqueuses, ciliées et sensorielles qui se situe au-dessus du ganglion ou du nerf osphradial (Geiger, 1999).

1.2.3.2.3 Organisation interne

Le système nerveux se caractérise par la disposition en huit de chiffre de la commissure viscérale. Il est assez primitif et les ganglions ne sont pas bien individualisés.

La gonade est une glande en grappe. Elle enveloppe la glande digestive dans l'appendice conique, situé du côté droit de l'animal. Chez les adultes, elle peut également remonter du côté gauche jusqu'à la branchie, en longeant le gros muscle de la coquille et en recouvrant la masse viscérale (Geiger, 1999).

Il faut noter que les ormeaux présentent, d'une part, des caractères d'adaptation à la vie fixée sur les rochers battus par les vagues : aplatissement, appendices du manteau passant par des trous et contribuant à la respiration ; d'autre part, des caractères archaïques : deux reins, dont l'un reçoit les produits génitaux, diverses ressemblances avec *Fissurella*, *Pleurotoma*, *Trochus*.

I.2.3.3. Vie de relation de l'ormeau

Les yeux

Chez *Haliotis*, l'œil est une invagination ouverte mais remplie par un corps vitré et à ouverture rétrécie. L'invagination oculaire est tapissée d'une rétine à deux sortes d'éléments :

- des cellules de soutien,
- des cellules visuelles qui sont les véritables photorécepteurs.

Système respiratoire

Les cténidies ou branchies sont les organes spécialisés de la respiration, mais le manteau, comme chez de nombreux gastéropodes et lamellibranches, prend part au processus. En effet, la riche vascularisation de ce tissu rend l'oxygénation de l'hémolymphe facile. L'eau rentre dans la cavité branchiale, au niveau de la tête, côté droit, où elle baigne les cténidies, permettant ainsi l'oxygénation branchiale. Puis, chargée de produits d'excrétion et/ou produits génitaux venant des reins ou de l'anus, l'eau est rejetée par les perforations de la coquille par l'action ciliaire. Ce mouvement est aidé par les contractions musculaires qui induisent un rapprochement saccadé de la coquille (surtout observé en période de ponte) (Bevelander, 1988).

Système digestif

La bouche et l'anus sont situés dans la partie antérieure du corps. La position en avant de l'anus est due à la torsion primitive des gastéropodes. La bouche est composée de lèvres papillées, d'une mâchoire en chitine et d'une large radula. Les ormeaux broutent des macroalgues, dont les fragments sont râpés par la radula, contrôlée par l'appareil odontophore. Les tentacules céphaliques et les lèvres papillées sélectionnent les aliments, et le muscle pédieux aidé des lèvres permet la fixation de ceux-ci, pour permettre l'action de la

radula. Le milieu acide nécessaire à la digestion est fourni par les glandes salivaires. Le système digestif est composé d'un œsophage, d'un estomac et d'un long intestin qui offre une grande surface d'absorption, et passe derrière le péricarde. Le système digestif est incapable de péristaltisme (à part dans la partie étroite de l'œsophage), et les mouvements sont assurés par des cils. L'alimentation des ormeaux sera décrite plus bas (Croft, 1929).

Système excrétoire

Une paire d'organes rénaux est présente, mais les organes sont asymétriquement développés et diffèrent autant en structure qu'en fonction. Ils sont distribués de chaque côté du péricarde, mais ne communiquent pas entre eux. Le rein droit est le plus grand ; il excrète des produits solides et liquides, chargés en acide urique. Il est parcouru par la plupart des veines qui passent à travers le portail rénal. Le rein droit est ainsi l'organe dépuratoire. Le rein gauche, réduit, a été renommé sac papillaire et a une fonction rénale modifiée, avec certainement de nouvelles fonctions. Il est situé entre la glande hypobranchiale et le péricarde, et contient de nombreuses cellules immunitaires phagocytaires (Croft, 1929).

Mode de défense

Inquiété, l'ormeau s'attache à la roche, son pied faisant alors office de ventouse ; les deux muscles principaux du corps exercent une force énorme, jusqu'à 180 kg pour un spécimen de 10 cm de longueur. La puissance adhésive du pied est plus de 4000 fois supérieure au poids de l'animal.

Les déplacements

L'ormeau se déplace plutôt la nuit, par des contractions musculaires courant le long du pied et qui le poussent en avant. Tandis que, une partie du pied s'étend, l'autre se fixe au sol à l'aide d'un mucus visqueux, la partie avancée se fixe à son tour pour permettre au reste du corps de suivre. La sole est parcourue par des ondes de contraction animées d'une vitesse constante. Ces ondes sont dites ditaxiques car elles forment une double série, alternant d'un côté à l'autre du pied. Cette manière diffère de celle des patelles et des escargots en ceci que les vagues musculaires passent de part et d'autre du pied, de telle sorte que lorsqu'un côté se déplace l'autre reste fixe (Bevelander, 1988).

I.2.4. Reproduction et développement

I.2.4.1. Reproduction

L'ormeau est un animal gonochorique (sexes séparés) et la couleur de la gonade en période de reproduction permet un sexage rapide et non destructif (couleur crème chez les mâles et gris-vert chez les femelles). Mais en période de repos sexuel, la couleur de celle-ci ne permet pas de distinguer les deux sexes. Dans le milieu naturel, le sex-ratio est proche de 1 :1 (Cochard et Flasseh, 1981). Six stades de développement gonadal peuvent être décrits chez le mâle comme chez la femelle selon Sobhon (1999): le stade 1 pré-prolifératif, le stade 2 prolifératif, le stade 3 de développement avancé, le stade 4 correspondant au stade mature, le stade 5 de ponte partielle, et le stade 6 de ponte totale. Au niveau histologique, chez la femelle, le stade 1 correspond à une gonade non différenciée, avec peu ou pas d'épithélium germinale entre l'épiderme extérieur et la glande digestive. Dans le stade 2 (stade prolifératif), des amas d'ovogonies situés entre des ovocytes pédonculés adhèrent à la paroi des trabécules. Dans le stade 3, l'ovaire en maturation se remplit d'ovocytes de tailles différentes (en moyenne 25 µm de diamètre). Le stade 4 correspond au stade dit mature, les ovocytes mûrs mesurent plus de 110 µm de diamètre et sont libres des trabécules. Dans le stade 5 (ponte partielle), l'ovaire contient des densités réduites d'ovocytes matures par rapport au stade 4, et sont également plus petits. Enfin, le stade 6 (ponte totale) est caractérisé par une absence de gamètes matures, et parfois la présence d'ovocytes atrétiques.

Chez le mâle, différentes catégories de gamètes sont à prendre en compte : les spermatogonies qui se multiplient en stade 2, et se différencient en spermatocytes I et II, spermatides puis spermatozoïdes, qui s'accumulent dans les stades 3 et 4 de développement.

Quatre types de facteurs conditionnent le cycle reproducteur des ormeaux (Belhsen, 2000) :

- (1) La photopériode, qui agit sur le déclenchement de la gamétogenèse.
- (2) La température qui joue, elle, un rôle sur la vitesse de développement des gonades. La période de ponte peut ainsi être prédite par le calcul des degrés-jours (1450 - 1500 degrés-jours au-delà de 7°C).
- (3) La quantité de nourriture disponible, qui fournit l'énergie nécessaire à la synthèse des gamètes. Et enfin,
- (4) des facteurs internes, de type hormonal, qui influencent la gamétogenèse et permettent la synchronicité des pontes en milieu naturel. En Bretagne, la période de ponte chez *H.*

tuberculata s'étend de juin à octobre. La réinitiation de la gamétogenèse a lieu entre février et mars. L'ormeau peut avoir plusieurs cycles de maturation / émission des gamètes. Les pontes ont lieu généralement sur quelques semaines, selon le secteur géographique. Elles sont asynchrones d'un site à l'autre, mais synchrones à l'intérieur d'un même site (Belhsen, 2000).

1.2.4.1.1. Organes reproducteurs

L'ormeau est une espèce dioïque. Cependant, il n'existe pas d'autre différence macroscopique dans l'aspect des mâles et des femelles, que la couleur de la glande génitale en période d'activité sexuelle (vert plus ou moins sombre chez les femelles, beige ou gris clair chez les mâles). Pour observer les gonades sur un animal vivant, il faut prendre l'animal dans les deux mains et appliquer une pression modérée du pouce sur le pied. L'animal va se détendre et essayer d'enrouler son pied autour du pouce, nous permettant d'observer la gonade.

L'orifice génital est une simple fente s'ouvrant dans la cavité rénale droite : il n'y a pas de conduit génital.

La gonade mâle débouche dans le rein et les spermatozoïdes sont évacués par l'orifice rénal droit, au fond de la cavité palléale.

La gonade femelle ne comprend qu'une portion rénale, logée dans la masse viscérale. Les œufs sont expulsés par l'orifice rénal, au fond de la cavité palléale. L'ovaire devient volumineux à l'époque de la maturité sexuelle.

1.2.4.1.2. Acquisition de la maturité sexuelle

L'âge exact de la première émission de gamètes, est très difficile à mettre en évidence. Par contre, on peut déterminer, par l'examen microscopique, l'apparition des gamètes mâles et femelles dans les gonades. Les femelles semblent pouvoir effectuer la première maturation des ovocytes à partir de trois ans (longueur de la coquille comprise entre 40 et 55 mm). Les mâles semblent pouvoir produire les premiers spermatozoïdes actifs au cours de leur deuxième année (longueur de la coquille comprise entre 25 et 40 mm). Cependant les premières émissions suivies de fécondations, c'est-à-dire, l'acquisition effective de la maturité sexuelle, sont probablement postérieures (Belhsen, 2000).

1.2.4.1.3. Cas d'hermaphrodisme juvénile

Chez les jeunes, jusqu'à la troisième année (longueur de la coquille inférieure à 55 mm) la gonade peut redevenir indifférenciée en hiver. Il arrive d'observer, assez rarement, un individu dont la gonade est composée de deux parties différentes. Une partie présente des tubules mâles caractéristiques, ayant produit des spermatozoïdes et une autre partie présente

des ovocytes en voie de cytolyse. Les deux parties sont distinctes l'une de l'autre et séparées par une petite zone moins différenciée (Belhsen, 2000).

De plus, si on observe les pourcentages de mâles et de femelles, dans les différentes classes de tailles, on s'aperçoit que le pourcentage de mâles est beaucoup plus faible que le pourcentage de femelles dans les petites classes de taille (jusqu'à 40 mm), puis c'est l'inverse et enfin les deux pourcentages se stabilisent au voisinage de 50%.

Le sexe resterait donc labile jusqu'aux environs de la troisième année (55mm). Les jeunes ormeaux, après avoir commencé à se différencier en femelle, sans avoir acquis la maturité sexuelle, pourraient devenir des mâles fonctionnels au cours de l'hiver. Il s'agirait donc d'hermaphrodisme successif juvénile (Belhsen, 2000).

1.2.4.1.4. Histologie des phénomènes de gamétogénèse

Les gonades alternent de manière cyclique entre une période de repos et d'activité. Après les dernières émissions de gamètes qui ont lieu en Octobre, les animaux entrent dans une phase de repos sexuel qui dure jusqu'à la fin du mois de Mars. Il n'y a donc plus d'ovocytes mûrs dans les gonades femelles à la fin de Décembre, on observe un tissu conjonctif dont les trabécules sont un peu épaissies et qui renferme de nombreuses protogonies. Suivant l'âge de l'animal, les gonades mâles sont vidées plus ou moins vite. Chez les individus âgés, il peut rester une grande quantité de spermatozoïdes en Janvier, alors que chez les plus jeunes, la gonade est entièrement vide. La spermatogénèse se poursuit pendant l'automne, mais les spermatocytes ne sont pas renouvelés. Puis les spermatides et les spermatozoïdes résiduels sont phagocytés au cours de l'hiver et, en Mars, il n'en reste plus rien. Les tubules sont réduits en hiver à une couche de protogonies semblables à celles de la gonade femelle, mêlées à de nombreuses spermatogonies (Belhsen, 2000).

Au printemps, les protogonies, en attente le long des trabécules ou des tubules de la gonade, se mettent à se multiplier et à se différencier activement.

Pour ce qui est de l'ovogénèse, les protogonies donnent naissance à de très nombreuses ovogonies. Ces ovogonies ne se divisent pas, mais leur taille augmente progressivement. Lorsqu'elles ont suffisamment grossi, elles entrent en méiose et deviennent des ovocytes. Les jeunes ovocytes subissent, ensuite, une première phase d'accroissement sans vittellogénèse. Ensuite, commence la vittellogénèse : une membrane vitelline va s'épaissir autour de l'ovocyte. L'ovocyte mûr est libéré dans la lumière entre les trabécules. Ses dimensions finales sont de 190 µm pour le plus grand diamètre (épaisseur de la membrane vitelline : 9 µm). Pour ce qui est de la spermatogénèse, elle est classique. Finalement, les spermatozoïdes

sont très nombreux et remplissent tous les intervalles restant entre les tubules pendant la période de reproduction. (Acrosome = 2,5 μm ; noyau = 2 μm ; pièce intermédiaire = 1 μm ; flagelle = 7 μm)

1.2.4.1.5. Cycle annuel d'émission des gamètes

1.2.4.1.5.1. Variations du volume de la gonade

De fin Décembre à milieu Mars, la gonade est vidée (phase de repos ; pas de gamétogénèse). Par contre, la glande digestive atteint son développement maximum en Janvier-Février. Au début du mois d'Avril, commence la phase de restauration de la gonade. Cette phase se poursuit jusqu'en Juin, tandis que la glande digestive réduit de volume. De Juillet à Novembre, la gonade se vide progressivement (émission des gamètes). En même temps, il y a mise au repos complet de la glande digestive. Un petit nombre d'individus commencent à émettre les produits sexuels dès le mois de Juin. De fin Novembre à début Décembre, la gonade entre dans sa phase de repos. Pour certains individus qui ont émis leurs gamètes au début de la saison, cette phase s'instaure en Octobre. En Décembre les gonades sont vides. La glande digestive retrouve son activité à cette époque.

1.2.4.1.5.2. Variation quantitative des éléments de la spermatogénèse

En hiver, les gonades mâles sont vides. Elles contiennent quelques gonies et des spermatozoïdes résiduels. Chez les jeunes, la gonade redevient indifférenciée (phase de repos).

En Avril-Mai, la gonade fabrique activement spermatogonies, spermatocytes et spermatides (phase de restauration).

En Juin-Juillet-Août, la gonade est remplie de spermatozoïdes et de cellules de la série spermatogénétique. Il y a émission de gamètes et reconstitution simultanée des spermatozoïdes à partir des spermatocytes.

En Septembre-Octobre-Novembre, la gonade contient presque uniquement des spermatozoïdes. Il y a encore possibilité d'émission de gamètes mais il n'y a plus de reconstitution.

1.2.4.1.5.3. Facteurs influençant le cycle reproducteur

Quatre paramètres semblent influencer le cycle reproducteur (Belhsen, 2000 ; (Uki et Kikuchi, 1984; Hahn, 1989; 1994).) :

La photopériode agit sur le déclenchement de la gamétogénèse qui débiterait au moment du solstice d'hiver.

La température joue un rôle sur la vitesse de développement des gonades. Il est ainsi possible de prévoir la période de reproduction par une prise en compte simultanée de la température et du temps. Le nombre de degrés-jours nécessaires à la pleine maturation des produits serait d'environ 1500 à 1800.

La quantité de nourriture disponible n'assurerait qu'une fonction secondaire en raison du rôle « tampon » joué par les réserves accumulées dans le pied.

Les facteurs internes (d'origine hormonale) se superposent à la photopériode pour l'activation de la maturation ; ils permettraient une synchronisation des pontes en milieu naturel.

Le cycle de reproduction d'*Haliotis tuberculata* semble être soumis à l'influence du facteur thermique ; la maturation et l'émission des gamètes seraient conditionnées par des valeurs critiques de la température de l'eau de mer.

I.2.4.1.5.4. Emission des gamètes et fécondation

Les gamètes sont libérés par les orifices respiratoires directement dans la mer. La mer devient laiteuse dans un rayon de 90 cm autour du mâle quand il émet sa laitance et, la femelle est induite à pondre ses œufs par la présence des spermatozoïdes dans son voisinage, ce qui réduit les pertes. La fécondation se fait directement dans le milieu marin. Les œufs fécondés sont protégés par une enveloppe gélatineuse. Ils sont sphériques et mesurent 0,2 mm de diamètre (mesure qui comprend la membrane externe de l'œuf), le noyau mesure 0,16 mm une fois la fécondation effectuée. Les œufs flottent dans la mer jusqu'à ce que, quelques heures plus tard, ils éclosent, donnant naissance à de minuscules larves trochophores en forme de toupie et qui nagent grâce à une bande ciliée entourant la partie la plus épaisse.

I.2.4.2. Développement larvaire

Le stade morula est atteint 2h50 après la fécondation. La division de l'œuf est totale et spirale.

I.2.4.2.1. Stade trochophore

Il est atteint entre 4h40 et 5h30 après la fécondation. Le diamètre de la larve trochophore est de 198 µm. Chez *Haliotis tuberculata*, ces larves trochophores ont une vie pélagique de deux jours environ. A la température de 26,2 à 26,8°C, la larve trochophore s'extrait de la membrane de l'œuf environ 6 heures après la fécondation. Ces larves nageuses présentent l'avantage de répandre les ormeaux qui sont plutôt sédentaires mais elles sont très vulnérables, aux poissons se nourrissant de plancton en particulier.

I.2.4.2.2. Stade véligère

Il est atteint 11h00 après la fécondation. La larve va subir une torsion et la coquille va apparaître.

Sur la larve véligère qui a terminé sa torsion on voit apparaître les tentacules céphaliques, les yeux, le pied et l'opercule (Figure 9). La longueur de la coquille larvaire est de 0,25 mm. La véligère tombe au fond environ 43 à 46 heures après la fécondation. Les facteurs induisant la métamorphose semblent divers, mais les principaux seraient d'ordre biochimique et auraient 2 origines. (1) le GABA (l'acide gamma amino-butyrique) produit par les algues rouges (Morse *et al.* 1979); (2) la présence de traces muqueuses laissées par les ormeaux en déplacement, qui contiendraient également du GABA (Laimek *et al.* 2008). Il est important de noter, d'une part, que la fécondité potentielle des ormeaux est positivement corrélée avec leur poids, et que, d'autre part, la fécondation semble dépendre d'une concentration minimale de spermatozoïdes dans l'eau de mer (Baker et Tayler 2001) et par voie de conséquence d'une densité minimale d'ormeaux en un lieu donné (échec de recrutement pour des populations de *H. laevigata* quand les densités étaient inférieures à 0,3 animaux/m², ce qui équivaut à des distances moyennes entre voisins les plus proches de 1 m et 2 m (Babcock et Keesing 1999; Huchette, 2003)). Cela implique aussi qu'en cas de surpêche en deçà de cette densité seuil, le stock d'ormeaux pourrait connaître un véritable effondrement sans recours possible.

1.2.4.2.3. Stade benthique

Le premier lobe ciliaire apparaît trois jours et demi après la fécondation et le second treize jours après (Figure 10). A ce moment, la coquille mesure 0,23 mm de long.

Le premier trou respiratoire se forme environ 23 jours après la fécondation, la longueur de la coquille étant à ce moment de 1,8 à 1,9 mm.

Le deuxième orifice respiratoire apparaît à 27 jours.

A 32 jours, le jeune ormeau possède quatre orifices respiratoires. Sa coquille fait 2,6 mm de long. A 60 jours, il possède 11 orifices respiratoires et mesure 5,9 mm de long. Finalement, à 201 jours, la coquille mesure 23,8 mm de long.

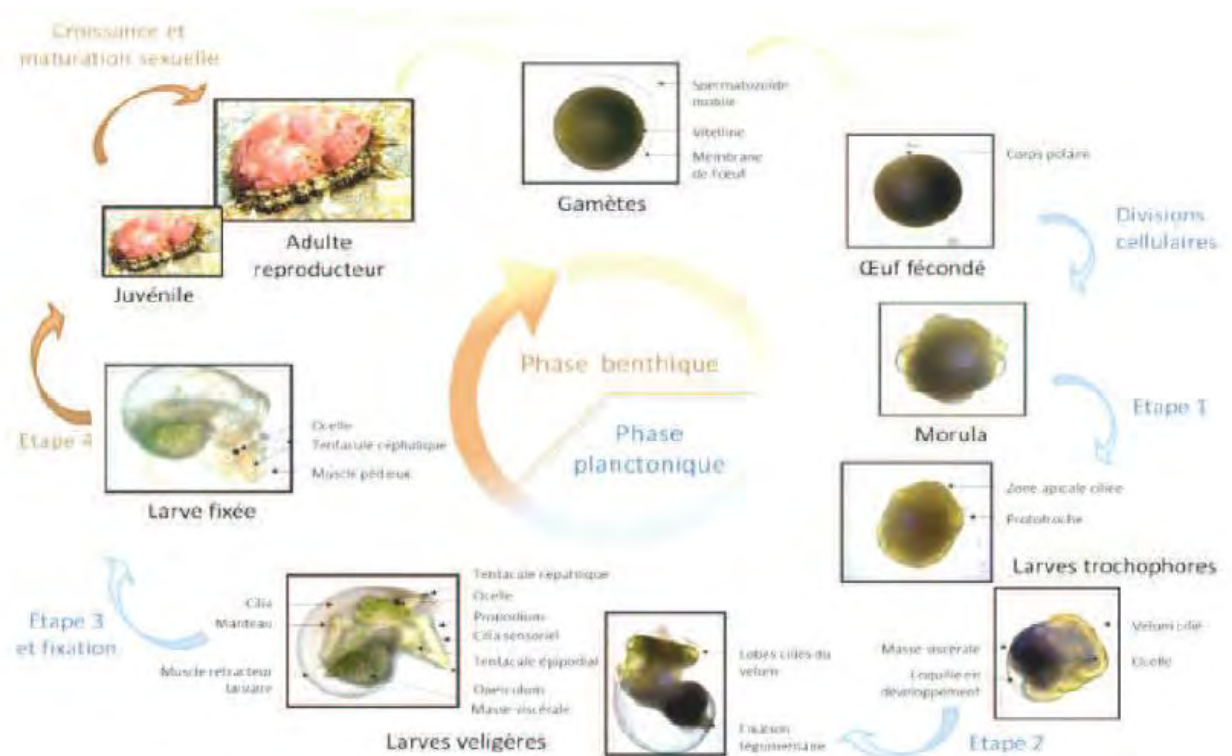


Figure 9: Développement des ormeaux (Cardinaud, 2013).

Étape 1 : passage de la phase embryonnaire à la phase larvaire ; Étape 2 : transformation de la larve trochophore en larve véligère ; Étape 3 : passage de la phase planctonique à la phase benthique par fixation de la larve véligère ; Étape 4 : fin de la phase larvaire et passage au stade juvénile.

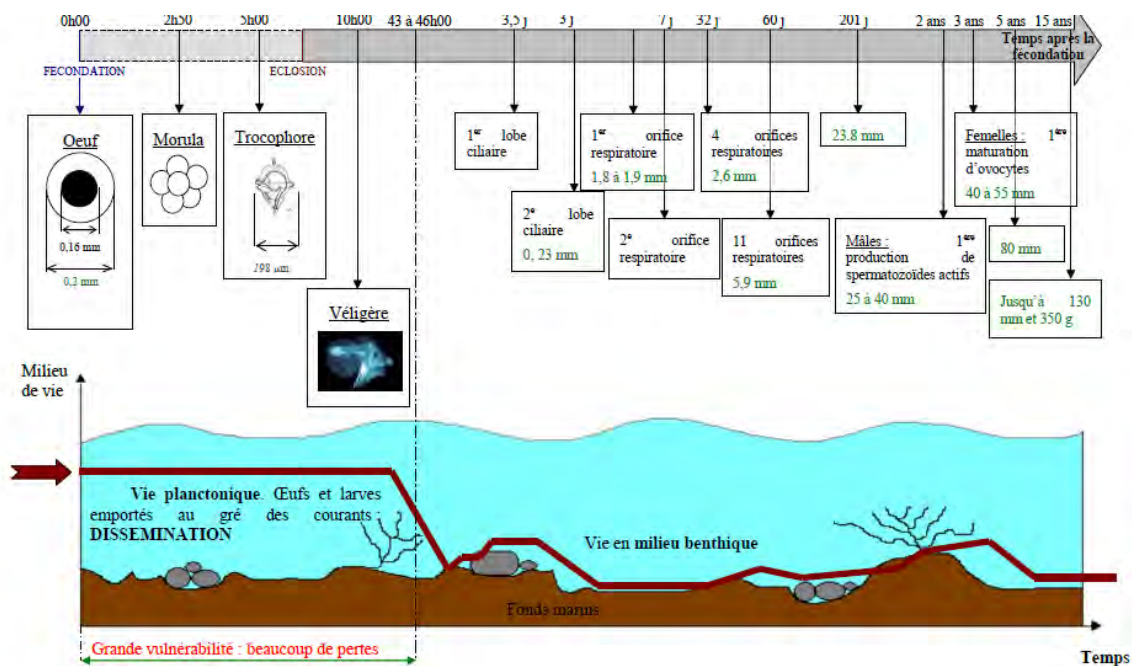


Figure 10: Schéma du développement et de la croissance de l'ormeau en liaison avec l'habitat, la vulnérabilité et la dissémination (Le Petit, 2009)

I.2.4.3. Croissance

L'ormeau a une croissance lente (Basuyaux, 1997) et extrêmement variable d'un individu à l'autre. Il faudrait à certains individus au moins 6 années pour atteindre la longueur minimale de capture autorisée en France (90 mm), alors que d'autres atteignent cette taille en 2 ans et demi (Huchette, données non publiées). En élevage en milieu contrôlé, dans les conditions optimales à leur croissance, les animaux atteignent 15-38 mm en 1 an, 38-72 mm en 2 ans et 57-90 mm en 3 ans (min-max de la cohorte) (Basuyaux, 1997). Il est important de noter que 18°C correspond à la température à laquelle le métabolisme de *H. tuberculata* est le plus actif (McBride *et al.*, 2001).

Dans le milieu naturel, la croissance n'est pas continue tout au long de l'année et deux arrêts majeurs peuvent se produire, un en hiver, à lier à la faible présence algale et un en été, pendant la période de reproduction. Ces facteurs ne sont pas les seuls à influencer la croissance des ormeaux dans le milieu, la densité joue également un rôle régulateur très important à tous les stades de vie étudiés par Huchette (2003) chez *H. laevigata* et *H. rubra*, en élevage et dans le milieu naturel.

I.2.5. Alimentation

L'ormeau est un animal essentiellement herbivore qui se nourrit de macro-algues souvent dérivantes. Il peut en consommer de 10 à 20% de sa masse par jour (Basuyaux, 1997). Il semble préférer les entéromorphes, et l'algue rouge *Palmaria palmata*, qui lui permet une bonne croissance. Cependant, les régimes mixtes *P. palmata* + *Laminaria digitata* permettraient de gagner sensiblement en croissance (Basuyaux, 1997).

Dans le milieu naturel, la qualité des algues et leur composition biochimique varie (Mai *et al.*, 1994), et la relation alimentation – croissance peut s'avérer très complexe car, outre la quantité, il faut aussi prendre en compte la texture de l'aliment, son appétence, sa toxicité et sa digestibilité. Cette relation varie avec l'âge des individus et le développement de leur radula (Kawamura *et al.*, 2001; Johnston *et al.*, 2005). Leur flore bactérienne évolue également, et l'établissement de certaines bactéries favorise la digestibilité de certains aliments. La flore intestinale des ormeaux assiste la digestion des polysaccharides des algues, en particulier les alginates, les laminarines, les agars, les carraghénanes et la cellulose (Erasmus *et al.*, 1997). Une modification de la flore intestinale des ormeaux a ainsi pu être notée lors de changements d'alimentation (Tanaka *et al.*, 2003). L'importance de la présence de *Vibrio haliotocoli* (représentant 40 à 65% de la flore intestinale des ormeaux) a été démontrée dans plusieurs études : elle permet la transformation d'alginate, composé majeur des algues broutées par les ormeaux, en acide acétique (Sawabe *et al.*, 1998; Sawabe *et al.*, 2003). C'est finalement une alimentation en macro-algues, supplémentée de micro-algues qui convient le mieux aux très jeunes juvéniles (Daume, 2006) et favorise la transition alimentaire.

I.2.6. Prédateurs et Parasites

Contrairement à la patelle, ce mollusque ne peut recouvrir son corps entier de sa coquille et le bord du pied frangé de filaments tactiles, reste à l'extérieur. Bien que son taux de mortalité soit le plus élevé au stade de larve libre, l'ormeau adulte compte de nombreux prédateurs : poissons, oiseaux de mer, loutres de mer, crabes et étoiles de mer qui le délogent ou le grignotent. Sa seule défense, réside dans la solidité de sa fixation sur les roches et dans le camouflage protecteur de sa coquille et du pied, qu'améliorent encore les algues et les animaux sédentaires qui se fixent sur sa coquille. On a découvert, d'autre part que lorsque l'ormeau se nourrit d'algues rouges, sa coquille devient rouge.

On désigne sous le nom de *Clione* ou *Cliona* une éponge perforante de la famille des *Hadroméridés*. Cette éponge vit dans des objets calcaires : coquilles, cailloux. On n'en voit, à

l'extérieur, que des papilles cylindriques portant les orifices de communication avec le dehors. La partie cachée de l'éponge forme un réseau contenu dans des galeries creusées par l'animal, qui est parcouru par un système compliqué de canaux, avec corbeilles vibratiles. L'éponge n'a pas d'appareil spécial, ne se sert pas de spicules, n'a pas de sécrétion acide. Elle arrache de tous petits fragments à la pointe des galeries. Les *Cliones* font des dégâts dans les huîtres, dont elles perforent, en tous sens, les coquilles et occasionnent chez ces mollusques, la maladie dite « du pain d'épice » ; on y remédie en lavant les huîtres à l'eau douce qui fait périr les *Cliones*. Celles-ci ne s'attaquent, d'ailleurs, qu'aux huîtres ayant au moins deux ans et demi. L'ormeau n'échappe pas à ces *Cliones*, qui le rendent plus vulnérable encore en forant sa coquille, l'ouvrant ainsi pour d'autres prédateurs.

On trouve parfois dans l'ormeau des perles foncées. Comme les perles fines d'huîtres, elles se forment quand un corps étranger pénètre dans le manteau, créant une source d'irritation. Dans le cas particulier de l'ormeau, il s'agit d'une minuscule bivalve parasite : *Pholalidea parva* qui perfore la coquille et s'introduit dans les tissus de l'ormeau.

Une étude récente (Balseiro et *al.*, 2006) a mis en évidence une bactérie pathogène de la famille des Rickettsiaceae à l'origine d'une mortalité importante en élevage : *Candidatus Xenohalictis californiensis*. Les ormeaux atteints présentent une coloration sombre de leur pied et une perte de leur surface d'adhérence. Le diagnostic est obtenu par PCR et analyse histopathologique permettant la visualisation des bactéries dans les cellules épithéliales gastro-intestinales. C'est la première fois que cette bactérie est mise en évidence chez *Haliotis tuberculata* dans des élevages en Europe.

Cette atteinte bactérienne est souvent concomitante dans cette étude d'un parasitisme à *Haplosporidium montforti*, protozoaire de la famille des haplosporidia.

I.3. Exploitation des ormeaux

Bien que les espèces du genre *Haliotis* aient été exploitées par les communautés côtières humaines depuis des temps immémoriaux, sa production à grande échelle n'a commencé qu'au début des années 1970 (Tableau I). En effet, l'ormeau permet la diversification de la conchyliculture. La saveur de sa chair et l'originalité de sa coquille nacrée délicatement perforée font de ce mollusque un mets raffiné à haute valeur commerciale et prisé internationalement, particulièrement par les restaurateurs et en Asie. Gordon et Cook (2013) ont étudié les variations de la production mondiale de l'ormeau issue des différentes filières d'exploitation : la pêche, les fermes aquicoles et la pêche illégale. Parmi les 56 espèces décrites dans le monde, seulement 15 ont un intérêt commercial.

Tableau I: Production mondiale d'ormeaux de 1970 à 2013 (Cook, 2014).

Année	Pêche (En tonne)	Elevage (En tonne)	Total (En tonne)
1970	19720	50	19770
1989	14830	1200	16030
2002	10146	8700	18846
2008	7869	30760	38629
2010	7424	65344	72768
2011	7424	85344	92768
2013	7486	103464	110950

La production mondiale d'ormeau (pêche et aquaculture) a augmenté. Passant de 20370 t en 1970 à environ 110950 t en 2013 (Cook, 2014). En parallèle, la capture mondiale de ces mollusques a diminué progressivement de 19720 t en 1970 pour atteindre 7486 t en 2013 (Tableau I) (Cook, 2014). Cette baisse est principalement due à la surexploitation des populations naturelles, l'exploitation illégale, les maladies et la dégradation de l'habitat (Gordon et Cook, 2013). Pour ces raisons, la pêche dans deux des zones les plus productives, les États-Unis et l'Afrique du Sud, a été interdite. Inversement à cette diminution de la capture, l'élevage de l'ormeau dans le monde est passé d'environ 1220 t en 2002 à 103464 t en 2013 (Cook, 2014).

En 2010, les captures les plus importantes de ce mollusque ont été réalisées en : Australie (4525 t), la Nouvelle-Zélande (1115 t), le Japon (600 t) et le Mexique (756 t) (Figure 11). Bien que les pays fassent des efforts pour réduire la pêche illégale, il est estimé que celle-ci, en 2010, représentait plus de 60% des captures légales

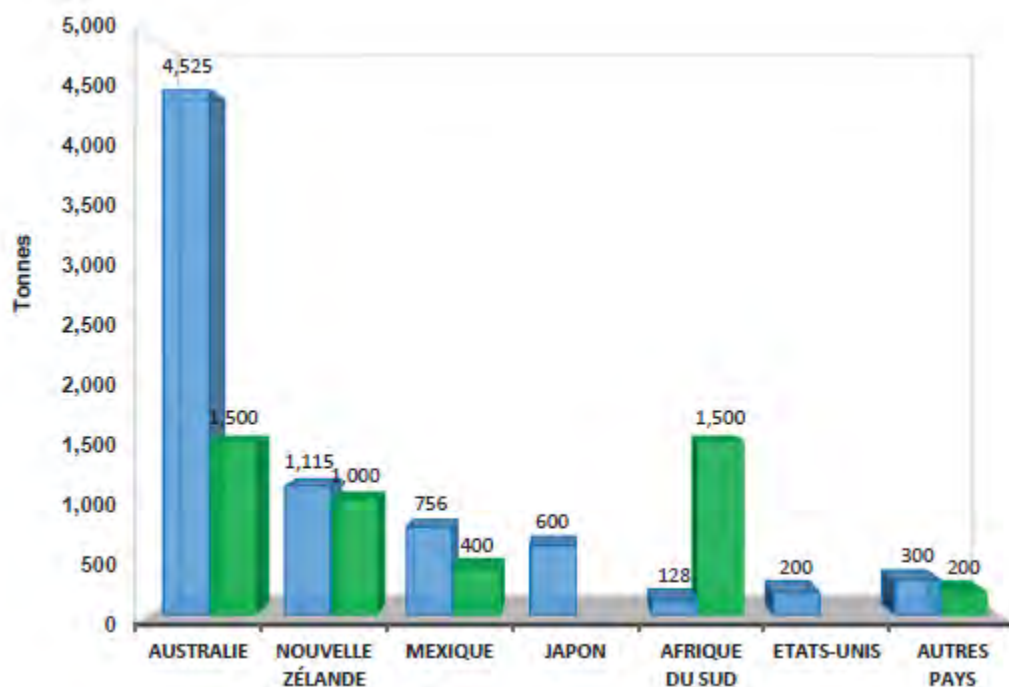


Figure 11: Pêche légale (en bleu) et illégale (en vert) d'ormeaux par pays en 2010 (Fishtech, 2012).

Le principal producteur halioticole est la Chine, où il est estimé qu'il y a 300 entreprises avec une production de 90694 t en 2013 (Tableau II). Les principales espèces cultivées en Chine sont *Haliotis diversicolor supertexta* espèce de faible valeur commerciale, et un hybride d'*Haliotis discus hannai* et *Haliotis discus discus*, espèces à forte valeur ajoutée. La plupart de la production chinoise reste dans le pays. La Corée est le deuxième plus grand producteur, sa production ayant augmenté de 60 fois au cours des neuf dernières années (avec un total de 6228 t en 2010) et étant exportée à 85%. La principale espèce qui y est cultivée est *Haliotis discus hannai*. L'Afrique du sud vient en troisième position avec une production de 1116 tonnes.

Tableau II: Production aquacole d'ormeaux par pays en 2013 (Cook, 2014).

Region	2010	2013-2014
China	56,511	90,694
Korea	6228	9300
South Africa	1015	1 116
Chile	794	794
Australia	456	910
USA	250	250
Japan (Seed Production)	200	200
Taiwan	171	171
New Zealand	80	90
Mexico	33	35
Europe	30	100
Thailand	10	15
Philippines	4	8

L'industrie européenne est basée principalement sur la production de *Haliotis tuberculata tuberculata*. Cette espèce est traditionnellement capturée sur la côte de l'ouest de la France et des Îles de la Manche (Huchette et Clavier, 2004). La production halioticoles totale européenne a augmenté dans les années 90, en raison de la mondialisation du marché international et d'une augmentation des exportations vers l'Asie. Cependant, les captures d'ormeaux ont varié au fil des années, principalement en raison de la surexploitation des stocks naturels des îles anglo-normandes, l'infection par l'espèce bactérienne *Vibrio harveyi* en France et les toxines paralysantes PSP, produites par les microorganismes (*Alexandrium minutum* et *Dinophysis acuminata*) responsables des «marées rouges» en Espagne (Huchette et Clavier, 2004). En Europe, *Haliotis tuberculata tuberculata* est cultivé industriellement seulement en France et en Irlande. L'Irlande a commencé la production des espèces *Haliotis tuberculata tuberculata* et *Haliotis discus hannai* dans les années 1970, et est aujourd'hui, avec les îles anglo-normandes de la Manche, en tête de la production européenne (Huchette et Clavier, 2004). En France, la production d'*Haliotis tuberculata tuberculata* est destinée principalement à couvrir les demandes des restaurants parisiens (Huchette et Clavier, 2004). La plupart de la production européenne est écoulee en France, cette dernière n'ayant pas une production suffisante pour satisfaire la demande de son pays, ce qui l'oblige à importer des ormeaux.

En Espagne, une production de l'ormeau s'est développée en Galice dans les années 90 en raison du prix attractif de l'ormeau sur les marchés asiatiques. Cependant, cette activité est restée paralysée depuis 1993 à cause de la présence de la toxine PSP en Galice, jusqu'à ce qu'en 2011, la société Galician Marine Aquaculture S.L. recommence l'élevage avec les espèces *Haliotis tuberculata tuberculata* et *Haliotis discus hannai*. L'augmentation de la production aquacole ainsi que de la pêche illégale a entraîné une baisse du prix de l'ormeau au cours des dernières années. Ainsi, quand le cours des espèces à plus forte valeur ajoutée (*Haliotis laevigata* et *Haliotis discus*) avait une valeur de 45 \$ US.kg-1 en 1999 (Gordon et Cook, 2001), il a été évalué à 30 \$ US.kg-1 en 2010 (Cook et Gordon, 2010). Le marché mondial des ormeaux a été frappé par la crise mondiale financière qui a réduit la demande des produits haut de gamme. Face à cela, les fermes ont dû améliorer leur rentabilité par la mise en œuvre de systèmes plus efficaces, moins consommateurs d'eau et d'énergie, et demandant moins de main d'œuvre. Le contrôle de la reproduction et la maîtrise de l'approvisionnement en nourriture apparaissent aussi comme deux aspects primordiaux pour le développement de l'halioticulture. Ils ont fait l'objet de nombreux travaux (Hahn, 1989) et en particulier ont permis le développement de la nourriture artificielle (Britz *et al.*, 1994; Fleming *et al.*, 1996). La considération des besoins alimentaires est d'une importance vitale non seulement pour la réussite des entreprises mais aussi pour évaluer l'impact potentiel sur l'environnement.

Au Sénégal l'ormeau est exploité par des pêcheurs plongeurs le long de la presqu'île du Cap Vert où l'espèce est présente. La collecte des données de production sont récentes (2000) (Figure 12) mais l'exploitation remonte aux années 80.

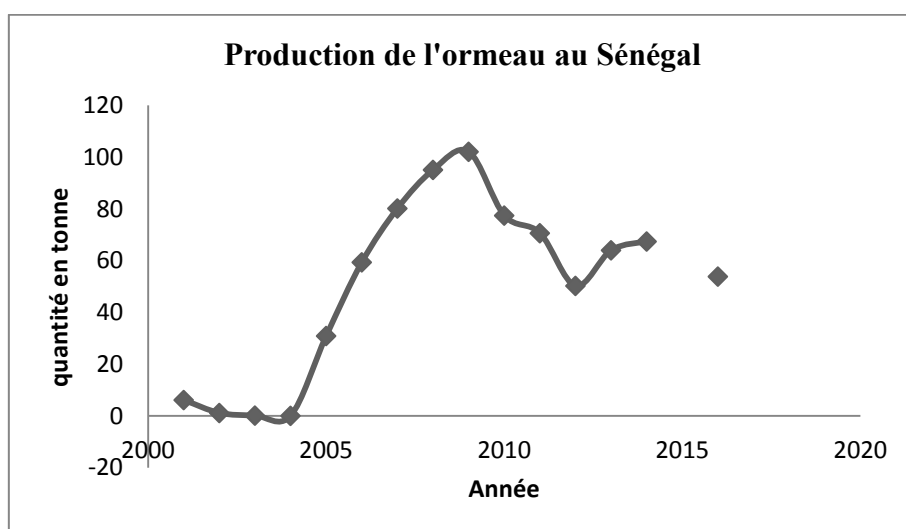


Figure 12: Evolution de la production de l'ormeau au Sénégal (DPM, 2017)

Chapitre II : Matériel et Méthodes

II. MATERIEL ET METHODES

II.1. Etude socioéconomique de l'ormeau

II.1.1. Approche méthodologique

La méthodologie adoptée pour mener cette étude consiste à collecter des données en vue de pouvoir faire des analyses socio-économiques. La collecte des données s'est basée sur la revue de la bibliographie et des enquêtes de terrain au niveau de trois sites de référence (Ouakam, Ngor et Soumbédioune)

Pour la revue des données déjà existantes, différentes structures (DPM, ANA et ANSD) ont été visitées pour recueillir quelques rapports relatifs aux thèmes et statistiques liés à l'exploitation de l'ormeau.

Enquêtes de terrain

Il existe deux techniques pour recueillir des informations sur une population:

- le recensement où chaque individu de la population est étudié selon le ou les caractères étudiés;
- l'échantillonnage qui est la technique par laquelle une partie représentative de la population est choisie pour déterminer les caractéristiques de l'ensemble de la population étudiée.

Au regard du questionnaire élaboré, l'enquête se veut quantitative.

Pour les enquêtes quantitatives, la taille de l'échantillon est un facteur déterminant pour obtenir des données fiables. La taille de l'échantillon est le nombre de personnes qui répondent effectivement à votre questionnaire. Ce nombre est déterminant pour permettre de généraliser les résultats de l'enquête à l'ensemble de la population ciblée. Cependant, la réalisation d'une enquête par échantillonnage dans une société de pêcheurs en Afrique de l'Ouest pose des problèmes méthodologiques liés d'une part à l'ampleur et à la complexité de l'univers étudié, d'autre part à l'absence de véritable base de sondage au départ (Morand *et al.*, 1991). Cette complexité impose un plan d'échantillonnage particulièrement adapté qui tient compte des variabilités spatiales et temporelles (Kantoussan, 2007).

Ainsi, dans la présente étude la technique d'échantillonnage non probabiliste avec comme méthode celle *par boule de neige* a été utilisée. L'échantillonnage non probabiliste repose sur un choix arbitraire des unités, c'est l'enquêteur qui choisit les unités et non le hasard. En ce sens, il serait donc aventureux de généraliser les résultats obtenus pour l'échantillon à toute la population (Marpsat et Razafindratsima, 2010). Utile dans le cas de la rareté des unités d'échantillonnage ou de l'absence d'un cadre d'échantillonnage valide, il a été demandé à un

répondant de nous référer à un autre plongeur et ainsi de suite (Marpsata et Razafindratsima, 2010).

Au total 60 plongeurs ont été enquêtés au niveau des trois sites de référence (Ouakam, Ngor et Soumbédioune) (Figure 13).

II.1.2. Localisation des sites de l'étude



Figure 13 : Localisation des sites

II.1.3. Présentation des sites

II.1.3.1. Soumbédioune

Situé sur la corniche Ouest de Dakar, non loin de la Cour suprême. Logé dans le quartier de la Gueule Tapée, Soumbédioune est un village traditionnel lébou. Sur ce site, on trouve une baie avec une plage de pêcheurs, un débarcadère de poissons et un village artisanal. Sur la plage se tient le marché aux poissons. Point de convergence de tous les habitants de Dakar qui désirent acheter du poisson frais. Parmi ceux qui s'activent dans les activités maritimes à

Soumbédioune, figurent les femmes, comme vendeuses, transformatrices ou écailleuses au niveau du quai.

II.1.3.2. Ouakam

Ouakam fait partie des quatre villages lébou à l'extrémité de la presqu'île du Cap Vert qui sont peu à peu devenus des banlieues de Dakar. Ouakam est situé entre Mermoz, Ngor et Yoff. La pêche constitue la principale activité de la communauté lébou. En dehors des pêcheurs, on distingue d'autres acteurs dans la filière de la pêche: les mareyeurs, les transformatrices de poisson et les plongeurs.

II.1.3.3. Ngor

Au regard des institutions politico-sociales existant dans les autres villages lébous du Cap-Vert, le village de Ngor constitue une particularité liée à un déterminisme géographique. En effet, Ngor est limité par les villages de Yoff, Ouakam et par l'océan atlantique. Il s'agit d'un vaste village situé dans une zone rocailleuse non propice à l'agriculture. La pêche est la principale source d'économie. Quant aux femmes, elles s'adonnent à la cueillette des fruits de mer.

II.2. Etude de la croissance

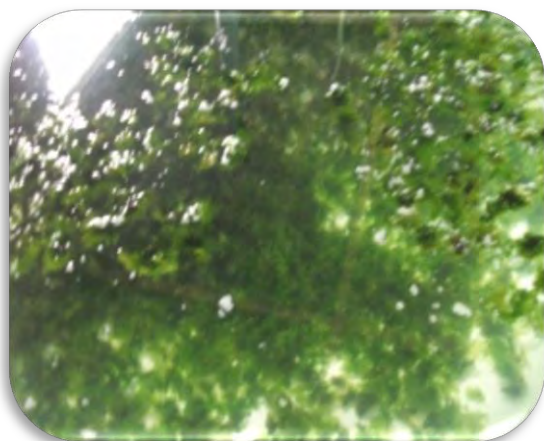
II.2.1. Milieu d'étude

L'étude a été réalisée à la station d'expérimentation aquacole de l'Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal. Elle se situe dans la maison des pêcheurs de Ouakam, à 100m du quai de pêche **14° 43' 26'' N 17° 29' 21,01'' W**. Elle a été mise en place dans le cadre du projet d'appui à l'enseignement supérieur de l'UEMOA sur « essai de la reproduction artificielle et l'élevage larvaire de l'ormeau *Haliotis tuberculata* au Sénégal ».

II.2.2. Protocole expérimental

Des juvéniles sauvages (200 individus) ont été collectés le 24 mai 2014 au niveau de la baie de Ouakam. A leur arrivée à la station, ils ont été mesurés et pesés en vue de déterminer la longueur de la coquille de chaque individu et son poids initial. Ils ont été acclimatés pendant 1 mois dans les conditions de la station dans des bacs cylindriques de capacité égale à 80 L. Après la phase d'acclimatation, 135 individus de longueur initiale comprise entre 26 mm et 36 mm ont été sélectionnés pour les besoins de l'expérience. Ces individus ont été répartis en trois densités différentes (10 ; 15 ; 20 individus) dans neuf (9) bacs ayant une surface de base de 0,15m² soit 3 bacs par densité (Capinpin et *al.*). L'eau utilisée a été pompée à partir de la mer et stockée dans un réservoir de 10000L. Une aération constante a été fournie à travers les bacs d'expérimentation par des pompes à air. Les ormeaux de chaque bac ont été nourris à raison de 70% de leur poids corporel avec des macroalgues disponibles comme *Ulva lactuca* (Figure 14 A) durant les 5 premiers mois et les 3 derniers mois et le reste avec *Dictiopeterus sp* (Figure 14 B). Chaque semaine, les macroalgues ont été remplacées par d'autres neuves. Ces macros algues ont été récoltées dans le milieu naturel par des plongeurs à Ouakam puis transportés à l'aide de glaciaires à la station se trouvant à 100m de la plage. Pour maintenir une bonne qualité de l'eau, les bacs ont été nettoyés tous les jours par siphonage des déchets et renouvellement de l'eau.

Une fois par mois pendant 12 mois, la longueur et la largeur de la coquille des d'individus de chaque bac ont été mesurées à l'aide d'un pied à coulisse (Figure 16 B) et le poids corporel humide à l'aide d'une balance électronique (Ohaus Explorer, Florham Park, NJ, USA) (0,1 g près) (Figure 16 A). Avant la pesée des échantillons, l'excès d'eau a été enlevé en essuyant avec du papier kleenex. L'expérience a duré 12 mois (25 juin 2014 – 25 juin 2015)



A



B

Figure 14: *Ulva lactuca* (A) *Dictyopterus sp.* (B)



A



B

Figure 15: Matériel de Mesure (Balance électronique (A) ; Pied à coulisse (B))

II.2.3. Paramètres de croissance de survie

Plusieurs paramètres de croissance ont été estimés à partir des données de poids et de longueur obtenues.

II.2.3.1. Taux de croissance spécifique (TCS)

C'est un coefficient qui permet d'évaluer le poids gagné par ormeau chaque jour, en pourcentage de son poids vif ou de sa longueur.

Il a été calculé en fonction de la longueur de la coquille puis en fonction du poids corporel humide à la fin de l'expérience. En utilisant la formule de (Ricker, 1979; Hopkins, 1992)

$$TCS_P = \{(\ln PM_f - \ln PM_i)/(T-t)\} \times 100$$

$$TCS_L = \{(\ln LM_f - \ln LM_i)/(T-t)\} \times 100$$

Avec PM_f : le poids moyen final ; PM_i : poids moyen initial ; T-t : durée de l'expérience

LM_f : longueur moyenne finale ; LM_i : longueur moyenne initiale

II.2.3.2. Gain de poids moyen :

Ce paramètre permet d'évaluer la croissance pondérale des ormeaux pendant un temps donné. Il est calculé à partir de la formule ci-dessous:

Gain de poids moyen absolu ((GPMa) en g /ormeau) = poids moyen final – poids moyen initial

$$\text{Gain de poids moyen relatif (\%)} = \frac{\text{poids moyen final} - \text{poids moyen initial}}{\text{poids moyen initial}} \times 100$$

II.2.3.3. Gain de longueur moyenne :

Ce paramètre permet d'évaluer la croissance en longueur des ormeaux pendant un temps donné. Il est calculé à partir de la formule ci-dessous:

Gain de longueur moyenne absolue ((GLMa) en g /ormeau) = poids moyen final – poids moyen initial

Gain de longueur moyenne relative (%) = (longueur moyenne finale – longueur initiale / longueur moyenne initiale) * 100

II.2.3.4. Taux de survie :

Le taux de survie a été calculé chaque mois à partir du nombre total des ormeaux et de l'effectif en début d'élevage pour chaque densité.

$$\text{Taux de Survie (\%)(TS)} = \frac{\text{Nombre d ormeau final}}{\text{Nombre d ormeau initial}} \times 100$$

II.2.3.5. Paramètres de la croissance linéaire de Von Bertalanffy.

Les paramètres de croissances L_{∞} , K ont été estimés à partir des longueurs. Les données de longueurs sont analysées par le logiciel ELEFAN in R (Electronic Length Frequency ANalysis). La valeur approximative de t_0 a été estimée par la formule suivante:

$$\text{Log}(-t_0) = -0,3922 - 0,2752\text{Log}(L_{\infty}) - 1,038\text{Log}(K).$$

A partir de L_{∞} , K et t_0 l'équation de Von Bertalanffy a été établie:

$$L(t) = L_{\infty} \left[1 - e^{-k \times (t - t_0)} \right]$$

Où L_{∞} = est la longueur asymptotique. Théoriquement, c'est la taille moyenne qu'atteindrait un ormeau qui pourrait vivre et grandir indéfiniment; $L(t)$: la longueur totale à l'âge t ; K = est le coefficient de croissance. La comparaison des résultats de croissance obtenus avec d'autres études a été faite en utilisant l'indice de performance de croissance (Φ') (Pauly et Munro, 1984).

$$\Phi' = \text{Log}(k) + 2 \text{Log}(L_{\infty})$$

Le coefficient de condition K_c : permet de déterminer l'état physiologique des ormeaux, y compris leur capacité de reproduction ainsi que l'influence du milieu de vie sur eux. Ainsi, plus un animal est lourd pour une longueur donnée, plus son coefficient de condition est élevé (RICKER, 1980 ; WILLIAMS, 2000).

Le facteur de condition K_C est donné par le rapport reliant le poids et la longueur de la coquille de l'ormeau (TESCH, 1971)

$$K = (P/L^3) 100$$

II.2.3.6. Relation taille poids

La relation taille poids des ormeaux a été aussi déterminé pour chaque densité.

Cette relation qui définit la croissance en poids d'une espèce en fonction de sa taille est une des relations les plus utilisées en biologie des pêches. Cette relation est décrite par l'expression suivante (Ricker, 1980) :

$$P = aL^b$$

Où P est le poids en (g), L la largeur (en mm) et a et b sont des constantes de la relation.

Lorsque b (taux d'allométrie) est égale à 3, cela indique une croissance isométrique, c'est à dire que la croissance en taille (largeur, hauteur, épaisseur) est similaire au poids. Donc la forme générale du mollusque varie peu au cours de la croissance. Si b est supérieure à 3, la croissance est allométrique majorante autrement dit le poids du mollusque augmente plus vite que sa taille (longueur, largeur,) et si elle est inférieure à 3 la croissance est dite allométrique minorante, la taille (longueur, largeur) évoluent plus vite que le poids.

La relation taille poids dépend étroitement de l'état biologique et physiologique de l'espèce ainsi que les conditions du milieu.

II.2.3.7. Paramètres morphométriques

Les relations morphométriques qui comprennent les relations entre longueur-largeur et le facteur de condition sont des paramètres biologiques importants pour les espèces halieutiques à partir desquels la condition ou l'état des stocks des espèces peuvent être déduits (Bagenal et Tesch, 1978). Ces paramètres ont également une importance pour la sélection des espèces en aquaculture (Wambijin *et al.*, 2008).

Afin d'examiner les variations morphométriques, la relation liant la longueur de la coquille de *Haliotis tuberculata* à sa largeur a été établie. Cette relation est décrite par la formule suivante: $SL = a \times SW + b$; où SL est la longueur en millimètre, SW: largeur en millimètre, a et b sont respectivement la pente et l'ordonnée à l'origine.

Le facteur de condition permet de suivre les variations de la balance métabolique des individus à travers les modifications saisonnières de l'embonpoint sous l'influence des facteurs biotiques et abiotiques indépendamment de la taille (Angelescu *et al.*, 1958). Le coefficient de condition (K) de chaque spécimen a été calculé selon l'expression suivante (Ricker, 1975): $K = 100 \times WT / SL^3$.

Où K est le facteur de condition; WT: le poids total; SL: la longueur de la coquille.

II.2.4. Paramètres physicochimiques

L'élevage des ormeaux nécessitent une eau de bonne qualité pour obtenir des taux de croissance élevés (Basuyaux et Mathieu, 1999). Chaque jour, la température et l'oxygène dissous ont été mesurées en utilisant un appareil multiparamètres YSI 55 (YSI, Yellow Springs, OH, USA). La salinité a été mesurée après chaque remplissage du réservoir à l'aide d'un réfractomètre (réfractomètre classique) et le pH a été mesuré deux fois par semaine en utilisant un pH-mètre Hanna Hi98127 (Hanna instruments, Woonsocket, RI, USA).

II.2.5. Analyse statistique

Les données obtenues ont été saisies et calculées avec Microsoft Excel. L'analyse de ces données a été réalisée avec le logiciel statistical analysis system (SAS-PC) (Joyner, 1985) soumis à une analyse de variance (ANOVA). Le test de tukey a été utilisé pour comparer les différences significatives entre les traitements. Le seuil de signification de 5 % a été retenu. Le logiciel ELEFAN IN R a été aussi utilisé pour calculer certains paramètres de croissance.

II.3. Essais de la reproduction

L'expérience a été menée dans un circuit ouvert où l'eau est tirée de la mer par une pompe à eau de surface placée à 60m de la mer. Elle est reliée à un réservoir de 10m³ qui permet de stocker l'eau de mer et d'alimenter les bacs d'élevage au nombre de 4. Deux bacs circulaires de 1m³ chacun destiné au stockage des géniteurs et deux bacs de forme ovoïdale ayant une capacité de 2,5m³ chacun, pour l'élevage larvaire (Figure 16).

L'aération des bacs est assurée par des diffuseurs reliés par une tuyauterie à un compresseur à air. Chaque bac est muni de dispositifs permettant de réguler la quantité d'oxygène dissous.

L'eau vidée des bacs est collectée par un canal relié à un bassin de traitement constitué de deux compartiments. L'eau est traitée avec du GE (gabidge enzyme) avant d'être évacuer en mer par un autre canal.

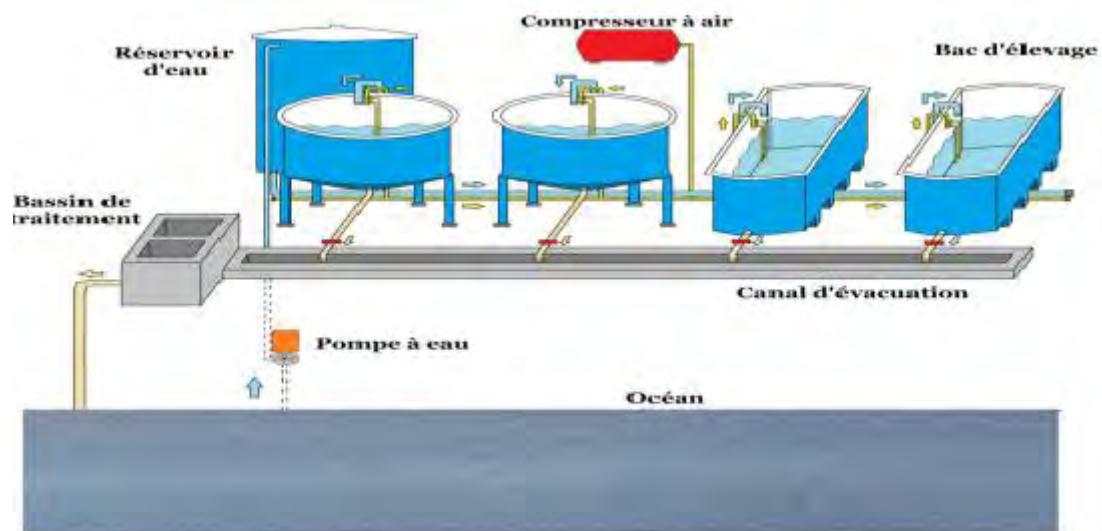


Figure 16: Système d'élevage de la station aquacole de l'IUPA à Ouakam

II.3.1. Collecte des géniteurs

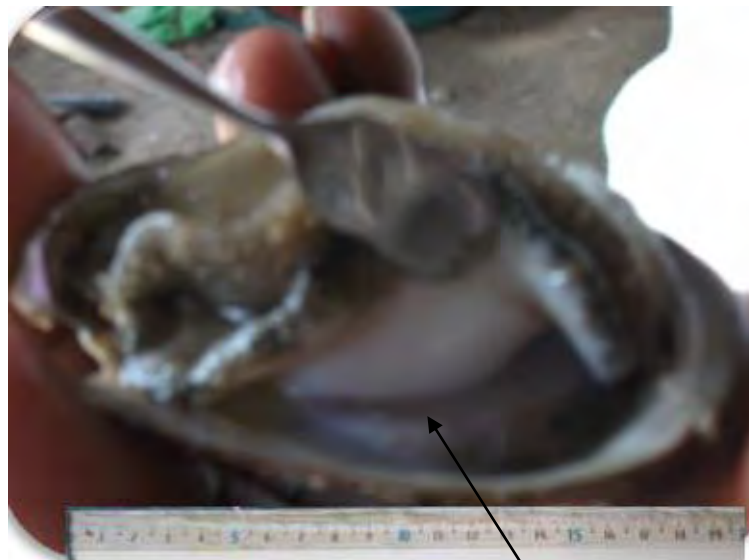
Environ 500 géniteurs ont été collectés au niveau de la baie de Ouakam. La température de l'eau de mer était de 25 ° C au moment de la collecte.

Les ormeaux sélectionnés sont transportés dans des seaux au centre d'expérimentation de Ouakam. A leur arrivé, les ormeaux sont sexés (Figure 17) puis les mâles et les femelles séparés dans deux bacs de stockage.



Mâle (A)

Gonade (couleur blanchâtre)



Femelle (B)

Gonade (couleur brune)

Figure 17: Sexage de l'ormeau Mâle (A) Femelle (B)

II.3.2. Acclimatation et stockage des géniteurs

L'objectif spécifique de l'acclimatation est de fournir des ormeaux entièrement gravides à des fins de reproduction à des moments particuliers de l'année. Pour y parvenir, les ormeaux collectés sont nourris avec une quantité suffisante de macro-algues. L'unité de conditionnement est conçue pour maintenir une bonne qualité de l'eau au cours du processus. L'acclimatation a été réalisée dans les deux bacs circulaires du système d'élevage.

II.3.3. Collecte de Macroalgues

Les macroalgues sont collectées par plongée ou au niveau des rochers à découvertes en marée basse. A leur arrivé elles sont lavées avec de l'eau douce pour éliminer les impuretés et d'éventuels parasites avant leur utilisation pour l'alimentation des ormeaux. Au début de l'expérience des macroalgues *Ulva lactuca* (Figure 18 B) et *Meristotheca senegalensis* (Figure 18 A) collectées au niveau de la côte de Ouakam et sur la corniche ouest en face de l'Université Cheikh Anta DIOP de Dakar sont utilisés. Mais la recherche a été orientée sur d'autres macro-algues disponibles après avoir constaté que les macro-algues *Meristotheca senegalensis* utilisés ne pouvaient plus servir au delà de deux à trois jours. A cet effet, l'utilisation des algues comme *Dictyopterus sp* (Figure 18 C) et *Dictyota sp* (Figure 18 D) de plus longue durée (5 à 6 jours) a été commencée. Ces algues sont collectées à la pointe des Almadies.



Meristotheca senegalensis (A)



Ulva lactuca (B)



Dictyopterus sp (C)



Dictyota sp (D)

Figure 18 : Macroalgues collectées

II.3.4. Suivi des paramètres physico-chimiques

Le suivi des paramètres physicochimiques a porté sur la température, l'oxygène dissout, le pH et la salinité

La température et l'oxygène dissout sont mesurés deux fois par jour (matin et soir) à l'aide d'un appareil multifonctionnel YSI, Yellow Springs, OH, USA et les moyennes journalières sont calculées.

Le pH au niveau des bacs d'élevage est mesuré deux fois par semaine à l'aide d'un papier pH.

La salinité est contrôlée après chaque remplissage du réservoir par un refractomètre.

II.3.5. Culture de microalgues

Cette culture a été faite avec l'appui et les conseils d'un spécialiste à la suite de l'échantillonnage et l'isolation des micro-algues (*Chlorella sp* *Chaetoceros sp*) (Figure 19).

Une technique de culture discontinue reposant sur l'utilisation de la phase de log (exponentielle) de la croissance par les cellules algales a été utilisée. Il s'agit de mettre en culture un volume constant de micro-algues dans des bouteilles en plastique de 10 litres sans aucun remplacement du milieu (Figure 20). Les stocks de cultures des différentes souches de micro-algues sont maintenus dans un milieu contenant de l'eau douce filtrée 0,08 µm. Différents ingrédients : bicarbonate de soude ; urée ; sirop de fer ; chlorure de calcium ; eau de cendre ; sel ; engrais NPK ; vitamines et minéraux y sont ajoutés. Ces stocks sont ensuite utilisés comme inoculum pour produire des cultures à grande échelle.



Figure 19: Souche de *Chlorella sp* et d'une Cyanobactérie



Figure 20: Dispositif pour la culture des micro-algues

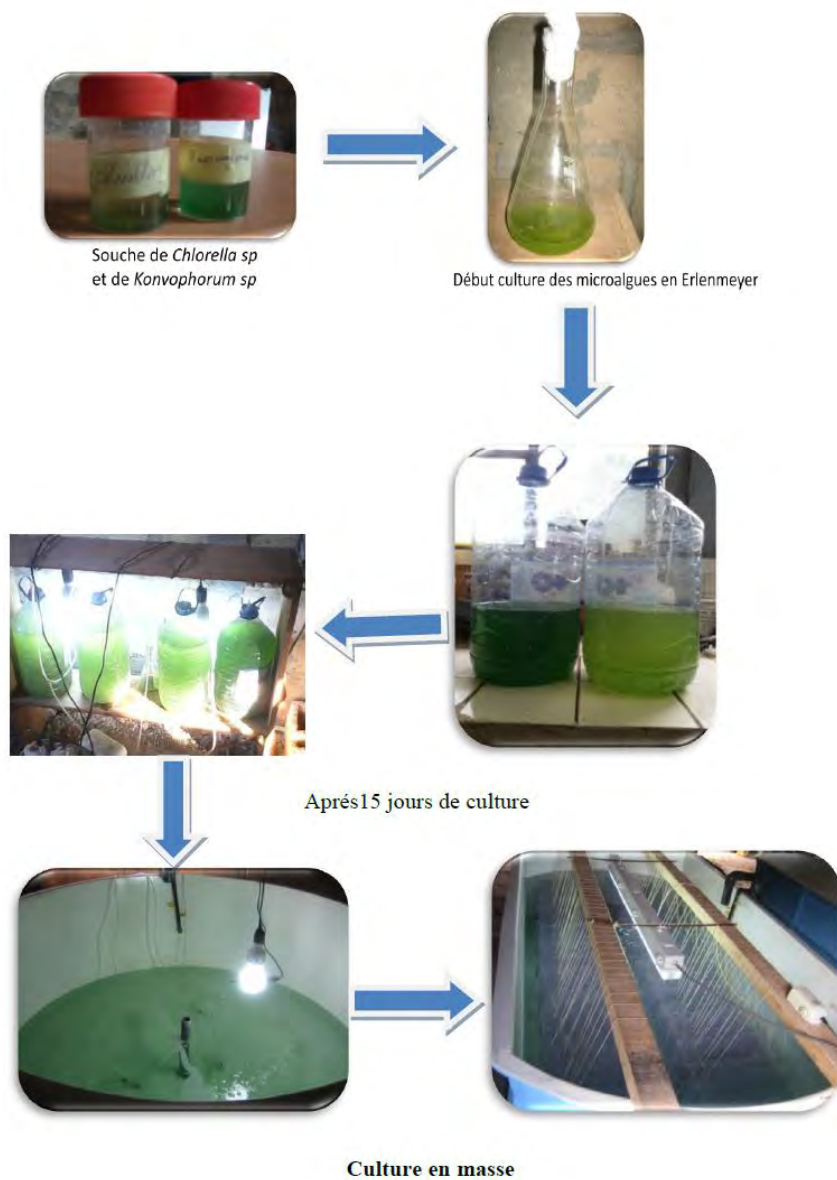


Figure 21 : Processus de culture des microalgues

II.3.6. Reproduction artificielle

La reproduction artificielle constitue une étape déterminante car elle permet d'avoir des naissains.

Il s'agit de nettoyer et désinfecter les aquariums puis mettre 3 mâles et 12 femelles dans deux aquariums séparés contenant chacun 30 litres d'eau de mer, soit un sexe ratio 1 mâle pour 4 femelles. L'induction de la ponte se fait par choc thermique à l'aide de thermostat placé dans les aquariums. La température de départ correspondant à la température des bacs de stockage. Chaque une heure, la température est augmentée de 1°C jusqu'à la libération des œufs.

Après la ponte, les œufs sont filtrés pour éliminer les particules indésirables. Le nombre d'œufs est compté sous microscope binoculaire en prenant 5 ml. On procède au mélange de gamètes.

Après mélange des gamètes, la solution obtenue est laissée au repos pendant 15 minutes puis filtrée pour renouveler l'eau, nettoyer les œufs et enlever l'excès de sperme. Cette opération est répétée trois fois.

Un échantillon de 1ml est prélevé une heure après mélange pour observer au microscope les œufs fécondés. La fécondation et le développement embryonnaire sont suivis au microscope jusqu'à l'obtention des naissains.

Trois essais d'inductions de la ponte ont été réalisées durant l'expérience en: décembre 2015, février et juillet 2016.

Chapitre III : Résultats et Discussion

I. III : RESULTATS ET DISCUSSION

III. 1 Résultats

III.1.1. Etude socioéconomique

1. III.1.1.1. Evolution des captures de l'ormeau de 2000 à 2010

De 2000 à 2010 la production annuelle de l'ormeau a connu de fortes variations. En effet, de 2000 à 2004, on note une baisse de la production nationale (43,1 T en 2000 à une production nulle en 2004). Mais une augmentation a été observée de 2005 à 2009, allant de 30,85 T en 2005 à 203,96 T en 2009. Entre 2009 et 2010 cette production connaît une baisse considérable passant de 203,96 tonnes en 2009 à 77,36 tonnes en 2010 (Figure 22).

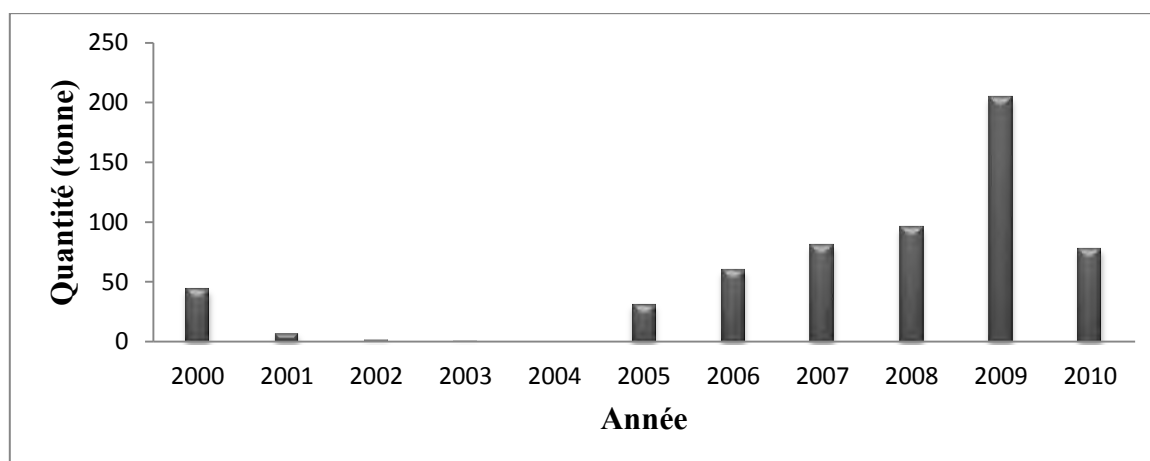


Figure 22: Evolution annuelle des captures de l'ormeau de 2000 à 2010

L'analyse montre que la période d'abondance de l'ormeau se situe entre les mois d'Avril et d'octobre excepté le mois de janvier 2009 avec une production de 21,5 tonnes (Figure 23). Ceci peut être dû à l'ouverture de la période de capture qui coïncide avec ces mois où on a le maximum de la production.

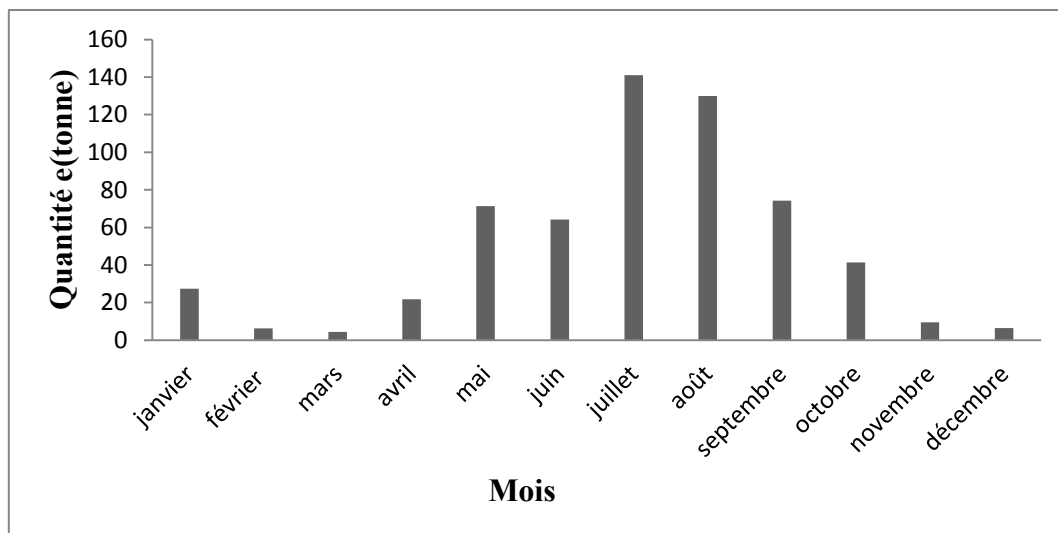


Figure 23: Evolution mensuelle des captures de l'ormeau de 2000 à 2010

III.1.1.2. Age des plongeurs

L'étude montre que la plus grande partie des exploitants de l'ormeau ont un âge compris entre 30 et 40 ans représentant 46,70% suivis de ceux ayant plus de 40 ans avec 30% puis 21,7% pour ceux qui ont entre 20 et 30 ans et enfin les moins de 20 ans qui représentent 1,7% (Tableau III) . Ces résultats peuvent être dus du fait que la tranche d'âge de la population en activité au Sénégal se trouve entre 25 et 60 ans. L'autre raison est que l'exploitation de l'ormeau se fait par plongée nécessitant une expérience et beaucoup d'effort physique.

Tableau III : Age des plongeurs

Age	Effectif	(%)
Moins de 20 ans	1	1,70%
De 20 à 30 ans	13	21,70%
De 30 à 40 ans	28	46,70%
Plus de 40 ans	18	30,00%
Total	60	100%

III.1.1.3. Situation matrimoniale

Les résultats montrent que la majorité des exploitants d'ormeaux sont mariés (76,70%) et le reste représentant 23,30% sont des célibataires (Figure 24). Ceci peut être expliqué par les tranches d'âges majoritaires 30 à plus de 40 qui sont généralement des mariés dans la société sénégalaise.

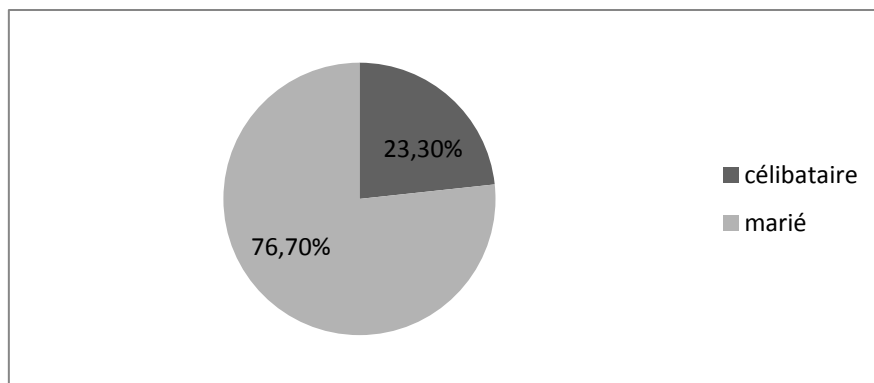


Figure 24 : Situation matrimoniale

III.1.1.4. Ethnie

L'exploitation de l'ormeau est dominée par les lébous avec 71,70%, suivis des wolofs et des al pular représentant respectivement 11,70 et 10%. Les maures étant les seuls représentant de la classe des autres ethnies viennent en 4^e position avec 5% (Tableau IV). Ceci explique par le fait qu'au Sénégal la pêche constitue un métier traditionnel chez la communauté lébou.

Tableau IV : Ethnie

Ethnie	Effectif	(%)
Wolof	7	11,70%
Lébou	43	71,70%
Al pular	6	10,00%
Diola	1	1,70%
Autres	3	5,00%
Total	60	100%

III.1.1.5. Nom de l'espèce suivant les sites

D'après nos résultats, le nom local de l'ormeau change en fonction des zones. Il est appelé << Mbaka >> (61,7%) à Ouakam et Ngor, << bakalaka >> (35%) à Soumbédioune et très rarement par << wakou mbaye >> à 1,7% (Tableau V)

Tableau V : Nom local de l'ormeau

Nom local	Effectif	(%)
Mbaka	38	63,30%
Bakalaka	21	35,00%
Wakou mbaye	1	1,70%

III.1.1.6. Profondeur de pêche

Le Tableau VI montre que l'ormeau est capturé à des profondeurs allant de moins 6 m jusqu'à plus 16 m.

Tableau VI : Profondeur de pêche

Profondeur de pêche (m)	Effectif	(%)
Moins de 6	3	5,00%
6 à 8	11	18,30%
8 à 10	7	11,70%
10 à 12	14	23,30%
12 à 14	9	15,00%
14 à 16	10	16,70%
16 et plus	6	10,00%
Total	60	100%

III.1.1.7. Types de pêche

Ces résultats montrent que la capture des ormeaux se fait de deux manières : la plongée par apnée pratiquée par la majorité des plongeurs (78,3%) et la plongée par bouteille (13,3%). (8,3%) pratiquent les deux techniques (Tableau VII).

Tableau VII : Type de plongée

Type de plongée	Effectif	(%)
plongée par apnée	47	78,30%
plongée par bouteille	8	13,30%
plongée par apnée et/ou par bouteille	5	8,30%

III.1.1.8. Période de pêche de l'ormeau

D'après ces résultats la capture de l'ormeau se fait durant la journée. Ceux qui vont en mer le matin et l'après midi sont majoritaire avec 91,7% alors que ceux qui vont en mer exclusivement le matin ne représentent que 8,3% (Figure 25)

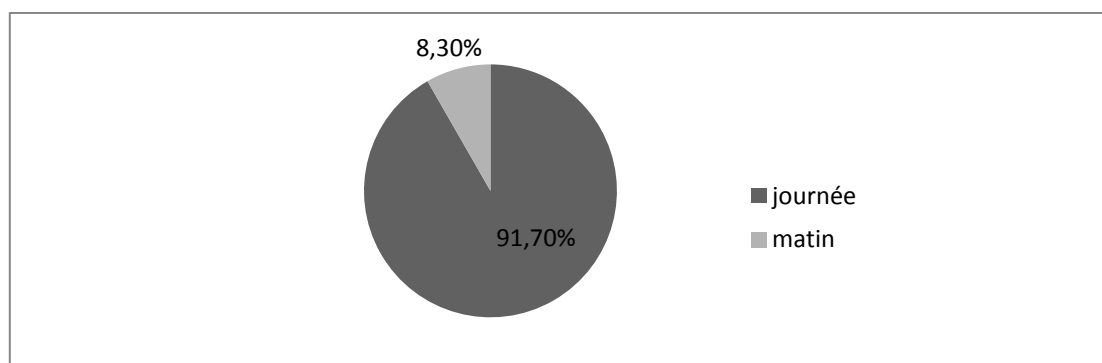


Figure 25: Période de Pêche

III.1.1.9. Fréquence des sorties par jour

La majorité des pêcheurs d'ormeaux (83,3%) (Figure 26) vont en mer une fois par jour avec une pirogue pouvant durer toute la journée avec le maximum de plongées possibles. Par contre, les autres qui font 2 sorties (16,7%) par jour ne disposent pas de pirogue, ils plongent directement sur la plage.

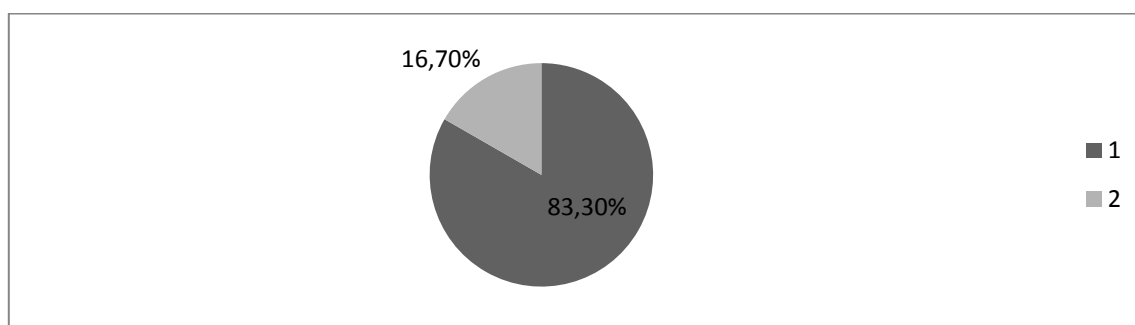


Figure 26: Fréquence des sorties

III.1.1.10. Durée de la sortie

La durée des sorties varient entre moins de 3 heures et 9 heures au plus. Mais la majorité (55%) passe entre 6 et 9 heures de temps en mer (Tableau III). Il faut noter que les mareyeurs viennent acheter le produits vers 17 heures c'est pourquoi tous les plongeurs débarquent au environ de 16 heures. L'heure de départ dépend de plusieurs paramètres à savoir les conditions climatiques, l'habitude des plongeurs, etc.

Tableau VIII : Durée de la sortie

Durée de la sortie (heure)	Effectif	(%)
Moins de 3,00	1	1,70%
Entre 3,00 à 6,00	21	35,00%
Entre 6,00 à 9,00	33	55,00%
9,00 et plus	5	8,30%
Total	60	100%

III.1.1.11. Quantité débarquée par sortie

Les quantités d'ormeaux débarquées pendant la période d'ouverture de la pêche varient entre moins de 10 kg à plus de 40 kg par personne et par sortie. La plupart des plongeurs (41,7%) débarquent entre 10 et 20 kg par sortie, 21,7% obtiennent moins de 10 kg par sortie, 20% entre 20 et 30 kg par sortie alors que 13,3% débarquent avec plus de 40 kg par sortie (Tableau IX). Au début de la saison, les captures sont maximales et peuvent atteindre 50 kg par personne et par sortie alors ces débarquements diminuent au fur et mesure jusqu'à atteindre 2 kg par personne par sortie.

Tableau IX : Quantité débarquée par sortie

Quantité débarquée/ sortie (Kg)	Effectif	(%)
Moins de 10	13	21,70%
De 10 à 20	25	41,70%
De 20 à 30	12	20,00%
De 30 à 40	2	3,30%
40 et plus	8	13,30%
Total	60	100%

III.1.1.12. Pêche exclusive de l'ormeau

Les plongeurs (93,3 %) ne pêchent pas uniquement l'ormeau parce que la pêche se fait à une période définie de l'année (de mai à septembre). Les pêcheurs cherchent d'autres sources de revenus pendant la période de fermeture des captures de l'ormeau. Ils pêchent selon la période d'abondance d'autres espèces comme les mérous, badèche, carpe rouge, sar blanc, dorade, poulpe, langouste, seiche, cigale de mer, barracuda, Patelle, oursin, Holothurie, pieds de biche, bigorno, cymbium, moule etc.,. 6,7% des plongeurs n'exploitent que l'ormeau (Figure 27).

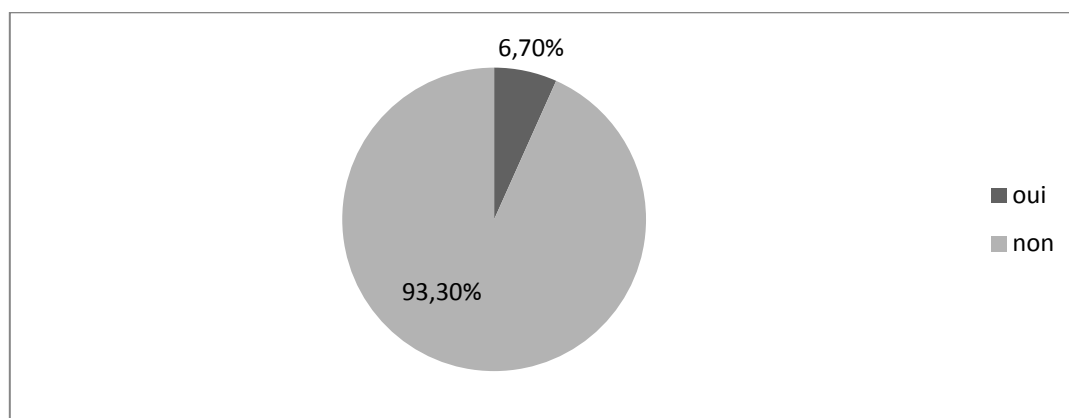


Figure 27: Pêche exclusive de l'ormeau

III.1.1.13. Périodes d'abondance

100 % des plongeurs affirment que la période d'abondance de l'ormeau correspond à l'été, période d'ouverture des captures. Mais il faut noter que la production est maximale en début des captures et diminue de plus en plus vers la fermeture.

III.1.1.14. Période de reproduction

Durant l'enquête, 51,70 % des plongeurs interrogés ont affirmé avoir connaître la période de reproduction de l'ormeau en milieu naturel. Par contre 48,30 % affirment ne pas connaître cette période (Figure 28).

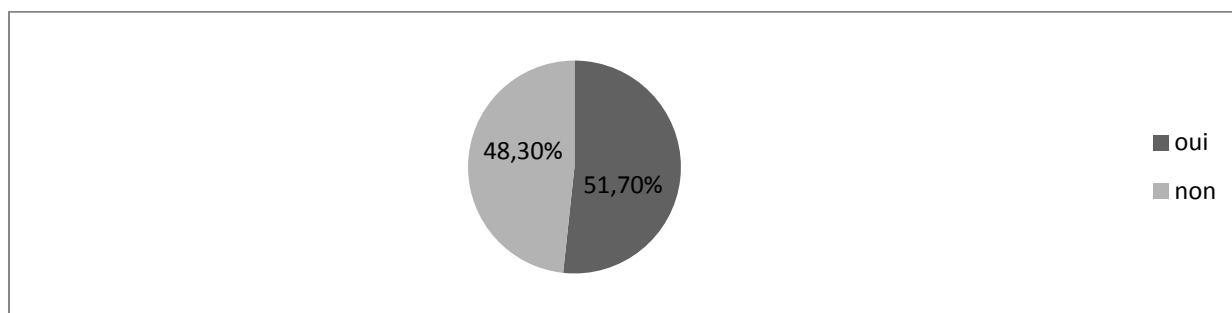


Figure 28: Connaissance de la période de reproduction

Sur les 51,7% ayant affirmé connaître la période de reproduction de l'ormeau, 83,9% disent qu'il se reproduit durant l'hiver. Par contre les 16,10% restant, disent que les ormeaux se reproduisent en été (Tableau X). Il faudra noter que 48,3% des plongeurs interrogés affirment ne pas connaître la période de reproduction de l'ormeau.

Tableau X : Période de reproduction

Saisons	Effectif	(%)
Hiver	26	83,90%
Eté	5	16,10%
Total	31	100%

III.1.1.15. Evolution des captures

93,30% des plongeurs notent une diminution de leur capture d'année en année. Ceci peut être expliqué par l'augmentation de l'effort de pêche due à une hausse du nombre de pêcheurs et de leur capacité de pêche. Cependant 6,70% affirment avoir une augmentation de leur capture (Figure 29).

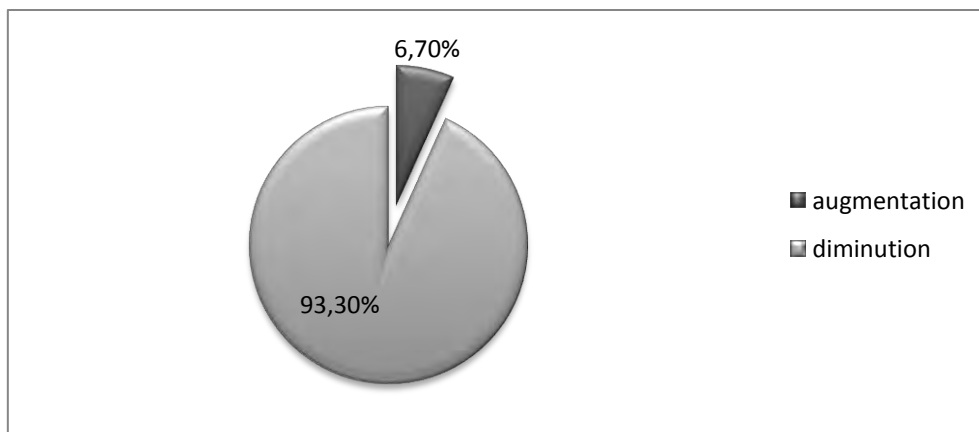


Figure 29: Evolution des captures

III.1.1.16. Taille des individus capturés

La taille des individus capturés dépend de l'exigence des clients. La plupart des clients exigent les grandes et moyennes tailles, c'est pourquoi 93,3% des plongeurs débarquent avec de grandes tailles et 60% des tailles moyennes. Toutefois, il y a des clients qui achètent toutes catégories débarquées d'où 18,3% des plongeurs débarquent avec les petites tailles (Tableau XI). Les plongeurs ont leur propre système de calibrage des individus capturés. Ainsi, les individus de taille inférieure à 3 cm sont considérées comme étant les petites tailles, les tailles comprises entre 3 à 5 cm sont moyennes et les plus de 5 cm sont les grandes tailles.

Tableau XI : Taille des individus capturés

Taille des individus capturés	Effectif	(%)
Petite	11	18,30%
Moyenne	36	60,00%
Grande	56	93,30%
Total	60	

III.1.1.18. Autres activités exercées

60% des plongeurs n'exercent que la pêche du fait que la majeure partie appartient à la communauté lébou chez qui, l'activité constitue une tradition très conservée. Par contre une

partie (40%) (Figure 30) s'active dans d'autres activités (Tableau XII) pour assurer leurs revenus surtout pendant la période de fermeture des saisons de pêche.

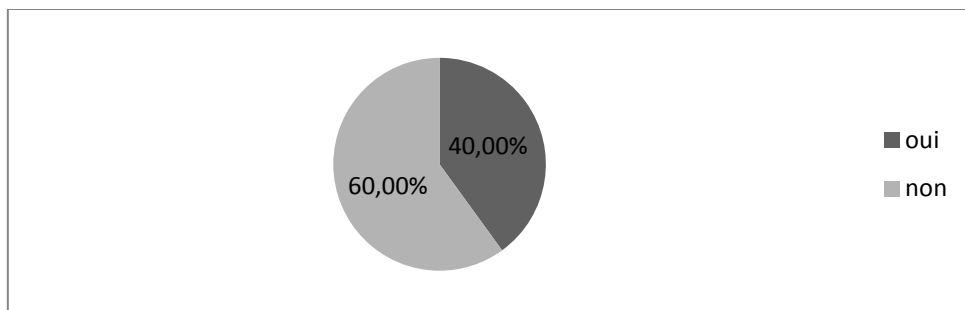


Figure 30: Autres activités exercées

Tableau XII: Autres activités

Autres activités	Pourcentage
Business	13,00%
Commerce	8,70%
Maçonnerie	8,70%
Transport	8,70%
Commerce, archiviste, documentaliste	4,30%
Electronicien	4,30%
Eleveur de mouton	4,30%
Football	4,30%
Frigoriste	4,30%
Gardiennage, mareyeur	4,30%
Gérant salle de jeux	4,30%
Mécanicien scooter	4,30%
Menuiserie	4,30%
Restauration	4,30%
Soudeur	4,30%
Technicien de surface	4,30%
Vigile	4,30%
Volontaire Ville de Dakar	4,30%

III.1.1.19. Contraintes de la pêche des ormeaux

Les pêcheurs rencontrent beaucoup de problèmes dans l'exploitation des ormeaux. La plus part font des plongées par apnées avec beaucoup de risques comme le manque d'air, le saignement des narines, la déshydratation, les piqures d'oursins et morsures par les murènes

vivant dans les mêmes lieux que les ormeaux. A cela s'ajoute la pollution marine causée par les chantiers sur la côte déversant leurs déchets dans le milieu marin. Cette action peut provoquer la turbidité de l'eau pendant la saison des pluies, la destruction de l'habitat des espèces. On note aussi d'autres problèmes rencontrés (Tableau XIII)

Tableau XIII: Contraintes de la pêche des ormeaux

Problèmes	Pourcentages
Travail à risque	23,40%
Pollution de la mer	19,10%
Prix de vente bas	10,60%
Problème avec les agents des parcs	8,50%
Non harmonisation des prix	6,40%
Triage des ormeaux par taille	6,30%
Destruction de l'habitat	4,30%
Pas de repos biologique	4,30%
Diminution des captures, manque de moyens pour l'obtention de diplôme de plongeur	2,10%
Interdiction de plonger dans les zones privées	2,10%
Manque de matériel	2,10%
Non respect de la période de fermeture de la pêche	2,10%
Ouverture précoce de la saison de pêche	2,10%
Pollution de la mer, absence de réglementation	2,10%
Prix de vente bas, manque d'équipement, pollution de la mer	2,10%
Rareté de l'espèce	2,10%

III.1.1.20. Marché des ormeaux

La plus part des plongeurs (96,7%) vendent leur captures aux mareyeurs. Seuls quelques uns (13,30%) vendent leurs produits à d'autres acheteurs comme les chinois et certains restaurants (Figure 31).

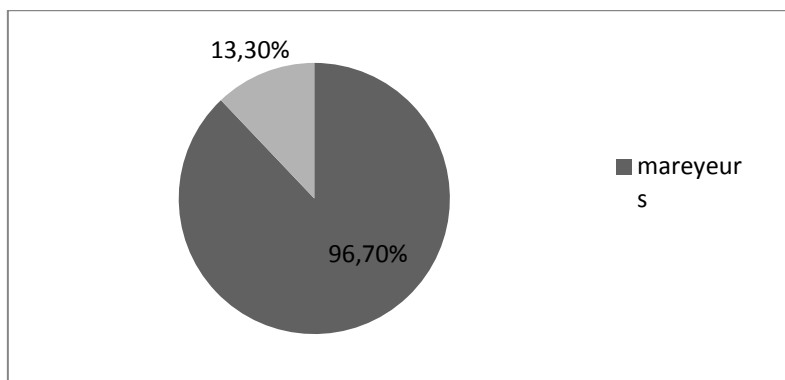


Figure 31: Clients

III.1.1.21. Prix de vente

Le prix du kg de l'ormeau varie de 2200 F CFA à 5000 F CFA (Tableau XIV). La plus part (60%) vendent le kg entre 3000 F FCA et 3500 F CFA car c'est le prix qui est fixé d'habitude par les pêcheurs pendant la période d'ouverture des captures d'ormeau se trouve dans cet intervalle. Cependant certains clients proposent des prix supérieurs pour obtenir plus de produits. C'est ainsi que 15% vendent le kg d'ormeaux à des prix variant entre 3500 et 4000 F CFA, 5% entre 4000 et 4500 F CFA et d'autres à 5000 F CFA et plus. Mais il arrive des moments où l'offre est supérieure à la demande (cas rares) où certains (11,7%) préfèrent vendre le kg entre 2500 et 3000 F, d'autres (3,3%) vont jusqu'à moins de 2500 F.

Tableau XIV : Prix du Kg de l'ormeau

Prix du Kg (F CFA)	Effectif	(%)
Moins de 2500	2	3,30%
2500 à 3000	7	11,70%
3000 à 3500	36	60,00%
3500 à 4000	9	15,00%
4000 à 4500	3	5,00%
5000 et plus	3	5,00%
Total	60	100%

III.1.1.23. Revenu par sortie

Les revenus obtenus sont fonction des quantités débarquées par sortie et du prix du kg, ils varient entre 6400 et 225000 F CFA. 36,7 % des pêcheurs obtiennent entre 30000 et 60000 par sortie, 28,3% ont moins de 30000 (Tableau XV). Il faut noter que les quantités débarquées qui ont une influence sur les revenus dépendent de beaucoup de paramètres: les performances et l'expérience du plongeur, l'équipement (pirogues motorisées, matériels de plongé).

Tableau XV : Revenu par sortie

Revenu par sortie (F CFA)	Effectif	(%)
Moins de 30000	17	28,30%
30000 à 60000	22	36,70%
60000 à 90000	10	16,70%
90000 à 120000	1	1,70%
120000 à 150000	6	10,00%
150000 à 180000	3	5,00%
180000 et plus	1	1,70%
Total	60	100%

III.1.1.24. Utilisation des revenus

L'alimentation familiale et les frais médicaux sont les premières utilisations des revenus des pêcheurs avec respectivement 96 % et 81% (Tableau XVI). L'accent est aussi mis sur les frais scolaires des enfants, les cérémonies familiales avec 75% chacun et le gaz (61,7%). Cependant, certains d'entre eux payent le loyer (25%) et supportent d'autres charges (élevage, factures (eau, électricité), transport, épargne (construction, mariage, achat matériel de pêche, commerce etc.).

Tableau XVI: Utilisation des revenus

Utilisation des revenus	Pourcentage
Alimentation familiale	96,70%
Loyer	25,00%
Frais scolaire des enfants	75,00%
Frais médicaux	81,70%
Cérémonies familiales	75,00%
Gaz	61,70%
Assurances	1,70%
Autres charges	35,00%

III.1.1.25. Règles de gestions locales sur l'ormeau

15% des enquêtés disent qu'il y'a des règles locales de gestion sur l'ormeau et qu'ils les respectent. D'ailleurs, 13,3% des plongeurs interrogés affirment qu'ils ont été consultés dans l'élaboration de ces règles. Alors que les 85% disent qu'ils n'existent pas de règles (Figure 32).

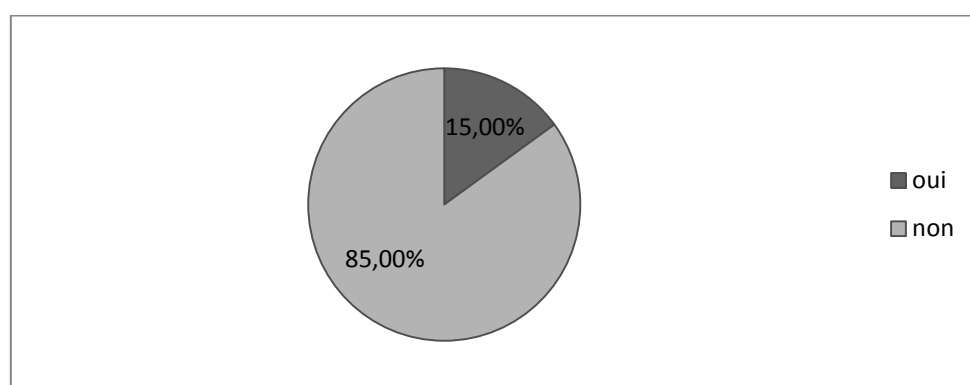


Figure 32: Existence de règles locales de gestion sur l'ormeau

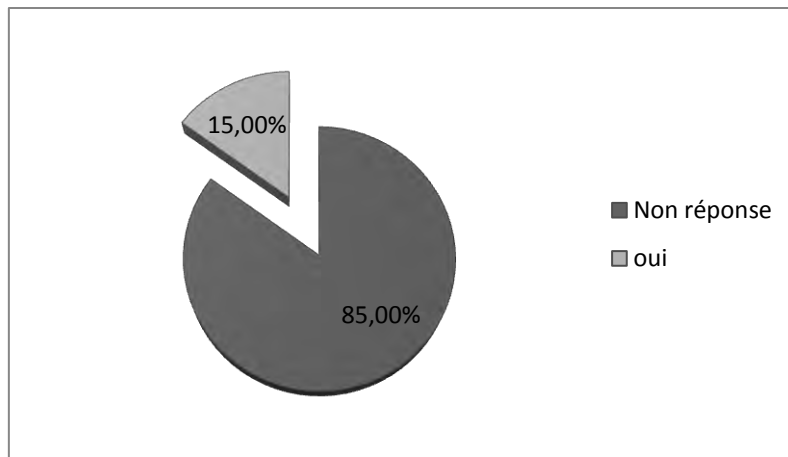


Figure 33: Respect des règles

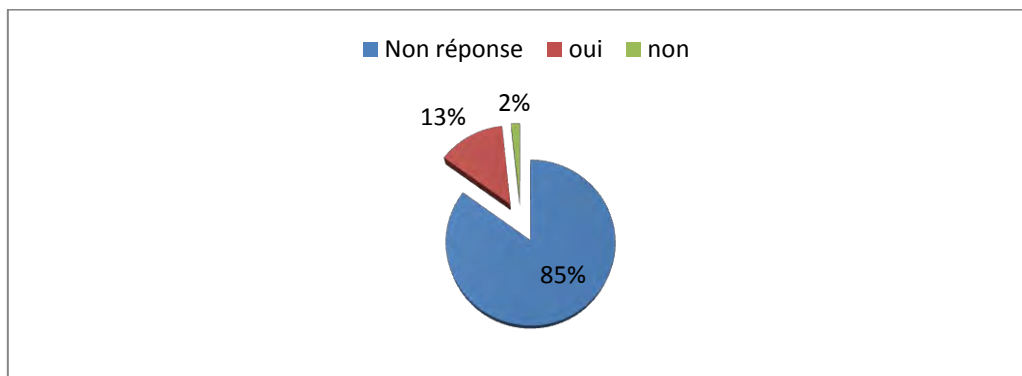


Figure 34: Contribution à l'élaboration des règles

III.1.1.26. Règles spécifiques à la gestion de l'ormeau

Sur tous les sites enquêtés, 76,7 % ont répondu qu'il y'a des règles spécifiques à la gestion de l'ormeau dans leur localité alors que le reste affirment le contraire (Figure 35).

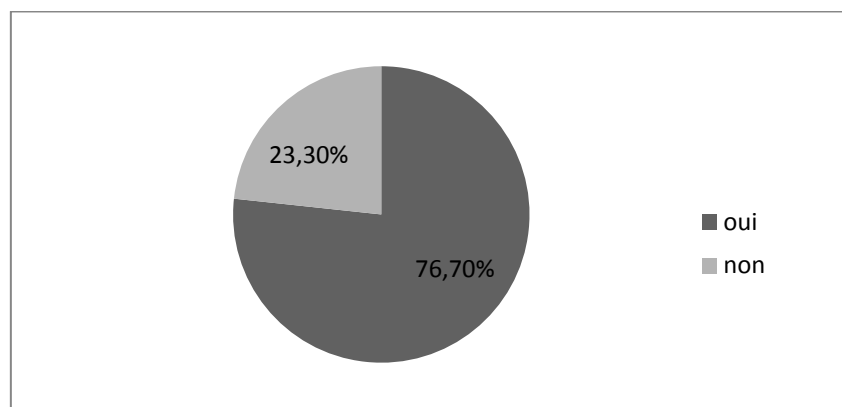


Figure 35: Règles propres de gestion de l'ormeau

III.1.1.27. Règles de gestion

Parmi les règles propres de gestion de l'ormeau dans les différents sites enquêtés, l'existence d'une période de fermeture des captures et l'interdiction de pêcher à cette période est la plus citée. Ce qui a pour objectif de préserver la ressource car cette période coïncide avec la période de reproduction de l'ormeau. La fixation des prix de vente se fait par consensus. A cela s'ajoute l'interdiction de débarquer les petites tailles, de retourner les rochers où se fixent les ormeaux pour préserver l'habitat. Il existe d'autres règles de gestion (Tableau XVII)

Tableau XVII: Règles de gestion

Règles propres de gestion	Pourcentages
Ne pas pêcher l'ormeau pendant la période de fermeture des captures	40%
Prix de vente fixé par consensus	20,10%
Interdiction de capturer les petites tailles	17,70%
Interdiction de retourner les rochers	8,90%
Consensus sur la période d'ouverture des captures	4,40%
Interdiction de la plongée par bouteille	4,40%
Interdiction de la pêche à la dynamite	2,20%
Repos biologique	2,20%

III.1.2. Etude de la croissance

III.1.2.1. Paramètres physicochimiques

III.1.2.1.1. Température

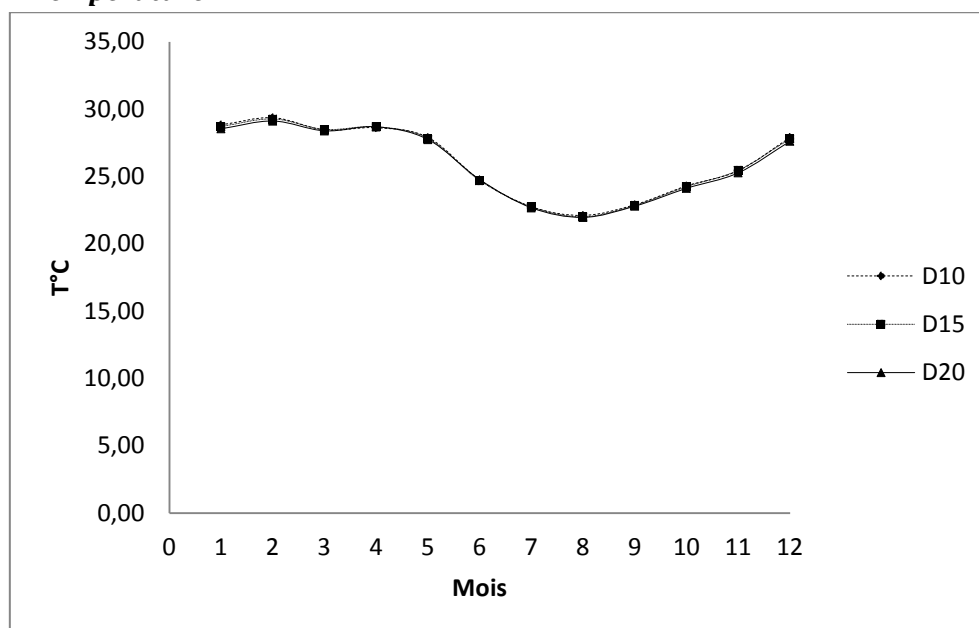


Figure 36: Variation mensuelle de la température des trois densités.

III.1.2.1.2. Oxygène dissous

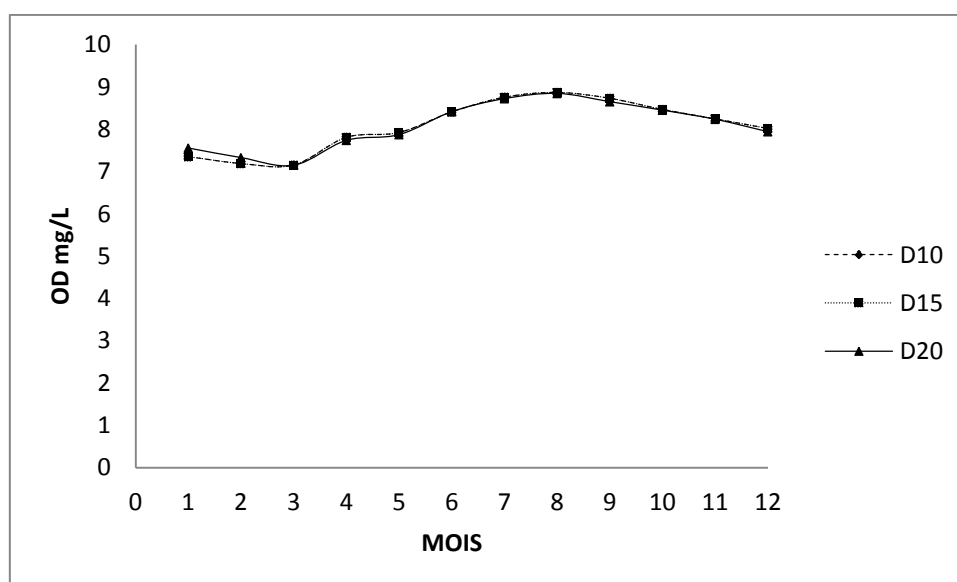


Figure 37: Variation mensuelle de l'oxygène dissous des trois densités.

III.1.2.1.3. pH

Le pH durant toute l'expérience a varié de la même façon pour les trois densités, entre 8 et 9

III.1.2.1.4. Salinité

Après chaque remplissage du réservoir la salinité a été mesurée. Elle était égale à environ 36 ou 35‰ pour chaque mesure.

III.1.2.2. Relation taille Poids

Tableau XVIII: Paramètres de la relation taille poids

Densité	Paramètres				Equations
	a	b	R	N	
D10	0,22	2,87	0,81	313	$PT = 0,2164 \times L^{2,8708}$
D15	0,31	2,58	0,76	432	$PT = 0,3079 \times L^{2,5838}$
D20	0,21	2,89	0,76	587	$PT = 0,2081 \times L^{2,8921}$

Les relations taille-poids de *Haliotis tuberculata* ont été établies et les paramètres de ces relations pour chacune des trois densités ont été également estimés (Tableau XVIII, Figure 38 et 39). La valeur de l'exposant b qui est inférieur à 3 pour les sexes confondus suggère que l'ormeau suit strictement la loi du cube. Chez cette espèce, le coefficient d'allométrie b est significativement inférieur à 3 ($P < 0,05$) mettant en évidence une allométrie minorante. Autrement dit, l'espèce croît plus vite en taille qu'en poids avec une croissance pondérale légèrement supérieure pour les individus du D20.

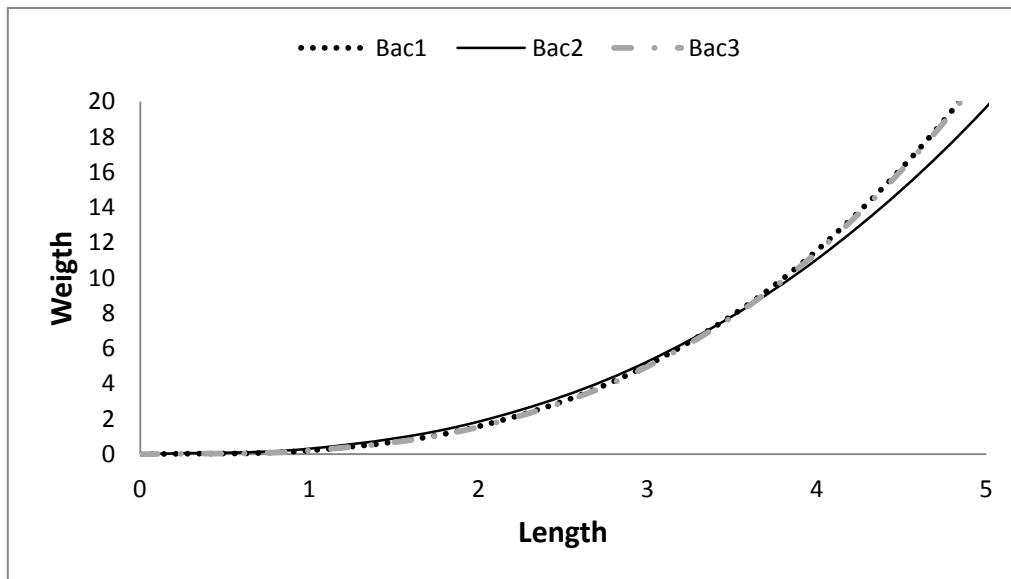


Figure 38: Courbe théorique relation taille- poids des trois densités

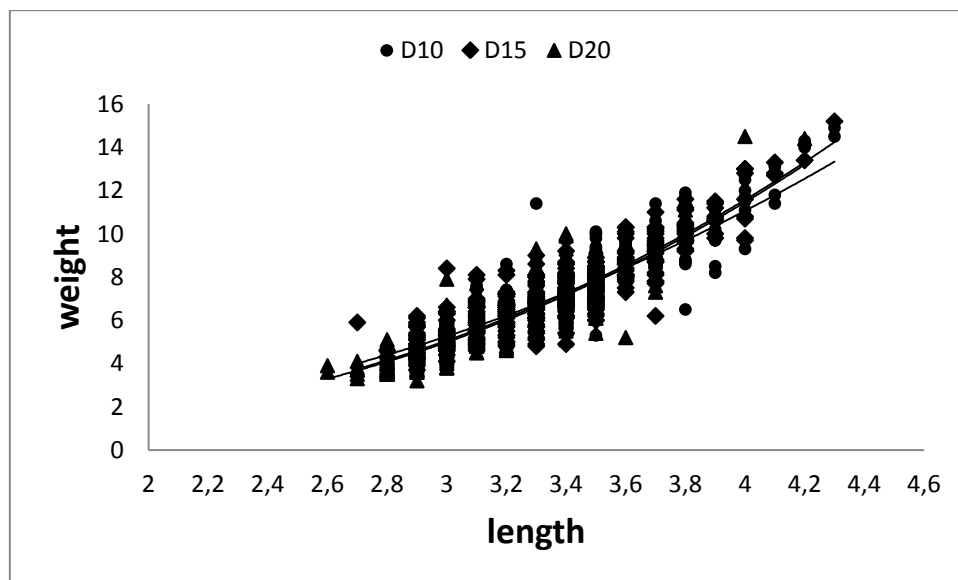


Figure 39: Courbe réelle relation taille- poids des trois densités

III.1.2.3. Taux de croissance spécifique (TCS), gain de poids et de longueur

Tableau XIX: Paramètres de croissance

Paramètres	D 10	D15	D20
LMi (cm)	32,3±	32,1±	30,4±
LMf (cm)	38,4± 3,26	38,1±	35,1±
Pmi (g)	6,37	6,6	5,6
PMf (g)	11,11	10,62	8,76
TCS_p	0,15	0,13	0,12
TCS_L	0,14	0,12	0,11
GPMa	4,74	4,02	3,16
GPMa/mois	0,40	0,34	0,26
GPMr	74,41	60,91	56,43
GLMa	6,1	6	4,7
GLMa/mois	0,51	0,50	0,39
GLMr	18,89	18,69	15,46

Lors de l'expérience, différents paramètres de croissances ont été déterminés pour évaluer la croissance des ormeaux de chaque densité. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau XIX.

Le tableau XIX donne les résultats globaux en fonction de la densité sur la croissance d'*Haliotis tuberculata* au bout d'une année d'expérience.

Les ormeaux de la densité 10 présentent un gain de poids plus important (GPMa et GPMr) que les densités 15 et 20 et significativement différentes de ceux de la densité 20. Ces résultats du gain de poids sont similaires avec ceux obtenus pour le taux de croissance spécifique (TCS) et le gain de longueur (GLMa et GLr)

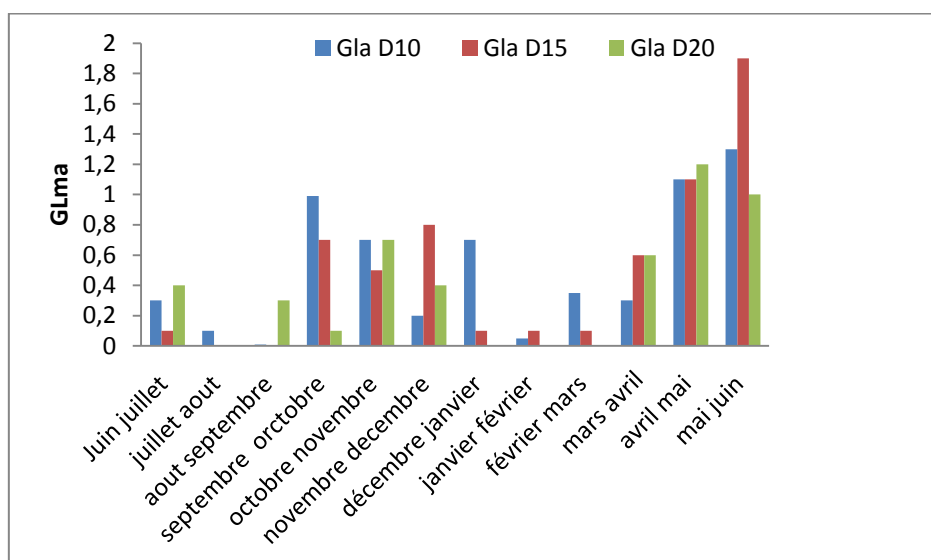


Figure 40: Variation Mensuel du Gain de Longueur Absolu des trois densités

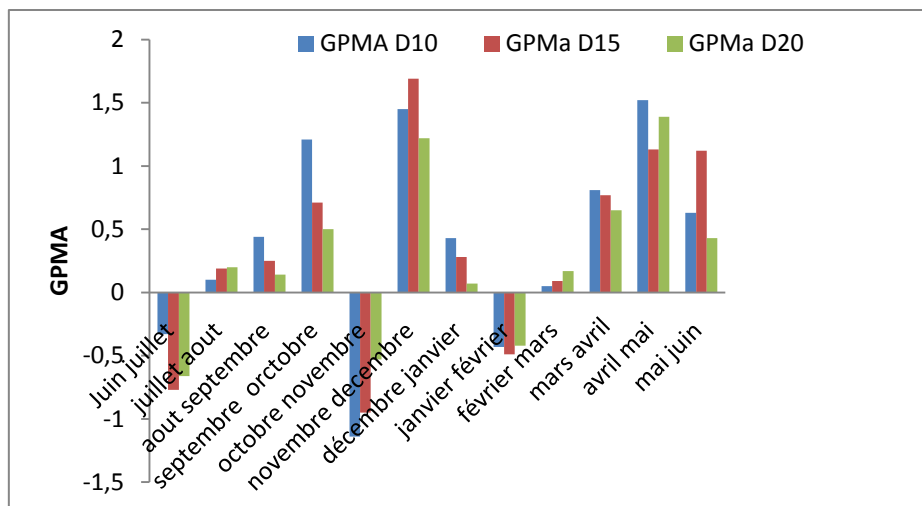


Figure 41: Variation Mensuel du Gain de Poids Absolu des trois densités

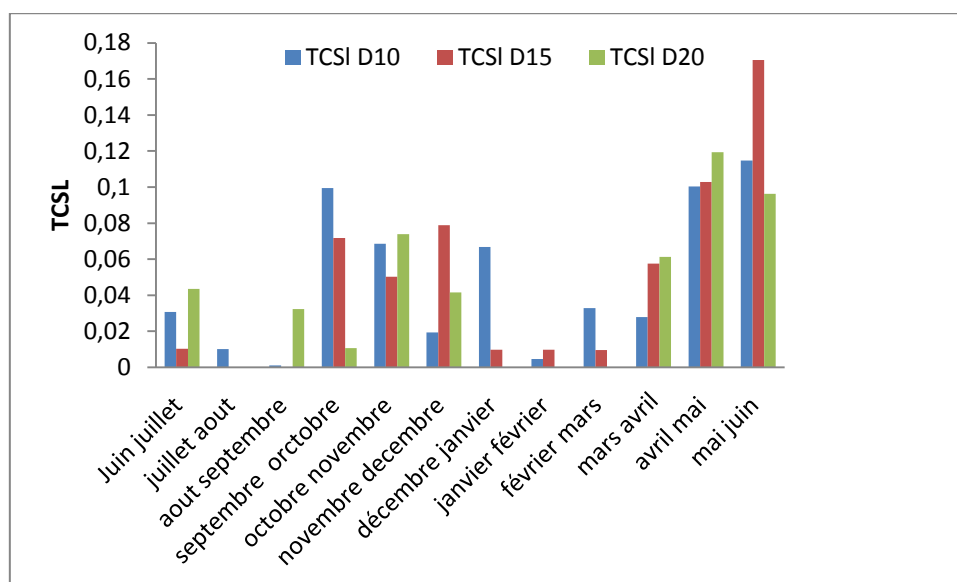


Figure 42: Variation mensuel du TCS des trois densités

III.1.2.4. Le facteur de condition

Durant toute l'expérience le facteur de condition mensuel a varié de 16 à 20 pour chaque densité (Tableau XX). Il ne montre pas de différence par rapport à la densité. Sa moyenne annuelle est de 18,59 pour la D10, 18,89 pour D15 et 18,72 pour D20. Il montre que les conditions du milieu été les mêmes pour chaque densité du point de vu disponibilité de la nourriture.

Tableau XX: Valeur moyenne mensuelle du facteur de condition

Mois	D10	D15	D20
juillet	17,21	19,74	19,02
août	17,35	18,16	17,57
septembre	18,81	18,99	17,38
octobre	20,18	19,33	18,87
Novembre	16,31	16,13	16,14
décembre	19,41	19,59	19,04
janvier	19,24	19,76	19,26
février	18,1	18,35	18,29
mars	17,75	18,41	18,53
avril	19,12	19,28	19,37
mai	20,27	19,92	20,90
juin	19,34	19,03	20,30
Moyenne annuelle	18,59	18,89	18,72

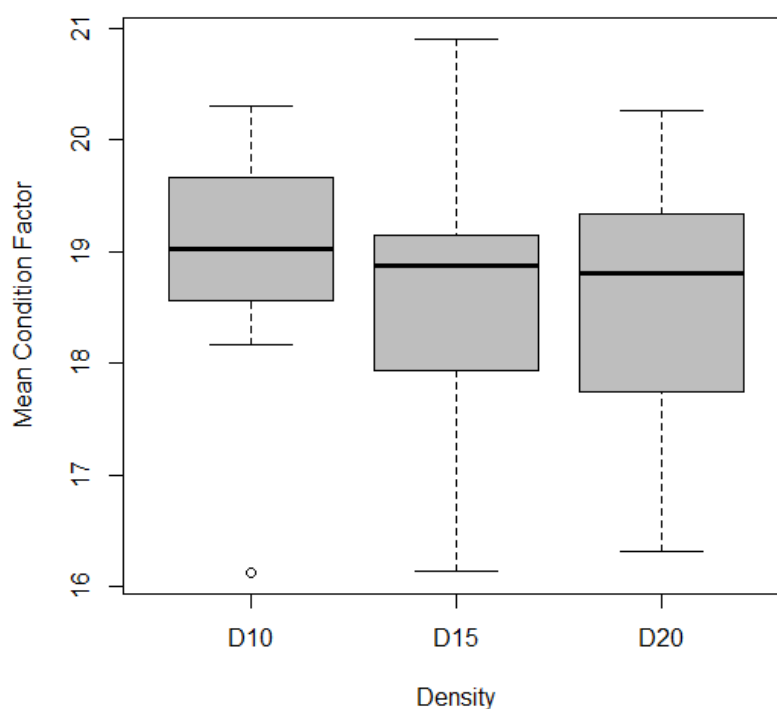


Figure 43: Moyenne annuelle du facteur de condition pour *H. tuberculata*

L'évolution mensuelle du facteur de condition de *Haliotis tuberculata* a été déterminée (Figure 43). Entre juillet et août, il a été noté une légère baisse du facteur de condition. A

partir du mois d'août jusqu'en octobre, il apparait une augmentation relativement importante suivie d'une baisse remarquable en novembre, puis une augmentation à nouveau au mois de décembre. A partir de ce dernier mois, l'évolution du facteur de condition est relativement stable pour le reste de l'année (Figure 44). Globalement il n'existe pas de différence significative ($p < 0.05$) du facteur de condition en fonction de la densité (Tableau XX).

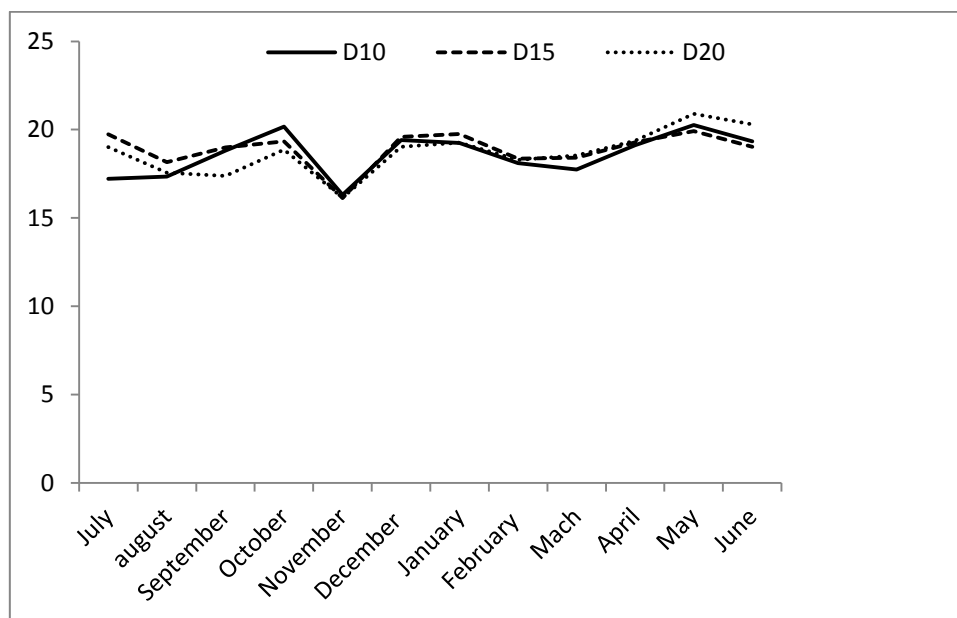


Figure 44: Variation de la moyenne mensuelle du facteur de condition

III.1.2.5. Croissance linéaire en fonction de la densité

Les paramètres de la croissance linéaire de Von Bertalanffy de *Haliotis tuberculata* ont été déterminés en fonction de la densité d'élevage. Les résultats sont consignés dans le tableau XXI. Les courbes de croissance linéaire en fonction de la densité d'élevage sont représentées dans la figure 45. L'analyse des courbes montre que les individus de la densité 20 et la densité 15 ont une vitesse de croissance similaire qui est plus importante que celle de la densité 30 entre 0 et 2 ans. De 2 ans à 15 ans la vitesse de croissance des individus de la densité 20 devient plus rapide que celle de la densité 15. La densité 10 présente la vitesse de croissance la plus faible entre 2 et 15 ans. La courbe des individus de la densité 15 est la première à atteindre son point d'inflexion suivi de celle de la densité 20 et en fin la densité 10. La vitesse de croissance linéaire (K) varie suivant la densité. Les individus de la densité (D 15) ont une vitesse de croissance (K) plus élevée par conséquent ils atteignent la longueur maximale moyenne (Lmax) à une taille plus faible. Par contre les individus de la densité (D 10) qui ont la vitesse de croissance la plus faible ont une longueur maximale (Lmax) plus

élevée. Ainsi, plus la vitesse de croissance est élevée, plus la longueur maximale moyenne est petite et vis-versa.

Tableau XXI: Paramètres de la croissance linéaire

	L_{∞}	K	ϕ'	T_{max}
D 10	44,1	0,62	1,08	41,3
D15	46,1	1,3	1,44	21,5
D20	51,8	0,92	1,39	29,5

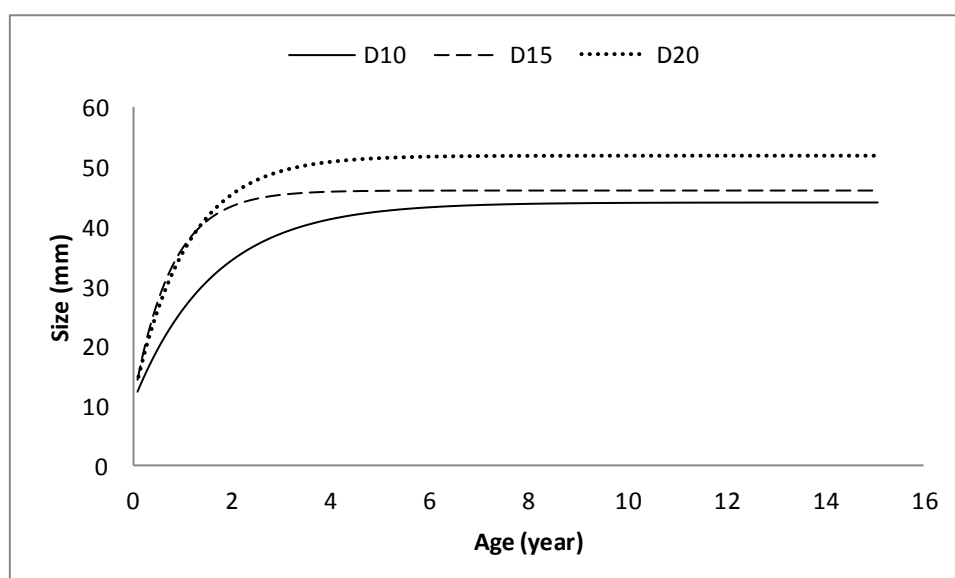


Figure 45: Courbe de croissance de Von Bertalanffy de l'ormeau *Haliotis tuberculata* en fonction de la densité.

III.1.2.5. Croissance saisonnière

Les figures 46, 47 et 48, montrent que la saison a un effet sur la croissance de l'ormeau *Haliotis tuberculata* pour toutes les trois densité. Une augmentation de la croissance a été notée durant la période chaude allant de juin à octobre puis un ralentissement durant la période froide allant de novembre à mai

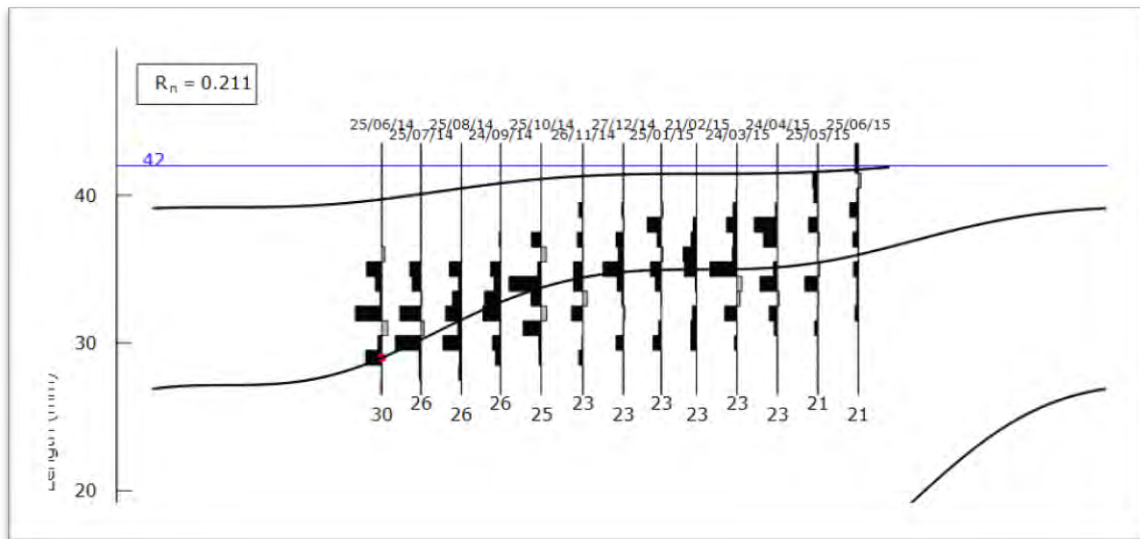


Figure 46: Croissance saisonnière de *Haliotis tuberculata* à la densité 10

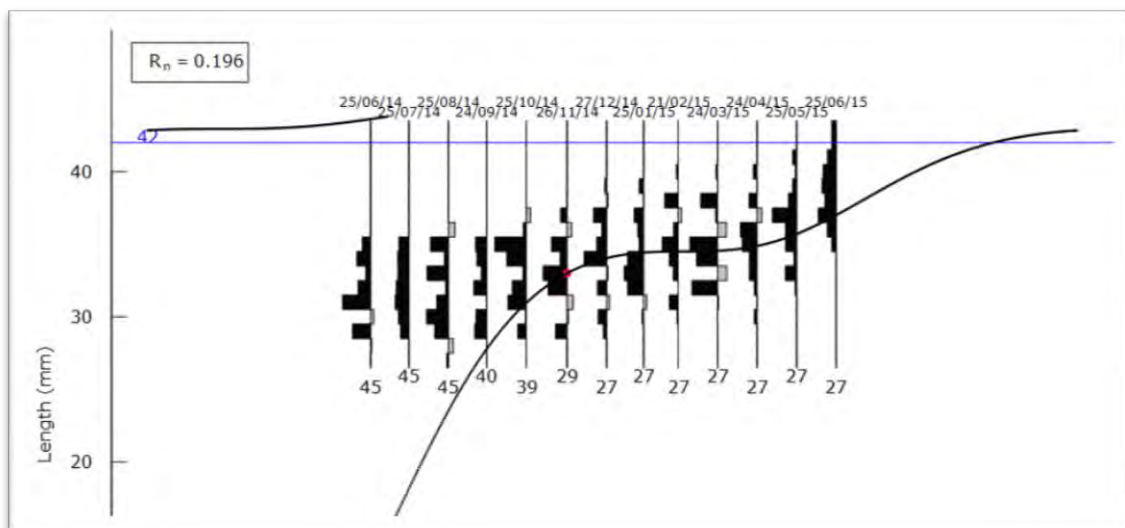


Figure 47: Croissance saisonnière de *Haliotis tuberculata* à la densité 15

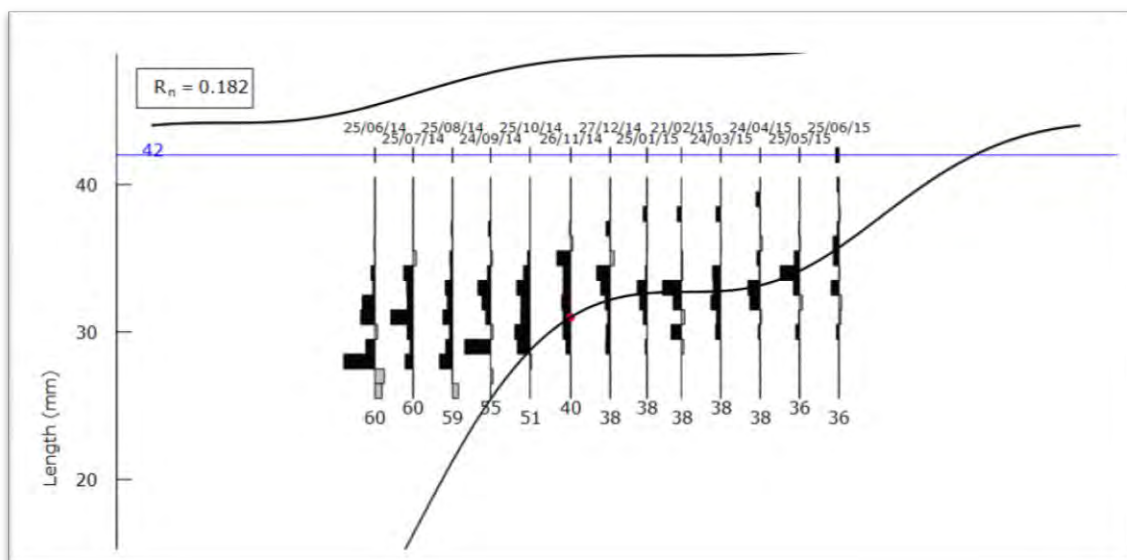


Figure 48: Croissance saisonnière de *Haliotis tuberculata* à la densité 20

III.1.2.7. La croissance instantanée

Tableau XXII: Taux de croissance instantanée en fonction de la densité

	D10	D15	D20
Juin-juillet	0,0040	0,0012	0,0057
Juillet- Aout	0,0013	0,0004	0
Aout- Septembre	0	0	0,0041
Septembre- Octobre	0,0131	0,0106	0,0014
Octobre- Novembre	0,0089	0,0051	0,0093
Novembre- Décembre	0,0025	0,0103	0,0054
Décembre- Janvier	0,0084	0,0012	0
Janvier- Février	0,0006	0,0012	0
Février- Mars	0,0046	0,0013	0
Mars- Avril	0,0035	0,0072	0,0077
Avril- Mai	0,0142	0,0134	0,0155
Mai- Juin	0,0133	0,0215	0,0121

Le tableau XXII montre la variation du taux de croissance instantanée mensuel des trois densités. Il a varié de manière hétérogène durant l'année pour toutes les trois densité. Le plus faible taux de croissance instantanée qui est égale à 0 a été enregistré entre Aout – Septembre pour les densités 10 et 15. Pour la densité 20 il a été obtenu quatre (4) fois entre Juillet – Aout ; Décembre – Janvier ; Janvier – Février et Février – Mars.

Le taux de croissance instantanée le plus élevé (0,0215) a été obtenu avec la densité 15 entre Mai – Juin.

III.1.2.8. Relations morphométriques

Les relations entre la longueur et la largeur de la coquille de *H. tuberculata* sont établies pour chaque densité (Figures 49 ; 50 ; 51). Les paramètres de ces relations sont consignés dans le Tableau XXIII. L'analyse de ces relations indique une forte corrélation entre la longueur et la largeur de la coquille de *H. tuberculata*. Cependant, il est noté la corrélation entre ces deux variables diminue inversement avec la densité.

Tableau XXIII: Paramètres de la relation morphométrique longueur- largeur

Density	Relation longueur – largeur			Equation
	a	b	R ²	
D10	0.66	0.02	0.85	SL=0.66×SW+0.02
D15	0.62	0.16	0.79	SL=0.62×SW+0.16
D20	0.60	0.18	0.77	SL=0.60×SW+0.18

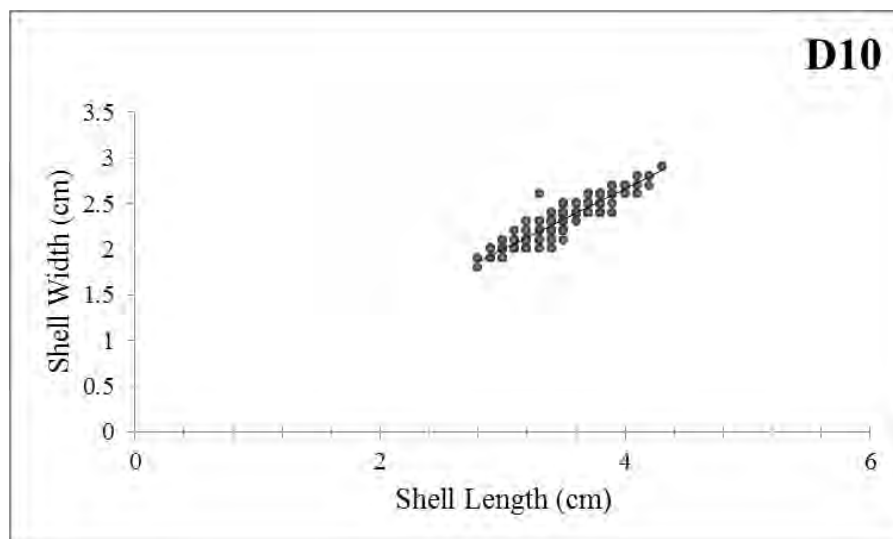


Figure 49: Relation entre la longueur et la largeur de la coquille de la densité 10

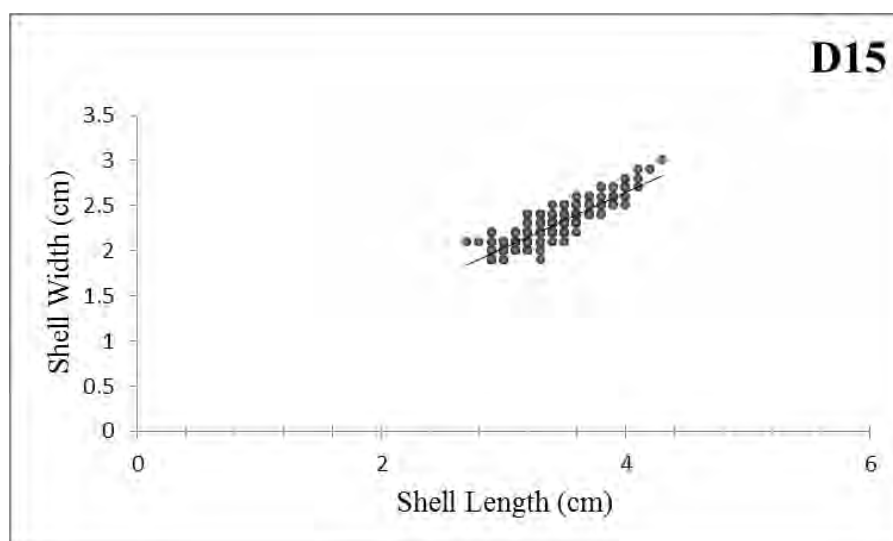


Figure 50: Relation entre la longueur et la largeur de la coquille de la densité 15

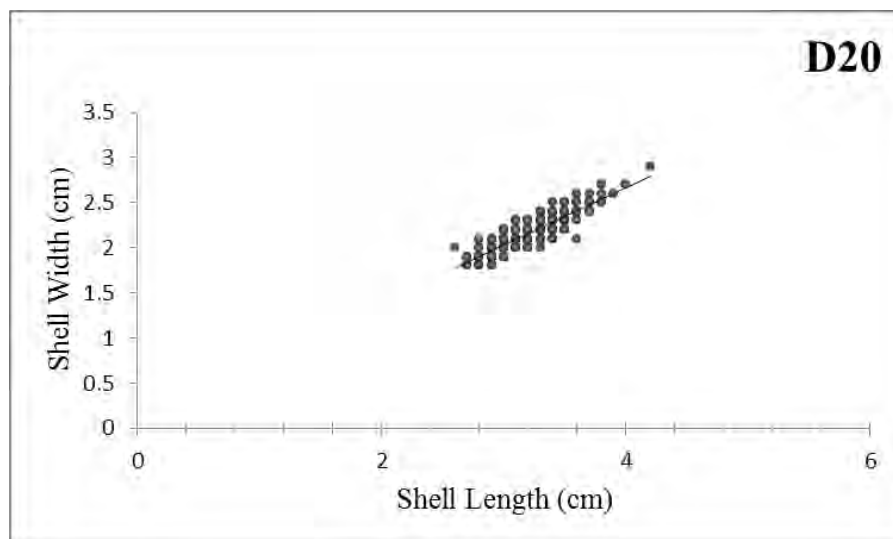


Figure 51: Relation entre la longueur et la largeur de la coquille de la densité 20

III.1.2.9. Taux de survie

Globalement le taux de survie obtenu au cours de l'expérience a été satisfaisant et varie de 60% pour la densité 20 et 15 à 70% pour la densité 10 (Figure 52)

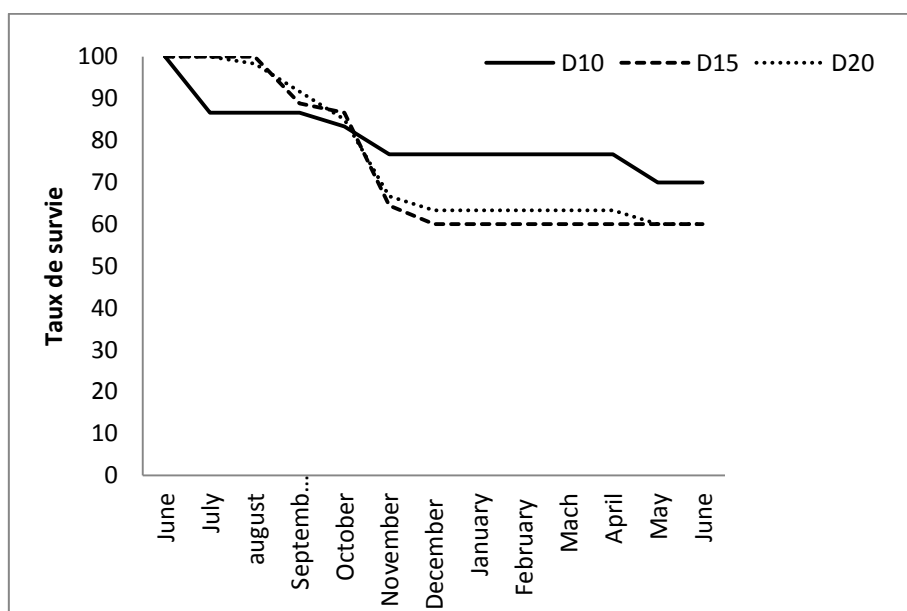


Figure 52: Variation du taux survie durant l'expérience

III.1.3. ESSAIS DE LA REPRODUCTION

L'acclimatation a été un peu difficile au début car parmi les 500 individus du premier échantillon 325 ormeaux étaient morts au bout de 15 jours pour des causes liées notamment à la mauvaise qualité de l'eau imputable à la dénaturation de l'algue *Meristotheca senegalensis*. En effet, l'alimentation des ormeaux a été effectuée sur trois essais avec cette algue locale pendant 72h, 48h et 24h. Ces essais ont permis de constater une altération du *Meristotheca senegalensis* au-delà d'un jour (24 heures). Ce constat a fait l'objet d'un recommencement des expériences avec un échantillon de 278 individus en faisant un suivi régulier des paramètres physicochimiques et de l'état des algues. Au bout de 3 mois, une centaine d'ormeaux se sont adaptés.

III.1.3.1. Paramètres physicochimiques

Les résultats obtenus ont permis de tracer les courbes ci-dessous :

a) III.1.3.1.1. Température des bacs d'élevage

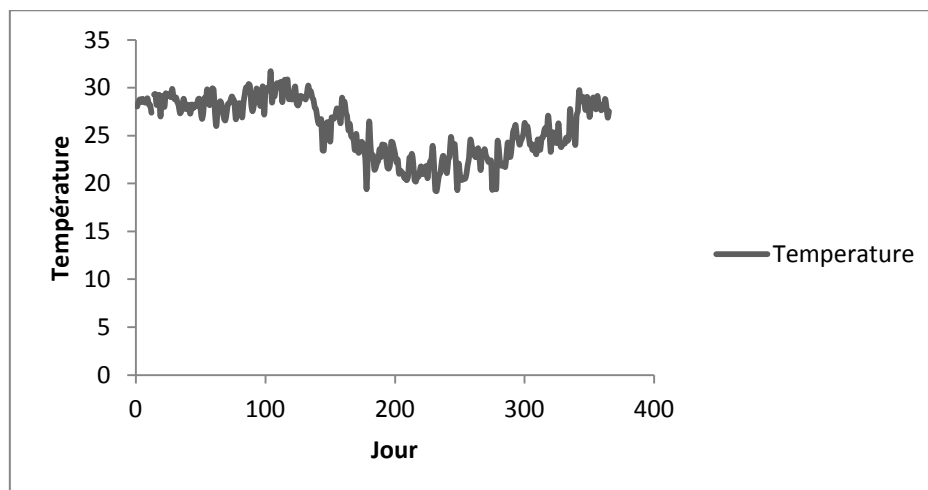


Figure 53: Variation annuelle de la température du bac 1

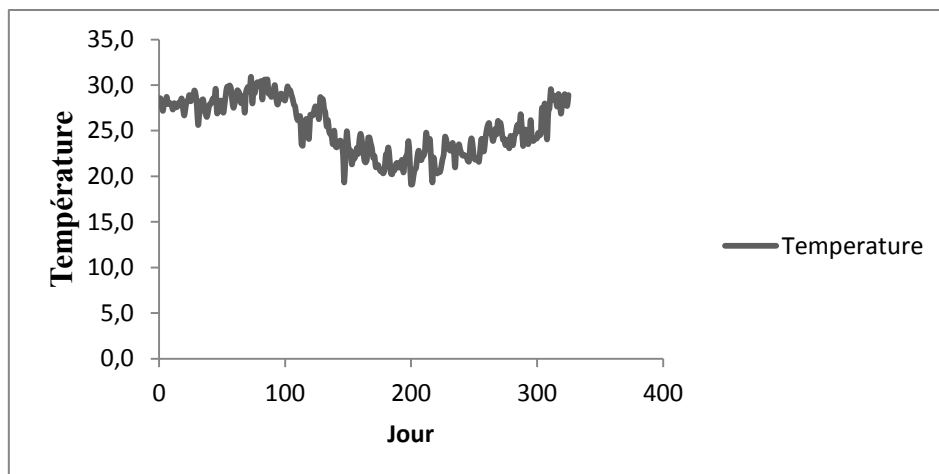


Figure 54: Variation annuelle de la température du bac 2

La température moyenne annuelle des deux bacs 1 et 2 se situe entre 25 et 26° C avec un minimum de 19,2 pour le bac 1 et 19,1 pour le bac 2 ; un maximum de 31,75 pour le bac 1 et 30,9 pour le bac 2 (Figure 53 et 54).

III.1.3.1.2. Oxygène dissous dans les bacs d'élevage

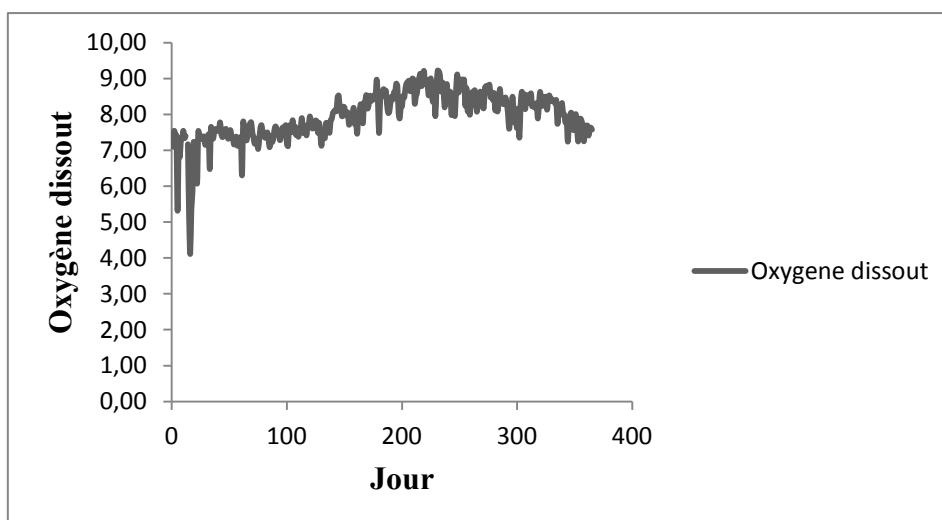


Figure 55: Variation annuelle de l'oxygène dissout dans le bac 1

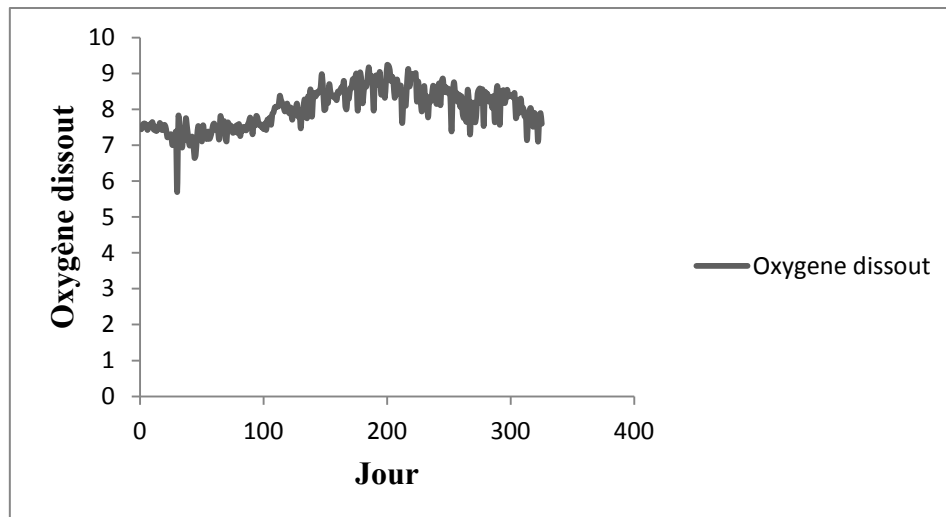


Figure 56: Variation annuelle de l'oxygène dissout dans le bac 2

L'oxygène dissout moyen annuel du bac 1 est de 7,95mg/l avec un maximum de 9,22mg/l et un minimum de 4,11mg/l et celui du bac 2 est de 8,02mg/l avec un maximum de 9,24mg/l et un minimum de 5,69mg/l (Figure 55 et 56).

III.1.3.1.3. pH des bacs d'élevage

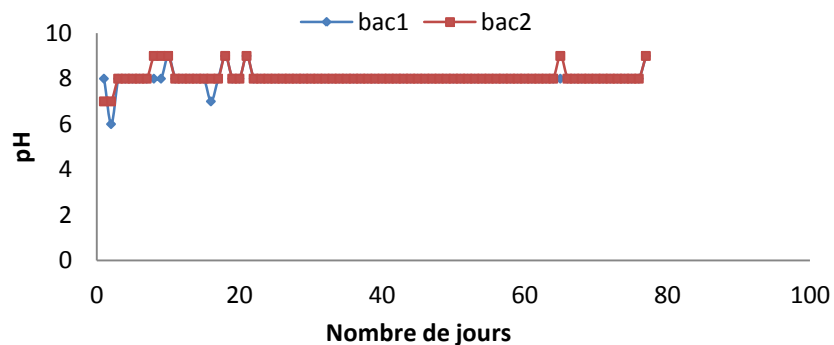


Figure 57: Variation du pH des deux bacs

Le pH dans les deux bacs d'élevage a varié de 6 à 9 avec une moyenne qui est égale à 8 (Figure 57).

III.1.3.1.4. Salinité des bacs d'élevage

Pour la salinité tous les contrôles durant l'expérience ont donné environ 36‰

III.1.3.3. Reproduction artificielle

Pour le premier essai, à une température de 29°C, les males ont libéré leur sperme. Concernant les femelles, il a fallu aller jusqu'à 31°C et redescendre à 30°C pour qu'elles commencent à libérer leurs œufs. Le nombre de gamètes femelles estimé à environ 2 millions d'œufs par femelle.

Les gamètes étant obtenus des deux côtés, un mélange a été fait en respectant le sexe ratio de départ 1 male pour 4 femelles.

Pour le deuxième essai les mâles ont commencé à libérer leur sperme à une température de 27°C alors que les femelles n'avaient pas libéré d'œufs à une température variant de 26 à 32 et de 32 à 26°C.

Pour le troisième essai la température de départ était de 28° C. Les males ont commencé à libérer leur sperme à une température de 29° C. Quant aux femelles elles ont commencé à libérer leurs œufs à une température de 31° C. Le nombre de gamètes femelles estimé à environ 1,5 millions d'œufs par femelle. Les gamètes étant obtenus des deux côtés la même procédure que le premier essai a été suivie pour la suite.

Les œufs fécondés examinés au microscope ont montré une zone dense uniforme entourée par une membrane vitelline fine et Claire.



Mise en aquarium

Males (droite) et femelles (gauche) (A)



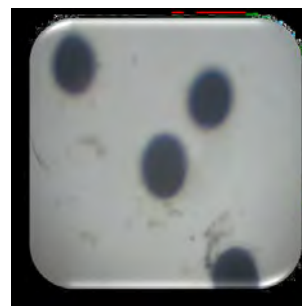
Sperme (droite) et œufs (gauche) (B)



Sperme (C)



Observation des œufs (D)



Œufs fécondés (X 40) (E)

Figure 58 Résultat de la reproduction

III.1.3.5. Elevage des larves

Environ 15 heures après la fécondation des œufs ont commencé à éclore et des larves trochophores ont été observés dans la colonne d'eau. 20 heures après le taux d'éclosion avait atteint son sommet, les larves ont été légèrement siphonnées dans de nouveaux bacs, laissant les œufs non éclos.

Cette mesure a été prise pour réduire l'accumulation de bactéries dans l'eau et de réduire les risques d'infection chez les larves nouvellement éclos.

La larve véligère a été aussi observée dans la colonne d'eau au bout de 48 heures.

Les larves ont été ensuite laissées au repos pour développer de minces coquilles, après quoi ils sont plus tolérants à la manipulation.

Pour tous les essais où la larve véligère a été observé, la population a été perdue au moment de la métamorphose qui doit donner le stade naissain.

III.2. DISCUSSION

III.2.1. Etude socioéconomique

Cette étude a permis de faire un état des lieux de l'exploitation de l'ormeau au Sénégal. Les enquêtes effectuées auprès des pêcheurs plongeurs de Ouakam, Ngor et Soumbédioune donnent une idée plus précise sur les caractéristiques socio-économiques, le type de pêche et les quantités débarquées. Elles ont aussi permis de mesurer la perception des pêcheurs sur les quantités débarquées et les mesures prises pour assurer une meilleure gestion de l'exploitation de l'espèce dans chaque site.

Concernant les caractéristiques socioéconomiques, la présente étude a révélé que l'ormeau occupe une place importante dans la vie socioéconomique des pêcheurs plongeurs de ces trois sites (Ouakam ; Ngor et Soumbédioune). Ces plongeurs tirent des revenus importants de l'exploitation de l'ormeau qui leur permettent d'améliorer leurs conditions de vie. La rentabilité de l'exploitation de cette espèce pourrait être expliquée par le fait que c'est une espèce dont la saveur de sa chair et l'originalité de sa coquille nacrée délicatement perforée font d'elle un met raffiné à haute valeur commerciale et prisé internationalement, particulièrement par les restaurateurs en Asie (Gordon et Cook 2013). Ceux-ci sont confirmés par l'exportation de 96% de la production Sénégalaise vers les pays asiatiques comme la Corée du Sud, le Japon et la Chine rapporté par (Fall, 2006).

La diminution des captures signalée par plus de 80% des plongeurs enquêtés est confirmée par une diminution des débarquements d'année en année depuis les années 2000 jusqu'à aujourd'hui. La production a passé de 95 tonnes en 2008 (DPM, 2009) à 53,8 tonnes en 2016 (DPM, 2017) en passant à environ 30 tonnes en 2005 (DPM, 2006) même si elle a connu une augmentation de 2005 à 2009 due à l'augmentation de l'effort de pêche suite à l'entrée dans cette filière d'usines d'exportation comme ELIMPECHE entraînant ainsi l'augmentation de la demande. On peut dire donc que les pêcheries de l'ormeau au Sénégal sont pleinement ou même surexploitées comme le sont la plus part des pêcheries de l'ormeau dans le reste du monde (Cook, 2014).

A travers cette étude, plusieurs points négatifs par rapport à l'exploitation de l'ormeau ont été décelés. Parmi ces points on peut citer entre autres :

- l'inexistence de règles de gestion de l'ormeau venant de l'autorité compétente,
- le non respect de la période de fermeture des captures définies par les règles locales existantes,

- le non respect de la réglementation des constructions sur les côtes (domaine publique maritime) qui sont à l'origine de la plus part de la pollution marine,
- la capture des petites tailles par certains plongeurs.

Néanmoins, des aspects positifs ont été notés entre autres on peut citer l'existence de règles locale propres de gestion dans tous les sites enquêtés. En outre, l'enquête a montré aussi qu'en moyenne 60% vivaient uniquement de la pêche d'ormeaux et pouvaient avoir des revenus variant de 6400 à 225000 FCFA par sortie ce qui rend encore plus pertinents la mise en place de dispositif pérenne de gestion de l'exploitation des ormeaux.

III.2.2. Etude de la croissance

L'analyse des résultats de la présente étude fait ressortir que lorsque la densité de la population devient trop élevée, la croissance de *H. tuberculata* est ralentie aussi bien en poids qu'en taille. L'analyse du facteur de condition montre également que les meilleures performances biologiques sont obtenues à la plus petite densité (D10) induisant ainsi une meilleure croissance. Ceci est en conformité avec plusieurs études sur les ormeaux (Koike et *al.*, 1979, Peck, 1983; Hadley et Manzi, 1984; Allan et Maguire, 1992; Parsons et Dadswell, 1992; Holliday et *al.*, 1993 Capinpin and Corre, 1996) mais aussi pour d'autres coquillage (Jarayabhand and Newkirk, 1989).

Tableau XXIV: Données provenant d'expériences d'études des effets de la densité sur la croissance de différentes espèces d'ormeaux

Espèces	N (nombre)	Tank design/ Durée	Longueur initiale (mm)	Densité /m ²	Croissance (mm)/Mois	Référence
<i>H. tuberculata</i>	6340	0.25 m2 with 4 –17 hides 4 months	9.46 9.72	83 5000	2.5 2,0	Koike et <i>al.</i> (1979)
<i>H. tuberculata</i>	16,000	1 m2 with 0.7 m2 of hides 2 months	14,7 14,4	1000 3000	3,4 2,3	Cochard (1980)
<i>H. rufescens</i>		half barrels		120 240	2.2 1.47	McCormic k et <i>al.</i> (1992) in Aviles and Shepherd (1996)
<i>H. tuberculata</i>	35	Cage 8 mois	23,7 23,7	386 1235	4,0 1,9	Mgaya and Mercer (1995)
<i>H. diversicolor</i> <i>Supertexta</i>	330	Basket 6 mois	32.4 32.4	177 460	3.6 2.5	Liu and Chen (1999)
<i>H. discus</i>		Cage 5 mois	19 19	113 450	4.2 3.6	Capinpin et al.

						(1999)
<i>H. rubra</i>	4500	Raceway 5.5 mois	33.91 34.23	85 170	1.3 0.9	Huchette et <i>al.</i> (2003)
Présente étude	135	Bacs 12 mois	32,3 32,1 30,4	200 300 400	0,51 0,50 0, 39	

Les faibles gains de longueur par mois de cette étude par rapport aux autres auteurs pourraient être expliqués par sa longue durée qui a englobé la saison chaude et la saison froide et que la croissance était presque nulle durant plusieurs mois de la saison froide mais aussi la différence de milieu d'étude (tempéré et tropical), le dispositif et la nourriture qui ont été utilisés. L'étude a montré que la température était un facteur limitant pour la croissance car les mois qui ont enregistré les plus faibles températures, ont enregistré les plus faibles croissances mensuelles pour toutes les densités.

La relation inverse entre la croissance et la densité de population montre qu'il existe une densité dépendante chez les mollusques pour l'espace et ou la nourriture (Stimson, 1970; Branch, 1975; Hughes, 1986; Jarayabhand and Newkirk, 1989; Parsons and Dadswell, 1992; Foster and Stiven, 1996). Une forte densité dans les bacs rendrait difficile le déplacement des ormeaux qui sont au fond. Ainsi cela pourrait affecter leur croissance et leur survie. Dans cette présente étude les ormeaux ont été nourris à satiété. Cela montre que la nourriture ne pourrait pas être un facteur limitant pour une bonne croissance des ormeaux car elle était donnée en quantité suffisante. Ainsi nos résultats indiquent que la compétition pour l'espace pourrait être le paramètre qui a pu affecter la croissance des ormeaux dans les densités les plus élevées comme stipulé par (Stoner, 1989; Mgaya and Mercer, 1995 ; (Huchette et al., 2003). Les fortes densités sont bien identifiées comme étant un facteur stressant pour les ormeaux (Mgaya et Mercer, 1995; Capinpin *et al.*, 1999; Huchette *et al.*, 2003). La croissance d'une population est alors admise comme étant une fonction décroissante de la densité (Tanner, 1966). une forte densité de population limiterait la croissance de *H. tuberculata*. Par ailleurs, les effets de la densité englobent également des facteurs inhibiteurs de croissance comme l'ammoniaque, les métabolites provenant des aliments ou des fèces (Thomas *et al.*

1975). Pour les densités élevées, une des causes principales du ralentissement de la croissance serait probablement une diminution des réserves nutritives face à une plus grande compétition intraspécifique (Thomas et Benjamin, 1974). En effet, lorsque la densité augmente, la quantité de mucus secrétée dans les bacs augmente également. Lorsque le mucus est abondant, cela peut rendre difficile toute forme de déplacement de *H. tuberculata* pour la recherche de la nourriture. Aussi, les fortes densités peuvent affecter négativement le taux d'oxygène disponible dans le milieu comme l'ont remarqué Cameron et Carter (1979) chez *Helix aspersa*. L'effet cumulé de ces deux facteurs (mucus et oxygène) peuvent créer des stress et des perturbations physiologiques (Noumonvi *et al.*, 2012). Chez les gastéropodes, les facteurs biotiques tels que la densité conditionnent très largement la croissance, tant au niveau de sa vitesse que de celui de la taille limite (Chevallier, 1974; Oosterhoff, 1977; Charrier, 1980).

Un autre facteur important qui pourrait affecter la croissance des ormeaux au niveau des densités les plus élevées est la quantité d'algue fraîche qu'ils ont reçus comme nourriture qui peut constituer un concurrent pour l'oxygène mais aussi diminuer les mouvements de l'eau dans le bac. La croissance de l'ormeau est inhibée par la présence de déchets métabolique accrus, des maladies mais aussi un taux d'oxygène faible (Jarayabhand and Paphavasist, 1996; Takami *et al.*, 1997). Le taux de renouvellement de l'eau doit augmenter avec l'augmentation de la densité (Steinarsson and Albert, 2003).

Une différence significative de la longueur et du poids des ormeaux de la densité 10 et 15 par rapport à la densité 20 après 12 mois d'élevage a été notée.

La présente étude a montré que pour une bonne croissance des ormeaux élevés dans des bacs cylindriques qui sont en plastique et ayant une surface de base de $0,15\text{m}^2$ et une capacité de 80L, la densité doit d'être comprise entre 10 et 15 individus.

L'expérience a montré une croissance plus rapide en saison chaude qu'en saison froide. Le ralentissement de la croissance noté durant la saison froide pourrait être dû à des facteurs tels que la baisse de la température pendant cette période mais aussi le changement de nourriture avec l'utilisation de l'algue *Dictiopeterus sp* durant cette période. Les fortes températures sont enregistrées entre les mois de Juillet et octobre. La température a certainement une influence sur la maturation des organes génitaux et l'émission des premiers produits (spermes et ovocytes) coïncident avec l'élévation de la température Et durant cette période la croissance pondérale augmente. Ainsi la croissance de l'espèce pourrait être dépendante de la saisonnalité et de la température comme rapporté par McBride *et al.* (2001). McBride et ses collaborateurs ont notamment mis en évidence que l'optimum métabolique des ormeaux se

situé autour de 18°C. Par ailleurs, une réduction significative de leur croissance est observée pendant la période hivernale et peut être mise en parallèle avec la faible disponibilité alimentaire et la cessation du processus alimentaire en dessous de la température de 9°C (Peck, 1989). Cependant cette présente étude réalisée en milieu tropical où l'espèce est aussi présente a montré des croissances plus importantes avec des températures se situant autour de 25 et 27°C.

III.2.3. Essais de la reproduction

La température semble être le facteur le plus important affectant la reproduction des mollusques, en général (Newman 1967). En plus d'agir comme un stimulus pour la ponte, les changements de température peuvent aussi jouer un rôle important dans la maturation des gamètes (Uki et Kikuchi, 1984; Hahn, 1994). Ainsi, dans les pays tropicaux, la température de l'eau connaît des variations saisonnières qui permettent une période de ponte étendue pour l'ormeau. La température et l'oxygène dissous contrôlent le métabolisme de l'ormeau. Bien qu'il constitue 21% du gaz atmosphérique, il n'est pas particulièrement soluble dans l'eau et peuvent donc être limitant pour les espèces élevées. La température moyenne de l'eau pendant l'expérience se situe entre 25 et 26° C. Ces valeurs ne sont dans la gamme de température optimale pour la croissance et la survie de l'espèce (7,5 à 18°C) rapportés par (Paul Leighton, 2008). Cette différence pourrait être due à des milieux d'études différents: milieu tempéré milieu tropical. La teneur moyenne de l'oxygène dissous dans la présente expérience variait entre 7 ± 1 mg / l, qui est adapté à l'élevage de l'ormeau décrit toujours par (Paul Leighton, 2008).

Une saisonnalité de la reproduction a été observée pour un certain nombre d'espèces d'ormeaux tempérés : (Newman, 1967; Poore, 1973; Shepherd et Lois, 1974; Giorgi et de Martini, 1977; Pearse, 1978; Takashima et al., 1978; Hayashi, 1980; Tutschulte et Connell, 1981; Ault, 1985; Wells et Keesing, 1989; Wilson et Schiel 1995). Les espèces tempérées ont généralement une ou deux pontes par an, alors que les espèces tropicales semblent pouvoir pondre toute l'année (Bussarawit et al. 1990 ; Singhagraiwan et Doi, 1992; Jarayabhand et Paphavasit 1996). Dans la présente étude réalisée en milieu tropical, *H. tuberculata* semble capable de pondre pendant presque toute l'année, avec des pics allant de juillet à décembre où les gonades des géniteurs étaient plus volumineuses.

Le nombre total d'œufs pondus dans les deux essais variaient de 1,5 à 2 millions d'œufs par femelle. Comparé aux études faites sur d'autres espèces du genre *Haliotis* rapporté par d'autres auteurs comme : (Al-Rashdi (2001) qui a suggéré que chaque femelle de *H. Mariae*

(> 110 mm SL) peut pondre environ 5 millions d'œufs. 5,2 millions d'œufs pour *H. gigantea* (Yoo, 1989), 0,3 million pour *H. discushannai* (Yoo, 1989), 0,2 millions pour *H. diversicolor supertexta* (Chen, 1989) et 0,08 million pour *H. varia* (Najmudeen et Victor, 2004), *tuberculata* fait partis des espèces du genre *Haliotis* qui pondent le plus œufs. Les œufs fécondés sont de formes sphériques. L'éclosion des œufs d'*Haliotis tuberculata* a eu lieu 15h environ après fécondation à 25° C. Ce qui est un peu tard comparé aux résultats sur *H. Mariae* rapporté par Ogawa, (1997) ou il a observé des éclosions 6h 30 minute après fécondation à 24,7° C.

Vu les résultats des essais, la reproduction de *Haliotis tuberculata* est belle et bien possible en milieu tropical au Sénégal. Néanmoins des défis reste à être relever.

Ainsi un meilleur traitement de l'eau pourrait augmenter le taux de survie des larves car la survie des larves constitue l'obstacle majeur à franchir pour le rayonnement de l'aquaculture commerciale de l'ormeau en milieu tropical.

Conclusion et Recommandations

Conclusion

L'objectif principal de ce travail était d'initier l'élevage de l'ormeau au Sénégal, celle-ci pouvant permettre la diversification des activités conchylicoles. Une attention particulière a été portée sur l'effet de la densité sur la croissance mais aussi un essai de sa reproduction en passant d'abord par l'exploitation socioéconomique de l'espèce.

L'ormeau est un gastéropode marin présent dans la côte rocheuse du Sénégal. Elle constitue une espèce qui n'a jamais fait l'objet d'élevage dans notre pays malgré sa présence. Au même moment on observe la réussite économique de son élevage en Europe où elle est aussi présente. Suite à l'étude menée lors de cette thèse, se profilent des voies pour l'élevage et la gestion du stock naturel de cette espèce.

La première partie de ce travail a montré que l'ormeau *Haliotis tuberculata* occupe une place importante dans l'économie des populations des sites visités (Ngor, Ouakam et Soumbédioune). Néanmoins beaucoup de problèmes ont été notés pour une exploitation durable de l'espèce. Parmi les problèmes on peut citer l'absence de règles de gestion commune pour tous les sites, l'insuffisance de données sur les paramètres bioécologiques de l'espèce, les mauvaises pratiques de pêche, etc.

D'autre part, la recherche d'alternatives à la raréfaction de l'ormeau étant une préoccupation majeure, du fait de la surexploitation des principaux stocks et la volonté de satisfaire la demande, l'élevage des ormeaux fait de plus en plus l'objet de recherche. Dans ce contexte, la deuxième partie de ce travail a porté sur l'essai d'élevage de l'espèce présente au Sénégal en mettant l'accent sur la densité d'élevage. Nos résultats sur l'effet de la densité sur la croissance et la survie sont prometteurs. Plus la densité est élevée plus la vitesse de croissance diminue. La température est un facteur limitant pour la croissance car les mois qui ont enregistré les plus faibles températures, ont enregistré les plus faibles croissances mensuelles pour toutes les densités. *Ulva lactuca* constitue la meilleure nourriture pour *Haliotis tuberculata*.

C'est ainsi que la troisième partie expérimentale du présent travail a porté sur l'essai de la reproduction artificielle qui a montré la faisabilité de la reproduction artificielle de l'ormeau en bac néanmoins pour réussir l'élevage larvaire il est impératif de traiter l'eau d'élevage.

Il semble donc, à partir de tous ces résultats que l'élevage en bac et la reproduction artificielle de l'ormeau *Haliotis tuberculata* peut belle et bien se faire au Sénégal milieu tropical mais le traitement de l'eau et le contrôle de la température sont nécessaires pour une réussite de l'élevage larvaire de cette espèce.

Recommandations

Pour une meilleure contribution de l'exploitation de l'ormeau au développement socio économique du pays et une réussite de l'élevage et la reproduction artificielle de cette espèce, il est nécessaire d'apporter les solutions suivantes pour lever certaines contraintes relevées lors de l'étude :

- ✓ Mettre en place de façon participative avec les acteurs des règles générales et locales de gestion des ormeaux ;
- ✓ Aider les pêcheurs à améliorer et à appliquer leurs propres règles de gestion ;
- ✓ Encourager les pêcheurs à diversifier leurs sources de revenus (autres activités que la pêche) ;
- ✓ Encourager la valorisation des ormeaux au niveau national ;
- ✓ Faire respecter la réglementation des constructions sur la côte pour la préservation de l'habitat et de la ressource ;
- ✓ Conscientiser les pêcheurs plongeurs sur les mauvaises pratiques de pêche ;
- ✓ Faire des études bioécologique de l'espèce pour une meilleure connaissance de la période de reproduction qui est importante pour se prononcer sur la période d'ouverture et de fermeture des captures ;
- ✓ Sensibiliser les pêcheurs plongeurs sur l'impact négatif des mauvaises pratiques de pêche sur la pérennité de la ressource ;
- ✓ Traiter l'eau utiliser pour l'élevage larvaire pour un meilleur taux de survie ;
- ✓ Contrôler la température pour une meilleure croissance durant toute l'année.

Dans le cadre des perspectives de cette études, d'autres pistes de recherches peuvent être explorées en vu d'améliorer la croissance et la survie des larves. Ainsi donc, il serait intéressant d'effectuer des études sur : l'effet de différents types algues et régimes composés sur la croissance et la survie des juvéniles de l'ormeau en milieu contrôlé ; faire des études comparatives entre l'élevage à terre et l'élevage en mer ;

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

Allan, G.L. and Maguire, G.B., (1992). Effects of stocking density on production of *Penaeus monodon* Fabricius in model farming ponds. *Aquaculture*, 107: 49-66.

Al-Rashdi, K.M. (2001). Preliminary Results of Abalone, *Haliotis* spp., Seed Production Research Trails in Sultanate of Oman. Project Final Report. Ministry of Fisheries Wealth, Aquaculture Center, Oman. 20p

An HS, Jee YJ, MIN KS, KIM BL and HAN SJ (2005) Phylogenetic analysis of six species of pacific abalone (*Haliotidae*) based on DNA sequences of 16s rRNA and cytochrome c oxidase subunit I mitochondrial genes. *Mar Biotechnol* (NY) 7: 373-80

Aviles, J.G.G., Shepherd, S.A., (1996). Growth and survival of the blue abalone *Haliotis fulgens* in barrel at Cedros Island, Baja, California, with a review of abalone barrel culture. *Aquaculture* 140, 169–176.

Babcock, R. and J. Keesing (1999). "Fertilization biology of the abalone *Haliotis laevis*: laboratory and field studies." *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **56**: 1668-1678.

Baker, M. C. and P. A. Tayler (2001). "Fertilization success in the commercial gastropod *Haliotis tuberculata*." *Marine Ecology Progress Series* **211**: 205–213.

Balseiro, P., R. Aranguren, C. Gestal, B. Novoa and A. Figueras (2006). "Candidatus *Xenohaliotis californiensis* and *Haplosporidium montforti* associated with mortalities of abalone *Haliotis tuberculata* cultured in Europe." *Aquaculture* **258**(1-4): 63-72.

Basuyaux, O. (1997). "Etude et modélisation des paramètres physico-chimiques sur la croissance de l'ormeau *Haliotis tuberculata* en circuit semi-fermé." Thèse de doctorat de l'Université de Caen. 237 p

- Basuyaux, O., Mathieu, M., (1999). Inorganic nitrogen and its effect on growth of the abalone *Haliotis tuberculata* Linnaeus and the sea urchin *Paracentritus lividus* Lamarck. *Aquaculture* 174, 95–107.
- Belhsen, O. K. (2000). "Etude cytologique de la gamétogenèse, du système nerveux central et du cycle de reproduction de l'ormeau européen *Haliotis tuberculata*." Thèse de doctorat de l'Université de Caen. 246 p
- Bevelander, G. (1988). Abalone: gross and fine structure. Pacific Grove, USA, the Boxwood Press.
- BILLY S, PERONNET I, 2003. Estimation du stock naturel d'ormeaux du Golfe du Morbihan, *Ifremer*. 43 p
- Branch, G.M., (1975). Mechanisms reducing intraspecific competition in *Patella* spp: migration, differentiation and territorial behaviour. *J. Anim. Ecol.* 44, 575–600.
- Britz, P., Hecht, T., Knauer, J. et Dixon, M., (1994). The development of an artificial feed for abalone farming. *South African Journal of Science*. 90, 7-8
- Bussarawit, S., Kawinlertwathana, P., Nateewathana, A., (1990). Preliminary study on reproductive biology of the abalone *Haliotis* sp. at Phuket, Andaman Sea Coast of Thailand. *Kasetsart J. Nat. Sci.* 24, 529–539.
- Cameron R. A.D., Carter M. A., (1979). Intra and interspecific effects of population density on growth and activity in helioid land snails (Gastropoda: Pulmonata). *J. anim. Ecol.*, 48, 237-246.
- Capinpin, E.C., Toledo, J.D., Encena, V.C., Doi, M., (1999). Density dependent growth of the tropical abalone *Haliotis asinina* in cage culture. *Aquaculture* 171, 227– 235.
- Capinpin, J.C.E. and K.G. Corre. (1996). Growth rate of the Philippine abalone, *Haliotis asinina* fed on artificial diet and macroalgae. *Aquaculture* 144: 81-89.

Charrier M. (1981). Contribution à l'étude des effets du groupement sur la croissance de l'escargot «Peti-gris» *Helix aspersa* Müller (Gastéropode Pulmoné Stylommatophore). Arch. Zool. Exp. Gén., 122, 29-38.

Chevallier, H., (1974). Les grands Arions de France: taxonomie, biogéographie, écologie, polymorphisme, croissance et cycle biologique. Thèse de Doctorat d'Université, Paris 265 p.

Chen, H.C., (1989). Farming the small abalone, *Haliotis diversicolor supertexta* in Taiwan. In: Hand Book of Culture of Abalone and Other Marine Gastropods, K.O. Hahn (Editor), 265–283. CRC Press, Boca Raton, Florida.USA.

Clark, N. L., G. D. Findlay, X. Yi, M. J. MacCoss and W. J. Swanson (2007). "Duplication and Selection on Abalone Sperm Lysin in an Allopatric Population." *Molecular Biology & Evolution* **24**(9): 2081–2090.

CLAVIER J, RICHARD O, (1984). Estimation du stock naturel d'ormeaux (*Haliotis tuberculata*) dans la région de Saint-Malo, *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **48**, 95-105.

CLAVIER J, RICHARD O., (1985). Etude sur les ormeaux dans la région de Saint-Malot, Association pour la mise en valeur du littoral de la cote d'émeraude, MNHN ref. 120 748.

COCHARD J.C & J.P FLASSCH, 1981. Etat des connaissances sur l'ormeau (*Haliotis tuberculata*). CNEXO (Centre National pour l'Exploitation des Océans, France) actes de colloques, 12, p. 55-59.

Cochard, J.C., (1980). Recherches sur les facteurs déterminant la sexualité et la reproduction chez *Haliotis tuberculata* PhD thesis. Université de Bretagne Occidentale, Brest. 167 pp.

Cook, P. A. et Roy Gordon, H., (2010). World abalone supply, markets, and pricing. *Journal of Shellfish Research* **29**, 569-571.

Creese, R.G., Underwood, A.J., (1982). Analysis of inter- and intra-specific competition amongst limpets with different methods of feeding. *Oecologia (Berl.)* **53**, 337– 346.

Crofts, D. R. (1929). *Haliotis*. Liverpool Marine Biology Committee Memoirs on Typical Marine Plants and Animals, vol. 29 (ed. J. Johnstone and R. F. Daniel). Liverpool: University Press of Liverpool.

Daume, S. (2006). "The roles of bacteria and micro and macro algae in abalone aquaculture: a review." *Journal of Shellfish Research* **25**(1): 151-157.

Day, R.W., Fleming, A.E., (1992). The determinants and measurement of abalone growth. In: Shepherd, S.A., Tegner, M.J., Guzman del Proo, S.A. (Eds.), *Abalone of the World: Biology, Fisheries, and Culture*. Fishing News Books, Blackwell, Oxford, pp. 141–168.

Erasmus, J. H., P. A. Cook and V. E. Coyne (1997). "The role of bacteria in the digestion of seaweed by the abalone *Haliotis midae*." *Aquaculture* **155**(1-4): 377-386.

Evans, B., R. W. G. White and N. G. Elliott (2000). "The use of microsatellite markers for parentage analysis in Australian blacklip and hybrid abalone." *Journal of Shellfish Research* **19**(1): 511.

Fall, Néné Gallé ., (2006). Etude de filière ormeau dans la région du Cap- Vert au Sénégal : Aspect socio-économique. Mémoire de Master IUPA/UCAD. 79pp

FISHER E, FRANC A, MARTOJA M, TERMIER G et H., (1968). Mollusques Gastéropodes et Scaphopodes. In : GRASSE P, editors. *Traité de Zoologie, Anatomie, Systématique, Biologie*, Paris : Masson & Cie, Tome V fascicule III. 1083 p

Fishtech, (2012). <http://www.fishtech.com/>. Consulté le 24 octobre 2016

Flassch, J.P., Aveline, C., (1984). Production de jeunes ormeaux a la station experimentale d'Argenton. *Rapp. Sci. Tech. CNEXO* 50 (67 pp.).

Fleming, A. E., Van Barneveld, R. J. et Hone, P. W., (1996). The development of artificial diets for abalone: a review and future directions. *Aquaculture* 140, 5-53.

Fleming, A., Hone, P., Higham, J., (1997). The effect of water velocity on consumption and growth of greenlip abalone in tanks. In: Hone, P.W., Fleming, A. (Eds.), Proceedings of the 4th Annual Abalone Aquaculture Workshop, Port Fairy, Victoria. FRDC, Canberra, Australia, pp. 16– 23.

Fleming, A.E., Van Barneveld, R.J., Hone, P.W., Vandeppeer, M.E., Kruk, J.A., (1998). Complementary additivity of the digestibility coefficients of feed ingredients fed to juvenile greenlip abalone (*Haliotis laevigata*). J. Shellfish Res. 17, 641– 647.

Fletcher, E.J., Creese, R.G., (1985). Competitive interactions between co-occurring herbivores gastropods. Mar. Biol. 86, 183– 191.

Fletcher, W.J., (1988). Intraspecific interactions between adults and juveniles of the subtidal limpet, *Patella mufria*. Oecologia (Berl.) 75, 227– 272.

Fleury, C., F. Marin, B. Marie, G. Luquet, J. Thomas, C. Josse, A. Serpentine and J. M. Lebel (2008). "Shell repair process in the green ormer *Haliotis tuberculata*: A histological and microstructural study." Tissue and Cell **40**(3): 207-218.

Foster, B.A., Stiven, A.E., (1996). Experimental effects of density and food on growth and mortality of the Southern Appalachian land gastropod, *Mesodon normalis* (Pilsbry). Am. Midl. Nat. 136, 300– 314.

Geiger, D. L. (1999). "A total evidence of cladistic analysis of the Haliotidae (Gastropoda: vetigastropoda)." Thesis of the University of Southern California. 375 p

Geiger, D. L. (2000). "Distribution and biogeography of *Haliotidae* (Gastropoda: Vetigastropoda) worldwide." Bollettino-Malacologico **35**: 57-120.

Gilroy, A., Edwards, S.J., (1998). Optimum temperature for growth of Australian abalone: preferred temperature and critical thermal maximum for blacklip, *Haliotis rubra* (Leach), and greenlip abalone, *Haliotis laevigata* (Donovan). Aquac. Res. 29, 481– 485.

Giorgi, A.E., de Martini, J., (1977). A study on the reproductive biology of the red abalone, *Haliotis rufescens* Swainson near Mendocino, California. California Fish Game 63, 80–94.

Gordon, H. R. et Cook, P. A., (2001). World abalone supply, markets and pricing: historical, current and future. *Journal of Shellfish Research* 20, 567-570.

Gordon, H. R. et Cook, P. A., (2013). World Abalone Supply, Markets, and Pricing: 2011 Update. *Journal of Shellfish Research* 32, 5-7.

Hadley, N.H. and Manzi, J.J., (1984). Growth of seed clams, *Mercenaria mercenaria*, at various densities in a commercial scale nursery system, *Aquaculture*, 36: 369-378.

HAHN, K. O. 1989. Gonad reproductive cycles. In: Handbook of culture of abalone and other marine gastropods (HAHN, K. O. ed). CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. Pp. 13-40

Hahn, K.O., (1994). Gametogenic cycle of the Japanese abalone _ezoawabi., *Haliotis discus hannai*, during conditioning with effective accumulative temperature. *Aquaculture* 122, 227–236.

Hamm, D. E. and R. S. Burton (2000). "Population genetics of black abalone, *Haliotis cracherodii*, along the central California coast." *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 254(2): 235-247.

Harris, J.O., Maguire, G.B., Edwards, S., Hindrum, S.M., (1998a). Effect of pH on growth rate and oxygen consumption rate for juvenile greenlip abalone, *Haliotis laevis* and blacklip abalone, *Haliotis rubra*. In: Hone, P.W. (Ed.), *Proceedings of the 5th Abalone Aquaculture Workshop*, Hobart. FRDC, Canberra, Australia, pp. 103–114.

Harris, J.O., Maguire, G.B., Edwards, S.J., Hindrum, S.M., (1998b). Effect of ammonia on growth rate and oxygen consumption of juvenile greenlip abalone, *Haliotis laevis* Donovan. *Aquaculture* 160, 259–272.

Harris, J.O., Maguire, G.B., Edwards, S.J., Johns, D.R., (1999). Low dissolved oxygen reduces growth rate and oxygen consumption rate of juvenile greenlip abalone, *Haliotis laevis* Donovan. *Aquaculture* 174, 265–278.

Hayashi, I., (1980). The reproductive biology of the ormer, *Haliotis tuberculata*. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 60, 415–430.

HELEINE JY, (1979) *Les ormeaux : biologie, élevage*, Thèse Méd. Vét., Toulouse, 68p.

Higham, J., Hone, P., Clarke, S., Baudinette, R., Geddes, M., (1998). The effect of flow on growth in juvenile greenlip abalone, *Haliotis laevis* (Donovan). In: Hone, P.W. (Ed.), Proceedings of the 5th Annual Abalone Aquaculture Workshop, Hobart. FRDC, Canberra, Australia, pp. 115– 122.

Hindrum, S.M., Cropp, M., Maguire, G.B., (1995). Evolution of abalone growout tank design at Marine Shellfish Hatcheries, Bicheno, Tasmania. Proceedings 2nd Annual FRDC/CRC Workshop on Abalone Culture, CSIRO Marine Laboratories, Hobart. FRDC, Canberra, Australia, pp. 78– 91.

Holliday, J.E., Allan, G.L. and Nell, J.A., (1993). Effects of stocking density on juvenile Sydney rock oysters, *Saccostrea commercialis* (Imdale and Roughley), in cylinders. Aquaculture, 109: 13-26.

Hooper, C., P. Hardy-Smith and J. Handler (2007). "Ganglioneuritis causing high mortalities in farmed Australian abalone (*Haliotis laevis* and *Haliotis rubra*)." Australian Veterinary Journal **85**(5): 188-93.

Hopkins, K.D., (1992). Reporting fish growth: A review of the basics. J. World Aquacult. Soc., 23(3): 173-179

Huchette, S. M. H. (2003). "Density dependence in the early life-stages of abalone." Thesis of The University of Melbourne: 203 p

Huchette, S. M. H. and J. Clavier (2004). "Status of the ormer (*Haliotis tuberculata* L.) industry in Europe." Journal of shellfish research **23**(4): 951-55.

Huchette, S.M.H., Koh, C.S., Day, R.W., (2003). Growth of juvenile blacklip abalone (*Haliotis rubra*) in aquaculture tanks: effects of density and ammonia. Aquaculture 219 (2003) 457–470

- Hughes, R.N., (1986). A Functional Biology of Marine Gastropods. Croom Helm, London.
- industry in Europe." Journal of shellfish research **23**(4): 951-55.
- Jarayabhand, P. and G.F. Newkirk. (1989). Effect of intraspecific competition on growth of the European oyster, *Ostrea edulis* Linnaeus, 1750. Journal of Shellfish 8: 359-365.
- Jarayabhand, P. and N. Paphavasist. (1996). A review of the culture of tropical abalone with special reference to Thailand. Aquaculture 140: 159-168.
- Johnston, D., N. Moltschaniwskyj and J. Wells (2005). "Development of the radula and digestive system of juvenile blacklip abalone (*Haliotis rubra*): Potential factors responsible for variable weaning success on artificial diets." Aquaculture **250**(1-2): 341-355.
- Jolly, C., S. Berland, C. Milet, S. Borzeix, E. Lopez and D. Doumenc (2004). "Zonal Localization of Shell Matrix Proteins in Mantle of *Haliotis tuberculata* (Mollusca, Gastropoda)." Marine Biotechnology (NY) **6**: 541-551.
- Jorgensen, D. D., S. K. Ware and J. R. Redmond (1984). "Cardiac output and tissue blood flow in the abalone, *Haliotis cracherodii*." Journal of Experimental Zoology **231**: 309-324.
- Kantoussan, J. (2007). Impacts de la pression de pêche sur l'organisation des peuplements de poissons: Application aux retenues artificielles de Sélingué et de Manantali, Mali, Afrique de l'Ouest. Thèse de doctorat, Agrocampus, Rennes, 195p.
- Kawamura, T., R. D. Roberts and Y. Yamashita (2001). "Radula development in abalone *Haliotis discus hannai* from larva to adult in relation to feeding transitions." Fisheries science **67**(4): 596-605.
- Koike, Y., Flassch, J., Mazurier, J., (1979). Biological and ecological studies on the propagation of the ormer, *Haliotis tuberculata* Linnaeus: II. Influence of food and density on the growth of juveniles. La Mer 17, 43– 52.

La Touche, B., Moylan, K., Twomey, W., (1993). Abalone on-growing manual. Aquacult. Expl. 14, 39.

Laimek, P., S. Clark, M. Stewart, F. Pfeffer, C. Wanichanon, P. Hanna and P. Sobhon (2008). "The presence of GABA in gastropod mucus and its role in inducing larval settlement." *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **354**: 182-191.

Lee, Y. H. and V. D. Vacquier (1995). "Evolution and systematics in Haliotidae (Mollusca: Gastropoda): Inferences from DNA sequences of sperm lysin." *Marine Biology* **124**(2): 267-278.

Leighton, D.L., (1974). The influence of temperature on larval and juvenile growth in three species of southern California abalones. *Fish. Bull.* 72, 1137.

Leitman, A., (1992). The effects of gas supersaturation on the behaviour, growth and mortality of red abalone, *Haliotis rufescens* (Swainson). In: Shepherd, S.A., Tegner, M.J., Guzman del Proo, S.A. (Eds.), *Abalone of the World: Biology, Fisheries and Culture*. Fishing News Books, Oxford, pp. 75– 85.

Liu, K.M., Chen, W.K., (1999). Examining the effects of stocking density and depth on growth of intensive cultured abalone, *Haliotis diversicolor supertexta* Lischke. *J. Fish. Soc. Taiwan* 26, 23– 33.

Liu, X., Wu, F., Zhao, H., Zhang, G. et Guo, X., (2009). A novel shell color variant of the Pacific abalone *Haliotis discus hannai* Ino subject to genetic control and dietary influence. *Journal of Shellfish Research* 28, 419-424.

Loipersberger, M., (1997). SAABDEV tank report. In: Hone, P.W. (Ed.), *Proceedings of the 4th Annual Abalone Aquaculture Workshop*, Port Fairy, Victoria. FRDC, Canberra, Australia, pp. 2 – 4.

Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon (1994). "Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus hannai* Ino. II: Amino acid

composition of abalone and six species of macroalgae with an assessment of their nutritional value." *Aquaculture* **128**(1-2): 115-130.

Marpsata, M., Razafindratsima, N. (2010). *Methodological Innovations Online*. 5(2): 3-16.

Marshall, P.A., Keough, M.J., (1994). Asymmetry in intraspecific competition in the limpet *Cellana tramoserica* (Sowerby). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 177, 121– 138.

McBride, S. C., E. Rotem, D. Ben Ezra and M. Shipgel (2001). "Seasonal energetics of *Haliotis fulgens* (Philippi) and *Haliotis tuberculata* (L.)." *Journal of Shellfish Research* **20**(2): 559-665.

McCormick, T.B., Arguirre, A., Mill, T.S., Herbison, K.T., (1992). Growth and survival of red (*Haliotis rufescens*), green (*Haliotis fulgens*) and pink (*Haliotis corrugata*) abalone in land-based and ocean-based cultivation systems. *Fish. Res. Pap., Dep. Fish. (S. Aust.)* 24, 49– 60.

Mercer, J.P., Mai, K.-S., Donlon, J., (1993). Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* Linnaeus and *Haliotis discus hannai* Ino: I. Effects of algal diets on growth and biochemical composition. *Invertebr. Reprod. Dev.* 23, 75– 88.

Mgaya, Y. D., E. M. Gosling, J. P. Mercer and J. Donlon (1995). "Genetic variation at three polymorphic loci in wild and hatchery stocks of the abalone, *Haliotis tuberculata* Linnaeus." *Aquaculture* **136**(1-2): 71-80.

Mgaya, Y.D., Mercer, J.P., (1995). The effects of size grading and stocking density on growth performance of juvenile abalone, *Haliotis tuberculata* Linnaeus. *Aquaculture* 136, 297– 312.

Morand, P., Quensièrre, J., Herry, C. (1991): Enquête pluridisciplinaire auprès des pêcheurs du Delta Central du Niger: plan de sondage et estimateurs associés. In Séminfor IV "Le transfert d'échelle". ORSTOM editions. pp. 195-211.

Morse, D. E., N. Hooker, H. Duncan and L. Jensen (1979). "Gamma-Aminobutyric Acid, a mortalities in farmed Australian abalone (*Haliotis laevigata* and *Haliotis rubra*)." *Australian Veterinary Journal* **85**(5): 188-93.

Najmudeen, T.M. and A.C.C. Victor. (2004). Seed production and juvenile rearing of the tropical abalone *Haliotis varia* L. *Aquaculture*, 234:277- 292.

Newman, G.G., (1967). Reproduction of the South African abalone, *Haliotismidae*. Invest. Rep. Div. Sea Fish. S. Afr. 64, 1–24.

Noumonvi, C. G. R., Lougbegnon, O. T., Dahouda M., Codjia J. T. C., (2012). *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB). Numéro spécial Elevages de gibier & non gibier*. 1840-7099.

Ogawa, J. (1997). Abalone, *Haliotismariae*, Seed Production in Sultanate of Oman. Final Report. Ministry of Fisheries Wealth, Aquaculture Center, Oman. 35pp

Oosterhoff, L.M. (1977). Variation in growth rate as an ecological factor in the land snail *Cepaea nemoralis* L. *Neth. J. Zoot.*, 27, 1-32

Parsons, G.C. and Dadswell, M.J., (1992). Effect of stocking density on growth, production, and survival of the giant scallop, *Placopecten magellanicus*, held in intermediate suspension culture in Passamaquoddy Bay, New Brunswick. *Aquaculture*, 103: 291-309.

Paul Leighton, (2008). abalone hatchery manual. 95 p

Pearse, J.S., (1978). Reproductive periodicities of Indo-Pacific invertebrates in the Gulf of Suez: 4. The Chitons *Acanthopleurahaddoni* Winckworth and *Onitochiton lyelli* Sowerby and the abalone *Haliotis pustulata* Reeve. *Bull. Mar. Sci.* 28, 92–101.

Peck LS. (1989). Feeding, growth and temperature in the ormer, *Haliotis tuberculata* L. *Progress in Underwater Science* 14:95-107.

Peck, L.S., (1983). An Investigation into the Growth and Early Development of the Ormer, *Haliotis tuberculata*, L. Ph.D. Thesis (C.N.A.A.), Portsmouth Polytechnic, Portsmouth, UK, 386 pp. (unpublished).

Poore, G.C.B., (1973). Ecology of New Zealand abalones, *Haliotis* species _Mollusca: Gastropoda.: 4. Reproduction. *N.Z. J. Mar. Freshwater Res.* 7, 67–84.

Ricker, W.E., (1979). Growth rates and models. In: W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett (Editors), Fish Physiology, Vol. VIII: Bioenergetics and Growth. Academic Press, London, pp. 677-743.

Sawabe, T., I. Sugimura, M. Ohtsuka, K. Nakano, K. Tajima, Y. Ezura and R. Christen (1998). "*Vibrio halioticoli* sp. nov., a non-motile alginolytic marine bacterium isolated from the gut of the abalone *Haliotis discus hannai*." International Journal of Systematic Bacteriology **48**(Pt 2): 573-80.

Sawabe, T., N. Setoguchi, S. Inoue, R. Tanaka, M. Ootsubo, M. Yoshimizu and Y. Ezura (2003). "Acetic acid production of *Vibrio halioticoli* from alginate: a possible role for establishment of abalone-*V. halioticoli* association." Aquaculture **219**: 671-679.

Selvamani, M. J. P., S. M. Degnan, D. Paetkau and B. M. Degnan (2000). "Isolation and characterization of microsatellite DNA markers for the tropical abalone, *Haliotis asinina*." Journal of Shellfish Research **19**(1): 532.

Shepherd, S.A., Laws, H.M., (1974). Studies on Southern Australian abalone: II. Reproduction of five species. Aust. J. Mar. Freshwater Res. **25**, 49–62.

Singhagraiwan, T., Doi, M., (1992). Spawning pattern and fecundity of the Donkey's ear abalone, *Haliotis asinina* Linne' observed in captivity. Thai Mar. Fish. Res. Bull. **3**, 61–69.

Sobhon, P., S. Apisawetakana, M. Chanpooa, C. Wanichanona, V. Linthonga, A. Thongkukiatkulc, P. Jarayabhandd, M. Kruatrachueb, S. Upathamc and P. Poomthongc (1999). "Classification of Germ Cells, Reproductive Cycle and Maturation of Gonads in *Haliotis asinina* Linnaeus." Science Asia **25** 3-21.

Steinarsson, A. and K.I. Albert. (2003). Size dependent variation in optimum growth temperature of red abalone (*Haliotis rufescens*). Aquaculture **224**: 353-362.

Stimson, J., (1970). Territorial behaviour of the owl limpet *Lottia gigantea*. Ecology **51**, 113–118.

Stoner, A.W., (1989). Density-dependent growth and grazing effects of juvenile queen conch *Strombus gigas* L. in a tropical seagrass meadow. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 130, 119–133.

Suja, C. P. and S. Dharmaraj (2005). "In vitro culture of mantle tissue of the abalone *Haliotis varia* Linnaeus." *Tissue Cell* 37(1): 1-10.

Swanson, W. J., C. F. Aquadro and V. D. Vacquier (2001). "Polymorphism in abalone fertilization proteins is consistent with the neutral evolution of the egg's receptor for lysin (VERL) and positive Darwinian selection of sperm lysin." *Molecular Biology & Evolution* 18(3): 376-383.

Tahil, A.S., Juinio-Menez, M.A., (1999). Natural diet, feeding periodicity and functional response to food density of the abalone, *Haliotis asinina* L. (Gastropoda). *Aquac. Res.* 30, 95–107.

Takami, H., T. Kawamura and Y. Yamashita. (1997). Survival and growth rates of post-larval abalone *Haliotis discus hannai* fed conspecific trail mucus and/or benthic diatom *Cocconeis scutellum varparva*. *Aquaculture* 152: 129- 138.

Takashima, F., Okuno, M., Nishimura, K., Nomura, M., (1978). Gametogenesis and reproductive cycle in *Haliotis diversicolor diversicolor* Reeve. *J. Tokyo Univ. Fish.* 65, 1–8.

Tanaka, R., I. Sugimura, T. Sawabe, M. Yoshimizu and Y. Ezura (2003). "Gut microflora of abalone *Haliotis discus hannai* in culture changes coincident with a change in diet." *fisheries science* 69: 951–958.

Tang, S., A. Popongviwat, S. Klinbunga, A. Tassanakajon, P. Jarayabhand and P. Menasveta (2005). "Genetic heterogeneity of the tropical abalone (*Haliotis asinina*) revealed by RAPD and microsatellite analyses." *Journal of biochemistry, molecular biology, and biophysics*: 38(2): 182-90.

Thomas J. D., G. J. Goldsworthy & M. Benjamin. (1975). Studies on the chemical ecology of *Biomphalaria glabrata*: The effects of chemical conditioning by the snails kept at various densities on their growth and metabolism. *Journal of Zoology*, 175: 421-437.

Travers, M.-A., (2008). Interaction de la bactérie *Vibrio harveyi* avec son hôte, l'holme *Haliotis tuberculata*: approches physiologiques, cellulaires et moléculaires. *Université de Bretagne Occidentale, Brest- France*

Tutschulte, T., Connell, J.H., (1981). Reproductive biology of three species of abalone *Haliotis* in southern California. *Veliger* 23, 195–206.

Uki, N., Kikuchi, S., (1984). Regulation of maturation and spawning of an abalone, *Haliotis* *Gastropoda*. By external environmental factors. *Aquaculture* 39, 247–255.

Wells, F.E., Keesing, J.K., (1989). Reproduction and feeding in the abalone *Haliotis roei* Gray. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 40, 187–197.

Wickins, J.F., (1981). Water quality requirements for intensive aquaculture: a review. In: Tiews, E. (Ed.), *Proc. World Symp. on Aquaculture in Heated Effluents and Recirculation Systems*, Stavanger, Norway, vol. 1, pp. 17– 37.

Wilson, N.H.F., Schiel, D.R., (1995). Reproduction in two species of abalone *Haliotis iris* and *H. australis*. In southern New Zealand. *Mar. Freshwater Res.* 46, 629–637.

Yoneda, C., M. N. Ahsan, M. Nakaya, Y. Matsubara, T. Ebihara, S. Irie, Y. Uno, K. Hatae and S. Watabe (2000). "Abalone collagens: immunological properties and seasonal changes of their mRNA levels." *Comparative Biochemistry and Physiology, B* **126**(1): 59-68.

Yoo, S.K. (1989). Abalone Farming in Korea. In: *Hand Book of Culture of Abalone and Other Marine Gastropods*, K.O. Hahn (Editor), 255–263. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Zuniga, G., S. A. G. Del Proo, R. Cisneros and G. Rodriguez (2000). "Population genetic analysis of the abalone *Haliotis fulgens* (Mollusca: Gastropoda) in Baja California, Mexico." *Journal of Shellfish Research* **19**(2): 853-859.

Annexes

Annexe I : Questionnaire Enquête sur l'exploitation de l'ormeau

ENQUETE SUR L'EXPLOITATION DE L'ORMEAU

FILIATION DU PECHEUR

1. Comment vous vous appelez?

2. Quel est votre age?

- ☐ 1. Moins de 20ans ☐ 2. De 20 à 30ans
☐ 3. De 30 à 40ans ☐ 4. Plus de 40ans

3. Quel est votre situation matrimoniale^?

- ☐ 1. célibataire ☐ 2. marié ☐ 3. veuf
☐ 4. divorcé

4. Quel est votre ethnité?

- ☐ 1. wolof ☐ 2. sérère
☐ 3. lebou ☐ 4. al poular
☐ 5. diola ☐ 6. autre à préciser

5. Quel est votre adresse?

II. ACTIVITE DE PECHE

6. Quel est le nom local de l'ormeau?

7. Quel est votre zone de peche?

8. A quel profondeur
pechez-vous?

9. Quel type de peche pratiquez-vous?

10. Quel matériels utilisez-vous pour pecher
l'ormeau?

11. A quel moment pechez-vous l'ormeau?

12. Combien de sorties faites-vous par jour?

- ☐ 1. 1 ☐ 2. 2 ☐ 3. 3

13. Quelle est la durée de la
sortie?

14. Quelle quantité
débarquez-vous par
sortie?

15. Pechez-vous uniquement l'ormeau?

- ☐ 1. oui ☐ 2. non

16. Si oui pourquoi?

*La question n'est pertinente que si peche exclusive de
l'ormeau = "oui"*

17. Si non quelles sont les autres espèces ciblées?

*La question n'est pertinente que si peche exclusive de
l'ormeau = "non"*

18. Quelles sont les périodes d'abondance de
l'ormeau?

19. Connaissez-vous la période de reproduction de
l'ormeau?

- ☐ 1. oui ☐ 2. non

20. Si oui à quel mois?

21. Comment evoluent vos captures?

- ☐ 1. augmentation ☐ 2. diminution

22. Quelle est la taille des individus capturés?

- ☐ 1. petite ☐ 2. moyenne ☐ 3. grande

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

23. Exercez-vous d'autres activités?

- ☐ 1. oui ☐ 2. non

24. Si oui la/les quelle(s)

La question n'est pertinente que si Autres activités exercées = "oui"

25. Si non pourquoi?

La question n'est pertinente que si Autres activités exercées = "non"

26. Quels sont les problèmes rencontrés?

27. Quelles solutions préconisez-vous?

III. COMMERCIALISATION

28. A qui vendez-vous les ormeaux?

- ☐ 1. mareyeur ☐ 2. usine ☐ 3. marché local
☐ 4. autre

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

29. Votre client exige-t-il des tailles?

- ☐ 1. oui ☐ 2. non

30. Si oui la quelle?

- ☐ 1. petite ☐ 2. moyenne ☐ 3. grande

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

La question n'est pertinente que si Taille exigé par le client = "oui"

31. Quel est le prix du Kg?

IV.UTILISATION DES REVENUS

32. Quel revenu obtenez-vous par sortie?

33. Comment utilisez-vous vos revenus le plus souvent?

- ☐ 1. alimentation familiale
☐ 2. loyer
☐ 3. frais scolaire des enfants
☐ 4. frais médicaux
☐ 5. cérémonies familiales
☐ 6. Gaz
☐ 7. assurances
☐ 8. cotisations social
☐ 9. autres charges

Vous pouvez cocher plusieurs cases.

V. REGLEMENTATION

34. Existe-t-il des règles de gestions locales sur l'ormeau?

- ☐ 1. oui ☐ 2. non ☐ 3. ne sais pas

35. Respectez-vous ces règles?

- ☐ 1. oui ☐ 2. non

36. Si non pourquoi?

La question n'est pertinente que si Respect des règles = "non"

37. Etes vous consultez lors de l'élaboration de ces règles?

- ☐ 1. oui ☐ 2. non

38. Disposez-vous de règles propres de gestion de l'ormeau?

- ☐ 1. oui ☐ 2. non

39. Si oui les quelles?

La question n'est pertinente que si Règles propres de gestion de l'ormeau = "oui"

Annexes II: Articles Scientifiques

Effects of stocking density on the growth performance and survival of the Senegalese abalone *Haliotis tuberculata*

Abdoulaye Loum¹, Jean Fall¹, Malick Diouf¹, Mariama Sagne¹, Alioune Faye¹,
and Shyn Shin Sheen^{2*}

(Received, March 14, 2017; Accepted, January 12, 2018)

Abstract

The abalone is an animal highly appreciated for its taste throughout the world. Two hundred wild juveniles were collected from the bay of Ouakam, Dakar, Senegal. They were measured and weighed in order to determine the length of each individual's shell as well as its initial weight. After the acclimatization, 135 individuals with an initial length between 26 mm and 36 mm were selected for the purpose of the experiment. These individuals were distributed in nine tanks of 80 L each at different densities (10, 15 and 20 individual/tank). The abalone from each tank was fed with macroalgae available as *Ulva lactuca* during the first 5 months and the last 7 months with *Dictiopetelus* sp. For size weight ratio, the allometric coefficient b is significantly less than 3. The abalones cultured under 10 individual/tank showed significantly higher weight gain than those of 20 individual/tank. The trends of specific growing rate and length gain of abalone cultured under three different densities are similar to the weight gain of abalone. The condition factors of abalone in different densities did not show significant difference. The annual averages of condition factor (K_c) of abalone cultured under three different densities 10, 15 and 20 were 18.89, 18.69 and 18.72, respectively. For the parameters of the linear growth of Von Bertalanffy, the study showed that individuals of density 20 and density 15 have similar growth rate and is greater than those of density 10 between 0 and 2 years.

Key words: Senegalese abalone, *Haliotis tuberculata*, growth performance, density.

1. Introduction

The abalone is a mollusk highly appreciated throughout the world for its taste. The global abalone production in 2005 was 23,900 tons (fresh weight), with the main producers (aquaculture and catch) being Australia, China, Taiwan, Japan, South Africa and the United States (Roberts et al., 2006). With the demand that has been increasing year by year since 1999, aquaculture of abalone is an alternative way to increase the amount of supply.

However, there are many barriers to the economic success of abalone culture. These barriers include the long term and slow growing performance of abalone (Day and Fleming, 1992), which could reduce profits. It is

therefore important to understand the factors affecting the growth and survival of the abalone so that it can be grown under optimal conditions and thus maximize production.

Many factors known to influence the growth of juvenile abalone are water flow (Fleming et al., 1997, Higham et al., 1998), depth (Liu and Chen, 1999), water quality (Wickins, 1981), temperature (Leighton, 1974; Gilroy and Edwards, 1998), pH (Harris et al., 1999) and the physicochemical parameters such as dissolved oxygen (Harris et al., 1998a), nitrogenous waste (Harris et al., 1998b), quantity and quality of food (Hooker and Morse, 1985; La Touche et al., 1993; Mercer et al., 1993; Fleming et al., 1997; 1999; Tahil and Juinio-Menez, 1999), stocking density (Koike et al., 1979; Flassch and Aveline, 1984) and reservoir system (Hindrum et al., 1995). Numerous

¹University Institute of Fisheries and Aquaculture (IUPA), Cheikh Anta Diop University (UCAD), 45784, Dakar, Senegal.

²Department of Aquaculture, National Taiwan Ocean University, Keelung, 20224, Taiwan, R.O.C.

*Corresponding author. E-mail: shin@mail.ntou.edu.tw

studies have examined factors such as the quantity and quality of foods and the components of water quality. However, the effects of stocking density, despite its importance for growth and economic considerations (per unit of production), have not received much attention. In addition, gastropods have a density-dependent growth (Creese and Underwood, 1982; Fletcher and Creese, 1985; Fletcher, 1988; Marshall and Keough, 1994). *Haliotis tuberculata* has never been raised in Senegal while the natural stock is fully exploited in this country. It has led us carry out tests of abalone aquaculture with emphasis on the effect of culture density on its growth performance and survival.

2. Materials and methods

2.1. Study environment

The study was carried out at the Aquaculture Experimentation Station of the Graduate Institute of Fishery and Aquaculture of the University Cheikh Anta Diop in Dakar, Senegal, which is located at the place of the local committee of fishermen, 100m from the fishing wharf or landing area, Ouakam 14 ° 43 '26' 'N 17 ° 29' 21.01 " W. It was set up as part of the West African Economic and Monetary Union (WAEMU) Higher Education Support Project on "Artificial Reproduction and Breeding Tests of abalone *H. tuberculata* in Senegal".

2.2. Experimental protocol

Two hundred wild juvenile abalones were collected from Ouakam bay. Upon arrival at the station, they were measured and weighed in order to determine the length and width of each individual. They were acclimatized for one month under laboratory conditions in cylindrical plastic tanks with a capacity of 80 L. After acclimatization, 135 individuals with an initial length between 26 mm and 36 mm

were selected for the experiment. These individuals were distributed to nine tanks of 80 L each with different densities, 10 (D10), 15 (D15) and 20 (D20) individuals. The water was pumped from the sea and stored in a 10000L FRP tank. Constant aeration was provided through experimental tanks by air pumps. The abalone was fed with macroalgae *Ulva lactuca*, during the first 5 months and the last 7 months with *Dictiopeterus* sp. The macroalgae were replaced with new one each week. These macroalgae were harvested in the natural environment by divers in Ouakam and then transported and stored by ice to the experimental station which is 100 m from the beach. In order to maintain good water quality, the tanks were cleaned every day by siphoning off the residue of food and renewing the water.

Once a month for 12 months, the length and width of the shells of individuals in each tank were measured with a caliper and the body weight was weighed using an electronic scale (Ohaus Explorer, Florham Park, NJ, USA) to 0.1 g. Before weighing the samples, the excess water was removed by wiping with Kleenex paper. The experiment lasted 12 months.

2.3. Growth Parameters

Several growth parameters were estimated from the weight and length of abalone. The specific growth rate (SGR) was calculated as a function of the shell length and then as a function of the wet body weight at the end of the experiment. Using the formula (Ricker, 1979; Hopkins, 1992)

$$SGRW = ((\ln FMW - \ln IMW) / (T-t)) \times 100$$

$$SGRL = ((\ln FML - \ln IML) / (T-t)) \times 100$$

where FMW: Final Mean Weight; IMW: Initial Mean Weight; T-t: duration of the experiment.

FML: final Mean Length; IML: Initial Mean Length.

Absolute weight gain ((WGa) in g/abalone) = final mean weight - initial mean weight.

Relative weight gain (WGr (%)) = (final

mean weight - initial mean weight)/(initial mean weight) $\times$ 100.

Absolute length gain ((LGa) in mm/abalone) = final average length - initial average length.

Relative Length Gain ((LGr (%) in mm/abalone) = (final Mean Length -Initial Mean Length)/(Initial Average Length) $\times$ 100.

Survival (%) = (number of final abalone)/(number of initial abalone) $\times$ 100.

2.4. The parameters of the linear growth of Von Bertalanffy

The growth parameters, L_{∞} and K, were estimated from the size frequencies. The size frequency data is analyzed by ELEFAN in R (Electronic Length Frequency ANalysis). The approximate value of t_0 was estimated using the following formula:

$$\text{Log}(-t_0) = -0.3922 - 0.2752\text{Log}(L_{\infty}) - 1.038\text{Log}(K).$$

From L_{∞} , K and t_0 the equation of Von Bertalanffy has been established:

$$L(t) = L_{\infty} [1 - e^{-k \times (t - t_0)}]$$

Where L_{∞} is the asymptotic length. Theoretically, it is the average size that abalone would reach, live and grow indefinitely; $L(t_0)$ is the total length at age t_0 , $L(t)$: the total length at age t; K is the growth coefficient, e is the base of natural logarithms, and k is the von Bertalanffy annual growth rate constant.

The condition factor K_C determines the physiological state of the abalone, including its reproductive capacity as well as the influence of the environment on them. Thus, the more an animal is heavy for a given length, the higher its condition factor (Ricker, 1980; Williams, 2000).

The condition factor K_C is given by the ratio between the weight and the length of the abalone shell (Tesch, 1971)

$$K_C = (W/L^3) \times 100$$

The relationship between weight and size of the abalone was also determined for each density according to the formula $W = aL^b$. This relationship depends strongly on the biological and physiological state of the

species and the environmental conditions.

2.5. Water quality parameters

Temperature and dissolved oxygen were measured using an YSI 55 oxymeter model (YSI, Yellow Springs, OH, USA) every day. Salinity was measured using a refractometer and the pH was measured twice a week using a Hanna HI98127 pH meter (Hanna Instruments. Woonsocket. RI. USA).

2.6. Statistical analysis

The data were calculated using Microsoft Excel. The analysis of these data was carried out with the statistical analysis system (SAS-PC) (Joyner, 1985) subjected to analysis of variance (ANOVA). The Tukey test was used to compare significant differences among treatments. The significant level of 5% was retained. The ELEFAN IN R software has also been used to calculate certain parameters.

3. Results

The water temperature, dissolved oxygen, pH and salinity of treatment tanks during 12 months culture ranged from 22 to 30°C, 8 to 9 mg/l, 7.0 to 8.7 and 36 ppt, respectively.

The relationship between weight and size of abalone cultured under different densities 10, 20 and 30 individual/tank were $W = 0.2164 L^{2.8708}$ ($r^2 = 0.81$), $W = 0.3079 L^{2.5838}$ ($r^2 = 0.76$) and $W = 0.2081 L^{2.8921}$ ($r^2 = 0.76$), respectively. Whatever the density, the values of the coefficient b observed are all less than 3 indicating an allometric-type growth in favor of the shell total length of the species. The annual averages of condition factor (K_C) of abalone cultured under three different densities are 18.89, 18.69 and 18.72, respectively.

The overall results according to the density on the growth of *Haliotis tuberculata* after one year of experiment were shown in

Table 1: Growth parameters of abalone cultured under different densities for one year.

Paramètres	D10	D15	D20
Li (mm)	32.3 ±2.35	32.1 ±2.11	30.4 ±2.15
Lf (mm)	38.4 ±3.26	38.1 ±2.17	35.1 ±2.22
Wi (g)	6.37 ±1.32	6.6 ±1.07	5.6 ±1.01
Wf (g)	11.11 ±3.26	10.62 ±1.87	8.76 ±1.51
SGR _w	0.15 ±0.34	0.13 ±0.37	0.12 ±0.33
SGR _L	0.14 ±0.04	0.12 ±0.05	0.11 ±0.04
WGa (g)	4.74 ±0.80 ^a	4.02 ±0.80 ^a	3.16 ±0.63 ^b
WGr (%)	74.41 ±10.67 ^a	60.91 ±11.6 ^a	56.43 ±10.61 ^b
LGa (mm)	6.1 ±0.43 ^a	6 ±0.57 ^a	4.7 ±0.41 ^b
LGr (%)	18.89 ±1.23 ^a	18.69 ±1.60 ^a	15.46 ±1.24 ^b

Li :initial length ; Lf :final length ; Wi :initial weight ; Wf : final weight ; SGR_w:specific growth rate of weight ; SGR_L : specific growth rate of length ; WGa :absolute weight gain ; WGr :relative weight gain ; LGa : absolute length gain ; LGr : relative length gain.

^{a,b}Different superscripts in each row indicate significantly different mean value ($p < 0.05$)

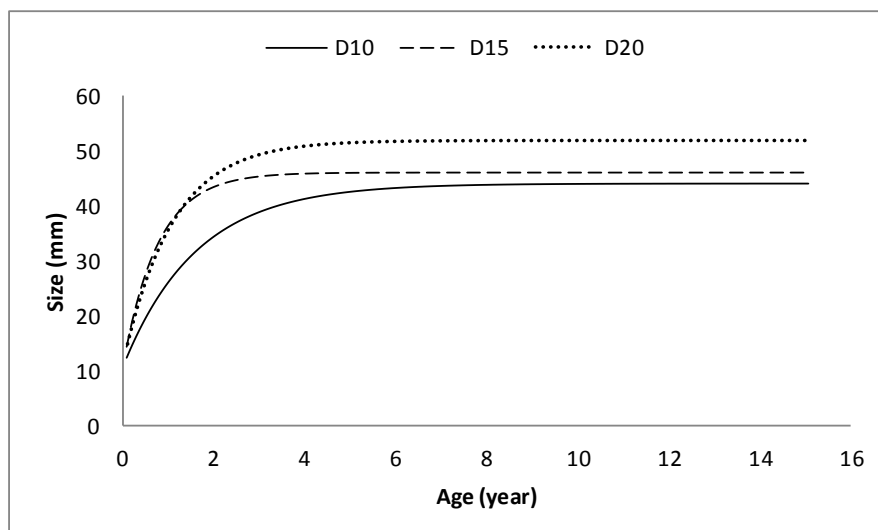
Table 1. The abalone of stocking density of 10 exhibited a greater mean weight gain (MWGa and MWGr) than that of densities of 15 and 20 and significantly higher than that of density 20. These specific growth rate (SGR) and length gain (LGa and LGr) of abalone under three different densities showed similar trends of weight gain of abalone.

The parameters of the linear growth of Von Bertalanffy of *H. tuberculata* determined according to the stocking density were shown in Table 2. The linear growth rate (K) varies with density. The abalone of D15 have a higher growth rate (K), while they reach the average maximum length (Lmax

= 2.15 mm) at a smaller size. On the other hand, the abalone of D10 with the lowest growth rate have a maximum length (Lmax = 4.13mm). Thus, the higher the speed of growth is, the smaller the average maximum length and vice versa.

Table 2. The parameters of linear growth of Von Bertalanffy of abalone cultured under three different densities.

Density	L [∞] (mm)	K	Lmax (mm)
D10	44.1	0.62	4.13
D15	46.1	1.3	2.15
D20	51.8	0.92	2.95

Fig. 1. Von Bertalanffy growth curve of abalone *Haliotis tuberculata* as a function of density.

The linear growth curves as a function of the stocking density are shown in Fig. 1. The stocking densities of 20 and 15 have a similar growth rate and are greater than stocking density of 10 between 0 and 2 years. From 2 to 15 years, abalone cultured under density 20 grows higher than that of densities of 15 and 10. The curve of individuals of density 15 is the first to reach its point of inflection followed by that of the density 20 and finally the density 10. Overall, the survival of abalone during the experiment was 60, 60 and 70% for densities 20, 15 and 10, respectively.

4. Discussion

The present study revealed that abalone cultured under higher density showed less growth performance (weight and length). The result of this is consistent with the studies of Huchette et al. (2003) and Lloyd and Bates (2008) demonstrating density-dependent growth of farmed abalone. Huchette et al. (2003) and Steinarsson and Imsland (2003) attributed density-dependent abalone growth to abiotic factors. In the present study, the reduction in growth at high densities was proved by competition for optimal space and access to food (Stimson 1970; Branch, 1975; Hughes 1986; Jarayabhand and Newkirk 1989; Parsons and Dadswell, 1992; Foster and Stiven, 1996). The high stocking density in the tanks would make abalones at the bottom of tanks hard to move. This situation could affect their growth and survival. In this study, the abalones were fed at satiety (70% of their biomass). This shows that food could not be a limiting factor for good growth of abalone because they were given in sufficient quantities. Thus, our results indicate that competition for space may be the parameter that may have affected the growth of abalone in the highest stocking densities as stipulated by Stoner (1989), Mgaya and Mercer (1995) and Huchette et al. (2003).

Another important factor that could affect the growth of abalone at the highest

stocking densities is the amount of fresh seaweed which decreases the water movement in the tank. Abalone growth is inhibited by the presence of increased metabolic wastes, diseases and low oxygen levels (Jarayabhand and Paphavasist, 1996; Takami et al., 1997). The rate of water turnover should be increased with increasing density (Steinarsson and Imsland, 2003). Moreover, slow growth rates at high stocking densities can also be caused by a local degradation of water quality (Huchette et al., 2003) and decreasing concentrations of oxygen (Harris et al., 1999).

The low absolute length gains ranged from 4.7 to 6.1 mm in this study were compared with the results of Koike et al. (1979), Lloyd and Bates (2008) and Huchette et al. (2003). It could be explained by the long duration of this study cultured in hot and cold seasons (different temperature environment), the culture tank and the seaweed that were given. It should be noted that the growth was almost null during the cold season. This study showed that temperature was a limiting factor for growth as the lowest growth for all densities was found in the months with lowest temperature. The present study showed that good growth of abalone in the tank with a base area of 0.15m² and a capacity of 80L should keep density between 10 and 15 individuals.

The present study shows that between 0 and 2 years the stocking densities 20 and 15 have a similar growth rate, which is greater than that of the density 10. From 2 years to 15 years the growth rate of individuals of density 20 becomes faster than that of density 15, which is in turn greater than that of density 10. According to Huang and Hseu (2010), the instantaneous rate of change for weight of *H. diversicolor* had an inflection point at the age of 1.54 years, indicating that cultured abalones reach their apex of body growth around this age. Compared with the wild populations, the cultured population exhibits a significantly smaller maximal shell length (L_{∞}) and a significantly larger growth coefficient (k). Using Von Bertalanffy growth parameter, Dixon and Day (2004) reported

that for a slow growing population of greenlip abalone, density reduction increases k , but in general it seems not to change L_{∞} much, at least in the short term. In contrast, McAvaney et al. (2004) have shown that *H. laevigata* juveniles at low density reached larger sizes than juveniles at high density.

Several studies showed that the food consumption rate of abalone is positively related to water temperature (Paul and Paul, 1981; Hanhn, 1989; Britz et al., 1997). This study showed a faster growth in the hot season than in the cold season. The slowdown in growth of abalone observed during the cold season could be due to factors such as the decrease in temperature accompanied with the change of food (*Ulva lactuca* was given during the first 5 months and *Dictiopeterus* sp the last 7 months). The high temperatures are recorded between July and October. In contrast, Lloyd and Bates (2008) observed the opposite trend with increase of food consumption of *H. kamtschatkana* as temperature decreased. They reported that during the summer, abalone in the hatchery tended to consume less and showed little growth (1–2 mm) over 3 months. Thus, the growth of the species may be dependent on seasonality and temperature as reported by McBride et al. (2001). The present study carried out in tropical environment showed greater growth with temperatures being between 25 and 27 ° C. In particular, McBride et al. (2001) found that the metabolic optimum of European abalone is around 18 ° C and a significant reduction in their growth is observed during the winter period and can be compared with the low food availability below the temperature of 9 ° C (Peck, 1989).

Acknowledgements

The authors express their sincere thanks to the WAEMU Commission and the ADB for their financial contribution to Project No. P-Z1-AD-002 No. 2100155007376. We would also like to thank the staff of the

Ouakam Local Fishermen's Committee (CLP), particularly Mr. Abdoulaye DIOP and all his family for their collaboration and support in carrying out this study.

References

- Branch GM (1975) Mechanisms reducing intraspecific competition in *Patella* spp: migration, differentiation and territorial behaviour. *J. Anim. Ecol.*, 44: 575-600.
- Britz PJ, Hecht, T and Mangold S (1997) Effect of temperature on growth, feed consumption and nutritional indices of *Haliotis midae* fed a formulated diet. *Aquaculture*, 152: 191-203.
- Creese RG and Underwood AJ (1982) Analysis of inter- and intra-specific competition amongst limpets with different methods of feeding. *Oecologia*, 53:337-346.
- Day RW and Fleming AE (1992) The determinants and measurement of abalone growth. In: *Abalone of the world: biology, fisheries and culture*, (S.A. Shepherd, M. J. Tegner, S.A. Guzman del Proo eds.), Fishing News Books, Oxford, UK, 141-168.
- Dixon CD and Day RW (2004) Growth responses in emergent greenlip abalone to density reductions and translocations *J. Shellfish Res.*, 23:1223-1228.
- Flassch JP and Aveline C. (1984) Production de jeunes ormeaux a la station experimentale d'Argenton. *Rapp. Sci. Tech. CNEXO* 50.
- Fleming A, Hone P and Higham J (1997) The effect of water velocity on consumption and growth of greenlip abalone in tanks. In: *Proceedings of the 4th Annual Abalone Aquaculture Workshop*, (P.W. Hone and A. Fleming eds.), Port Fairy, Victoria. FRDC, Canberra, Australia, 16-23.
- Fleming A, Van Barneveld RJ, Hone PW, Vandeppeer ME and Kruk JA (1998) Complementary additivity of the digestibility coefficients of feed ingredients fed to juvenile greenlip abalone (*Haliotis laevigata*). *J. Shellfish*

- Res., 17:641-647.
- Fletcher WJ (1988) Intraspecific interactions between adults and juveniles of the subtidal limpet, *Patella mufria*. *Oecologia*, 75: 272-277.
- Fletcher WJ and Creese RG (1985) Competitive interactions between co-occurring herbivores gastropods. *Mar. Biol.*, 86:183-191.
- Foster BA and Stiven A E (1996) Experimental effects of density and food on growth and mortality of the Southern Appalachian land gastropod, *Mesodon normalis* (Pilsbry). *Am. Midl. Nat.*, 136:300-314.
- Gilroy A and Edwards SJ (1998) Optimum temperature for growth of Australian abalone: preferred temperature and critical thermal maximum for blacklip, *Haliotis rubra* (Leach), and greenlip abalone, *Haliotis laevis* (Donovan). *Aquac. Res.*, 29:481– 485.
- Hahn KO (1989) Biotic and abiotic factors affecting the culture of abalone. In: *Handbook of Culture of Abalone and Other Marine Gastropods*, (K. O. Hanh ed.), CRC Press, Boca Raton, Florida, 113-134.
- Harris JO, Maguire GB, Edwards S and Hindrum SM (1998a) Effect of pH on growth rate and oxygen consumption rate for juvenile greenlip abalone, *Haliotis laevis* and blacklip abalone, *Haliotis rubra*. In: *Proceedings of the 5th Abalone Aquaculture Workshop*, (P.W. Hone ed.), Hobart. FRDC, Canberra, Australia, pp. 103–114.
- Harris JO, Maguire GB, Edwards SJ and Hindrum SM (1998b) Effect of ammonia on growth rate and oxygen consumption of juvenile greenlip abalone, *Haliotis laevis* Donovan. *Aquaculture*, 160:259–272.
- Harris JO, Maguire GB, Edwards SJ, Johns DR (1999) Low dissolved oxygen reduces growth rate and oxygen consumption rate of juvenile greenlip abalone, *Haliotis laevis* Donovan. *Aquaculture*, 174: 265–278.
- Higham J, Hone P, Clarke S, Baudinette R and Geddes M (1998) The effect of flow on growth in juvenile greenlip abalone, *Haliotis laevis* (Donovan). In: *Proceedings of the 5th Annual Abalone Aquaculture Workshop*, (P.W. Hone ed.), Hobart. FRDC, Canberra, Australia, 115–122.
- Hindrum SM, Cropp M and Maguire GB (1995) Evolution of abalone growout tank design at Marine Shellfish Hatcheries, Bicheno, Tasmania. In *Workshop on Abalone Culture: Proceedings 2nd Annual FRDC/CRC, CSIRO Marine Laboratories, Hobart. FRDC, Canberra, Australia*, 78– 91.
- Hooker N, Morse DE (1985) Abalone: the emerging development of commercial cultivation in the United States. In: *Crustaceans and Mollusk Aquaculture in the United States*, (J.V. Huner and E.E. Brown eds.), AVI Publishing Co., Westport, CT, 365 pp.
- Hopkins KD (1992) Reporting fish growth: A review of the basics. *J. World Aquacult. Soc.*, 23: 173-179.
- Huang WB and Hseu JR (2010) Changes in growth characteristics of the small abalone *Haliotis diversicolor* (Reeve, 1846) after on decade in a closed culture system: A comparison with wild populations. *Fish. Sci.*, 76:131-137.
- Huchette SMH, Koh CS and Rob WD (2003) Growth of juvenile blacklip abalone (*Haliotis rubra*) in aquaculture tanks: effects of density and ammonia. *Aquaculture*, 219: 457-470.
- Hughes RN (1986) *A Functional Biology of Marine Gastropods*. Croom Helm, London.
- Jarayabhand P and Newkirk GF (1989). Effects of intraspecific competition on growth of the European oyster, *Osrearedulis* Linnaeus, 1750. *J. Shellfish Res.*, 8:359-365.
- Jarayabhand P and Paphavasist N (1996) A review of the culture of tropical abalone with special reference to Thailand. *Aquaculture*, 140: 159-168.
- Koike Y, Flassch J and Mazurier J (1979) Biological and ecological studies on the propagation of the ormer, *Haliotis tuberculata* Linnaeus: II. Influence of food and density on the growth of juveniles. *La Mer*, 17:43– 52.

- La Touche B, Moylan K and Twomey W (1993). Abalone on-growing manual. *Aquacult. Expl.*, 14: 39.
- Leighton DL (1974) The influence of temperature on larval and juvenile growth in three species of southern California abalones. *Fish. Bull.* 72:1137.
- Liu KM and Chen WK (1999) Examining the effects of stocking density and depth on growth of intensive cultured abalone, *Haliotis diversicolor supertexta* Lischke. *J. Fish. Soc. Taiwan*, 26: 23–33.
- Lloyd MJ and Bates AE (2008) Influence of density-dependent food consumption, foraging and stacking behaviour on the growth rate of the Northern abalone, *Haliotis kamtschatkana* *Aquaculture*, 277: 24-29.
- Marshall PA and Keough MJ (1994) Asymmetry in intraspecific competition in the limpet *Cellana tramoserica* (Sowerby). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 177:121–138.
- McAveney LA, Day RW, Dixon CD and Huchette SM (2004) Gonad development in seeded *Haliotis laevigata*: growth environment determines initial reproductive investment. *J. Shellfish Res.* 23:1213-1218.
- McBride SC, Rotem E, Ben-Ezra D and Shpigel M (2001) Seasonal energetics of *Haliotis fulgens* (Philippi) and *Haliotis tuberculata* (L.). *J. Shellfish Res.*, 20:659-666.
- Mercer JP, Mai KS and Donlon J (1993) Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* Linnaeus and *Haliotis discus hannai* Ino: I. Effects of algal diets on growth and biochemical composition. *Invertebr. Reprod. Dev.*, 23:75–88.
- Mgaya YD and Mercer JP (1995) The effects of size grading and stocking density on growth performance of juvenile abalone, *Haliotis tuberculata* Linnaeus. *Aquaculture*, 136:297–312.
- Parsonsm GJ and Dadswell MJ (1992) Effect of stocking density on growth, production and survival of the giant scallop, *Placopecten magellanicus*, held in intermediate culture in Passamaquoddy Bay, New Brunswick. *Aquaculture*, 103:291–309.
- Paul AJ and Paul JM (1981) Temperature and growth of maturing *Haliotis kamtschatkana*. *Veliger*, 23: 321-324.
- Peck LS (1989) Feeding, growth and temperature in the ormer, *Haliotis tuberculata* L. *Progress in Underwater Sci.*, 14:95-107.
- Ricker WE (1979) Growth rates and models. In: *Fish Physiology*, Vol. VIII: Bioenergetics and Growth, (W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett eds), Academic Press, London, pp. 677-743.
- Ricker WE (1980) Calculs et interprétation des populations de poissons. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 191F, 409 pp.
- Roberts BW, Walton KE and Viechtbauer W (2006) Patterns of mean-level change in personality traits across the life course: a meta-analysis of longitudinal studies. *Psychol. Bull.* Jan., 132 :1-25.
- Steinarsson A and Imsland AK (2003) Size dependent variation in optimum growth temperature of red abalone (*Haliotis rufescens*). *Aquaculture*, 224:353-362.
- Stimson J (1970) Territorial behaviour of the owl limpet *Lottia gigantea*. *Ecology*, 51:113–118.
- Stoner AW (1989) Density-dependent growth and grazing effects of juvenile queen conch *Strombus gigas* L. in a tropical seagrass meadow. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 130: 119–133.
- Tahil AS and Juinio-Menez MA (1999) Natural diet, feeding periodicity and functional response to food density of the abalone, *Haliotis asinina* L. (Gastropoda). *Aquac. Res.*, 30: 95–107.
- Takami H, Kawamura T and Yamashita Y (1997) Survival and growth rates of post-larval abalone *Haliotis discus hannai* fed conspecific trail mucus and/or benthic diatom *Cocconeis scutellum varparva*. *Aquaculture*, 152:129-138.
- Tesch W (1971) Age and growth. In: *Methods for assessment of fish production in fresh waters*, (W.E.Ricker ed.), 2nd edn. International Biological Programme, Oxford and Edinburgh, 97-130.

Wickins JF (1981) Water quality requirements for intensive aquaculture: a review. In: Proc. World Symp. on Aquaculture in Heated Effluents and Recirculation Systems, (E. Tiews ed.), Stavanger, Norway, 1: 17– 37.

Williams JE (2000) The Coefficient of Condition of Fish. Chapter 13 In: Manual of fisheries survey methods II: with periodic updates. (J.C. Schneider ed), Michigan Department of Natural Resources, Fisheries Special Report 25, Ann Arbor.

蓄養密度對塞內加爾鮑魚(*Haliotis tuberculata*) 的成長表現與活存率的影響

Abdoulaye Loum¹, Jean Fall¹, Malick Diouf¹, Mariama Sagne¹,
Alioune Faye¹ · 沈士新

(2017年3月14日收件；2018年1月12日接受)

鮑魚為一全世界人們所喜愛的水產動物，兩百顆鮑魚採自Quakam, Dakar, 塞內加爾的灣區，並測定鮑魚的初始重量和長度，經過一個月的馴養後，選取135隻體長26至36 mm的鮑魚進行為期十二個月的實驗，鮑魚分配至九個80 L的水族缸，其密度分別為10、15和20隻/缸，前五個月每缸的鮑魚餵食大型藻,石蓴(*Ulva lactuca*)，而後七個月則餵食*Dictiopeterus* sp.。對體長與體重的比值，三組實驗的生長係數(allometric coefficient) b 顯著小於3，鮑魚蓄養密度10隻/缸的增重率顯著高於蓄養密度20隻/缸，鮑魚的特殊成長率(SGR)和體長的增加率與增重率有相似的趨勢，不同密度蓄養的鮑魚的condition factor (K) 沒有差異，而不同密度蓄養的鮑魚的年平均condition factor (Kc)則分別為18.89、18.69和18.72。對於在0至2年的Von Bertalanffy² 的直線成長因子，蓄養密度在20和15的鮑魚有相似的成長因子，而且高於蓄養密度10的鮑魚。

關鍵字：塞內加爾鮑魚、*Haliotis tuberculata*、成長表現、密度。

¹University Institute of Fisheries and Aquaculture (IUPA), Cheikh Anta Diop University (UCAD), 45784, Dakar, Senegal.

²國立台灣海洋大學水產系，基隆，臺灣 20224，中華民國

* 通訊作者，E-mail: shin@mail.ntou.edu.tw

Influence of Population Density on the Evolution of Morphometric Parameters of *Haliotis tuberculata* Linnaeus 1758 Under Controlled Culture in Senegal

Abdoulaye Loum

Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture (IUPA), Université Cheikh Anta Diop UCAD
II bâtiment pédagogique/Rez de chaussée, BP: 5005 Dakar, Senegal

Jean Fall (Corresponding author)

Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture (IUPA), Université Cheikh Anta Diop UCAD
II bâtiment pédagogique/Rez de chaussée, BP: 5005 Dakar, Senegal

Tel: 221-77-956-4339 E-mail: kagoshima77@yahoo.com

Alioune Faye

Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture (IUPA), Université Cheikh Anta Diop UCAD
II bâtiment pédagogique/Rez de chaussée, BP: 5005 Dakar, Senegal

Mariama Sagne

Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture (IUPA), Université Cheikh Anta Diop UCAD
II bâtiment pédagogique/Rez de chaussée, BP: 5005 Dakar, Senegal

Malick Diouf

Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture (IUPA), Université Cheikh Anta Diop UCAD
II bâtiment pédagogique/Rez de chaussée, BP: 5005 Dakar, Senegal

Received: November 12, 2018 Accepted: December 25, 2018

doi:10.5296/jbls.v10i1.14194 URL: <https://doi.org/10.5296/jbls.v10i1.14194>

Abstract

This experiment was carried out in order to know the variation of the morphometric relation between the length and the width of the shell of abalone *Haliotis tuberculata* as well as the evolution of the factor of condition.

Haliotis tuberculata used in the study is a gastropod that belongs to the order Vetigastropoda, and the family Haliotidae. 135 abalones with an average weight of 5.55 ± 1.24 g, an average length and shell width of 3.14 ± 0.23 cm and 2.12 ± 0.18 cm were selected for the experiment.

These individuals were divided into three different densities (10, 15, 20 individuals) in nine (9) plastic tanks with a base area of 0.15 m² of 3 tanks per density. The abalones from each tank were fed 70% of their body weight with available macroalgae such as *Ulva lactuca* and *Dictiopeterus* sp. Morphometric relationships that include the relationships between length-width and condition factor were determined

At the end of 12 months of experimentation, changes in length, width, and annual average weight as a function of density indicate that low stocking densities favor a faster increase in these variables (length, width, and weight). The analysis of these relationships indicates a strong correlation between the length and width of the *Haliotis tuberculata* shell. However, it is noted the correlation between these two variables decreases inversely with density. The average values of the condition factor are 18.89 ± 0.96 , 18.72 ± 1.18 and 18.59 ± 1.14 for densities D10, D15 and D20 respectively. Analysis of the results of this study shows that when population density becomes too high, the growth of *H. tuberculata* is slowed down both in weight and in size. The condition factor analysis also indicates that the best biological performance is obtained at the lowest density (D10) thus inducing better growth.

Keywords: *Haliotis tuberculata*, breeding, density, growth

1. Introduction

Haliotis tuberculata is a gastropod mollusc that is found exclusively in Europe and North Africa (Huchette and Clavier, 2004). It is located from the north of the Channel Islands to the south of Senegal, as well as to the Canary Islands and the Mediterranean.

Abalone is a mostly herbivorous animal that feeds on often drifting macroalgae. Its growth is slow and extremely variable from one individual to another (Basuyaux, 1997). *Haliotis tuberculata* can have several cycles of fertility and gametes emission. Spawning takes place usually over a few weeks, depending on the geographical area. They are asynchronous from one site to another and synchronous within the same location (Belhsen, 2000).

In Senegal, the exploitation of the abalone is made by artisanal divers. Its exploitation is of considerable economic importance. However, this mollusc is becoming more and rarer. Thus its market value is continuously rising. This requires commercial breeding to support the growing market demand, which has never been the case in Senegal.

However, the success of breeding this mollusk requires a good knowledge of breeding techniques. At the current stage of knowledge, the breeding of certain gastropods in tropical conditions is experiencing some difficulties due to the lack of control of zootechnical parameters (Codjia and Noumonvi, 2002). More frequently, an alternative, according to most rural farmers, to improve the profitability of their speculation is to place the highest number of shellfish possible in the breeding environments in contempt and ignorance of density standards (Noumonvi et al., 2012). The objective of this study is to determine the effect of population density on evolution morphometric parameters of *Haliotis tuberculata* Linnaeus 1758 under controlled culture.

2. Material and Methods

2.1 Experimental Site

The study was carried out at the Aquaculture Experiment Station of the University Institute of Fisheries and Aquaculture of the Cheikh Anta Diop University of Dakar, Senegal. It is located in the beach of Ouakam, 100 m from the fish landing area 14 ° 43' 26"N 17 ° 29' 21,01"W.

The station consists of a single building with an area of 100 m² inside which are the breeding facilities comprised of eight fiberglass tanks including two ovals of 2500 liters and six circulars with a capacity of 1000 liters, small plastic tanks of 50 liters and 80 liters for students experiments. The breeding is done in an open flow system. Water is pumped from the sea and decanted in a tank of 10 m³ before being used.

2.2 Experimental Protocol

The animals used in this study are molluscs, gastropods belonging to the order Vetigastropoda, family Haliotidae, genus *Haliotis* and species *tuberculata*.

Wild juveniles were collected on May 24, 2015, at the Ouakam Bay. Upon arrival at the station, they were measured and weighed to determine each's shell length and initial weight. They were acclimated for 1 month under the conditions of the station in cylindrical tanks with a capacity of 80 L. After the acclimation phase 135 individuals with an average weight of 5.55 ± 1.24 g, a length and a shell width average of 3.14 ± 0.23 cm and 2.12 ± 0.18 cm respectively, were selected for the experiment. These individuals were divided into three different densities (10, 15, 20 individuals) in nine (9) tanks with a base area of 0.15 m². Three (3) tanks were used per density. The selection method of the individuals to be reared was primarily based on morphological criteria. The chosen abalones were substantially equal in size and weight.

The water used was pumped from the sea and stored in a 10,000 L tank. Constant aeration was provided through the experimental tanks by air pumps. The abalones from each tank were fed 70% of their body weight with available macroalgae like *Ulva lactuca* during the first five months and the last three months and the rest with *Dictiopeterus sp.* Every week, the macroalgae have been replaced by new ones. These seaweeds were collected in the natural environment by divers in Ouakam then transported by glaciers to the station located 100 m from the beach. To maintain the water quality, the tanks were cleaned daily by siphoning out the water and renewing the water. The experiment was conducted in the period from July 2015 to June 2016.

2.3 Measurement of Morphometric Parameters

Each month, the abalone was carefully weighed with a 0.1g precision electronic scale. The length and width of the shell were also measured using a caliper to the millimeter. Weights and measurements of shell length thus obtained made it possible to establish the morphometric relations of the abalone for the different densities.

2.4 Morphometric Relationships

Morphometric relationships that include the relationship between length-width and condition

factor are critical biological parameters for fish species from which the condition or state of the species' stocks can be inferred (Bagenal and Tesch, 1978). These parameters are also important for species selection in aquaculture (Wambijin et al., 2008).

2.4.1 Shell Length (SL), Shell Width (SW) Relationships

To examine the morphometric variations, the relation linking the length of the shell of *H. tuberculata* to its width has been established. The following formula describes this relation: $SL = a \times SW + b$; where SL is the length in millimeters, SW: width in millimeters, a and b are respectively the slope and the ordinate at the origin.

2.4.2 Condition Factor

The condition factor tracks changes in the metabolic balance of individuals through seasonal changes in body weight under the influence of biotic and abiotic factors regardless of size (Angelescu et al., 1958). The condition factor (K) of each specimen was calculated according to the following expression (Ricker, 1975): $K = 100 \times WT / SL^3$. Where K is the condition factor; WT: the total weight; SL: the length of the shell.

3. Results

At the end of one year of experimentation, *H. tuberculata* acquired an average length of 3.49 ± 0.18 cm; 3.41 ± 0.17 cm; 3.22 ± 0.12 cm; corresponding to an average annual weight of 8.05 ± 1.53 g; 7.60 ± 1.34 g and 6.37 ± 1.11 g respectively for densities D10, D15 and D20 (Table 1). The corresponding average annual width is respectively 2.32 ± 0.13 cm; 2.28 ± 0.12 cm and 2.17 ± 0.10 cm for the densities of D10, D15 and D20. The change in length, width, and annual average weight as a function of density (Figure 1) indicates that low stocking densities favor a faster increase in these variables (length, width, and weight).

Table 1. Initial and annual means lengths, widths and weights of *H. tuberculata*

Density	IML (cm)	AML (cm)	IMWi (cm)	AMWi (cm)	IMWe (g)	AMWe (g)
D10	3.23±0.23	3.49±0.18	2.15±0.17	2.32±0.13	6.37±1.30	8.05±1.53
D20	3.22±0.20	3.41±0.17	2.18±0.14	2.28±0.12	6.60±1.20	7.6±1.34
D30	3.04±0.21	3.22±0.12	2.08±0.19	2.17±0.10	4.94±1.00	6.37±1.11

IML: Initial mean length, AML: Annual mean length, IMWi: Initial mean Width, AMWi: mean Width, IMWe: Initial mean weight, AMWe: Annual mean weight

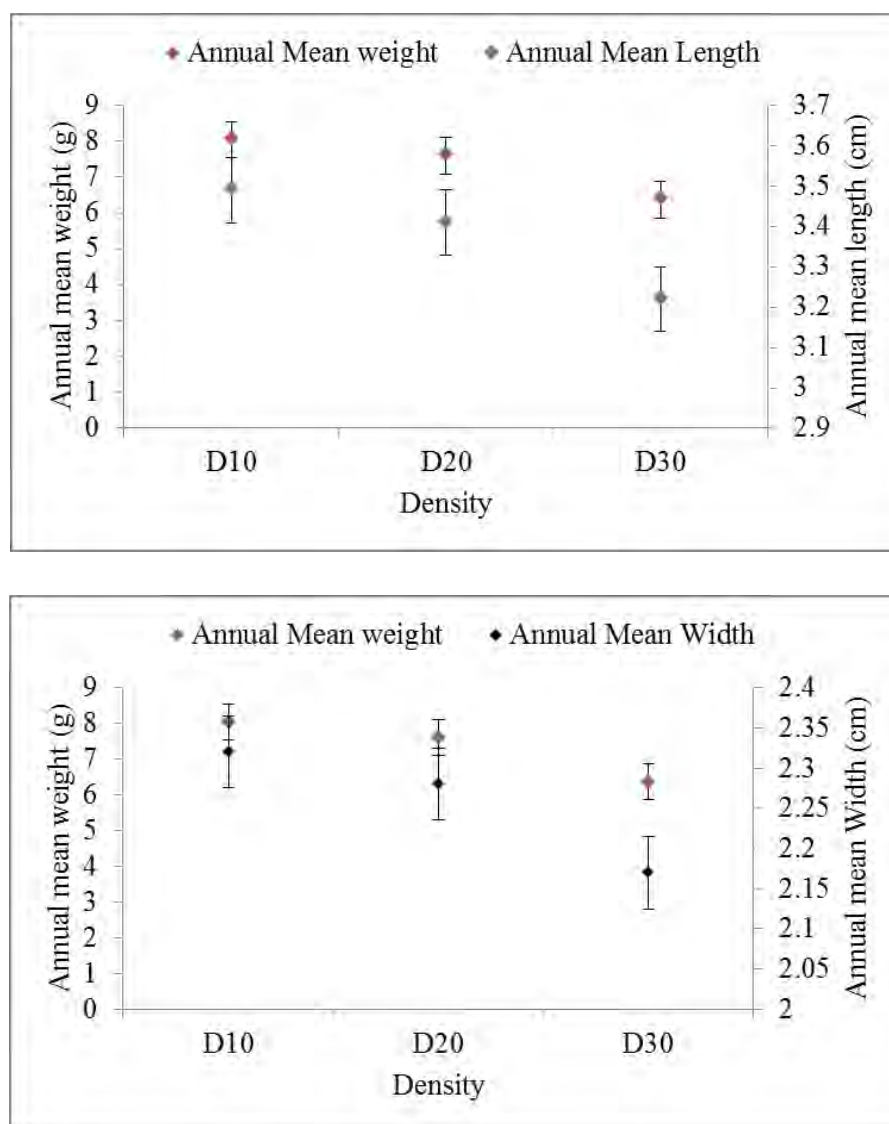


Figure 1. Change in annual average weight, yearly mean length and yearly mean width as a function of density

3.1 Shell Length (SL)-Shell Width (SW) Relationships

The relationship between the length and width of the *H. tuberculata* shell is established for each density (Figure 2). The parameters of these relationships are shown in Table 2. The analysis of these relationships indicates a strong correlation between the length and width of the *H. tuberculata* shell. However, it is noted the correlation between these two variables decreases inversely with density

Table 2. Parameters of Shell length (SL)-Shell width (SW) relationships for *H. tuberculata*

Density	Shell length (SL)-Shell width (SW) relationships			Equation
	A	b	R ²	
D10	0.66	0.02	0.85	SL=0.66×SW+0.02
D15	0.62	0.16	0.79	SL=0.62×SW+0.16
D20	0.60	0.18	0.77	SL=0.60×SW+0.18

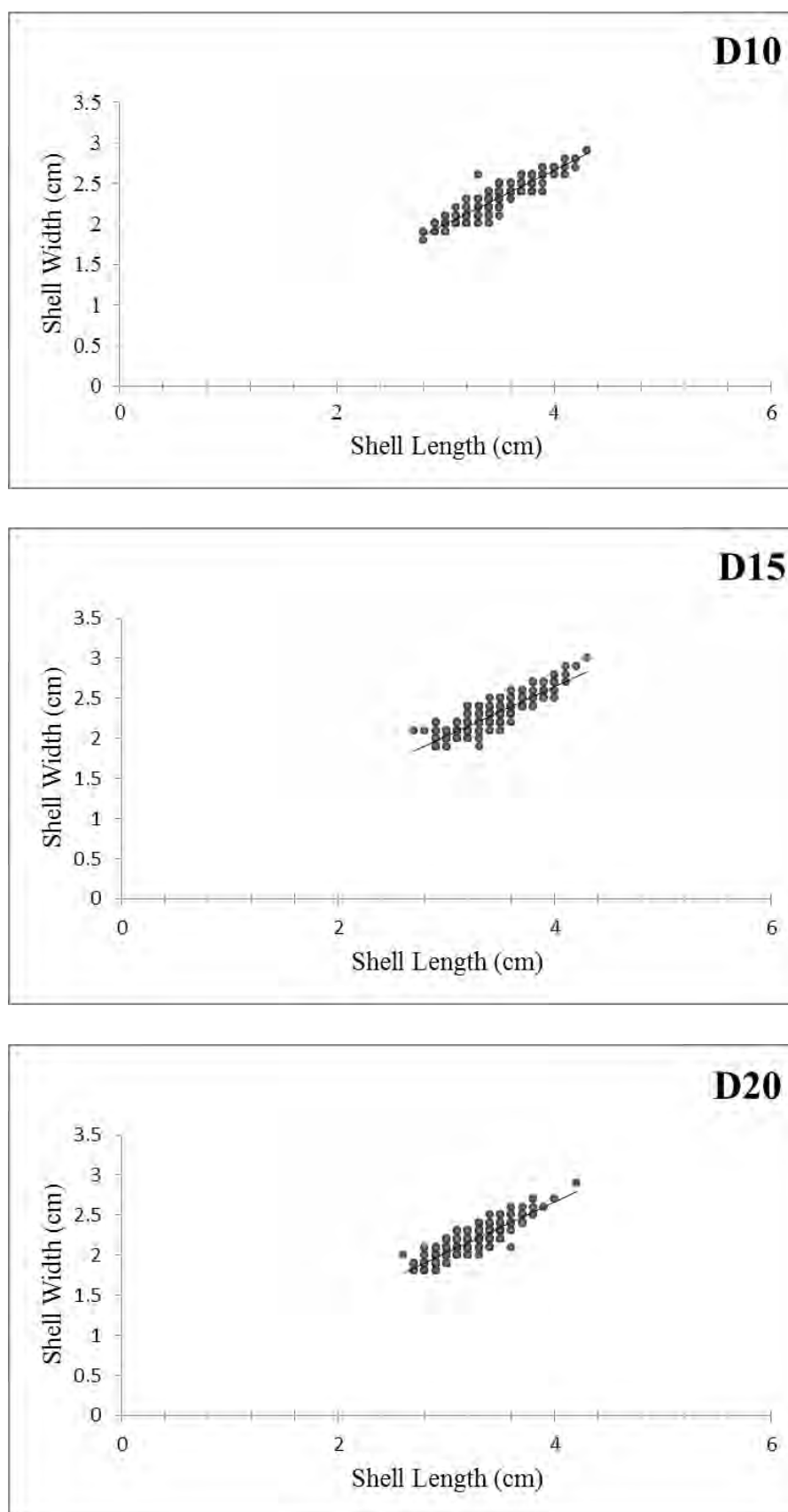


Figure 2. Shell length (SL)-Shell width (SW) relationships

3.2 Condition Factor

The average condition factor of individuals of each density is shown in Figure 3. The average condition factor values are 18.89 ± 0.96 , 18.72 ± 1.18 and 18.59 ± 1.14 for densities D10, D15 and D20 respectively. The condition factor is slightly higher for density D10, followed by densities D15 and D20 respectively.

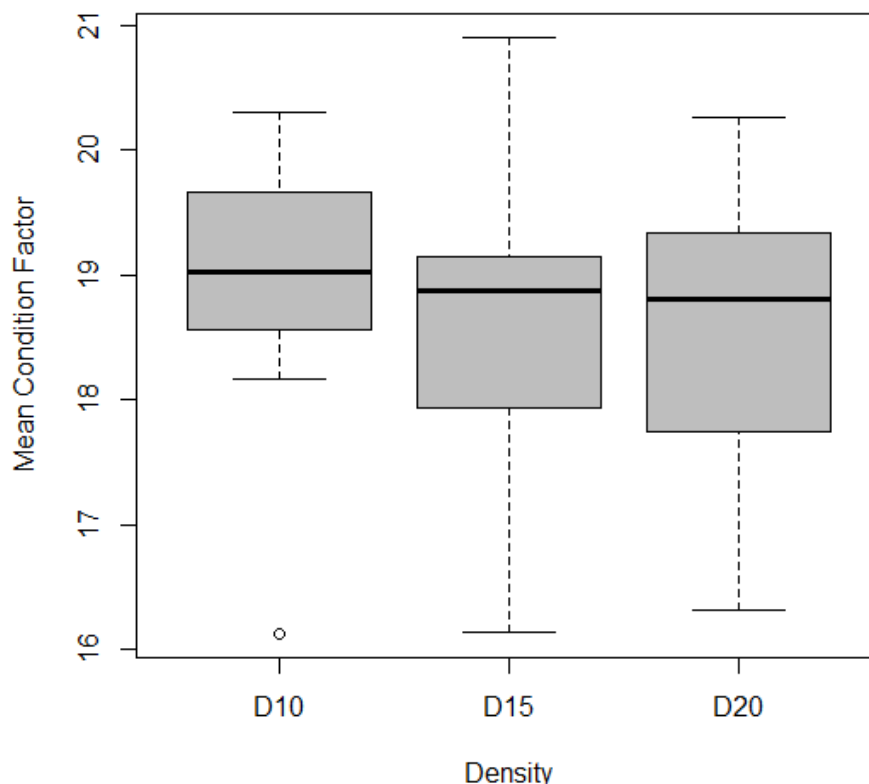


Figure 3. Annual Average of condition factor of *H. tuberculata*

4. Discussion

The effect of density on growth has attracted the attention of many researchers (Karamoko et al., 2011). Analysis of the results of this study shows that when population density becomes too high, the growth of *H. tuberculata* is slowed down both in weight and in size. The condition factor analysis also shows that the best biological performance is obtained at the lowest density (D10) thus inducing better growth.

Karamoko et al. (2011) obtained similar results for the gastropod *Limicolaria flammea* (Müller) reared at different densities (100, 200, 300, and 400 snails / m²). These authors have shown that the best biological performances are obtained at the density of 100 snails / m². High densities are well identified as a stressor for abalone (Mgaya and Mercer 1995, Capinpin et al., 1999, Huchette et al., 2003). The growth of a population is then accepted as a decreasing function of density (Valde's-Urriolagoitia 2000, Huchette et al. 2003)).

The best growth performance obtained for the lowest density could be due to several factors such as competition. Indeed, a high population density would limit the growth of *H.*

tuberculata. Also, the effects of density also include growth inhibitory factors such as ammonia, metabolites from food or feces (Hargreaves and Kucuk 2001, Cheng et al., 2004a). For high densities, one of the leading causes of slower growth would probably be a decrease in nutrient reserves in the face of greater intraspecific competition (Thomas and Benjamin, 1974). Indeed, when the density increases, the amount of mucus secreted in the tanks also increases. When mucus is abundant, it can make any form of displacement of *H. tuberculata* difficult for foraging.

Also, high densities can negatively affect the oxygen level available in the environment as (Cheng et al., 2004b) have noted in *Haliotis diversicolor supertexta*. The cumulative effect of these two factors (mucus and oxygen) can create physiological stress and disturbances (Noumonvi et al., 2012). In gastropods, biotic factors such as density are significant for growth, both regarding speed and size (Cook, 2001; Gomot de Vaufléury 2001).

5. Conclusion

The present study shows that population density is a crucial parameter in the growth of *H. tuberculata* in culture. We could consider low density favors the best conditions for faster growth of *H. tuberculata*. On the other hand, if the density increases, it follows a slower growth. Thus, the density of 10 would be ideal for the efficient breeding of this species.

Références

- Angelescu, V., Gneri F. S., & Nani. A. (1958). La merluza del mar argentino (biología taxonomía). Secr. Mar. Serv. Hidrog. Nav. Publico., H 100 4: 1-224.
- Bagenal, T. B., & Tesch, F. W. (1978). Age and growth. In: Bagenal, T. (Ed.), Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters. IBPH and book No. 3, 3rd ed. Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 101-136.
- Basuyaux, O. (1997). Etude et modélisation des paramètres physico-chimiques sur la croissance de l'ormeau *Haliotis tuberculata* en circuit semi-fermé. Thèse de doctorat de l'Université de Caen.
- Belhsen, O. K. (2000). Etude cytologique de la gamétogenèse, du système nerveux central et du cycle de reproduction de l'ormeau européen *Haliotis tuberculata*. Thèse de doctorat de l'Université de Caen.
- Capinpin, Jr., E. C., Toledo, J. D., Encena, V. C., & Doi, M. (1999). Density-dependent growth of the tropical abalone *Haliotis asinina* in cage culture. *Aquaculture* 171, 227-235. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00490-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00490-6)
- Cheng, W., Hsiao, I. S., & Chen, J. C. (2004a). Effect of ammonia on the immune response of Taiwan abalone *Haliotis diversicolor supertexta* and its susceptibility to *Vibrio parahaemolyticus*. *Fish Shellfish Immunol.* 17, 193-202. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2004.03.004>
- Cheng, W., Li, C. H., & Chen, J. C. (2004b). Effect of dissolved oxygen on the immune response of *Haliotis diversicolor supertexta* and its susceptibility to *Vibrio parahaemolyticus*.

Aquaculture, 232, 103–115. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00488-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00488-5)

Codjia, J. T. C., & Noumonvi, R. C. G. (2002). Guide technique d'élevage n°02 sur les escargots géants. J. Hardouin, B.E.D.I.M, FUSAGx, 5030 Gembloux 8 p. <http://www.bib.fsagx.ac.be/bedim/guide/pdf/2.pdf>.

Cook, A. (2001). Behavioural ecology: on doing the right thing, in the right place at the right time. *The biology of terrestrial molluscs* (ed G.M. Barker), pp. 447–488 CABI Publishing, Wallingford, UK. <https://doi.org/10.1079/9780851993188.0447>

Gomot de Vaufleury, A. (2001). Regulation of growth and reproduction. *The biology of terrestrial molluscs* (ed G.M. Barker), pp. 331–355. CABI Publishing, Wallingford, UK. <https://doi.org/10.1079/9780851993188.0331>

Hargreaves, J. A., & Kucuk, S. (2001). Effects of diel un-ionized ammonia fluctuation on juvenile hybrid striped bass, channel catfish, and blue tilapia. *Aquaculture* 195, 163–181. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00543-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00543-3)

Huchette, S. M. H., Koh, C. S., & Day, R. W. (2003). Growth of juvenile blacklip abalone (*Haliotis rubra*) in aquaculture tanks: effects of density and ammonia. *Aquaculture*. 219, 457-470. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00627-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00627-0)

Huchette, S., & Clavier, J. (2004). Status of the ormer *Haliotis tuberculata* L industry in Europe. *Journal of Shellfish Research*, 23, 951-955.

Karamoko, M., Memel, J. D., Kouassi K, D., & Otchoumou, A. (2011). Effect of animal density on growth and reproduction in the African land snail *Limicolaria flammea* (Müller), under breeding conditions. *Acta Zoológica Mexicana (n. s.)*, 27(2), 393-406.

Lloyd, M. J., & Bates, A. E. (2008). Influence of density-dependent food consumption, foraging and stacking behaviour on the growth rate of the Northern abalone, *Haliotis kamtschatkana*. *Aquaculture*, 277(1), 24–29. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.01.039>

Mgaya, Y. D., & Mercer, J. P. (1995). The effects of size grading and stocking density on growth performance of juvenile abalone, *Haliotis tuberculata* Linnaeus. *Aquaculture*, 136, 297-312. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(95\)00066-6](https://doi.org/10.1016/0044-8486(95)00066-6)

Noumonvi, C. G. R., Lougbegnon, O. T., Dahouda M., & Codjia J. T. C. (2012). *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB). Numéro spécial Elevages de gibier & non gibier*. 1840-7099.

Ricker, W. W. (1975). Computations and interpretations of biological Statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, 191, 201-210.

Valde's-Urriolagoitia, A. A. (2000). Efecto de tres densidades de cultivo en la sobrevivencia y crecimiento de juveniles de abulon rojo *Haliotis rufescens* en un laboratorio comercial. Licenciatura Thesis. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California. México. 52 pp.

Wassnig, M., Day, R. W., Roberts, R. D., & Krsinich, A. (2009). Effects of density and food ration on the growth rate, mortality and biomass return of abalone in slab tanks. *Aquaculture Research*, 40, 1501–1509. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02250.x>

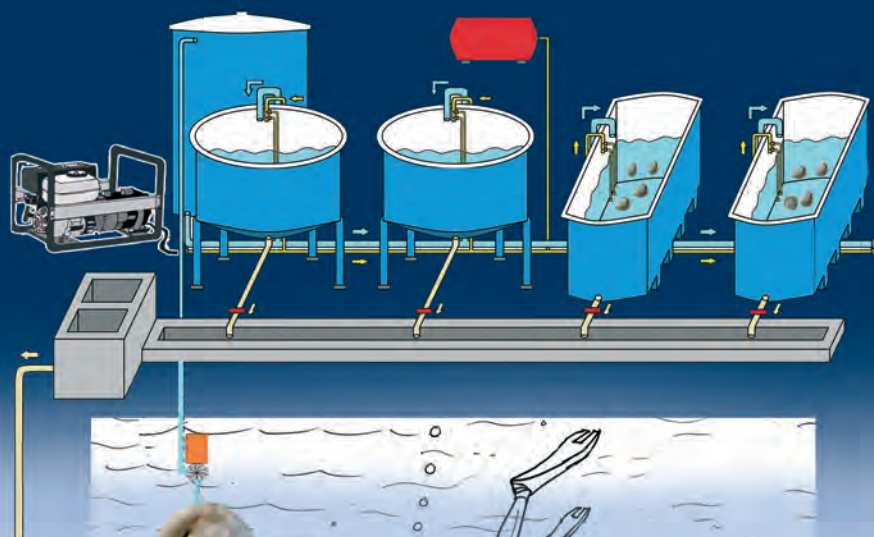
Copyright Disclaimer

Copyright for this article is retained by the author(s), with first publication rights granted to the journal.

This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>).



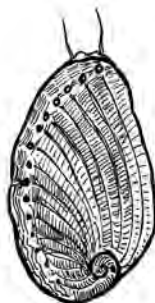
GUIDE TECHNIQUE DE L'ÉLEVAGE D'ORMEAU *HALIOTIS* *TUBERCULATA*



D^r Jean FALL
D^r Malick DIOUF
M. Abdoulaye LOUM
M^{lle} Mariama SAGNE
M. Diégane NDONG



GUIDE TECHNIQUE DE L'ELEVAGE D'ORMEAU *HALIOTIS* *TUBERCULATA*



AUTEURS :

**D^r Jean FALL
D^r Malick DIOUF
M. Abdoulaye LOUM
M^{lle} Mariama SAGNE
M. Diégane NDONG**

**Edité par les Inspecteurs de l'Enseignement Moyen Secondaire
Marcel SENE et Niowy FALL**

Illustrations et maquette : Karim GANGUE

Sommaire

Contexte et problématique de l'étude.....	5
1 Présentation de l'espèce.....	8
2 Critères de choix de la zone.....	10
3 Matériel.....	11
4 Mise en place des infrastructures de reproduction et d'élevage larvaire.....	13
5 Collecte, stockage et acclimatation des géniteurs.....	14
6 Collecte de macroalgues.....	18
7 Culture de microalgues.....	20
8 La maturation.....	23
9 La reproduction artificielle	24
- L'induction de ponte par choc thermique	
- La fertilisation	
10 L'élevage des larves.....	28
- La mise en place du dispositif pour le captage des naissains	
- La collection des larves	
11 Suivi des paramètres physicochimiques	29
- la température	
- l'oxygène dissout	
- le pH	
- la salinité	
12 Traitement des eaux usées par technologie enzymatique.....	29
- la fabrication du GE (Garbage Enzyme)	

Contexte et problématique de l'étude

La regression des captures d'ormeaux liée à la surpêche a entraîné un grand déséquilibre entre l'offre et la demande de ce mollusque au niveau mondial. Face à une demande qui ne cesse d'augmenter d'année en année depuis 1999, l'élevage d'ormeaux est aujourd'hui une alternative susceptible de redresser le niveau de l'offre.

Le Sénégal, compte tenu de ses conditions favorables à l'élevage d'ormeau, peut contribuer de façon significative à l'approvisionnement du marché mondial et à la création de richesses. Cela répond bien à la Stratégie de Croissance Accélérée (SCA) récemment définie par nos autorités et qui s'appuie sur l'implication du secteur privé pour impulser le développement socio-économique pour atteindre les Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD). C'est dans ce cadre qu'est né le projet essais de la reproduction et d'élevage larvaire de l'ormeau

Haliotis tuberculata.

Une étude préalable sur l'exploitation de l'ormeau au Sénégal faite auprès des pêcheurs et des services de pêches a permis de connaître le niveau de la production annuelle et les tendances mais aussi les autres paramètres nécessaires à la réussite de leur élevage.

Le but du projet est de contribuer aux efforts de lutte contre l'insécurité alimentaire et de réduction de la pauvreté.

Son objectif général est d'augmenter au Sénégal la capacité de production et de commercialisation d'ormeaux par l'élevage en bassin.

Ses objectifs spécifiques sont :

- la maîtrise des bases biologiques de l'ormeau local (*Haliotis Tuberculata*) ;
- la maîtrise à petite échelle des différents systèmes d'élevage pour la production d'ormeaux de taille commerciale ;
- le développement de nouvelles opportunités d'affaires pour les populations en vue d'améliorer leurs moyens d'existence ;
- la dissémination des résultats du projet dans les autres pays membres de l'UEMOA.

Le but principal du guide est de maîtriser les connaissances et les techniques d'élevage d'ormeaux.

Notre approche est de développer une base de compétences et de mettre en place un programme de reproduction d'ormeaux qui peut être bénéfique à nos stocks locaux.

1. Présentation de l'espèce

CLASSIFICATION

Règne: Animal

Embranchement: Mollusque

Classe: Gastropode

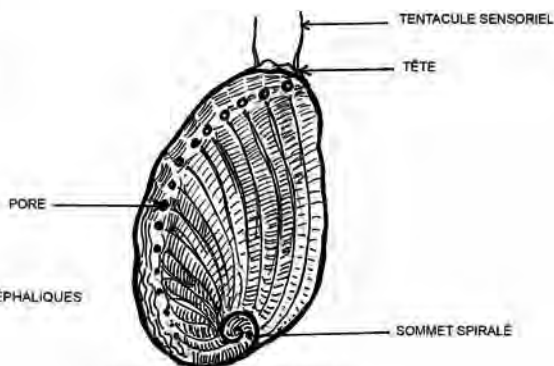
Sous-classe: Prosobranch

Ordre: Archaeogastropode

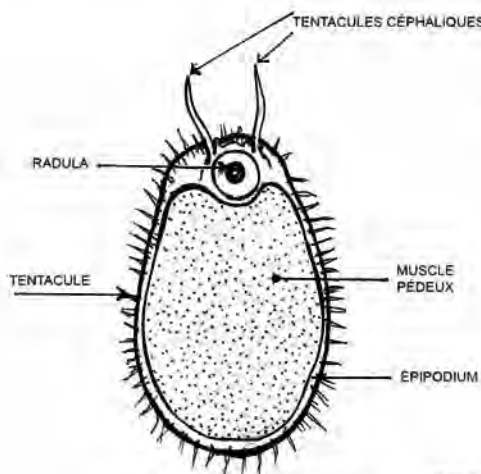
Famille: Haliotididae

Genre: *Haliotis*

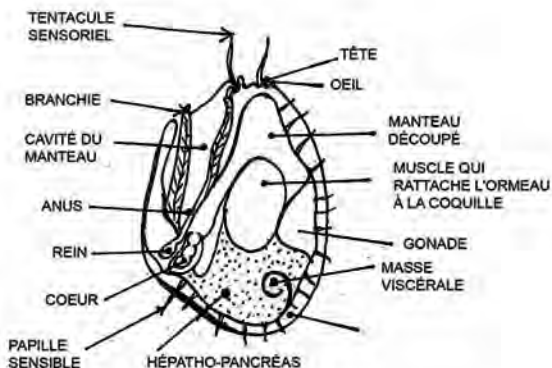
Espèce: *tuberculata*



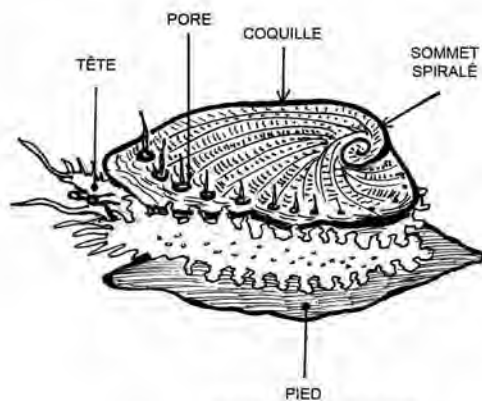
VUE DORSALE D'UN ORMEAU



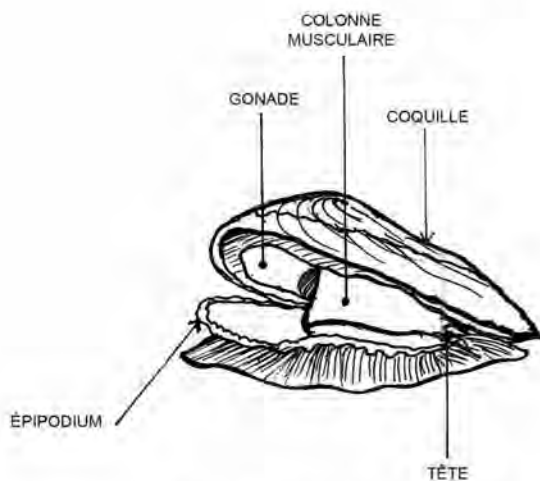
VUE DU BAS D'UN ORMEAU



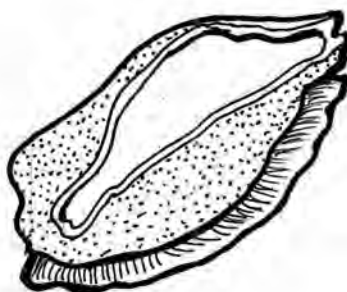
FACE DORSALE D'UN ORMEAU
SANS COQUILLE



ORMEAU VU DE COTE



ORMEAU OUVERT SUR LE COTE



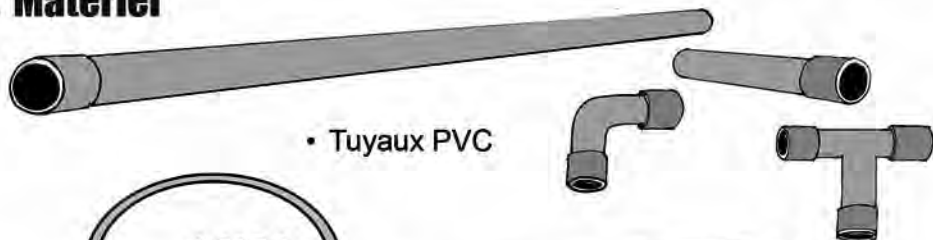
ORMEAU A L'ENVERS

2. Critères de choix de la zone

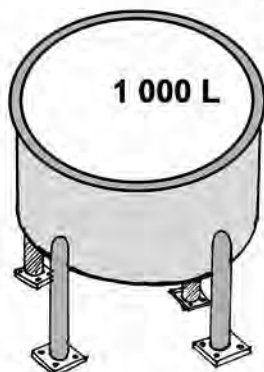
- Zone côtière ou île,
- Zone riche en algues (aliment naturel),
- Présence de rochers (habitat),
- Bonne qualité d'eau,
- Faible vitesse du courant,
- Pas de prédateurs,
- Accessible (transport).



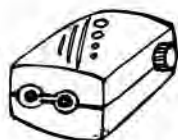
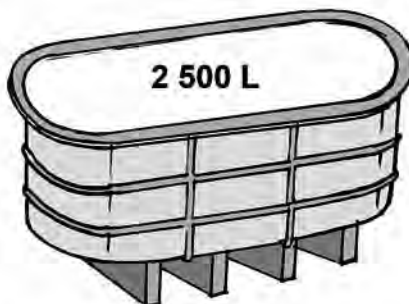
3. Matériel



• Tuyaux PVC



• Bacs en fibre de verre circulaire et ovale



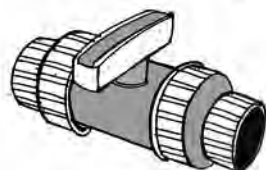
• Bulleurs



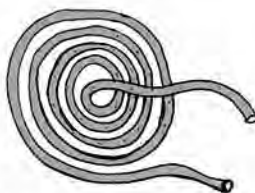
• Valves à air



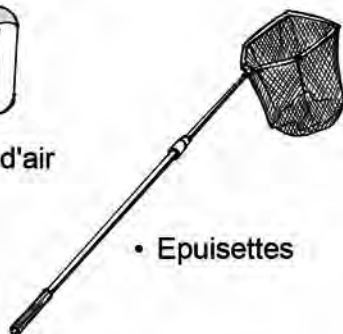
• Diffuseurs d'air



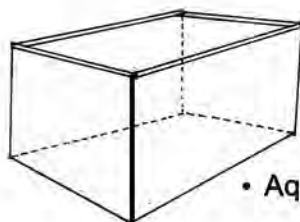
• Valves (PVC)



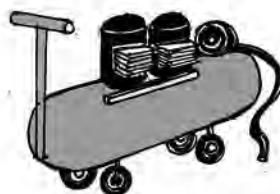
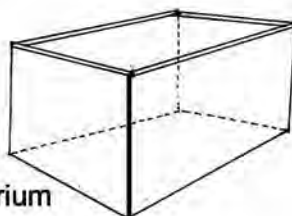
• Tubes d'air transparents



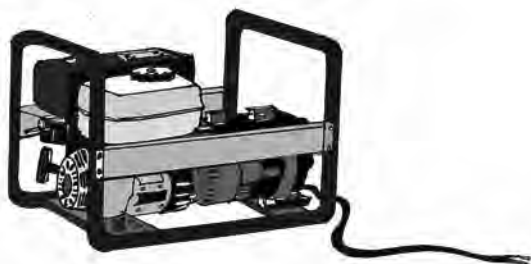
• Epuisettes



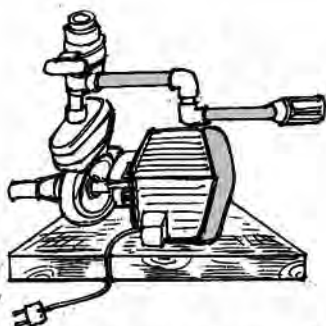
• Aquarium



• Compresseur ou bulleur



• Groupe électrogène



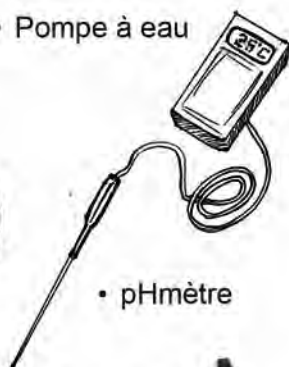
• Pompe à eau



• Thermostat électrique



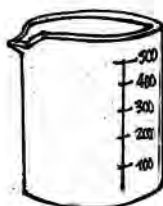
• Réfractomètre



• pHmètre



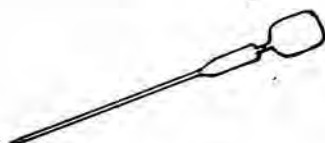
• Appareil multifonctionnel
(température, oxygène)



• Bêcher



• Briques fabriquées d'après
un gabarit, à placer
au fond des bacs



• Pipette Pasteur



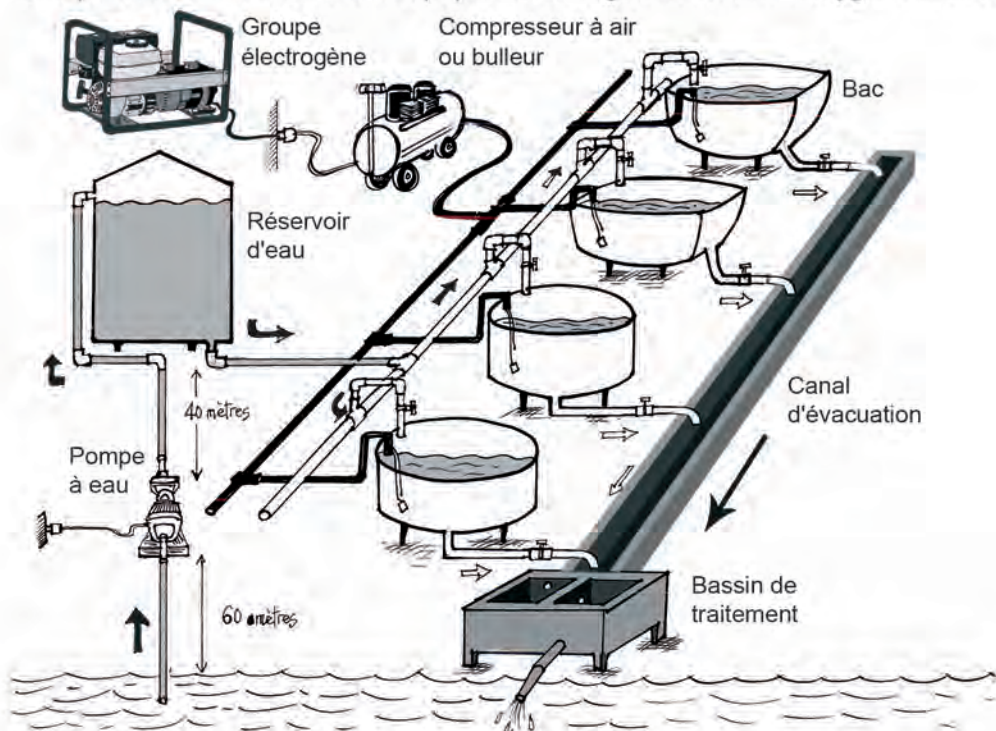
• Microscope

3. Mise en place des infrastructures de reproduction et d'élevage larvaire

La mise en place des infrastructures de reproduction et d'élevage larvaire constitue une étape importante. Il s'agit de :

- l'installation des bacs en fibre de verre (ovale et circulaire)
- l'aménagement du canal d'évacuation des eaux usées
- l'aménagement du bassin de traitement des eaux usées
- le collage de la tuyauterie (tuyaux, coudes, T et valves)
- l'installation des taules en béton dans les bacs pour abri des géniteurs.
- l'installation de la pompe à eau de surface à environ 60 m de la mer et 40 m de l'unité d'élevage. Elle est reliée à un réservoir de 10 m³ qui permet de pomper l'eau de mer pour l'approvisionnement des bacs d'élevage.
- l'installation du dispositif d'aération constituée d'un compresseur à air (ou de bulleurs) relié par une tuyauterie aux bulleurs qui diffusent l'oxygène dans les bacs.

Chaque bac est muni d'une valve qui permet de réguler le volume d'oxygène dissous.



5. Collecte, stockage et acclimatation des géniteurs

Préparation du plongeur

Recherche d'un sac ou seau où mettre les ormeaux qui seront collectés

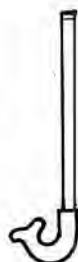
Port tenue de plongée, palmes et masque.



• combinaison



• masque



• tube



• gants



• palmes



• torche



• couteau

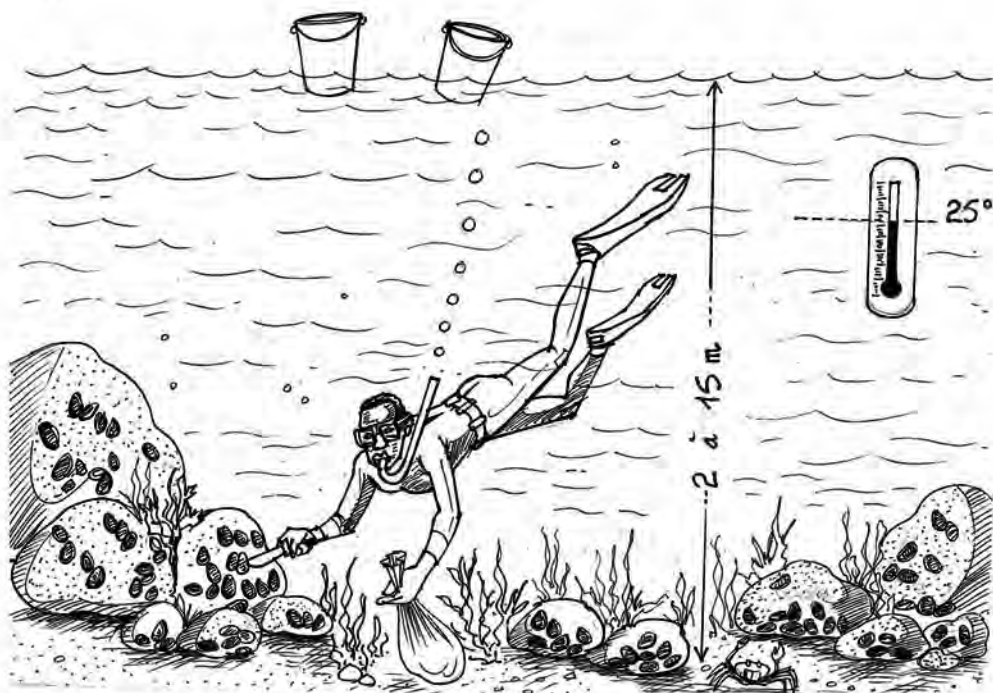


- la plongée par apnée entre 2 m jusqu'à 15 m de profondeur
- la collecte d'ormeaux

Le stock de géniteurs a été collecté la matinée du 15 Juin 2013 au niveau de la baie de Ouakam.

La température de l'eau de mer était de 25 ° C au moment de la collecte.

Les ormeaux sélectionnés sont conservés dans des seaux contenant des algues fraîchement prélevées pour les garder humides pendant le transport au centre d'expérimentation de Ouakam.



NB: Le transport peut se faire à l'aide de seaux contenant ou pas d'eau (cela dépend de la distance).

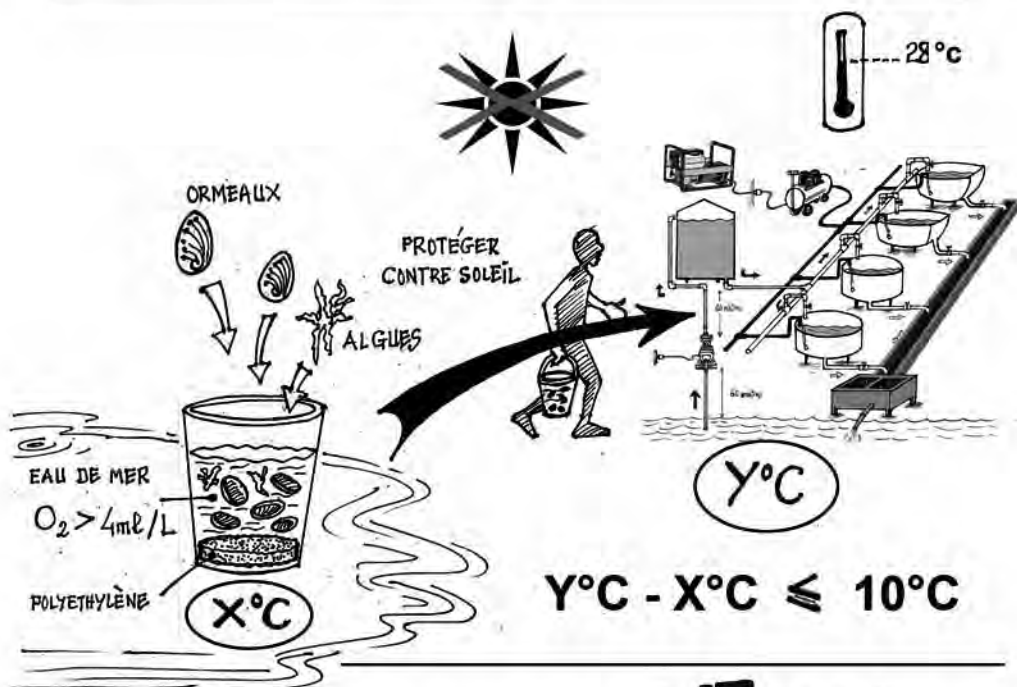
Si le transport se fait dans de l'eau sur de longues distances, il est nécessaire de maintenir l'oxygène dissout supérieur à 4 ml/L.

Mettre du polyéthylène au fond du seau pour éviter les blessures.

Protéger les seaux contre le soleil (préserver l'humidité).

La différence entre la température de transport et celle du bassin d'élevage ne doit pas dépasser 10°C (mortalité).

Si c'est le cas, augmenter graduellement de 3 à 5°C tous les 3 à 4 h jusqu'à l'équilibre.



si $Y^{\circ}\text{C} - X^{\circ}\text{C} > 10^{\circ}\text{C}$



Si la différence de la température de transport et celle du bassin d'élevage dépasse 10°C (mortalité), augmenter graduellement de 3 à 5°C tous les 3 à 4 h jusqu'à l'équilibre.



Arrivée à l'écloserie, les ormeaux sont sexés (séparés en mâle ou femelle),
Evaluer la maturité des ormeaux en examinant les gonades (forme, couleur)

NB: le sexage se fait par inspection visuelle

La gonade mâle est blanc laiteux

La gonade femelle est grisâtre.

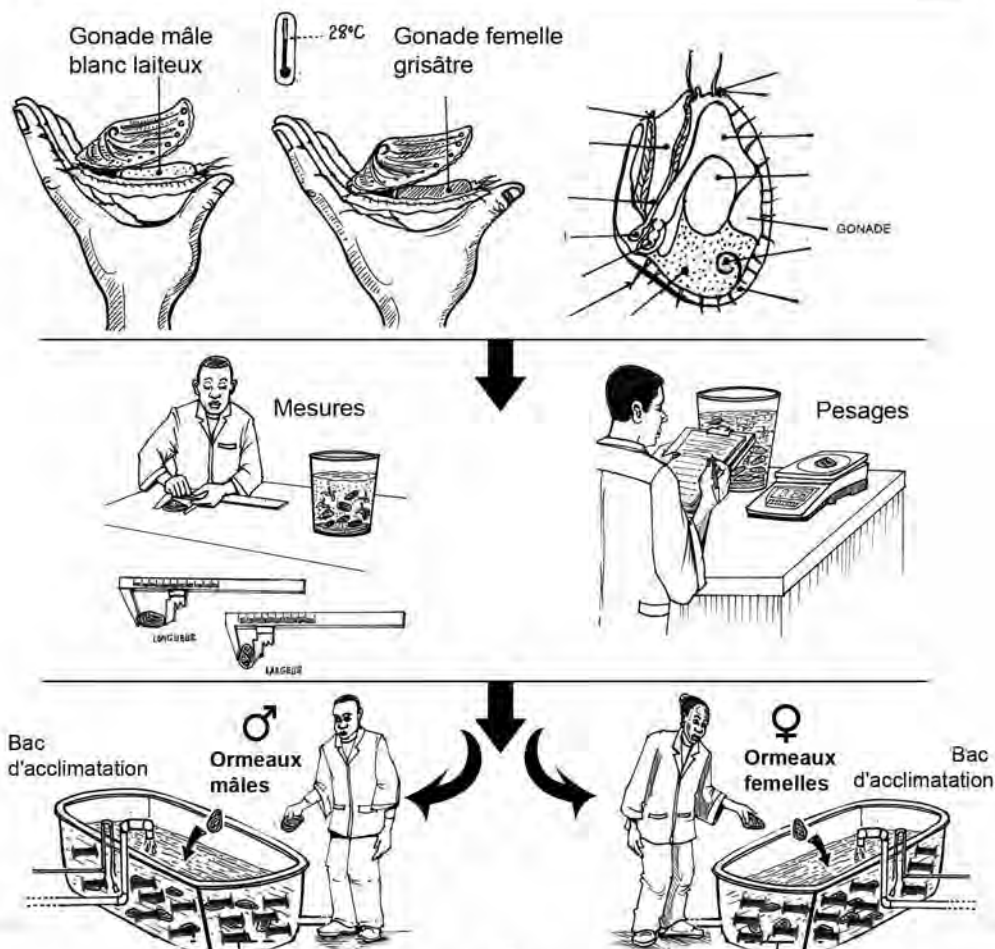
La couleur dépend du stade de développement.

Les ormeaux sont mesurés, pesés et placés dans des bacs d'acclimatation.

Chaque bac est vigoureusement aéré.

La température ambiante dans l'écloserie est en moyenne de 28 ° C.

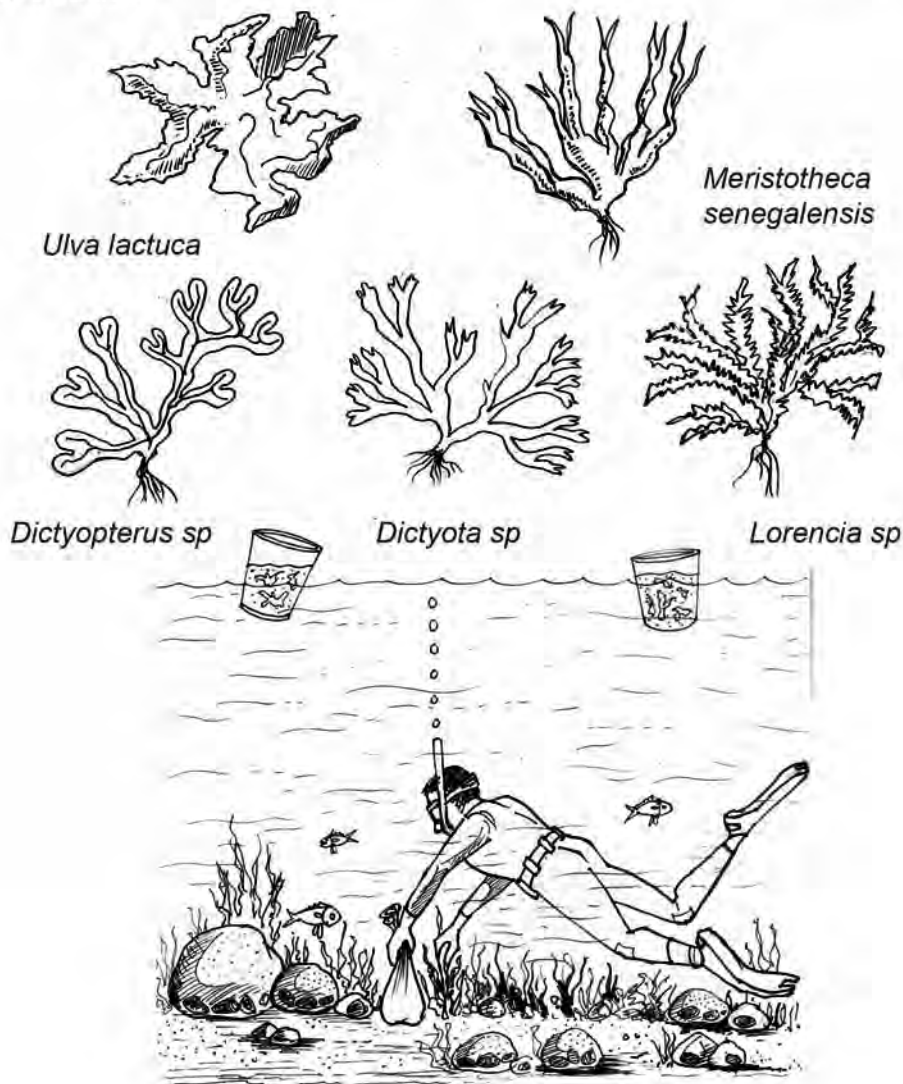
Environ plus de 1000 individus d'ormeaux sont collectés au niveau de la côte de Ouakam située à quelques mètres de l'unité aquacole.



6. COLLECTE DE MACROALGUES

Des macroalgues *Ulva lactuca* et *Meristotheca senegalensis* sont collectées de mars à août au niveau de la côte de Ouakam et sur la corniche ouest en face de l'université cheikh Anta DIOP de Dakar.

Les algues *Dictyopterus sp*, *Dictyota sp* et *Lorencia sp* pouvant être conservées pendant 5 à 6 jours sont collectées de septembre à mars à la pointe des Almadies.



A leur arrivée, les algues sont lavées et traitées avec de l'eau douce pour éliminer les impuretés et d'éventuels parasites.



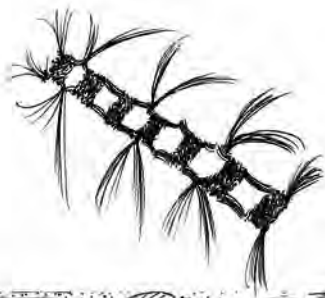
7. CULTURE DE MICROALGUES

Collecte de *Chlorella* sp et *Chaetoceros* sp en utilisant un filet à plancton.

Chlorella sp



Chaetoceros sp



1 Préparation de la lancée du filet



2 Lancée du filet



3 Tirage du filet



4 Remplissage des bouteilles en plastique préalablement nettoyées



1 Prélèvement d'échantillons



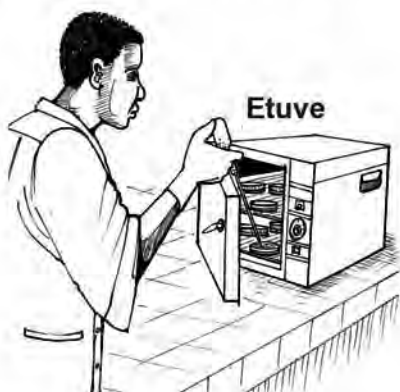
2 Mise sur lamelle



3 Observation au microscope



4 Ensemencement



5 Incubation



6 Observation de la souche d'algue isolée

Dans toute éclosion de mollusques à usage de micro-algues comme aliment, il est essentiel d'avoir une série de cultures qui peuvent être régulièrement utilisées pour démarrer à une grande échelle et avoir des réserves. Les cultures mères doivent être préparées de façon hygiénique pour éviter la contamination croisée avec d'autres espèces. Une technique de culture discontinue reposant sur l'utilisation de la phase de log (exponentielle) de la croissance par les cellules algales est utilisée. Il s'agit de mettre en culture un volume constant de micro-algues dans une bouteille en plastique de 10 litres sans aucun remplacement du milieu; ensuite utiliser ces stocks comme inoculum pour produire des cultures à grande échelle.

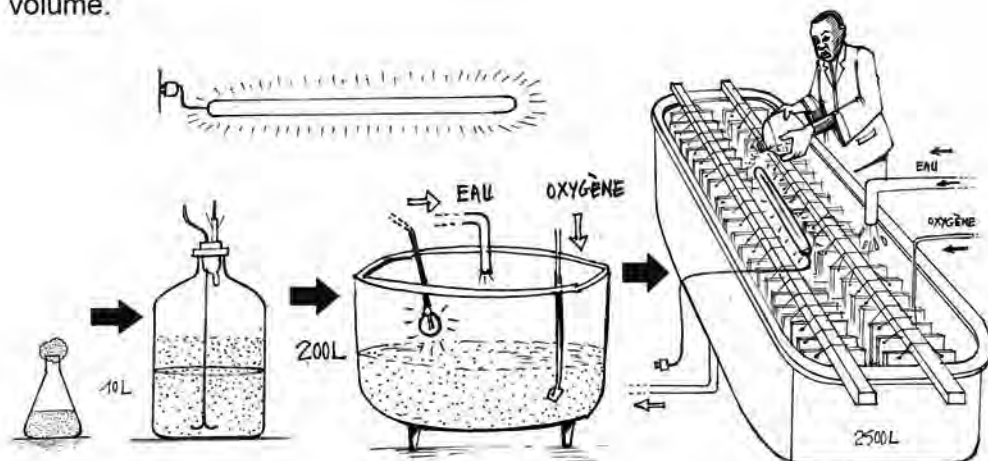
Ainsi la culture des souches de *Chlorella sp* est faite dans 4 bouteilles de 10L contenant chacune 8L d'eau douce qui y a été filtrée, chauffée puis laissée refroidir. Dans chaque bouteille les éléments suivant sont ajoutés : bicarbonate de soude, urée, sirop de fer, chlorure de calcium, eau de cendre, sel (NaCl), engrais NPK (15/15/15), vitamines et minéraux.

Chaque bouteille est inoculée avec 3ml de *Chlorella sp*.

Les quatre bouteilles sont soumises à une aération et une intensité lumineuse 24h / 24h pour assurer un bon développement des micro-algues.

La culture en masse des micro-algues

La culture en masse est réalisée avec un volume de 200 litres puis avec 2500 litres à la suite du développement des micro-algues dans un petit volume.

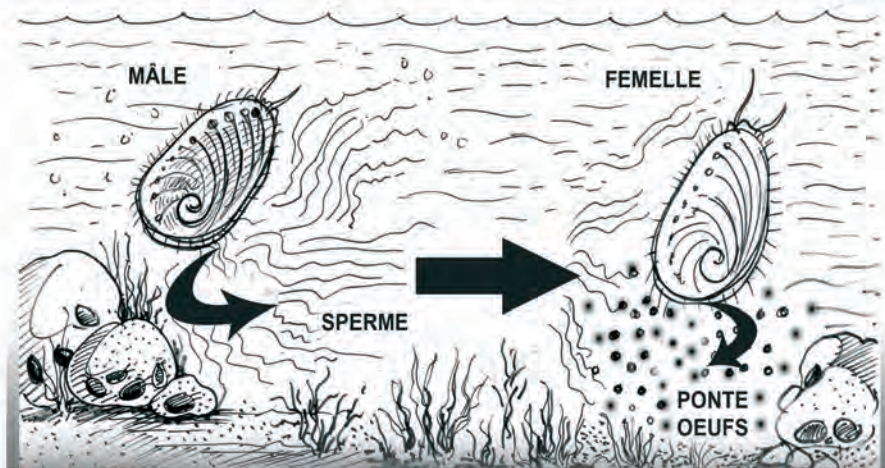


8. La maturation

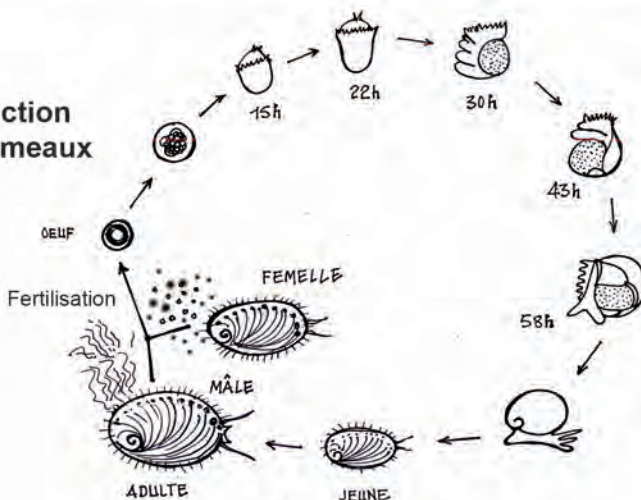
Les facteurs environnementaux affectant la maturation de l'ormeau sont:

- Le régime alimentaire (algues)
- La température de l'eau
- La photopériode

NB : En milieu naturel, les mâles d'ormeaux libèrent les spermatozoïdes afin de stimuler la ponte des femelles.



Cycle de reproduction chez les ormeaux



9. La reproduction artificielle

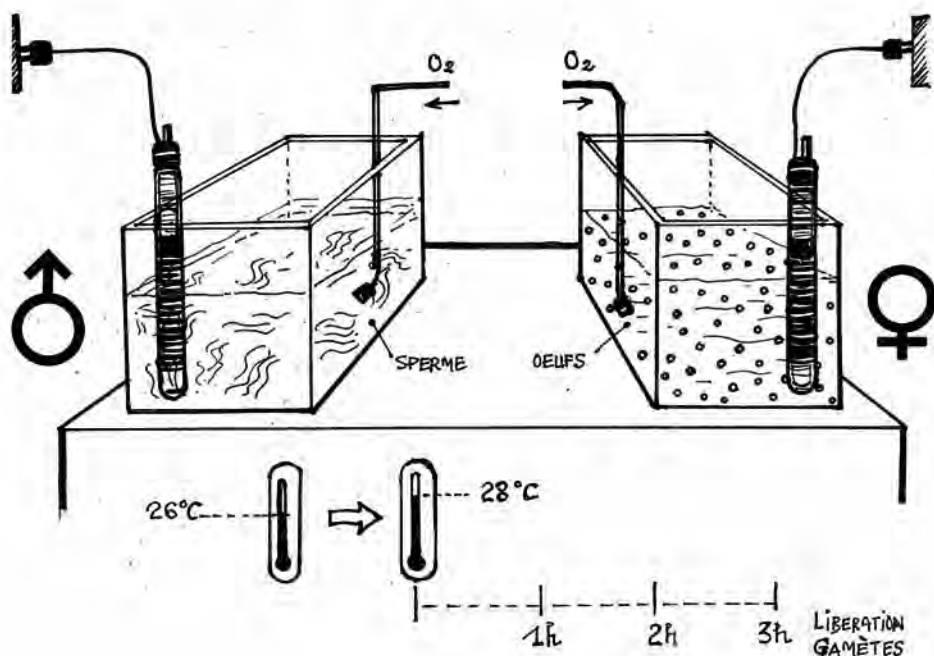
La reproduction artificielle constitue une étape déterminante car elle permet d'avoir des naissains et de continuer avec l'élevage larvaire.

L'induction de ponte par choc thermique

Il s'agit de :

- nettoyer et désinfecter les aquariums
- séparer les géniteurs mâle et femelle dans deux aquarium contenant 15 litres d'eau de mer filtrée chaque, soit un sexe ratio 1 male sur 3 ou 4 femelles.
- augmenter progressivement la température environ de 3 °C - 6 °C en raison de 1°C par heure

La température initiale était de 26 °C correspondant à la température des bacs de stockage. La température de l'eau peut être augmentée par un thermostat électrique ou en versant de l'eau de mer préchauffée.



Le déplacement ou mouvement des ormeaux augmente significativement après le choc de la température. Ainsi la plupart des ormeaux se déplace autour de l'aquarium en montrant un comportement pré-ponte

Les ormeaux femelles tordant leur coquille d'un côté à l'autre. Environ trois heures après que la température a été élevée à 28 ° C, les géniteurs libèrent leurs gamètes males et femelles.

En cas de non libération de gamètes, abaisser progressivement à la température initiale.



Les œufs et les spermatozoïdes sont recueillis à partir des aquariums et des échantillons de 1ml sont vérifiés au microscope pour faire le comptage. Les œufs sont siphonnés dans un aquarium contenant 15 l d'eau de mer, tandis que le sperme est dilué avec de l'eau de mer avant d'être utilisé pour la fécondation.

Le niveau d'opacité de la solution de sperme qui sera diluée est utilisé comme une mesure pour déterminer ou appréhender la quantité appropriée de sperme à mélanger avec les œufs.

Fertilisation

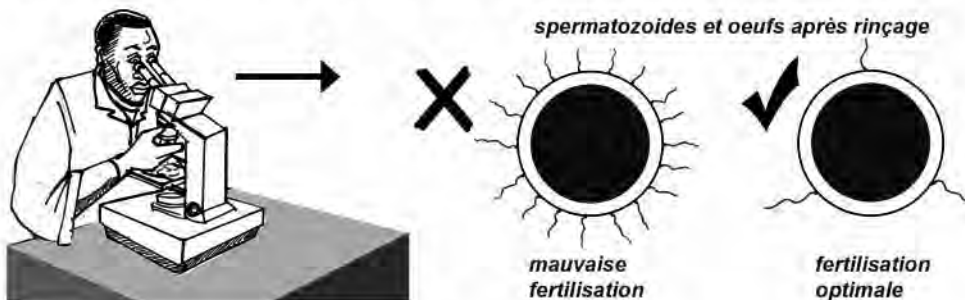
- En pratique le mélange œufs et sperme suit le ratio 3 ou 4 (volumes d'œufs) : 1 (volume de sperme)
- La température optimale d'incubation des œufs d'ormeaux est de 28°C



*Rincer les œufs fertilisés
pour éliminer
l'excès de sperme*



- Le mélange des gamètes mâles et femelles est agité de façon continue pendant deux minutes pour créer une suspension des œufs et du sperme et faciliter le processus de fécondation.
- Les œufs fécondés sont ensuite laissés pendant environ quinze minutes avant qu'un autre échantillon de 1 ml ne soit vérifié au microscope pour évaluer le succès de la fécondation.



- Une fois que la fécondation est établie, une série de changements d'eau ou rinçage est effectuée dans chaque aquarium d'œufs fécondés pour éliminer l'excès de spermatozoïdes.

Les œufs fécondés examinés au microscope montrent un jaune dense uniforme entouré par une membrane vitelline fine et claire.

L'élevage des larves

Environ 18 heures après la fécondation des œufs commencent à éclore et des larves trochophores sont observés dans la colonne d'eau.

Peu de temps après le taux d'éclosion a atteint son sommet, les larves sont siphonnées dans de nouveaux bacs, laissant les œufs non éclos derrière.

Cette mesure est prise pour réduire l'accumulation de bactéries dans l'eau et diminuer les risques d'infection chez les larves nouvellement écloses. Les larves sont ensuite laissées au repos pour développer de minces coquilles, après quoi ils sont plus tolérants à la manipulation.

Il faut noter qu'avant la reproduction artificielle il faut développer la culture de microalgues pendant deux semaines dans les bassins de captage des naissains.

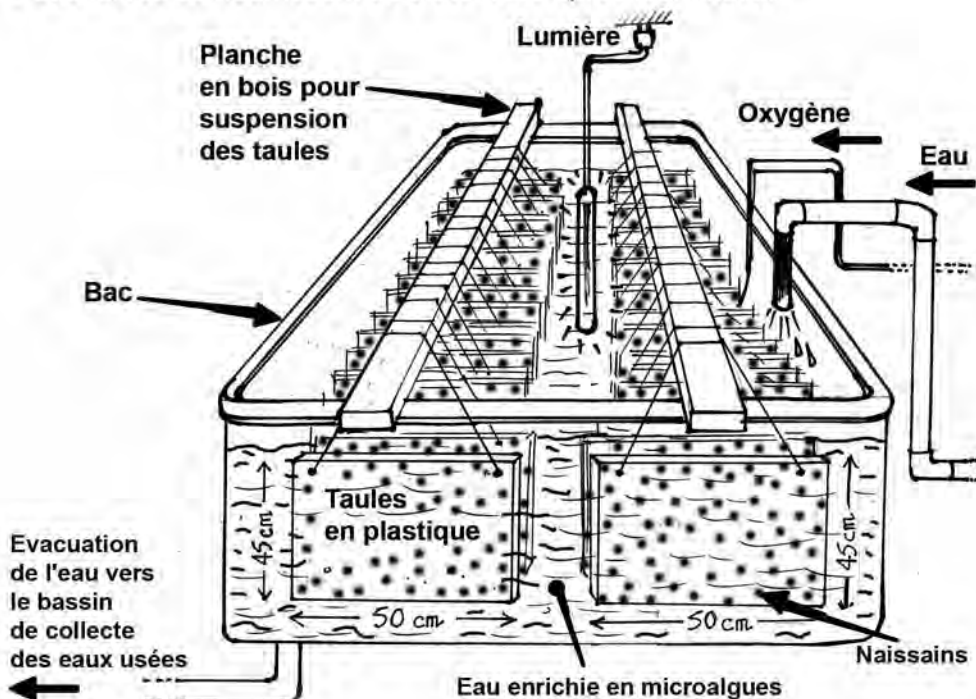
10. L'élevage des larves

Mise en place du dispositif pour le captage des naissains

- Des taules en plastique sont achetées puis découpées à la taille désirée (50 x 45 cm).
- Ces taules en plastique sont suspendues sur des planches et immergées dans l'eau des bacs pour le captage des naissains.
- Elles permettront de dénombrer les naissains obtenus après reproduction mais aussi de les collecter pour les transférer dans les bacs d'élevage larvaire.

Collection des larves

- Bien aérer pour empêcher les larves de se rassembler pour former une concentration dense due à la phototaxie
- Utiliser du GABA (acide gamma-aminobutyrique) peut induire la fixation des larves
- Fixation des naissains sur les taules plastiques
- La densité des larves planctoniques: 2-3 individus / ml
- Les larves se nourrissent de diatomées après leur fixation



11. Suivi des paramètres physicochimiques

Les paramètres physico-chimiques à savoir la température, l'oxygène dissout, le pH et la salinité sont contrôlés deux fois par jour (matin et soir).

- La température

Les prises de température sont effectuées deux fois par jour (matin et soir). La moyenne des prises de température effectuées sur 12 mois est de 28 °C. Cette température varie entre une valeur minimale de 19, 3°C et une valeur maximale de 30, 4°C,

- L'oxygène dissous (OD)

L'oxygène dissous varie de 4,11mg/L à 9,1mg/L sur 12 mois avec une moyenne égale à 7mg/L. Cette moyenne est dans l'intervalle de la gamme optimale pour l'espèce qui se situe entre 6,5 et 8 mg/L

- Le pH

Le pH des bacs d'élevage varie de 6 à 9 avec une moyenne qui se situe au environ de 8. Ce résultat se trouve dans l'intervalle optimal pour l'espèce qui est de 8 à 8,2.

- La salinité

Elle est contrôlée après chaque remplissage du réservoir par un refractomètre. Les résultats ont montré que la salinité est relativement constante (36 ppt).

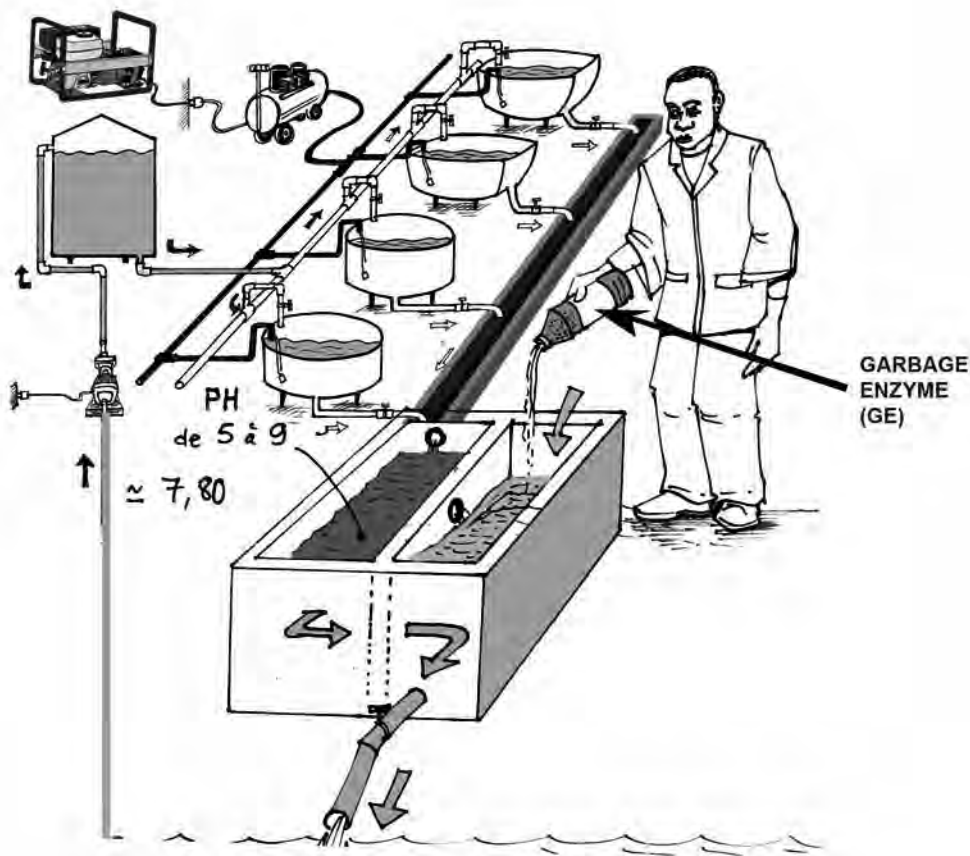
12. Traitement des eaux usées par technologie enzymatique

- Fabrication du GE selon le D' Rosukon Poompanvong, 2003

Il s'agit de prendre une bouteille de 5 000 cc, dans laquelle il faut mettre 3 000 cc d'eau + 300 g de sucre et 900 g de restes de végétaux frais. Ensuite la bouteille est bien fermée et gardée dans un endroit frais et sec à la température ambiante. Une fois par jour pendant le premier mois, il faut relâcher les gaz formés et s'assurer que la bouteille est hermétiquement fermée après chaque libération de gaz (O₃, CO₃ et NO₂). Les 2^{ème} et 3^{ème} mois, il faut libérer les gaz si nécessaire. La fermentation aura lieu dans les bouteilles pendant 3 mois. Les coenzymes sont obtenues après filtration et élimination des résidus. Les résidus peuvent être utilisés pour une nouvelle production en ajoutant des déchets frais ou séchés pour servir d'engrais.

Contrôle du pH des eaux usées du bassin de collecte :

Ce bassin est divisé en deux compartiments, le premier en relation avec le canal qui amène l'eau et le second avec le canal d'évacuation vers la mer. L'eau du deuxième compartiment est traitée avec du GE (Garbage Enzyme) avant son évacuation à la mer. La mesure du pH de chaque compartiment se fait deux fois par semaine. Le pH dans le compartiment sans traitement du bassin de collecte des eaux usées varie de 5 à 9 avec une moyenne égale à 7,80. Le traitement a fait varier le pH de 6 à 8 avec une moyenne égale à 7,47. Ceci montre que le GE (Garbage Enzyme) a un effet sur le pH.



PRESENTATION DES AUTEURS



Dr Jean FALL

Docteur en Aquaculture de L'Université de Miyazaki, Japon.
Enseignant chercheur à l'Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture (IUPA)
Coordonnateur du projet ormeau PAES/UEMOA.



Dr Malick DIOUF

Docteur en Biologie Animale de l'Université
Cheikh Anta DIOP de Dakar (UCAD) au Sénégal. Il est actuellement
enseignant-chercheur au département de Biologie Animale de la faculté des
Sciences et Techniques de l'UCAD et Directeur de
l'Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture (IUPA).



M. Abdoulaye LOUM

Doctorant, option Sciences halieutiques, Ecole Doctorale Sciences de la Vie, de la
Santé et de l'Environnement (UCAD).



Mlle Mariama SAGNE

Doctorante, option Sciences halieutiques, Ecole Doctorale Sciences de la Vie,
de la Santé et de l'Environnement (UCAD).



M. Diégane NDONG

Fonctionnaire chargé des ressources halieutiques, Direction des ressources
animales et halieutiques, Département de la Sécurité Alimentaire, de l'Agriculture
des Mines et de l'Environnement. Commission de l'UEMOA.

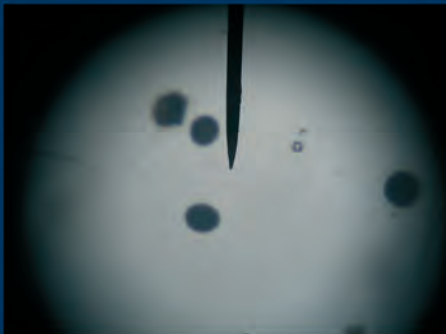
REMERCIEMENTS

L' équipe de recherche adresse ses vifs remerciements à la commission de
l' **UEMOA** et à la **BAD** pour leur contribution financière
au projet n P-Z1-1AD-002, Don n° 2100155007376.

Les auteurs remercient également le personnel du CLP (Comité Local des Pêcheurs),
plus particulièrement M. Abdoulaye DIOP, pour leur coopération dans le projet.

**GUIDE TECHNIQUE
DE L'ELEVAGE D'ORMEAU
*HALIOTIS
TUBERCULATA***

D^r Jean FALL
D^r Malick DIOUF
M. Abdoulaye LOUM
M^{lle} Mariama SAGNE
M. Diégane NDONG



Nom et prénom du Candidat: Abdoulaye LOUM

Titre de la thèse: Contribution à l'étude de la croissance et essai de la reproduction artificielle de l'ormeau *Haliotis tuberculata* au Sénégal

Date et lieu de soutenance:

Jury

Président: Cheikh Tidiane BA, Professeur Titulaire CAMES, FST/UCAD (Sénégal)

Rapporteurs: France-Lyse CLOTILDE BA, Maître de Conférences CAMES, FST/UCAD (Sénégal)

François TCHOUMBOUNANG, Maître de Conférences CAMES, ISH/ Université de Douala (Cameroun)

Jean FALL, Maître de Conférences CAMES, IUPA/UCAD (Sénégal)

Examineurs: Papa NDIAYE, Directeur de Recherche, IFAN/UCAD

Hamet Diaw DIADHIOU, Maître de Recherche, CRODT/ISRA

Directeur de thèse: Malick DIOUF, Professeur Titulaire CAMES, FST/UCAD (Sénégal)

Résumé :

L'ormeau est un mollusque très apprécié pour son goût à travers le monde. Ce qui fait que sa demande ne cesse d'augmenter d'année en année depuis 1999. Ainsi donc, la connaissance de son exploitation socioéconomique pour une meilleure gestion du stock naturel et son élevage, sont aujourd'hui susceptibles de redresser le niveau de l'offre. Toute fois la réussite de cet élevage passe par la connaissance de certains paramètres comme l'effet de la densité sur la croissance mais aussi la maîtrise de la reproduction artificielle. C'est ainsi, des juvéniles sauvage (200 individus) on été collecté au niveau de la baie de Ouakam. A leur arrivée à la station ils ont été mesurés et pesés. 135 individus ayant une longueur initiale comprise entre 26 mm et 36 mm ont été sélectionnés. Ces individus ont été répartis dans neufs bac de 80 L chacun à des densités différentes (10 ; 15 et 20) soit en triplicate trois bacs par densité. Les ormeaux de chaque bac ont été nourris à assiéte avec des macros algues disponibles comme *Ulva lactuca* et *Dictiopeterus sp.* Une fois par mois pendant 12 mois, la longueur et la largeur de la coquille des d'individus de chaque bac et leur poids corporel ont été mesurées. Les résultats ont montré que l'exploitation socioéconomique de l'ormeau dominée par les lébou, occupe une place importante dans la vie des populations le long de la côte rocheuse. L'étude de la croissance a montré une allométrie minorante chez l'espèce. Les ormeaux de la densité 10 présentent un gain de poids (GPa et GPr), un taux de croissance spécifique (TCS) et un gain de longueur (GLa et GLr) plus important) que les densités 15 et 20 et significativement différentes de ceux de la densité 20. Pour Les paramètres de la croissance linéaire de Von Bertalanffy, l'étude a montré que les individus de la densité 20 et la densité 15 ont une vitesse de croissance similaire qui est plus importante que celle de la densité 10 entre 0 et 2 ans. Les résultats ont montré aussi que la saison a un effet sur la croissance de *Haliotis tuberculata* en élevage libre pour toutes les trois densités. Pour les essais de la reproduction les résultats ont montré que le nombre total d'œufs pondus dans les essais variaient de 1,5 à 2 millions d'œufs par femelle. Environ 15 heures après la fécondation, des œufs ont commencé à éclore et des larves trochophores ont été observés dans la colonne d'eau. Au bout de 72 heures des larves véligière ont été observées.

Mots clés : Ormeau ; *Haliotis tuberculata* ; Elevage ; Croissance ; Densité ; Reproduction

Abstract

Abalone is a mollusk highly appreciated for its taste throughout the world. As a result, its demand has been increasing yearly since 1999. Thus, the knowledge of its socio-economic exploitation for a better management of the natural stock and its breeding, are today likely to redress the level of the supply. However, the success of this breeding requires the knowledge of certain parameters such as the effect of density on growth and the mastery of artificial reproduction. Thus, wild juveniles (200 individuals) were collected at the Ouakam Bay. When they arrived at the experimental station the weight and length were measured. 135 individuals with an initial length of between 26 mm and 36 mm were selected. These individuals were distributed in nine tanks of 80 L each at different densities (10, 15 and 20) or triplicate three tanks per density. The abalones from each tank were fed on seaweed macroalgae available as *Ulva lactuca* and *Dictiopeterus sp.* Once a month for 12 months, the length and width of the shell and the wet body weight of individuals in each tank were measured. The results showed that the socio-economic exploitation of abalone dominated by Lebou, occupies an important place in the life of the populations along the coast line. The study of growth showed a lower allometry in the species. The abalone of the density 10 showed a weight gain (WGa and WGr), a specific growth rate (SGR) and a longer gain in length (GLa and GLr) than densities 15 and 20 and significantly different from those of 20. For Von Bertalanffy's linear growth parameters, the study showed that individuals of the density 15 and 20 have a similar growth rate which is greater than that of the density 10 between 0 and 2 years. The results also showed that the season has an effect on the growth of *Haliotis tuberculata* in free culture for all three densities. For the breeding trials, the results showed that the total number of eggs laid in the test ranged from 1.5 to 2 million eggs per female. About 15 hours after fertilization the eggs started to hatch and trochophorous larvae were observed in the water column. After 72 hours the veligerous larva was observed.

Key words: Abalone; *Haliotis tuberculata*; Breeding; Growth; Density; Reproduction