PROGRAMME D'EXPERIMENTATION ET DE RECHERCHE SUR L'HUITRE PLATE *OSTREA EDULIS*

PERLE

Septembre 2014

Ce document doit être cité de la manière suivante :

Anonyme (2014). PERLE. Programme d'expérimentation et de recherche sur l'huître plate Ostrea edulis. Rapport final de l'ensemble du projet 2011-2014.

http://archimer.ifremer.fr/doc/00248/35932/

Il existe également une synthèse de ce rapport :

Hussenot Mathieu, Pouvreau Stephane, Duchène Julie, Freulon Henry, Arzul Isabelle, Lapègue Sylvie (2014). Synthèse PERLE. Programme d'Expérimentation et de recherche sur L'huître plate ostrea Edulis.

http://archimer.ifremer.fr/doc/00249/36060/

SOMMAIRE

SOMMAIRE 3

LISTE DES FIGURES 7

INTRODUCTION 14

SP1 – INVENTAIRE ET TYPOLOGIE DES POPULATIONS NATURELLES ET DE LEUR HABITAT 15

RAPPEL DES OBJECTIFS 15
Inventaire des populations 15
Ecologie des populations 16
Etude de la dispersion larvaire en rade de Brest 16
Restauration des populations 16

MATERIEL ET METHODE 16
Inventaire des populations 16
Ecologie des populations 19
Etude de la dispersion larvaire en rade de Brest 19
Restauration des populations 20

RESULTATS 22
Inventaire des populations 22
En rade de Brest 22
En baie de Bourgneuf 25
En baie de Cancale 26
Ecologie des populations 26
En rade de Brest 26
En baie de Bourgneuf 32
En baie de Cancale 32
Etude de la dispersion larvaire en rade de Brest 33
Restauration des populations 34
Colonisation des supports 34
Colonisation du semis de coquilles 40

CONCLUSION 41

SP2 – ÉTUDE DE LA DIVERSITE GENETIQUE DES POPULATIONS NATURELLES 44

OBJECTIFS 44
Diversité génétique des populations naturelles : focus en rade de Brest 44
Taille efficace et dynamique génétique des populations 44

METHODES 44
Marqueurs moléculaires 44
Echantillons d'huîtres 45

RESULTATS 46
Diversité génétique des populations naturelles adultes et naissains 46
Répartition spatiale de la diversité et dynamique des populations en rade de Brest 48

CONCLUSION 54

SP3 – ETAT PARASITAIRE ET EPIDEMIOLOGIQUES DES POPULATIONS NATURELLES 55

OBJECTIFS 55

METHODES 55
Prélèvements 55
Traitement des prélèvements 57
Analyse des prélèvements 58
Analyses en biologie moléculaire 58
Analyses en histologie et hybridation *in situ* 59

RESULTATS 59

Suivi de l'infection à Bonamia ostreae chez les jeunes stades d'huîtres plates sur Brest et Quiberon 59
Géniteurs ardoisés et larves 59
Suivi mensuel du naissain 60
Description de la dynamique d'infection à Marteilia refringens 60
Suivi de cohortes vis-à-vis des infections à *Bonamia ostreae* et *Marteilia refringens* 62
Suivi des mortalités 62
Suivi des infections à Bonamia sp. et Marteilia refringens au sein de la cohorte 1 63
Suivi des infections à Bonamia sp. et Marteilia refringens au sein de la cohorte 2 64
Description de la dynamique d'infection à Marteilia refringens 64
Description de la distribution tissulaire et dynamique d'infection à Bonamia sp. 65
Synthèse du suivi de cohorte sur le site de Lomergat (rade de Brest) 67
Etude de la diversité des parasites détectés 68
Etude de la diversité de Marteilia refringens 68
Etude de la diversité de Bonamia sp. 69
Etablir le statut de deux gisements naturels (Bourgneuf et Granville) vis-à-vis de ces deux maladies parasitaires 70

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES 71
Suivi de l'infection à Bonamia ostreae chez les jeunes stades d'huîtres plates sur Brest et Quiberon *71*
Suivi de cohortes vis-à-vis des infections à Bonamia ostreae et Marteilia refringens sur Brest, Quiberon et Cancale *71*
Etude de la diversité des parasites détectés *71*
Etablir le statut de deux gisements naturels (Bourgneuf et Granville) vis-à-vis de ces deux maladies parasitaires *72*

SP4 – ABONDANCES LARVAIRES, VARIABILITE SPATIO-TEMPORELLE ET RECRUTEMENT 73

OBJECTIFS 73
La reproduction de l'huître plate en rade de Brest : premiers suivis *73*
La reproduction de l'huître plate en baie de Quiberon : analyse pluriannuelle *73*
Outils moléculaires d'identification et de quantification des larves d'O. edulis *73*

METHODES 73
La reproduction de l'huître plate en rade de Brest : premiers suivis *73*
La reproduction de l'huître plate en Baie de Quiberon : analyse pluriannuelle *76*
Outils moléculaires d'identification et de quantification des larves d'O. edulis *76*

RESULTATS 77
La reproduction de l'huître plate en rade de Brest *77*
Indice de condition et stade de maturation des bancs sauvages présents en rade de Brest 77
Abondance larvaire en Rade de Brest 78
Recrutement sur collecteur en Rade de Brest 82
La reproduction de l'huître plate en baie de Quiberon : analyse pluriannuelle *82*
Expliquer la phénologie de la ponte chez cette espèce 83
Expliquer la variabilité dans le recrutement 84
Perspectives DEB 85
Identification des larves : développement de méthodes alternatives *86*
Le code-barre ADN 86
La PCR en temps réel 88

SP5 – TESTAGE CROISE DES POPULATIONS 92

OBJECTIFS 92

METHODE 92
Réhabilitation de l'écloserie expérimentale *93*
Pompage extérieur *94*
Filtration et stérilisation *94*
Distribution de l'eau *95*
Suivi bactériologique de l'élevage *96*
Identification des différents points critiques 96
La fréquence des contrôles et la mise en place de seuils d'alerte 96
Production micro-algue *97*
Les paramètres 97
Le matériel 97
La distribution 98
Le rationnement en algue 99

Les géniteurs *99*
L'unité « froide » 100
L'unité de maturation 100
L'unité de fécondation/expulsion larvaire 101
L'élevage larvaire *102*
La fixation *105*
Micro-nurserie et nurserie *106*
RESULTATS 107
Caractérisation des adultes *107*
Croisement des géniteurs des différentes origines 108
Caractérisation des performances des différentes des populations et de leurs croisements. *109*
Productions 2014 ..... *111*
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES 113

SP6 – ESTIMATION DES PERFORMANCES DE CROISSANCE DE L'HUITRE PLATE EN MILIEU NATUREL COUPLE A UN SUIVI DE L'ENVIRONNEMENT 114
OBJECTIF DU SOUS PROGRAMME 114
METHODES 114
Dimensionnement et choix des techniques de production en mer *114*
Rade de Brest 114
Baie de Cancale 116
Baie de Bourgneuf 117
Méthodologie du suivi du naissain en production *119*
RESULTATS DES CROISSANCES ET DES SURVIES EN PRODUCTION 119
Taux de mortalité en rade de Brest *120*
Taux de mortalité en baie de Bourgneuf *121*
Cohorte 1 (Lot 1 2012) 121
Cohorte 2 (lot 2 2012) 121
Cohorte 3 (lot 1 2013) 122
Cohorte 4 (lot 2 2013) 122
Cohorte 5 (lot 3 2013) 123
Taux de mortalité en baie de Cancale *123*
Rendement en rade de Brest *124*
Croissance et rendement Bourgneuf *126*
Cohorte 1 126
Cohorte 2 127
Cohorte 3 128
Cohorte 4 129
Cohorte 5 129
Rendement Brest vs Cancale *130*
Comparaison des familles selon les techniques de production *131*
Taux de mortalité 131
Rendement 132
Croissances et rendements Marais vs Estran en baie de Bourgneuf 133
Relations entre environnement et performances de croissance et de reproduction de l'huître plate *134*
Suivi de la croissance de l'huître plate et de son environnement (site de Lomergat) 135
Modèle bio-énergétique de croissance individuelle de l'huître plate 137
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES 138

SP7 – ENSEMENCEMENT DE GENITEURS 140
OBJECTIF 140
METHODES 140
Ce sous-programme était conditionné aux résultats d'autres sous-programme et notamment : *140*
Semis de géniteurs *140*
Pose des collecteurs sur site pilote *141*
Relevage des collecteurs *141*
Analyse et traitement *141*

Coordination *141*

RESULTATS 141

Choix du matériel biologique *141*

Choix du site pilote *141*

Discussion *143*

SP8 – TRANSFERT ET AMELIORATION DES CONNAISSANCES DE LA REPRODUCTION 144

TRANSFERT ET AMELIORATION DES CONNAISSANCES DE LA REPRODUCTION CONTROLEE 144

Transfert du savoir-faire acquis en reproduction contrôlée d'Ostrea edulis *144*

Recherche des besoins écophysiologiques des postlarves de naissain d'O. edulis *144*

Effets combinés du renouvellement d'eau et de la biomasse en élevage sur le développement post-larvaire d'*O. edulis* 144

Effets combinés de la température et de la salinité sur le développement post-larvaire d'*O. edulis* 149

Mise au point d'un système de nettoyage automatique de bac de géniteurs d'huîtres *150*

SP9 – COORDINATION DU PROGRAMME ET COMMUNICATION 153

OBJECTIFS 153

COMMUNICATION A LA PROFESSION 153

Résultat annuel de l'outil expérimental *153*

Fiches de synthèse trimestrielles *154*

Rapports *156*

GESTION ADMINISTRATIVE 156

Comptabilité *156*

Réunions annuelles *157*

VALORISATION DES ACQUIS 157

Colloques pour les professionnels *157*

Visites des installations *158*

Colloques scientifiques et partenariats *159*

L'huître face au climat – Avril 2013 – Pouvreau Stéphane (Ifremer) 159

3rd shellfish KT workshop – Native Oyster Regeneration – Juin 2014 – Duchène Julie (Istrenn) 160

GDR MarCo – Connectivité des populations d'huîtres plates, *O. edulis*, au sein de la Rade de Brest – Juin 2014 – Roby Charlotte (CNRS) 161

Oyster World Congress 2012 – La génétique au service de la caractérisation et de la gestion de la diversité des huîtres – Novembre/Décembre 2012 – Lapègue Sylvie (Ifremer) 162

Partenariat avec la faculté d'Orsay 163

Communication vers le grand public *163*

Les Journées de la mer 163

Microcéan, le petit peuple de la mer 164

Vivre avec les bêtes 164

Articles *165*

CONCLUSION 172

REMERCIEMENTS 173

BIBLIOGRAPHIE 174

ANNEXES 180

ANNEXE SP1-1 – REVUE DE PRESSE 180

ANNEXE SP1-2 – COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES SITES INTERTIDAUX 198

ANNEXE SP1-3 – BILAN DU DRAGAGE EN RADE DE BREST 199

ANNEXE SP3-1 – RESULTATS DES ANALYSES REALISEES SUR LES PRELEVEMENTS D'HUITRES PLATES AUTRES QUE CEUX DES POINTS 17, 3 ET 4 - ROUGE : RESULTATS CONCERNANT LA DETECTION DE BONAMIA SP. PAR PCR ; VERT : RESULTATS CONCERNANT LA DETECTION DE MARTEILIA REFRINGENS PAR PCR 201

ANNEXE SP3-2 – PRELEVEMENTS REALISES DANS LE CADRE DU SUIVI DE LA COHORTE 1 (N° DE LOT ET DATES DES PRELEVEMENTS) 202

ANNEXE SP5-1 – PROTOCOLE D'ANALYSE BACTERIOLOGIQUE 203
ANNEXE SP5-2 – PREPARATION ET STERILISATION DES BALLONS 204
ANNEXE SP5-3 – LA PRODUCTION DE PHYTOPLANCTON 205
ANNEXE SP5-4 – PROTOCOLE DE VIDANGE D'UN BAC LARVAIRE 206
ANNEXE SP5-5 – TABLEAUX DES RESULTATS DU NOMBRE DE PONTE PAR CROISEMENT ET PAR ANNEE (2011, 2012 ET 2013) 207

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Prospection à pied en milieu intertidal à Landévennec et à la drague à Tibidy en rade de Brest 17
Figure 2 : Carte de la localisation des échantillonnages en milieu intertidal et subtidal en rade de Brest 17
Figure 3 : Carte de la localisation des échantillonnages en milieu subtidal en baie de Bourgneuf 18
Figure 4 : Carte de la localisation des échantillonnages en milieu subtidal en baie de Cancale 18
Figure 5 : Tri des huîtres plates par classe de taille à Cancale 19
Figure 6 : Matrice de connectivité utilisée dans le modèle de dispersion larvaire 20
Figure 7 : Test de différents supports de captage 20
Figure 8 : Transfert des supports dans les poches sur table 21
Figure 9 : Les différents niveaux supportant des organismes 21
Figure 10 : Semis de coquilles d'huîtres à Lomergat 22
Figure 11 : Rade de Brest : réserve du Roz, gisement classé de Daoulas (cercles pleins) et parc expérimental de captage (xxx) concédé à l'I.S.T.P.M. 23
Figure 12 : Carte des gisements de coquilles comestibles de la rade de Brest et des rivières de Landerneau et de Châteaulin en octobre 1909 24
Figure 13 : Carte de présence/absence d'huîtres plates vivantes en milieu intertidal et subtidal en rade de Brest 25
Figure 14 : Cartographie des gisements d'huîtres plates sur le secteur découvrant identifiés en 2012 en baie de Bourgneuf 26
Figure 15 : Biométrie des huîtres plates reproductrices de la zone intertidale de la rade de Brest 27
Figure 16 : Carte des tailles moyennes des huîtres plates vivantes en milieu subtidal en rade de Brest 27
Figure 17 : Substrats des huîtres plates reproductrices de la zone intertidale de la rade de Brest 28
Figure 18 : Carte des densités d'huîtres plates vivantes en milieu subtidal en rade de Brest 28
Figure 19 : Densités d'huîtres plates vivantes et mortes à Roscanvel 29
Figure 20 : Tailles moyennes d'huîtres plates vivantes et mortes à Roscanvel 29
Figure 21 : Composition du biotope des huîtres plates à Roscanvel 30
Figure 22 : Densités moyennes des taxons présents 30
Figure 23 : Densités d'huîtres plates vivantes et mortes à l'Auberlac'h 31
Figure 24 : Tailles moyennes d'huîtres plates vivantes et mortes à l'Auberlac'h 31
Figure 25 : Composition du biotope des huîtres plates à l'Auberlac'h 31
Figure 26 : Densités moyennes des taxons présents à l'Auberlac'h 32
Figure 27 : Histogramme des tailles des huîtres plates de Cancale 32
Figure 28 : Abondances moyennes des taxons sur les huîtres plates de Cancale 33
Figure 29 : Localisation des bancs potentiels identifiés selon les prospections menées dans le travail d'inventaire des populations 33
Figure 30 : Connectivité potentielle à Lomergat (pourcentage d'émission de larves de chaque banc arrivant sur ce site ●) 34
Figure 31 : Nombre moyen de naissains par unité de surface (100 cm²) des faces des différents supports en novembre 2011 35
Figure 32 : Taille moyenne du naissain sur les différents supports aux trois dates de prélèvement 35
Figure 33 : Pourcentage de mortalité du naissain sur les différents supports aux trois dates de prélèvement 36

Figure 34 : Abondance moyenne des 5 principaux taxons sessiles sur les deux niveaux de la face à l'ombre des différents supports en octobre 2012 38
Figure 35 : Abondance moyenne des 5 principaux taxons sessiles sur les deux niveaux de la face exposée des différents supports en octobre 2012 38
Figure 36 : Volumes initiaux et finaux moyens des différents supports 39
Figure 37 : Evolution de la colonisation et de la croissance du naissain d'huîtres plates et des taxons associés sur une coquille d'huître plate 40
Figure 38 : Colonisation des coquilles d'huîtres 9 mois après leur semis à Lomergat 40
Figure 39 : Taille moyenne des coquilles d'huîtres semées 41
Figure 40 : Abondances moyennes des taxons fixés sur les huîtres semées 41
Figure 41 : Exemple d'une différence de longueur (délétion de deux répétitions) au niveau d'un marqueur microsatellite ayant la répétition CAT/AGT, entre deux échantillons 44
Figure 42 : Exemple d'une variation d'une seule base (A/G) à une position du génome, entre deux échantillons 45
Figure 43 : Localisation des échantillons d'huîtres adultes analysés 45
Figure 44 : Localisation des échantillons de naissains (en bleu clair et nommés avec des nombres) et d'adultes (en bleu foncé et nommés avec des lettres) en rade de Brest 46
Figure 45 : Paramètre de diversité (Hétérozygotie $HE_{(nb)}$) estimé avec les marqueurs microsatellites 47
Figure 46 : Paramètre de diversité (Hétérozygotie $HE_{(nb)}$) estimé avec les marqueurs SNPs 47
Figure 47 : Détection de marqueurs outliers dans l'ensemble des échantillons de populations d'huîtres adultes 48
Figure 48 : Analyse en Composantes Principales des fréquences alléliques des populations adultes échantillonnées 49
Figure 49 : Analyse en Composantes Principales des fréquences alléliques des populations adultes échantillonnées dans la rade de Brest 50
Figure 50 : Localisation des populations adultes de Roscanvel (VEL) et Keraliou (LIO) au sein de la rade de Brest 50
Figure 51 : F_{ST} par paire d'échantillons de populations d'adultes et de naissains avec 119 SNPs 51
Figure 52 : F_{ST} par paire d'échantillons de populations d'adultes et de naissains avec 115 SNPs 52
Figure 53 : F_{ST} par paire d'échantillons de populations d'adultes et de naissains avec les 4 SNPs outliers 52
Figure 54 : Analyse en Composantes Principales des fréquences alléliques de l'ensemble des échantillons de la rade de Brest 53
Figure 55 : Localisation des populations adultes de Roscanvel (VEL) et Keraliou (LIO) et des naissains captés en 2012 (NL15 et NL16) au sein de la rade de Brest 53
Figure 56 : Localisation des points de prélèvement en rade de Brest (cercles rouges) 56
Figure 57 : Cages accueillant les demi-poches positionnées sur Cancale 56
Figure 58 : Position des cages en rade de Brest (en haut à gauche), baie de Cancale (en haut à droite) et baie de Quiberon (en bas) 57
Figure 59 : Section de tissus prélevée pour les analyses en histologie 58
Figure 60 : Sections histologiques colorées en hémalun et éosine 61
Figure 61 : Evolution des fréquences de détection de *Marteilia refringens* en PCR, en histologie et des stades matures du parasite (C3) en fonction des mois de prélèvement sur le site de Lomergat (rade de Brest) 61
Figure 62 : Evolution mensuelle de la température et de la salinité à Lanvéoc (rade de Brest) en 2011, 2012, 2013 ainsi que les moyennes et écart types sur 1993-2013 62
Figure 63 : Evolution des mortalités (%) pour les cohortes 1 et 2 en fonction des périodes de prélèvement et des conditions testées 63
Figure 64 : Evolution des mortalités (%, Histogrammes bleus), des fréquences de détection de *Marteilia refringens* (% ▲) et de *Bonamia sp.* (% ●) en fonction des périodes de prélèvement et des conditions testées (Brest, Quiberon, Cancale origine Brest et Cancale origine Quiberon) 63
Figure 65 : Evolution des fréquences de détection de *Marteilia refringens* en PCR, en histologie et des stades matures du parasite (C3) dans le naissain de la cohorte 1 en fonction des périodes de prélèvement sur le site de Lomergat (rade de Brest) 64
Figure 66 : Niveaux d'infection relevés dans les individus positifs en histologie (losanges jaunes) 65

Figure 67 : Sections histologiques colorées en hémalun et éosine..... 66

Figure 68 : Observation de sections de tissus de branchies (A) et des palpes labiaux (B) après hybridation in situ pour la détection de *Bonamia sp.*..... 66

Figure 69 : Evolution des fréquences de détection de *Bonamia sp.* en histologie dans le naissain de la cohorte 1 en fonction des périodes de prélèvement sur le site de Lomergat (rade de Brest), sur le site de Cancale pour le naissain originaire de Brest et de Quiberon 67

Figure 70 : Synthèse des dynamiques d'évolution des mortalités (%, Histogrammes bleus), des fréquences de détection de *Marteilia refringens* (% ▲) et de *Bonamia sp.* (% ●) du naissain de Brest..... 67

Figure 71 : Analyse phylogénétique (Méthode de Neighbor-Joining) 69

Figure 72 : Analyse phylogénétique (Méthode de Neighbor-Joining) des séquences obtenues dans le cadre de PERLE (encadrées en orange) en les comparant à des séquences obtenues dans le cadre d'autres études sur *Bonamia ostreae* et *B. exitiosa* 70

Figure 73 : Détails des suivis, des prélèvements et des dispositifs mis en œuvre en rade de Brest 74

Figure 74 : Prises de vue sous-marine présentant l'huître plate et son habitat pour les différents bancs suivis en rade de Brest..... 75

Figure 75 : Carte de distribution des densités d'huîtres plates répertoriées..... 75

Figure 76 : Localisation des suivis en baie de Quiberon 76

Figure 77 : Distribution de fréquence de l'indice de condition des huîtres prélevées en 2013 (n=450) dans l'anse de l'Auberlac'h et dans l'anse du Fret..... 77

Figure 78 : Comparaison du cycle de reproduction des populations d'huîtres plates présentes dans les anses du Fret et de l'Auberlac'h..... 77

Figure 79 : Comparaison des stades de maturation pour le premier prélèvement du suivi 2014 réalisé en commun sur l'anse du Roz, l'anse de l'Auberlac'h et l'anse du Fret (n = 30 sur chaque site) 78

Figure 80 : Abondance totale de larves et abondance de larves évoluées sur les bancs du Roz et de Lomergat en 2012 et 2013..... 79

Figure 81 : Comparaison des abondances larvaires observées en rade de Brest (Secteurs Lomergat et Roz à droite) et en baie de Quiberon (Secteurs Men Er Roué et Le Pô à gauche) 80

Figure 82 : Corrélation entre l'apparition des pics de larves et la variation des coefficients de marée sur le banc de Lomergat pour les 2 années consécutives 80

Figure 83 : Simulation de la salinité de fond (à partir du modèle hydrodynamique Mars 3D © PREVIMER) en période de vive-eau sous forçage physique réel (ici le 20 août 2012) respectivement à l'étal de marée basse (en haut) et l'étal de marée haute (en bas)..... 81

Figure 84 : Dynamique de recrutement en 2012 et 2013 sur les bancs du Roz et de Lomergat (estimée à partir d'une pose et d'un relevage hebdomadaire de collecteurs) 82

Figure 85 : Date d'apparition du premier pic d'huîtres laiteuses et ardoisées en baie de Quiberon et occurrence (en nombre de jours) du régime NAO+ en hiver sur l'Europe 83

Figure 86 : Relation entre le nombre de jours au cours de l'hiver précédent en régime de NAO+ et la date d'apparition des ardoisées en baie de Quiberon, depuis les années 1975..... 83

Figure 87 : Corrélation entre l'abondance de larves et le recrutement moyen en baie de Quiberon, pour chaque année depuis 1990 84

Figure 88 : Relation (en baie de Quiberon) entre le taux moyen de larves évoluées (un indicateur de la survie moyenne des larves en baie de Quiberon) et le nombre de jours de vent de secteur Est et Nord-Est au cours de l'été (graphe de gauche) ou la température moyenne de l'air au cours de l'été (graphe de droite) 85

Figure 89 : Relation (en baie de Quiberon) entre le nombre de jours en juin en régime de blocage et le taux moyen de larves évoluées (un indicateur de la survie moyenne des larves en baie de Quiberon) au cours de l'été depuis les années 1990..... 85

Figure 90 : Base de données de séquences adultes, 18S, 550 bp 87

Figure 91 : Abondances des larves d'*Ostrea edulis* au cours de l'année 2012 en baie de Morlaix 87

Figure 92 : Abondances relatives des 9 espèces ou groupes d'espèces dominant les larves de bivalves échantillonnées en baie de Morlaix en 2012 88

Figure 93 : Haut : Courbes d'amplification du fragment de l'actine par qPCR sur une gamme de dilution (4 points) d'un échantillon de larves d'*O. edulis*. Bas : Droite de régression des cycles seuils de chaque point de gamme pour le calcul de l'efficacité de PCR estimé à un seuil (baseline threshold) de 280 90
Figure 94 : Relation entre le nombre de larves estimé par qPCR (gène de l'actine) et le nombre de larves comptées au microscope (larves m^{-3}) 90
Figure 95 : Plan de croisement réalisé dans le programme PERLE 92
Figure 96 : Cycle de production de l'huître plate 93
Figure 97 : Ecloserie expérimentale avant et après rénovation 93
Figure 98 : Schéma de l'écloserie expérimentale du CRC Bretagne-Nord 94
Figure 99 : Unité de filtration d'eau de mer 95
Figure 100 : Filtration de l'eau de mer dans l'unité expérimentale 96
Figure 101 : Ballons de production d'algues en petits volumes 98
Figure 102 : Fûts de production d'algues en grands volumes 98
Figure 103 : Schéma d'approvisionnement en eau de mer et algues de l'unité expérimentale 99
Figure 104 : Unité « froide » 100
Figure 105 : Unité de maturation 101
Figure 106 : Unité de « production en couple » 101
Figure 107 : Schéma d'une unité de mise en couple avec son tamis de récupération des larves 102
Figure 108 : Récupération par trop plein des larves expulsées 103
Figure 109 : Schéma d'une unité larvaire en flux ouvert 103
Figure 110 : Bacs d'élevage larvaire en flux ouvert 104
Figure 111 : Larve d'huître plate au stade «œillées » à gauche et « pédivéligère » à droite 105
Figure 112 : Schéma d'un tamis et d'un bac de fixation 105
Figure 113 : Naissain de 0,7 mm fixé et métamorphosée 106
Figure 114 : Bac et tamis de micro-nurserie 106
Figure 115 : Résultats des phases larvaires et de fixation 2011 109
Figure 116 : Résultats de la phase postlarvaires 2011 109
Figure 117 : Résultats de la phase larvaire et de fixation 2012-2013 110
Figure 118 : Résultats de la phase postlarvaire 2012-2013 110
Figure 119 : Mortalité micro-nurserie et nurserie 2013 111
Figure 120 : Nurserie en apport d'eau de mer re-circulé 112
Figure 121 : Naissain de 2 mois élevés en nurserie pilote 113
Figure 122 : Cage déployée à Lomergat 115
Figure 123 : Lanterne déployée à Lomergat 115
Figure 124 : Poches déployées sur estran 116
Figure 125 : Localisation des lieux d'élevage en rade de Brest 116
Figure 126 : Cages en baie de Cancale lors du dernier tri (juin 2014) 117
Figure 127 : Marais sur le secteur des Moutiers-en-Retz 117
Figure 128 : Poches sur estran au nord est de l'île de Noirmoutier 118
Figure 129 : Calendrier des lots réceptionnés par le SMIDAP 118
Figure 130 : Taille du naissain avant transfert en mer 119
Figure 131 : Mortalité (%) des familles 2010-2011 en rade de Brest 120
Figure 132 : Mortalité (%) des familles 2012 et 2013 après 1 an en rade de Brest 120
Figure 133 : Mortalité (%) des familles 2012 à 2 ans en rade de Brest 121
Figure 134 : Taux de mortalité (%) des lots de la cohorte 1 121
Figure 135 : Taux de mortalité (%) des lots de la cohorte 2 122

Figure 136 : Taux de mortalité (%) des lots de la cohorte 3 122
Figure 137 : Taux de mortalité (%) des lots de la cohorte 4 123
Figure 138 : Taux de Mortalité (%) de 12 familles 2012 et 2013 au 5 juin 2014 en rade de Brest et Cancale 123
Figure 139 : Moyennes des rendements par population et croisement de populations 2010/2011 124
Figure 140 : Moyennes des rendements par croisement 2012 à 1 an 124
Figure 141 : Moyennes des rendements par croisement 2012 à 2 ans 124
Figure 142 : Moyennes des rendements par croisement 2013 à 1 an 125
Figure 143 : Histogramme comparatif et récapitulatif des rendements moyens par croisement en rade de Brest 125
Figure 144 : Comparaison des rendements à 1 an de 13 familles « Quiberon/Brest » produites en 2013 126
Figure 145 : Courbes de croissance des lots de la cohorte 1 (de septembre 2012 à octobre 2013) 126
Figure 146 : Rendements des lots de la cohorte 1 127
Figure 147 : Courbes de croissance des lots de la cohorte 2 (avril à octobre 2013) 127
Figure 148 : Rendements des lots de la cohorte 2 127
Figure 149 : Courbes de croissance des lots de la cohorte 3 (de juillet à octobre 2013) 128
Figure 150 : Rendements des lots de la cohorte 3 128
Figure 151 : Courbes de croissance des lots de la cohorte 4 (de juillet à octobre 2013) 129
Figure 152 : Rendements des lots de la cohorte 4 129
Figure 153 : Comparaison des rendements d'élevage au 5 juin 2014 de 12 mêmes familles sur Brest et Cancale 130
Figure 154 : Rendements d'élevage de 4 mêmes familles sur Brest, Cancale et Bourgneuf (de juin à octobre 2013) 130
Figure 155 : Taux de mortalités (%) (de juin 2013 à juin 2014) de 10 mêmes familles en rade de Brest en lanterne et en cage 131
Figure 156 : Taux de mortalité (%) (de juin 2013 à juin 2014) de différents familles en rade Brest sur estran et en cage 131
Figure 157 : Comparaison des mortalités en marais et sur estran en baie de Bourgneuf 132
Figure 158 : Comparaison des rendements à un an (de juin 2013 à juin 2014) de 3 mêmes familles selon 3 modes d'élevage différents 132
Figure 159 : Comparaison des rendements d'élevage de plusieurs familles (juin 2013 à juin 2014) en rade de Brest en lanterne et en cage 133
Figure 160 : Comparaison des rendements d'élevage des familles 2012 et 2013 en rade de Brest sur estran et en cage 133
Figure 161 : Courbes de croissance de 6 lots en marais et sur estran 134
Figure 162 : Comparaison des rendements à l'élevage en marais et sur estran en baie de Bourgneuf 134
Figure 163 : Carte de la rade de Brest indiquant le site de Lomergat dédié au suivi de croissance de l'huître plate, en lien avec un suivi de son environnement 135
Figure 164 : Table métallique utilisée pour le suivi de croissance de l'huître plate en poches sur le site de Lomergat .. 136
Figure 165 : Evolution de la croissance (exprimée en masse individuelle moyenne de chair sèche, g) de l'huître plate *Ostrea edulis* sur le site de Lomergat (rade de Brest) 136
Figure 166 : Evolution de la température de l'eau de mer sur le site de Lomergat (rade de Brest) au niveau de la table d'élevage pour l'année 2013 137
Figure 167 : Evolution de la concentration en chlorophylle *a* sur le site de Lomergat (rade de Brest) au niveau de la table d'élevage de mars 2012 à décembre 2013 137
Figure 168 : Schéma conceptuel des flux d'énergie dans un organisme, d'après la théorie DEB 138
Figure 169 : Connectivité potentielle à Lomergat : pourcentage d'émission de larves de chaque banc arrivant sur ce site 142
Figure 170 : Carte des tailles moyennes des huîtres plates vivantes en milieu subtidal en rade de Brest 142
Figure 171 : Enceintes d'élevage postlarvaire de 500 ml 145
Figure 172 : Evolution des températures en entrée et sortie des enceintes d'élevage 145
Figure 173 : Evolution des températures en fonction de la biomasse en élevage 146
Figure 174 : Evolution des salinités en entrée et sortie des enceintes d'élevage 146

Figure 175 : Courbe de régression linéaire utilisée pour convertir l'unité chlorophylle (FFU) en concentration phytoplanctonique ($\mu m^3\ \mu l^{-1}$) 147
Figure 176 : Evolution de la consommation phytoplanctonique postlarvaire d'*Ostrea edulis* 147
Figure 177 : Evolution de la consommation d'oxygène chez des postlarves d'*Ostrea edulis* 148
Figure 178 : Evolution de la croissance pondérale de postlarves d'*Ostrea edulis* 148
Figure 179 : Schéma d'installation de mélanges thermiques et halins : association des fluides 149
Figure 180 : Dispositif expérimental utilisé pour permettre les mélanges eau de mer (gauche) à trois niveaux de salinité (25, 30 et 35 ‰) et trois températures (20, 25 et 30°C) et détail des colonnes de dégazage (droite) 150
Figure 181 : Schéma conceptuel de PANGO 150
Figure 182 : Vues détaillées du système PANGO 151
Figure 183 : Vue d'ensemble du système PANGO 152
Figure 184 : Implantation de l'écloserie expérimentale d'Hanvec (au centre sur le grand terre-plein) 153
Figure 185 : Pages de garde des rapports 2009-2010-2011 des travaux menés dans l'outil expérimental d'Hanvec 154
Figure 186 : Exemple d'une fiche de synthèse trimestrielle d'un sous-programme (SP3 – Période 9 – janvier à mars 2014) 155
Figure 187 : Exemples (12 juin 2012 à gauche et 25 novembre 2013 à droite) de diapositives pour la présentation des résultats PERLE en réunion du Conseil du CRC Bretagne-Nord 155
Figure 188 : Contrat de consortium signé entre les parties 156
Figure 189 : Présentation des sous-programmes lors des réunions annuelles 157
Figure 190 : Explication du fonctionnement de l'écloserie lors d'une visite su site 158
Figure 191 : Visite en mer 159
Figure 192 : Diaporama de la présentation « L'huître face au climat : histoire des tribulations d'un mollusque » 160
Figure 193 : Diaporama de la présentation à l'IBIS workshop 161
Figure 194 : Diaporama de la présentation au GDR MarCo 162
Figure 195 : Diaporama de présentation au Congrès mondial de l'huître 163
Figure 196 : Clichés par microscope électronique de la zone de croissance de naissain d'huître plate 163
Figure 197 : Capture d'écran du sujet Microcéan 164
Figure 198 : Article du 27 novembre 2009 dans Ouest-France 165
Figure 199 : Article de février 2010 dans Cultures Marines 166
Figure 200 : Article de février 2012 dans Cultures Marines 167
Figure 201 : Article du 4 mai 2012 dans le Télégramme 167
Figure 202 : Article du 12 mai 2012 dans Ouest-France 168
Figure 203 : Article du 1er novembre 2013 dans Espace des sciences 168
Figure 204 : Article de novembre 2013 dans Sciences Ouest 169
Figure 205 : Article du 5 décembre 2013 dans L'Hebdo du Finistère 170
Figure 206 : Article du 8 mai 2014 dans Courrier Vendéen 171
Figure 207 : Article de juillet 2014 dans le n°278 de Cultures Marines 171

Tableau 1 : Composition spécifique des supports en novembre 2011 et octobre 2012 36
Tableau 2 : Abondance moyenne des différents taxons sessiles autres que le naissain d'huîtres plates de 2011 présents sur les différents types de support en novembre 2011. Les Spirorbidae et *Pomatoceros lamarckii* n'ont pas été dénombrés mais sont également présents 37
Tableau 3 : Abondance moyenne des différents taxons sessiles autres que le naissain d'huîtres plates de 2011 présents sur les différents types de support en octobre 2012 37
Tableau 4 : Gain de volume moyen entre le volume initial moyen des supports et leur volume final moyen après colonisation 39
Tableau 5 : Avantages et inconvénients de différents sites de la rade de Brest pour la reconstitution de bancs d'huîtres plates 42

Tableau 6 : Nombre de populations échantillonnées selon les zones géographiques, le stade et analysées avec les deux types de marqueurs 46
Tableau 7 : Résultat de différenciation génétique (F_{ST}) en fonction des échantillonnages et probabilités associées 49
Tableau 8 : Nombre de géniteurs ardoisés et de pools de larves correspondants obtenus par an et par site 55
Tableau 9 : Synthèse des résultats obtenus en PCR pour la détection de *Bonamia sp.*, *Marteilia refringens* et OsHV-1 sur les échantillons 59
Tableau 10 : Prélèvements réalisés et résultats obtenus en PCR pour la détection de *Bonamia sp.* (rouge), de *Marteilia refringens* (vert) et OsHV-1 (orange) 60
Tableau 11 : Résultats d'analyses bactériologiques sur la saison de ponte 2013 97
Tableau 12 : Correspondance selon l'étape de production entre les tailles des mailles des tamis, les tailles des naissains et le nombre d'individus. 107
Tableau 13 : Origines et nombres de géniteurs mis en élevage en ponte « en masse » 107
Tableau 14 : Origines et nombres de géniteurs mis en couple 107
Tableau 15 : Mortalité des géniteurs 108
Tableau 16 : Taux de fécondité par croisement 108
Tableau 17 : Récapitulatif des familles transférées 111
Tableau 18 : Répartition du nombre de lots transférés selon le site de production et le mode d'élevage 114
Tableau 19 : Composition des cohortes 118

INTRODUCTION

L'huître plate, *Ostrea edulis*, est l'huître originelle française. Les huîtres sont apparues sur Terre il y a 180 millions d'années et on retrouve de nombreuses traces fossiles dans les calcaires de la région bordelaise. Les hommes du néolithique, il y a 5 000 ans, semblent s'être régalés des huîtres plates à en croire leurs « restes de cuisine ». Les romains en consommaient également. En France, l'huître est réhabilitée par Louis XIV qui, dit-on, en mangeait tous les matins à son petit déjeuner. Napoléon en consommait plusieurs douzaines avant chaque bataille !

Initialement exploitée sous forme de pêche, les bancs d'huîtres vont progressivement s'amenuiser face à la pêche effrénée. Les 1ers ensemencements interviennent au 19ème siècle. Deux épizooties ont touchées l'huître plate : la bonamiose et la marteiliose entrainant de fortes mortalités ne permettant pas à l'huître plate d'atteindre en nombre le stade adulte.

En Bretagne et Pays de la Loire, les producteurs sont notamment confrontés à :

- des faibles taux (5 à 15 %) de survie,
- la contrainte de l'élevage en eau profonde pour limiter l'impact des parasites,
- des difficultés d'approvisionnement qualitatif et quantitatif en naissain.

PERLE a fédéré interprofession conchylicole (CRC Bretagne Nord, CRC Pays de la Loire et SMIDAP) et équipes de recherche (Ifremer, CNRS, Université) afin de mener des travaux visant à assurer une production durable et rentable de l'huître plate en Bretagne et Pays de la Loire.

Les interactions entre populations en élevage et populations sauvages seront particulièrement abordées sous 3 aspects : écologie des populations et des communautés, génétique des populations, épidémiologie.

Les partenaires ont fixés 3 objectifs prioritaires :

1. Une meilleure connaissance des stocks naturels d'un point de vue géographique, démographique, reproductif, génétique et parasitaire,
2. Une amélioration de la qualité du naissain de production, sur des caractères de rusticité tout en conservant un maximum de diversité génétique (biodiversité),
3. La caractérisation de ces stocks en termes de performances d'élevage du naissain capté et/ou de celui produit à partir des croisements effectués.

La finalité est d'agir sur les bancs naturels d'huîtres plates afin de les redynamiser par l'acquisition des caractères de rusticité recherchés pour un retour d'une culture durable et économiquement viable de l'huître plate. L'amélioration de la qualité du recrutement profitera à la fois à l'espèce en lui permettant de recoloniser son milieu, aux producteurs grâce à un naissain de qualité et à la profession dans son ensemble, par une diversification pour les producteurs ne cultivant pas cette espèce, la renforçant ainsi sur son territoire.

PERLE, programme d'expérimentation et de recherche sur l'huître plate *Ostrea edulis*, se décompose en 4 thématiques et 9 sous-programmes :

- WP1 : CONNAISSANCE DES RESSOURCES NATURELLES
  - SP1 : Inventaire et typologie des populations naturelles et de leur habitat
  - SP2 : Étude de la diversité génétique des populations naturelles
  - SP3 : État parasitaire et épidémiologie des populations naturelles
  - SP4 : Abondances larvaires, variabilité spatio-temporelle et recrutement
- WP2 : PERFORMANCE EN ELEVAGE DU NAISSAIN ISSU DE DIFFERENTS SITES DE CAPTAGE
  - SP5 : Testage croisé des populations
  - SP6 : Estimation des performances de croissance de l'huître plate en milieu naturel, couplé à un suivi de l'environnement
  - SP7 : Ensemencement de géniteurs
- WP3 : TRANSFERT DE SAVOIR-FAIRE, ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS ET OPTIMISATION DE LA REPRODUCTION CONTROLEE DE L'HUÎTRE PLATE
  - SP8 : Transfert et amélioration des connaissances de la reproduction
- WP4 : COORDINATION DU PROGRAMME ET COMMUNICATION
  - SP9 : Coordination du programme et communication

Notre zone d'étude, la rade de Brest, située en Bretagne, à la pointe nord-ouest de la France, a une superficie d'environ 160 km² et est abritée de la Mer d'Iroise et de l'Océan Atlantique par un goulet large de moins de 2 km. Deux rivières drainant plusieurs kilomètres de bassins versants s'y déversent : l'Elorn au nord-est et l'Aulne au sud-est, dont le débit est 10 fois plus important en période de crue que celui de l'Elorn (Pommepuy, 1977). Les côtes qui la bordent sont très découpées et les fonds de nature diverse. Le climat y est océanique. Ses caractéristiques topologiques et bathymétriques (plus de la moitié des fonds a une profondeur inférieure à 5 m, ils peuvent atteindre plus de 40 m), le régime des vents (orientés principalement sud-ouest/nord-est et nord-est/sud-ouest), les forts courants de marée (plus de 7 m maximum de marnage d'après le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine) lui confèrent une circulation des masses d'eau particulière. Des zones de brassage et de rétention se distinguent : à marée montante, l'eau pénètre dans la rade préférentiellement vers le centre et la partie orientale, alors que le nord reste plutôt isolé du courant principal ainsi que les anses du sud (du Fret, de Poulmic, etc.). Une zone de vortex caractérise la circulation du centre de la rade (Pommepuy, 1977). Ce dernier circule dans le sens horaire et permet le mélange des eaux marines en provenance du goulet et des eaux estuariennes en provenance des deux rivières. Il a également pour conséquence d'entraîner les eaux de l'Elorn, si elles ne sont pas directement évacuées par le goulet, vers le sud-est de la rade (Pommepuy et al., 1979). En revanche, les eaux provenant du sud-est sont évacuées au jusant sans atteindre le nord (Guérin, 2004).

La rade de Brest est historiquement connue pour l'exploitation de ses gisements naturels d'huîtres plates qui ont fortement décliné et pour être une zone de captage naturel, la deuxième en France avec Quiberon encore utilisée par quelques ostréiculteurs. Une zone unique de concessions de cultures marines pour le captage des larves d'huîtres plates est située à Lomergat, où notre matériel expérimental a été installé durant cette étude.

Les bancs de la rade de Brest ont été exploités par la pêche à la drague essentiellement. L'ostréiculture n'a réellement débuté qu'il y a 100 ans (Guillet et al., 2008). En 1945, une quarantaine de bateaux et une quinzaine d'ostréiculteurs travaillaient cette espèce. En 1960, ils étaient 330 pêcheurs et 66 ostréiculteurs. Le captage avec des tuiles a débuté au milieu des années 60, dans les rivières du Faou et de Daoulas. L'apparition de la marteiliose dans les années 70 a réduit la production de l'huître plate de la rade de Brest quasi à néant. L'invasion par les crépidules a également été préjudiciable pour les huîtres plates, utilisant le même biotope et modifiant considérablement le milieu. Dans la thèse de Guérin en 2004, on peut lire qu'en 1978, 45 km² de la rade étaient colonisés, notamment le fond du bassin sud, la baie de Daoulas, les embouchures de l'Elorn et de l'Aulne, pour une densité maximale de 500 ind/m². En 1995, cette dernière est de 1 300 ind/m² et une tendance des crépidules à gagner en profondeur (entre 10 m et 30 m) ainsi que vers l'est et à régresser en zone peu profonde (moins de 5 m) est observée. Actuellement, les ostréiculteurs sont passés à l'élevage de l'huître creuse et les pêcheurs ne ciblent la plate qu'en fin d'année, en complément de la coquille Saint-Jacques et du pétoncle noir. Les bancs résiduels en rade de Brest sont encore productifs, comme l'atteste la zone de captage naturel de Lomergat.

Le statut emblématique de l'huître plate, sa valeur commerciale élevée et les services écosystémiques qu'elle fournit la rendent intéressante pour la reconstitution de gisements naturels en rade de Brest. Cette possibilité d'une restauration des bancs est explorée dans le travail mené lors de ce sous-programme en cherchant plus particulièrement à répondre à deux questions : où et comment repeupler ? Les résultats acquis en rade de Brest sont ensuite croisés avec les données historiques et contemporaines d'écologie et de biologie ainsi que d'expérimentations déjà tentées, à l'étranger et en France.

Rappel des objectifs

Inventaire des populations

La présente synthèse bibliographique sur l'huître plate et les conditions écologiques autorisant le développement de populations naturelles devait d'abord être réalisée. Ensuite, un état des lieux des populations naturelles actuelles devait être effectué dans trois sites impliqués dans le projet : Cancale et Bourgneuf pour comparaison avec la rade de Brest, principal lieu d'étude du SP1 – INVENTAIRE ET TYPOLOGIE DES POPULATIONS NATURELLES ET DE LEUR HABITAT. L'état démographique des bancs devait être caractérisé dans les différents secteurs de la rade où ils se développent. Ces inventaires avaient en outre pour objectif d'échantillonner des individus de différents secteurs de la rade en vue des analyses génétiques réalisées dans le SP2 – ETUDE DE LA DIVERSITE GENETIQUE DES POPULATIONS NATURELLES.

Ecologie des populations

La caractérisation des populations, de leur habitat et des espèces associées devait être réalisée en rade de Brest :

- population : densités et tailles des individus,
- habitat : description générale des habitats et facteurs environnementaux dans les sites principaux identifiés en rade de Brest (profondeur, substrat, disponibilité en substrats naturels pour la fixation, etc.),
- espèces associées : les biocénoses dans lesquelles se situent les huîtres devaient être caractérisées, en particulier selon trois types d'interactions biotiques avec les huîtres :
    - compétition spatiale : caractérisation des compétiteurs pour la fixation du naissain et son développement,
    - compétition alimentaire : caractérisation des autres espèces filtreuses présentes dans le milieu à proximité,
    - prédation : caractérisation des espèces de prédateurs potentiels présents dans la biocénose associée, à différents stades de taille des huîtres (naissain, juvéniles, adultes).

Afin de comparer ces résultats, un travail similaire devait avoir lieu en baie de Bourgneuf et à Cancale.

Etude de la dispersion larvaire en rade de Brest

Un partenariat avec Ismaël Bernard (Ifremer) devait permettre, par le biais d'une modélisation, d'approcher les incidences de la dispersion larvaire sur l'établissement des noyaux de populations en rade de Brest, en étudiant le parcours des larves des bancs identifiés lors de l'inventaire des populations afin de connaître notamment d'où viennent les larves captées par les ostréiculteurs, en particulier celles qui se fixent à Lomergat.

Restauration des populations

L'objectif était ici de participer à l'étude des meilleures conditions de restauration de bancs afin d'augmenter la proportion d'individus matures pour accroître le captage naturel par les professionnels, en comparant la qualité relative des supports naturels pour la fixation du naissain à Lomergat en rade de Brest, avec l'appui technique des professionnels, afin d'envisager le semi de supports adéquats pour re-densifier des bancs. Elle avait aussi pour intérêt de permettre un suivi de la colonisation des supports, de la croissance et de la mortalité d'individus d'âge connu, ainsi que l'observation des interactions avec les autres espèces.

Matériel et Méthode

Inventaire des populations

Ce travail s'est basé sur une analyse des fonds propices au développement d'huîtres plates, sur l'étude des bancs historiques et actuels grâce aux informations données par des pêcheurs professionnels et récréatifs, ainsi que sur une prospection à pied en milieu intertidal et à la drague en milieu subtidal (Figure 1 : Prospection à pied en milieu intertidal à Landévennec et à la drague à Tibidy en rade de Brest). Dans un premier temps, nous avons élaboré une synthèse bibliographique et une revue de presse (cf. Annexe SP1-1 – Revue de Presse) en Bretagne sur l'huître plate afin de dégager ses grandes caractéristiques, les problématiques la concernant et sa distribution actuelle en France et en Bretagne. La recherche d'huîtres plates en rade de Brest s'est faite en questionnant des ostréiculteurs, des pêcheurs professionnels embarqués et des pêcheurs plaisanciers à pied afin de recueillir des informations sur la distribution des bancs d'huîtres plates autrefois et aujourd'hui. La carte de Guérin-Ganivet de 1909 (Guérin-Ganivet, 1911) présentant les gisements de mollusques comestibles en rade de Brest a également été utilisée. Cela nous a permis de focaliser le travail de terrain sur des sites spécifiques de la rade de Brest, qui ont été prospectés à pied pendant l'hiver 2012 pour localiser les bancs intertidaux (23 sites en 15 marées, Cf. Coordonnées géographiques données en Annexe SP1-2 – Coordonnées géographiques des sites intertidaux), ou dragués à bord du navire Albert Lucas (CNRS/INSU et Agence des aires marines protégées) avec une drague d'1.5 m de large afin de déterminer la localisation des bancs subtidaux. Dix jours de prospections avec ce navire ont été réalisés en 2012, soit 111 coups de drague et près de 74 km prospectés (Figure 2 : Carte de la localisation des échantillonnages en milieu intertidal et subtidal en rade de Brest). Il ne nous a pas été autorisé de draguer dans la zone de réserve de pêche de l'Auberlac'h mais nous avons obtenu le droit d'y plonger auprès de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer. L'anse de Roscanvel a également été échantillonnée en plongée en plus de la drague.

Source : Duchène J ©

Figure 1 : Prospection à pied en milieu intertidal à Landévennec et à la drague à Tibidy en rade de Brest

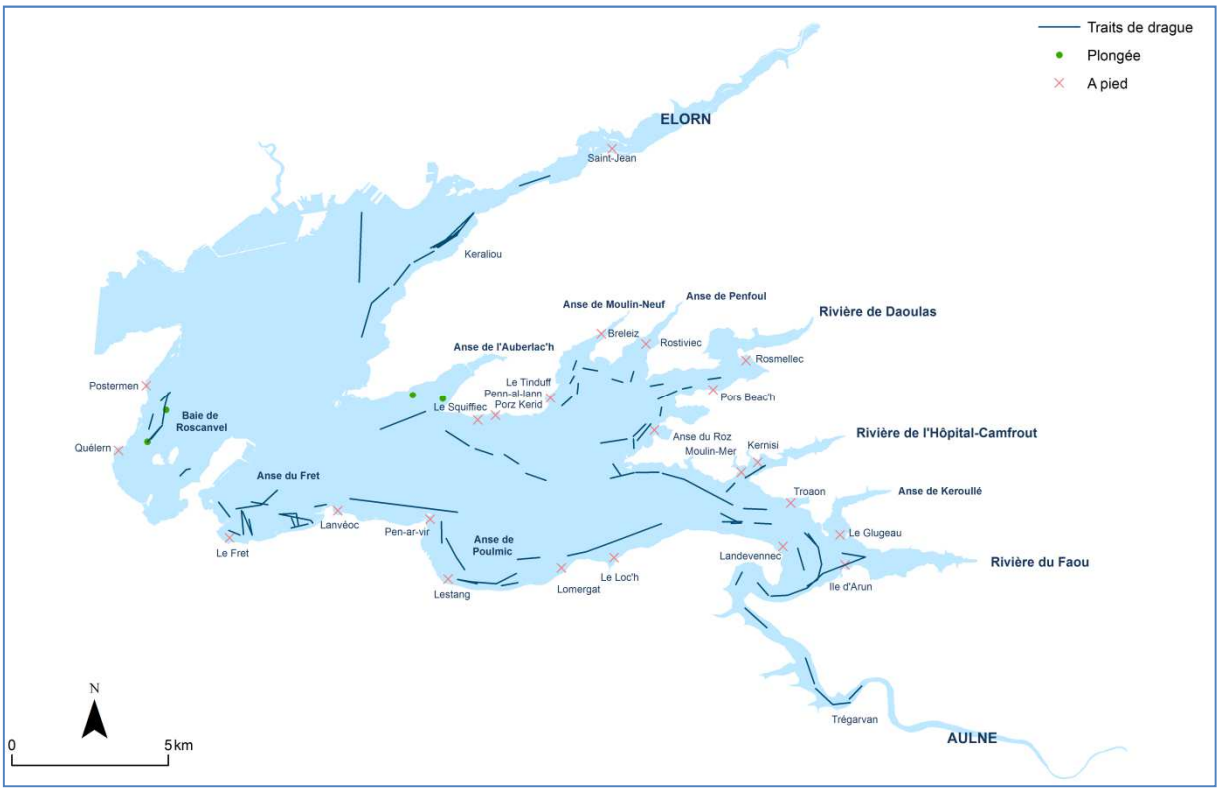
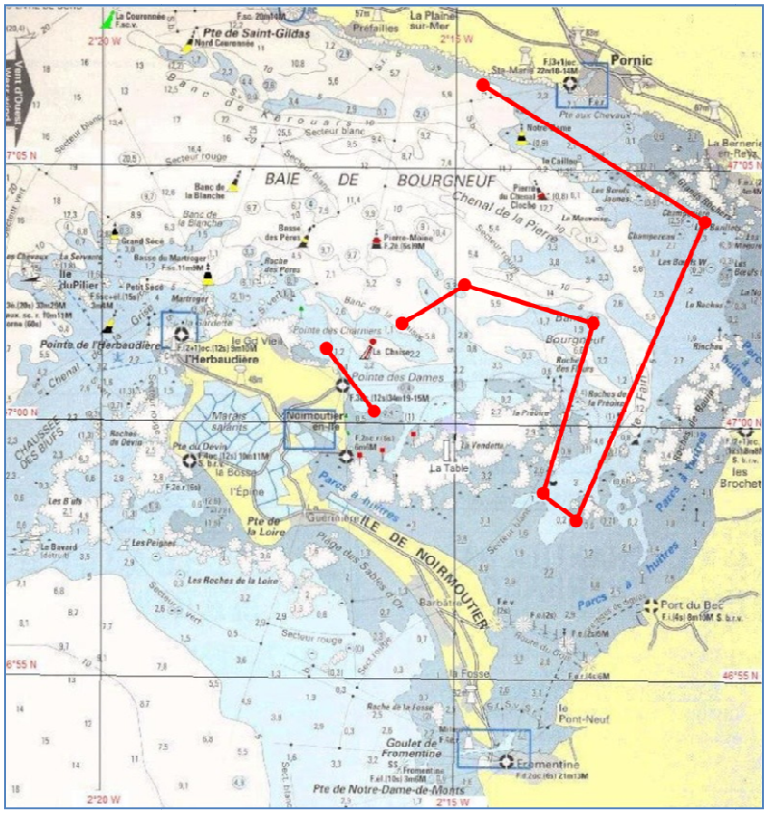


Figure 2 : Carte de la localisation des échantillonnages en milieu intertidal et subtidal en rade de Brest

Une prospection embarquée sur un navire professionnel en baie de Bourgneuf a été organisée par le SMIDAP lors d'une journée (le 24 octobre 2012). La Source : SHOM

Figure 3 : Carte de la localisation des échantillonnages en milieu subtidal en baie de Bourgneuf présente la localisation des traits de drague effectués ce jour-là.



Source : SHOM

Figure 3 : Carte de la localisation des échantillonnages en milieu subtidal en baie de Bourgneuf

Au cours des années 2011 et 2012, une série de réunions d'information et d'entretiens collectifs ou individuels a été menée auprès de différentes structures professionnelles (CRC Pays de la Loire, syndicats professionnels, coopérative ostréicole de Noirmoutier), de conchyliculteurs locaux (en activité, en retraite), ainsi qu'avec des pêcheurs de la baie (Beauvoir, Pornic…) et leurs représentations professionnels (comités départementaux des pêches maritimes et des élevages marins,…). Elles avaient pour finalité de mieux appréhender l'existence et la pérennité de gisements d'huîtres plates en baie de Bourgneuf et de définir leur localisation effective.

Suite à ces entretiens, une cartographie préliminaire des gisements d'huître plate sur secteur découvrant a été effectuée. Ce document a ensuite été complété avec les données acquises sur le terrain, par prospection visuelle à pied aux basses mers de grands coefficients.

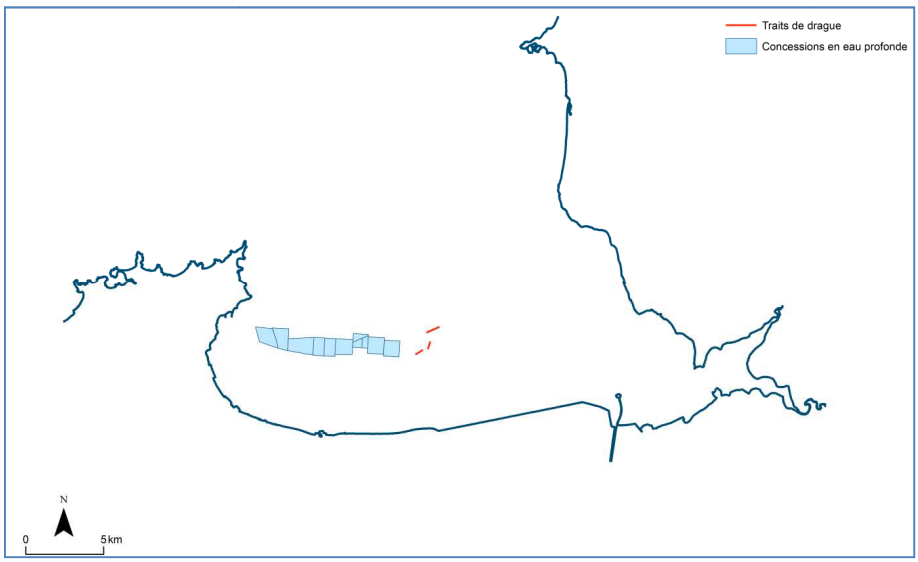


Figure 4 : Carte de la localisation des échantillonnages en milieu subtidal en baie de Cancale

Une sortie a été programmée à Cancale (le 7 novembre 2012), grâce à François Salardaine de la société Belon des Hermelles au Vivier-sur-Mer, sur l'une des deux seules zones de la baie de Cancale (hors concessions) ayant encore des huîtres plates naturelles : le banc des Hermelles, où nous avons donné 4 coups de drague de 4 m de large soit 1,6 km prospectés (Figure 4 : Carte de la localisation des échantillonnages en milieu subtidal en baie de Cancale).

Ecologie des populations

Lors de ce travail de prospection de la distribution des huîtres plates en rade de Brest, des informations sur le substrat, les espèces associées, le nombre d'individus vivants, la taille et l'agencement des huîtres entre elles ont été notées lorsque des individus étaient récoltés. Les mêmes informations ont été recueillies en baie de Bourgneuf et à Cancale.

Des plongées ont eu lieu dans deux sites de la rade de Brest où la présence d'huîtres plates était confirmée par des pêcheurs : une à Roscanvel (11 juin 12) et une à l'Auberlac'h (26 juillet 12). Le protocole suivi par les plongeurs fut le suivant : de part et d'autre d'un transect de 50 m de long sont déposés deux quadrats de 0.25 m² à 10 m, 20 m, 30 m, 40 m et 50 m, à une distance de 30 cm du transect ; à l'intérieur de chaque quadrat, les plongeurs collectent l'ensemble de la faune présente (huîtres plates, autres mollusques, crustacés, ascidies, algues, etc.). L'échantillonnage a donc couvert une surface de 2.5 m² (5x2 quadrats de 0.25 m²) par transect. Deux transects par site ont été réalisés.

Source : Duchène J ©

Figure 5 : Tri des huîtres plates par classe de taille à Cancale

Etude de la dispersion larvaire en rade de Brest

Les simulations de dispersion ont pris en compte différentes sources possibles d'émission de larves, en fonction des résultats du travail de localisation des populations en rade de Brest, différents scenarii hydroclimatiques et météorologiques et différents points de captage. Le modèle hydrodynamique MARS 3D de la rade de Brest, d'une résolution de 150 m a été utilisé avec des traceurs eulériens (collaboration P. Lazure, Ifremer). Des matrices de connectivité facilitant l'identification des interactions entre bancs sources et bancs puits, ont été réalisées, selon le principe présenté dans la Figure 6 : Matrice de connectivité utilisée dans le modèle de dispersion larvaire.

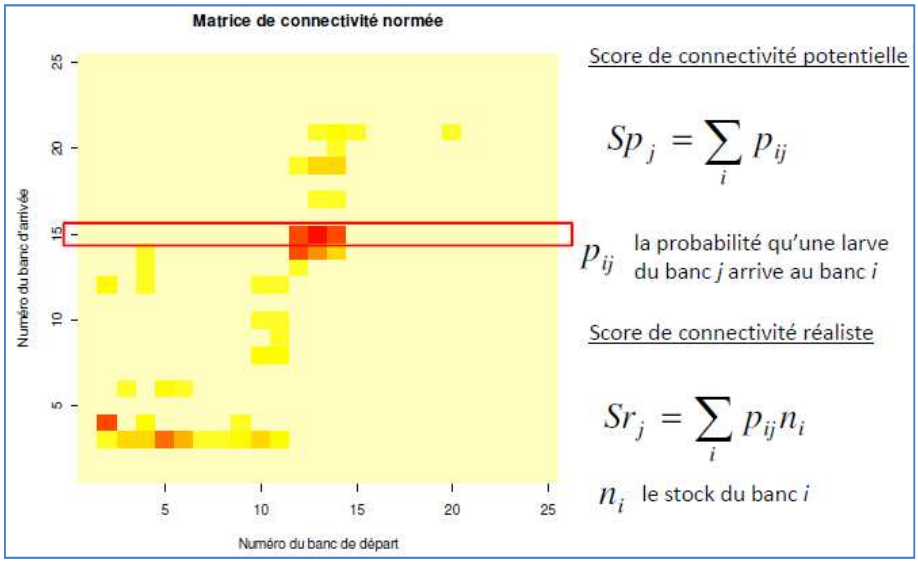


Figure 6 : Matrice de connectivité utilisée dans le modèle de dispersion larvaire

Restauration des populations

Deux cages ostréicoles contenant chacune 6 paniers ostréicoles circulaires cloisonnés en 6 ont été remplies par différents types de support : maërl, gravier, galets, huîtres plates et creuses vivantes et coquilles d'huîtres plates puis ont été immergées sur la concession de captage de Lomergat en rade de Brest le 12 juillet 2011 (Source : Duchène J ©

Figure 7 : Test de différents supports de captage). Elles ont été relevées le 15 novembre 2011 : un prélèvement d'échantillons au hasard de 25 supports de chaque type a été fait afin de procéder à une analyse au laboratoire de la taille du naissain (à l'aide d'un pied à coulisse), du taux de mortalité et des espèces associées (détermination des espèces mobiles et détermination et comptage des espèces sessiles), puis les cages ont été ré-immergées.

Source : Duchène J ©

Figure 7 : Test de différents supports de captage

Elles ont été relevées de nouveau le 19 mars 2012 : un prélèvement au hasard de 25 supports de chaque type a été renouvelé afin de procéder à une analyse au laboratoire de la croissance (à l'aide d'un pied à coulisse) et de la mortalité du naissain fixé dessus. Le reste des supports (10 de chaque type) a été placé dans des poches ostréicoles de plus gros maillage pour laisser la place au naissain de croître et laisser la possibilité aux espèces associées de coloniser et d'interagir normalement, avec l'idée de se rapprocher au maximum des conditions "naturelles" de développement des juvéniles.

Elles ont été déposées sur une table ostréicole (Source : Hily C ©

Figure 8 : Transfert des supports dans les poches sur table) d'environ 40 cm de haut, immergée le 20 mars 2012. La collecte finale des 10 supports restants de chaque type a été réalisée le 9 octobre 2012. Une analyse au laboratoire de la taille du naissain (à l'aide d'un pied à coulisse), du taux de mortalité et des espèces associées (détermination des espèces mobiles et détermination et comptage des espèces sessiles) a été réalisée sur les deux niveaux que comptent désormais les supports, sur leur face à l'ombre et leur face exposée. Le niveau 1 correspond au naissain fixé en 2011. Le niveau 2 correspond au support. La Figure 9 : Les différents niveaux supportant des organismes les présente.

Source : Hily C ©

Figure 8 : Transfert des supports dans les poches sur table

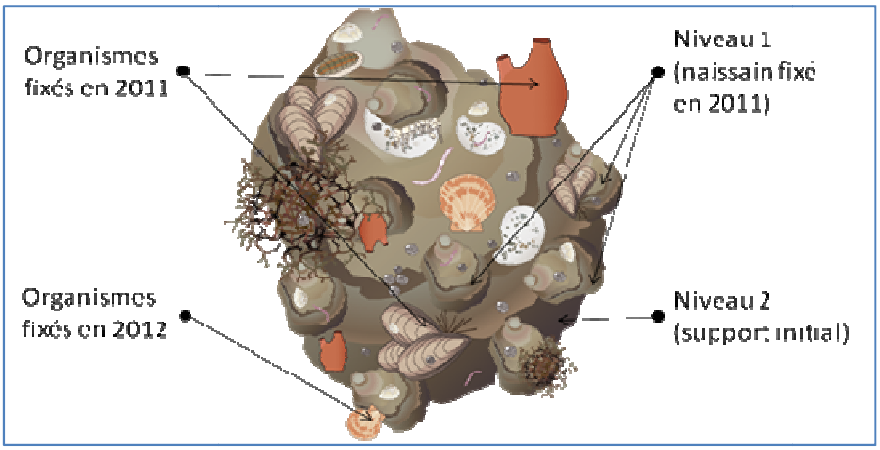


Figure 9 : Les différents niveaux supportant des organismes

L'expérience a été renouvelée le 18 juillet 2012, mais cette fois-ci seule une cage avec 12 paniers (1 duplicata de 6 paniers) contenant des coquilles d'huîtres plates, des coquilles d'huîtres creuses, des huîtres plates vivantes, des coquilles de crépidules et des collecteurs artificiels bruts ou chaulés.

Des coquilles d'huîtres plates et creuses ont été semées (7 tonnes le 28 juin 2012, Source : Hily C ©

Figure 10 : Semis de coquilles d'huîtres à Lomergat) sur un are afin d'évaluer la pertinence d'un apport de supports favorables à l'installation des larves d'huîtres plates dans une zone dépourvue de substrat efficace (maërl en algues en l'occurrence) et de suivre la croissance et la mortalité dans des conditions naturelles. Une plongée pour prélever un échantillon de 60 individus a été organisée le 19 mars 2013.

Source : Hily C ©

Figure 10 : Semis de coquilles d'huîtres à Lomergat

Résultats

NB : Les barres d'erreurs présentes sur les figures qui suivent correspondent à l'erreur-type.

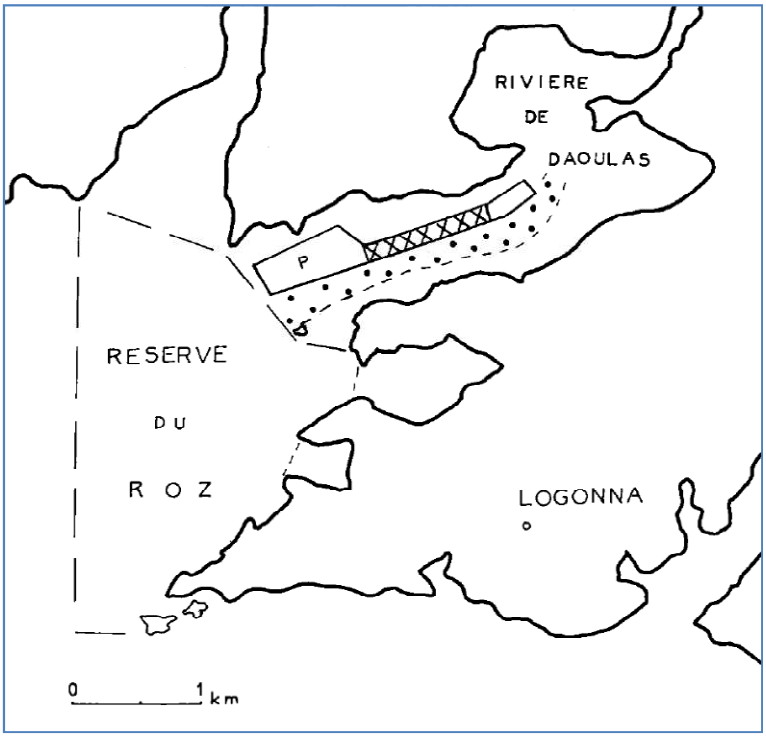
Inventaire des populations

En rade de Brest

La littérature nous apprend que les huîtres plates vivent dans des zones où les conditions hydrodynamiques sont calmes : anses, baies abritées, rivières, etc., à quelques mètres de profondeur, sur des substrats durs et propres.

Le précieux travail de Guérin-Ganivet il y a un siècle (Figure 11 : Rade de Brest : réserve du Roz, gisement classé de Daoulas (cercles pleins) et parc expérimental de captage (xxx) concédé à l'I.S.T.P.M.) permet de situer les bancs autrefois. Guérin-Ganivet (1911) écrivait déjà que les bancs naturels étaient moins nombreux, moins étendus et moins denses que par le passé et que certains avaient déjà disparu. La carte (Figure 12 : Carte des gisements de coquilles comestibles de la rade de Brest et des rivières de Landerneau et de Châteaulin en octobre 1909) qu'il a établie en 1909 montre les "huîtrières" en état de prospérité (croix rouges) :

- huîtrière du Moulin à mer (Moulin-Mer, ndr), s'étendant sur un kilomètre, sur fond de gravier mêlé de vase,
- huîtrière de Tibidy, sur fond de maërl mêlé de vase,
- huîtrière de Landevennec,
- huîtrière de Prioly, sur fond de vase.



Source : Marteil, 1966

Figure 11 : Rade de Brest : réserve du Roz, gisement classé de Daoulas (cercles pleins) et parc expérimental de captage (xxx) concédé à l'I.S.T.P.M.

Des bancs dans l'Aulne sont "curieux" selon l'auteur du fait de leur largeur insignifiante (moins de 6 m) et de leur étendue variable, entre 100 m et 1 km. Ils sont concurrencés par les moules abondantes dans la rivière :

- huîtrières nord de la rivière de Châteaulin (de l'Aulne, ndr) : deux petits bancs face à face entre Térénez et l'anse du Folgoat,
- huîtrière du Garo, petite,
- huîtrières de Langoat : deux petits gisements tendant à n'en former qu'un,
- huîtrières de Tregarvan et de la Foret,

Les bancs déjà disparus (points rouges) sont :

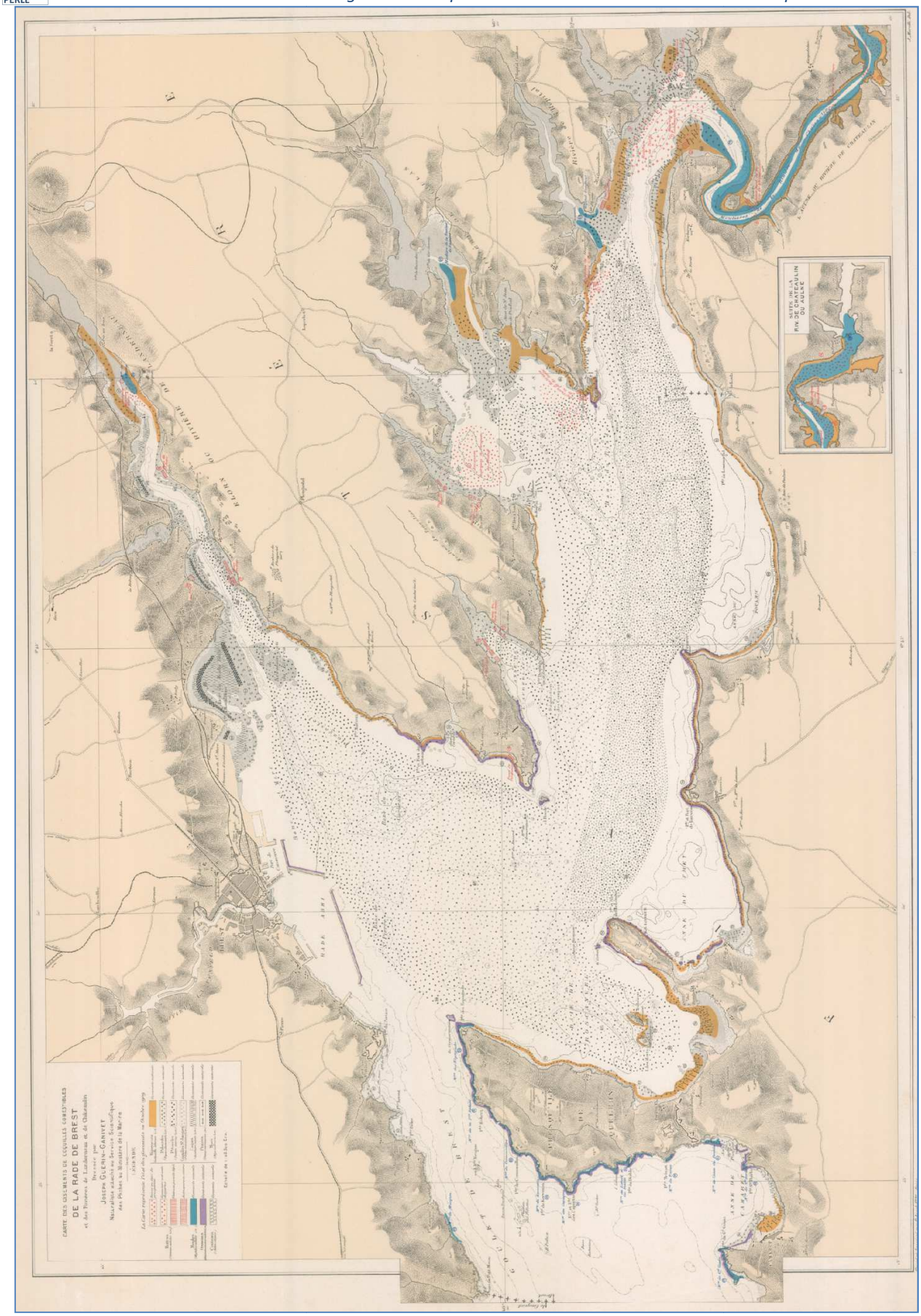
- huîtrière de l'Elorn (d'une étendue d'un kilomètre sur la rive gauche),
- huîtrières de Porsguen et de Tinduff (à l'entrée de Moulin-neuf sur des fonds vaseux de 3 à 5 m sur une centaine d'hectares),
- huîtrière de la pointe du Binde (du Bendy, ndr).

L'auteur écrit que « la production des huîtres dans la rade de Brest est actuellement limitée à celle des gisements situés dans la rivière de Châteaulin ou dans son estuaire ».

Jean Touraine de Logonna-Daoulas témoigne dans le livre de J&R Guillet (2008) "En 1945, 1946… On draguait sur les bancs de Daoulas, du Roz à la sortie de la rivière, celui de Lomergat le long de Landevennec, à Poulmic, à Landerneau, au Fret, à Tregarvan en rivière de Châteaulin.". Selon M. Hansen, ostréiculteur ayant débuté son activité en 1944 à l'âge de 18 ans, il y avait des gisements dans les endroits suivants en rade de Brest : Roscanvel, le Fret, Quelern, rivière de l'Hôpital-Camfrout, rivière de Daoulas, rivière du Faou, Trégarvan, anse de Poulmic, Saint-Jean dans l'Elorn, Keraliou, Troaon, Lomergat et sur le banc du Capelan (au sud de Logonna-Daoulas).

Louis Marteil (1955) écrivit qu'en 1893, des huîtres plates d'Arcachon furent semées sur les bancs du Frout et du Caro mais furent pillées et qu'à l'embouchure de la rivière de Daoulas existait une réserve (celle du Roz, Figure 12 : Carte des gisements de coquilles comestibles de la rade de Brest et des rivières de Landerneau et de Châteaulin en octobre 1909) (Marteil, 1966).

Des pêcheurs à pied confirmés d'huîtres plates nous ont informés de la présence d'huîtres plates à Pors beac'h, dans la rivière de Daoulas, sur le banc du Roz, à Rosmelec, à Kernisi, à Rostiviec et au Fret. Des pêcheurs professionnels nous ont indiqué leur lieux de pêche des années passées : Le Fret, Roscanvel, Keraliou et l'Auberlac'h, cette dernière étant désormais une zone de réserve.



Source : Guérin-Ganivet, 1911

Figure 12 : Carte des gisements de coquilles comestibles de la rade de Brest et des rivières de Landerneau et de Châteaulin en octobre 1909

Le dragage en rade de Brest a montré que des huîtres plates en petite quantité persistent en différents endroits de la rade de Brest (cf. Annexe SP1-3 – Bilan du dragage en rade de Brest), mais les bancs résiduels à proprement parler restent peu nombreux (Figure 13 : Carte de présence/absence d'huîtres plates vivantes en milieu intertidal et subtidal en rade de Brest). Ils sont principalement situés du côté du Fret, de Roscanvel, du Tinduff, de l'anse du Roz et à l'embouchure des rivières de l'Hôpital-Camfrout, de l'Aulne et du Faou. Il faut cependant indiquer les limites de la prospection avec une drague : certaines zones de trop faible profondeur ou interdites (militaires, concessions) n'ont pu être draguées et il est arrivé que la drague soit bourrée par les algues rouges (*Rytiphlaea tinctoria*) et vertes à certains endroits (au sud de la rade notamment). En outre, les densités peuvent être minorées du fait de traits hors des zones de présence d'huîtres plates. La plongée représente alors un moyen plus précis de les estimer.

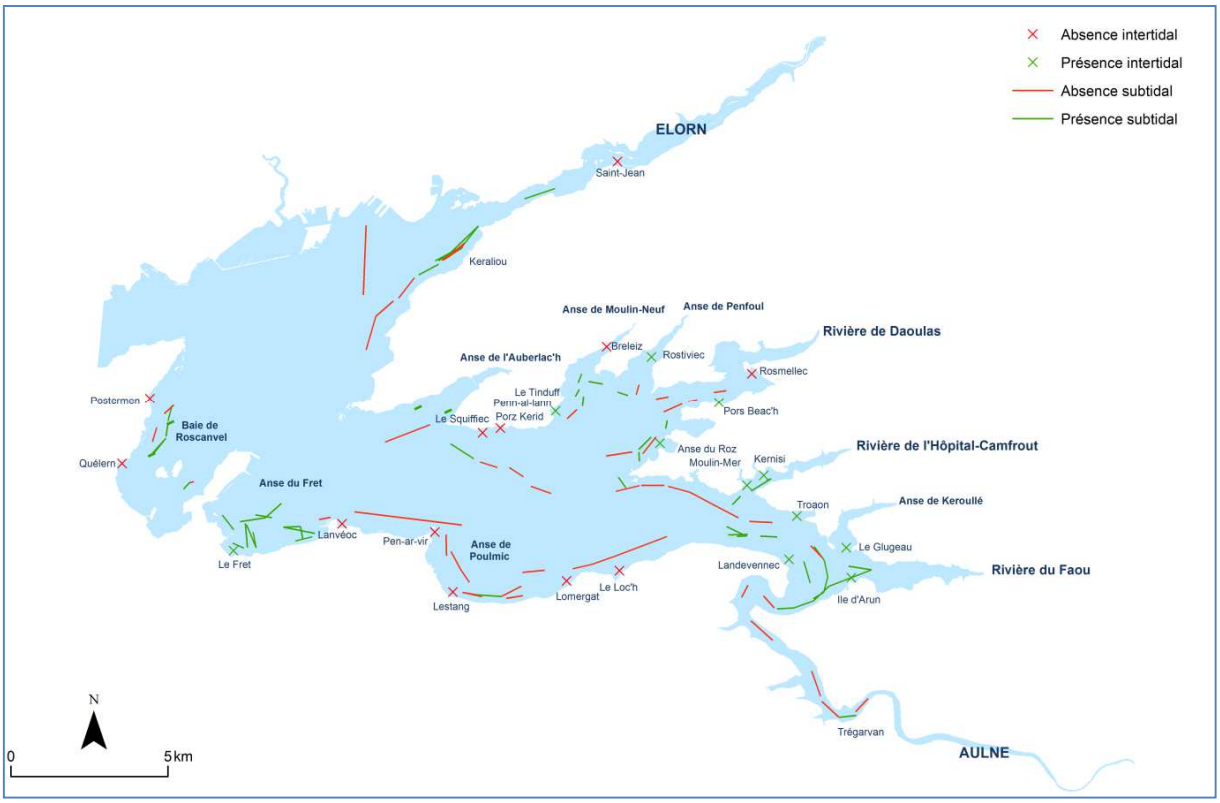


Figure 13 : Carte de présence/absence d'huîtres plates vivantes en milieu intertidal et subtidal en rade de Brest

En baie de Bourgneuf

Nous nous sommes joints à la prospection en milieu subtidal organisée par le SMIDAP qui n'a révélé la présence que de deux huîtres plates parmi les sept traits de drague réalisés ce jour-là.

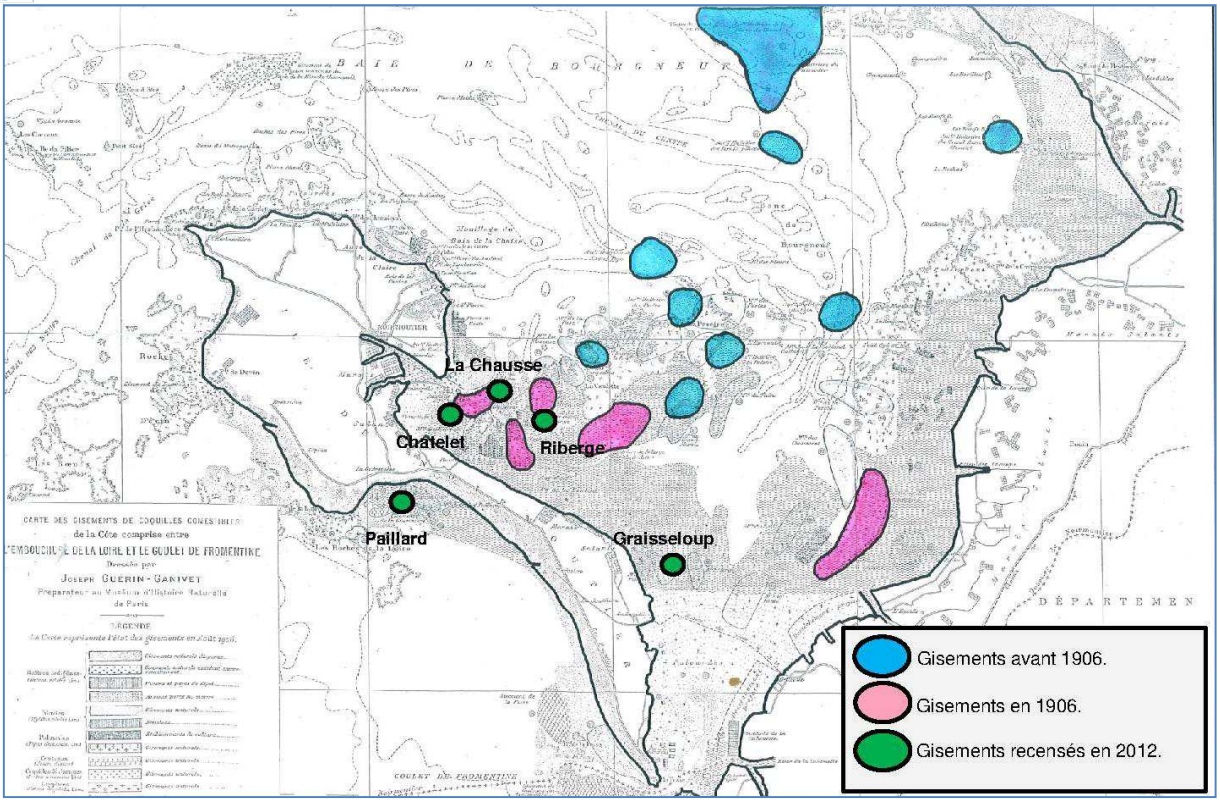
Suite aux différents entretiens et réunions de concertation, une cartographie des gisements d'huître plate en baie de Bourgneuf sur secteur découvrant a pu être dressée.

Cinq « gisements » ont été identifiés, respectivement, La Chausse, Chatelet, Riberge, Paillard et Graisseloup. Ils sont situés uniquement le long des côtes de l'île de Noirmoutier. Pour les trois premiers, ils correspondent à des gisements déjà répertoriés en 1906.

Au niveau sédimentaire, ils correspondent à des habitats essentiellement de type sableux et à proximité de zones de roches. Cette localisation et positionnement n'est pas neutre, la présence des roches limitant les possibilités de dragage. La présence d'huître plate sur ces secteurs de la baie de Bourgneuf est systématiquement associée à celle de pétoncles noirs (*Chlamys varia*).

Les densités mesurées sont relativement faibles, de l'ordre de quelques individus au mètre carré. Les tailles et poids moyens observés sont très hétérogènes. Ils varient dans une fourchette de 10 à 20 g jusqu'à plus de 500 g pour certains individus (pied de cheval).

Globalement, il semble s'agir de populations non indigènes aux sites d'observations, mais issus de secteurs plus nord et étant roulés et déplacés au gré des courants et des tempêtes. La présence de recrutement sur site est infime que ce soit sur les roches et/ou structures de production ostréicole à proximité (tables).



Source : Guérin-Ganivet, 1906

Figure 14 : Cartographie des gisements d'huîtres plates sur le secteur découvrant identifiés en 2012 en baie de Bourgneuf

En baie de Cancale

Dans le premier trait de drague, parmi des huîtres « échappées » des parcs, reconnaissables au morceau de collecteur encore présent à leur base, se trouvait une dizaine d'huîtres sauvages. Elles étaient plus nombreuses (une cinquantaine) au fur et à mesure des traits effectués vers le nord-est des concessions.

Ecologie des populations

En rade de Brest

La prospection à pied dans la rade de Brest a permis de collecter des individus pour analyse génétique à la Tremblade. L'exigence était de rapporter une cinquantaine d'individus reproducteurs, dont la taille moyenne a été estimée à 50 mm. Ainsi, nous avons pêché uniquement des individus ayant au moins cette taille. 11 sites sur les 24 prospectés ont pu satisfaire ces exigences. Avant expédition à la Tremblade, les huîtres plates ont été mesurées et pesées. Les résultats sont les suivants :

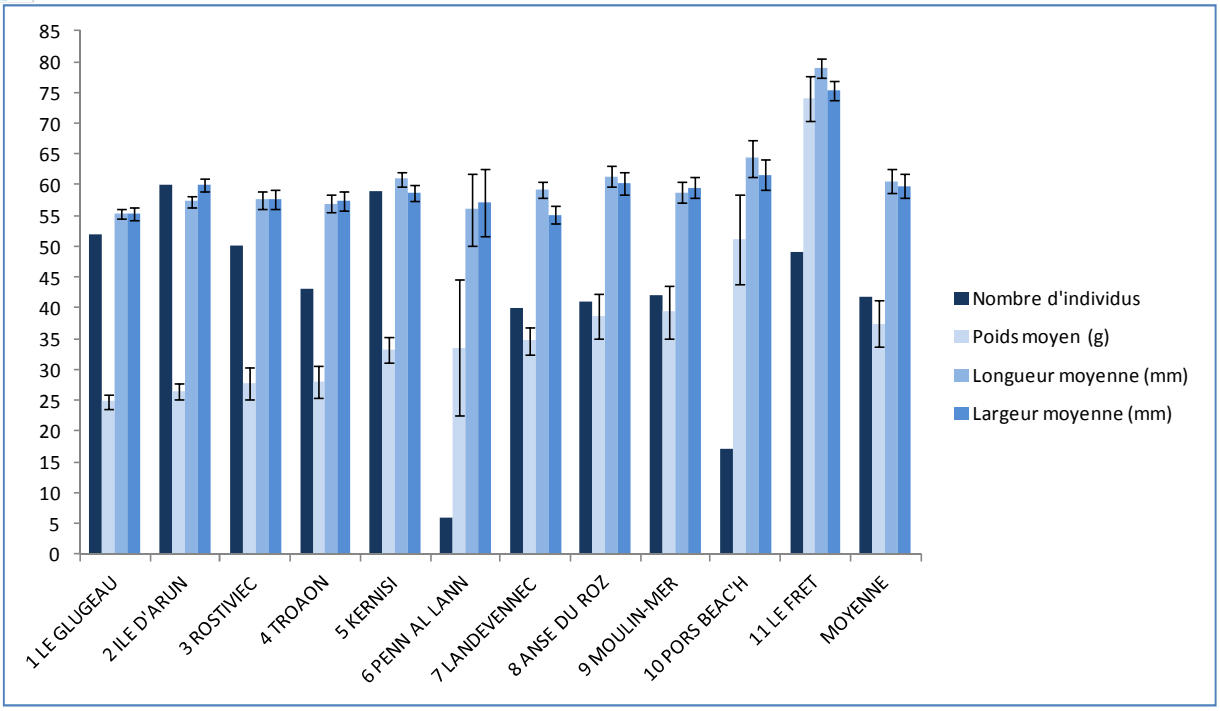


Figure 15 : Biométrie des huîtres plates reproductrices de la zone intertidale de la rade de Brest

Les huîtres sont quasi circulaires, avec un diamètre de presque 61 mm, proche de la maille réglementaire (60) et de poids moyen de 37 g.

En ce qui concerne la taille des huîtres plates en milieu subtidal, on constate qu'elles sont plus grosses au Fret (moyenne de 75 ± 1 mm) et bien que leur densité soit plus importante vers l'embouchure de l'Aulne, elles sont de plus petite taille (moyenne de 38 ± 0.3 mm) (Figure 16 : Carte des tailles moyennes des huîtres plates vivantes en milieu subtidal en rade de Brest). La taille moyenne des huîtres plates en rade de Brest est de 55 ± 4 mm.

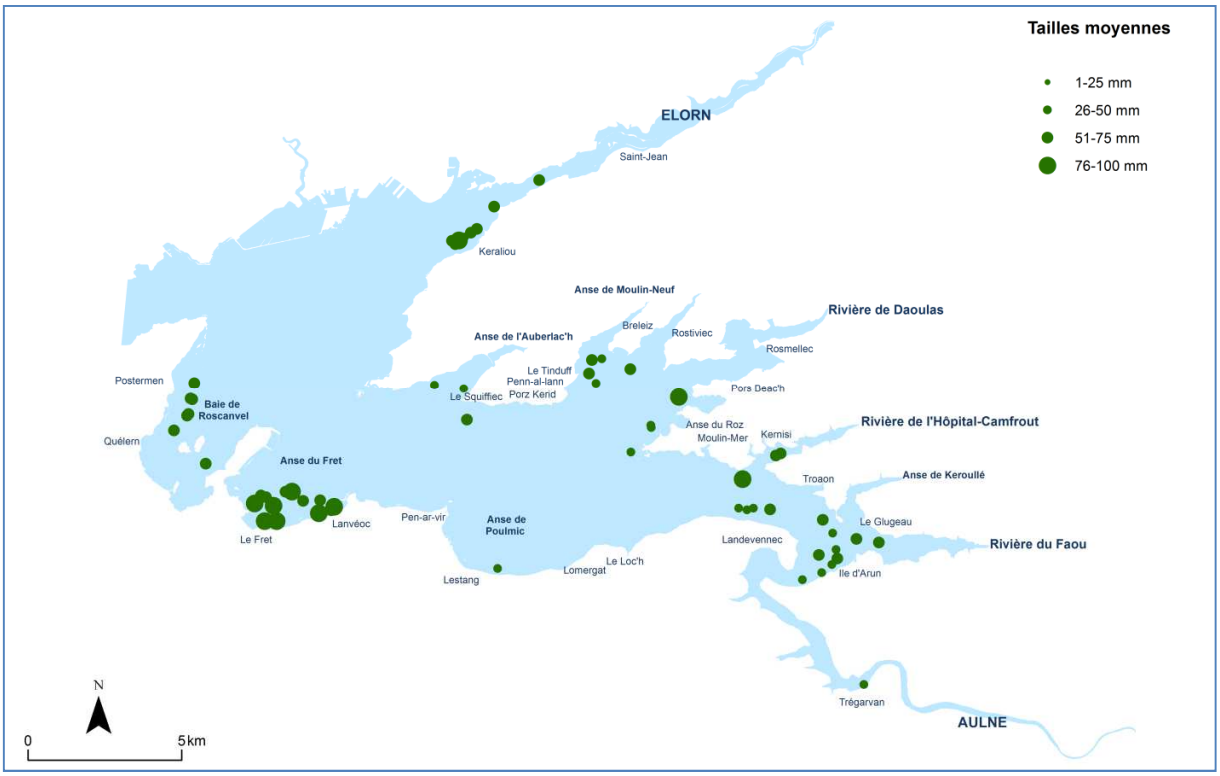


Figure 16 : Carte des tailles moyennes des huîtres plates vivantes en milieu subtidal en rade de Brest

Le substrat sur lequel se trouvaient les huîtres plates en milieu intertidal est majoritairement sablo-vaseux ou composé de vase ou de cailloutis (Figure 17 : Substrats des huîtres plates reproductrices de la zone intertidale de la rade de Brest). En

milieu subtidal, elles vivent préférentiellement en milieu composé de crépidules mortes et d'une thanatocénose coquillère sur vase de taille suffisante pour permettre l'installation des larves. Il y a très peu d'huîtres plates sur du maërl et dans les zones avec des algues rouges (*Rytiphlaea tinctoria* principalement) et vertes (*Ulva lactuca*) en grande quantité. Les huîtres draguées durant la campagne d'échantillonnage étaient principalement libres sur le substrat, sauf autour de la presqu'île de Logonna-Daoulas où elles existaient sous forme d'agrégats. Les principales espèces associées aux huîtres plates sont représentées par *Crepidula fornicata* à l'embouchure de l'Aulne (Landevennec, Sillon des anglais), à Roscanvel, au Fret, à Tibidy et à Keraliou et par Chlamys varia à Roscanvel et au Fret.

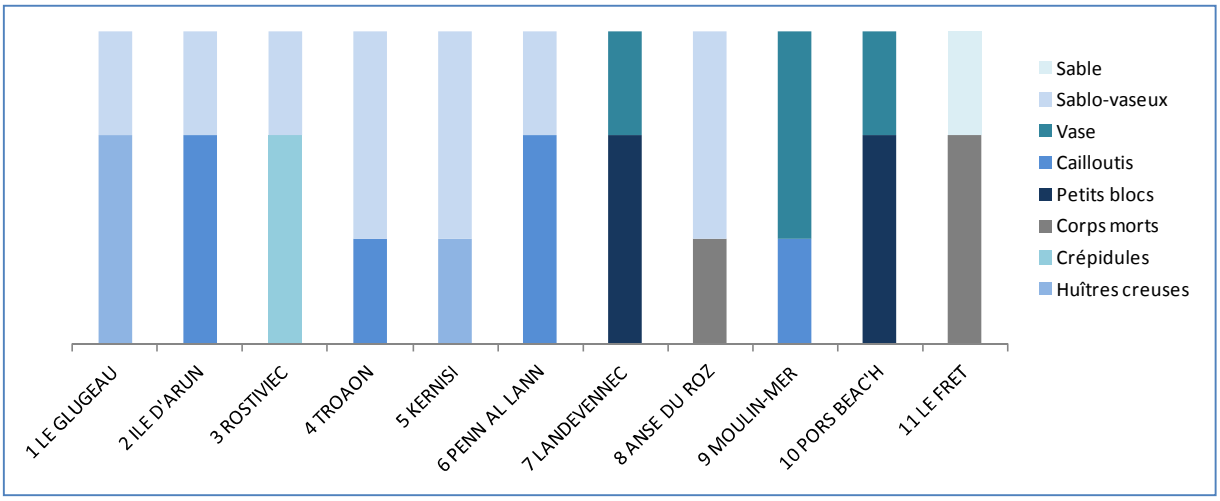


Figure 17 : Substrats des huîtres plates reproductrices de la zone intertidale de la rade de Brest

La recherche d'huîtres plates dans la rade de Brest à l'aide d'une drague a mis en évidence la présence d'individus épars mais pas de véritables bancs, si l'on se réfère à la définition donnée par OSPAR. Les densités en rade de Brest varient de 0.1 ind./m² à 0.7 ind./m² (Figure 18 : Carte des densités d'huîtres plates vivantes en milieu subtidal en rade de Brest). Les zones abritant les densités les plus importantes, de 0.3 ind./m² à 0.7 ind./m², se situent au sud-est, au niveau de l'embouchure de l'Aulne et à l'est (Roscanvel).

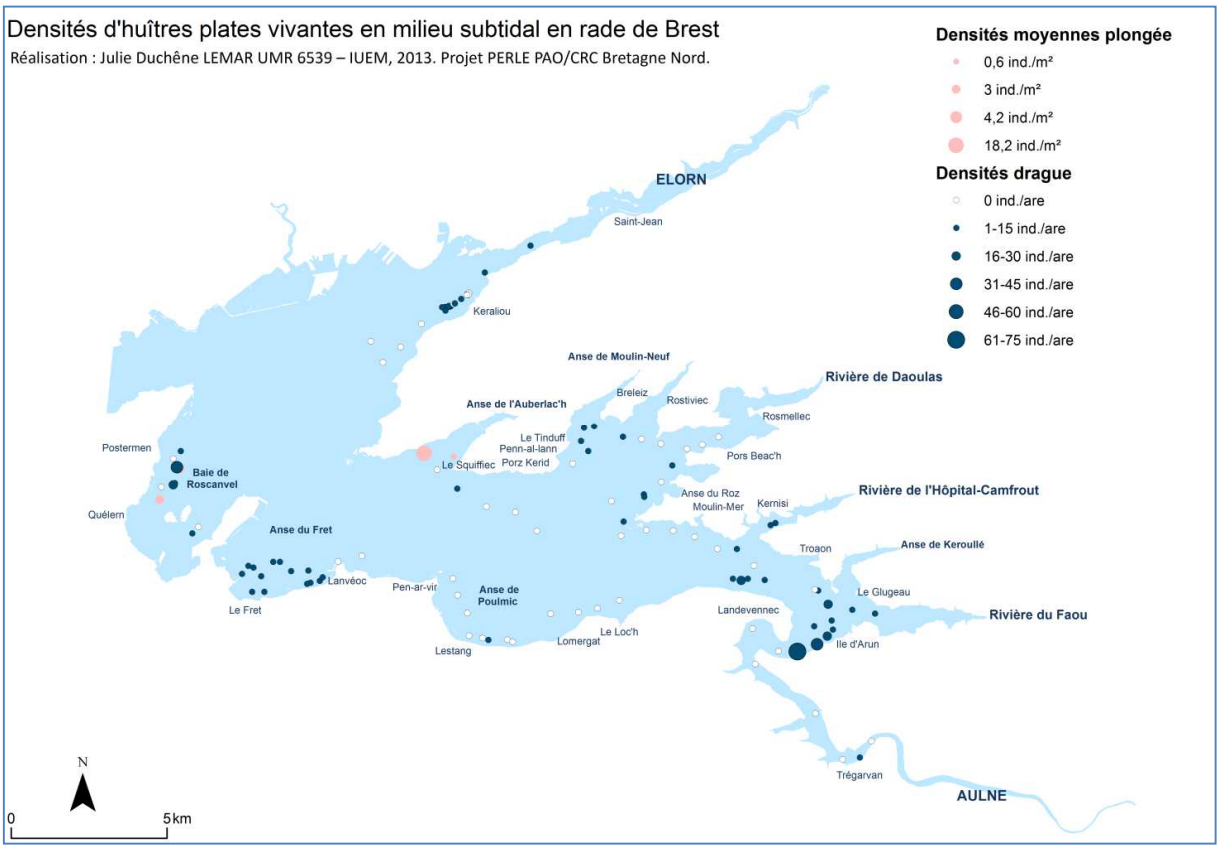


Figure 18 : Carte des densités d'huîtres plates vivantes en milieu subtidal en rade de Brest

En revanche, la plongée à Roscanvel a donné des résultats différents par rapport aux données récoltées à la drague en ce qui concerne la densité : elle montre une densité moyenne d'huîtres plates vivantes de 3.6 ± 0.69 ind./m² (Figure 19 : Densités d'huîtres plates vivantes et mortes à Roscanvel), réparties de manière discontinue. Celle des huîtres plates mortes atteint 17 ± 3.73 ind./m². La taille moyenne des huîtres plates vivantes, 58 ± 3 mm, reste identique à celle relevée lors du dragage (Figure 20 : Tailles moyennes d'huîtres plates vivantes et mortes à Roscanvel). La taille moyenne des huîtres plates mortes est de 53 ± 1 mm.

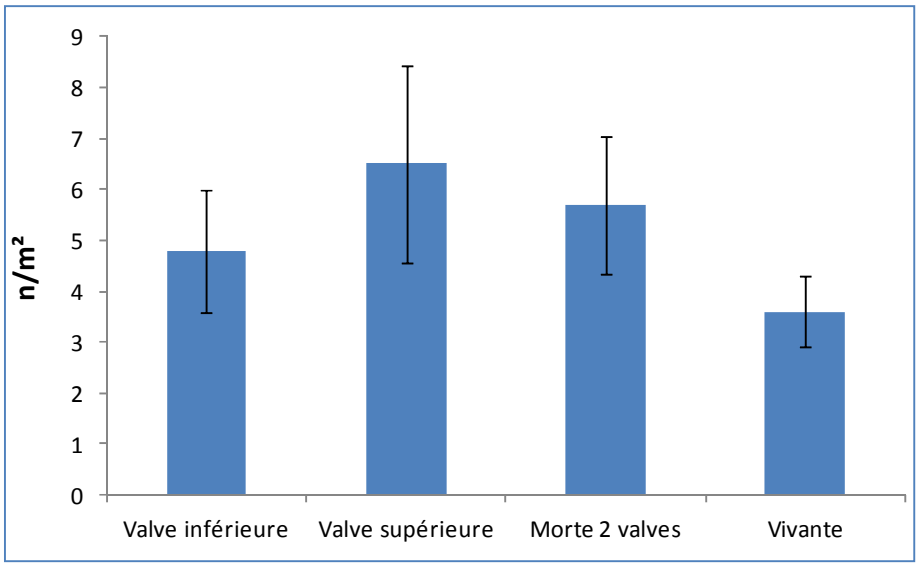


Figure 19 : Densités d'huîtres plates vivantes et mortes à Roscanvel

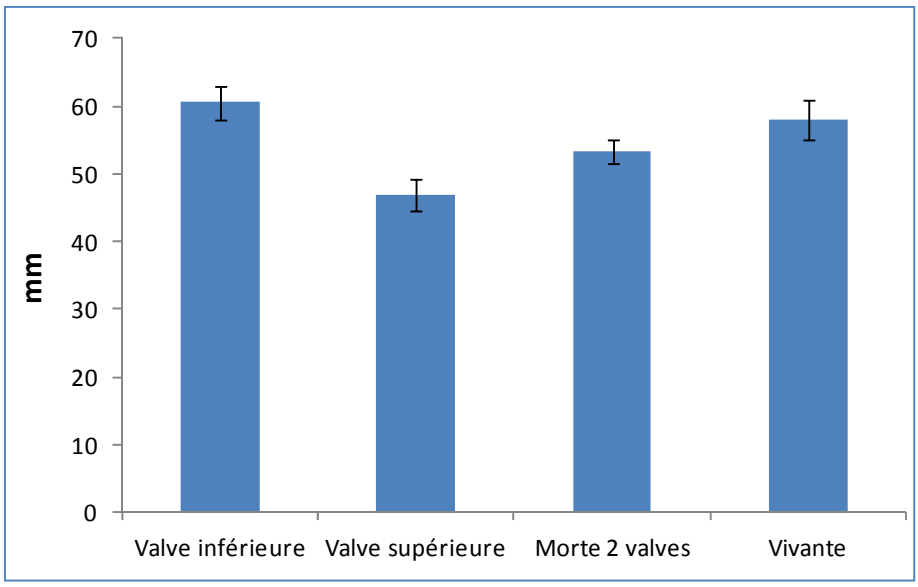


Figure 20 : Tailles moyennes d'huîtres plates vivantes et mortes à Roscanvel

Le substrat sur lequel reposent librement les huîtres plates à Roscanvel est majoritairement composé de débris coquillier et d'algues rouges et vertes (Figure 21 : Composition du biotope des huîtres plates à Roscanvel) représentées par *Rytiphlaea tinctoria* principalement et *Ulva lactuca*. On trouve une densité quatre fois plus importante de crépidules par rapport à celle des huîtres plates et se sont surtout des crustacés qui partagent le même biotope que les huîtres plates (Figure 22 : Densités moyennes des taxons présents).

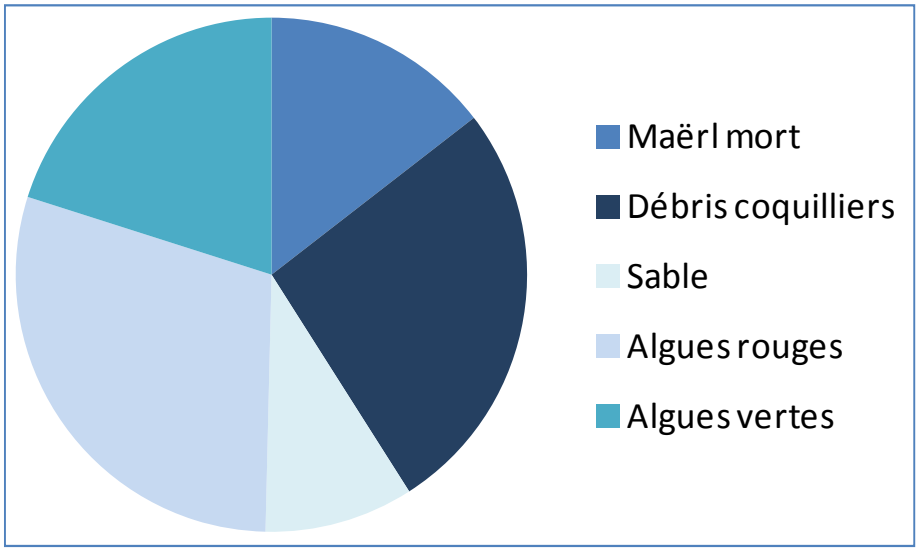


Figure 21 : Composition du biotope des huîtres plates à Roscanvel

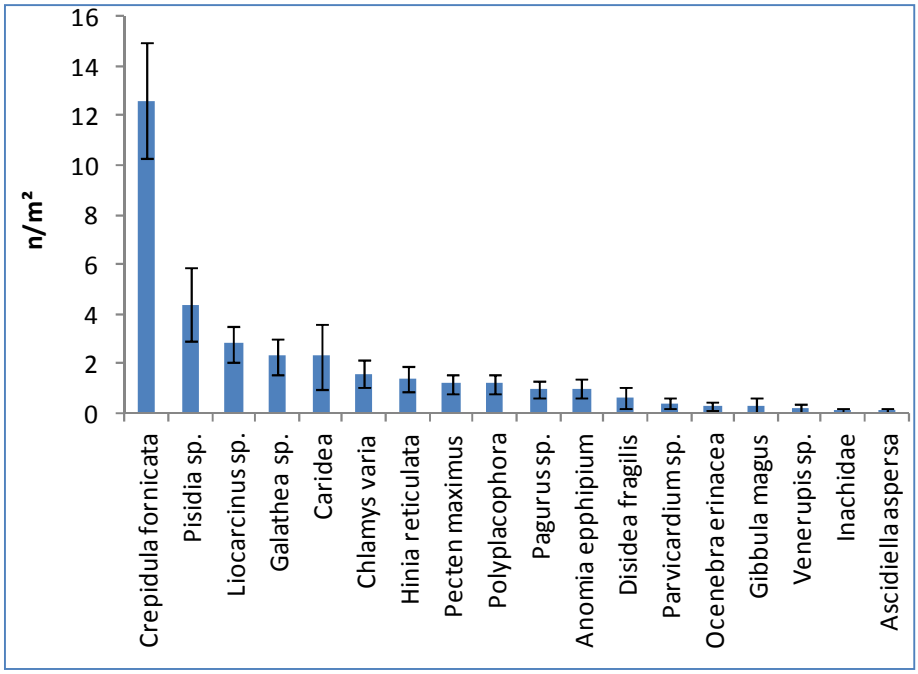


Figure 22 : Densités moyennes des taxons présents

La plongée à l'Auberlac'h a montré de grandes différences entre la partie ouest du site et sa partie est. En effet, un nombre dérisoire d'huîtres plates a été trouvé à l'est de l'anse mais des algues rouges en grande quantité ont été ramassées. Ce résultat concorde avec la zone de l'Auberlac'h où les pêcheurs nous ont indiqué avoir l'habitude de pêcher lorsque la pêche est autorisée dans l'anse. Nous avons donc choisi de présenter uniquement les résultats du premier transect effectué à l'est de l'anse.

La densité moyenne d'huîtres plates vivantes à l'est de l'anse de l'Auberlac'h est de 18.2 ± 2.52 ind./m² (5 fois plus qu'à Roscanvel) (Figure 23 : Densités d'huîtres plates vivantes et mortes à l'Auberlac'h). Celle des huîtres plates mortes est de 66.4 ± 6.19 ind./m² (4 fois plus qu'à Roscanvel) (Figure 24 : Tailles moyennes d'huîtres plates vivantes et mortes à l'Auberlac'h). Malgré l'abondance de crépidules mortes pouvant constituer un bon support pour les huîtres plates, ces dernières étaient fixées les unes sur les autres, sans toutefois former de gros récifs. Elles atteignent une taille moyenne de 33 ± 1.5 mm et les huîtres plates mortes 36 ± 0.74 mm. Elles semblent donc mourir assez rapidement. Il est important de noter que 20 % des huîtres plates vivantes étaient des individus de moins de 20 mm, contre 5 % à Roscanvel.

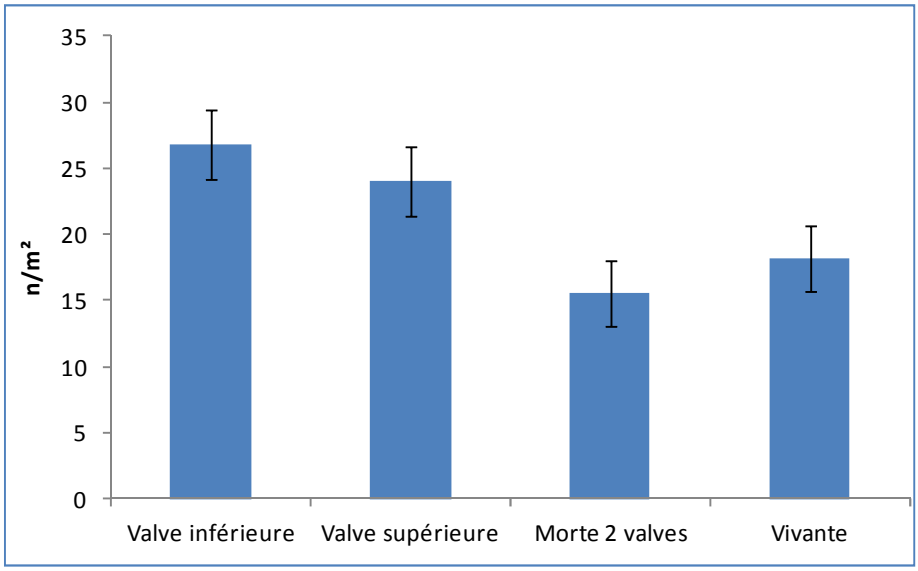


Figure 23 : Densités d'huîtres plates vivantes et mortes à l'Auberlac'h

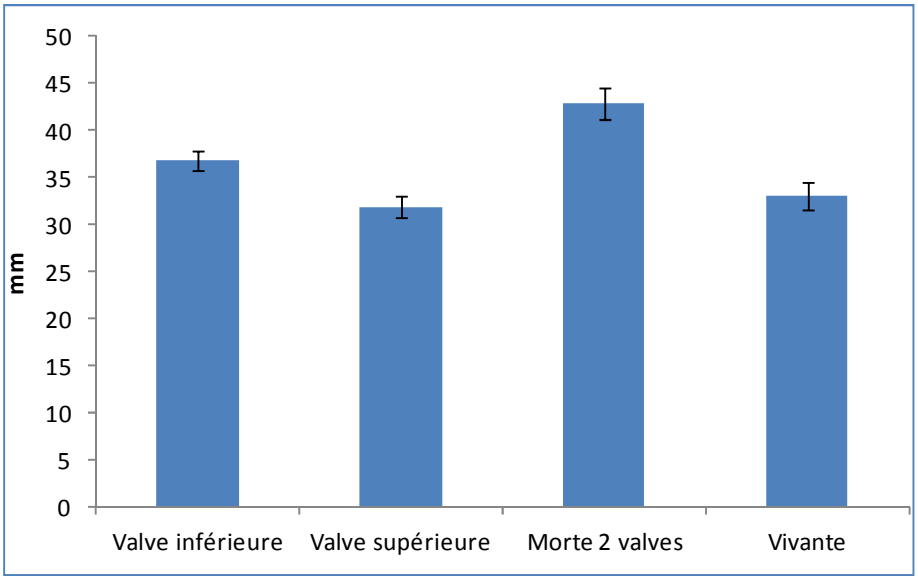


Figure 24 : Tailles moyennes d'huîtres plates vivantes et mortes à l'Auberlac'h

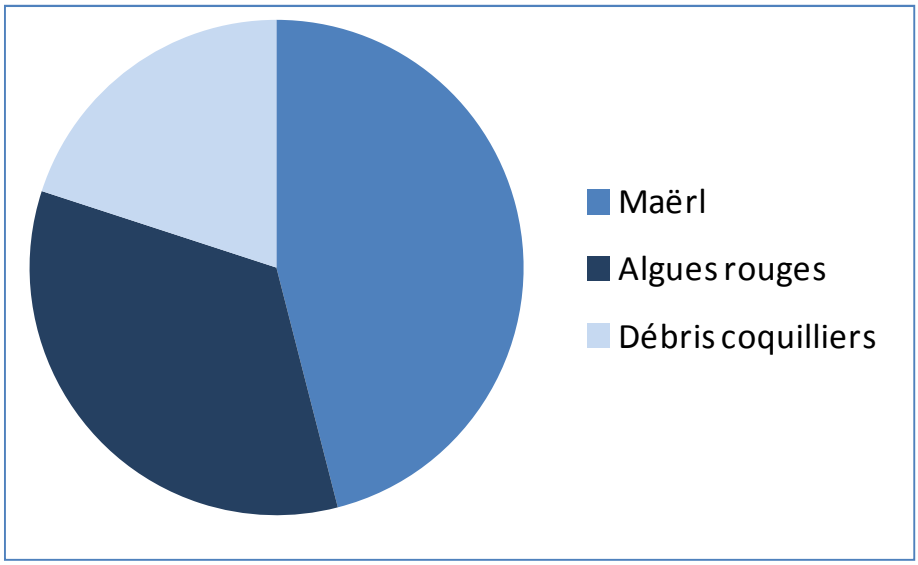


Figure 25 : Composition du biotope des huîtres plates à l'Auberlac'h

Le biotope des huîtres était composé essentiellement de maërl et d'algues rouges (Figure 25 : Composition du biotope des huîtres plates à l'Auberlac'h). Parmi les espèces associées aux huîtres plates, on retrouve des crépidules mais davantage de mollusques, notamment des gibbules, des pétoncles noirs et des calyptrées (Figure 26 : Densités moyennes des taxons présents à l'Auberlac'h).

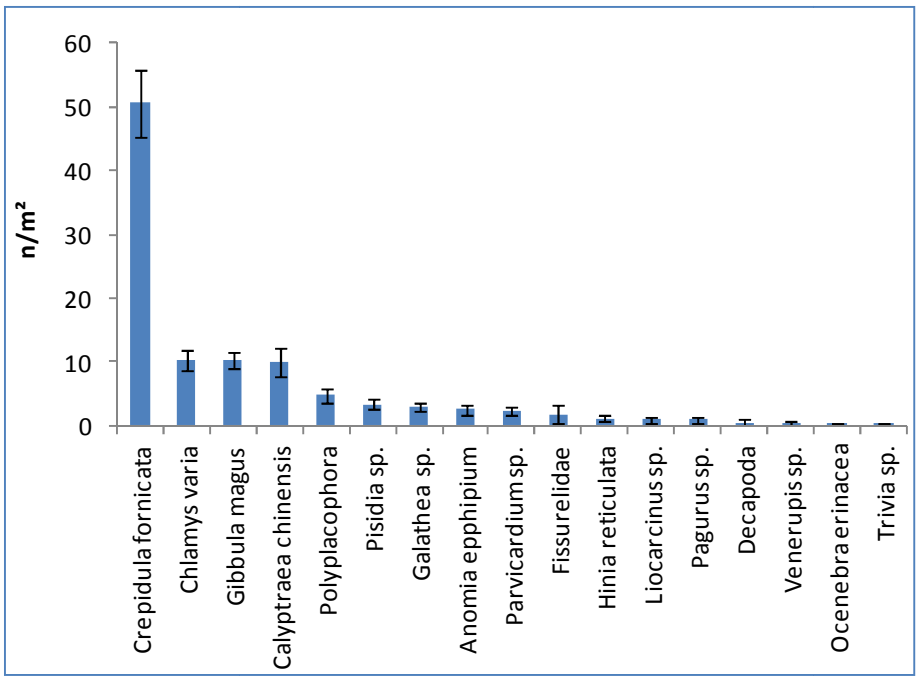


Figure 26 : Densités moyennes des taxons présents à l'Auberlac'h

En baie de Bourgneuf

La quasi-absence d'huîtres plates en baie de Bourgneuf ne nous permet pas de conclure sur leur écologie. Nous avons pu constater que le substrat était très diversifié d'un trait de drague à l'autre (cailloux, crépidules mortes, vieilles coquilles d'huîtres plates adultes, algues rouges, etc.) et avons noté la présence abondante d'étoiles de mer, mais globalement de très peu d'autres espèces. La baie de Bourgneuf semble relativement pauvre en termes de richesse spécifique et d'abondance.

En baie de Cancale

Le substrat sur lequel se trouvaient les huîtres plates draguées était principalement sableux et riche en crépidules et thanatocénose coquillière. Les densités d'huîtres ne sont pas plus importantes qu'en rade de Brest : lors des 4 traits de drague, soit 1 670 m, nous avons récolté 143 huîtres plates. La densité moyenne est de 0.02 ± 0.01 ind./m². Elles étaient de belles tailles (moyenne de 83 ± 5 mm) (Figure 27 : Histogramme des tailles des huîtres plates de Cancale) et libres sur le fond. Peu d'espèces sont associées aux huîtres plates en baie de Cancale : nous avons observé quelques chaînes de crépidules à la base de certaines huîtres et sur leurs coquilles des balanes, des vers serpulidés et des hydrozoaires principalement, notamment sur les valves inférieures (Figure 28 : Abondances moyennes des taxons sur les huîtres plates de Cancale). L'ascidie exotique *Styela clava* était présente et sur l'échantillon d'huîtres plates rapporté au laboratoire, seule une valve inférieure de naissain et une huître plate de 38 mm ont été trouvées.

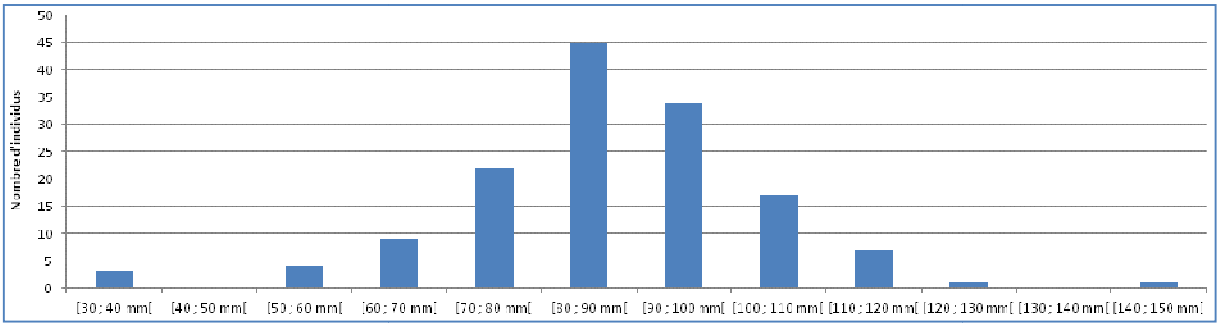


Figure 27 : Histogramme des tailles des huîtres plates de Cancale

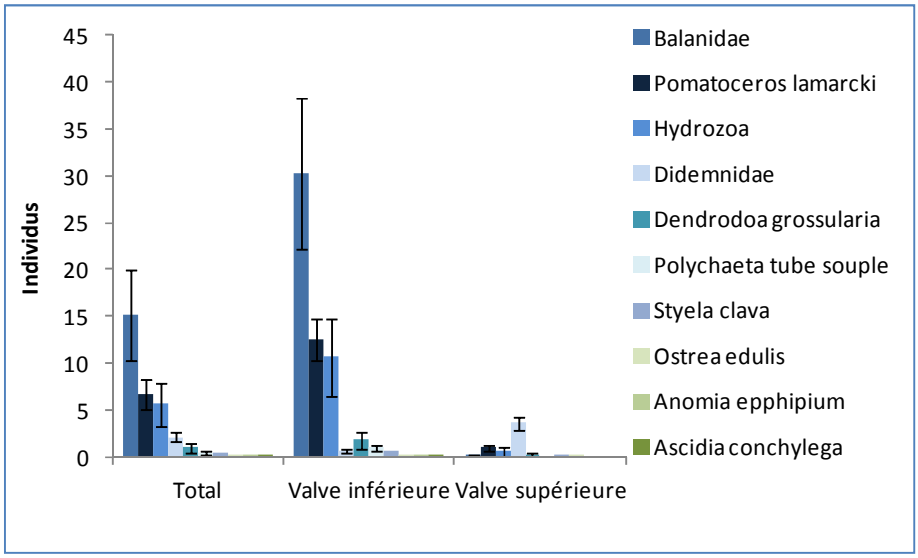


Figure 28 : Abondances moyennes des taxons sur les huîtres plates de Cancale

Etude de la dispersion larvaire en rade de Brest

180 simulations de dispersion larvaire ont été réalisées à partir de 32 bancs potentiels de la rade de Brest (Figure 29 : Localisation des bancs potentiels identifiés selon les prospections menées dans le travail d'inventaire des populations). Des matrices de connectivité ont été produites pour les différentes conditions testées. Les résultats des simulations mettent en évidence que les zones qui peuvent le mieux alimenter les collecteurs posés dans la concession de Lomergat sont situées en amont sur les secteurs de Landevennec et de l'embouchure de l'Aulne et, selon les conditions hydroclimatiques, de l'est de la baie de Daoulas (Figure 30 : Connectivité potentielle à Lomergat (pourcentage d'émission de larves de chaque banc arrivant sur ce site). Les résultats obtenus différencient l'estuaire de l'Elorn pour son autorecrutement le plus important de la rade de Brest, mais sans bénéficier d'apports extérieurs. Une alimentation de Lomergat par des adultes de l'anse du Fret concorde avec les différentiels spatiaux de recrutement observés en 2012 mais suppose un stock important dans l'anse du Fret. L'apport des adultes situés à l'ouest de la rade (Roscanvel, l'Auberlac'h) dans les recrutements en fond de rade (au sud-est) est moins probable.

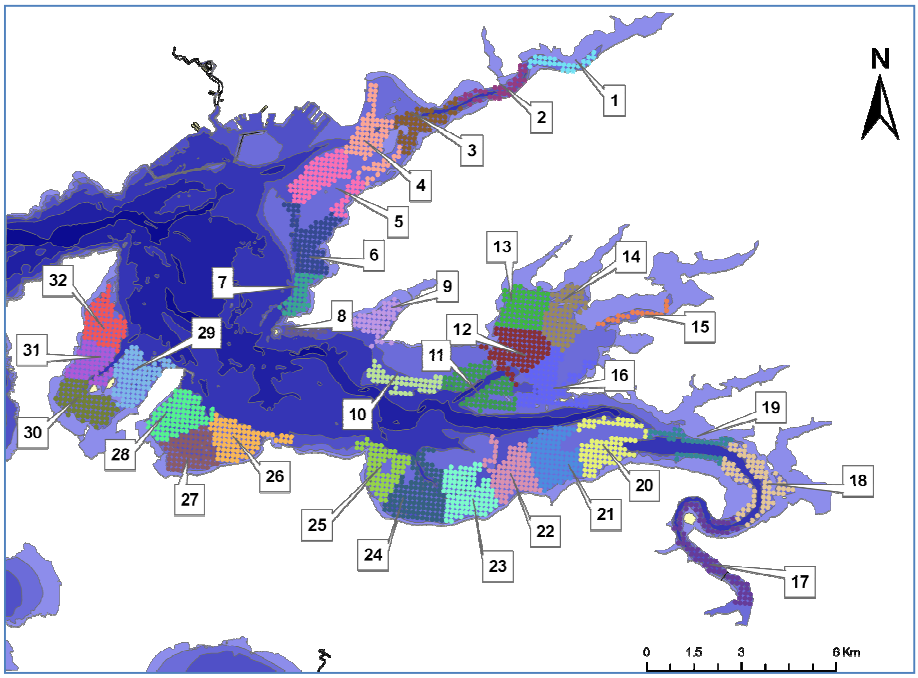


Figure 29 : Localisation des bancs potentiels identifiés selon les prospections menées dans le travail d'inventaire des populations

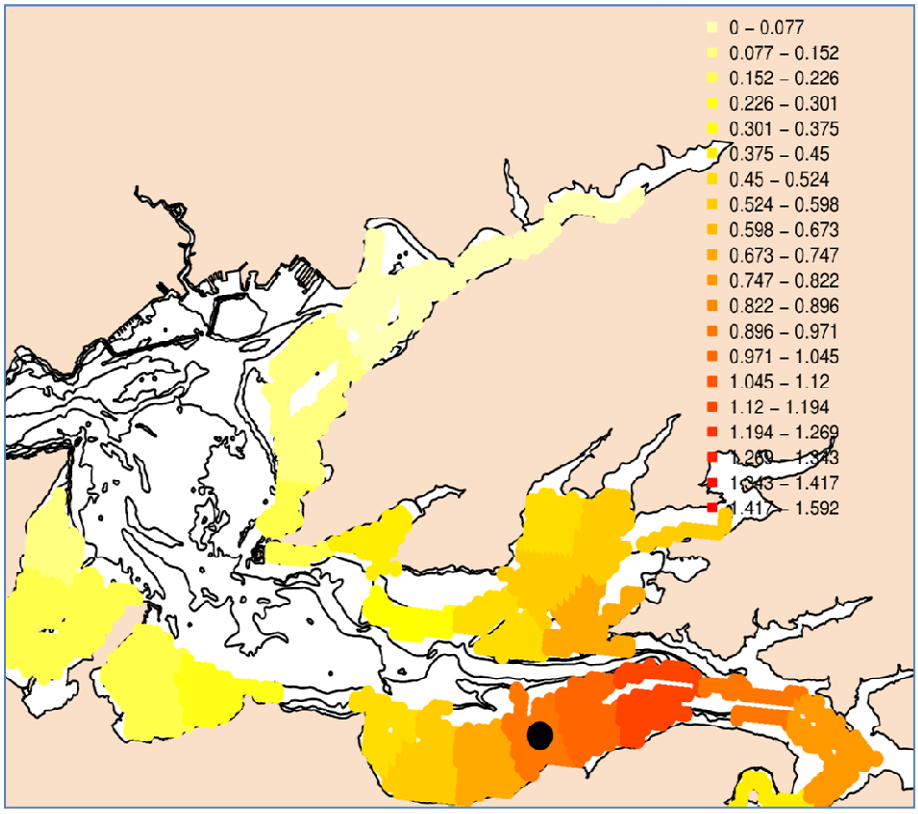


Figure 30 : Connectivité potentielle à Lomergat (pourcentage d'émission de larves de chaque banc arrivant sur ce site ●)

Restauration des populations

La deuxième expérience de colonisation de supports à Lomergat s'est révélée être un échec : lorsque nous avons récupéré la cage le 9 octobre 2012, le contenu des paniers était renversé et envasé. Il est probable que la cage ait été mal immergée et soit restée sur un côté. Nous avons récupéré des échantillons mais nous n'avons pas observé de naissain sur les supports. En outre, la remise à l'eau de la cage le lendemain n'a pas été possible à cause des mauvaises conditions météorologiques. Les paniers ont été conservés dans un système ouvert d'eau filtrée à l'écloserie de Hanvec pendant 3 semaines avant d'être ré-immergés le 30 octobre 2012. Nous avions alors déjà pu constater une importante mortalité d'espèces associées, notamment d'ascidies en putréfaction. C'est pourquoi nous présentons uniquement les résultats de la première expérience de colonisation des supports et du semis de coquilles d'huîtres.

Colonisation des supports

L'étude de l'attractivité des différents supports au moment de l'installation des larves d'huîtres plates montre que d'une part, leur face à l'ombre supporte un nombre de naissain plus grand que leur face exposée et d'autre part que les cailloux, ainsi que les coquilles d'huîtres plates, sont plus attractives que les huîtres creuses vivantes et les huîtres plates vivantes : respectivement 51 ± 6 naissains et 27 ± 2 naissains contre 18 ± 4 naissains et 14 ± 0.5 naissains (Figure 31 : Nombre moyen de naissains par unité de surface (100 cm²) des faces des différents supports en novembre 2011). Il faut également noter que les côtés des cailloux présentent une attractivité similaire aux faces à l'ombre.

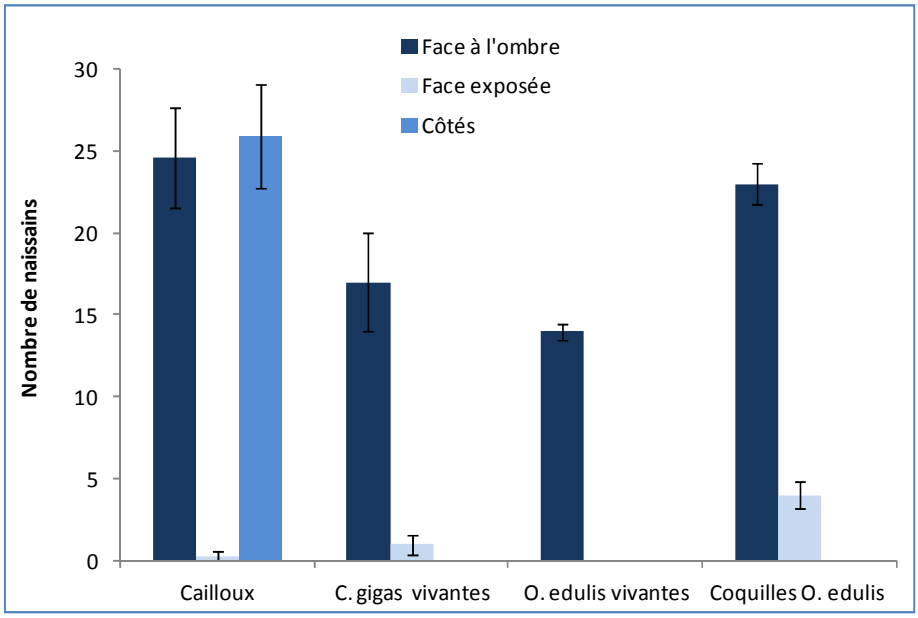


Figure 31 : Nombre moyen de naissains par unité de surface (100 cm²) des faces des différents supports en novembre 2011

NB : seuls les cailloux présentaient des côtés.

L'évolution de la croissance du naissain en fonction des dates de prélèvement des échantillons (Figure 32 : Taille moyenne du naissain sur les différents supports aux trois dates de prélèvement) montre qu'il n'y a pas de gain de croissance entre les mois de novembre 2011 et mars 2012 (sauf pour les naissains sur les huîtres creuses vivantes qui sont significativement plus petits en mars, ce qui est sans doute lié à un biais d'échantillonnage). En revanche, après l'hiver, la croissance du naissain s'accélère sur tous les types de supports, sans qu'il n'y ait de différence significative de taille du naissain au bout de quasiment un an selon le support sur lequel il est fixé.

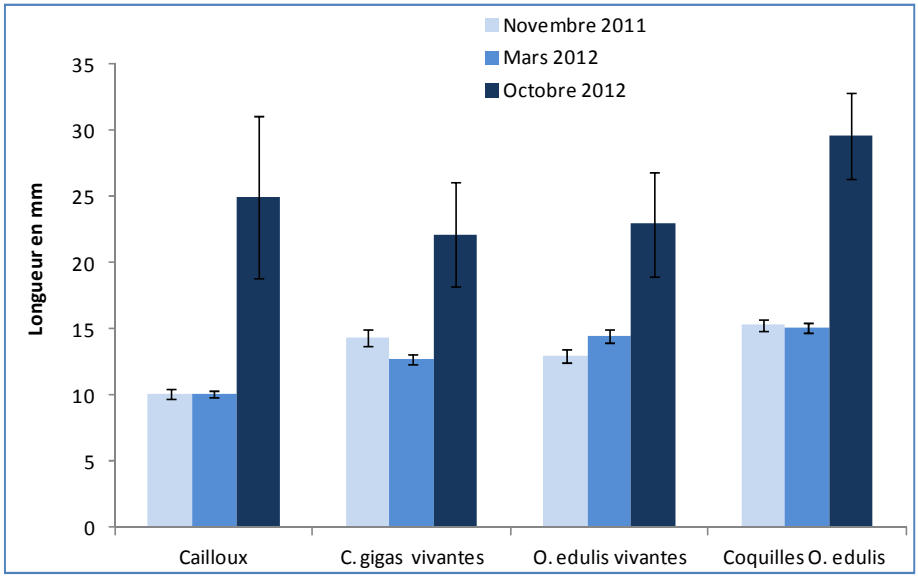


Figure 32 : Taille moyenne du naissain sur les différents supports aux trois dates de prélèvement

Quant à la mortalité du naissain, elle augmente de manière significative entre les mois de novembre 2011 et mars 2012 (un peu moins pour le naissain installé sur les huîtres creuses vivantes), ainsi qu'entre mars 2012 et octobre 2012 pour le naissain sur huîtres creuses et plates vivantes surtout (Figure 33 : Pourcentage de mortalité du naissain sur les différents supports aux trois dates de prélèvement). On notera que la différence de mortalité la plus forte touche le naissain sur huîtres plates vivantes, qui passe de 5 % de mortalité en novembre 2011 à presque 40 % en octobre 2012.

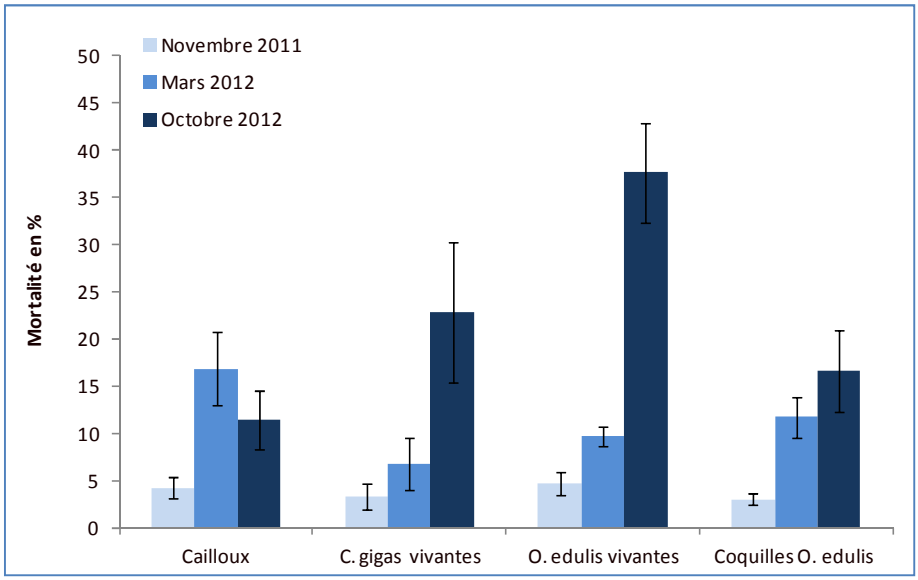


Figure 33 : Pourcentage de mortalité du naissain sur les différents supports aux trois dates de prélèvement

	Novembre 2011		Octobre 2012	
1	*Anomia ephippium*	Filtreur	Actinaria	Prédateur
2	*Ascidia mentula*	Filtreur	*Anomia ephippium*	Filtreur
3	*Ascidiella sp.*	Filtreur	*Ascidia conchylega*	Filtreur
4	*Asteria rubens*	Prédateur	*Ascidia mentula*	Filtreur
5	*Botryllus sp.*	Filtreur	*Ascidiella aspersa*	Filtreur
6	*Chlamys varia*	Filtreur	Balanidae	Filtreur
7	*Ciona intestinalis*	Filtreur	Caridea	Filtreur ou Prédateur
8	*Crassostrea gigas*	Filtreur	*Caulacanthus ustulatus*	Producteur primaire
9	*Crepidula fornicata*	Filtreur	*Cerastoderma edule*	Filtreur
10	*Dendrodoa grossularia*	Filtreur	*Chlamys varia*	Filtreur
11	Didemnidae	Filtreur	*Crepidula fornicata*	Filtreur
12	*Jujubinus sp.*	Brouteur	*Dendrodoa grossularia*	Filtreur
13	*Molgula sp.*	Filtreur	Didemnidae	Filtreur
14	*Ocenebra erinacea*	Prédateur	*Distomus variolosus*	Filtreur
15	*Mytilus edulis*	Filtreur	*Dysidea fragilis*	Filtreur
16	Nudibranchia	Brouteur	Galatheidae	Détritivore
17	*Phallusia mamillata*	Filtreur	Isopoda	Détritivore
18	Polychaeta errant	Prédateur	Lithothamnia	Producteur primaire
19	*Pomatoceros lamarcki*	Filtreur	*Mytilus edulis*	Filtreur
20	*Porcellana sp.*	Filtreur	*Ostrea edulis*	Filtreur
21	Spirorbidae	Filtreur	*Phallusia mamillata*	Filtreur
22	*Trivia sp.*	Prédateur	*Pisidia longicornis*	Filtreur
23			Polychaeta tube souple	Filtreur
24			Polyplacophora	Brouteur
25			*Pomatoceros lamarcki*	Filtreur
26			Spirorbidae	Filtreur
27			*Styela Clava*	Filtreur
28			*Ulva lactuca*	PP

Tableau 1 : Composition spécifique des supports en novembre 2011 et octobre 2012

En ce qui concerne l'épibiose présente en association avec le naissain sur les différents types de supports dénombrés en novembre 2011 et octobre 2012, on observe une augmentation de la richesse spécifique : 22 espèces ont été recensées en novembre 2011 et 28 en octobre 2012 (Tableau 1 : Composition spécifique des supports en novembre 2011 et octobre

2012), dont 11 espèces communes (Spirorbidae, *Pomatoceros lamarckii*, *Ascidiella sp.*, *Phallusia mamillata*, *Ascidia mentula*, Didemnidae, *Dendrodoa grossularia*, *Chlamys varia*, *Anomia ephippium*, *Crepidula fornicata* et *Mytilus edulis*), 11 observées uniquement en novembre 2011 et 19 observées uniquement en octobre 2012.

		Cailloux	*Crassostrea gigas* vivantes	*Ostrea edulis* vivantes	*Ostrea edulis* coquilles
1	Didemnidae	0,62 ± 0,14	1,63 ± 0,31	2,02 ± 0,43	1,11 ± 0,15
2	*Anomia ephippium*	0,98 ± 0,18	0,37 ± 0,13	0,65 ± 0,2	0,69 ± 0,12
3	*Chlamys varia*	0,27 ± 0,07	1,03 ± 0,15	0,35 ± 0,09	0,39 ± 0,06
4	*Crassostrea gigas*	0,07 ± 0,04	0,02 ± 0,02	0,09 ± 0,04	0,1 ± 0,04
5	*Dendrodoa grossularia*	0	0,02 ± 0,02	0,04 ± 0,03	0,02 ± 0,01
6	*Phallusia mamillata*	0	0,22 ± 0,06	0	0,02 ± 0,01
7	*Crepidula fornicata*	0,1 ± 0,04	0	0	0,06 ± 0,02
8	*Ciona intestinalis*	0	0,1 ± 0,05	0	0,02 ± 0,01
9	*Molgula sp.*	0	0	0,02 ± 0,02	0,01 ± 0,01
10	*Ascidia mentula*	0	0,1 ± 0,05	0	0,01 ± 0,01
11	*Mytilus edulis*	0	0,03 ± 0,02	0	0
12	*Ascidiella sp.*	0	0	0,02 ± 0,02	0
13	*Botryllus sp.*	0	0	0,02 ± 0,02	0
14	Polychaeta non tubicole	0	0	0	0,01 ± 0,01

Tableau 2 : Abondance moyenne des différents taxons sessiles autres que le naissain d'huîtres plates de 2011 présents sur les différents types de support en novembre 2011. Les Spirorbidae et *Pomatoceros lamarckii* n'ont pas été dénombrés mais sont également présents

		Cailloux	*Crassostrea gigas* vivantes	*Ostrea edulis* vivantes	*Ostrea edulis* coquilles
1	Spirorbidae	69,90 ± 10,87	36,40 ± 12,08	89,20 ± 15,59	60,60 ± 4,98
2	*Pomatoceros lamarcki*	16,60 ± 1,19	5,10 ± 0,94	14,40 ± 2,05	18,40 ± 2,39
3	Balanidae	13,70 ± 2,80	74,40 ± 14,87	3,40 ± 1,27	9,20 ± 1,79
4	*Anomia ephippium*	15,80 ± 2,32	10,60 ± 3,11	4,60 ± 1,03	15,65 ± 2,16
5	*Ascidia conchylega*	3,70 ± 0,75	3,30 ± 0,91	4,70 ± 0,65	3,50 ± 0,57
6	Lithothamnia	1,20 ± 0,29	0,70 ± 0,26	2,80 ± 2,25	2,40 ± 0,69
7	*Chlamys varia*	2,20 ± 0,33	0,50 ± 0,22	0,20 ± 0,20	2,40 ± 0,36
8	*Crepidula fornicata*	2,50 ± 0,69	0,30 ± 0,15	0,30 ± 0,15	1,40 ± 0,48
9	*Distomus variolosus*	1,90 ± 0,53	1,10 ± 0,35	0,20 ± 0,13	1,15 ± 0,37
10	Didemnidae	2,10 ± 0,35	0,50 ± 0,22	0,10 ± 0,10	1,25 ± 0,37
11	*Ascidiella aspersa*	1,10 ± 0,31	0,50 ± 0,27	1,30 ± 0,40	0,25 ± 0,17
12	*Mytilus edulis*	0,80 ± 0,25	0,90 ± 0,41	0,30 ± 0,15	0,35 ± 0,15
13	*Caulacanthus ustulatus*	0,40 ± 0,22	0,80 ± 0,29	0,50 ± 0,22	0,45 ± 0,19
14	*Ascidia mentula*	0,20 ± 0,13	0,30 ± 0,21	1,00 ± 0,22	0,20 ± 0,08
15	*Ostrea edulis*	0,10 ± 0,10	1,00 ± 0,21	0	0,35 ± 0,20
16	*Dysidea fragilis*	0	0,70 ± 0,26	0,10 ± 0,10	0,45 ± 0,22
17	Actinaria	0,40 ± 0,16	0,20 ± 0,20	0,10 ± 0,10	0,05 ± 0,05
18	*Dendrodoa grossularia*	0,10 ± 0,10	0	0,40 ± 0,22	0,25 ± 0,11
19	Polychaeta tube souple	0,20 ± 0,13	0	0,10 ± 0,10	0,35 ± 0,13
20	*Styela Clava*	0,20 ± 0,13	0,10 ± 0,10	0	0,10 ± 0,07
21	*Cerastoderma edule*	0	0	0,10 ± 0,10	0
22	*Ulva lactuca*	0	0	0,10 ± 0,10	0
23	*Phallusia mamillata*	0	0	0	0,05 ± 0,05

Tableau 3 : Abondance moyenne des différents taxons sessiles autres que le naissain d'huîtres plates de 2011 présents sur les différents types de support en octobre 2012

L'abondance moyenne des différents taxons autres que le naissain d'huîtres plates de 2011 (hors Spirorbidae et *Pomatoceros lamarckii* qui n'ont pas été dénombrés en novembre 2011) est de 2,84 ± 0,34 individus par support en novembre 2011 et

50,65 ± 16,08 individus en octobre 2012 (observations en mer en novembre 2011 et en labo en octobre 2012). En novembre 2011, les espèces majoritairement présentes appartiennent à la famille des Spirorbidae et Didemnidae, *Pomatoceros lamarckii*, *Anomia ephippium* et *Chlamys varia* (Tableau 2 : Abondance moyenne des différents taxons sessiles autres que le naissain d'huîtres plates de 2011 présents sur les différents types de support en novembre 2011. Les Spirorbidae et *Pomatoceros lamarckii* n'ont pas été dénombrés mais sont également présents). Un an plus tard, les supports ont été fortement colonisés par des Spirorbidae et *Pomatoceros lamarcki*, ainsi que des Balanidae, particulièrement sur les huîtres creuses vivantes (Tableau 3 : Abondance moyenne des différents taxons sessiles autres que le naissain d'huîtres plates de 2011 présents sur les différents types de support en octobre 2012). Diverses ascidies solitaires, des anomies, des crépidules et des algues rouges encroûtantes sont également présentes.

La Figure 34 : Abondance moyenne des 5 principaux taxons sessiles sur les deux niveaux de la face à l'ombre des différents supports en octobre 2012 et la Figure 35 : Abondance moyenne des 5 principaux taxons sessiles sur les deux niveaux de la face exposée des différents supports en octobre 2012 présentent l'abondance des 5 taxons les plus abondants selon leur distribution sur la face à l'ombre et la face exposée des différents supports.

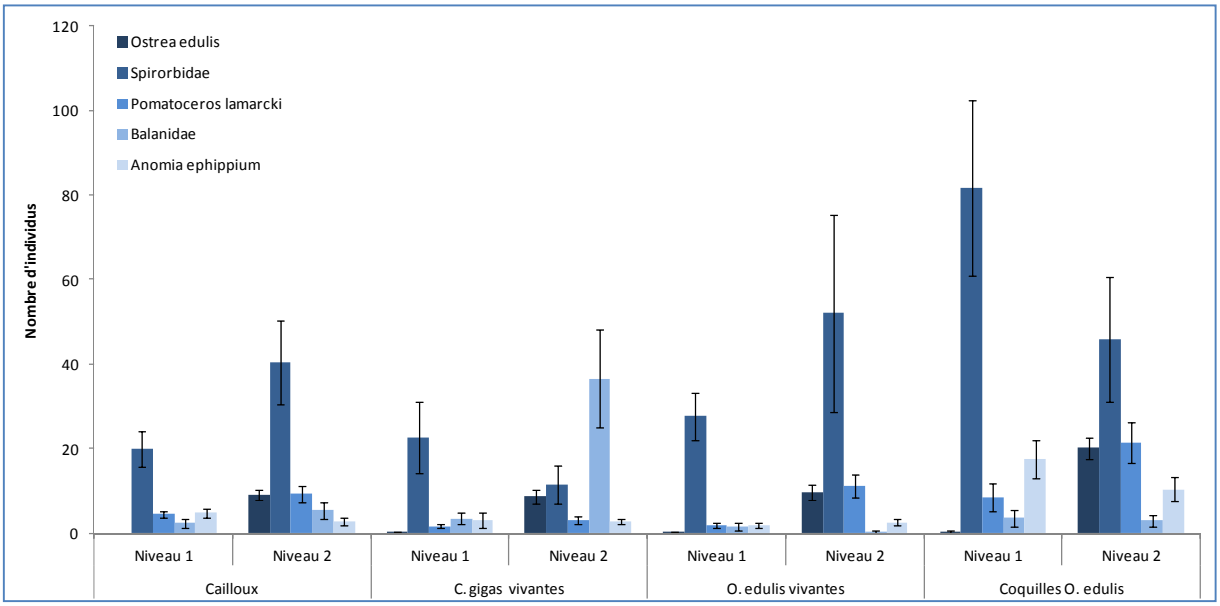


Figure 34 : Abondance moyenne des 5 principaux taxons sessiles sur les deux niveaux de la face à l'ombre des différents supports en octobre 2012

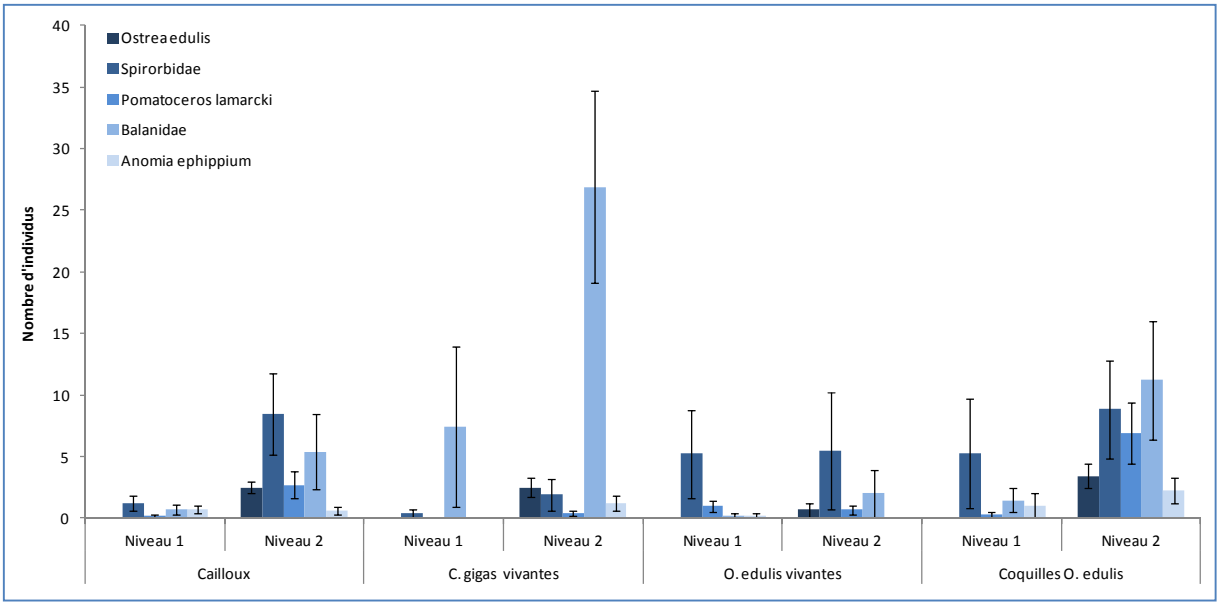


Figure 35 : Abondance moyenne des 5 principaux taxons sessiles sur les deux niveaux de la face exposée des différents supports en octobre 2012

L'abondance des espèces est plus importante sur la face à l'ombre et sur les surfaces plates formées par les supports eux-mêmes. L'abondance est plus importante sur la face exposée des huîtres creuses vivantes, en raison du grand nombre de balanes présent, mais elle est plus grande à l'ombre des supports composés par les coquilles d'huîtres plates, sans que cette différence ne soit significative.

Un bilan du volume moyen initial des supports nus (immergés en juillet 2011) et du volume final (octobre 2012) de ces supports après colonisation et croissance par du naissain d'huîtres plates et d'autres espèces a été réalisé (Figure 36 : Volumes initiaux et finaux moyens des différents supports). Il existe une différence significative entre les volumes initiaux et finaux des différents supports, hormis pour les huîtres plates et creuses vivantes qui sont à l'origine moins colonisées par le naissain d'huîtres plates.

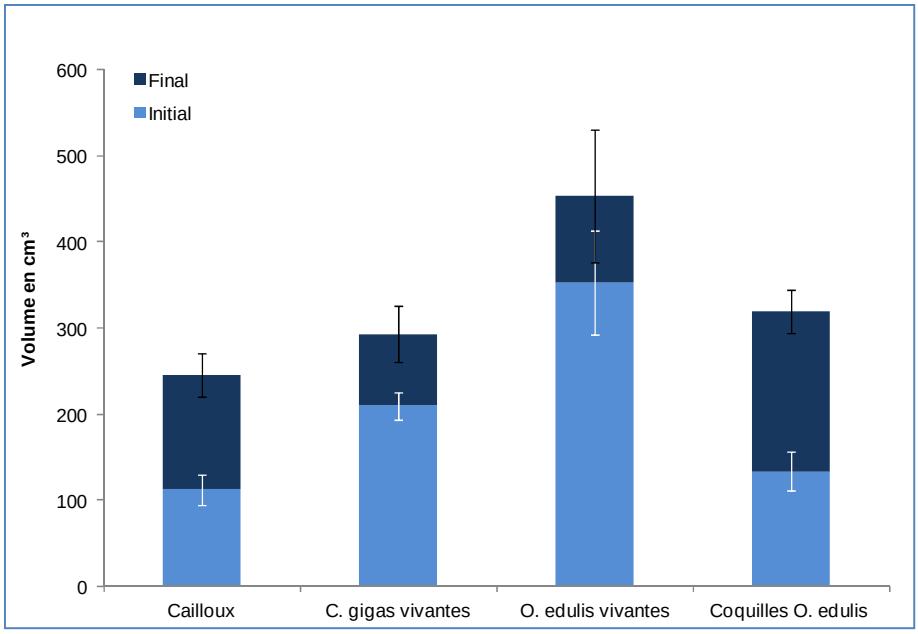


Figure 36 : Volumes initiaux et finaux moyens des différents supports

Gain de volume	
Cailloux	118,71 % ± 17,96
Crassostrea gigas vivantes	39,52 % ± 9,57
Ostrea edulis vivantes	28,52 % ± 8,89
Coquilles *Ostrea edulis*	139,34 % ± 32,09

Tableau 4 : Gain de volume moyen entre le volume initial moyen des supports et leur volume final moyen après colonisation

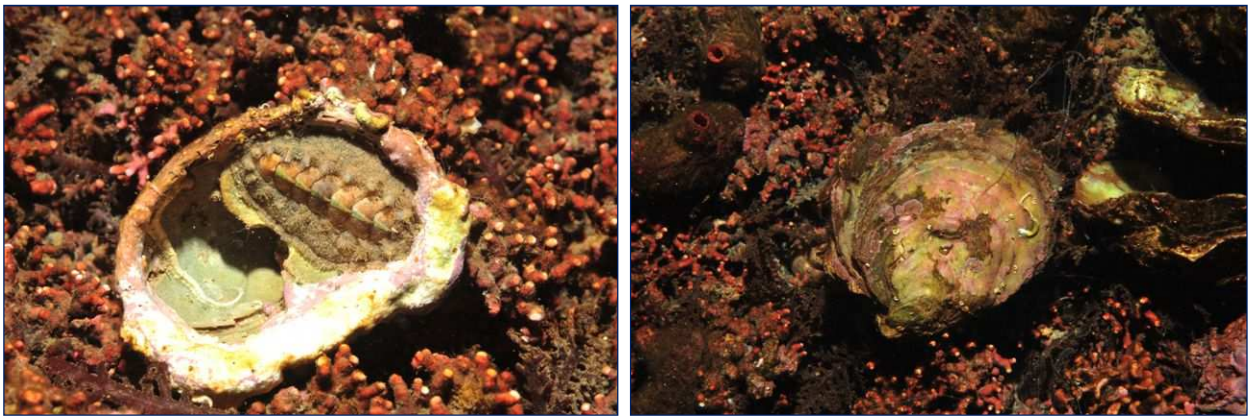
Le gain de volume, présenté en pourcentage d'augmentation par rapport au volume initial (Tableau 4 : Gain de volume moyen entre le volume initial moyen des supports et leur volume final moyen après colonisation), montre que les cailloux et les coquilles d'huîtres plates ont pratiquement doublé de volume, alors que le volume final des huîtres creuses vivantes et des huîtres plates vivantes a augmenté d'un tiers environ.

Ainsi, en 17 mois, les différents supports sur lesquels se sont fixés des naissains sont devenus des nodules récifaux abritant une forte biodiversité d'invertébrés (Figure 37 : Evolution de la colonisation et de la croissance du naissain d'huîtres plates et des taxons associés sur une coquille d'huître plate).

Source : Hily C ©

Figure 37 : Evolution de la colonisation et de la croissance du naissain d'huîtres plates et des taxons associés sur une coquille d'huître plate

Colonisation du semis de coquilles



Source : Amice E ©

Figure 38 : Colonisation des coquilles d'huîtres 9 mois après leur semis à Lomergat

Lorsque nous avons récupéré l'échantillon de coquilles d'huîtres plates et creuses qui avaient été semées en guise de support pour l'installation des larves d'huîtres plates à Lomergat, nous avons constaté que malheureusement une seule huître plate s'y était fixée, dont il ne restait plus que la valve inférieure, colonisée par des spirorbes et une anomie. D'autres espèces occupaient le substrat (Figure 37 : Evolution de la colonisation et de la croissance du naissain d'huîtres plates et des taxons associés sur une coquille d'huître plate) : 10 espèces étaient fixées sur les coquilles (incluant des chitons, espèces mobiles, dans les valves inférieures surtout). Coquilles d'huîtres plates et creuses confondues, l'espèce la plus représentée appartient à la famille des Spirorbidae : on peut en compter une centaine par coquille (Figure 39 : Taille

moyenne des coquilles d'huîtres semées). Parmi les 9 autres espèces, des balanes, des pomatoceros et des anomies sont présentes, ainsi que du lithothamne, souvent en couche sur les spirorbes et les pomatoceros (Figure 40 : Abondances moyennes des taxons fixés sur les huîtres semées).

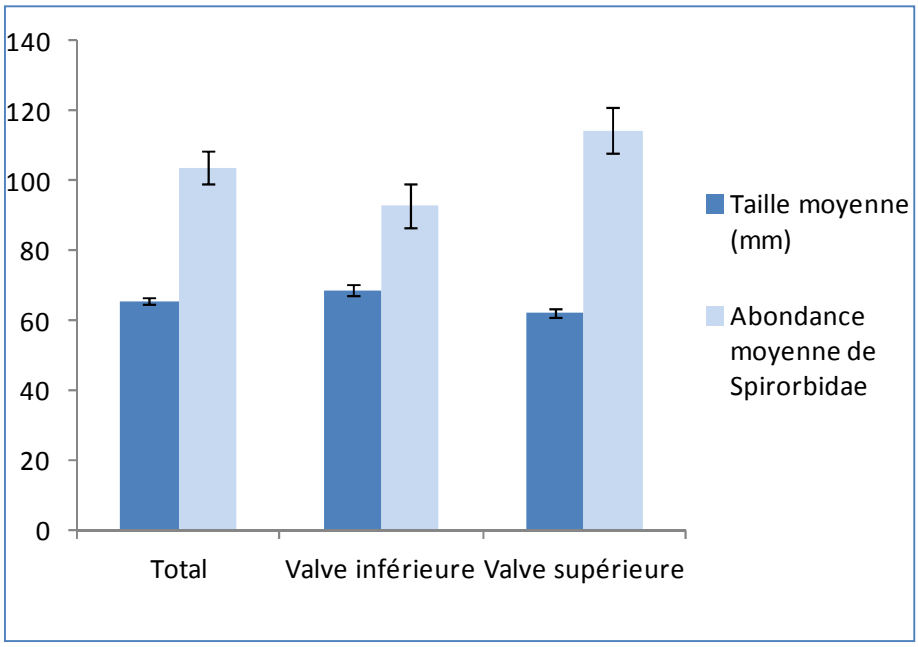


Figure 39 : Taille moyenne des coquilles d'huîtres semées

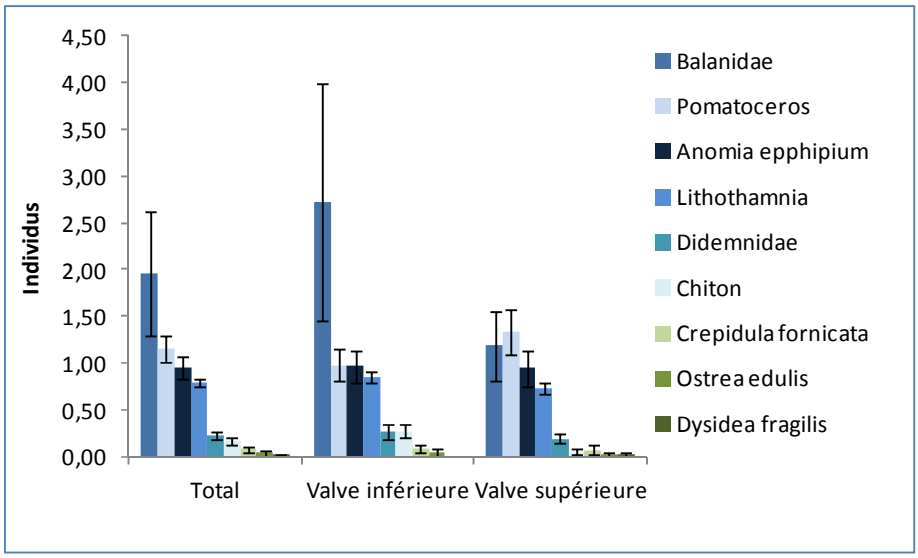


Figure 40 : Abondances moyennes des taxons fixés sur les huîtres semées

Conclusion

Le travail réalisé durant un an et demi dans le cadre du SP 1 du programme PERLE a permis de dresser un bilan de la distribution des bancs d'huîtres plates intertidaux et subtidaux en rade de Brest et de caractériser les facteurs autorisant le développement et la persistance de bancs d'huîtres plates de nos jours et a montré l'importance de la formation de récifs d'Ostrea edulis, espèce ingénieur qui structure un habitat à la composition spécifique hétérogène et fortement productifs, d'un grand intérêt écologique et économique. Certains auteurs confirment le fort intérêt de la restauration de l'huître plate à la fois pour redynamiser les pêcheries ou les maintenir et pour établir un biotope indigène qui était autrefois abondant et commun (Laing et al., 2005 ; Laing et al., 2006 ; UMBS, 2007 ; Beck et al., 2009 ; Woolmer et al., 2011 ; Tully et al., 2012), mais nous pensons que l'exploitation indirecte par le biais du captage des larves d'huîtres plates serait moins préjudiciable pour les bancs plutôt qu'une pêche directe, même encadrée. Ceci d'autant plus que le temps de reconstitution intégrale pour assurer la viabilité et la pérennité est d'une vingtaine d'année (Laing et al., 2005 ; UMBS, 2007 ; Beck et al., 2009).

Concrètement, les zones favorables à la reconstitution de gisements d'huîtres plates en rade de Brest se situent dans les baies abritées, avec une qualité de l'eau correcte pour assurer une bonne santé des huîtres plates et leur résistance aux maladies. Idéalement, elles doivent être connectées avec la zone de captage de larves de Lomergat, subir des conditions hydro-climatiques stables, être éloignées de concessions conchylicoles et interférer au minimum avec les autres activités. Le tableau ci-dessous résume les avantages et inconvénients de la reconstitution de gisements d'huîtres plates en différentes zones de la rade de Brest.

	Avantages	Inconvénients
Lomergat	Auto-recrutement	Risque de modifier l'équilibre actuel de l'unique zone de captage dans la rade
	Zone déjà concédée	
Embouchure de l'Aulne	Forte connectivité avec Lomergat	Forte mortalité des huîtres plates
		Mauvaise croissance et faible participation à la reproduction
		Mauvaise qualité de l'eau
		Concession mytilicole à proximité
		Conditions hydro-climatiques variables
Baie de Daoulas	Bonne connectivité avec Lomergat	Conditions hydro-climatiques variables
	Présence d'adultes reproducteurs	Qualité de l'eau possiblement mauvaise
		Concessions ostréicoles à proximité
Anse du Fret et Roscanvel	Présence d'adultes reproducteurs	Faible connectivité avec Lomergat
	Mortalité plus faible qu'à l'est de la rade	Installations militaires à proximité
		Uniques sites de pêche en rade

Tableau 5 : Avantages et inconvénients de différents sites de la rade de Brest pour la reconstitution de bancs d'huîtres plates

Un nettoyage du fond peut être nécessaire, afin de le libérer des algues, des prédateurs, de la vase, éléments néfastes à la fixation des larves et un apport de substrats propres au moment opportun, ni trop tôt pour éviter leur colonisation par des organismes autres que des huîtres plates, ni trop tard pour ne pas rater le pic de larves dans le milieu. En rade de Brest, les collecteurs artificiels sont traditionnellement installés au moment de la grande marée du mois de juillet. Plusieurs études en plus de celle-ci (Cole & Knight-Jones, 1939 ; Knight-Jones, 1951 ; UMBS, 2007) confirment que les coquilles d'huîtres, plates et creuses, constituent un bon support pour l'installation des larves d'huîtres plates, à condition qu'ils soient propres. La quantité minimale conseillée est de deux tonnes à l'are. Un apport d'huîtres adultes dans un premier temps peut être indispensable. Les études de génétique et de parasitologie engagées dans ce projet permettront de conseiller sur l'origine et l'âge des huîtres plates à semer, soit des huîtres locales d'âge moyen car moins sujettes aux maladies mais qui peuvent se reproduire quand même, soit résistantes issues des travaux de génétique, mais dans les deux cas vierges de parasitoses.

Il est indispensable que la pêche soit interdite sur ces zones et qu'elles soient entretenues et surveillées dans le temps car une vraie reconstitution est longue. Certains éléments peuvent néanmoins freiner ces actions : impossibilité de concéder certaines zones, d'empêcher le braconnage, conditions climatiques défavorables, pollutions accidentelles, etc. Il convient alors de développer des critères qui permettent d'évaluer l'efficacité de la reconstitution. Comme au Royaume-Uni, il peut être nécessaire d'instaurer des mesures de gestion et de conservation et d'encourager d'autres études sur cette espèce.

Enfin, le SP 1 a mis en exergue la complexité de la dynamique des gisements d'huîtres plates en rade de Brest et leur variabilité spatio-temporelle, particulièrement pour le secteur de l'embouchure de l'Aulne. Des études complémentaires permettraient de comparer dans le temps l'évolution des autres sites.

Le travail portant sur l'attractivité des supports et la formation de récifs d'huîtres devrait être poursuivi et amplifié, tant d'un point de vue technique que scientifique afin d'étudier les effets d'autres structures pouvant abriter différents types de supports, leur placement dans la colonne d'eau, etc. ainsi que l'évolution spatiale des récifs, la mortalité et surtout la reproduction des huîtres plates dans ces derniers.

En ce qui concerne la reconstitution de bancs d'huîtres plates, le SP 1 a permis de soulever des problématiques qui mériteraient d'être étudiées plus profondément lors d'un prochain projet car beaucoup de facteurs restent à évaluer ou approfondir, comme la qualité de l'eau, la prédation, une modélisation de la courantologie de la rade plus poussée, les différentes zones de la rade favorables au développement de l'huître plate, les contraintes réglementaires ou la

conciliation avec les autres activités. Le but d'une telle suite du projet PERLE serait de mettre en œuvre concrètement une reconstitution de bancs d'huîtres plates en rade de Brest, pour la profession ostréicole et la conservation de cette espèce.

Objectifs

Ce sous-programme de travail se focalise sur la diversité génétique des populations naturelles (au sens de stocks) d'huîtres plates, en s'intéressant à la fois à des échantillons adultes et de naissains afin d'obtenir une représentation spatiale et temporelle de cette diversité, et ce à une échelle régionale. En effet, jusqu'ici les populations d'huîtres plates avaient été étudiées principalement à l'échelle européenne. Il avait été mis en évidence une faible, mais significative, structure génétique à cette échelle, avec un isolement génétique expliqué par la distance géographique séparant les populations (Diaz Almela et al. 2004). Une étude plus récente a permis par ailleurs d'identifier 6 stocks génétiquement différenciés à cette échelle européenne (Harrang 2012). Partant de ces résultats, le projet PERLE avait deux objectifs principaux :

Diversité génétique des populations naturelles : focus en rade de Brest

Ce premier objectif visait à déterminer au stade adulte :

- le degré de similitude génétique existant entre les différents sites colonisés par des huîtres adultes au sein de la rade de Brest,
- si les sites de la rade de Brest présentaient des niveaux de diversité différents de ceux mesurés dans d'autres zones de captage naturel (Quiberon).

Taille efficace et dynamique génétique des populations

Ce second objectif cherchait à :

- déterminer si les naissains collectés reflétaient la diversité génétique des populations adultes en place dans la rade de Brest et formant potentiellement la population (stock) parentale ou n'en représentaient qu'une fraction, notamment en fonction de leur localisation dans la rade.
- caractériser l'instabilité démo-génétique des populations par une analyse temporelle des naissains recrutés.

Méthodes

Marqueurs moléculaires

Pour ce faire, deux types de marqueurs moléculaires ont été sélectionnés; tout d'abord, des marqueurs microsatellites (Figure 41 : Exemple d'une différence de longueur (délétion de deux répétitions) au niveau d'un marqueur microsatellite ayant la répétition CAT/AGT, entre deux échantillons) qui correspondent à des séquences d'ADN formées par la répétition d'un motif composé de 2 à 6 nucléotides. Seize marqueurs microsatellites ont été choisis afin de réaliser une mise au point de multiplexage (fonctionnement de plusieurs marqueurs en même temps). Au final, 12 marqueurs ont pu être multiplexés sous la forme de 4 séries de trois marqueurs, à partir de marqueurs déjà publiés (Launey et al., 2002; Lallias et al., 2009), et onze ont été analysés avec succès.

GCTCCAGCCTTGACATCATCATCATCATCATCATCATCATCGCTAATCCTGGTACTAT
CGAGGTCGGAACTGTAGTAGTAGTAGTAGTAGTAGTAGTAGCGATTAGGACCATGATA

GCTCCAGCCTTGACATCATCATCATCATCATCATCATCGCTAATCCTGGTACTAT
CGAGGTCGGAACTGTAGTAGTAGTAGTAGTAGTAGTAGCGATTAGGACCATGATA

Figure 41 : Exemple d'une différence de longueur (délétion de deux répétitions) au niveau d'un marqueur microsatellite ayant la répétition CAT/AGT, entre deux échantillons

D'autre part, nous avons choisi des marqueurs SNPs (Single Nucleotide Polymorphism, Figure 42 : Exemple d'une variation d'une seule base (A/G) à une position du génome, entre deux échantillons), correspondant à des variations d'une seule paire de base à une position donnée du génome (toutes les 50-70 pb chez O. edulis, Harrang et al., 2013). Nous avons travaillé à partir d'un jeu de 384 SNPs potentiels mis au point dans des projets de recherches précédents (Lapègue et al., 2014). Sur ces 384 SNPs, 119 ont été analysés avec succès sur l'ensemble des individus.

GCTCCAGCCTTGACATCGCTAATCCTGGTACTAT
CGAGGTCGGAACTGTAGCGATTAGGACCATGATA

GCTCCAGCCTTGACGTCGCTAATCCTGGTACTAT
CGAGGTCGGAACTGCAGCGATTAGGACCATGATA

Figure 42 : Exemple d'une variation d'une seule base (A/G) à une position du génome, entre deux échantillons

Echantillons d'huîtres

Un total de 17 populations d'huîtres adultes (Figure 43 : Localisation des échantillons d'huîtres adultes analysés), composées de 749 individus, ont été analysées: 11 en rade de Brest, 5 en Bretagne/Normandie/baie de Bourgneuf, et 1 en Corse.

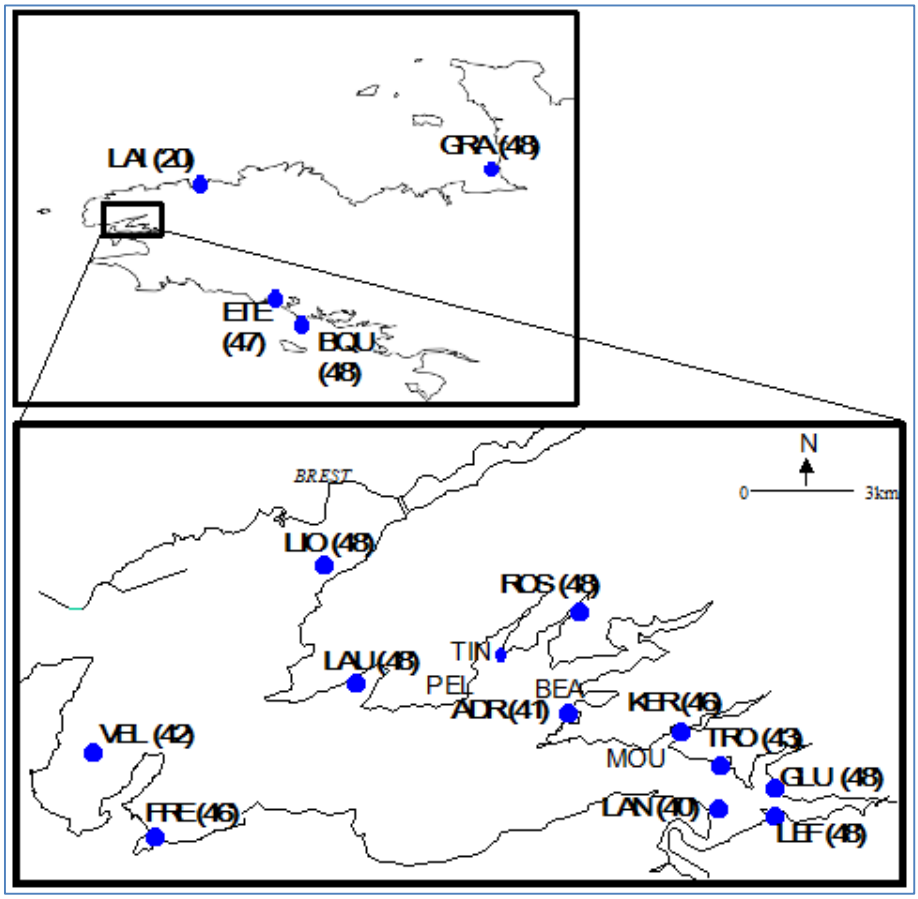
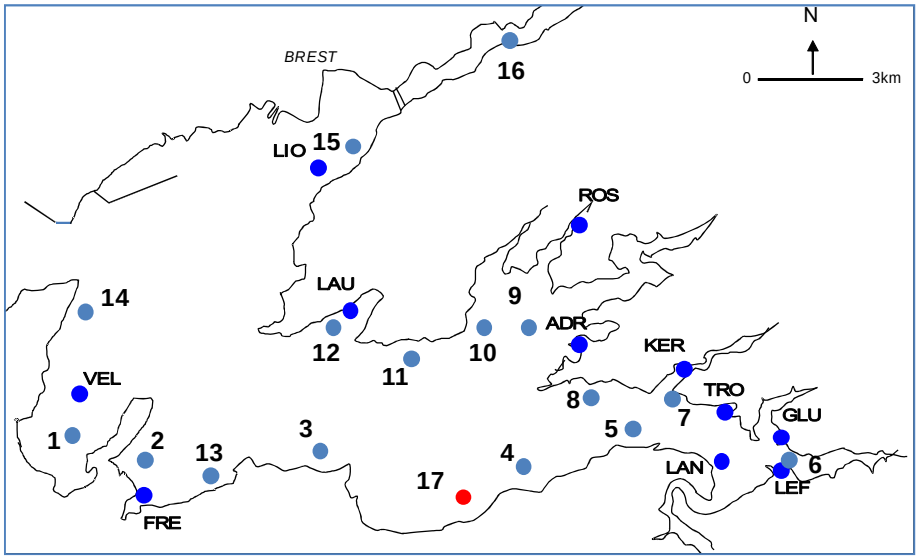


Figure 43 : Localisation des échantillons d'huîtres adultes analysés

De plus, 14 échantillons de naissains recrutés en 2011 et 16 en 2012 dans la rade de Brest (Figure 44 : Localisation des échantillons de naissains (en bleu clair et nommés avec des nombres) et d'adultes (en bleu foncé et nommés avec des lettres) en rade de Brest), composés respectivement de 649 et 737 individus, ont été analysés.



● : le site de captage professionnel

Figure 44 : Localisation des échantillons de naissains (en bleu clair et nommés avec des nombres) et d'adultes (en bleu foncé et nommés avec des lettres) en rade de Brest

Au total, ont été analysés, avec 11 marqueurs microsatellites et 119 SNPs, respectivement 47 et 33 échantillons de populations d'huîtres adultes et naissains, répartis selon le Tableau 6 : Nombre de populations échantillonnées selon les zones géographiques, le stade et analysées avec les deux types de marqueurs. Un nombre moins important d'individus a été analysé avec les marqueurs SNPs pour des raisons budgétaires. Le choix des individus à analyser avec les SNPs a été réalisé en fonction des premiers résultats intermédiaires qui avaient été obtenus avec les marqueurs microsatellites.

	Adulte Rade	Adultes *extérieur*	Naissains 2011	Naissains 2012
Microsatellites	11	6	14	16
SNPs	8	6	9	10

Tableau 6 : Nombre de populations échantillonnées selon les zones géographiques, le stade et analysées avec les deux types de marqueurs

Résultats

Au total, nous avons réalisé les analyses statistiques à partir des génotypes obtenus pour 11 marqueurs microsatellites d'une part, et 119 marqueurs SNPs d'autre part, respectivement pour 2 135 et 1 370 individus. A partir de ces génotypes et pour chaque marqueur, les fréquences alléliques ont été estimées afin de mesurer des paramètres de diversité et de structure génétique des populations.

Diversité génétique des populations naturelles adultes et naissains

Les marqueurs microsatellites mettent en évidence une forte diversité génétique, et ce dans toutes les populations, adultes et naissains (Figure 45 : Paramètre de diversité (Hétérozygotie $HE_{(nb)}$) estimé avec les marqueurs microsatellites).

Cette diversité est proche de celle observée en Bretagne chez l'huître creuse (F. Cornette, com. pers.) mais supérieure à celle de la crépidule sur la même région (Dupont et al., 2007; Riquet 2012). Elle est totalement comparable au niveau de diversité observé à l'échelle européenne précédemment étudiée avec le même type de marqueurs (Harrang, 2012).

Les 119 locus SNPs, dont un des avantages est d'offrir une meilleure représentativité à l'échelle de l'ensemble du génome, donnent qualitativement les mêmes informations que celles obtenues avec les 11 microsatellites, en particulier confirment une diversité génétique élevée quels que soient les échantillons et donc leur localisation géographique (Figure 46 : Paramètre de diversité (Hétérozygotie $HE_{(nb)}$) estimé avec les marqueurs SNPs).

Globalement, pour les deux types de marqueurs, la diversité génétique et très similaire et élevée à l'échelle locale (rade de Brest) ou régionale.

De plus, la diversité génétique des naissains est comparable à celle observée pour les adultes, ce qui signifie que les générations successives étudiées en 2011 et 2012 sont représentatives de la diversité génétique globale des populations

adultes présentes dans chaque site, ce qui implique une contribution d'un nombre important de géniteurs à la production de chaque génération.

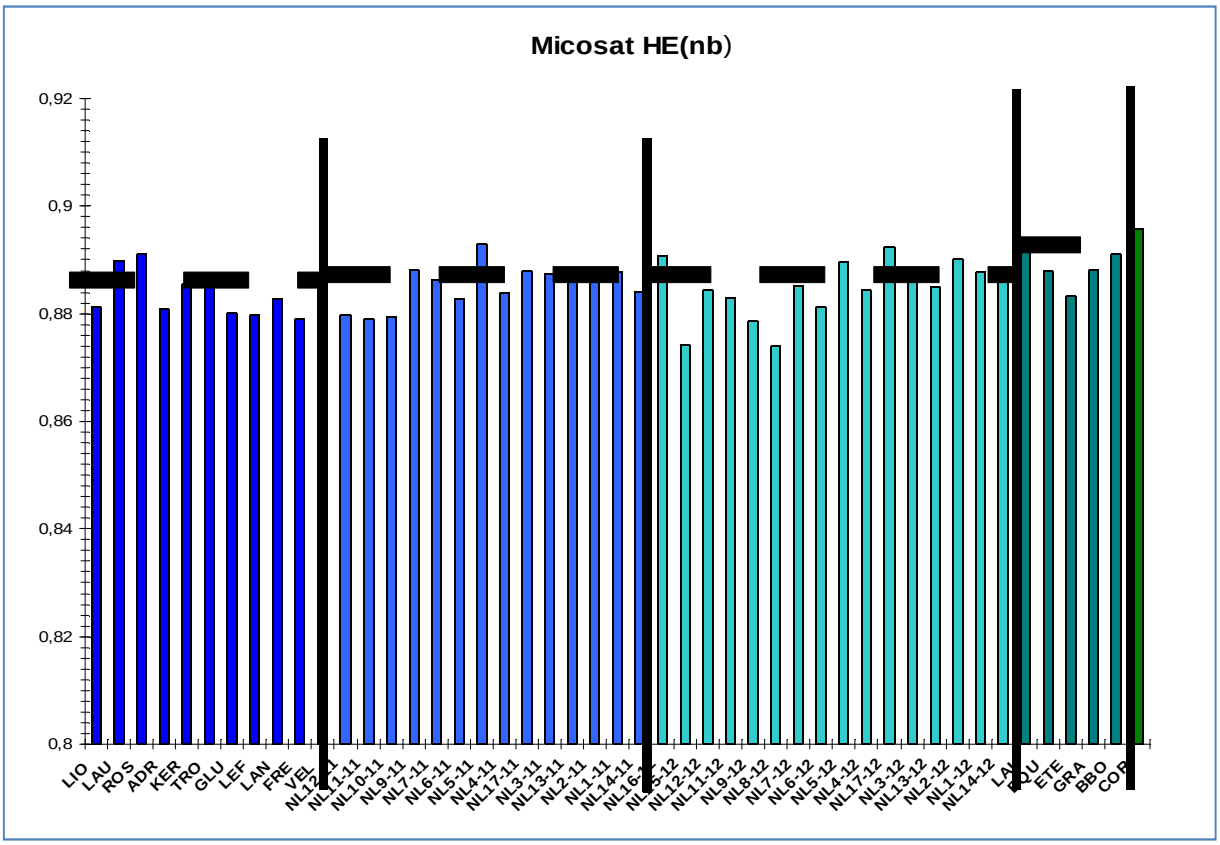


Figure 45 : Paramètre de diversité (Hétérozygotie $HE_{(nb)}$) estimé avec les marqueurs microsatellites

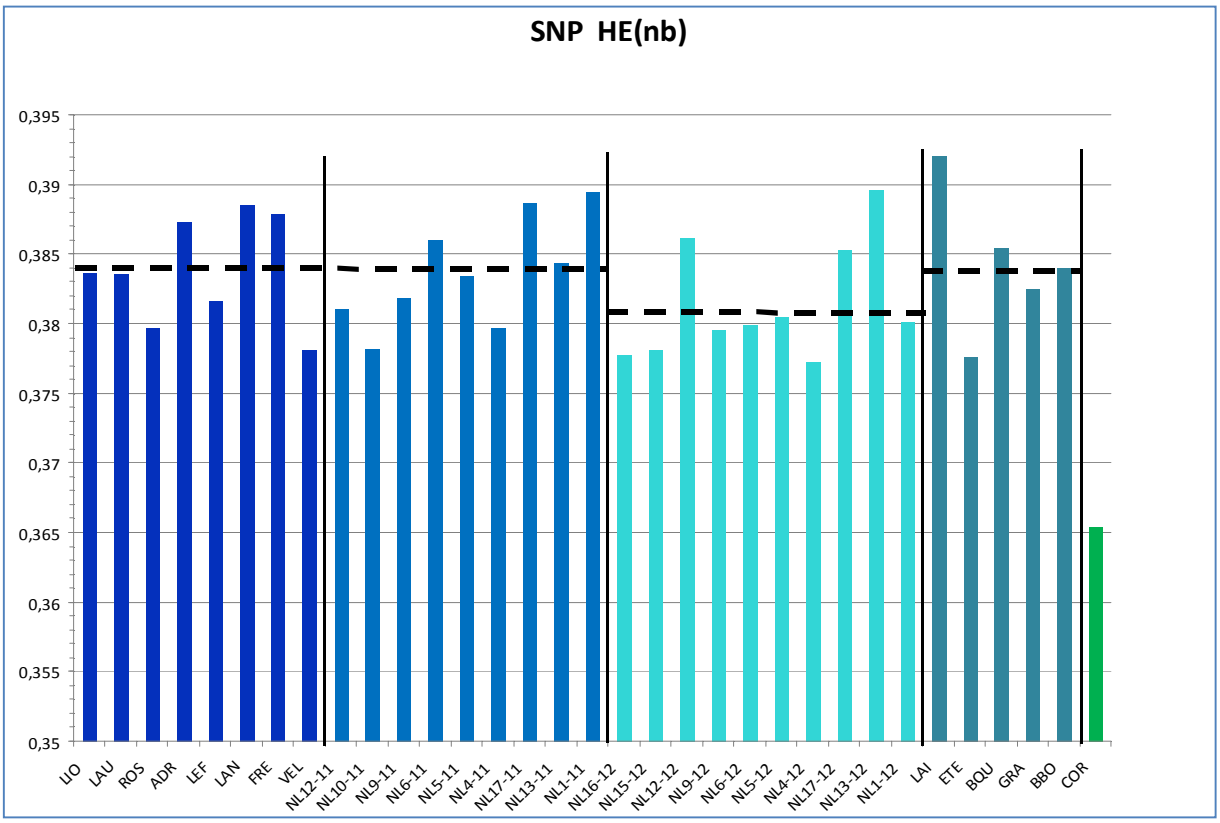


Figure 46 : Paramètre de diversité (Hétérozygotie $HE_{(nb)}$) estimé avec les marqueurs SNPs

Ainsi nous pouvons conclure sur deux des objectifs poursuivis dans le cadre de ce projet :

- les sites de la rade de Brest présentent des niveaux de diversité identiques de ceux d'autres zones de captage naturel (Quiberon),
- les naissains collectés en 2011 et 2012 reflètent la diversité génétique des adultes en place.

Répartition spatiale de la diversité et dynamique des populations en rade de Brest

Après avoir qualifié la diversité dans les échantillons d'adultes et de naissains, nous avons étudié la répartition de cette diversité à l'intérieur et entre les échantillons de populations étudiés. Pour cela nous estimons, à partir des fréquences alléliques à chacun des marqueurs, un paramètre mesurant les différences génétiques, appelé le F_{ST}, qui mesure la part de la diversité qui se répartit entre les populations. Plus l'indice s'approche de la valeur zéro, plus les échantillons comparés sont ressemblants génétiquement. Des tests statistiques de la différence de ce paramètre à la valeur zéro sont réalisés afin de déterminer les échantillons qui sont génétiquement différents.

Les différents marqueurs n'apportent pas tout à fait la même information, en particulier certains présentent des valeurs « atypiques » qui peuvent être mises en relation avec des effets sélectifs (généralement indirects) ou parce qu'ils représentent un extremum de la distribution des valeurs attendues. Nous avons donc commencé par identifier les marqueurs qui se comportaient différemment des autres, ceux-ci sont caractérisés par des valeurs significativement plus élevées de F_{ST} que celles portées en moyenne.

La Figure 47 : Détection de marqueurs outliers dans l'ensemble des échantillons de populations d'huîtres adultes donne ainsi un exemple de détection de ce type de marqueur dit « outlier » sur l'ensemble des échantillons de populations d'huîtres adultes.

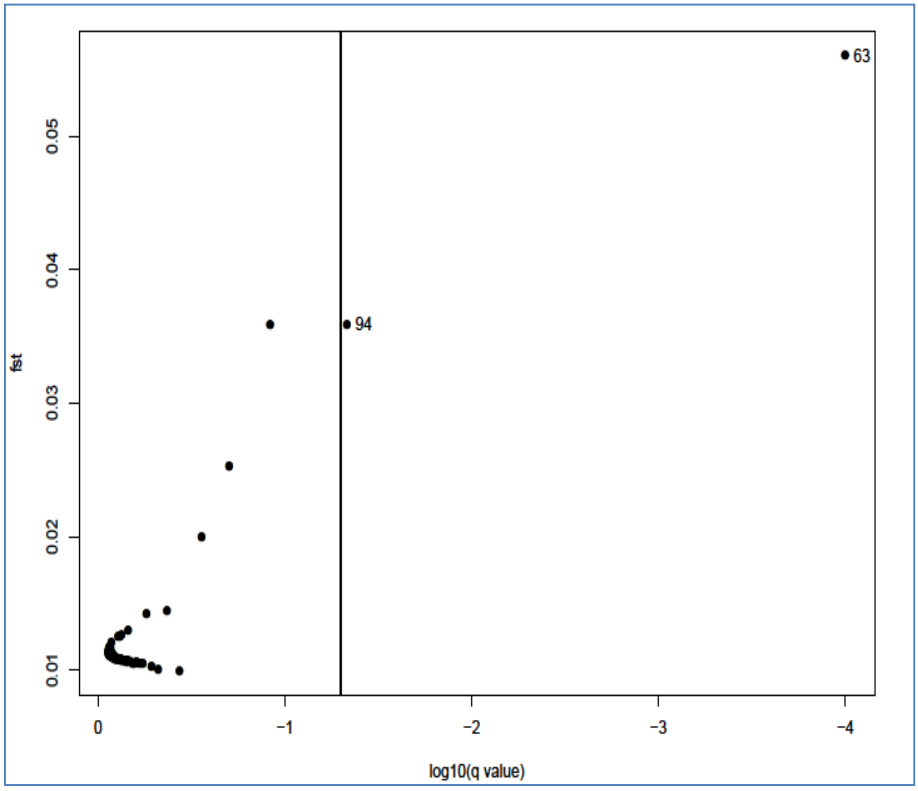


Figure 47 : Détection de marqueurs outliers dans l'ensemble des échantillons de populations d'huîtres adultes

Dans cet exemple, les marqueurs SNPs 63 et 94 montrent un F_{ST} significativement supérieur aux autres marqueurs et pourraient indiquer un effet de la sélection sous hypothèse que le modèle de migration et dérive utilisé pour leur détection soit valide.

Sur l'ensemble des analyses réalisées, 4 marqueurs SNPs ont été détectés comme étant des outliers. Dans les résultats suivants, ils seront analysés de façon séparée.

Ainsi la première ligne du Tableau 7 : Résultat de différenciation génétique (F_{ST}) en fonction des échantillonnages et probabilités associées met en évidence qu'il existe des différences génétiques faibles mais significatives entre les 14 échantillons de populations d'adultes étudiés, et cela quel que soit le type de marqueur analysé. Les valeurs de F_{ST} sont faibles mais significativement différentes de 0. Elles vont de 0.3 % pour les marqueurs microsatellites à 2 % pour les

4 marqueurs SNPs outliers. Ces valeurs sont inférieures aux valeurs rencontrées à l'échelle européenne (Harrang, 2012), ce qui est attendu compte-tenu de la petite échelle d'étude.

Une analyse multivariée (Figure 48 : Analyse en Composantes Principales des fréquences alléliques des populations adultes échantillonnées) permet de visualiser que les échantillons de populations d'adultes se ressemblent fortement et que seule celui de la Corse apparaît clairement se détacher sur l'axe 1 de l'analyse.

Lorsque l'on s'intéresse plus particulièrement aux échantillons adultes de la rade de Brest, la seconde ligne du Tableau 7 : Résultat de différenciation génétique (F_{ST}) en fonction des échantillonnages et probabilités associées met en évidence que l'on observe toujours une différence génétique entre ces échantillons, mais seulement avec les marqueurs de type SNPs, ce qui est attendu car leur grand nombre permet des tests plus puissants, et donc permettent de détecter des différences plus fines, ce qui est important à cette échelle d'étude.

	Msat (11Locus)		119 SNP		115 SNP		4 SNP Outliers	
	F_{ST}	P-value	F_{ST}	P-value	F_{ST}	P-value	F_{ST}	P-value
Toutes les pop Adultes (14)	**0.0029**	p < 0.000001	**0.0082**	p < 0.000001	**0.0063**	p < 0.000001	**0.0241**	p < 0.000001
Adultes de la rade de Brest (8)	-0.0001	3.32E-01	**0.0028**	5.03E-06	**0.0019**	2.21E-03	**0.0241**	4.00E-08
Naissains 2011 (9)	0.0004	3.51E-01	-0.0002	6.04E-01	0.0003	6.48E-01	0.0014	4.14E-01
Naissains 2012 (10)	-0.0003	3.73E-01	**0.0013**	5.48E-03	0.0005	1.02E-01	**0.0103**	1.88E-03
Naissains 2012 (sans NL15 et NL16)	-0.0003	4.15E-01	0.0008	9.89E-02	0.0006	1.37E-01	0.0049	1.20E-01
Naissains 2011 2012 (19)	0.0001	2.29E-01	**0.0008**	1.61E-02	0.0003	1.83E-01	**0.0075**	9.45E-04
Naissains 2011 et 2012 (Lots Communs)	0	3.71E-001	0.0004	2.28E-01	0.0002	2.29E-01	0.0035	1.16E-01

Les valeurs de F_{ST} significativement différentes de zéro sont indiquées en gras

Tableau 7 : Résultat de différenciation génétique (F_{ST}) en fonction des échantillonnages et probabilités associées

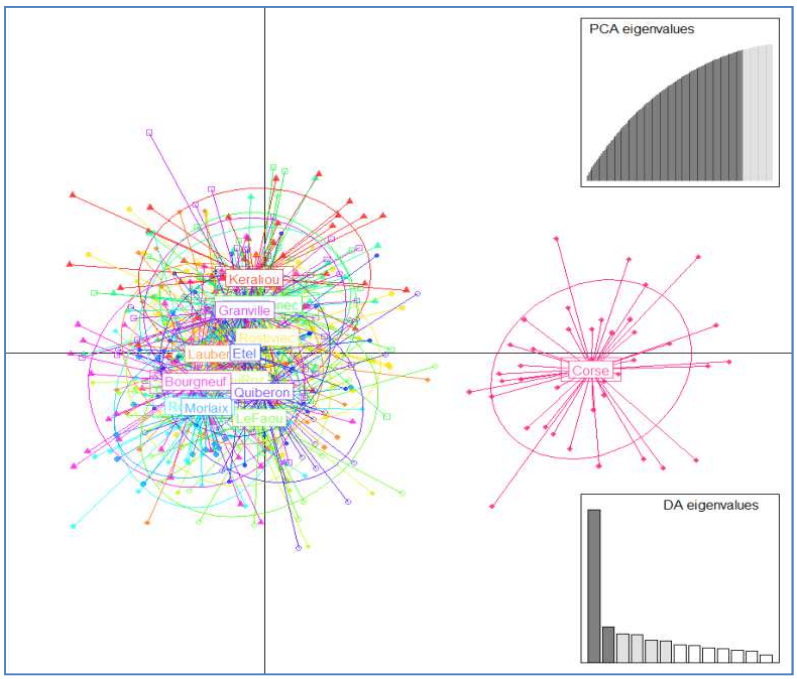


Figure 48 : Analyse en Composantes Principales des fréquences alléliques des populations adultes échantillonnées

Une analyse multivariée permet également d'identifier les populations qui se différencient davantage des autres. Ainsi, l'axe 1 permet de séparer les échantillons de Keraliou (LIO) et Roscanvel (VEL) entre eux et l'axe 2 ces deux échantillons de l'ensemble des autres. Ces deux populations se situent dans la partie est de la rade de Brest (Figure 50 : Localisation des populations adultes de Roscanvel (VEL) et Keraliou (LIO) au sein de la rade de Brest).

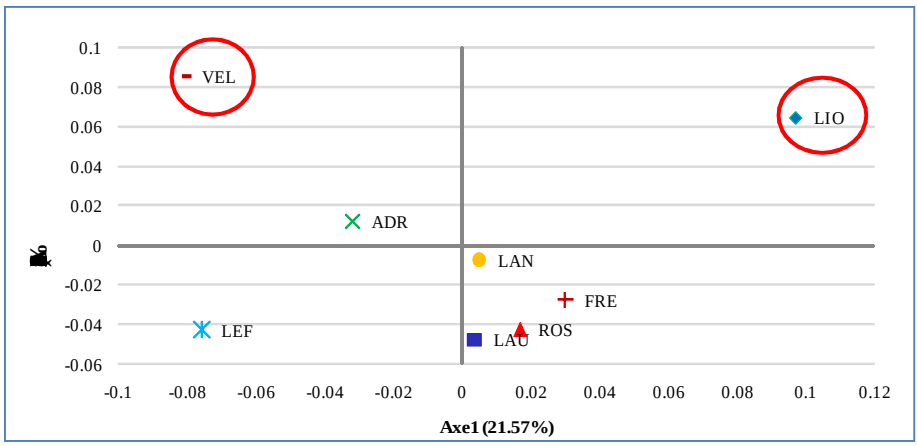


Figure 49 : Analyse en Composantes Principales des fréquences alléliques des populations adultes échantillonnées dans la rade de Brest

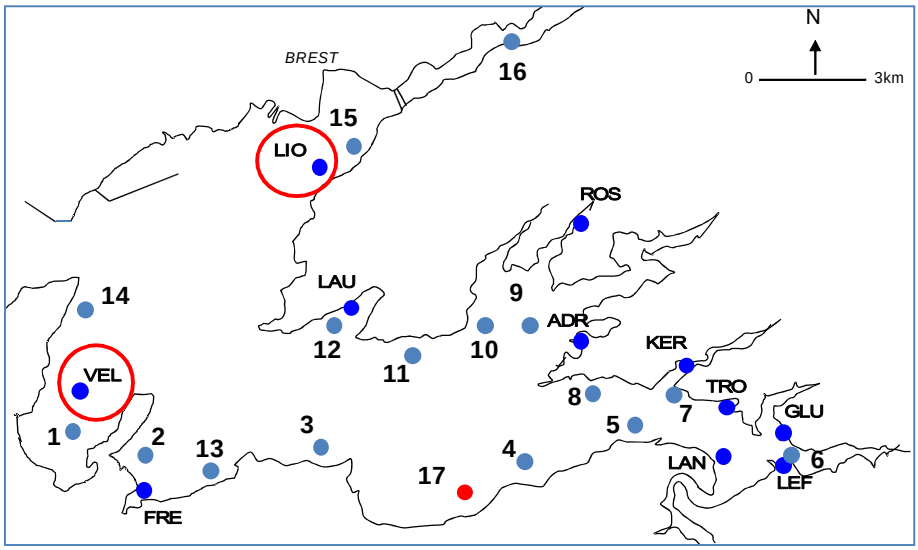


Figure 50 : Localisation des populations adultes de Roscanvel (VEL) et Keraliou (LIO) au sein de la rade de Brest

L'analyse des échantillons de naissains captés en 2011 (ligne 3 du Tableau 7 : Résultat de différenciation génétique (F_{ST}) en fonction des échantillonnages et probabilités associées) ne met en revanche pas en évidence de différenciation entre les différents échantillons. Cependant, l'analyse des échantillons de naissains captés en 2012 (ligne 4 du Tableau 7 : Résultat de différenciation génétique (F_{ST}) en fonction des échantillonnages et probabilités associées) montre que l'on observe des valeurs significativement différentes de 0 pour les 119 SNPs (0,13%) et les 4 SNPs outliers (0,1%), mais pas pour les 115 SNPs non outliers.

Ainsi, les différences entre ces échantillons sont faibles mais significatives, et mises en évidence principalement par les 4 marqueurs outliers (inclus dans les 119 SNPs).

On retrouve ce même type de résultats lorsque l'on réalise l'analyse en mélangeant les naissains captés en 2011 et 2012 (ligne 6 du Tableau 7 : Résultat de différenciation génétique (F_{ST}) en fonction des échantillonnages et probabilités associées).

Il semblerait donc que certains échantillons de naissains captés en 2012 se différencient génétiquement de l'ensemble des autres échantillons de naissains. Ceci est confirmé par deux analyses distinctes :

- l'analyse des naissains captés en 2012 en enlevant ceux qui n'ont pas été captés en 2011, soit les échantillons NL15 et NL16,

- l'analyse de l'ensemble des échantillons communs entre les années 2011 et 2012, soit à nouveau en enlevant les échantillons NL15 et NL16 captés seulement en 2012.

Ces deux analyses (lignes 5 et 7 du Tableau 7 : Résultat de différenciation génétique (F_{ST}) en fonction des échantillonnages et probabilités associées) ne mettent pas en évidence de différence entre les échantillons de naissains.

Ainsi, ce sont les deux échantillons captés en 2012 nommés NL15 et NL16 qui se différencient des autres échantillons, et ceci principalement grâce aux 4 marqueurs SNPs outliers (parmi les 119).

Une représentation plus fine du paramètre F_{ST} estimé par paire de population permet de visualiser ce type de résultat. Tout d'abord, on s'aperçoit facilement que les F_{ST} les plus importants sont mesurés entre l'échantillon d'adultes de Corse et l'ensemble de tous les autres échantillons que ce soit avec les 119 SNPs (Figure 51 : F_{ST} par paire d'échantillons de populations d'adultes et de naissains avec 119 SNPs) ou les 115 SNPs (après avoir enlevé les 4 SNPs outliers; Figure 52 : F_{ST} par paire d'échantillons de populations d'adultes et de naissains avec 115 SNPs). Ainsi la couleur bleue foncée (F_{ST} de 4 à 5 %) est retrouvée sur la première ligne montrant les valeurs entre l'échantillon d'adultes de Corse et les autres.

La même représentation avec seulement les 4 marqueurs SNPs (Figure 53 : F_{ST} par paire d'échantillons de populations d'adultes et de naissains avec les 4 SNPs outliers) montre toujours la forte différenciation de la Corse des autres échantillons mais fait également apparaître les différences entre :

- les échantillons d'adultes de Roscanvel (VEL) et Keraliou (LIO) d'une part et les autres échantillons mais pas avec les échantillons de naissains NL15 et NL16 (Figure 53 : F_{ST} par paire d'échantillons de populations d'adultes et de naissains avec les 4 SNPs outliers, flèches rouges),
- les échantillons des naissains NL15 et NL16 d'une part et les autres échantillons mais pas avec l'échantillon d'adulte de Keraliou (LIO) (Figure 53 : F_{ST} par paire d'échantillons de populations d'adultes et de naissains avec les 4 SNPs outliers).

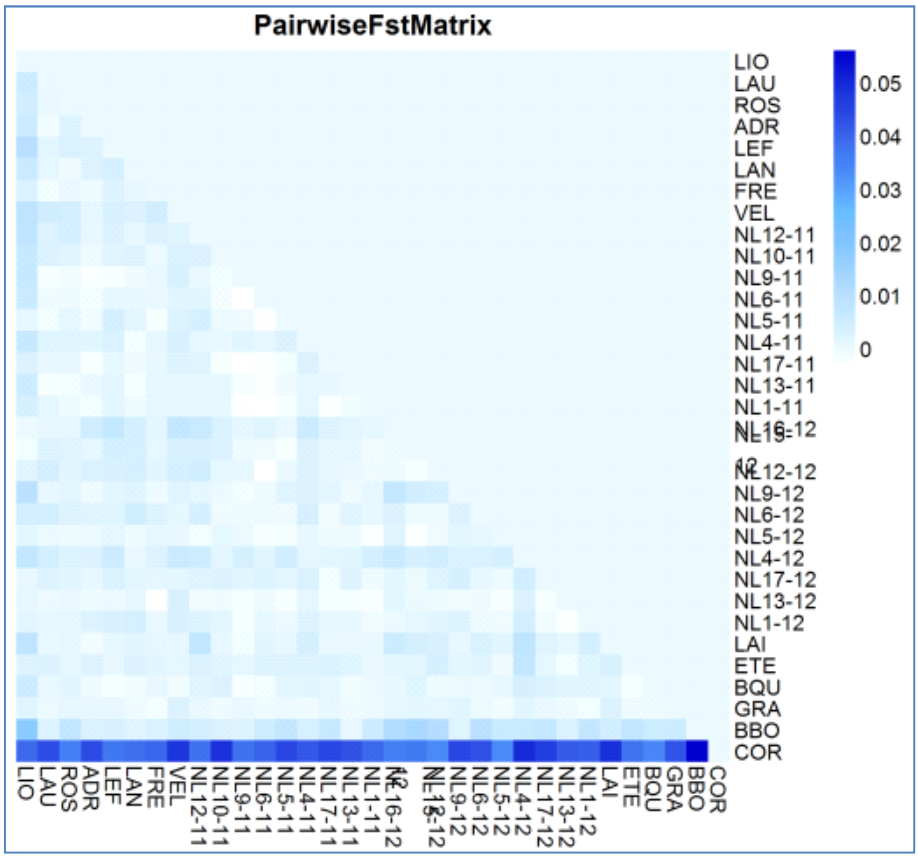


Figure 51 : F_{ST} par paire d'échantillons de populations d'adultes et de naissains avec 119 SNPs

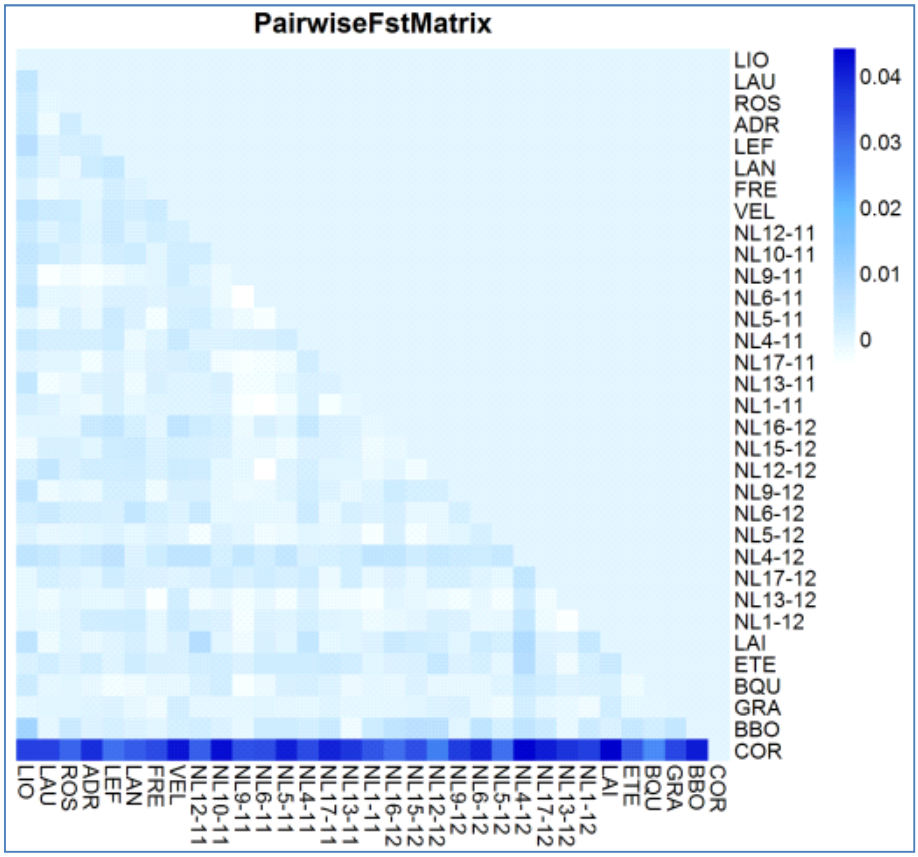
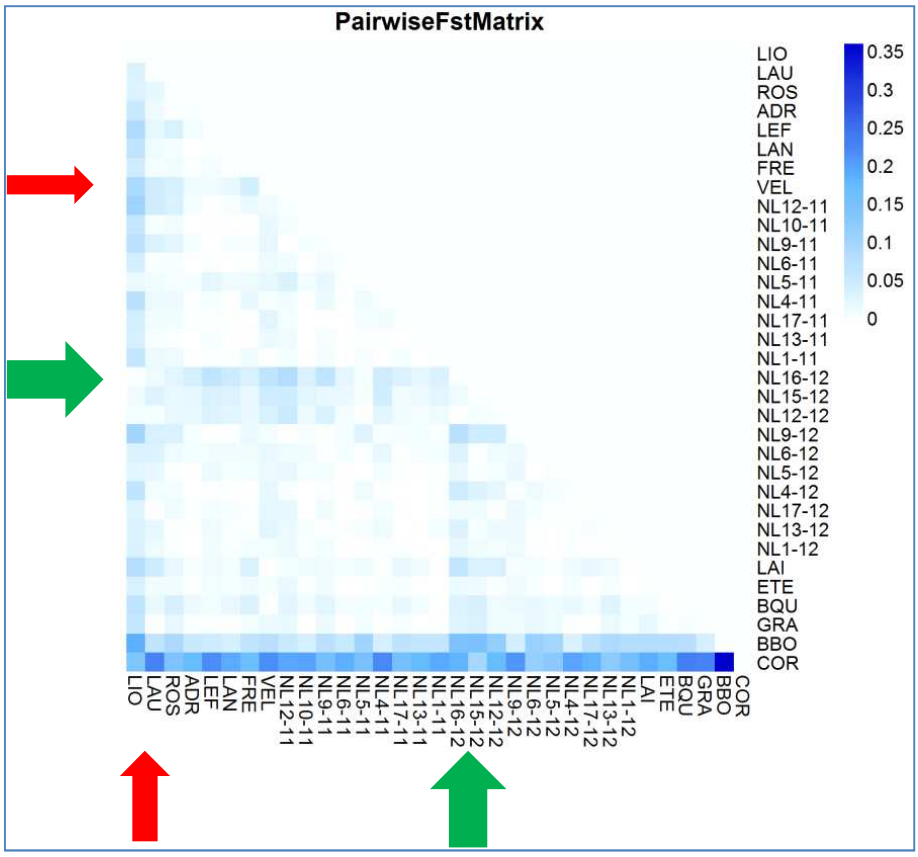


Figure 52 : F_{ST} par paire d'échantillons de populations d'adultes et de naissains avec 115 SNPs



Les flèches rouges et vertes indiquent des observations remarquables.

Figure 53 : F_{ST} par paire d'échantillons de populations d'adultes et de naissains avec les 4 SNPs outliers

Une analyse multivariée confirme ces observations (Figure 54 : Analyse en Composantes Principales des fréquences alléliques de l'ensemble des échantillons de la rade de Brest) avec l'axe 1 qui éloigne les échantillons LIO (adulte Keraliou) et NL15 et NL16 (naissains seulement échantillonnés en 2012), et les axes 1 et 2 qui éloignent l'échantillon adulte de Roscanvel (VEL) de l'ensemble des autres échantillons.

Les adultes sont en vert, les naissains captés en 2011 en rose et les naissains captés en 2012 en bleu.

Figure 54 : Analyse en Composantes Principales des fréquences alléliques de l'ensemble des échantillons de la rade de Brest

Ces quatre échantillons particuliers se situent à l'est et au nord-est de la rade de Brest avec en particulier les échantillons d'adulte LIO (Keraliou) et de naissains captés en 2012 NL15 et NL16 dans l'estuaire de l'Elorn (Figure 55 : Localisation des populations adultes de Roscanvel (VEL) et Keraliou (LIO) et des naissains captés en 2012 (NL15 et NL16) au sein de la rade de Brest).

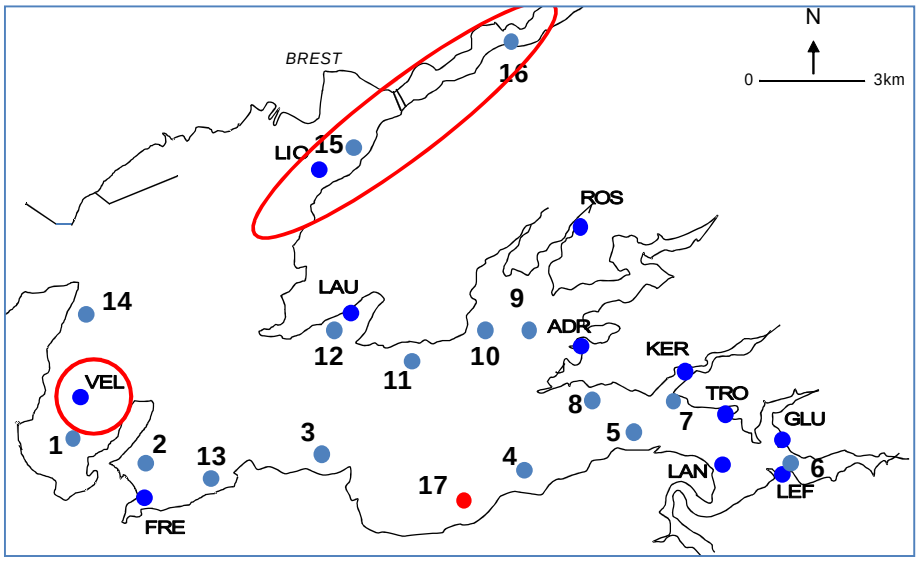


Figure 55 : Localisation des populations adultes de Roscanvel (VEL) et Keraliou (LIO) et des naissains captés en 2012 (NL15 et NL16) au sein de la rade de Brest

Pour conclure sur cette analyse spatialisée de la distribution de la diversité et les deux derniers objectifs visés, il apparaît que :

- il existe un degré de similitude génétique très fort entre les sites colonisés et échantillonnés par des huîtres adultes au sein de la rade de Brest, avec des différences toutefois observées pour deux échantillons adultes situés

dans l'est et le nord-est de la rade. Cette différence pourrait révéler soit des effets sélectifs dans cette zone ou plus probablement une faible barrière à la dispersion entre cette zone et les autres points de la rade. La barrière en question est cependant très faible car révélée uniquement avec les marqueurs les plus susceptibles de mettre en évidence des différences génétiques.

- dans sa grande majorité l'analyse temporelle réalisée sur des échantillons de naissains captés en 2011 et 2012 révèle une grande homogénéité spatiale et temporelle, sauf pour deux échantillons de l'estuaire de l'Elorn.

Conclusion

Pour conclure, ces analyses génétiques ont permis de mettre en évidence que la diversité génétique des huîtres plates échantillonnées à l'échelle régionale est élevée, de même que à l'échelle locale de la rade de Brest. Ceci est vrai pour les échantillons d'adultes et de naissains au sein de la rade, montrant que les générations produites résultent de l'accouplement d'un nombre très important d'animaux.

Cette diversité se répartit de façon globalement homogène entre et à l'intérieur des populations, mettant en évidence un fort brassage génétique au sein de la rade de Brest. La différenciation la plus marquée se fait par comparaison de l'échantillon de la Corse avec les autres échantillons. Cependant les marqueurs SNPs apportent des informations fines, non détectées par les marqueurs microsatellites, concernant une différenciation apparente de deux groupes d'échantillons situés à l'est et au nord-est de la rade: l'échantillon d'adultes de Roscanvel (VEL) d'une part, et les échantillons d'adultes de Keraliou (LIO) et de naissains captés en 2012 (NL15 et NL16) d'autre part. Ces différences sont en particulier mises en évidence par 4 marqueurs SNPs sans qu'il ne soit possible d'identifier l'origine de cette différence.

Il est notable que ces deux groupes ont également été identifiés dans l'analyse spatiale de la connectivité par un modèle hydrodynamique 3D (SP1 – INVENTAIRE ET TYPOLOGIE DES POPULATIONS NATURELLES ET DE LEUR HABITAT), ce qui permet de poser l'hypothèse de légères barrières à la dispersion en fonction de l'hydrodynamisme au sein de la rade de Brest.

Il serait dans ce contexte intéressant de pousser l'analyse de cette partie de la rade en échantillonnant de façon plus systématique et hiérarchique les stocks depuis le fond de l'Elorn jusqu'à l'Ouest et au Sud de la sortie de l'Elorn.

Objectifs

Ce sous-programme de travail s'intéresse au suivi des infections à *Bonamia ostreae* et *Marteilia refringens* chez les jeunes stades puis les stades adultes d'huître plate *Ostrea edulis* sur les deux sites principaux de captage, la rade de Brest et la baie de Quiberon, et un site de grossissement, Cancale.

Aussi les objectifs principaux étaient :

- O1 – Suivi de l'infection à *Bonamia ostreae* chez les jeunes stades d'huîtres plates sur Brest et Quiberon,
- O2 – Suivi de cohortes vis-à-vis des infections à *Bonamia ostreae* et *Marteilia refringens* sur Brest, Quiberon et Cancale,
- O3 – Etude de la diversité des parasites détectés.

Par ailleurs, un objectif complémentaire avait également été identifié :

- O4 – Etablir le statut de deux gisements naturels (Bourgneuf et Granville) vis-à-vis de ces deux maladies parasitaires.

Méthodes

Prélèvements

Afin de répondre à l'objectif O1, il était envisagé de prélever sur Quiberon et Brest des géniteurs ardoisés ainsi que du naissain chaque mois entre octobre et mars.

Le Tableau 8 : Nombre de géniteurs ardoisés et de pools de larves correspondants obtenus par an et par site présente le nombre d'huîtres adultes et de pools de larves correspondants obtenus par site et par année.

		2011	2012	2013
Quiberon	Adultes	22	57	46
	Larves (pools)	22	57	46
Brest	Adultes	48 (3 ardoisés)	6	12
	Larves (pools)	3	6	12

Tableau 8 : Nombre de géniteurs ardoisés et de pools de larves correspondants obtenus par an et par site

D'octobre 2011 à mars 2012, 30 à 50 naissains captés en été 2011 ont été prélevés chaque mois sur Quiberon et sur différents points de la rade de Brest (Figure 56 : Localisation des points de prélèvement en rade de Brest (cercles rouges)). Un prélèvement en décembre 2011 n'a pu être réalisé sur Quiberon en raison du mauvais temps.

D'octobre à décembre 2012, de nouveaux prélèvements de naissain capté en été 2012 ont été réalisés mensuellement sur Brest (point 17 = Lomergat) tandis que faute de captage satisfaisant en 2012, aucun prélèvement n'a pu être réalisé sur cette période à Quiberon.

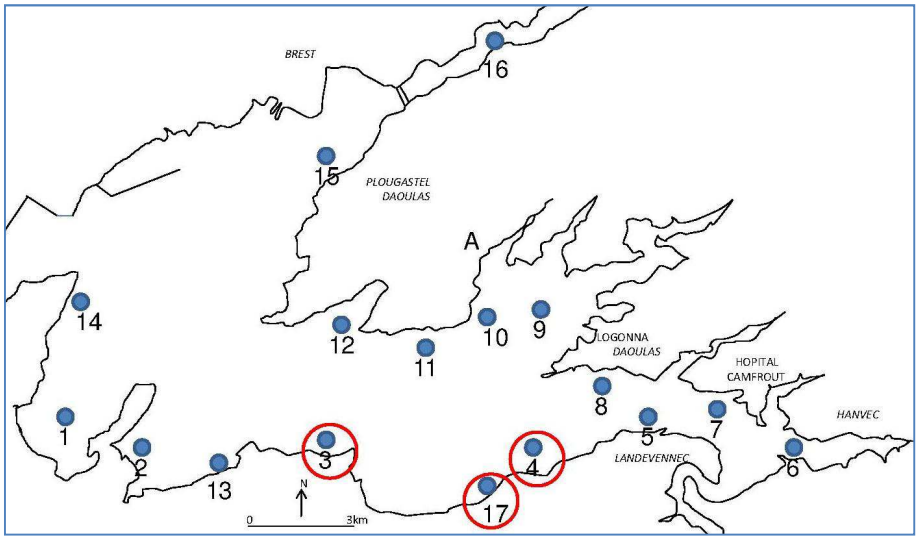


Figure 56 : Localisation des points de prélèvement en rade de Brest (cercles rouges)

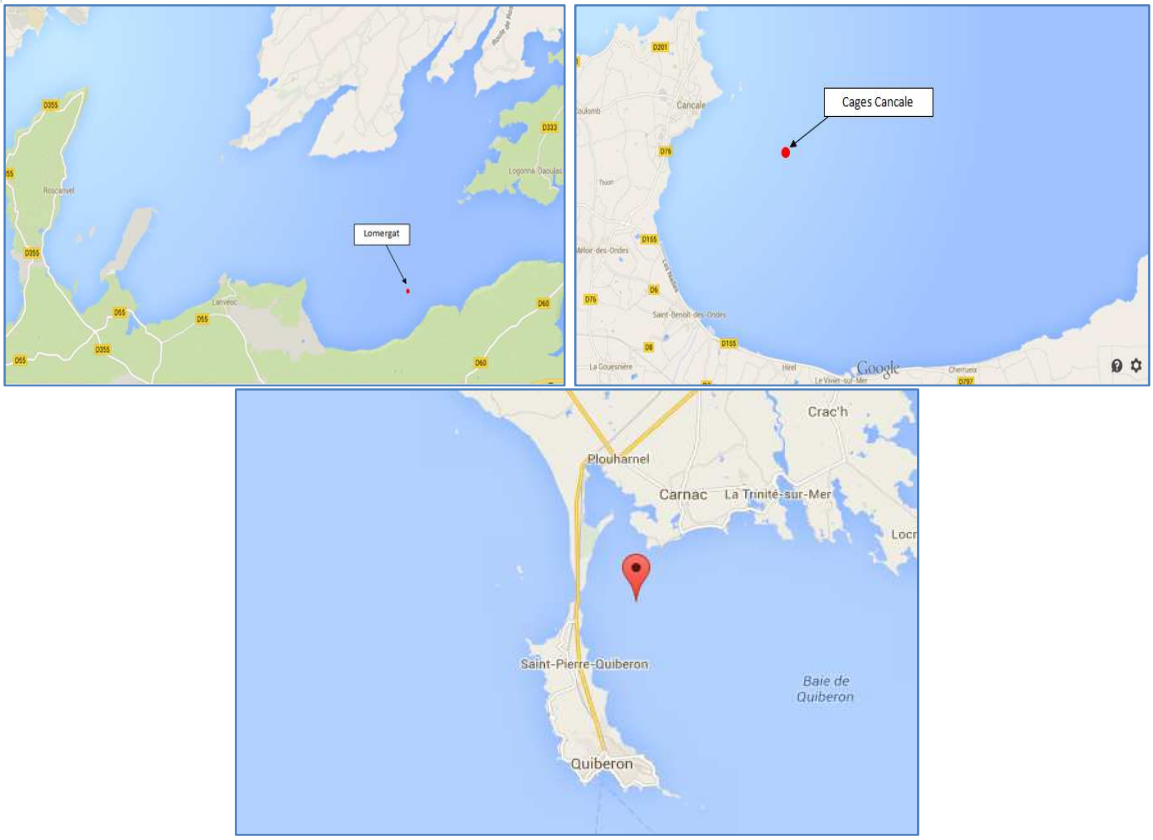
Afin de répondre à l'objectif O2, il était envisagé de conditionner du naissain d'environ 9 mois capté à Brest et à Quiberon en 2011 (= cohorte 1) en demi-poches maintenues dans des cages (100 individus/poche, Figure 57 : Cages accueillant les demi-poches positionnées sur Cancale) et de positionner des poches de naissain des 2 origines sur Cancale et des poches de naissain local sur Brest et Quiberon.

Source : Hussenot M ©

Figure 57 : Cages accueillant les demi-poches positionnées sur Cancale

Cette approche a été répétée en utilisant du naissain capté à Brest et à Quiberon en 2012 (= cohorte 2).

Le naissain 2011 a été positionné dans ces conditions en juin-juillet 2012 (21 juin à Brest, 18 juin à Quiberon et 4 juillet à Cancale) sur les 3 sites (Figure 58 : Position des cages en rade de Brest (en haut à gauche), baie de Cancale (en haut à droite) et baie de Quiberon (en bas)).



Source : Google

Figure 58 : Position des cages en rade de Brest (en haut à gauche), baie de Cancale (en haut à droite) et baie de Quiberon (en bas)

Le naissain 2012 a été positionné de la même façon en avril-mai 2013 (16 mai à Brest, 25 avril à Quiberon et 24 mai à Cancale).

Un prélèvement de naissain de chaque origine Brest et Quiberon a été effectué pour analyse lors de la mise sur site puis un prélèvement d'une poche par condition et site devait être réalisé tous les 3-4 mois.

Les dates de prélèvements pour les deux cohortes sont précisées en Annexe SP3-2 – Prélèvements réalisés dans le cadre du suivi de la cohorte 1 (N° de lot et dates des prélèvements).

Afin de répondre à l'objectif O4, il était envisagé un prélèvement de 150 individus à Granville et 2 prélèvements de 150 individus à Bourgneuf (adultes de préférence).

Finalement, un prélèvement a été réalisé en avril 2012 sur le gisement de Granville et en février 2013 en baie de Bourgneuf.

Traitement des prélèvements

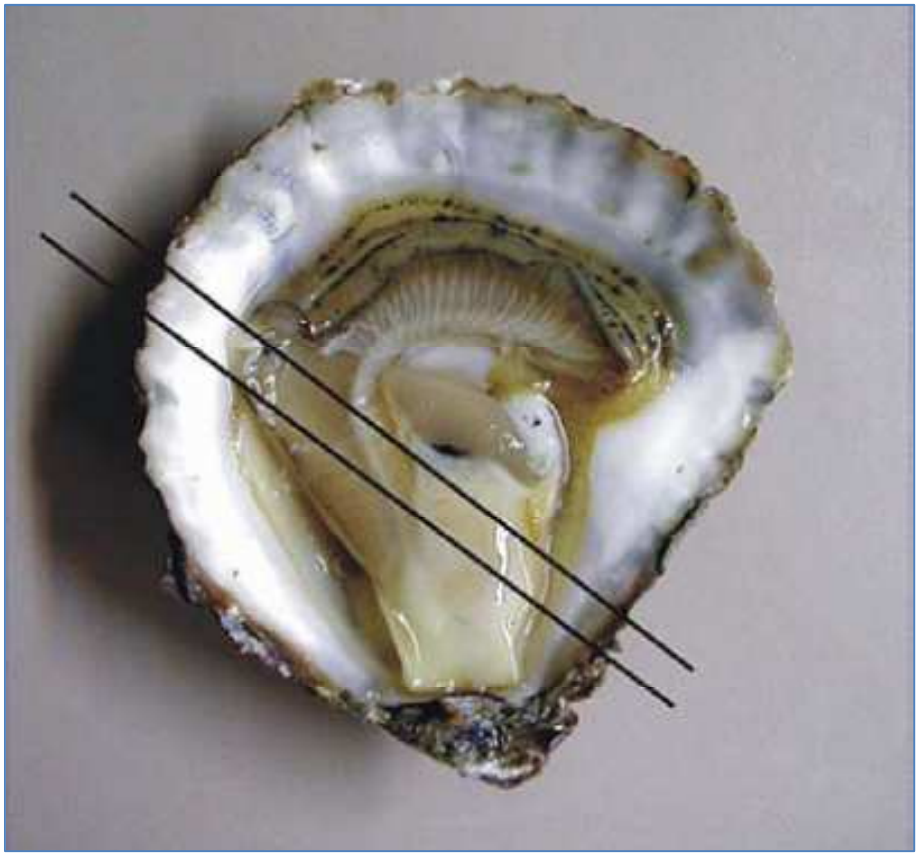
Dans le cadre des objectifs O1 et O2, 30 à 60 individus par prélèvement ont été traités de la façon suivante :

- ouverture de la coquille,
- division des tissus en 2 parties égales,
- fixation d'une partie en solution de Davidson pour des analyses en histologie,
- fixation de l'autre partie en éthanol absolu pour des analyses en biologie moléculaire.

Dans le cadre de l'objectif O4, 150 individus ont été traités de la façon suivante :

- ouverture de la coquille,
- fixation d'une section de tissus (Figure 59 : Section de tissus prélevée pour les analyses en histologie) en solution de Davidson pour des analyses en histologie,

- fixation d'un morceau de branchies et de glande digestive en éthanol absolu pour des analyses en biologie moléculaire.



Source : LGPMM Ifremer

Figure 59 : Section de tissus prélevée pour les analyses en histologie

Les tissus fixés en Davidson ont été transvasés en éthanol 70 au bout de 48 heures puis inclus en paraffine et conservés pour des analyses en histologie.

Les tissus fixés en éthanol ont fait l'objet d'extraction d'ADN en utilisant le QIAamp DNA mini kit de QIAGEN. La concentration de l'ensemble des extraits d'ADN a été mesurée au NanoDrop et ajustée en eau à 100 ng/µl.

Analyse des prélèvements

Analyses en biologie moléculaire

Dans le cadre des objectifs O1, O2 et O4, les extraits d'ADN obtenus à partir des échantillons ont été analysés en PCR en utilisant des amorces dites « universelles » dessinées pour amplifier une région conservée du gène 18S (Le Roux et al., 1999). Cette étape nous permet de vérifier l'absence d'inhibiteurs de PCR et ainsi de vérifier qu'un résultat négatif obtenu par PCR spécifique n'est pas lié à la présence de ces inhibiteurs.

Les essais de PCR dite « universelle » réalisés ont en général permis d'observer une amplification pour l'ensemble des échantillons à 100 ng/µl. Lorsque ce n'était pas le cas, les concentrations d'ADN ont été ajustées à 50 ng/µl et les essais de PCR universelle ont été réitérés de façon à vérifier l'absence d'inhibiteurs dans ces échantillons.

Les extraits d'ADN ont alors pu être analysés en PCR pour la détection :

- des parasites du genre Bonamia (Cochennec et al., 2000),
- du parasite *Marteilia refringens* (Le Roux et al., 2001),
- du virus OsHV-1 (Martenot et al., 2010).

Les protocoles utilisés pour la détection de *Bonamia sp.* et *Marteilia refringens* par PCR sont accessibles sur le lien suivant : http://www.eurl-mollusc.eu/SOPs

Pour étudier la diversité des parasites détectés (objectif O3), des analyses complémentaires ont été réalisées en PCR de façon à amplifier certaines régions du génome parasitaire :

- les amorces MT1-MT2 et MT1B-MT2B ont été utilisées en PCR nichée pour amplifier un fragment de la région IGS de *Marteilia refringens* (Lopez-Flores et al., 2004),
- les amorces Bo et LSUD (amorce universelle eucaryotes) ont été utilisées en PCR pour amplifier un fragment de la région 18S-ITS1-5.8S et ITS2 de *Bonamia sp*.

Certains échantillons de petit naissain ont également été testés en PCR pour vérifier s'il s'agissait d'*Ostrea edulis* ou de *Crassostrea gigas* (Wang & Guo, 2008). Un seul individu sur 375 analysés par cet outil s'est révélé être de l'huître creuse, ce qui n'a pas remis en question les analyses réalisées pour la détection de *Bonamia ostreae* et *Marteilia refringens*.

Les produits de PCR obtenus ont fait l'objet d'analyses complémentaires en RFLP (Restriction Fragment Lenght Polymorphism) et les profils obtenus ont été analysés en gel d'agarose à 2 % afin de préciser l'espèce de *Bonamia* et le type de *Marteilia refringens* détectés.

Les protocoles utilisés pour la caractérisation et le typage de *Bonamia sp.* et *Marteilia refringens* par RFLP sont accessibles sur le lien suivant : http://www.eurl-mollusc.eu/SOPs

Enfin, dans le cadre de l'objectif O3, certains produits de PCR obtenus ont été séquencés afin d'évaluer la variabilité des parasites détectés dans les échantillons testés.

Analyses en histologie et hybridation *in situ*

Certains individus détectés positifs en PCR à *Bonamia sp.* et/ou *Marteilia refringens* ont été analysés en histologie et/ou hybridation in situ afin de décrire les niveaux d'infection et la distribution des parasites dans les huîtres.

Après fixation en Davidson, les tissus sont progressivement déshydratés puis inclus en paraffine. Des coupes (2 µm d'épaisseur) de tissus sont alors préparées à partir de ces blocs de paraffine puis colorés à l'hémalun-éosine avant d'être observées au microscope photonique.

Certaines coupes (5 µm d'épaisseur) ont été analysées en hybridation in situ afin de détecter et localiser *Marteilia refringens* (Le Roux et al., 1999) et *Bonamia sp.* (Cochennec et al., 2000).

Les protocoles utilisés pour la détection de *Bonamia sp.* et *Marteilia refringens* en hybridation in situ et en histologie sont accessibles sur le lien suivant : http://www.eurl-mollusc.eu/SOPs

Résultats

Suivi de l'infection à Bonamia ostreae chez les jeunes stades d'huîtres plates sur Brest et Quiberon

Les résultats obtenus en PCR pour la détection de *Bonamia sp.*, de *Marteilia refringens* et d'OsHV-1 sont présentés en rouge, vert et orange dans les tableaux ci-dessous (Tableau 9 : Synthèse des résultats obtenus en PCR pour la détection de *Bonamia sp.*, *Marteilia refringens* et OsHV-1 sur les échantillons et Tableau 10 : Prélèvements réalisés et résultats obtenus en PCR pour la détection de *Bonamia sp.* (rouge), de *Marteilia refringens* (vert) et OsHV-1 (orange)).

Géniteurs ardoisés et larves

	Quiberon						Brest					
	2011		2012		2013		2011		2012		2013	
	A	*L*	*A*	*L*	*A*	*L*	*A*	*L*	*A*	*L*	*A*	*L*
Bonamia sp.	0/22	0/22	2/57	0/57	1/46	2/46	5/48*	0/3	0/6	0/6	0/12	0/12
Marteilia refringens	0/22	0/22	0/57	0/57	0/46	0/46	26/48*	0/3	0/6	0/6	0/12	0/12
OSHV-1		0/22		2/20		1/20		1/3		2/6		0/12

* sur ces 48 adultes, seuls 3 étaient ardoisés.

(A) huîtres adultes ardoisées, (L) Pool de larves prélevés en baie de Quiberon et rade de Brest

Tableau 9 : Synthèse des résultats obtenus en PCR pour la détection de *Bonamia sp.*, *Marteilia refringens* et OsHV-1 sur les échantillons

Ainsi on peut noter l'absence de détection de *Marteilia refringens* sur l'ensemble des échantillons testés à l'exception du lot d'adultes prélevés en rade de Brest en été 2011 qui présente une prévalence de 54 %. Ce même lot présentait une prévalence d'infection à *Bonamia sp.* de 10 %.

Trois adultes ardoisés prélevés à Quiberon ont été détectés positifs en PCR à *Bonamia sp.*, 2 en 2012 et 1 en 2013. Deux pools de larves obtenus à Quiberon en 2013 sont également apparus positifs en PCR dont un pool correspondant à un géniteur positif.

Ces résultats confirment des résultats précédemment obtenus sur les larves d'huître plate : *Bonamia sp.* peut infecter les stades larvaires notamment pendant leur phase d'incubation dans l'huître adulte (Arzul et al., 2011). Cependant, considérant les faibles fréquences de détection, la transmission du parasite adulte-larves ne semble pas fréquente.

Les produits de PCR obtenus ont fait l'objet de digestion enzymatique afin d'orienter le diagnostic de *Bonamia sp.* vers une espèce et *Marteilia refringens* vers un génotype. Les profils obtenus suggèrent que les huîtres positives en PCR *Bonamia sp.* sont infectées par *Bonamia ostreae* et que les huîtres positives en PCR *Marteilia refringens* sont infectées par *M. refringens* type O. Cependant, certains produits de PCR ont également été séquencés afin de confirmer ces premiers résultats et d'évaluer la variabilité des parasites détectés (voir Etude de la diversité des parasites détectés).

Enfin, les pools de larves ont été analysés en PCR pour la détection d'OsHV-1. Plusieurs de ces pools apparaissent positifs sur les deux sites. Des travaux sont en cours pour caractériser le génotype d'OsHV-1. Les charges virales détectées sont faibles (< 100 copies de virus par réaction de PCR) à l'exception du pool de larves de Quiberon détecté positif en 2013 qui présente une charge virale supérieure à 10 000 virus par réaction de PCR.

Suivi mensuel du naissain

	Quiberon 2011	Brest 2011*	Brest 2011**	Brest 2012*
Octobre	0/30	0/50	0/50	4/50
Novembre	0/30	0/50	1/50	1/50
Décembre	-	0/50	0/50	4/50
Janvier	0/50 0/10	0/50 0/10	0/50	0/36
Février	0/50 0/10	0/50 0/10	1/46	1/50
Mars	0/50 16/20	0/49 16/20	0/47	1 - 8/50 0/20

* Brest : point 17 – ** Brest : points 3 & 4

Tableau 10 : Prélèvements réalisés et résultats obtenus en PCR pour la détection de *Bonamia sp.* (rouge), de *Marteilia refringens* (vert) et OsHV-1 (orange)

En 2011, quelle que soit l'origine du naissain, les jeunes huîtres de moins de 1 an analysées sont apparues négatives en PCR vis-à-vis de *Bonamia sp.* et *Marteilia refringens* à l'exception du lot prélevé sur les points 3-4 (cf. Figure 56 : Localisation des points de prélèvement en rade de Brest (cercles rouges)) en rade de Brest qui présentait 1/50 (2 %) individu positif vis-à-vis de *Marteilia refringens* en novembre 2011 et 1/46 (2%) individu positif vis à vis de *Bonamia sp.* en février 2012.

En 2012, les jeunes huîtres testées apparaissent positives en PCR pour la détection de *Marteilia refringens* dès le mois d'octobre (≈ 3 mois). *Bonamia sp.* est détecté sur 1 individu (2 %) en mars 2013.

Les profils obtenus après digestion enzymatique des produits de PCR suggèrent que les huîtres positives en PCR *Bonamia sp.* sont infectées par *Bonamia ostreae* et que les huîtres positives en PCR *Marteilia refringens* sont infectées par *M. refringens* type O. Les produits de PCR les plus intenses ont également été séquencés afin de confirmer ces premiers résultats et d'évaluer la variabilité des parasites détectés (voir Etude de la diversité des parasites détectés).

OsHV-1 apparaît présent dans de nombreux animaux testés (80 %) en mars 2011 sur les deux sites Quiberon et Brest tandis qu'il n'est pas détecté sur le naissain de Brest en mars 2012. Afin d'identifier la période à laquelle le naissain 2011 s'est infecté, des animaux prélevés en janvier et février 2012 ont été testés et sont apparus négatifs suggérant donc que l'apparition d'OsHV-1 dans ces huîtres se produit entre février et mars. De même que pour les pools de larves, des travaux en biologie moléculaire sont en cours pour caractériser OsHV-1. Les charges virales détectées sont généralement comprises entre 500 et 1 000 copies par réaction de PCR.

D'autres points de la rade de Brest ont fait l'objet d'analyses en PCR vis-à-vis de la présence de *Marteilia refringens* et *Bonamia sp.* Certains prélèvements sont apparus positifs, cependant, au vu de la ponctualité de ces prélèvements, l'absence de détection des parasites ne nous permet pas de conclure quant à leur réelle absence sur ces sites. Les résultats obtenus sont présentés en Annexe SP3-1 – Résultats des analyses réalisées sur les prélèvements d'huîtres plates autres que ceux des points 17, 3 et 4 - Rouge : résultats concernant la détection de Bonamia sp. par PCR ; Vert : résultats concernant la détection de Marteilia refringens par PCR à titre d'information.

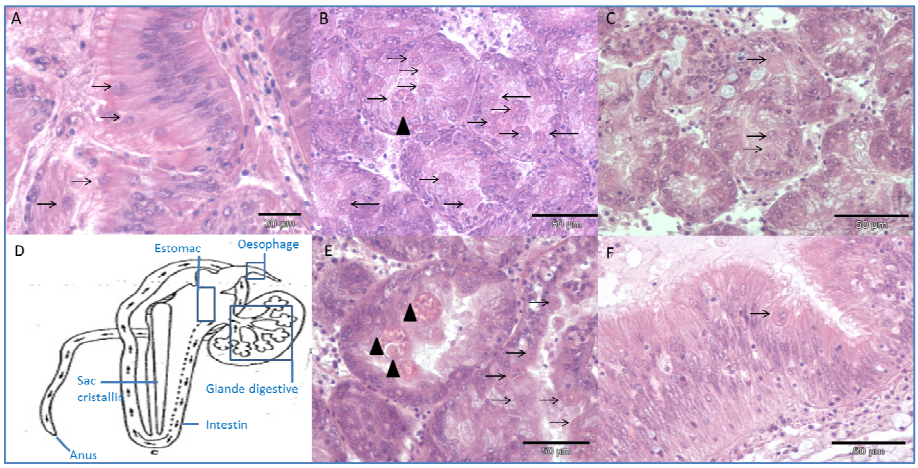
Description de la dynamique d'infection à Marteilia refringens

Le suivi mensuel réalisé sur le naissain capté en 2012 à Lomergat, en rade de Brest (point 17, Figure 56 : Localisation des points de prélèvement en rade de Brest (cercles rouges)) ayant révélé la présence d'ADN de *Marteilia refringens* dès le mois d'octobre, nous avons souhaité décrire l'évolution du parasite en histologie. Les animaux détectés positifs en PCR ont alors fait l'objet d'observation au microscope.

Certains animaux positifs en PCR n'ont pas été retrouvés infectés en histologie ce qui peut être dû à une sensibilité moindre de l'histologie en particulier lorsque les niveaux d'infection sont faibles. La présence de jeune stade ou stade primaire est surtout notée dans l'épithélium de l'estomac (A et F sur Figure 60 : Sections histologiques colorées en hémalun et éosine) à l'automne puis au printemps. Les stades les plus matures ou stades réfringents sont observés dans l'épithélium, voire la lumière des diverticules digestifs (B et E) en novembre-décembre.

La Figure 61 : Evolution des fréquences de détection de *Marteilia refringens* en PCR, en histologie et des stades matures du parasite (C3) en fonction des mois de prélèvement sur le site de Lomergat (rade de Brest) synthétise les données disponibles concernant la dynamique de *Marteilia refringens* sur le naissain suivi à Brest en 2012-2013 : les fréquences de détection du parasite Marteilia refringens en PCR, en histologie ainsi que la fréquence d'observation de stades avancés du parasite (stades dits « C3 »). La présence de ces stades de parasite indique que l'infection est avancée et que le parasite peut sortir de son hôte.

Ainsi en automne 2012, il est possible d'observer une augmentation de la fréquence de détection du parasite, notamment des stades matures, ce qui suggère que de nouvelles huîtres sont infectées et que l'infection se développe au sein des huîtres parasitées. Puis le parasite n'est plus ou très peu détecté en janvier-février ce qui peut s'expliquer par d'éventuelles mortalités des huîtres infectées ou par un relargage complet des parasites entre décembre et janvier. Enfin, de nouvelles infections surviennent entre février et mars 2013.



Présence de parasites *Marteilia refringens* (stades non matures → et stades réfringents ▲) dans du naissain collecté à Lomergat en octobre 2012 (A), novembre-décembre 2012 (B et E) et mars 2013 (C et F).

D = Représentation schématique de l'appareil digestif d'huître (d'après Lebesnerais, 1985)

Figure 60 : Sections histologiques colorées en hémalun et éosine

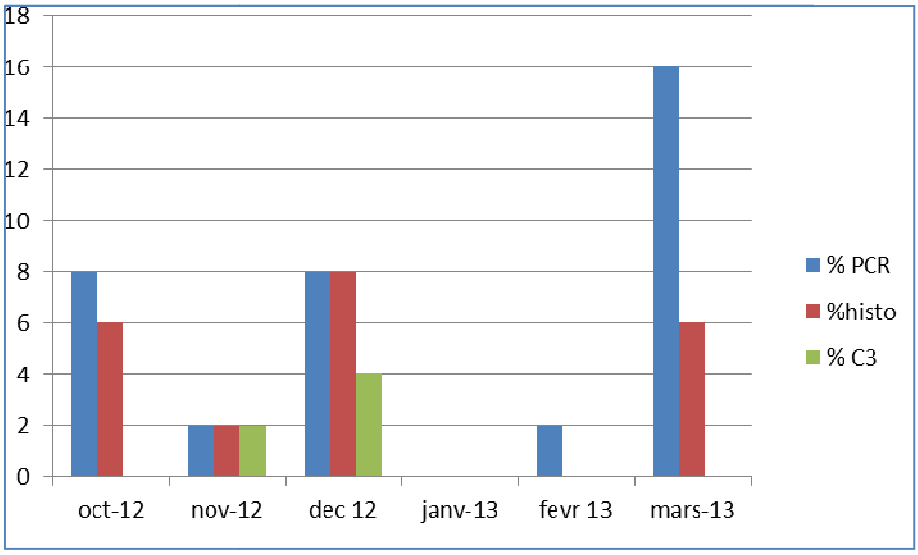
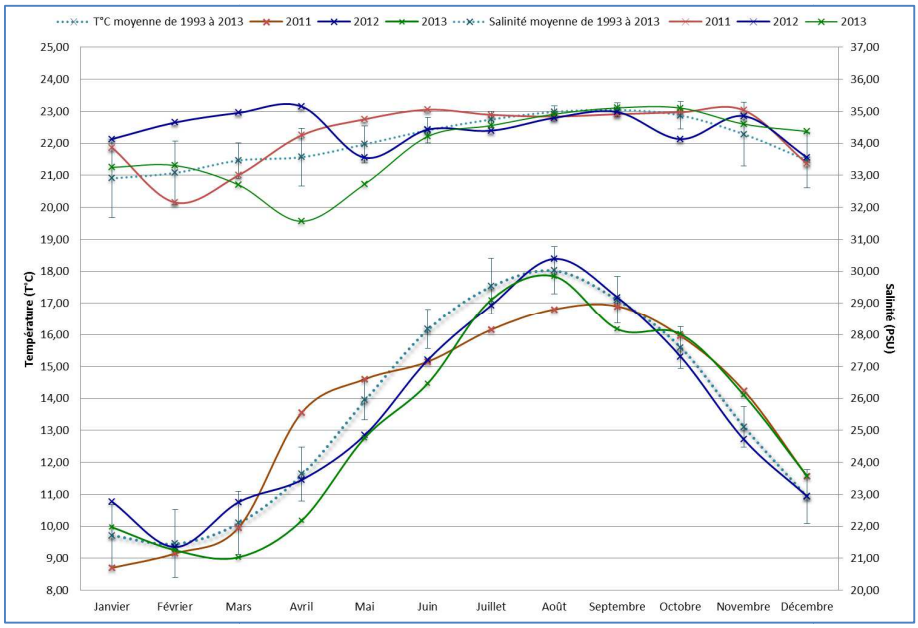


Figure 61 : Evolution des fréquences de détection de *Marteilia refringens* en PCR, en histologie et des stades matures du parasite (C3) en fonction des mois de prélèvement sur le site de Lomergat (rade de Brest)

Considérant l'absence de détection de *M. refringens* dans les prélèvements réalisés en 2011-2012 et la détection presque continue du parasite en 2012-2013, nous avons comparé les données de température et de salinité disponibles au plus près du naissain, à savoir sur le site de Lanvéoc (point 13 Figure 56 : Localisation des points de prélèvement en rade de Brest (cercles rouges)) pour les années 2011 et 2012 (Figure 62 : Evolution mensuelle de la température et de la salinité à Lanvéoc (rade de Brest) en 2011, 2012, 2013 ainsi que les moyennes et écart types sur 1993-2013) plus particulièrement entre août et octobre. Contrairement à la température, la salinité ne présente pas de différence sur cette période de l'année entre 2011 et 2012. La température relevée en 2011 ne dépasse pas 17°C alors qu'en 2012 elle est au-dessus de ce seuil thermique de juillet à septembre. Cette différence peut expliquer la différence de détection du parasite observée entre 2011 et 2012. En effet, des précédents travaux réalisés en claire ostréicole avaient montré que l'infection d'huîtres survenait lorsque la température était au-dessus de 17°C (Audemard et al., 2001). La moyenne et l'écart type des températures relevées sur ce site entre 1993 et 2013 suggèrent que 2011 est une année « atypique » (= plus froide) sur cette période de l'année.



Source : REPHY (Ifremer)

Figure 62 : Evolution mensuelle de la température et de la salinité à Lanvéoc (rade de Brest) en 2011, 2012, 2013 ainsi que les moyennes et écart types sur 1993-2013

Suivi de cohortes vis-à-vis des infections à *Bonamia ostreae* et *Marteilia refringens*

Les dates des prélèvements réalisés dans le cadre de cet objectif sont présentées en Annexe SP3-2 – Prélèvements réalisés dans le cadre du suivi de la cohorte 1 (N° de lot et dates des prélèvements).

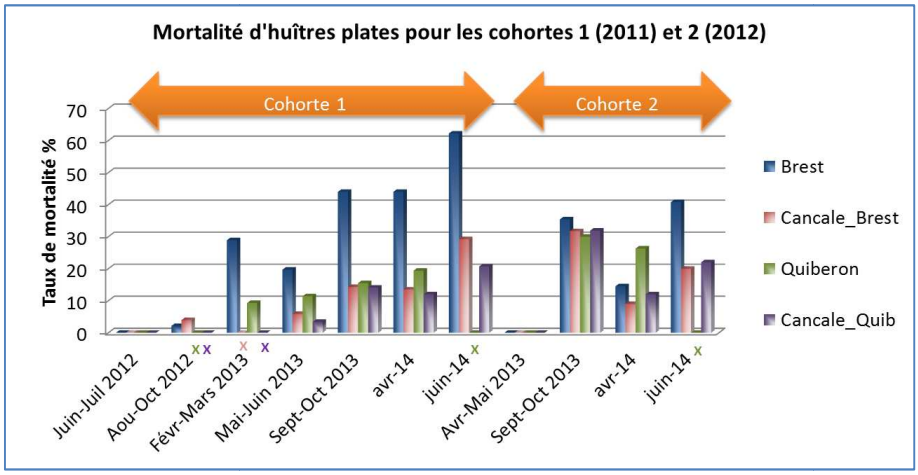
Suivi des mortalités

Le naissain originaire de Brest et de Quiberon a été déployé en juin-juillet 2012 (= cohorte 1) puis en avril-mai 2013 (= cohorte 2) sur Brest, Cancale ou Quiberon et Cancale en demi poches contenant entre 100 et 150 individus par poche. Une poche de chaque condition a été prélevée tous les 3-4 mois environ. Le nombre d'huîtres mortes et vivantes a été compté afin d'évaluer le pourcentage de mortalité pour chaque poche.

La Figure 63 : Evolution des mortalités (%) pour les cohortes 1 et 2 en fonction des périodes de prélèvement et des conditions testées présente les pourcentages de mortalité observés dans chaque condition pour les cohortes 1 et 2.

Quels que soient la cohorte et la date de prélèvement, les mortalités observées sur Brest sont supérieures à celles des autres sites (p= 0,0719), elles atteignent 40 % lorsque les huîtres de la cohorte 1 ont 2 ans et 60 % 9 mois plus tard. Les deux origines de naissain sur Cancale ne présentent pas de mortalités significativement différentes (p=0,95). Enfin, les données disponibles (données manquantes pour la période de juin 2014) ne nous permettent pas d'observer des différences significatives entre Quiberon et Cancale.

Les mortalités observées sur la cohorte 2 semblent augmenter plus rapidement que pour la cohorte 1. En effet, les 4 conditions testées présentent 30% de mortalité dès le premier prélèvement (septembre-octobre 2013) c'est-à-dire lorsque les huîtres ont environ 1 an.

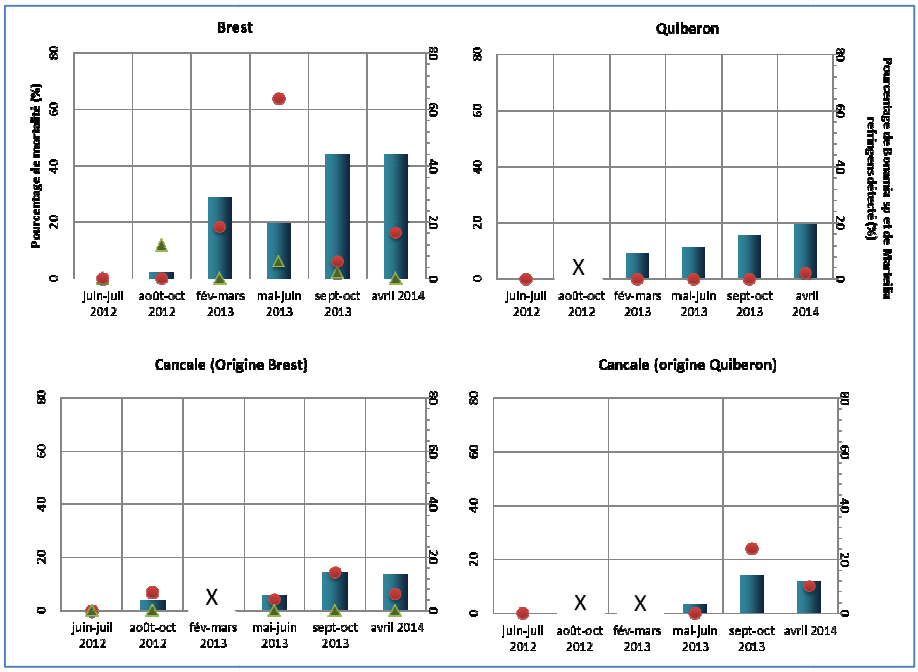


X = prélèvements non réalisés

Figure 63 : Evolution des mortalités (%) pour les cohortes 1 et 2 en fonction des périodes de prélèvement et des conditions testées

Suivi des infections à Bonamia sp. et Marteilia refringens au sein de la cohorte 1

Pour chaque poche prélevée, 50 animaux ont fait l'objet d'analyses en PCR pour estimer la prévalence de *Bonamia sp.* et *Marteilia refringens*. Les résultats de ces analyses ainsi que les pourcentages de mortalité sont présentés sur la Figure 64 : Evolution des mortalités (%, Histogrammes bleus), des fréquences de détection de *Marteilia refringens* (% ▲) et de *Bonamia sp.* (% ●) en fonction des périodes de prélèvement et des conditions testées (Brest, Quiberon, Cancale origine Brest et Cancale origine Quiberon).



X = prélèvements non réalisés

Figure 64 : Evolution des mortalités (%, Histogrammes bleus), des fréquences de détection de *Marteilia refringens* (% ▲) et de *Bonamia sp.* (% ●) en fonction des périodes de prélèvement et des conditions testées (Brest, Quiberon, Cancale origine Brest et Cancale origine Quiberon)

Avant d'être déployé sur les trois sites, le naissain de Brest et de Quiberon a été analysé afin d'établir un point de référence. Les analyses étaient toutes négatives.

Marteilia refringens (représenté par les triangles verts ▲) n'a été détecté que sur le naissain de Brest pour les prélèvements réalisés en septembre 2012 et 2013. Les prévalences restent modérées atteignant 12 % en septembre 2012.

Bonamia sp. (représenté par les ronds rouges ●) a été détecté dans les trois sites et sur les deux origines de naissain. Des différences de dynamique d'évolution et d'intensité de prévalence sont cependant observées. La majorité (62 %) des huîtres de Brest apparaissent infectées lorsque les huîtres ont 2 ans (mai-juin 2013).

Les huîtres de Quiberon s'infectent très peu et tardivement (2 % à 2 ans et demi). Enfin, après 2 mois de séjour sur Cancale, 7 % des huîtres originaires de Brest sont détectées positives en PCR. De nouvelles infections surviennent au cours de la 2ème année pour atteindre 14 % de fréquence de détection en octobre 2013. En raison de l'absence de prélèvements d'huîtres originaires de Quiberon sur Cancale en août-octobre 2012 et février-mars 2013, nous ne pouvons conclure quant à la situation de ces huîtres au cours de leur première année sur Cancale. Néanmoins, nous pouvons noter qu'en 2ème année, ces huîtres s'infectent plus tardivement et plus fortement que celles originaires de Brest.

Les profils obtenus après digestion enzymatique des produits de PCR suggèrent que les huîtres positives en PCR *Bonamia sp.* sont infectées par *Bonamia ostreae* et que les huîtres positives en PCR *Marteilia refringens* sont infectées par *M. refringens* type O. Les produits de PCR les plus intenses ont également été séquencés afin de confirmer ces premiers résultats et d'évaluer la variabilité des parasites détectés (voir Etude de la diversité des parasites détectés).

Suivi des infections à Bonamia sp. et Marteilia refringens au sein de la cohorte 2

De même que pour la cohorte 1, pour chaque poche de la cohorte 2 prélevée, 50 animaux ont fait l'objet d'analyses en PCR pour estimer la prévalence de *Bonamia sp.* et *Marteilia refringens*.

Avant d'être déployé sur les trois sites, le naissain de Brest et de Quiberon a été analysé afin d'établir un point de référence. Les analyses ont révélé la présence de *Bonamia sp.* dans 2 % des huîtres de Quiberon et la présence de *Marteilia refringens* dans 6 % des huîtres de Brest.

Les analyses des prélèvements réalisés entre septembre 2013 et juin 2014 sont en cours.

Description de la dynamique d'infection à Marteilia refringens

Les animaux de la cohorte 1 détectés positifs en PCR pour la détection de *Marteilia refringens* en rade de Brest (Lomergat) ont fait l'objet d'observation en microscopie photonique afin de décrire la dynamique d'infection du parasite. Il est à noter que le naissain de la cohorte 1 est le même que celui suivi mensuellement dans le cadre de l'Objectif 1. Pour rappel, ce naissain collecté en 2011 avait présenté des résultats négatifs sur l'ensemble de la période d'étude (octobre 2012 à mars 2013).

De même que ce que nous avons décrit précédemment, certains animaux positifs en PCR n'ont pas été retrouvé infectés en histologie ce qui peut être dû à une sensibilité moindre de l'histologie en particulier lorsque les niveaux d'infection sont faibles.

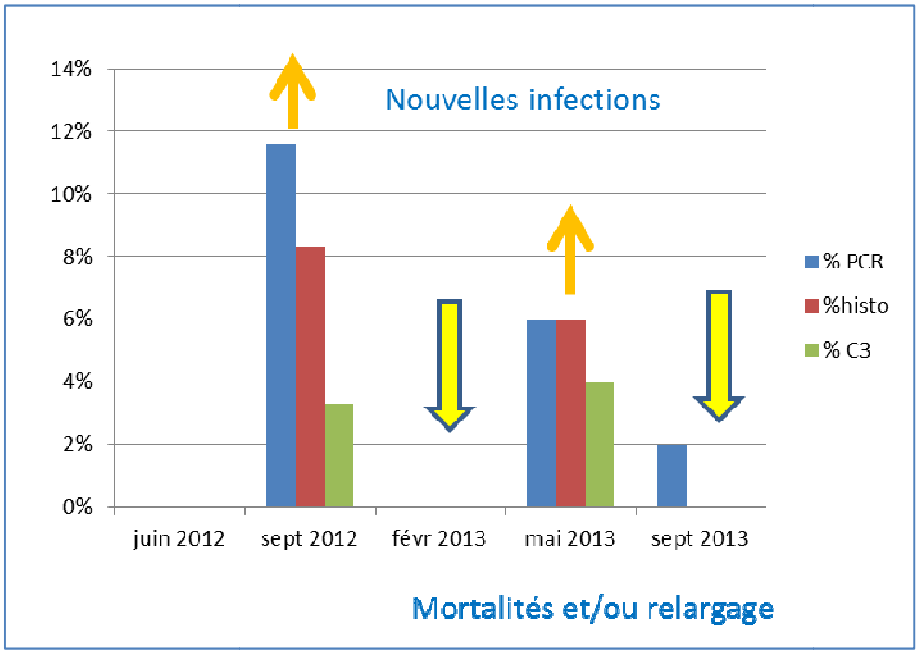


Figure 65 : Evolution des fréquences de détection de *Marteilia refringens* en PCR, en histologie et des stades matures du parasite (C3) dans le naissain de la cohorte 1 en fonction des périodes de prélèvement sur le site de Lomergat (rade de Brest)

Entre juin et septembre 2012 (les huîtres ont alors 1 an), la fréquence de détection du parasite augmente et des stades matures du parasite sont observés ce qui indique que de nouvelles huîtres sont infectées et que l'infection se développe au sein des huîtres parasitées (Figure 65 : Evolution des fréquences de détection de *Marteilia refringens* en PCR, en histologie et des stades matures du parasite (C3) dans le naissain de la cohorte 1 en fonction des périodes de prélèvement sur le site de Lomergat (rade de Brest)). Puis le parasite n'est plus détecté en février 2013. Cette absence d'observation du parasite dans les huîtres peut s'expliquer par l'augmentation de mortalité relevée dans les poches (cf. Figure 64 : Evolution des mortalités (%, Histogrammes bleus), des fréquences de détection de *Marteilia refringens* (% ▲) et de *Bonamia sp.* (% ●) en fonction des périodes de prélèvement et des conditions testées (Brest, Quiberon, Cancale origine Brest et Cancale origine Quiberon)) et/ou par un relargage de *Marteilia refringens* dans le milieu. De nouvelles infections surviennent entre février et mai 2013 et l'infection progresse comme l'indiquent l'augmentation de fréquence de détection et la présence de stades matures du parasite.

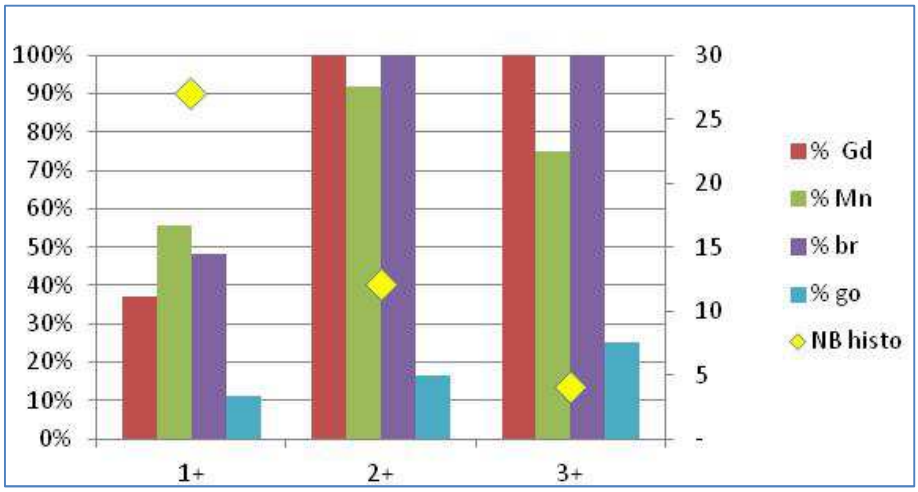
Si l'on considère la période de juin 2012 à juin 2013 on relève deux périodes d'infection : été 2012 et printemps 2013, ce qui coïncide avec la dynamique d'infection observée dans le naissain de Brest capté en 2012 et suivi entre octobre 2012 et mars 2013.

Description de la distribution tissulaire et dynamique d'infection à Bonamia sp.

Les animaux de la cohorte 1 détectés positifs en PCR pour la détection de *Bonamia sp.* en rade de Brest (Lomergat) et Cancale (origine Brest et Quiberon) ont fait l'objet d'observation en histologie ou en hybridation *in situ* afin de décrire la dynamique d'infection du parasite. Il est à noter que le naissain de la cohorte 1 est le même que celui suivi mensuellement dans le cadre de l'Objectif 1. Pour rappel, ce naissain collecté en 2011 avait présenté des résultats négatifs sur l'ensemble de la période d'étude (Octobre 2012 à Mars 2013).

A nouveau, certains animaux positifs en PCR n'ont pas été retrouvés infectés en histologie ce qui peut être dû à une sensibilité moindre de l'histologie en particulier lorsque les niveaux d'infection sont faibles.

En fonction de la répartition et de la charge parasitaire, les animaux ont été classés en trois catégories : animaux faiblement (1+), moyennement (2+) et fortement infectés (3+). D'avantage d'animaux ont été classés en 1+ qu'en 2 et 3+ (Figure 66 : Niveaux d'infection relevés dans les individus positifs en histologie (losanges jaunes)).

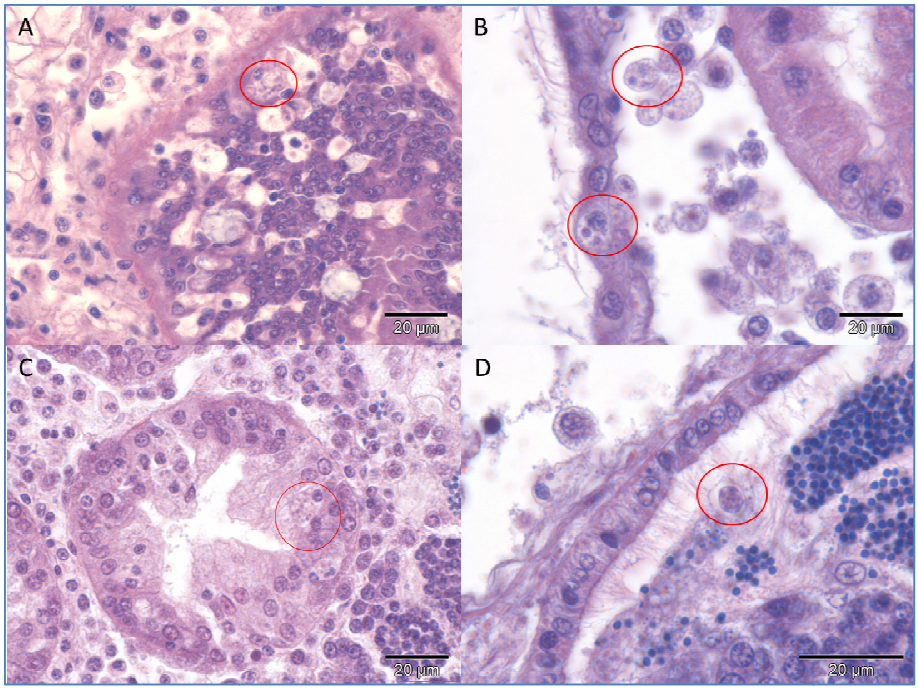


Pourcentages d'animaux infectés ayant révélé la présence de parasites dans la glande digestive (GD), le Manteau (Mn), les branchies (br), et la gonade (go)

Figure 66 : Niveaux d'infection relevés dans les individus positifs en histologie (losanges jaunes)

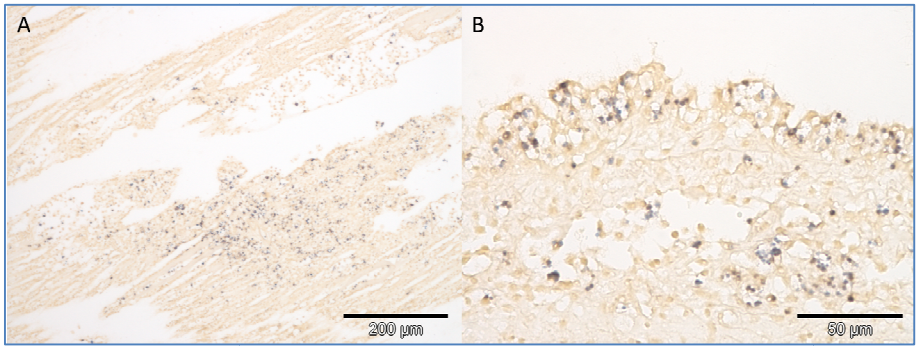
Dans les cas de faibles infections (1+), glande digestive et/ou manteau et/ou branchies paraissent infectés tandis que l'infection se généralise à la plupart des organes dans les cas d'infection modérée et forte (2+ et 3+, Figure 66 : Niveaux d'infection relevés dans les individus positifs en histologie (losanges jaunes)). La gonade apparaît moins souvent infectée que les autres organes mais la fréquence d'observation de *Bonamia sp.* dans cet organe augmente avec le niveau d'infection (Figure 66 : Niveaux d'infection relevés dans les individus positifs en histologie (losanges jaunes) et D sur Figure 67 : Sections histologiques colorées en hémalun et éosine). Le parasite a été observé dans d'autres organes tels que le cœur (B sur Figure 67 : Sections histologiques colorées en hémalun et éosine) et les palpes labiaux (B sur Figure 68 : Observation de sections de tissus de branchies (A) et des palpes labiaux (B) après hybridation in situ pour la détection de *Bonamia sp.*) mais ceux-ci n'étant pas systématiquement présents sur les coupes observées, ils n'ont pas été ici pris en compte.

La présence de parasites au niveau d'épithélium de plusieurs organes (exemples A, B et C sur Figure 67 : Sections histologiques colorées en hémalun et éosineet A et B sur Figure 68 : Observation de sections de tissus de branchies (A) et des palpes labiaux (B) après hybridation in situ pour la détection de *Bonamia sp.*), notamment dans les cas de moyennes et fortes infections, indique que *Bonamia sp.* peut être transmis avant que ne survienne la mort de l'huître infectée.



Présence de parasites *Bonamia sp.* (dans les cercles rouges) dans l'épithélium digestif (A et C), au niveau de l'épithélium du péricarde (B) et de la gonade (D)

Figure 67 : Sections histologiques colorées en hémalun et éosine



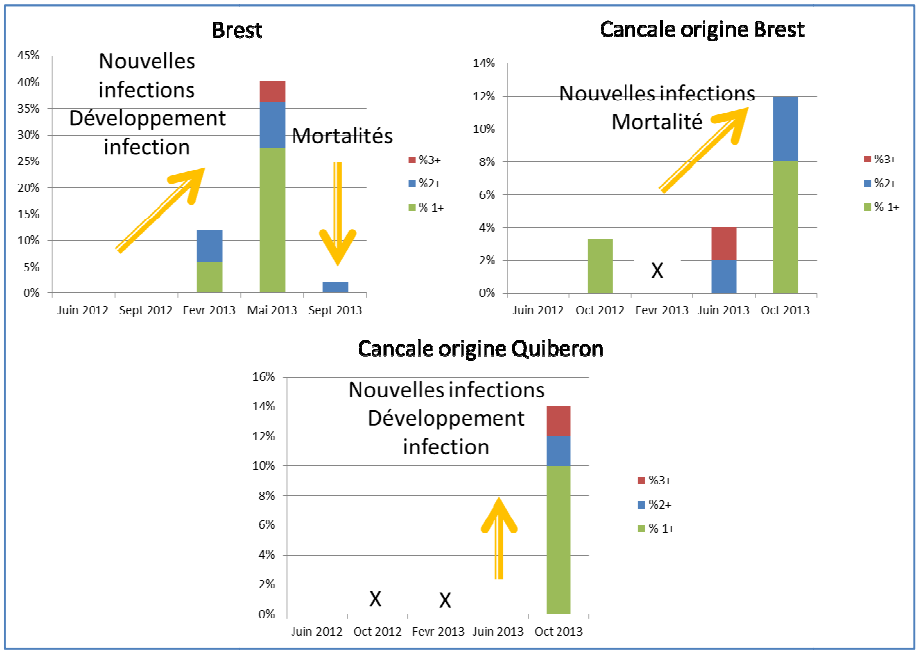
La coloration bleu-sombre révèle la présence de parasite (contre coloration jaune de Bismark)

Figure 68 : Observation de sections de tissus de branchies (A) et des palpes labiaux (B) après hybridation in situ pour la détection de *Bonamia sp.*

Le naissain originaire de Brest s'infecte de façon plus importante lorsqu'il reste à Brest que lorsqu'il est transféré à Cancale. Sur le site de Lomergat (rade de Brest) les huîtres s'infectent en hiver et au printemps 2013 lorsque les huîtres ont environ 18 mois. Le parasite se multiplie dans les huîtres et l'infection se développe entre février et mai 2013. Le parasite n'est presque plus détecté dans les huîtres à la fin de l'été, suggérant que les huîtres infectées sont mortes entre mai et septembre 2013. Cette diminution de fréquence de détection coïncide avec une augmentation de mortalités de plus de 20 % (Figure 69 : Evolution des fréquences de détection de *Bonamia sp.* en histologie dans le naissain de la cohorte 1 en fonction des périodes de prélèvement sur le site de Lomergat (rade de Brest), sur le site de Cancale pour le naissain originaire de Brest et de Quiberon), ce qui conforte notre hypothèse.

L'augmentation de fréquence de détection du parasite sur Cancale survient plus tardivement et plus modérément que sur Brest. La disparition des huîtres fortement infectées entre juin et octobre sur le naissain originaire de Brest laisse penser que ces huîtres sont mortes au cours de l'été.

Nos observations mettent en évidence des différences d'intensité et de dynamique d'infection du parasite *Bonamia sp.* en fonction des sites et de l'origine du naissain.



X = prélèvements non réalisés

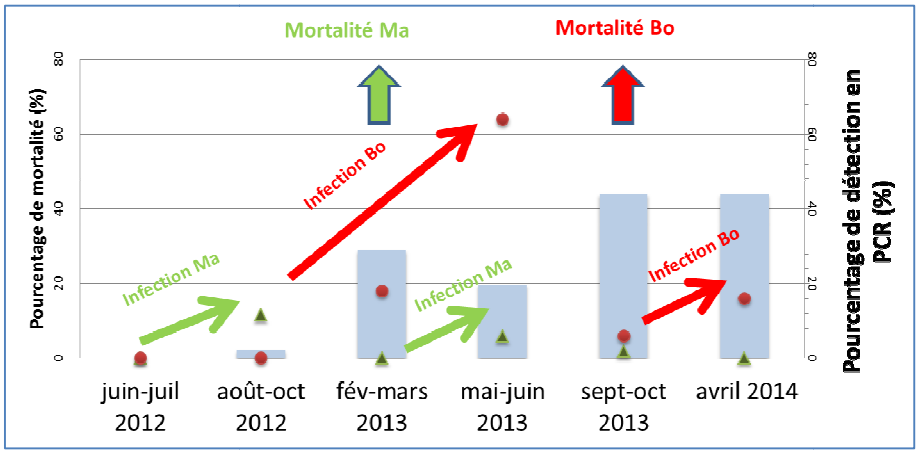
Les degrés d'infection à *Bonamia sp.* sont indiqués par un code couleur : 1+ (vert), 2+ (bleu) et 3+ (rouge)

Figure 69 : Evolution des fréquences de détection de *Bonamia sp.* en histologie dans le naissain de la cohorte 1 en fonction des périodes de prélèvement sur le site de Lomergat (rade de Brest), sur le site de Cancale pour le naissain originaire de Brest et de Quiberon

Synthèse du suivi de cohorte sur le site de Lomergat (rade de Brest)

La Figure 70 : Synthèse des dynamiques d'évolution des mortalités (%, Histogrammes bleus), des fréquences de détection de *Marteilia refringens* (% ▲) et de *Bonamia sp.* (% ●) du naissain de Brest synthétise les données obtenues sur la rade de Brest pour la cohorte 1.

Ainsi, le naissain collecté à Lomergat en rade de Brest en 2011 n'a pas connu d'infection à *Bonamia sp.* et *Marteilia refringens* avant sa deuxième année. Il s'infecte à *M. refringens* au cours de l'été 2012, les huîtres infectées meurent probablement l'hiver qui suit. De nombreuses huîtres sont alors infectées par *Bonamia sp.* et meurent au cours de l'été 2013 alors qu'elles ont 2 ans. Une nouvelle période d'infection par ce parasite survient en hiver-début de printemps 2014.



Bo = *Bonamia sp.* Ma = *Marteilia refringens*

Figure 70 : Synthèse des dynamiques d'évolution des mortalités (%, Histogrammes bleus), des fréquences de détection de *Marteilia refringens* (% ▲) et de *Bonamia sp.* (% ●) du naissain de Brest

Il est à noter qu'aucun cas de co-infection (infection de la même huître par *Bonamia ostreae* et *Marteilia refringens*) n'a été observé dans les individus de la cohorte 1.

Etude de la diversité de Marteilia refringens

Pour étudier le polymorphisme chez *Marteilia refringens*, nous avons ciblé la région IGS (séquence inter génique). Des études antérieures, parmi lesquelles celles de Lopez-Flores et al. (2004), ont révélé l'existence de polymorphisme au sein de cette région.

Un fragment de 358 pb est obtenu après PCR nichée (Lopez-Flores et al., 2004) et a été séquencé directement ou après clonage (afin d'apprécier l'éventuelle variabilité du parasite au sein d'une huître). L'étude a porté sur le parasite détecté en rade de Brest, que ce soit dans du naissain, dans les juvéniles ou les adultes. A l'exception de trois animaux provenant du point 9 (Figure 56 : Localisation des points de prélèvement en rade de Brest (cercles rouges)), l'ensemble des échantillons a été collecté à Lomergat (point 17, Figure 56 : Localisation des points de prélèvement en rade de Brest (cercles rouges)).

Huit produits de PCR ont fait l'objet de clonage et 3 clones ont été séquencés pour chacun de ces amplicons.

Au total, 45 séquences ont été obtenues :

- 21 à partir de naissain suivi mensuellement sur Brest,
- 18 à partir du suivi des cohortes 1 ou 2,
- 6 à partir d'adultes prélevés en été 2011.

A ces 45 séquences ont été ajoutées des séquences obtenues par le laboratoire (LGPMM) dans le cadre d'autres études sur *Marteilia refringens* (Arzul et al., 2013) : quatre séquences proviennent d'huîtres plates infectées, 38 séquences proviennent de moules infectées, quatre séquences ont été obtenues à partir de prélèvements de zooplanctons. Enfin, une séquence correspondant à *Marteilia cochillia* infectant la coque *Cerastoderma edule* et décrit dans des épisodes de mortalité de coques (Carrasco et al. 2013) a été inclus dans l'analyse.

Les 92 séquences ont été alignées à l'aide Clustal W (Thompson et al., 1994) inclus dans MEGA 6 avec les options de paramétrage par défaut. L'analyse phylogénétique de ces 92 séquences nucléotidiques a été réalisée en utilisant l'approche de Neighbor-Joining (Saitou and Nei, 1987) et les distances d'évolution ont été générées en utilisant la méthode de Kimura à deux paramètres. Les valeurs de Bootstrap ont été calculées pour 500 réplicats.

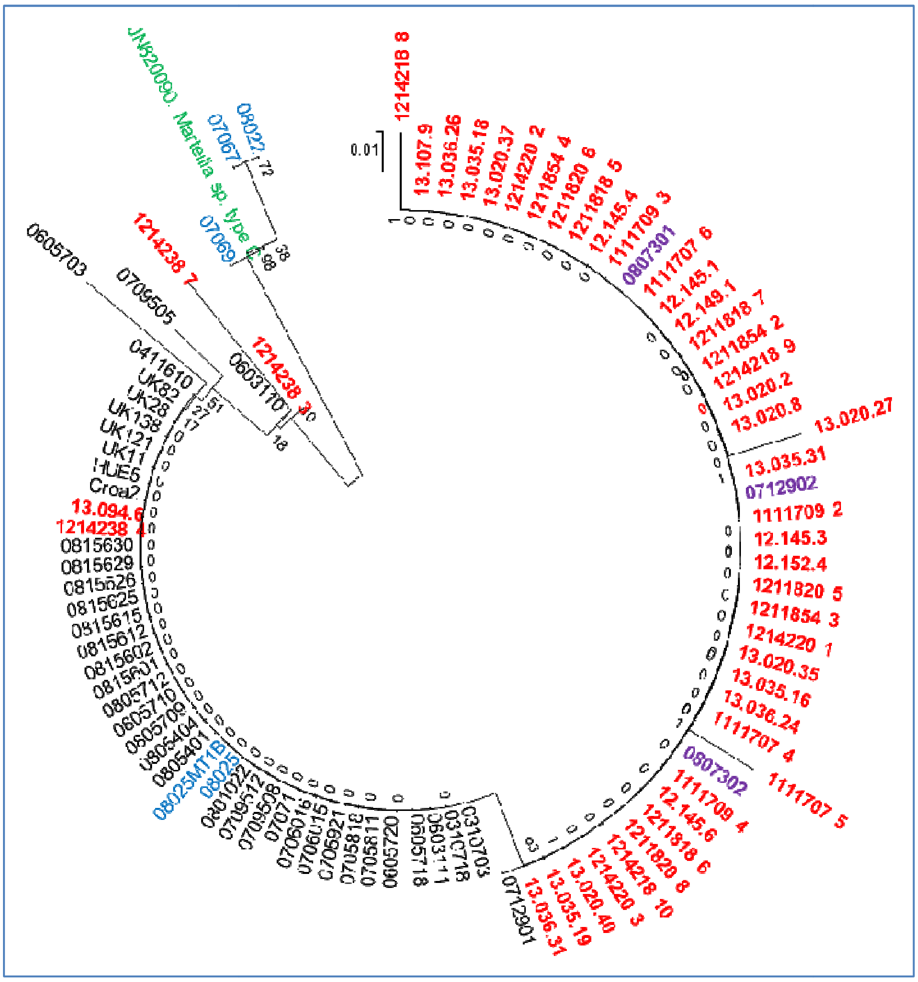
La Figure 71 : Analyse phylogénétique (Méthode de Neighbor-Joining) présente les résultats de cette analyse : les séquences obtenues dans le cadre de PERLE (en rouge) apparaissent pour la majorité dans le même groupe que les autres séquences de *Marteilia refringens* infectant des huîtres plates. Les séquences au sein de ce groupe présentent peu de variabilité (0,3 %).

Deux séquences apparaissent dans le même groupe que les séquences de *M. refringens* infectant des moules *Mytilus galloprovincialis* ou *M. edulis*. Les séquences au sein de ce groupe présentent également très peu de variabilité (0,3 %).

Enfin deux autres séquences provenant du même produit de PCR après clonage apparaissent proches d'autres séquences obtenues à partir de moules infectées mais ne se positionnent pas (3,5 % de distance) dans le groupe précédent.

Ces résultats indiquent que *Marteilia refringens* détecté en rade de Brest sur l'huître plate est homogène et identique à d'autres *M. refringens* détectés dans des huîtres plates. Ces résultats confirment donc les analyses en RFLP présentées précédemment. Cependant, ponctuellement certains parasites paraissent plus proches de *M. refringens* infectant les moules. Les quatre séquences concernées proviennent pour trois d'entre elles de clones obtenus à partir de la même huître prélevée sur le point 9 (Figure 56 : Localisation des points de prélèvement en rade de Brest (cercles rouges)) et pour la dernière séquence d'une huître prélevée sur Lomergat. Il est donc possible d'observer de la diversité au sein d'un lot d'huîtres (détection de *M. refringens* « type huître » et « type moule ») voire au sein d'une même huître (détection de différents *M. refringens* « type moule »).

La détection de *Marteilia refringens* « type moule » dans les huîtres plates a déjà été mise en évidence par des travaux réalisés sur la région ITS -1 du génome (Le Roux et al., 2001 ; Novoa et al., 2005 et Lopez Flores et al., 2004). En fonction des sites étudiés ces situations paraissent rares (Le Roux et al., 2001) ou fréquentes (Lopez-Flores et al., 2004). Dans notre étude, seulement deux huîtres plates ont été détectées infectées par *M. refringens* « type moule ». La présence de ce dernier en rade de Brest peut s'expliquer par la présence d'élevages de moules dans la rade de Brest. Des cas d'infections à *M. refringens* ont déjà été rapportés sur des moules, notamment dans le cas de mortalités (Source : REPAMO, Réseau de Pathologie des mollusques).



Séquences obtenues dans le cadre de PERLE (en rouge) en les comparant aux séquences obtenues dans le cadre d'autres études sur des huîtres plates infectées (en violet), sur des moules infectées (en noir), sur des prélèvements de zooplancton (en bleu) et une séquence de *Marteilia cochillia* chez la coque (en vert ; N° accession JN 820090)

Figure 71 : Analyse phylogénétique (Méthode de Neighbor-Joining)

Etude de la diversité de Bonamia sp.

Pour étudier le polymorphisme chez *Bonamia sp.*, nous avons ciblé la région des ARN ribosomaux incluant une portion du 18S, l'ITS-1, le 5.8S et l'ITS-2. Les séquences internes transcrites 1 et 2 sont en effet considérées comme variables et susceptibles de révéler du polymorphisme intraspécifique.

Un fragment de 1 300 pb est obtenu après PCR en utilisant les amorces BO et LSUD et a été séquencé directement. L'étude a porté sur le parasite détecté en rade de Brest et Quiberon, que ce soit dans du naissain, dans les juvéniles, des adultes ou des larves.

Au total, 33 séquences de 500 pb environ ont été obtenues :

- 30 séquences à partir du suivi de la cohorte 1 ou 2 : 24 séquences ont été obtenues à partir d'huîtres de Brest, 3 séquences ont été obtenues à partir d'huîtres de Cancale originaires de Brest et 3 séquences ont été obtenues à partir d'huîtres de Cancale originaires de Quiberon,
- 1 séquence à partir d'une huître ardoisée prélevée à Quiberon en été 2013,
- 2 séquences à partir de pools de larves prélevés à Quiberon en été 2013.

A ces 33 séquences ont été ajoutées des séquences obtenues par le laboratoire (LGPMM) dans le cadre d'autres études sur *Bonamia sp.* : trois séquences proviennent d'huîtres plates infectées par *B. ostreae*, cinq séquences proviennent de diverses espèces d'huîtres infectées par des parasites du groupe *B. exitiosa*.

Enfin, une séquence obtenue à partir d'*Ostrea angasi* infectée par *Bonamia exitiosa* (Corbeil et al., 2006) a été inclus dans l'analyse (N° accession DQ312295).

Les 42 séquences ont été alignées à l'aide Clustal W (Thompson et al., 1994) inclus dans MEGA 6 avec les options de paramétrage par défaut. L'analyse phylogénétique de ces 42 séquences nucléotidiques a été réalisée en utilisant

l'approche de Neighbor-Joining (Saitou and Nei, 1987) et les distances d'évolution ont été générées en utilisant la méthode de Kimura à deux paramètres. Les valeurs de Bootstrap ont été calculées pour 500 réplicats.

La Figure 72 : Analyse phylogénétique (Méthode de Neighbor-Joining) des séquences obtenues dans le cadre de PERLE (encadrées en orange) en les comparant à des séquences obtenues dans le cadre d'autres études sur *Bonamia ostreae* et *B. exitiosa* présente les résultats de cette analyse : les séquences obtenues dans le cadre de PERLE (orange) apparaissent dans le même groupe que *Bonamia ostreae*. Les séquences au sein de ce groupe ne présentent aucune variabilité.

Les résultats obtenus mettent en évidence une très forte homogénéité de *Bonamia ostreae* dans les prélèvements analysés. Néanmoins, l'effort de séquençage a pour l'instant porté sur la région la moins variable du fragment amplifié (fragment du 18S). Des travaux complémentaires sont envisagés pour améliorer la longueur des fragments séquencés et ainsi comparer les régions ITS entre échantillons.

Nos résultats n'ont pas révélé la présence de *Bonamia exitiosa* dans les prélèvements analysés. Ce parasite a été détecté précédemment dans un prélèvement de larves de la baie de Quiberon (Arzul et al., 2011) mais n'a à ce jour encore jamais été détecté en rade de Brest.

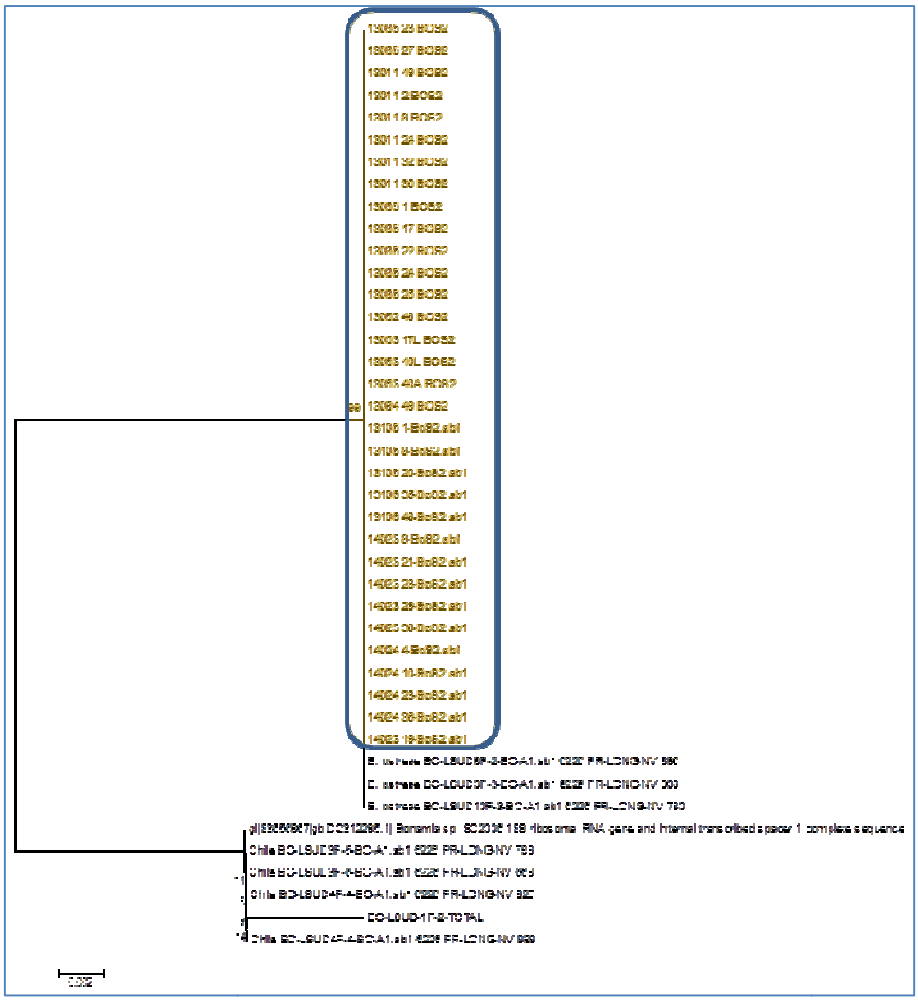


Figure 72 : Analyse phylogénétique (Méthode de Neighbor-Joining) des séquences obtenues dans le cadre de PERLE (encadrées en orange) en les comparant à des séquences obtenues dans le cadre d'autres études sur *Bonamia ostreae* et *B. exitiosa*

Etablir le statut de deux gisements naturels (Bourgneuf et Granville) vis-à-vis de ces deux maladies parasitaires

Les 149 individus prélevés en avril 2012 sur Granville ont présenté des résultats négatifs vis-à-vis de *Bonamia sp*. (*Marteilia refringens* n'ayant pas été recherché car il s'agit d'un gisement situé en eau profonde).

Les 150 huîtres prélevées en baie de Bourgneuf en février 2013 étaient négatives en PCR pour la détection de *Marteilia refringens* et une seule huître est apparue positive en PCR pour la détection de *Bonamia sp*.

Suivi de l'infection à Bonamia ostreae chez les jeunes stades d'huîtres plates sur Brest et Quiberon

Bonamia ostreae est détecté dans quelques adultes et pools de larves de la baie de Quiberon suggérant la transmission du parasite des adultes aux larves lors de la phase d'incubation et l'implication probable des larves, lors de leur phase planctonique, dans la dispersion du parasite. Néanmoins, la faible fréquence de détection du parasite dans les adultes à cette période de l'année (été) et dans les pools de larves testés laisse penser que ce mode de transmission/dispersion n'est pas majeur dans le cycle biologique de *B. ostreae*. L'absence de détection du parasite en rade de Brest est probablement due au nombre très réduit d'adultes ardoisés testés dans notre étude.

Le suivi mensuel du naissain sur Quiberon n'a pu être réalisé qu'en 2011 et n'a pas révélé la présence de *Bonamia ostreae* et *Marteilia refringens*. L'absence de développement de *B. ostreae* sur les huîtres de moins de 1 an sur ce site peut être due à des conditions environnementales particulières de façon générale ou en 2011 en particulier. L'absence de suivi en 2012 ne nous permet pas de conclure.

Le naissain capté à Brest (Lomergat) en 2011 apparait indemne de *Bonamia ostreae* et *Marteilia refringens* tandis que les points adjacents (points 3 et 4 Figure 56 : Localisation des points de prélèvement en rade de Brest (cercles rouges)) présentent de faibles fréquences de détection à l'un ou l'autre des parasites (2 % *M. refringens* en novembre 2012 et 2 % *B. ostreae* en mars 2013).

L'année 2012 est tout à fait différente pour le naissain capté à Lomergat : en effet, celui-ci apparaît infecté par *Marteilia refringens* dès 3 mois, la maladie progresse au cours de l'automne et semble induire des mortalités en hiver. Le cycle parasitaire reprend en mars.

La différence observée sur ce site entre 2011 et 2012 peut être due à une évolution des températures différente entre les deux années. L'année 2011 n'a en effet pas présenté de température de l'eau supérieure à 17°C, température considérée comme seuil thermique pour l'infection à *Marteilia refringens*.

Les résultats des analyses pour la détection d'OsHV-1 laissent apparaitre des fréquences de détection élevées dans les prélèvements réalisés en mars 2011 à Quiberon comme à Brest avec une période d'infection semblant se situer entre février et mars. Les charges virales détectées sont généralement faibles.

Suivi de cohortes vis-à-vis des infections à Bonamia ostreae et Marteilia refringens sur Brest, Quiberon et Cancale

Bien que certains prélèvements n'aient pu être réalisés et que les dates de prélèvement ne coïncidaient pas toujours entre les trois sites étudiés, le suivi de cohorte nous a permis d'observer de nettes différences entre sites et origine du naissain en termes de mortalités et de dynamique d'infection.

Le parasite *Marteilia refringens* n'est détecté que sur Brest. La dynamique observée sur la cohorte 1 ressemble à celle du naissain 2012 suivi sur le même site : les infections se produisent en automne et sont suivies du développement du parasite dans les huîtres infectées puis de mortalités. Le cycle du parasite semble reprendre au printemps suivant.

Le parasite *Bonamia ostreae* est détecté dans toutes les conditions testées mais avec des dynamiques différentes. En rade de Brest, les huîtres s'infectent d'avantage que sur les autres sites. Les infections se produisent généralement en hiver, le parasite se multiplie et se développe au printemps induisant des mortalités en été.

Le site de Lomergat présente les plus fortes mortalités, fréquences de détection et niveaux d'infection par les deux parasites. De même, le naissain originaire de Brest (Lomergat) présente d'avantage de mortalité et semble plus infecté par *B. ostreae* que le naissain de Quiberon une fois transféré sur Cancale.

Les prélèvements réalisés sur la cohorte 2 n'ont pas encore tous été analysés à ce jour. Les résultats permettront de comparer les deux cohortes, sachant que le naissain 2012 de Brest était déjà infecté par les deux parasites avant la mise en poches.

Etude de la diversité des parasites détectés

L'étude de la diversité de *Marteilia refringens* dans les huîtres plates de la rade de Brest révèle la coexistence de deux types : l'un majoritaire dans nos prélèvements et connu pour infecté plutôt les huîtres plates et l'autre minoritaire dans notre étude, retrouvé plus fréquemment sur des moules *Mytilus edulis* ou *M. galloprovincialis*.

Au vu de ces résultats, il serait intéressant de pouvoir recueillir des informations sur la situation des moules en rade de Brest et la connectivité des eaux entre élevages de moules et d'huîtres plates.

L'étude de *B. ostreae* dans les huîtres plates de la rade de Brest et de Quiberon ne nous a pas permis de mettre en évidence de diversité sur la région séquencée. Cependant, des travaux complémentaires sont envisagés afin de compléter ces premières données.

L'absence de détection de *B. exitiosa* dans les prélèvements analysés laisse penser que ce parasite n'est pas présent (ou à très faible prévalence) en rade de Brest et Quiberon. Il est donc fortement recommandé de ne pas importer des huîtres plates provenant de zones connues pour être infectées par ce parasite (e. g. Corse, Thau…)

Etablir le statut de deux gisements naturels (Bourgneuf et Granville) vis-à-vis de ces deux maladies parasitaires

L'analyse d'huîtres plates de Granville a révélé l'absence d'ADN de *Bonamia ostreae* sur ces huîtres. Ce gisement a fait l'objet d'un suivi régulier entre 1992 et 2007 et a longtemps été considéré indemne de bonamiose. Le parasite *B. ostreae* a été pour la première fois détecté en 2005 dans 2 huîtres (< 1 % de prévalence) puis à nouveau en 2006 avec une fréquence de détection de 2,6 % en juillet. L'apparente émergence du parasite au sein de cette population d'huîtres plates a été attribuée à un déplacement du gisement qui se serait rapproché de la côte et déplacé vers le sud (source : REPAMO).

L'analyse d'huîtres plates de la baie de Bourgneuf n'a été faite que sur un prélèvement réalisé en février. Une seule huître est apparue positive en PCR pour la détection de *B. ostreae*. L'absence de détection de *Marteilia refringens* peut être due à la période de prélèvement, l'hiver correspondant généralement aux prévalences les plus faibles (souvent nulles). Il est donc difficile de conclure quant au statut de cette population d'huîtres vis-à-vis de *M. refringens*.

Nous souhaitions préciser qu'à ce jour, 67 lots ont été prélevés dans le cadre du SP3 – ETUDE PARASITAIRE ET EPIDEMIOLOGIQUE DES POPULATIONS NATURELLES, ce qui correspond à 3 020 huîtres plates ayant fait l'objet d'extraction d'ADN, d'analyses en PCR pour la détection de Bonamia ostreae et d'analyses en PCR pour la détection de *Marteilia refringens*.

Objectifs

Le sous-programme vise à analyser, *in situ*, l'effet des facteurs environnementaux (hydrologiques et climatiques) sur les étapes clés de la reproduction de l'huître plate (maturation des adultes, abondances larvaires et recrutement) dans deux écosystèmes différents : la rade de Brest et la baie de Quiberon. Ces deux écosystèmes sont les seuls en France où le captage de cette espèce est encore possible.

Cette approche d'écologie nécessite la mise en place de suivis pluriannuels afin de disposer d'années contrastées en termes climatique et environnemental. Si en baie de Quiberon, ce genre de suivis existe depuis plusieurs années (SP4.2), cela n'est pas le cas en rade de Brest, site pour lequel ce projet a été l'occasion d'initier de premiers suivis de la reproduction chez cette espèce dans cet environnement particulier (SP4.1).

En outre, le suivi des abondances larvaires peut parfois se heurter à des problèmes d'identification larvaire, notamment pour les jeunes stades d'évolution. Le développement d'outils moléculaires (ADN) d'identification et de quantification des larves d'*Ostrea edulis* constitue donc le troisième objectif de ce sous-projet (SP4.3). Voies d'avenir, ces outils pourront dans quelques années être utilisés en parallèle des méthodes d'identification classiques et permettront le développement de nouvelles méthodologies.

La reproduction de l'huître plate en rade de Brest : premiers suivis

A notre connaissance, à l'exception de quelques données acquises dans les années 1990, lors du plan de relance de l'huître plate (Martin, 1993), il n'existe aucun suivi concernant les différentes phases du cycle de reproduction de l'huître plate en rade de Brest. L'objectif a donc été de mettre en place un premier suivi des principaux paramètres biologiques permettant de caractériser la reproduction de cette espèce en rade de Brest, en proposant une approche spatiale permettant d'analyser les différentes zones contrastées de la rade de Brest abritant des huîtres plates.

La reproduction de l'huître plate en baie de Quiberon : analyse pluriannuelle

Le suivi de la reproduction de l'huître plate est mis en œuvre chaque année en baie de Quiberon, et ce depuis plus de 30 ans à la demande du Comité Régional Conchylicole de Bretagne-Sud. Ce travail a été assuré par l'Ifremer jusque dans les années 2000, puis il a été confié au bureau d'étude Cochet-Environnement. Ce suivi concerne (depuis le début) les 3 groupes de paramètres suivants : maturation des géniteurs, pêches de larves et abondance du naissain. L'objectif de ce travail a donc été d'analyser, sur des séries temporelles de plus de 30 ans, l'effet des facteurs hydroclimatiques sur la variabilité des paramètres biologiques (maturation des adultes, abondance et développement larvaire, intensité et modalité du recrutement) afin de mieux comprendre le déterminisme de la reproduction et du recrutement de l'huître plate en baie de Quiberon.

Outils moléculaires d'identification et de quantification des larves d'O. edulis

A ce jour, les larves sont identifiées selon des critères morphologiques (e.g. Cochet, 2013). L'objectif de cette troisième sous-tâche est donc de développer une nouvelle méthode d'identification rapide qui permettrait de compléter voire à terme de s'affranchir de l'observation directe des échantillons. La PCR en temps réel (« PCR quantitative ») a été retenue pour répondre à cet objectif. En parallèle, une méthode permettant une approche plus exhaustive est également utilisée, le code-barre ADN (barcoding). Ces deux approches requièrent en préalable la construction d'une base de données de séquences ADN de référence.

Méthodes

La reproduction de l'huître plate en rade de Brest : premiers suivis

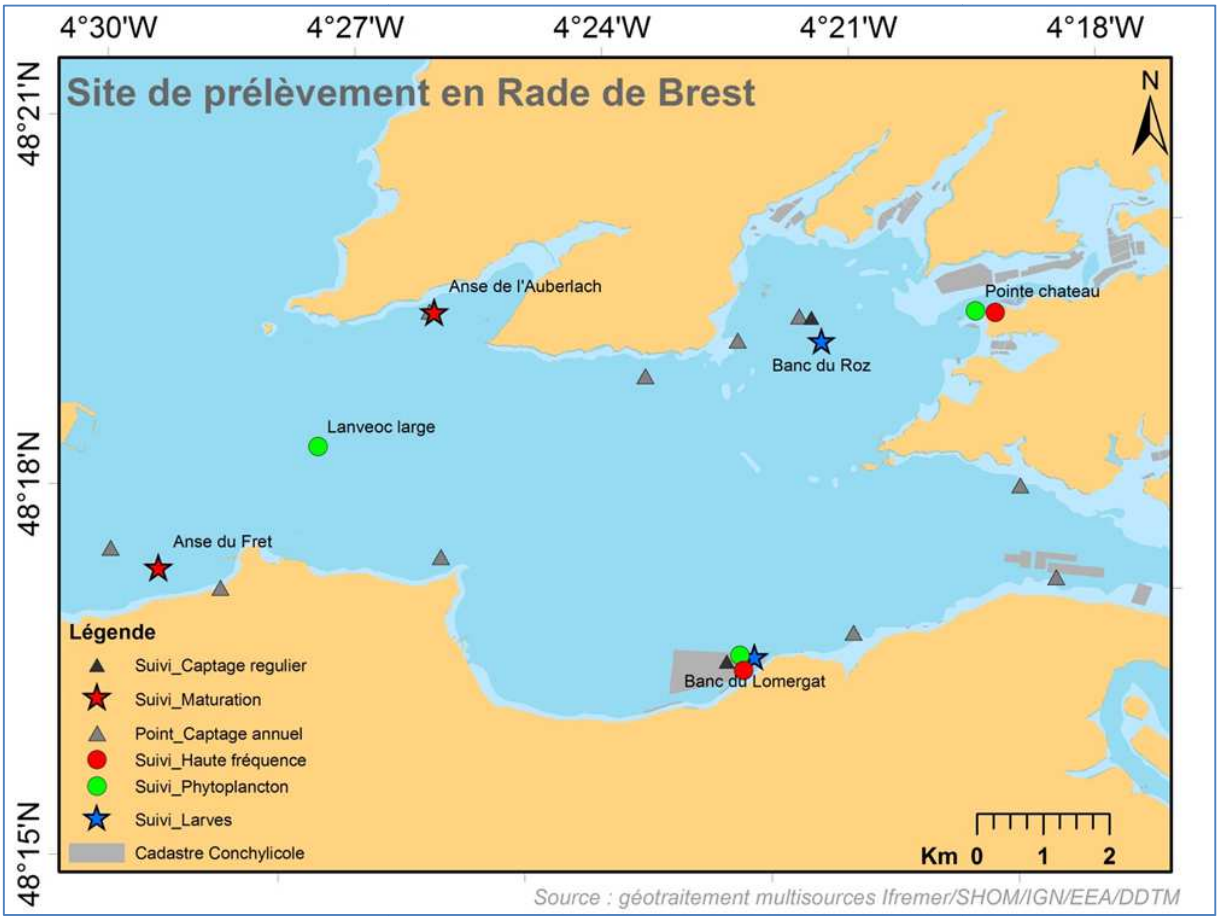
Les paramètres biologiques de la reproduction de l'huître plate suivis en rade de Brest en 2012, 2013 et 2014 ont été les suivants :

- Maturation des populations naturelles sur des bancs sauvages (Echantillonnage périodique de 50 huîtres et classement en 6 catégories : maigre/peu grasse/grasse/très grasse/laiteuse),
- Abondance et développement larvaire par prélèvement de plancton et identification (visuelle et/ou moléculaire) sur la période s'échelonnant de mai à septembre,

- Intensité du recrutement par pose de collecteurs (expérimentaux) de juin à septembre, relevés périodiquement (au bout de 7 jours ou 15 jours).

Le suivi de ces paramètres biologiques a été mené en parallèle d'un suivi des facteurs hydroclimatiques clés : climatologie générale, température de l'eau, salinité, phytoplancton et circulation hydrodynamique.

La carte ci-dessous (Figure 73 : Détails des suivis, des prélèvements et des dispositifs mis en œuvre en rade de Brest) donne la position géographique de ces différents suivis et prélèvements.

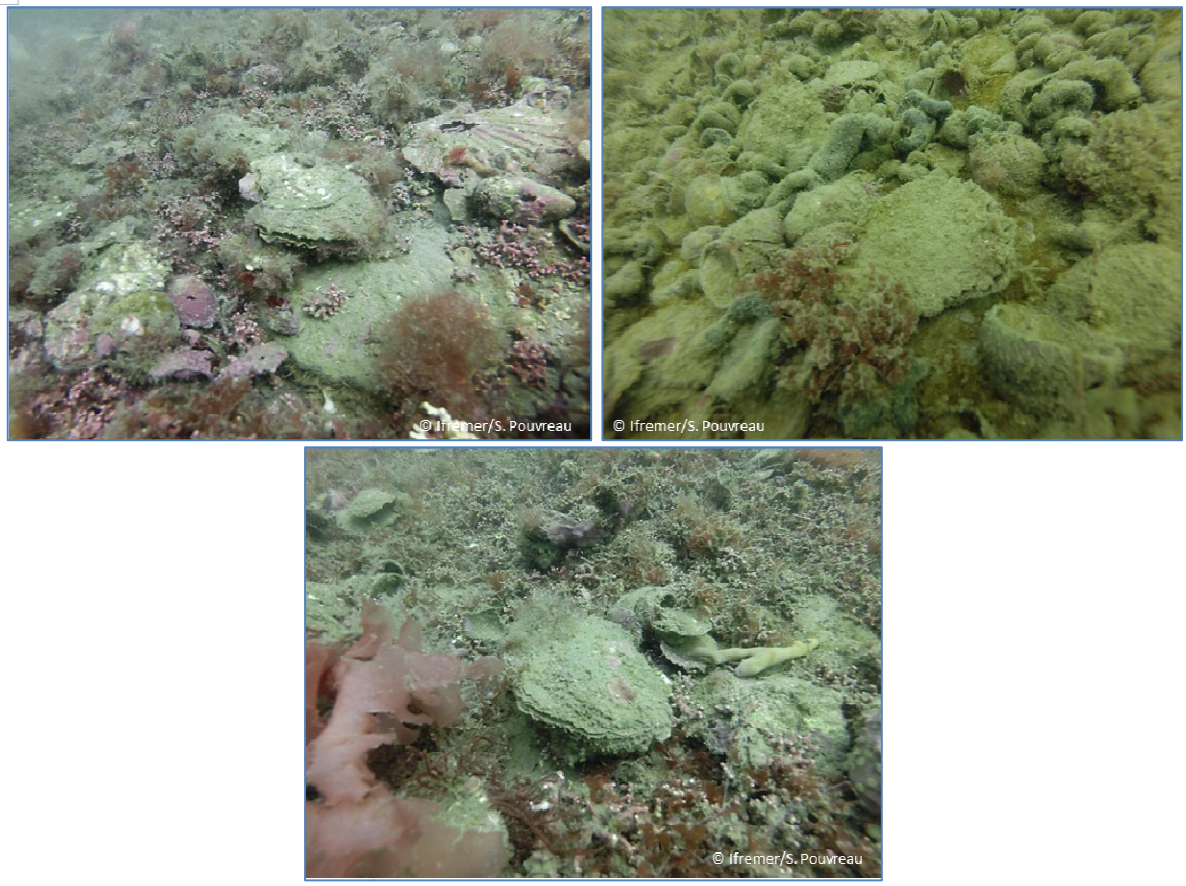


Source : géotraitement multisources Ifremer/SHOM/IGN/EEA/DDTM

Les points de captage annuel sont signalés ici pour information mais sont suivis dans la tâche SP6 – ESTIMATION DES PERFORMANCES DE CROISSANCE DE L'HUÎTRE PLATE EN MILIEU NATUREL COUPLÉ À UN SUIVI DE L'ENVIRONNEMENT.

Figure 73 : Détails des suivis, des prélèvements et des dispositifs mis en œuvre en rade de Brest

Pour information, le suivi de la maturation chez des populations naturelles d'huîtres plates a été mené en 2013 sur 2 secteurs : l'anse de l'Auberlac'h (comme en 2012) et l'anse du Fret. Nous avons aussi souhaité échantillonner dans l'estuaire de l'Aulne (Ile d'Arun) mais les prospections n'ont rien donné, contrairement aux éléments présentés sur la carte. En 2014, nous avons rajouté, à titre de comparaison, un troisième site très prometteur, l'anse du Roz (Figure 74 : Prises de vue sous-marine présentant l'huître plate et son habitat pour les différents bancs suivis en rade de Brest). Ces secteurs ont été choisis conformément à la cartographie des densités d'huîtres plates recensées dans l'action SP1 – INVENTAIRE ET TYPOLOGIE DES POPULATIONS NATURELLES ET DE LEUR HABITAT (Figure 75 : Carte de distribution des densités d'huîtres plates répertoriées).



Source : Pouvreau S ©

(en haut à gauche : anse de Auberlac'h, en haut à droite : anse du Fret et en bas à droite : anse du Roz)

Figure 74 : Prises de vue sous-marine présentant l'huître plate et son habitat pour les différents bancs suivis en rade de Brest

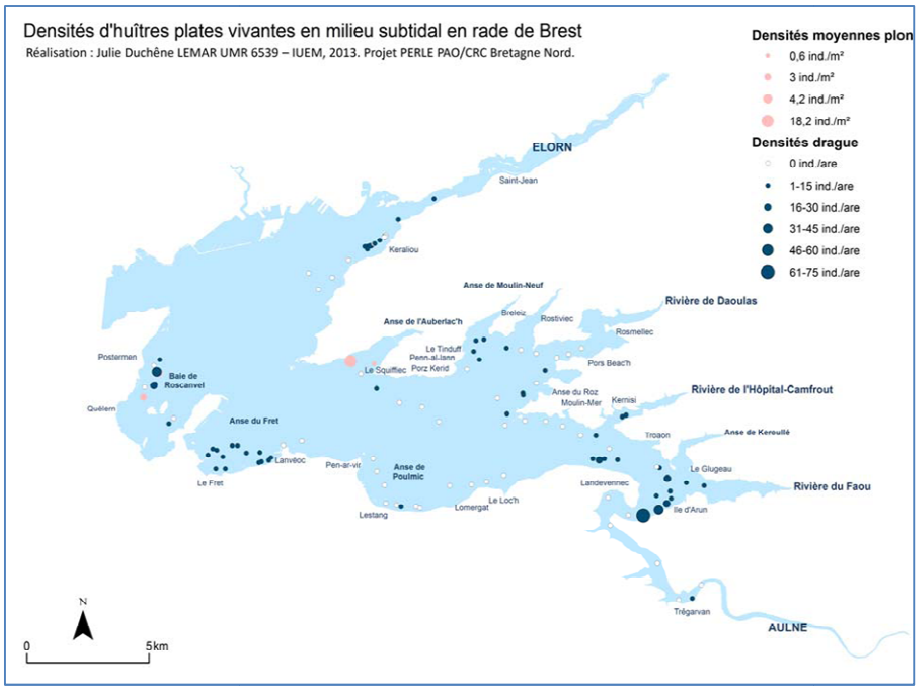
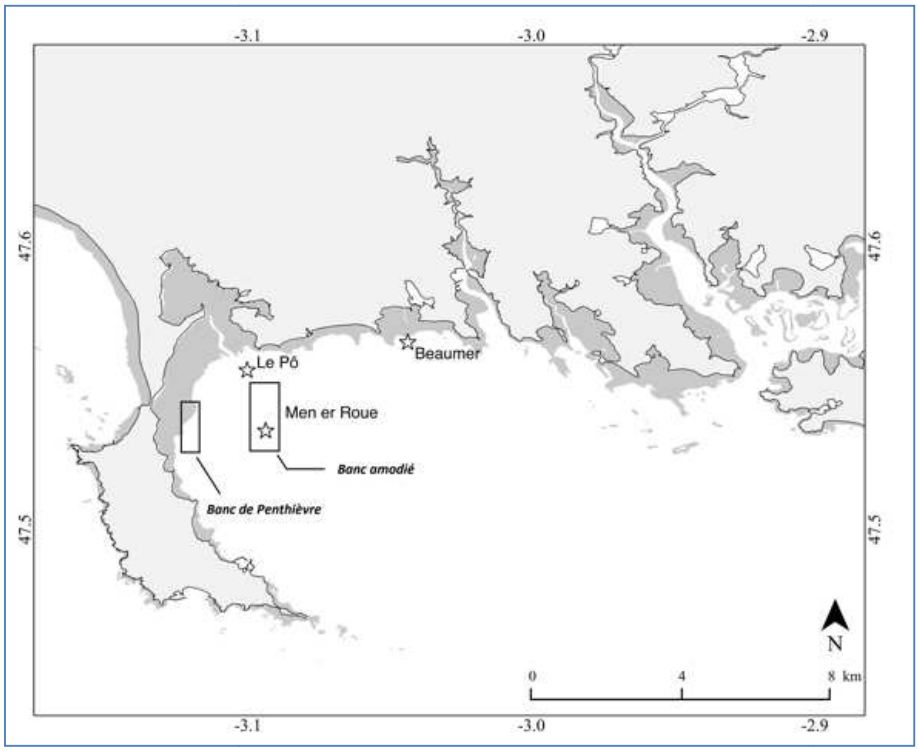


Figure 75 : Carte de distribution des densités d'huîtres plates répertoriées

Afin de mener à bien cette tâche, il a fallu tout d'abord centraliser l'ensemble des données acquises sur la baie de Quiberon, les vérifier et les homogénéiser le cas échéant. La base de données ainsi créée en 2011 a permis de rassembler depuis les années 1980 les paramètres suivants :

- Maturation géniteurs (échantillonnage périodique de 50 huîtres et classement en 6 catégories : maigre/peu grasse/grasse/très grasse/laiteuse),
- Abondance et développement des larves (pêche de larves à fréquence hebdomadaire sur 3 sites),
- Abondance du recrutement sur collecteurs témoins (suivi hebdomadaire sur l'été sur collecteurs temporaires).

En parallèle, nous avons aussi, pour la même période, récupéré des données hydrologiques (acquises dans le cadre du réseau REPHY de l'Ifremer), des données climatologiques locales (abonnement Météo-France) et des indices climatiques (Cassou, 2004) obtenus dans le cadre d'une collaboration avec le climatologue Dr Christophe Cassou (CNRS – Cerfacs).



Source : Géotraitement multisources Ifremer/SHOM/IGN/EEA/DDTM

Les étoiles présentent les points de suivi de l'abondance larvaire et du recrutement. Les encadrés présentent les zones de suivis des géniteurs.

Figure 76 : Localisation des suivis en baie de Quiberon

Outils moléculaires d'identification et de quantification des larves d'O. edulis

Les méthodes moléculaires, basées sur des régions spécifiques de l'ADN, ont montré leur intérêt pour répondre au problématique d'identification et de quantification d'organismes (e.g. Garland et Zimmer 2002). Ici, deux approches moléculaires ont été menées en parallèle, permettant de répondre à deux questions différentes :

- Le code-barre ADN, basé sur le séquençage d'un fragment d'ADN pour chaque larve, permet, par comparaison à une base de séquences de référence, d'identifier chaque larve. Cette méthode permet ainsi d'étudier la diversité des larves. Dans le cas présent, elle permet de déterminer l'ensemble des espèces présentes, et ainsi de replacer les larves d'*O. edulis* dans le peuplement de larves de bivalves,
- La PCR en temps réel (« PCR quantitative », qPCR), basée sur une séquence courte spécifique, cible les larves d'une seule espèce, ici *O. edulis*, et vise à estimer leur abondance globale au sein d'un échantillon de plancton, grâce à une calibration reliant quantité d'ADN et quantité de larves. Il ne s'agit donc pas ici de larves identifiées individuellement.

La reproduction de l'huître plate en rade de Brest

Indice de condition et stade de maturation des bancs sauvages présents en rade de Brest

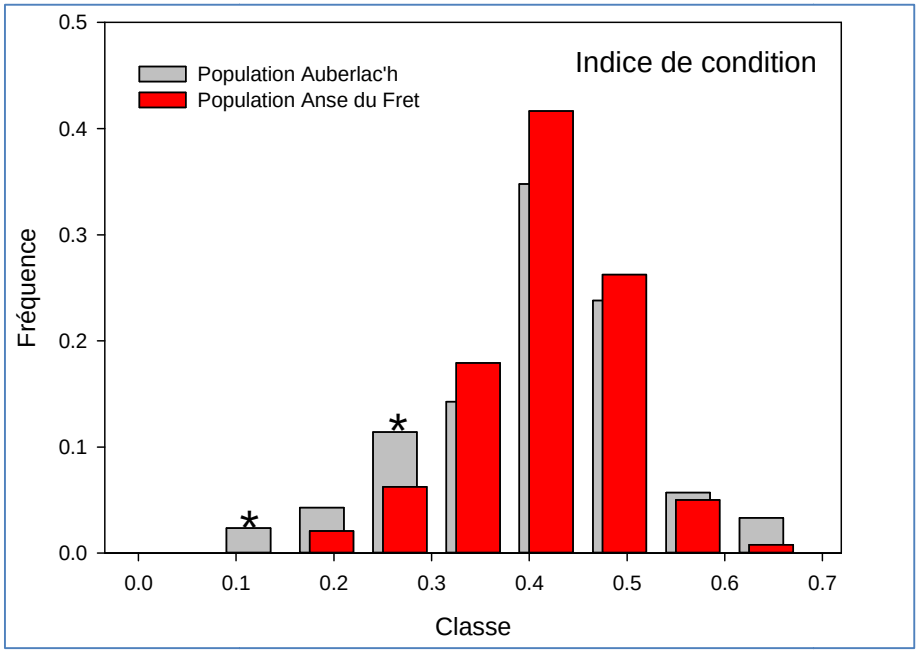


Figure 77 : Distribution de fréquence de l'indice de condition des huîtres prélevées en 2013 (n=450) dans l'anse de l'Auberlac'h et dans l'anse du Fret

L'année 2012 avait consisté à mettre en œuvre les premiers suivis de reproduction de l'huître plate en rade de Brest. La maturation d'une population sauvage n'avait été étudiée que sur un seul site : l'anse de l'Auberlac'h. En 2013, après une phase de prospective en collaboration avec WP1 : CONNAISSANCE DES RESSOURCES NATURELLES, un deuxième site a fait l'objet de suivi régulier : l'anse du Fret. Sur ces 2 sites, les densités d'huîtres mesurées en plongée (Pouvreau S., pers. comm. 2013) sont comparables et conséquentes (0,8 à 1 huître au m²). En 2013, il a donc été possible de comparer le cycle de reproduction et l'état des géniteurs sur ces deux zones d'intérêt.

D'une façon générale, il ressort que les huîtres prélevées dans l'anse de l'Auberlac'h présentent des indices de condition plus faibles que celles prélevées dans l'anse du Fret (Figure 75 : Carte de distribution des densités d'huîtres plates répertoriées) : on dénombre, à l'Auberlac'h, proportionnellement plus d'individus présentant des indices de condition faibles (i.e. < 0.3).

De la même manière, les cycles de reproduction sont très différents entre ces deux zones d'étude. La population de l'anse du Fret présente un cycle dont l'évolution semble normale avec, au milieu de l'été, de fortes proportions d'huîtres en stade de maturation avancée (Très Grasse/Laiteuse/Ardoisée).

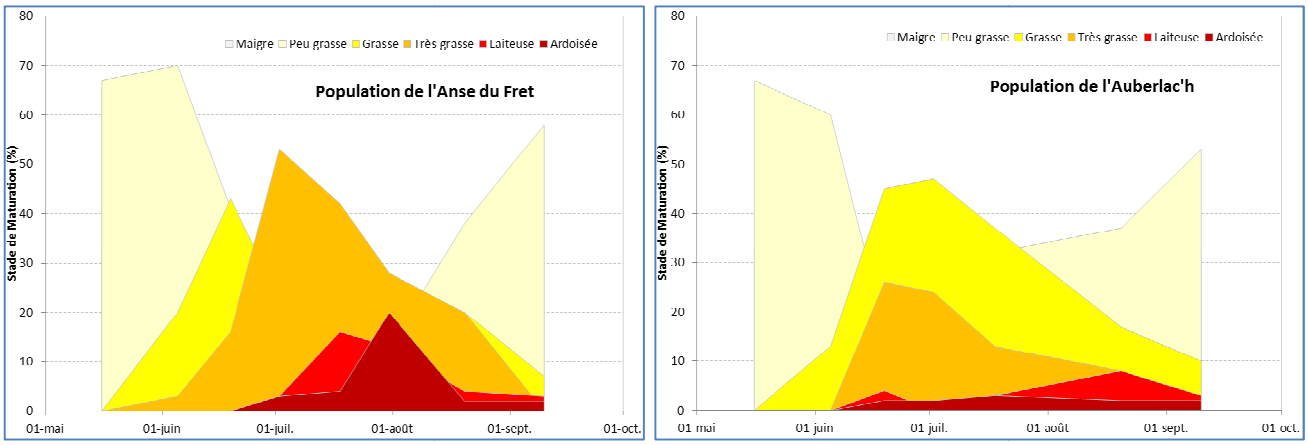


Figure 78 : Comparaison du cycle de reproduction des populations d'huîtres plates présentes dans les anses du Fret et de l'Auberlac'h

Ce n'est pas le cas de la population présente à l'Auberlac'h : le stade de maturation 'Grasse' évolue plus difficilement vers le stade 'Très Grasse' et le taux d'huîtres laiteuses et ardoisées est beaucoup plus faible que celui enregistré dans l'anse du Fret (Figure 77 : Distribution de fréquence de l'indice de condition des huîtres prélevées en 2013 (n=450) dans l'anse de l'Auberlac'h et dans l'anse du Fret). Cette population présente un cycle de reproduction vraisemblablement perturbé, confirmé par les valeurs d'indice de condition plus faibles présentées précédemment.

Des prélèvements pour analyses de pathologie ont été effectués sur ces 2 sites (en lien avec SP3 : ÉTAT PARASITAIRE ET EPIDEMIOLOGIE DES POPULATIONS NATURELLES), mais les observations en plongée (Pouvreau S., pers. comm. 2013) et les observations faites par Duchêne et Hily (2013, cf. SP1 : INVENTAIRE ET TYPOLOGIE DES POPULATIONS NATURELLES ET DE LEUR HABITAT) confirment qu'il y a proportionnellement plus d'individus morts à l'Auberlac'h que dans l'anse du Fret.

A partir de l'année 2014, un troisième site a fait l'objet de suivis de maturation : l'anse du Roz. Les densités d'huîtres plates présentes sur ce troisième banc sauvage de rade de Brest sont du même ordre de grandeur que celles rencontrées sur l'anse de l'Auberlac'h ou l'anse du Fret. Un premier prélèvement a été effectué à la mi-juin et un suivi bimensuel sera mené jusqu'en septembre. Il s'avère que pour juin 2014 (Figure 78 : Comparaison du cycle de reproduction des populations d'huîtres plates présentes dans les anses du Fret et de l'Auberlac'h) l'anse du Roz présente les taux d'huîtres laiteuses et ardoisées les plus élevées des 3 sites prospectés jusqu'à lors. Cette figure confirme aussi que l'anse de l'Auberlac'h présente toujours les valeurs les plus basses (comme en 2013) pour le taux d'huîtres laiteuses et ardoisées.

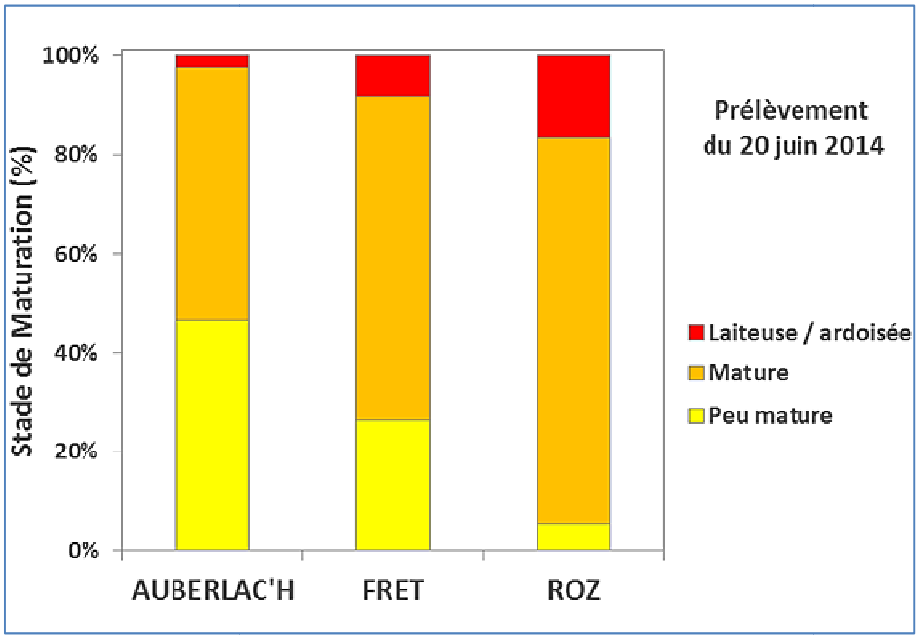


Figure 79 : Comparaison des stades de maturation pour le premier prélèvement du suivi 2014 réalisé en commun sur l'anse du Roz, l'anse de l'Auberlac'h et l'anse du Fret (n = 30 sur chaque site)

Au travers de l'étude du cycle de reproduction, nous mettons en évidence, en 2013, une différence d'état de santé (indice de condition, stade de maturation) potentielle entre deux populations de géniteurs présentes en rade. Les suivis plus complets (prospection d'un nouveau site : l'anse du Roz) en 2014 confirme ce résultat et montrent même que l'anse du Roz présente les valeurs (en juin 2014) les plus élevées d'indice de maturation.

Ces résultats montrent que les bancs sauvages d'huîtres plates présentent des indices de condition et de maturation différents selon les sites prospectés : systématiquement au cours des 3 années de suivis le site de l'Auberlac'h a toujours présenté des performances inférieures aux autres sites étudiés (pour l'instant anse du Fret et très récemment anse du Roz). Cette différence spatiale de la physiologie des bancs sauvages en rade de Brest constitue un élément à prendre en considération dans l'explication de la survie plus faible du captage de la rade de Brest (récolté à Lomergat) par rapport à celle de la baie de Quiberon. C'est aussi un élément à prendre en compte dans une stratégie de protection voire de repeuplement des bancs sauvages.

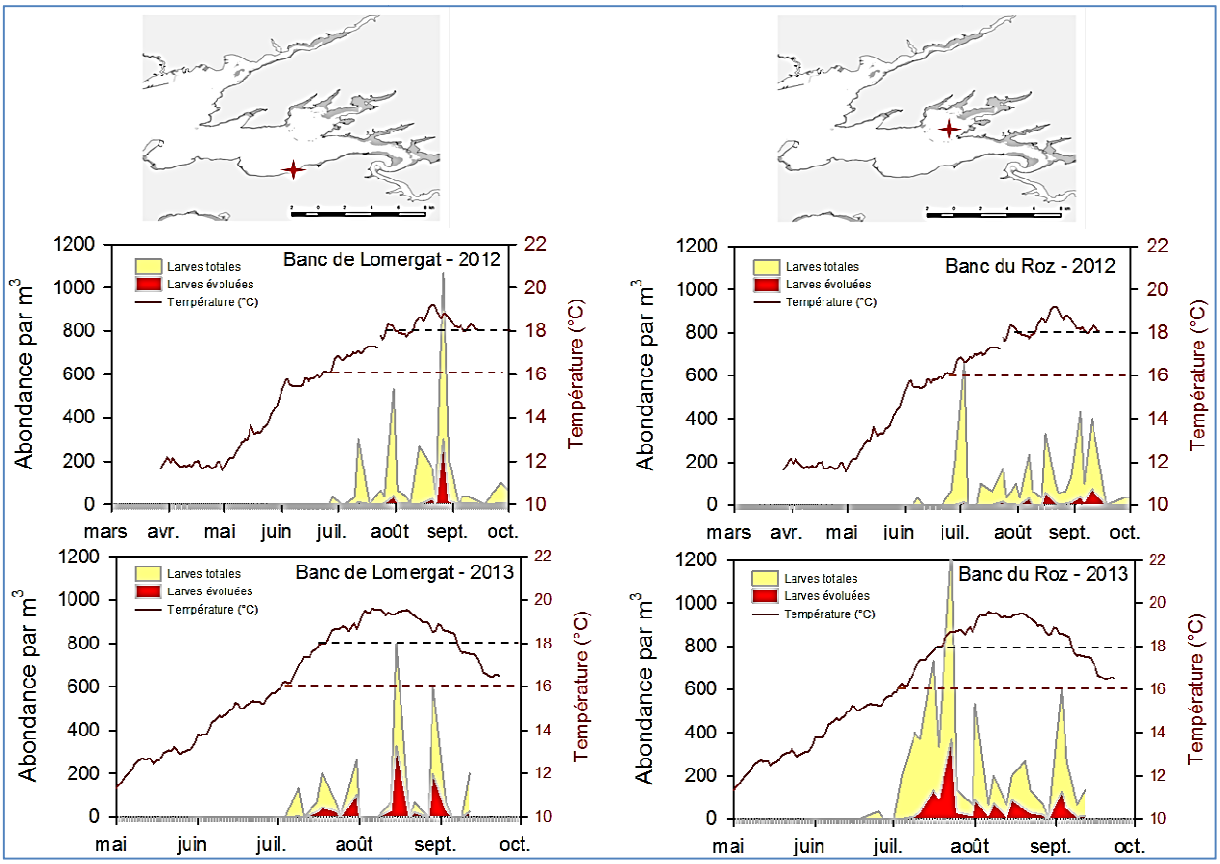
Abondance larvaire en Rade de Brest

A notre connaissance, il n'y avait jamais eu de mesures d'abondances larvaires d'huîtres plates en rade de Brest. Nous disposons désormais de 2 années de suivi (2012 et 2013) et une troisième année sera disponible fin 2014: Ceci nous

permet d'établir des comparaisons avec les valeurs enregistrées en baie de Quiberon et nous fournit un état initial pour le secteur rade de Brest. Les suivis 2012 et 2013 (ainsi que ceux de 2014) ont été réalisés de la même façon en deux secteurs proches (alimentant) de la zone professionnelle de captage (Lomergat), mais présentant des habitats différents: le banc du Roz (à proximité de bancs sauvages d'adultes) et le banc de Lomergat (sans présence d'huître plates adultes). Les résultats sont présentés sur la Figure 80 : Abondance totale de larves et abondance de larves évoluées sur les bancs du Roz et de Lomergat en 2012 et 2013.

Il ressort les faits suivants :

- Le banc du Roz présente généralement une abondance de larves moins variable au cours de la saison que le banc de Lomergat. Ce caractère « variable » enregistré pour ces 2 années de suivis sera expliqué dans le paragraphe suivant.
- Pour les 2 années et les 2 sites, les jeunes larves sont présentes du début juillet à la fin septembre, par contre la fenêtre d'observation des larves évoluées est plus restreinte : les larves évoluées apparaissent significativement à partir de la mi-août en 2012 contre la mi-juillet en 2013 (et la mi-juin en 2014). Ce décalage d'un mois s'explique bien et se vérifie en 2014 par la température de l'eau si on considère un optimum thermique de développement des larves à partir de 18°C pour l'huître plate.
- L'année 2012 apparaît donc comme une année tardive par rapport à 2013. Pourtant les conditions printanières de l'année 2013 ont été dominées par un temps frais, humide et peu ensoleillé. On peut donc envisager que, dans les cas de printemps et d'été favorables, l'apparition des larves pourrait être plus précoce. C'est le cas en 2014 : après un hiver particulièrement doux, un printemps dans les normes et un mois de juin particulièrement ensoleillé, les larves ont été présentes dans l'eau dès le début juin, et les premières larves évoluées dès la mi-juin. Mieux appréhender cette variabilité interannuelle peut contribuer à une meilleure gestion du captage (comme cela est fait pour l'huître creuse dans la cadre du Réseau National Velyger). Il nous apparaît donc opportun de maintenir à l'avenir ce genre de suivi aussi pour l'huître plate.

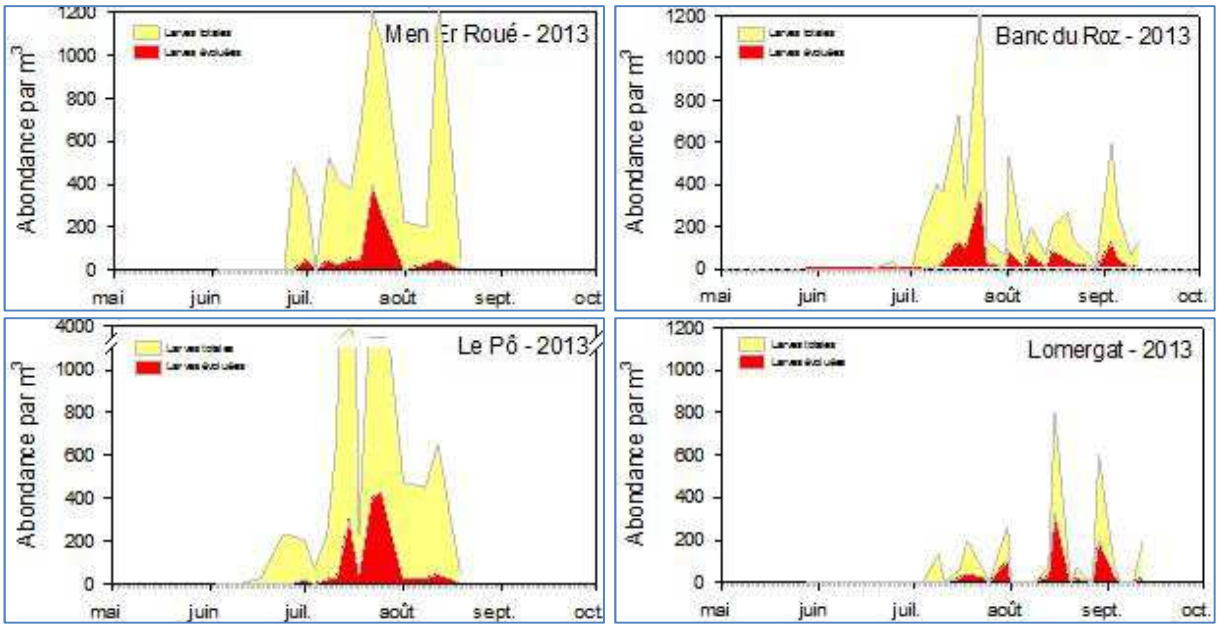


La température de l'eau (°C) mesurée sur le site de Lomergat est présentée par la courbe rouge sur chacun des graphes à laquelle sont ajoutées les limites pour 16°C et 18°C.

Figure 80 : Abondance totale de larves et abondance de larves évoluées sur les bancs du Roz et de Lomergat en 2012 et 2013

Les abondances de larves mesurées en rade de Brest peuvent aussi être comparées à celles mesurées en baie de Quiberon sur les mêmes années (e.g. Cochet, 2013). Il ressort que si les abondances larvaires observées en rade de Brest sont du

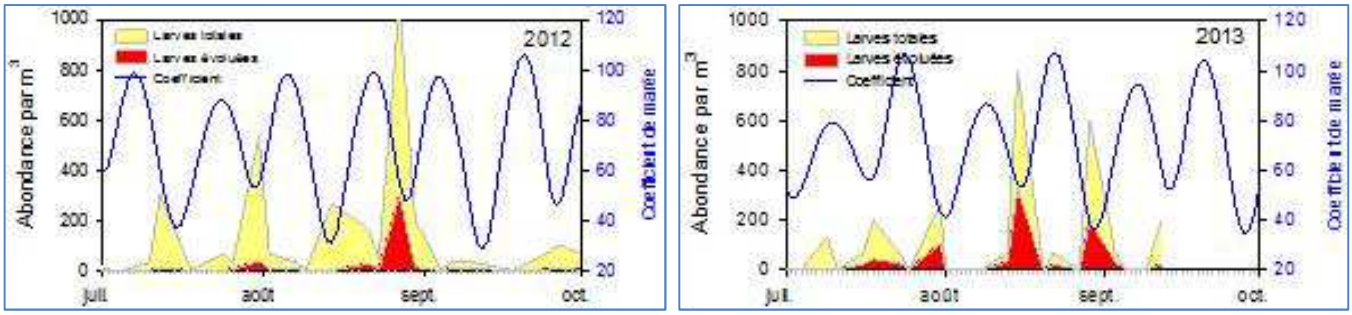
même ordre de grandeur que celles enregistrées en baie de Quiberon (Figure 81 : Comparaison des abondances larvaires observées en rade de Brest (Secteurs Lomergat et Roz à droite) et en baie de Quiberon (Secteurs Men Er Roué et Le Pô à gauche)), elles restent tout de même inférieures, d'un facteur 2 à 5 selon les années, les sites et les stades d'évolution. Les différences les plus fortes sont obtenues entre les concentrations observées sur le site du Pô et celles observées sur le site de Lomergat. Alors que le site du banc du Roz (en rade de Brest) et celui de Men Er Roué (en baie de Quiberon) présentent des valeurs très proches.



Notez que le site de Lomergat présente des valeurs plus faibles que les autres sites.

Figure 81 : Comparaison des abondances larvaires observées en rade de Brest (Secteurs Lomergat et Roz à droite) et en baie de Quiberon (Secteurs Men Er Roué et Le Pô à gauche)

Le caractère très variable (i.e. d'une semaine à l'autre) et plutôt faible des valeurs d'abondance de larves enregistrées sur le secteur de Lomergat, malgré son fort potentiel de recrutement, mérite une attention toute particulière. La Figure 82 : Corrélation entre l'apparition des pics de larves et la variation des coefficients de marée sur le banc de Lomergat pour les 2 années consécutives montre clairement que les pics de larves sont généralement observés en période de morte-eau (coefficient inférieur à 70). Et réciproquement, dès que les coefficients dépassent 70, les valeurs d'abondance de larves diminuent fortement au point d'être proche de 0 lors des vives eaux (coefficient supérieur à 90). Rappelons ici que les mesures sont toujours faites à pleine mer selon la méthodologie nationale des pêches de larves de bivalves appliquée en routine pour l'huître creuse, l'huître plate ou la moule dans les différents écosystèmes conchylicoles français.

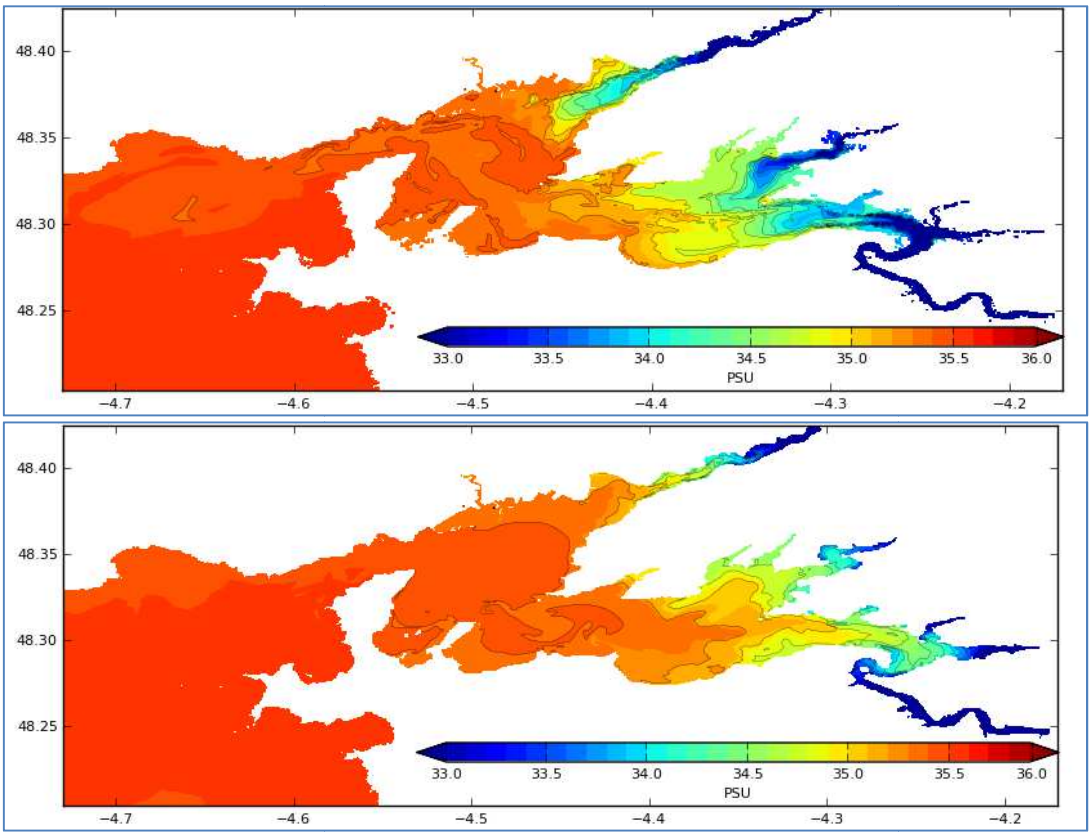


Toutes les mesures sont toujours faites à marée haute

Figure 82 : Corrélation entre l'apparition des pics de larves et la variation des coefficients de marée sur le banc de Lomergat pour les 2 années consécutives

Ce résultat marquant et répétable d'un cycle de marée et d'une année à l'autre laisse penser que les larves seraient plutôt présentes dans les masses d'eaux à caractère moins océanique, i.e. les masses d'eau légèrement dessalées de l'embouchure de l'Aulne. L'incursion de marée lors des vives eaux, à marée haute, repousserait ces masses d'eau plus vers l'intérieur de l'Aulne. Un modèle hydrodynamique Mars 3D a été mis en œuvre en rade de Brest. Chaque année ce modèle est progressivement amélioré, mais il montre déjà clairement (Figure 83 : Simulation de la salinité de fond (à partir du modèle hydrodynamique Mars 3D © PREVIMER) en période de vive-eau sous forçage physique réel (ici le 20

août 2012) respectivement à l'étal de marée basse (en haut) et l'étal de marée haute (en bas)) que le site de Lomergat est sous influence océanique à marée haute et que, à l'opposé, il est sous influence estuarienne à marée basse, ce contraste étant encore plus fort lors des vives eaux.



Cet extrait montre clairement l'influence de l'estuaire de l'Aulne à laquelle le site de Lomergat (ellipse noire en pointillé) est soumis par comparaison avec le site de l'anse du Fret (ellipse grisée en pointillé).

Figure 83 : Simulation de la salinité de fond (à partir du modèle hydrodynamique Mars 3D © PREVIMER) en période de vive-eau sous forçage physique réel (ici le 20 août 2012) respectivement à l'étal de marée basse (en haut) et l'étal de marée haute (en bas)

Le suivi estival des abondances larvaires en rade de Brest, sur ces 3 années consécutives et avec une méthodologie similaire à celle utilisée en baie de Quiberon, nous permet d'avancer les résultats suivants :

- D'une année à l'autre, la fenêtre d'apparition des larves évoluées peut varier de plus d'un mois, elle est au moins fonction de la température de l'eau, celle-ci doit être supérieure à 18°C pour espérer des concentrations significatives de larves évoluées.
- Les abondances de larves sont du même ordre de grandeur que celles enregistrées en baie de Quiberon, à l'exception du secteur de Lomergat, qui malgré son potentiel de recrutement élevé, présente les valeurs d'abondances larvaires les plus faibles des sites prospectés et surtout très variables d'une semaine à l'autre.
- La variabilité et la relative faiblesse des valeurs d'abondance larvaire rencontrée à Lomergat sont à corréler au cycle des marées : les masses d'eau océaniques apportées par les vives eaux 'contiennent' très peu de larves en comparaison des masses d'eau 'estuariennes'. La mise en œuvre du modèle hydrodynamique (sous MARS 3D) nous montre clairement que le site de Lomergat est, au cours du cycle des marées, soit sous l'influence océanique soit sous l'influence estuarienne de l'Aulne. Or, l'échantillonnage des larves est réalisé à marée haute de façon conforme au protocole national, ce qui entraine sur ce secteur particulier un risque important de sous-estimation des abondances larvaires. Au cours de l'été 2014 des suivis complémentaires à marée basse permettront de vérifier cette hypothèse.
- Mais d'ores et déjà, il apparaît que les larves se fixant à Lomergat passent une partie de leur vie dans des eaux 'légèrement dessalées'. Il s'agit là d'un premier élément significatif à prendre en compte pour expliquer la moins bonne survie du captage obtenu au Lomergat.

Recrutement sur collecteur en Rade de Brest

La dynamique de recrutement sur collecteur (captage) a été suivie sur les bancs du Roz et de Lomergat respectivement en 2012 et 2013, tout au long de la saison de reproduction. Il sera aussi suivi sur l'anse du Fret en 2014. La Figure 84 : Dynamique de recrutement en 2012 et 2013 sur les bancs du Roz et de Lomergat (estimée à partir d'une pose et d'un relevage hebdomadaire de collecteurs) présente cette dynamique.

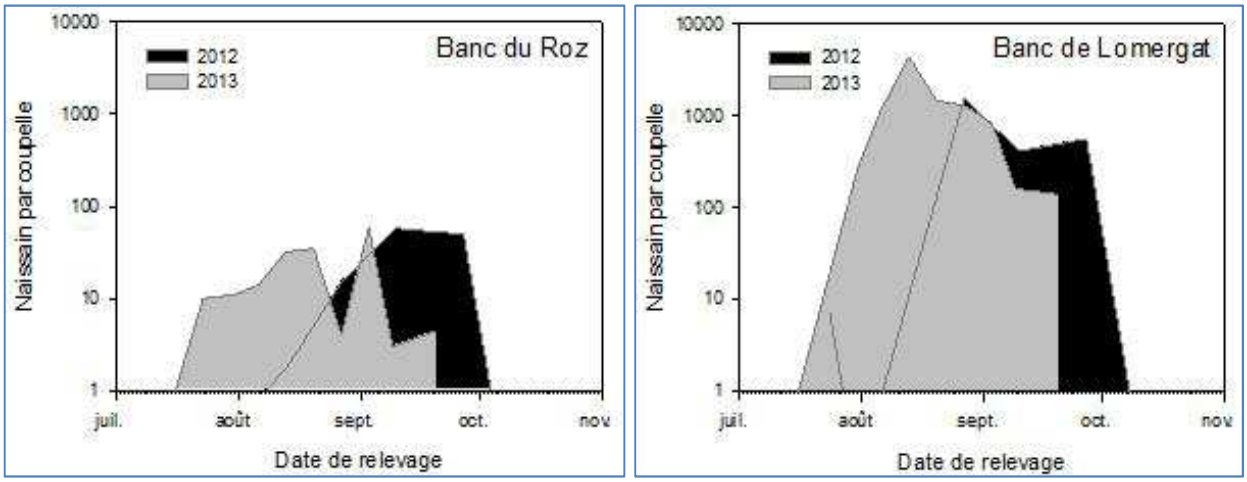


Figure 84 : Dynamique de recrutement en 2012 et 2013 sur les bancs du Roz et de Lomergat (estimée à partir d'une pose et d'un relevage hebdomadaire de collecteurs)

On constate les deux résultats suivants :

- Que ce soit en 2012 ou 2013, le banc de Lomergat présente toujours des valeurs de recrutement plus élevées (d'un facteur 20 à 100) par rapport aux valeurs observées sur le banc du Roz.
- Indépendamment du secteur, il existe un décalage de 3 semaines à 1 mois entre la dynamique de recrutement de 2012 et celle de 2013. Ce décalage est conforme à la différence d'apparition des larves évoluées constatées entre les 2 années (cf. paragraphe précédent).

Ainsi en complément des suivis de maturation et des suivis larvaires, le suivi estival de la dynamique de recrutement de l'huître plate en rade de Brest réalisé en 2012 et 2013 confirme le fait que le secteur de Lomergat présente les plus fortes valeurs de captage de la Rade conformément aux résultats présentés dans SP6 – ESTIMATION DES PERFORMANCES DE CROISSANCE DE L'HUÎTRE PLATE EN MILIEU NATUREL COUPLÉ À UN SUIVI DE L'ENVIRONNEMENT.

Ce résultat ne peut pas être expliqué, dans l'immédiat, par les abondances larvaires, sauf si les larves se situent préférentiellement dans les masses d'eau 'dessalées' de l'estuaire de l'Aulne. Les suivis 2014 devront aborder ce point. Par contre, la dynamique des abondances larvaires (notamment les larves évoluées) expliquent parfaitement la variabilité temporelle constatée entre ces 2 années. En 2014, la précocité d'apparition des larves évoluées au mois de juin devrait se traduire par un captage encore plus précoce qu'en 2013, probablement dès le début juillet.

Une fois le suivi de l'été 2014 terminé, nous serons en mesure de proposer un schéma très clair de variabilité interannuelle de la reproduction en rade de Brest. Mais il semble déjà que les grands déterminants de ce schéma soient comparables à ceux rencontrés en baie de Quiberon : la clémence de l'hiver, la douceur du printemps et un mois de juin relativement chaud permettent l'apparition des premiers recrutements dès la fin juin (année 2014), à l'inverse un hiver plutôt froid associé à un printemps en dessous des normes se traduisent par un recrutement retardé parfois jusqu'à la deuxième quinzaine d'août (année 2012). Ainsi, selon les années, le captage de l'huître plate peut être précoce ou tardif, cette caractéristique est aussi un élément à prendre en compte pour mieux comprendre la survie ultérieure de ce captage.

La reproduction de l'huître plate en baie de Quiberon : analyse pluriannuelle

Les analyses conjointes de séries temporelles s'appuyant sur 35 ans de données (acquises par l'Ifremer et le bureau d'étude Cochet-environnement à la demande du Comité Régional de la Conchyliculture Bretagne-Sud) réalisées dans cette tâche en 2011, ont montré que les modalités de la reproduction et du recrutement de l'huître plate en baie de Quiberon dépendent fortement des conditions hydroclimatiques. Un nouveau travail d'analyse de cette base de données particulièrement riche a été entrepris en 2014 dans le cadre d'un projet FEP (nom du projet : « EVER ») piloté par la Station Ifremer de la Trinité (LER-MPL).

Expliquer la phénologie de la ponte chez cette espèce

L'huître plate présente la caractéristique particulière d'incuber sa descendance à l'intérieur de la cavité palléale pendant une dizaine de jours au début du développement larvaire. Les larves en développant leur coquille confèrent à la mère incubatrice, au niveau des branchies, une couleur crème puis progressivement grisée : l'huître porteuse est dite « laiteuse » puis « ardoisée ». L'apparition printanière des huîtres ardoisées (on parle de phénologie) sonne donc le démarrage potentiel du recrutement et indique souvent aux ostréiculteurs le moment de poser leur collecteur.

A partir des 35 années de données disponibles en baie de Quiberon, et dans la même logique de ce qu'on a présenté en rade de Brest en SP4.1, on constate que la date d'apparition des ardoisées peut varier de plus d'un mois et demi : du 20 mai au 10 juillet selon les années. Le premier travail d'analyse des données disponibles en baie de Quiberon a donc été de comprendre les causes de variabilité dans la phénologie de la ponte de cette espèce.

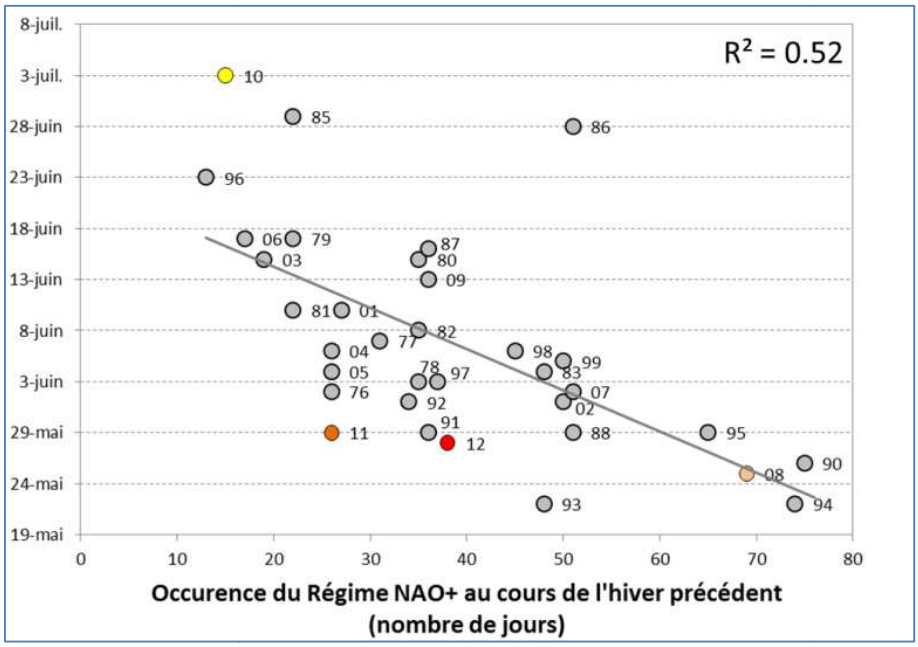
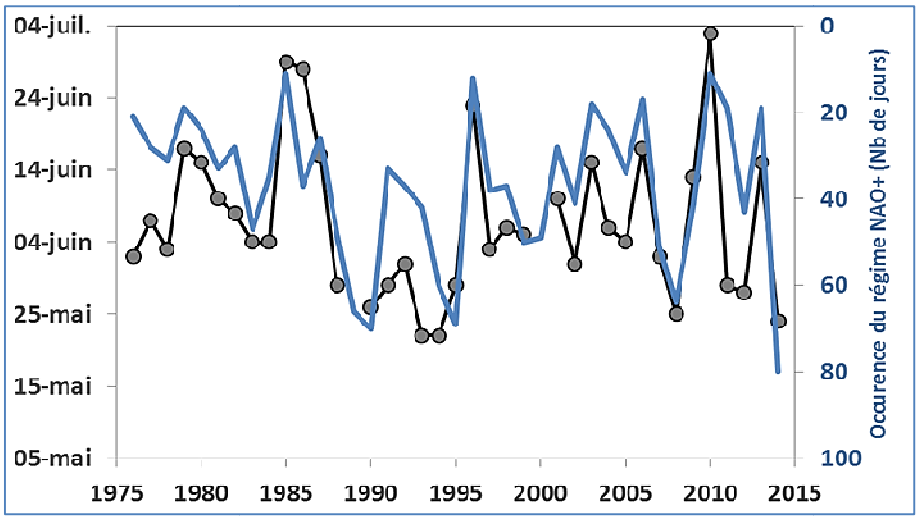


Figure 85 : Date d'apparition du premier pic d'huîtres laiteuses et ardoisées en baie de Quiberon et occurrence (en nombre de jours) du régime NAO+ en hiver sur l'Europe



Le régime NAO+ est un régime climatique responsable des hivers particulièrement doux et humides (succession de tempêtes) sur la côte atlantique (Cassou, 2004).

Figure 86 : Relation entre le nombre de jours au cours de l'hiver précédent en régime de NAO+ et la date d'apparition des ardoisées en baie de Quiberon, depuis les années 1975

A l'heure actuelle et de façon synthétique, il ressort que le régime climatique hivernal NAO+, plus récurrent depuis deux décennies en Europe du Nord et de l'Ouest, s'accompagne, en baie de Quiberon, d'anomalies positives des températures (air et eau) et des précipitations en hiver mais aussi au printemps. C'est le cas par exemple des hivers 1990,

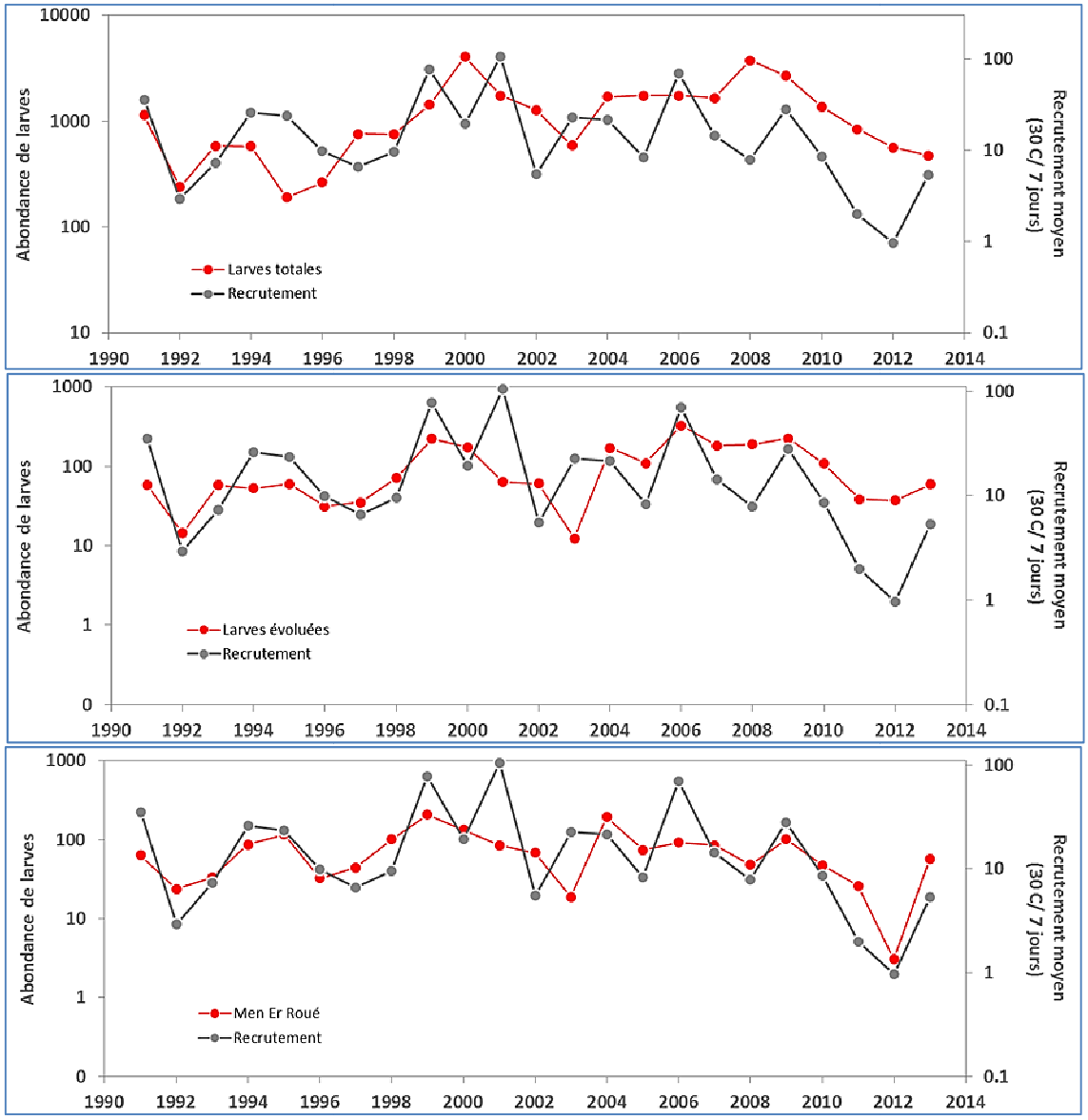
1994, 1995, mais aussi plus récemment 2007, 2008 ou 2014. Sur le plan climatique, ces hivers s'opposent complètement aux hivers 1985, 1996, 2010.

Ainsi, suite aux hivers marqués par des régimes NAO+, les pontes printanières apparaissent alors plus tôt dans la saison (Figure 85 : Date d'apparition du premier pic d'huîtres laiteuses et ardoisées en baie de Quiberon et occurrence (en nombre de jours) du régime NAO+ en hiver sur l'Europe et Figure 86 : Relation entre le nombre de jours au cours de l'hiver précédent en régime de NAO+ et la date d'apparition des ardoisées en baie de Quiberon, depuis les années 1975) : en 1990, 1994-95, 2008, 2014, un premier pic d'huîtres ardoisées était observable avant la fin mai. Alors qu'à l'opposé, il fallait attendre début juillet lors des années 1985, 1996 et 2010.

Expliquer la variabilité dans le recrutement

Dans le paragraphe précédent, nous avons montré que la phénologie de la ponte (plus précisément la date d'apparition des ardoisées) était contrôlée de façon assez forte par les conditions climatiques de l'hiver, avec une capacité de prévision de cette date dès le mois de mars.

Cependant, l'analyse des jeux de données montre aussi qu'une ponte précoce ne se traduit pas systématiquement par de fortes abondances larvaires, bien que cela permette d'observer des larves sur une plus longue période au cours de l'été. Il est de même pour l'intensité du recrutement : une ponte précoce n'entraine pas forcément un bon captage.



De haut en bas : abondance totale de larves (tous secteurs confondus), abondance de larves évoluées (tous secteurs confondus) et abondance de larves évoluées sur le secteur de Men Er Roué. Le coefficient de corrélation pour chacune de ces relations est respectivement de 0.18, 0.41 et 0.58.

Figure 87 : Corrélation entre l'abondance de larves et le recrutement moyen en baie de Quiberon, pour chaque année depuis 1990

Par contre, les années de bon recrutement sont systématiquement caractérisées par des abondances de larves évoluées plus élevées, notamment au centre de la baie de Quiberon (Men Er Roué, Figure 87 : Corrélation entre l'abondance de larves et le recrutement moyen en baie de Quiberon, pour chaque année depuis 1990).

Les données montrent aussi que le taux de larves évoluées est, quant à lui, totalement sous la dépendance des vents (les vents de secteurs Est étant plus favorables) et de la température de l'air ou de l'eau (Figure 88 : Relation (en baie de Quiberon) entre le taux moyen de larves évoluées (un indicateur de la survie moyenne des larves en baie de Quiberon) et le nombre de jours de vent de secteur Est et Nord-Est au cours de l'été (graphe de gauche) ou la température moyenne de l'air au cours de l'été (graphe de droite)) : il existe une corrélation positive entre le taux moyen de larves évoluées et la température de l'air sur l'été.

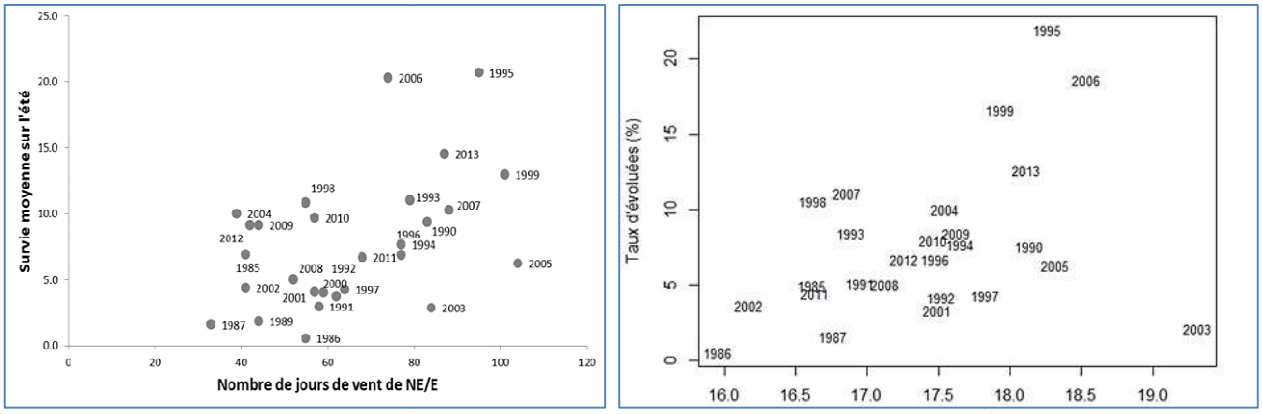
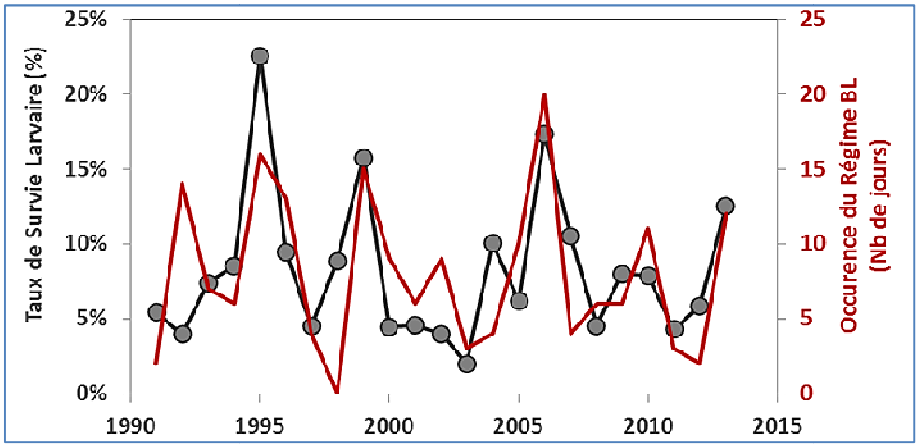


Figure 88 : Relation (en baie de Quiberon) entre le taux moyen de larves évoluées (un indicateur de la survie moyenne des larves en baie de Quiberon) et le nombre de jours de vent de secteur Est et Nord-Est au cours de l'été (graphe de gauche) ou la température moyenne de l'air au cours de l'été (graphe de droite)

En termes climatiques, les étés caractérisés par des vents d'Est et plutôt chaud sont dominés par des régimes de blocage (positionnement d'un anticyclone sur la Scandinavie). La Figure 89 : Relation (en baie de Quiberon) entre le nombre de jours en juin en régime de blocage et le taux moyen de larves évoluées (un indicateur de la survie moyenne des larves en baie de Quiberon) au cours de l'été depuis les années 1990 montre en effet la forte corrélation qui existe entre le nombre de jour de régime de blocage au mois de juin et le pourcentage de larves évoluées en moyenne sur l'été, avec là aussi une possibilité de prévision.



Le régime de Blocage (BL) est un régime climatique responsable d'un temps sec, ensoleillé et calme (petite brise de NE) sur la côte atlantique (Cassou, 2004).

Figure 89 : Relation (en baie de Quiberon) entre le nombre de jours en juin en régime de blocage et le taux moyen de larves évoluées (un indicateur de la survie moyenne des larves en baie de Quiberon) au cours de l'été depuis les années 1990

Perspectives DEB

La prévision de la date d'apparition des ardoisées peut être réalisée de façon purement statistique à partir du nombre de jours en régime NAO+ en hiver. Mais afin de mieux comprendre le déterminisme d'un point de vue écophysiologique,

l'une des perspectives futures de ce travail est de construire un modèle bio-énergétique de l'adulte chez *Ostrea edulis* (de type DEB, e.g. Pouvreau et al., 2006).

Pour l'instant, aucun modèle de ce type n'existe encore chez l'huître plate, mais des données de croissance (sous-programme SP6 – ESTIMATION DES PERFORMANCES DE CROISSANCE DE L'HUÎTRE PLATE EN MILIEU NATUREL COUPLÉ À UN SUIVI DE L'ENVIRONNEMENT) et des données de reproduction (cette tâche) sont désormais disponibles. La mise au point de ce modèle constitue donc une étape-clé et naturelle dans la suite des études sur l'écologie et la physiologie de l'huître plate, *Ostrea edulis*, en Bretagne.

A partir d'un jeu de données unique disponible sur la reproduction de l'huître plate en baie de Quiberon depuis plus de 35 ans, il nous a été possible de démontrer les résultats suivants :

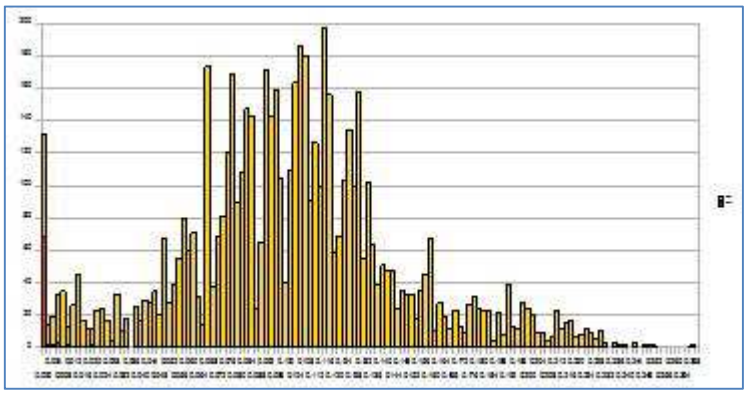
- La date d'apparition des huîtres ardoisées en baie de Quiberon, évènement phénologique qui marque le démarrage de la saison de captage, est variable d'une année à l'autre avec parfois plus d'un mois d'écart.
- Cette date d'apparition est totalement fonction de la rigueur de l'hiver précédent : les hivers particulièrement doux (hiver de type NAO+) entraînent une apparition précoce des huîtres ardoisées (avant la fin mai). Des prévisions de cet évènement phénologique peuvent être avancées dès le mois de mars de l'année en cours.
- Une fois la saison de reproduction entamée, l'intensité de recrutement sur les collecteurs sera fonction de l'abondance larvaire, notamment de l'abondance de larves évoluées sur le secteur de Men Er Roué. Là aussi, la valeur moyenne d'abondance de larves évoluées sur ce secteur en fin d'été est un bon indicateur du recrutement moyen annuel.
- Un autre indicateur qui ressort de l'analyse des données est le taux moyen de larves évoluées sur l'ensemble de l'été. Ce taux peut effectivement varier d'un facteur 20 d'un été à l'autre. Or, tous les étés pour lesquels ce taux a dépassé les 15 % sont des étés de bon captage.
- La valeur de ce taux est fonction de la température de l'air, mais aussi des vents de régimes d'Est et Nord-Est : plus il y a de jours de vents de ce secteur, meilleure sera la valeur de ce taux.
- Or, les journées dominées par des vents de secteur Est ou Nord-Est surviennent lors des régimes climatiques dits « de blocage ». Et l'analyse du jeu de données montre une forte corrélation entre le nombre de jours de blocage en juin et le taux moyen de larves évoluées sur l'été, ce qui fournit là aussi un outil prévisionnel potentiellement utile.
- La mise en œuvre d'un modèle DEB d'écophysiologie de l'huître plate constitue désormais l'une des étapes à venir pour mieux comprendre la variabilité de la reproduction et du recrutement de cette espèce en Bretagne.

Identification des larves : développement de méthodes alternatives

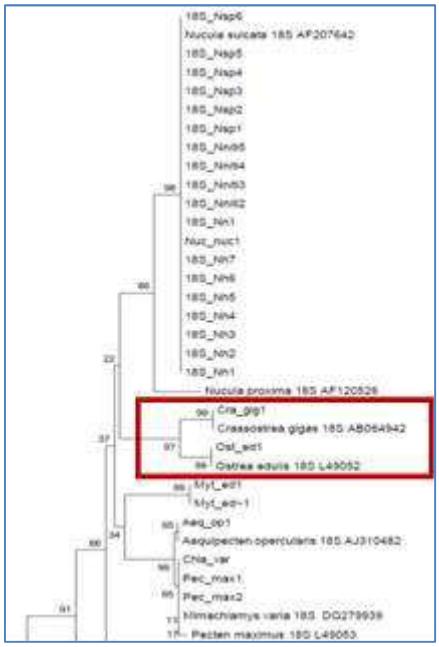
Le code-barre ADN

Le principe de cette méthode consiste à séquencer un fragment d'ADN choisi pour être peu variable au sein d'une espèce mais très variable entre espèce. Nous avons choisi pour cette étude une partie de l'ADN codant pour l'ARN 18S (gène nucléaire, ADN ribosomique), qui est utilisée pour l'identification d'espèces, notamment dans les projets de barcoding (Floyd et al. 2002, Bhadury et al. 2006), ainsi que pour l'identification de larves de bivalves (Frischer et al. 2002, Larsen et al. 2005).

La première étape a consisté en la construction d'une base de données de référence. Elle a été établie à partir de données précédemment obtenues dans d'autres projets, de séquences provenant de bases de données publiques (GenBank), et de séquences nouvellement obtenues dans le cadre du projet PERLE. Ces séquences ont été obtenues à partir d'individus adultes dont l'identification (morphologique) est fiable. Trois régions de l'ADN 18S ont été comparées afin de tester leur niveau de discrimination des différentes espèces de bivalves, dont *O. edulis*. Nos résultats ont montré que la région de 550 bp amplifiée par les amorces universelles de Holland et al. (1991) permet une bonne distinction des différentes espèces (Figure 90 : Base de données de séquences adultes, 18S, 550 bp), meilleure qu'avec la région de 360 bp proposée par Larsen et al. (2005) et présente un bon compromis. Cette séquence a donc été retenue pour l'analyse par barcoding. A ce jour, les séquences de 54 espèces de bivalves ont été obtenues, avec 1 à 12 individus par espèce, permettant la constitution de la base de données de référence locale. Celle-ci a été complétée par des séquences présentes dans la base de données publique GenBank (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/), portant à 83 le nombre d'espèces disponibles.



Barcoding gap Distribution de fréquence des distances génétiques (abscisse) entre paires d'individus de la même espèce (intraspécifique, rouge) et d'espèces différentes (interspécifique, jaune). Cette figure indique que les distances intra sont beaucoup plus faibles que les distances inter



Arbre de distance de Neighbor-Joining montrant la séparation des différentes espèces, dont *O. edulis* (Ost_ed), bien séparée de *Crassostrea gigas* (Cra_gig) au sein des Ostreidae (cadre rouge).

Figure 90 : Base de données de séquences adultes, 18S, 550 bp

L'approche par code-barre ADN a alors été utilisée pour analyser la diversité des larves de bivalves en baie de Morlaix, et ainsi déterminer si des larves d'*O. edulis* étaient présentes dans cette baie où des adultes sont cultivés en eau profonde (en sortie de baie). Ce travail a principalement consisté à séquencer la séquence cible (ADN 18S) sur environ 100 larves par mois, de mars à novembre 2012, à proximité de l'Ile Louët. Globalement, cette approche nous a permis d'identifier 64 % des larves testées. Des larves d'*O. edulis* ont été observées en juillet et septembre 2012 (Figure 91 : Abondances des larves d'*Ostrea edulis* au cours de l'année 2012 en baie de Morlaix), à des concentrations beaucoup plus faibles (< 100 larves m^{-3}) que celles observées en rade de Brest. L'analyse ponctuelle d'échantillons des années 2010 et 2011 a permis de conforter ces résultats, révélant la présence de larves d'*O. edulis* en juin, juillet, août et septembre 2010, et juillet 2011. Dans tous les cas, elles représentent 1 à 5 % du peuplement de larves de bivalves (Figure 92 : Abondances relatives des 9 espèces ou groupes d'espèces dominant les larves de bivalves échantillonnées en baie de Morlaix en 2012). Il convient néanmoins de considérer ces estimations avec prudence compte-tenu de la méthode d'échantillonnage (sous-échantillonnage et identification d'environ 100 larves de bivalves par mois).

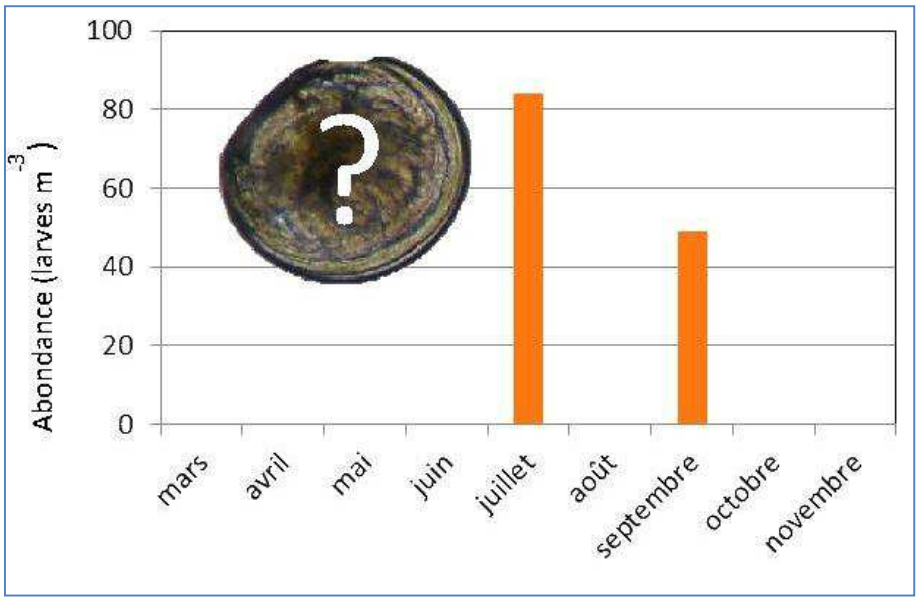
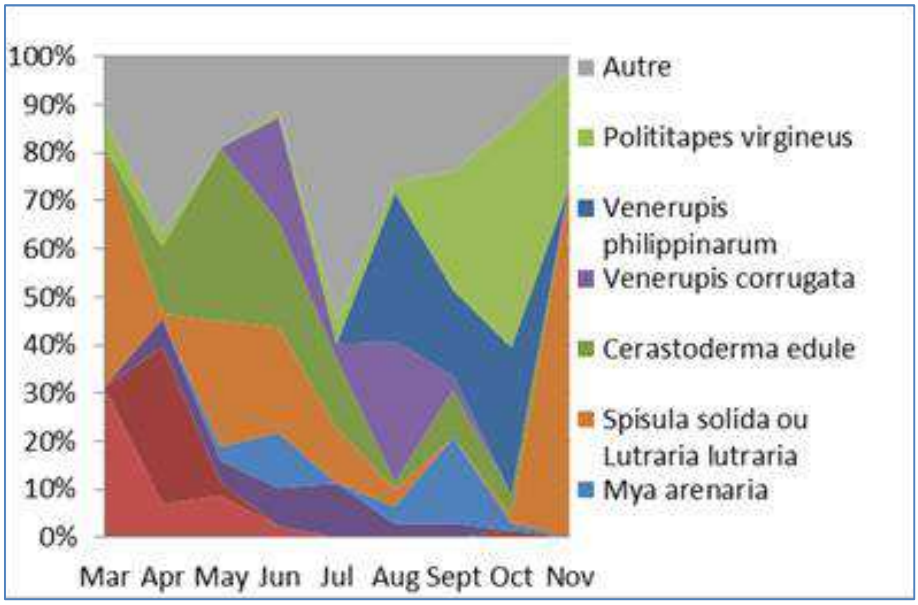


Figure 91 : Abondances des larves d'*Ostrea edulis* au cours de l'année 2012 en baie de Morlaix



Environ 100 larves ont été identifiées chaque mois sur la base de leur séquence de l'ADN 18S. Les Veneridae dominent le peuplement de larves, notamment au cours du pic d'abondance larvaire (août) où le peuplement est dominé par les larves de *Venerupis philippinarum* (palourde japonaise).

Figure 92 : Abondances relatives des 9 espèces ou groupes d'espèces dominant les larves de bivalves échantillonnées en baie de Morlaix en 2012

Au total, 43 espèces potentielles ont été identifiées en baie de Morlaix au cours de l'année 2012, dont les espèces *Mytilus spp.*, *Pecten maximus* et *Crassostrea gigas*, elles aussi présentes à de faibles concentrations. En revanche, 9 espèces ou groupes d'espèces (dans les cas où l'ADN 18S ne permet pas de séparer 2 espèces très proches) représentent 72 % des larves identifiées (Figure 92 : Abondances relatives des 9 espèces ou groupes d'espèces dominant les larves de bivalves échantillonnées en baie de Morlaix en 2012). Parmi celles-ci, la coque *Cerastoderma edule* est présente toute l'année, et les Veneridae (palourdes) dominent le peuplement, avec la palourde rose (*Polititapes virgineus*), *Venerupis corrugata*, et surtout la palourde japonaise *V. philippinarum*, espèce introduite, qui représente 11 % des larves identifiées pendant toute la période, avec 30 % pendant le pic d'abondance d'août (soit une estimation de 6 000 larves m^{-3}).

La PCR en temps réel

Le dosage quantitatif d'une portion spécifique de l'ADN d'*Ostrea edulis* par la technique de PCR en temps réel nécessite plusieurs prérequis nécessaires à la mise au point de cette technique (ce travail a déjà été entrepris pour la détection des larves d'huître creuse *Crassostrea gigas*, In: Pouvreau et al., 2011). Les différentes étapes sont les suivantes :

- définir des sondes moléculaires spécifiques d'*O. edulis*,
- établir un protocole d'extraction d'ADN,
- établir un protocole de PCR en temps réel robuste, répétable et adapté à la problématique,
- établir les limites de détection du nombre de larves d'*O. edulis* dans un prélèvement.

Etape 1 : Deux voies ont été poursuivies pour le dessin d'amorces spécifiques d'*O. edulis*. La constitution de la base de données de référence de l'ADN 18S (voir ci-dessus) ainsi que des analyses de séquences disponibles dans la base de données Genbank (NCBI) ont permis de dessiner plusieurs couples d'amorces sur deux portions du gène codant pour l'ARN 18S (10 couples d'amorces au total), sur une portion du gène codant pour la sous-unité 1 de la cytochrome c oxydase COI (7 couples) et sur une portion du gène codant pour l'actine. Les 2 derniers gènes codent pour des protéines hautement conservées à travers le spectre des espèces et sont très souvent utilisées pour des études de phylogénie : la COI est une enzyme majeure de la chaîne transporteuse d'électron dans la mitochondrie ; l'actine est une protéine impliquée dans l'architecture et les mouvements de la cellule. L'ADN 18S code quant à lui l'ARNr 18S qui constitue le cœur de la petite sous-unité du ribosome, impliquée dans la lecture de l'ARN messager et dans le contrôle de la fidélité de la traduction. Afin de remplir les conditions nécessaires pour la qPCR, seuls deux couples d'amorces (18S, actine) ont été testés sur les ADN extraits de larves. Les amorces actine sélectionnées ont été préalablement utilisées par Morga et al (2010).

Etape 2 : Les extractions d'ADN ont été réalisées sur des larves prélevées en écloserie et congelées, à l'aide de deux méthodes, l'extraction au phénol/chloroforme (Moore, 1993) et l'utilisation du kit commercial Genomic DNA from

soil (Macherey-Nagel). Les ADN extraits ont été analysés et quantifiés par le spectrophotomètre ND-1000 (Nanodrop Technologies), et visualisés sur gel d'agarose 1 % pour estimer leur qualité. Nos résultats montrent que la qualité d'ADN extrait est la meilleure quand l'ADN est extrait par la méthode phénol/chloroforme suivie d'une purification par le kit Genomic DNA from soil, qui permet d'éliminer un grand nombre d'inhibiteurs potentiels de la réaction de PCR.

Etape 3 : La qPCR est une technique d'amplification de l'ADN qui permet de quantifier l'amplicon formé en temps réel, grâce à l'utilisation d'un marquage fluorescent (SYBR Green, lié à l'ADN double brin). La détection de la quantité d'amplicons formés se fait pendant la phase exponentielle de la PCR. En effet, pendant cette étape, le nombre de copies d'amplicons observé est directement proportionnel au nombre initial de copies présent dans l'échantillon. Plus il y a d'ADN cible au départ de la réaction et moins le nombre de cycles nécessaires pour entrer dans la phase exponentielle d'amplification est élevé. Le point où la fluorescence dépasse significativement le bruit de fond, i.e. où la phase exponentielle débute, est défini comme le cycle seuil ou Ct. Pour chaque couple d'amorces utilisé, l'amplification d'une gamme de 5 points de dilution d'un échantillon d'ADN extrait de larves d'*O. edulis* produites à l'écloserie d'Argenton (allant d'une quantité de 24 pg à 480 ng d'ADN), a été réalisée pour vérifier que l'efficacité (E = 10 (-1/pente)) de la PCR est proche de 100 % et pour déterminer la dilution à laquelle il faut travailler. A la fin de la PCR, une courbe de fusion est réalisée pour définir le Tm (température de fusion) de l'amplicon, i.e. la température à laquelle les deux brins de l'amplicon s'hybrident. Le Tm est spécifique d'un amplicon et renseigne sur sa composition en nucléotides. La courbe de fusion permet également de détecter la présence éventuelle de dimères d'amorces qui peuvent biaiser les résultats de quantification, dans ce cas, la courbe de fusion est bimodale. Les réactions de PCR ont été réalisées en triplicat pour chaque échantillon avec 5 µl d'ADN (dilué) dans un volume total de 15 µl. Le mélange de réaction et le programme de PCR réalisé avec un appareil Icycler (Biorad) sont issus de Huvet et al. (2004). L'efficacité est de 100 % pour l'actine (Figure 93 : Haut : Courbes d'amplification du fragment de l'actine par qPCR sur une gamme de dilution (4 points) d'un échantillon de larves d'*O. edulis*. Bas : Droite de régression des cycles seuils de chaque point de gamme pour le calcul de l'efficacité de PCR estimé à un seuil (baseline threshold) de 280) à 103 % pour l'ARN 18S. La concentration optimale d'ADN pour chaque analyse est de 10-50 ng d'ADN extrait par puits.

Etape 4 : Pour tester la spécificité des amorces, le même protocole a été employé pour chaque gène sur des ADN extraits de larves de 4 autres espèces, *Crassostrea gigas*, *Mytilus edulis*, *Pecten maximus* et *Chlamys varia*, toutes produites à l'écloserie d'Argenton. Les courbes d'amplifications obtenues montrent soit aucun signal (*M. edulis*, *P. maximus*) soit un signal proche (*C. gigas*, *C. varia*) de celui obtenu sur l'ADN d'*O. edulis*, avec une allure de courbe standard et un Tm de produit amplifié proches du témoin *O. edulis*, attestant d'une amplification que l'on peut considérer comme positive. La spécificité des amorces actine et 18S n'est donc pas validée. De nouveaux jeux d'amorces devront être testés à l'avenir pour obtenir un couple d'amorces spécifiques d'*O. edulis* et ainsi garantir un dosage quantitatif.

Etape 5 : Les analyses des prélèvements hebdomadaires de zooplancton faits en rade de Brest au printemps-été 2012 combinent mesure par PCR en temps réel et comptage microscopique des larves afin de rechercher une corrélation entre ces deux mesures indépendantes et valider la quantification spécifique de larves d'*O. edulis* dans un prélèvement type « pêche de larve » par PCR en temps réel sur le gène actine. Certains ADN extraits à l'aide du kit se sont révélés un peu dégradés en comparaison des ADN extraits des larves élevées à l'écloserie d'Argenton, du fait d'une biomasse dense et hétérogène présente dans les prélèvements d'eau de mer. La recommandation est donc de limiter au maximum le temps entre collecte sur site et mise en éthanol 70 % à 4°C, puis d'extraire rapidement les échantillons conservés. Pour autant hormis pour les ADN extraits très dégradés, les efficacités de PCR estimés pour le couple d'amorces actine sont largement suffisantes et proches de 100 % pour permettre une quantification des larves dans les prélèvements de la campagne 2012 réalisés par Cochet Environnement. L'ensemble des prélèvements ont été extraits et analysés. Les résultats obtenus montrent des signaux positifs quand aucune larve n'a été détectée au microscope et globalement montre aucune corrélation entre données par PCR en temps réel et comptage microscope (Figure 94 : Relation entre le nombre de larves estimé par qPCR (gène de l'actine) et le nombre de larves comptées au microscope (larves m^{-3})). Ces résultats sont vraisemblablement dus à la non-spécificité des amorces dessinées (voir ci-dessus) et à la présence dans le prélèvement d'eau de mer de larves soit d'huître creuse soit de pétoncle.

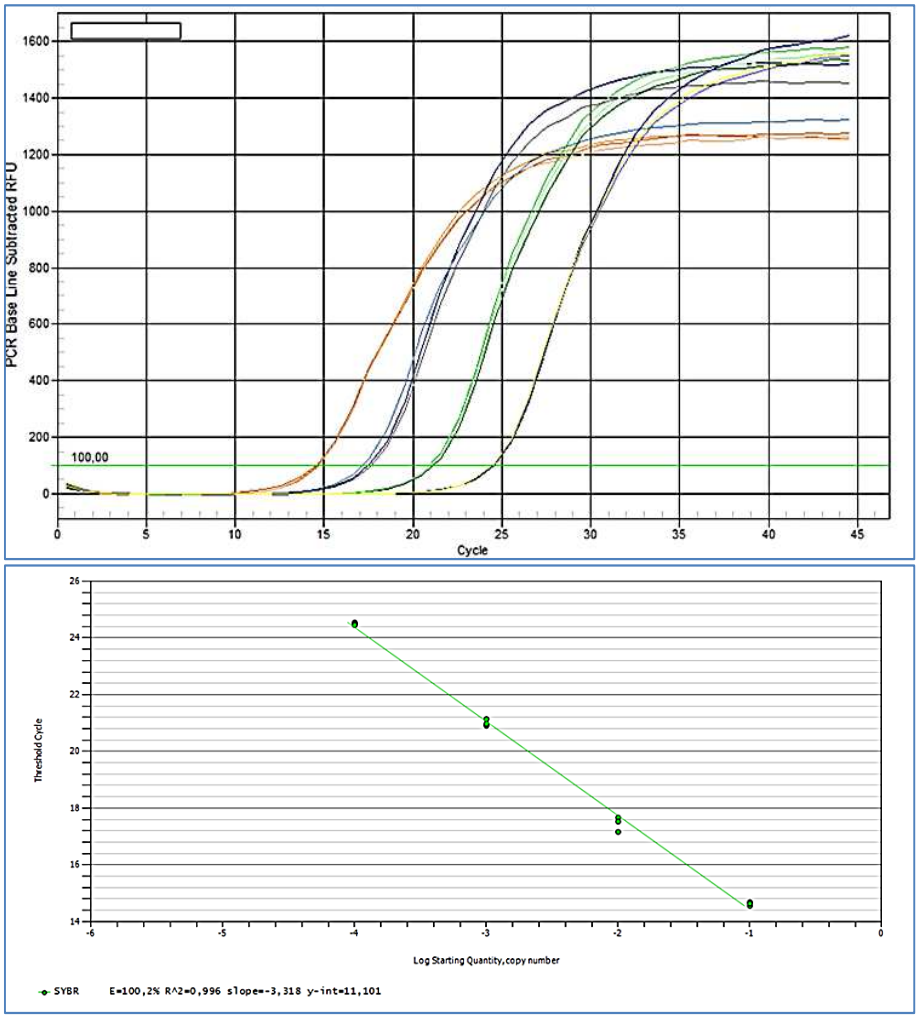
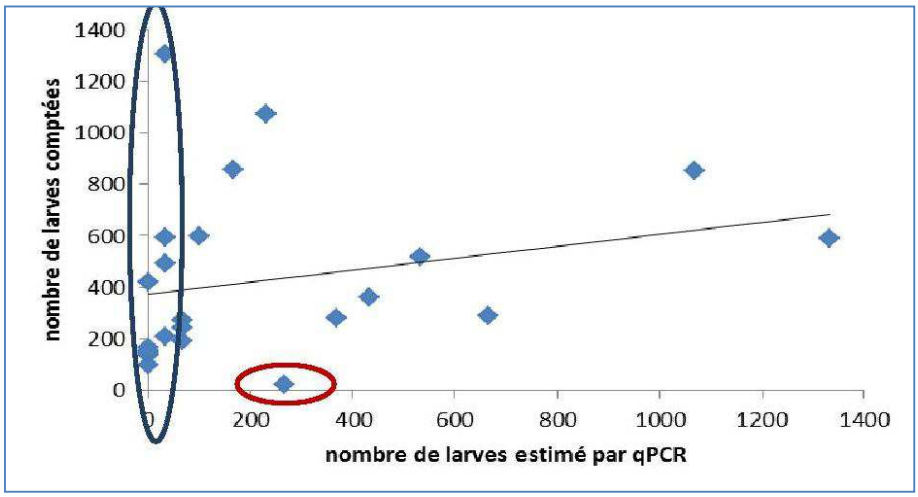


Figure 93 : Haut : Courbes d'amplification du fragment de l'actine par qPCR sur une gamme de dilution (4 points) d'un échantillon de larves d'*O. edulis*. Bas : Droite de régression des cycles seuils de chaque point de gamme pour le calcul de l'efficacité de PCR estimé à un seuil (baseline threshold) de 280



Deux cas de figure sont rencontrés. Ellipse rouge : des larves sont détectées par qPCR alors qu'aucune n'est visible au microscope ; ceci peut être expliqué par la non-spécificité des amorces. Ellipse bleue : alors que des larves sont observées par microscopie, elles ne sont pas détectées par qPCR, ce qui pourrait être lié à la qualité de l'ADN extrait ou à la présence d'inhibiteurs dans l'échantillon.

Figure 94 : Relation entre le nombre de larves estimé par qPCR (gène de l'actine) et le nombre de larves comptées au microscope (larves m^{-3})

En résumé :

Le code-barre ADN est une méthode efficace qui permet d'identifier de nombreuses espèces. Elle est de ce fait particulièrement adaptée à l'étude de la diversité d'un peuplement larvaire, ou lorsque l'espèce ciblée est dominante. Cette approche nous a permis en outre de détecter la présence de larves d'*O. edulis* en baie de Morlaix, pour laquelle aucune étude de ce genre n'avait été menée. Les abondances des larves de cette espèce sont néanmoins très faibles en comparaison de celles observées en rade de Brest ou baie de Quiberon.

La PCR en temps réel permet de détecter spécifiquement et quantifier les larves d'huîtres plates *O. edulis* quand elles sont dans un prélèvement standardisé issu d'écloserie par exemple. Les procédures de prélèvement et de conservation doivent être optimales pour obtenir de l'ADN extrait de qualité et ainsi permettre la détection et la quantification des larves à partir d'un prélèvement de zooplancton. Les gènes choisis l'actine et l'ADN 18S. Nous recommandons d'analyser 50 ng d'ADN extrait par échantillon en triplicat, avec la possibilité de diminuer jusqu'à 5 ng. Cette approche n'a toutefois pas encore permis de quantifier le nombre de larves d'*O. edulis* présentes, en raison d'une non-spécificité des amorces utilisées et d'une amplification croisée des larves d'huître creuse et de pétoncle. De nouveaux jeux d'amorces devront être dessinés et testés à l'avenir pour obtenir un couple d'amorces spécifiques d'*O. edulis* et ainsi garantir un dosage quantitatif du nombre de larves dans un prélèvement d'eau de mer.

Objectifs

L'objectif est de produire dans un outil expérimental des familles et de suivre les performances de chacune des populations étudiées et de leurs croisements dans un contexte d'élevage afin d'identifier des populations et/ou croisements pertinents pour le rendement.

L'utilisation d'une écloserie permet de s'affranchir du biais lié à l'environnement sur le lieu de captage. Les performances des familles produites seront comparées de la larve jusqu'au naissain dans des conditions identiques.

L'huître plate étant hermaphrodite larvipare, les reproductions en vue de croisement de population doit être réalisées dans des unités particulières dont la mise en œuvre doit être faite en écloserie.

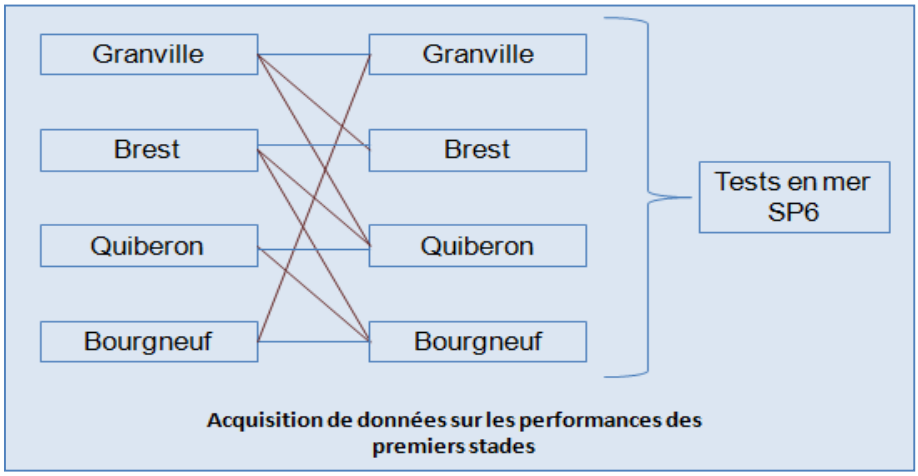


Figure 95 : Plan de croisement réalisé dans le programme PERLE

Quatre populations ou gisements du grand-ouest ont été choisies :

- Baie de Quiberon et la rade de Brest car elles constituent les deux derniers sites de captage professionnel en France,
- Baies de Bourgneuf et Granville quant à elles permettent l'étude de deux populations nord et sud de la rade de Brest et Quiberon. De plus le gisement de Granville est situé dans la baie du Mont-Saint-Michel, principal site ostréicoles pour le grossissement de l'huître plate en eau profonde.

Au total plus de 80 familles d'huître plate répartie entre les 6 croisements de population et les 4 populations ont été produites dans ce sous-programme pour alimenter le SP6 – ESTIMATION DES PERFORMANCES DE CROISSANCE DE L'HUÎTRE PLATE EN MILIEU NATUREL COUPLÉ À UN SUIVI DE L'ENVIRONNEMENT.

Méthode

Les connaissances sur la sexualité de l'huître plate sont encore limitées. Cette espèce est dite larvipare hermaphrodite. Un individu au sexe exprimé femelle va aspirer la semence (sous forme de boulettes de spermatozoïdes) d'un ou plusieurs individus à sexe exprimé mâle et féconder ainsi des œufs maintenus dans la cavité palléale de l'huître exprimée femelle. Une fois fécondée l'huître va incuber (8 à 12 jours) ses œufs jusqu'à l'expulsion de larves véligères de 160 µm pouvant être mise en élevage par les opérateurs de l'écloserie.

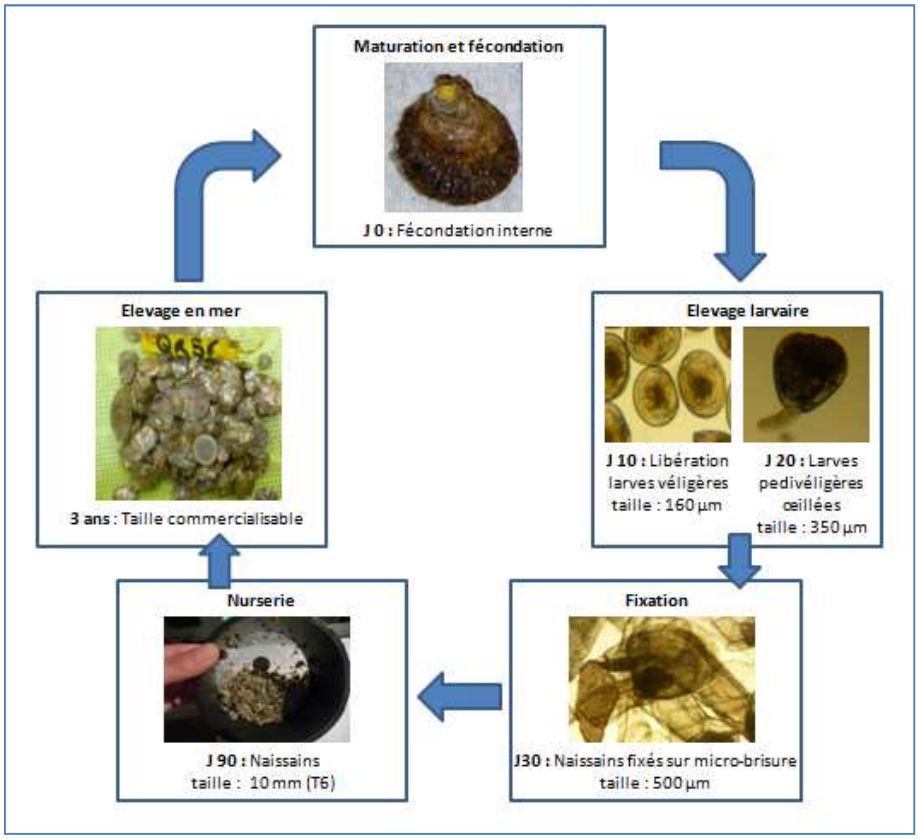


Figure 96 : Cycle de production de l'huître plate

Cette mise en élevage comprend une dizaine de jours d'élevage larvaire puis 10 autres jours où les larves se fixent et se métamorphosent. La dernière phase d'élevage avant le transfert en mer ouverte est la nurserie où les juvéniles d'huître ou naissain atteindront la taille de 10 mm.

Afin de réaliser l'ensemble de ces phases d'élevage, le CRC Bretagne-Nord a mis en place une écloserie expérimentale dès janvier 2010 ce qui a permis de réaliser les premières expérimentations cette même année. L'activité de production au sein de l'écloserie s'est étalée sur 4 années permettant une montée en puissance des expérimentations et une amélioration des résultats obtenus. L'acquisition de l'ensemble du matériel a été finalisée en début d'année 2012. L'équipe technique s'est également renforcée au début de l'année 2012. Les installations et les protocoles d'élevage et d'expérimentation présentés ci-dessous font références aux années 2012 et 2013.

Réhabilitation de l'écloserie expérimentale

Source : Hussenot M ©

Figure 97 : Ecloserie expérimentale avant et après rénovation

Pour les besoins du programme, une écloserie a été réhabilitée sur le lieu-dit du Glugeau (Hanvec, 29460). Les travaux de gros-œuvres ont débuté au début 2010 avec la réfection d'une partie du bardage, l'installation d'une toiture translucide afin de disposer d'une serre de production d'algues, l'installation d'un escalier pour l'accès à celle-ci et la mise en place d'une pompe à chaleur pour le chauffage de l'eau de mer.

Au début 2010 et en 2012, du matériel aquacole a été acquis afin d'équiper et suivre les paramètres de plusieurs unités dédiées aux différentes phases d'élevage :

- une unité de production de microalgues pour le nourrissage des huîtres plates (adultes et juvéniles),
- une unité de décalage de maturation par le froid à l'extérieur du bâtiment,
- une unité de maturation des géniteurs,
- une unité de fécondation/incubation,
- une unité d'élevage larvaire,
- une unité de fixation et métamorphose,
- une unité de micro-nurserie,
- une unité de nurserie,
- une unité de traitement de l'eau de mer,
- un local technique avec atelier et système de chauffage de l'eau de mer.

L'agencement des différentes unités est présenté dans la Figure 98 : Schéma de l'écloserie expérimentale du CRC Bretagne-Nord.

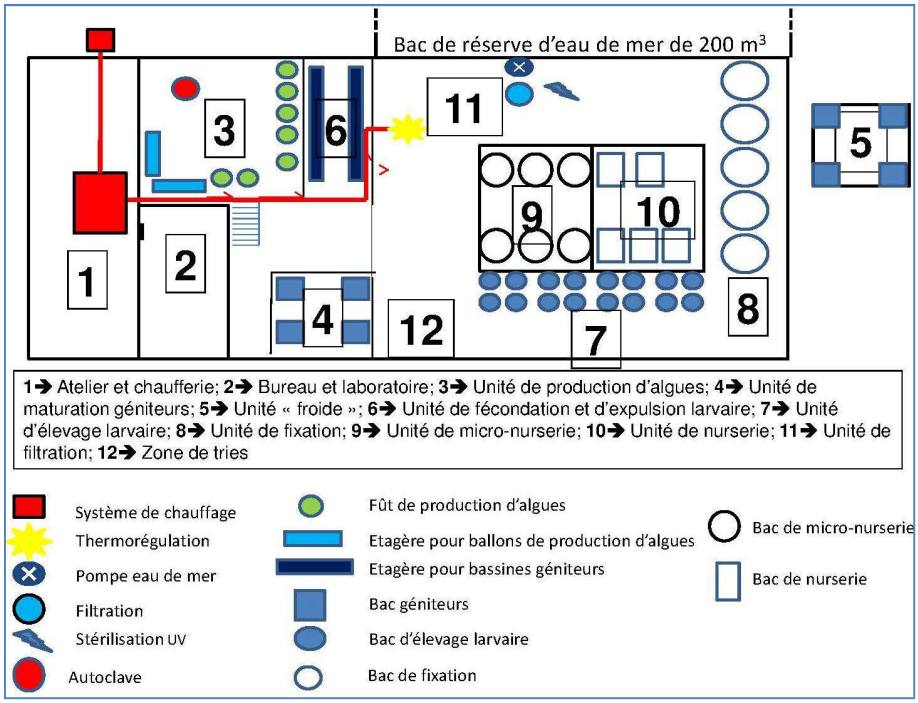


Figure 98 : Schéma de l'écloserie expérimentale du CRC Bretagne-Nord

Pompage extérieur

L'écloserie expérimentale d'Hanvec dispose d'un pompage d'un débit de moyen de 100 m^3/h, composé d'une pompe émergée sous abri et d'une crépine d'aspiration.

L'eau pompée est ensuite stockée dans un bassin extérieur couvert d'une capacité de 200 m^3 où elle subit une décantation passive. Les remplissages du bassin extérieur sont toujours effectués entre une heure avant et une heure après la marée haute.

Filtration et stérilisation

L'eau est pompée du bassin extérieur vers l'intérieur du bâtiment par une pompe émergée de 0,75 kW vers un système de filtration et de stérilisation dimensionné pour une capacité maximale de 5 m^3/h.

La filtration débute par un filtre à sable de 50 µm, puis le réseau se dédouble en un réseau « chaud » où l'eau de mer est maintenue à une température de 20°C et un réseau « ambiant » ou l'eau de mer n'est pas chauffée.

Le réseau « chaud » conduit l'eau de mer vers un échangeur à plaques permettant de la réchauffer à la température voulue. L'échangeur à plaques est alimenté par une pompe à chaleur située à l'extérieur de l'écloserie. L'eau chauffée est ensuite conduite vers une série de deux filtres à poche de 25 µm et 10 µm suivie de deux séries de 3 filtres à cartouches disposées en parallèle, respectivement de 10 µm, 5 µm et 1 µm puis vers un système de stérilisation UV (ultra-violet) (4 x 55 W) permettant la destruction des agents viraux et bactériens.

Le réseau « ambiant » conduit l'eau vers une série de 4 filtres à poche de respectivement 25 µm, 10 µm, 5 µm et 1 µm puis vers un système de stérilisation UV (1 x 55 W).

Les différentes températures d'eau de mer voulues selon les différentes étapes de l'élevage sont obtenues par simple mélange d'eaux provenant des deux réseaux d'eau de mer filtrée.

Le nettoyage du filtre à sable et la désinfection des poches et des cartouches sont réalisés quotidiennement. La pompe intérieure est nettoyée hebdomadairement et le bassin de stockage extérieur régulièrement.

Source : Hussenot M ©

Figure 99 : Unité de filtration d'eau de mer

Distribution de l'eau

Après filtration et stérilisation, l'eau est distribuée vers les différentes unités d'élevage selon leurs besoins respectifs. Le réglage de la température de l'eau est effectué manuellement par mélange des eaux « ambiante » et « chaude ». A l'exception de la salle d'algues, chacune des unités de production est alimentée en gravitaire grâce à un système de bacs de mise en pression qui lui est propre. Ce système permet le mélange des deux eaux et apporte un débit et une pression constante au sein des unités d'élevage.

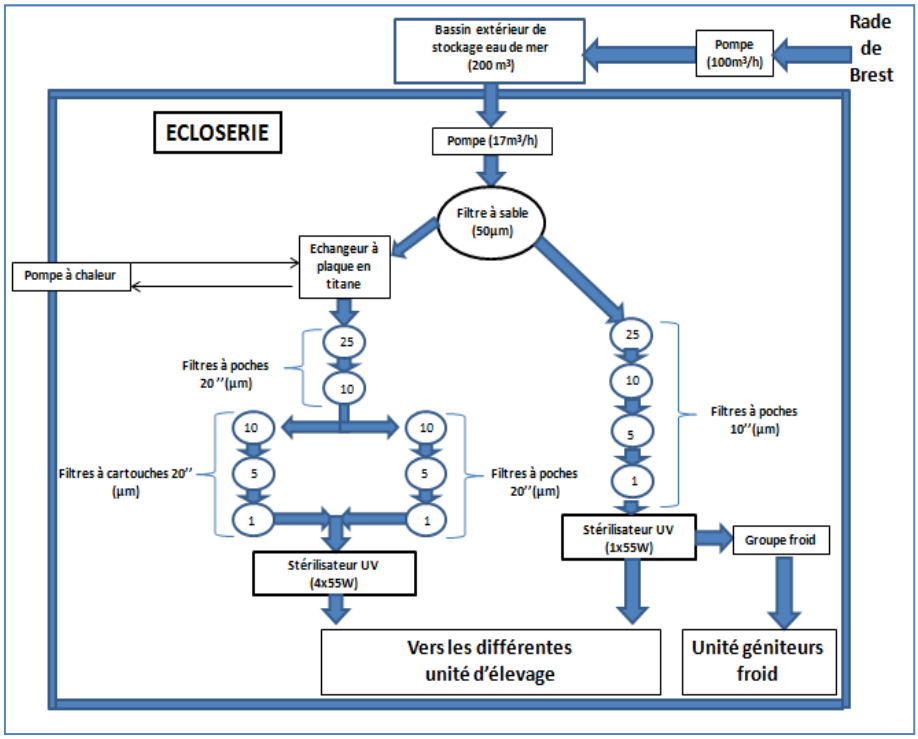


Figure 100 : Filtration de l'eau de mer dans l'unité expérimentale

Suivi bactériologique de l'élevage

Au sein d'une écloserie, la qualité de l'eau d'élevage est une préoccupation majeure qu'il est nécessaire de suivre régulièrement et rigoureusement afin de prévenir tout problème. De ce fait, la décision a été prise de réaliser un suivi bactériologique de l'eau d'élevage ainsi que des larves produites.

Ce suivi s'est intéressé exclusivement aux bactéries appartenant à la famille des *Vibrionaceae* qui sont reconnues comme principal agent pathogène au sein des élevages aquacoles.

Identification des différents points critiques

Afin d'assurer un contrôle rigoureux et optimal de la qualité d'eau, la première étape a consisté à identifier les différents points d'entrées possibles de ces pathogènes au sein de l'écloserie.

Quatre portes d'entrées ont donc été identifiées :

- l'eau de pompage,
- les algues distribuées,
- les géniteurs
- les techniciens de l'écloserie.

La fréquence des contrôles et la mise en place de seuils d'alerte

Afin d'anticiper d'éventuels problèmes engendrés par l'entrée de *Vibrionaceae* au sein de l'écloserie, des analyses d'eaux aux différents points sensibles de celle-ci ont été réalisées régulièrement selon un calendrier préalablement établi. L'eau d'entrée de chacune des unités de production (décalage froid géniteurs, maturation des géniteurs, ponte des géniteurs, larvaire, fixation larvaire, micro-nurserie et nurserie) a été analysée en *duplicata* de manière hebdomadaire. Afin d'obtenir une valeur de référence et de juger de l'efficacité du système de filtration et de stérilisation, l'eau de pompage du bassin extérieur a été ponctuellement analysée.

Un niveau d'exigence « 0 détection sur gélose TCBS » (cf. Annexe SP5-1 – Protocole d'analyse bactériologique) a été adopté pour l'eau d'élevage après filtration et stérilisation UV ainsi que pour les algues distribuées. Cependant, les analyses d'eau ont permis à deux reprises de mettre en évidence une entrée de bactéries dans les bacs d'élevage nécessitant une décontamination immédiate et complète du réseau au chlore permettant un retour immédiat au niveau d'exigence déterminé. En routine, les réseaux de distribution d'algues sont nettoyés et décontaminés *a minima* tous les 2 jours et les réseaux d'eau 1 fois tous les 2 mois environ.

De plus, un suivi bactériologique des eaux de sortie des différentes unités de production a été réalisé et a permis de suivre l'état de santé du cheptel et d'agir en conséquence. Les analyses ont permis de mettre en relation des seuils de

Vibrionaceae élevés avec de fortes mortalités. Un renouvellement en eau neuve, jusqu'à 300 % par heure, a été maintenu permettant par un abaissement sensible des charges bactériennes. De plus, un nettoyage quotidien des géniteurs et de leurs bassines à l'eau douce est effectué.

Un suivi de la charge en *Vibrionaceae* des larves obtenues après expulsion a également été réalisé et a permis de mettre en évidence des charges bactériennes « très faibles » pour la quasi-totalité des pontes obtenues et relativement proche du standard Ifremer Argenton qui est : moins d'1 bactérie/larve (communication personnelle, Bruno Petton).

Unités de production	Charge bactérienne minimale	Charge bactérienne maximale	Charge bactérienne moyenne	Seuil d'alerte (Bactéries/ml)
Maturation (bactérie/ml)	0	1 300	190	500
Fécondation/incubation (bactérie/ml)	0	3 500	340	500
Larvaire (bactérie/larve)	0	10	2.3	3

Tableau 11 : Résultats d'analyses bactériologiques sur la saison de ponte 2013

Le seuil d'alerte pour les eaux de sortie des unités de maturation et fécondation/incubation a été défini selon nos propres observations. Le protocole de prélèvement et d'ensemencement pour le suivie bactériologique est présenté en Annexe SP5-1 – Protocole d'analyse bactériologique.

Production micro-algue

Du stade larvaire à l'âge adulte, les microalgues ou phytoplancton constituent l'unique source d'alimentation des huîtres en écloserie. Une production de phytoplancton de qualité est donc d'une importance majeure car elle va conditionner en grande partie la qualité du naissain.

Trois espèces y sont produites : *Chaetoceros gracilis* (alimentation des larves, des naissains et des adultes), *Isochrysis aff. galbana* « Tahiti » (alimentation des larves et naissains), *Rhodomonas salina* (alimentation des adultes).

Ces espèces ont été choisies suite à la formation réalisée à Ifremer Argenton et les travaux de cette unité dans le cadre, notamment, du programme SETTLE.

Les paramètres

- Le développement optimal de la production de phytoplancton, organisme autotrophe photosynthétique, est conditionné par une maitrise totale de la lumière, de l'air (O_2 et CO_2), de la température ainsi que des nutriments (milieu de culture),
- La lumière : l'éclairage utilisé est composé de néons de 58 W blancs industriels fonctionnant en continu,
- L'air : il est fourni par un suppresseur à membrane (125 W) et filtré à 0,22 µm,
- Le CO_2 : il permet d'enrichir l'air à hauteur de 1 % et ainsi d'optimiser la photosynthèse et de réguler le pH autour de 8,2,
- La température : elle est maintenue autour des 20°C grâce à la chaleur dégagée par les néons en hiver et à une bonne ventilation en été,
- Le milieu de culture : il est composé d'un mélange d'eau de mer et d'une solution nutritive stérilisée spécifique aux microalgues. La formule utilisée est celle du milieu de Conway.

Le matériel

- Les contenants utilisés pour les petits volumes sont des ballons de verre borosilicaté fermés par un bouchon de silicone traversé de deux cannes en verre pour l'entrée et la sortie d'air. L'utilisation du silicone et du verre borosilicaté permet de passer à l'autoclave la totalité du système de production pour une stérilisation complète. Des volumes de 2 l et 10 l ont été utilisés,

Source : Hussenot M ©

Figure 101 : Ballons de production d'algues en petits volumes

- Les contenants utilisés pour les grands volumes (10 x 250 l et 5 x 350 l) sont des fûts translucides cylindro-coniques en polyéthylène térephtalate glycolisé,

Source : Hussenot M ©

Figure 102 : Fûts de production d'algues en grands volumes

Un protocole détaillé du fonctionnement de la salle d'algue de l'écloserie d'Hanvec est présenté en Annexe SP5-2 – Préparation et stérilisation des ballons et Annexe SP5-3 – La production de phytoplancton.

La distribution

Préalablement à toute distribution aux huîtres, le phytoplancton est observé et compté à l'aide d'un microscope optique et d'une cellule de comptage algale (cellule de Malassez). Afin de faciliter la répartition et les mélanges spécifiques d'algues, chacune des unités de production possède son propre système de distribution. Les microalgues sont envoyées de la salle d'algues vers chacune des unités grâce à une pompe émergée. Un mélange bispécifique est donc réalisé pour chacune des unités de production.

Le comptage préalable des microalgues avant distribution permet un mélange à volume cellulaire égal pour chacune des espèces.

Lorsque le mélange est réalisé, les microalgues sont directement injectées dans les réseaux d'eau spécifiques à chacune des unités.

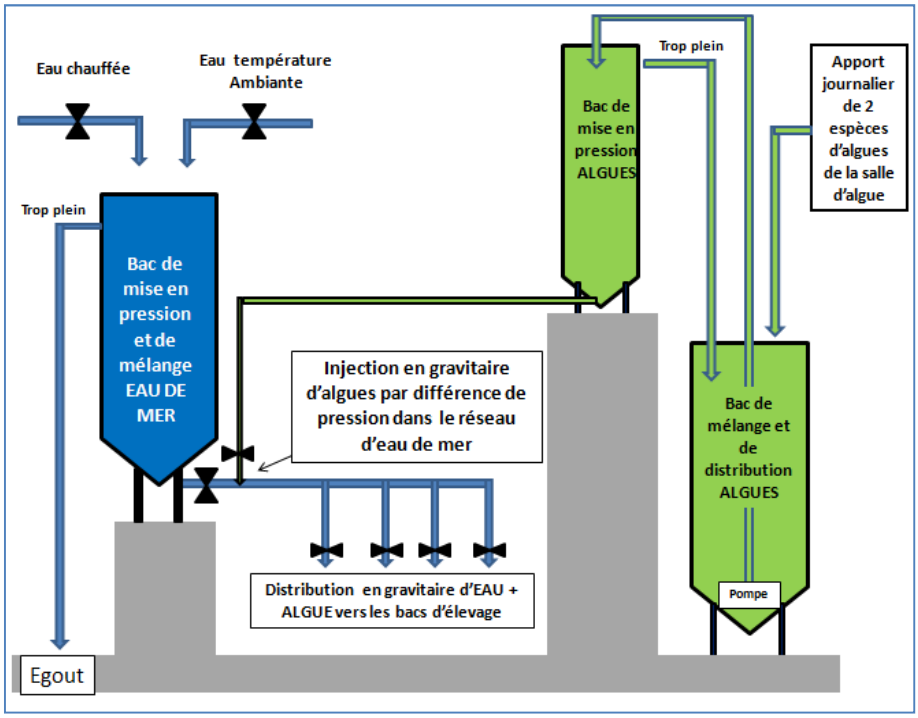


Figure 103 : Schéma d'approvisionnement en eau de mer et algues de l'unité expérimentale

Le rationnement en algue

Selon des travaux menés par Ifremer Argenton, il a été déterminé que, quel que soit le stade de développement de l'huître plate, la concentration algale doit être maintenue à hauteur de 1 600 $\mu m^3/\mu l$ d'algues d'eau de mer pour optimiser la croissance. Le mélange est donc basé sur l'addition des volumes cellulaires propres à chacune des espèces de phytoplancton (*Chaetoceros gracilis* (volume cellulaire = 80 μm^3), *Isochrysis aff. Galbana* (volume cellulaire = 40 μm^3), *Rhodomonas salina* (volume cellulaire = 160 μm^3)) avec le nombre de cellule souhaitées.

Exemple pour une concentration en sortie d'unité d'élevage de 1 600 $\mu m^3/\mu l$, et une relation en 50 % *Chaetoceros gracilis* et 50 % *Isochisis aff. Galbana*, on aura : 20 x 40 μm^3 + 10 x 80 μm^3 = 1 600 μm^3. Ce qui correspond concrètement à 20 cellules *Isochrisis aff. Galbana* et 10 de *Chaetoceros gracilis*.

Les géniteurs sont nourris d'un mélange de *Chaetoceros gracilis* et de *Rhodomonas salina* tandis que les larves, les post-larves et les naissains sont nourris d'un mélange de *Chaetoceros gracilis* et d'*Isochrysis aff. Galbana*.

L'utilisation d'un fluorimètre portable préalablement étalonné au sein de l'écloserie d'Ifremer Argenton dont le principe est basé sur l'excitation de la chlorophylle par un rayon de longueur d'ondes spécifiques a permis un gain de temps considérable durant le programme. Cet outil permet d'estimer rapidement les quantités d'algues apportée et consommée et d'optimiser ainsi la production en écloserie.

Les géniteurs

Dans le milieu naturel, chaque reproduction estivale des huîtres est précédée d'une période de maturation printanière, précédée elle-même d'une période hivernale dite « froide ». Ce cycle annuel permet une construction lente et progressive des réserves et des gonades selon les conditions naturelles de température, d'alimentation et de photopériode propres à chaque saison. En écloserie, ce même cycle accéléré est recréé artificiellement soit dans le sens été vers hiver (unité « froide ») soit de l'hiver vers l'été (unité « maturation »). Grâce à un roulement des géniteurs au sein de ces deux unités, une production continue de larves est possible.

Afin de diminuer leurs charges bactériennes, les futurs géniteurs sont placés, pour une durée de 15 jours, en bac extérieur alimenté en eau de mer stérile (température ambiante) à des taux de renouvellement d'eau de mer dépassant les 200 %/h.

Les géniteurs ont été fournis par le SMIDAP pour la baie de Bourgneuf, le CRC Bretagne-Sud pour la baie de Quiberon, les pêcheurs professionnels pour la rade de Brest et un producteur d'huîtres plates pour Granville (origine pêche professionnelle). Une réception de géniteurs a été réalisée en 2010, 2011, 2012 et 2013. A réception, une partie des

géniteurs sont entrés directement en écloserie, le reste a été transféré pour stockage en cage en eau profonde en rade de Brest (site Lomergat 48°17'075''N ; 004°21'732''W).

L'unité « froide »

Cette unité « froide » a pour but d'abaisser les températures et de diminuer la photopériode afin de recréer ainsi artificiellement les conditions hivernales et ainsi disposer de géniteurs plus tôt dans la saison. Cette unité isolée du reste de l'écloserie et localisée dans un container frigo climatisé et alimenté en eau de mer froide à température réglable grâce à un groupe « froid ». Les géniteurs subissent une diminution progressive de la durée d'éclairement et de la température, à raison de 2°C et une heure de jour par semaine, jusqu'à atteindre une photopériode de 8 h de jour et 16 h de nuit et une température minimale de 8°C. Ces conditions hivernales sont maintenues pendant 45 jours avant de passer à l'étape de maturation.

Source : Hussenot M ©

Figure 104 : Unité « froide »

L'unité de maturation

Les géniteurs subissent une augmentation de la durée d'éclairement et de la température, jusqu'à atteindre une photopériode de 16 h de jour et 8 h de nuit et une température maximale de 19°C. La durée de montée en température et photopériode varie en fonction des conditions initiales mais celle-ci se fait à raison de 2°C et 1 heure de jour additionnée chaque semaine. Lorsque les conditions favorables à la maturation sont atteintes, elles sont maintenues pendant 30 à 35 jours jusqu'à un cumul de 300 degrés.jour.

Chacune des 4 origines d'huître plate est maintenue dans 4 bacs sub-carrés couverts distincts alimentés en eau de mer filtrée à raison d'un renouvèlement minimum de 100 %/h.

Source : Hussenot M ©

Figure 105 : Unité de maturation

L'unité de fécondation/expulsion larvaire

Lors de l'entrée des géniteurs en unité d'élevage, le personnel de l'écloserie ne peut déterminer si le sexe d'un individu (caractère hermaphrodite de l'huître). De plus, il n'est pas possible à ce jour de récupérer séparément les gamètes mâles et femelles et de réaliser une fécondation *in vitro* car le cycle de reproduction de l'huître plate passe par une phase d'incubation interne. L'objectif de ce sous-programme étant de produire des croisements d'huître plate de 4 gisements du grand-ouest (baie de Bourgneuf, baie de Quiberon, Granville et rade de Brest,), des couples, dont chaque parent est originaire d'un gisement différent, ont été créés au sein de petites bassines de 3 l. La fécondation et l'incubation sont donc réalisées naturellement.

Source : Hussenot M ©

Figure 106 : Unité de « production en couple »

Une unité de « production en couple » a été mise en place en 2011 et 2012 avec une capacité de 60 bassines soit 120 géniteurs et complétée en 2013 pour une capacité finale de 96 bassines soit 192 géniteurs. En 2010, aucune ponte en couple n'a été réalisée. Suite à l'expérience acquise grâce au suivi bactériologique initié en 2012, un taux de renouvèlement de l'eau de mer de 200 %/h a été appliqué. Ce fort taux de renouvellement couplé à un nettoyage journalier des géniteurs a été le facteur d'amélioration des survies des larves et notamment en 2013 (84 % de survie moyenne).

Pour initier des pontes intra-population (géniteurs de même origine) des reproductions dite de « masse », qui consiste à placer 10 géniteurs dans une bassine de 50 litres, ont été réalisée. Cette méthode a pour inconvénient l'impossibilité d'identifier individuellement les parents et ne permet pas les croisements entre population. L'unité de « production de masse » a été mise en place en 2010, 2011 et 2012 avec une capacité de 10 bacs soit 100 géniteurs .En 2013, aucune ponte en masse n'a été réalisée.

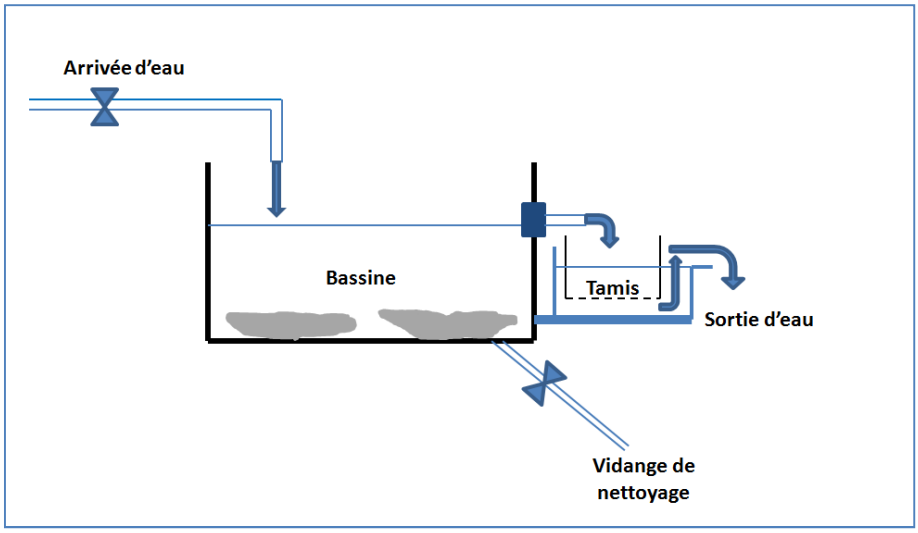


Figure 107 : Schéma d'une unité de mise en couple avec son tamis de récupération des larves

Les fécondations et expulsions larvaires n'étant pas bien synchronisées dans l'unité expérimentale, les géniteurs sont maintenus dans cette unité 45 jours après la première expulsion larvaire afin de donner à l'ensemble des couples un temps suffisant pour la fécondation et l'incubation. Après libération des larves, chaque couple est retiré et identifié individuellement (marquage numéroté collé sur la coquille) et mis en bac extérieur dans l'attente d'être stocké en mer.

L'élevage larvaire

Après 10 à 15 jours d'incubation, les larves sont expulsées par l'adulte à l'extérieur de sa cavité palléale. Les larves, libres et nageantes dans la bassine de géniteurs, sont récupérées par surverse dans un tamis de maille 80 µm (cf. Source : Hussenot M ©

Figure 108 : Récupération par trop plein des larves expulsées), puis tamisées et rincées à l'eau de mer filtrée avant leur mise en élevage.

Le tamisage est effectué par superposition de tamis de taille de mailles décroissantes de 180 µm, 150 µm, 140 µm, 120 µm et 80 µm. Le tamisage permet d'éliminer les déchets en présence (fèces des géniteurs, débris de coquilles…)

Les larves retenues sur un tamis de taille 120 µm et 140 µm sont placées dans un bécher complété à 2 l d'eau de mer stérile afin d'estimer leur nombre. Les larves sont comptées grâce à une méthode d'échantillonnage qui consiste à homogénéiser par mélange le contenu du bécher, à prélever à l'aide d'une pipette trois échantillons de 500 µl puis à les déposer sur une cellule de comptage spécifique. On dépose ensuite 500 µl de formol dilué servant à nettoyer la pipette d'éventuelles larves collées et à les immobiliser pour faciliter le comptage. Afin d'évaluer la charge bactérienne des larves avant leurs mise en élevage, un prélèvement de 200 µl (eau + larves) dans ce même bécher est effectué parallèlement pour analyse bactériologique.

Afin de pouvoir comparer les différents élevages larvaires, chaque bac larvaire est rempli de 80 litres d'eau de mer stérile et contient 1 million de larves à l'ensemencement issues d'une seule expulsion larvaire. On parlera alors d'une famille d'huître plate.

La date d'expulsion, le numéro de bassine géniteur, l'origine des parents, le nombre total de larves expulsées, la taille moyenne des larves et le numéro du bac larvaire utilisé sont autant d'informations consignées dans un cahier d'élevage, permettant un suivi et une traçabilité des animaux sur toute la durée du cycle d'élevage.

Source : Hussenot M ©

Figure 108 : Récupération par trop plein des larves expulsées

En 2011, les élevages larvaires en séquentiel ont été abandonnés car trop chronophage et ont été réalisés en flux ouvert. Grâce à cette méthode, le nombre de vidange et de nettoyage complet des bacs d'élevages a été très fortement diminué et même supprimé en 2013. Ce gain de temps a permis d'augmenter la fréquence des désinfections et des nettoyages des locaux, des réseaux d'eau de mer et de mieux gérer les 60 unités de pontes en couple supplémentaire en 2011.

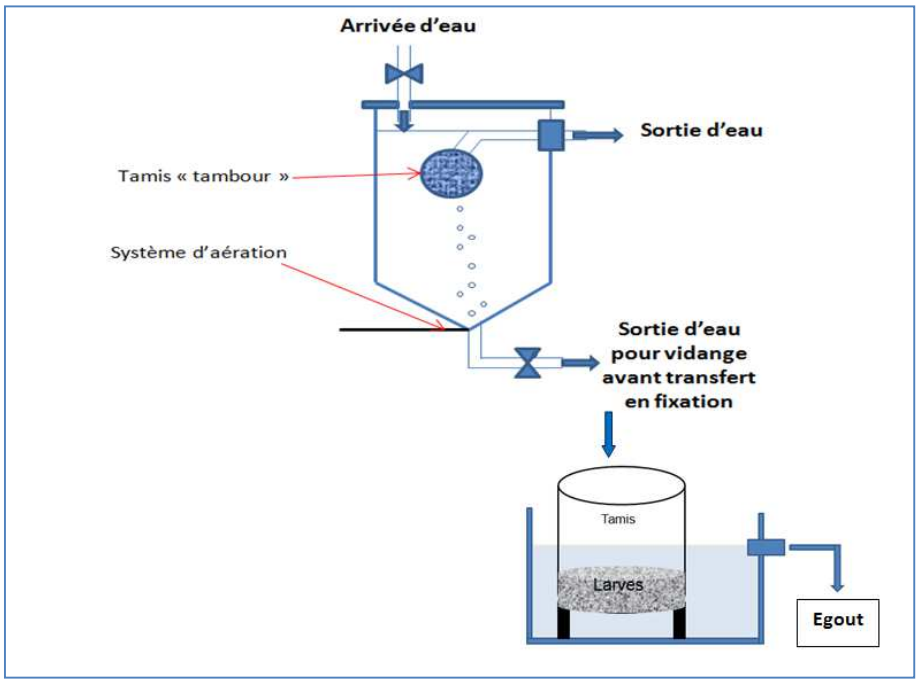


Figure 109 : Schéma d'une unité larvaire en flux ouvert

Les élevages larvaires sont réalisés en flux « ouvert » à une température constante de 23°C, ce qui consiste à apporter en continu de l'eau de mer filtrée, stérilisée et thermo-régulée enrichie en phytoplancton. Chacun de ces bacs dispose d'une arrivée d'eau à débit réglable ainsi que d'une sortie d'eau centrale par trop-plein et équipée d'un tamis « Tambour » de 12 µm ou 150 µm selon la taille des larves. Le tamis utilisé permet l'évacuation de l'eau de mer, les algues non consommées et les déchets organiques tout en retenant les larves. A ceci s'ajoute une aération sous forme de bullage, placé au fond du bac, qui assure l'oxygénation et l'homogénéisation de la masse d'eau dans les bacs d'élevage larvaire.

Les débits d'eau et d'algues sont réglés et contrôlés grâce à l'utilisation de débits-litres. Pour plus précision et de souplesse, les 16 bacs larvaires sont regroupés en 4 unités de 4 réglages indépendants.

Un taux de renouvellement d'eau de mer de 100 % par heure (80 l/h) et une concentration algale de 1600 $\mu m^3/\mu l$ en sortie de bassin a été maintenu pour toutes les expérimentations 2012 et 2013.

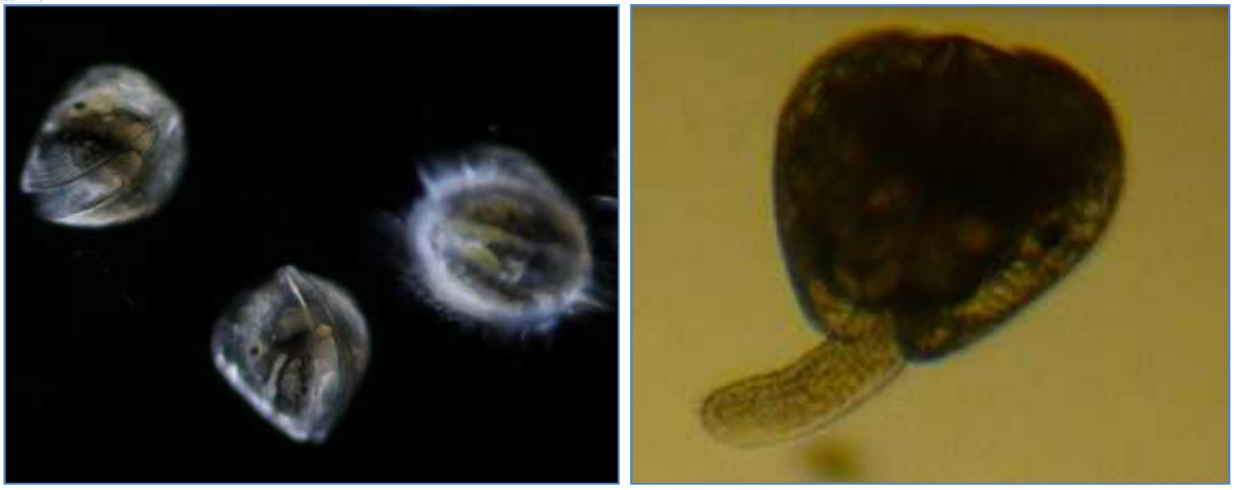
Source : Hussenot M ©

Figure 110 : Bacs d'élevage larvaire en flux ouvert

Au cours de la durée de l'élevage larvaire (environ 10 jours), les larves sont observées quotidiennement pour contrôler leur mobilité, leur forme, leur taille ainsi que le remplissage de leur glande digestive (estomac) permettant un second contrôle de leur alimentation.

Vers le 8ème jour, une modification morphologique majeure (visible au microscope) apparait sous la forme d'un point noir foncé (tâche océlaire), on parle alors de larve « œillées » (cf. Figure 111 : Larve d'huître plate au stade «œillées » à gauche et « pédivéligère » à droite). La présence de larve « œillées » annonce le passage au stade pédivéligère puis à la métamorphose.

Le stade pédivéligère est le début de la phase benthique de l'huître et la larve développe un pied permettant, entre autres, sa mobilité sur le substrat marin. Lorsqu'on atteint une proportion égale ou supérieure à 50 % de larves « œillées » (déterminée par échantillonnage), les larves doivent être transférées en unité de fixation. (Annexe SP5-4 – Protocole de vidange d'un bac larvaire).



Source : Océanopolis/ Hussenot M ©

Figure 111 : Larve d'huître plate au stade «œillées » à gauche et « pédivéligère » à droite

La fixation

L'unité de fixation, d'une capacité de 45 tamis circulaires (250 mm de diamètre) soit de 3 375 000 larves, est composée d'une série de bacs circulaires. Chaque tamis de fixation possède sa propre arrivée d'eau de surface et chaque bac possède une sortie commune centrale permettant l'évacuation de l'eau par trop-plein. 75 000 larves sont transférées par tamis et les conditions d'élevage sont gardées identiques aux élevages larvaires. Dans chaque tamis, 45 g de micro-brisure (coquilles d'huîtres broyées et tamisées) de 200 à 300 µm sont ajoutés dans le fond du tamis. La micro-brisure a pour but d'offrir à la larve un substrat minéral propice à sa fixation et sa métamorphose.

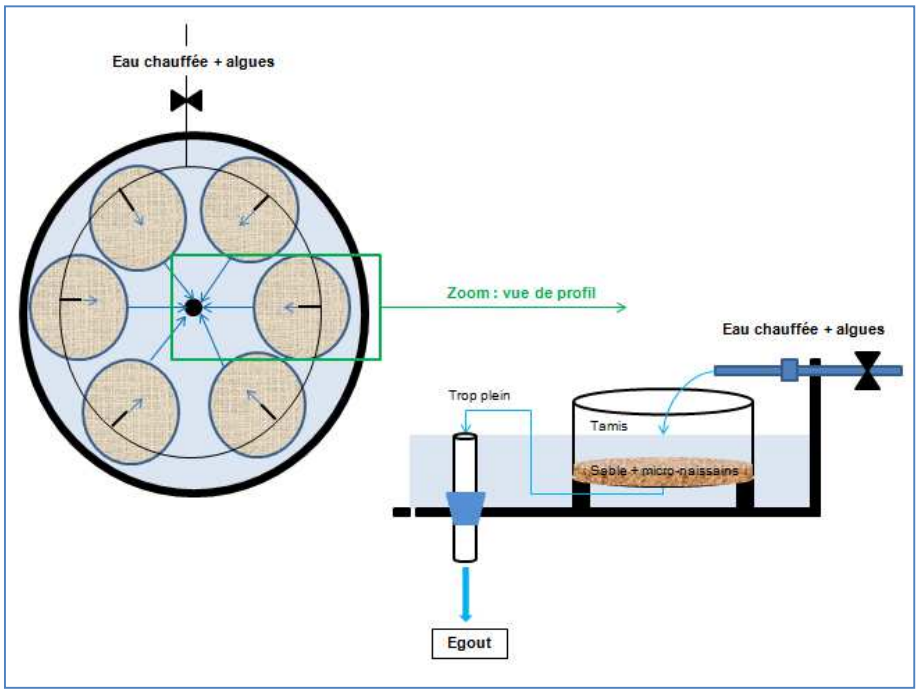


Figure 112 : Schéma d'un tamis et d'un bac de fixation

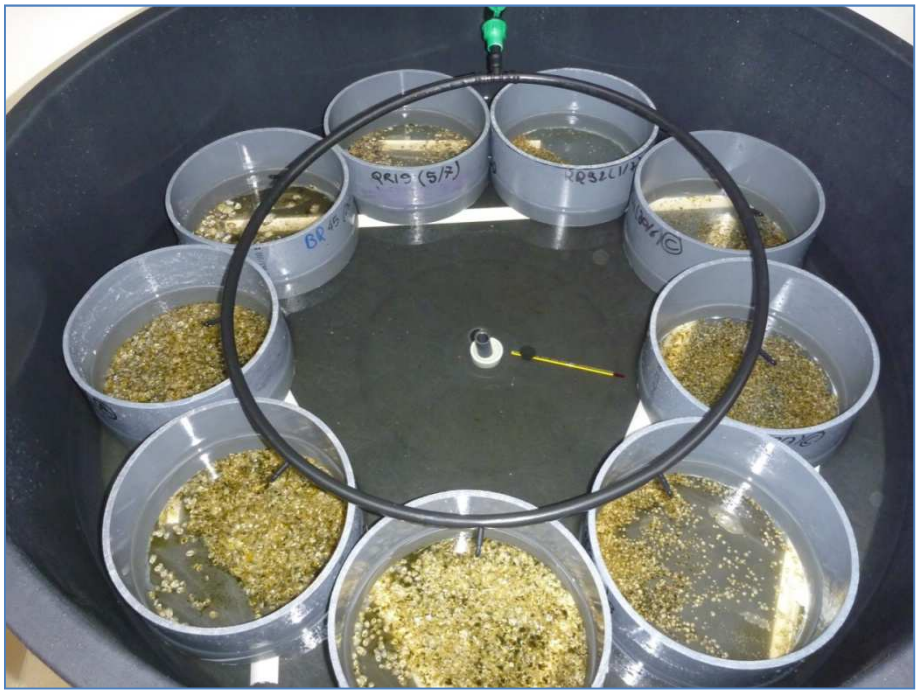
La phase de fixation dure une dizaine de jours. Les micro-naissains pouvant être observés à l'œil nu mesurent à ce stade entre 0,75 mm et 1 mm pour un poids proche de 0,20 mg et ont la morphologie d'une huître adulte.

Après 10 jours, un premier tamisage est effectué. Il est réalisé sur une superposition de 3 tamis de maille 700 µm, 500 µm et 300 µm : les 2 premiers permettant de récupérer les micro-naissains fixés et le 3ème le substrat et les larves non fixées. Le sable et les larves non fixées sont remis en fixation pour une semaine supplémentaire, tandis que les micro-naissains fixés sont transférés dans l'unité de « micro-nurserie ».

Source : Océanopolis ©

Figure 113 : Naissain de 0,7 mm fixé et métamorphosée

Micro-nurserie et nurserie



Source : Hussenot M ©

Figure 114 : Bac et tamis de micro-nurserie

Les naissains sont transférés au sein de l'unité de micro-nurserie composée de 6 bacs circulaires couverts et équipé de tamis de 250 mm. L'entrée et la sortie d'eau se fait selon le même principe que pour l'unité de fixation. Les bacs de micro-nurserie et nurserie ainsi que le naissain qu'ils contiennent sont nettoyés 3 fois par semaine à l'eau de mer.

Selon la taille du naissain, des tamis de maillages différents sont utilisés. En micro-nurserie comme en nurserie, des tris sont réalisés tous les 15 jours en moyenne, les naissains sont tamisés pesés ; la mortalité, le poids moyen et le nombre sont estimés par échantillonnage.

Les naissains appartenant à une même classe de taille sont pesés, puis un échantillon d'au minimum 100 individus est prélevé, pesé et compté. L'échantillonnage permet par division du poids de l'échantillon par le nombre d'individus échantillonnés d'obtenir le poids moyen qui par extrapolation permet d'estimer le nombre total d'individus. Suivant le nombre estimé ainsi que leur taille moyenne (cf. Tableau 12 : Correspondance selon l'étape de production entre les tailles des mailles des tamis, les tailles des naissains et le nombre d'individus.), les naissains sont répartis au sein des différents tamis.

Unité	Taille de maille (mm)	Taille du naissain (mm)	Nombre de naissains
fixation	0,150	> 0,300	75 000
micro-nurserie	0,300	> 0,54	50 000
micro-nurserie	0,600	> 0,9	15 000
micro-nurserie	1	> 1,5	10 000
nurserie	2	> 3	7 500
nurserie	5	> 7,5	2 500

Tableau 12 : Correspondance selon l'étape de production entre les tailles des mailles des tamis, les tailles des naissains et le nombre d'individus.

Les naissains sont transférés en nurserie à une taille supérieure à 3 mm.

L'unité de nurserie est composée de 5 bacs carrés couverts de 390 litres pouvant accueillir 8 clayettes (34 cm x 50 cm) chacun superposées sur 2 hauteurs. La circulation d'eau est assurée par une arrivée par le haut et une sortie d'eau par le fond, associée à un système d'air-lift (remonté d'eau par bullage).

Après tri, les naissains retenus sur une maille supérieure ou égale à 6 mm sont mis en poches et transférés en mer ouverte pour les tests dans le sous-programme SP6 – ESTIMATION DES PERFORMANCES DE CROISSANCE DE L'HUÎTRE PLATE EN MILIEU NATUREL COUPLÉ À UN SUIVI DE L'ENVIRONNEMENT.

Résultats

Caractérisation des adultes

Dans cette partie, seront présentés les résultats pour les 4 années de production au sein de l'écloserie. Les tableaux (Tableau 13 : Origines et nombres de géniteurs mis en élevage en ponte « en masse » et Tableau 14 : Origines et nombres de géniteurs mis en couple) présents le nombre de géniteurs mis en maturation par année, par origine et par croisement.

Origines	2010	2011	2012	2013
Quiberon	75	12	50	
Brest	75	12	20	
Bourgneuf		12	50	
Granville		6	50	
Totaux	**150**	**42**	**170**	**0**

Tableau 13 : Origines et nombres de géniteurs mis en élevage en ponte « en masse »

Croisements	2010	2011	2012	2013
Quiberon/Brest		66	40	82
Quiberon/Granville		12	40	76
Bourgneuf/Brest		66	40	66
Bourgneuf/Granville		10	40	50
Bourgneuf/Quiberon		56	40	58
Brest/Granville		24	40	76
Quiberon				40
Brest				40
Granville				4
Bourgneuf				24
Totaux	**0**	**234**	**240**	**516**

Tableau 14 : Origines et nombres de géniteurs mis en couple

On observe des différences significatives de mortalité entre les populations que ce soit en mer (en cage en eau profonde en rade de Brest) ou au sein de l'écloserie.

Origine	2011	2012	2011 et 2012 (en mer)	Mortalités moyennes
Rade de Brest	25 %	20 %	45 %	30 %
Baie de Bourgneuf	6 %	3 %	10 %	6 %
Granville	13 %	12 %	30 %	18 %
Baie de Quiberon	17 %	14 %	15 %	15 %

Tableau 15 : Mortalité des géniteurs

Les mortalités les plus importantes sont observées pour les géniteurs provenant de la rade de Brest avec une mortalité moyenne de 30 %. En comparaison, la mortalité moyenne des géniteurs de la baie de Bourgneuf est cinq fois plus faible avec seulement 6 % de mortalité. De plus, les mortalités moyennes des géniteurs originaires de la baie de Quiberon et de Granville sont relativement comparables, avec respectivement 15 % et 18 %.

En l'absence d'analyses physiologiques et/ou pathologiques au sein de l'unité expérimentale, les causes de ces mortalités n'ont pas pu être mises en évidence.

Croisement des géniteurs des différentes origines

Sont présentés ci-dessous, les résultats par croisement des reproductions 2011, 2012 et 2013 ainsi qu'un tableau récapitulatif (Annexe SP5-5 – Tableaux des résultats du nombre de ponte par croisement et par année (2011, 2012 et 2013)).

Le taux de fécondation est le pourcentage d'expulsion larvaire obtenue pour un dès 6 croisements :

Taux de fécondation = [(nombre de couple fécondé/croisement) / (nombre total de couple par croisement)]*100

Remarque : *En cas de mortalité d'un des parents dans un couple pendant la phase de fécondation/incubation le couple compte pour 1 dans le nombre total de couple par croisement.*

Croisement	2011	2012	2013	Moyenne
Baie de Quiberon/Rade de Brest	30 %	65 %	39 %	44 %
Baie de Quiberon/Granville	16 %	20 %	26 %	20 %
Baie de Bourgneuf/Baie de Quiberon	14 %	45 %	27 %	28 %
Baie Bourgneuf/Granville	20 %	14 %	4 %	12 %
Baie de Bourgneuf/Rade Brest	18 %	20 %	24 %	20 %
Rade de Brest/Granville	33 %	25 %	24 %	27 %
Rade de Brest/Rade de Brest			65 %	65 %
Baie de Quiberon/Baie Quiberon			65 %	65 %
Baie de Bourgneuf/Baie de Bourgneuf			14 %	14 %

Tableau 16 : Taux de fécondité par croisement

Les résultats des 3 années d'expérimentation en couple montrent de grandes variations de fécondité selon les 6 croisements des 4 populations. Le croisement baie de Quiberon/rade de Brest apparaît comme le plus fécond avec 44 % des couples qui ont pondu alors que le croisement baie de Bourgneuf/Granville est peu fécond avec seulement 12 % de ponte. Les populations rade de Brest et Quiberon apparaissent comme très fécondes avec un taux de 65 % contre seulement 14 % pour la population baie de Bourgneuf. Au vu des taux de fécondité des différents croisements réalisés, les géniteurs ayant pour origine la baie de Quiberon et la rade de Brest ont montré des taux de fécondité plus intéressants en unité expérimentale. *A contrario*, les géniteurs de la baie de Bourgneuf semblent moins féconds dans ces essais.

Les variations du taux de fécondité peuvent être d'origines multiples : génétique, environnementale, physiologique, pathologique, etc. Afin de réduire l'influence éventuelle de l'environnement d'origine, et notamment sur les stades de maturation décalés à l'entrée dans l'écloserie, les pontes en couple 2013 ont été réalisées à partir de géniteurs ayant été conservés ensemble en rade de Brest pendant plus d'un an. Malgré cela, les taux de fécondité de 2013 suivent les mêmes tendances qu'en 2011 et 2012. Ceci laisse suggérer que l'imprégnation de l'environnement sur l'individu reste « active » sur une période supérieure à une année et/ou que l'origine géographique des géniteurs joue un rôle important dans le succès de la reproduction chez cette espèce.

Glossaire :

Taux de survie larvaire = [(nombre de larves en fin d'élevage larvaire) / (nombre de larves mis en élevage larvaire)]*100

Taux de fixation= [(nombre de larves fixées)/ (nombre de larve mis en fixation)]*100

Taux de transfert en mer= [(nombre de familles transférées en mer pour un même croisement)/ (nombre d'expulsions larvaires obtenues pour cette même croisement)]*100

Remarque : *les chiffres entre parenthèses qui suivent les noms de croisements de populations dans les graphiques présentés ci-dessous correspondent aux nombres de familles considérées par type de croisement.*

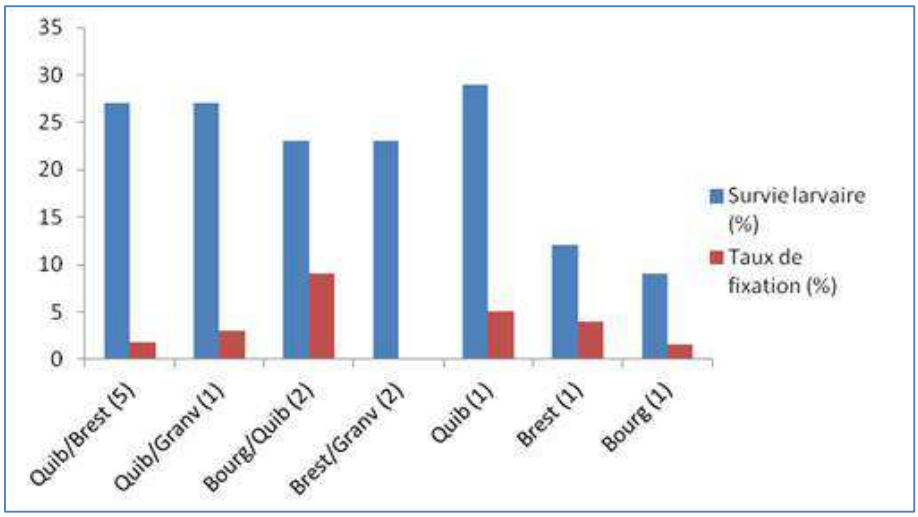


Figure 115 : Résultats des phases larvaires et de fixation 2011

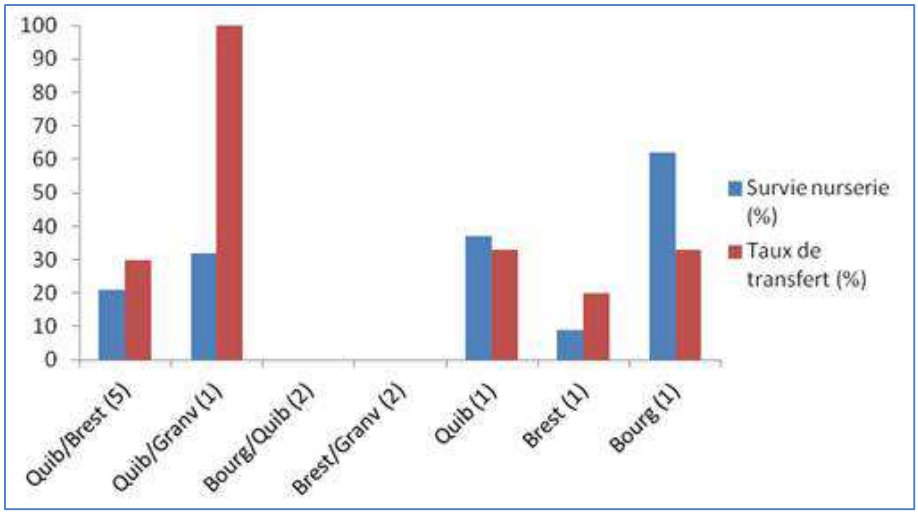


Figure 116 : Résultats de la phase postlarvaires 2011

Les résultats de l'année 2011 sont présentés ici à titre indicatif. Les survies larvaires et nurserie ainsi que les taux de fixation ont été dans leurs ensembles très faibles.

Les graphiques (Figure 115 : Résultats des phases larvaires et de fixation 2011et Figure 116 : Résultats de la phase postlarvaires 2011) montrent qu'à l'exception des populations rade de Brest et baie de Bourgneuf (représentées par une seule famille) les taux de survie larvaire moyens sont comparables et compris entre 20 % et 30 %. De plus, au cours de la phase larvaire, les 2 familles rade de Brest/Granville ont été perdues. Concernant les taux de fixation moyen, ils sont bas et systématiquement inférieurs à 10 %. A noter que pour 2011, près de 80 % des pontes ont atteint les 10 jours d'élevage larvaire (250-280 µm) contre 40 % en 2010.

Les survies moyennes en nurserie apparaissent comme faibles dans la plupart des cas et très variables d'un croisement à l'autre. Le taux de transfert moyen, qui traduit simplement le succès d'une population ou croisement de population sur

l'ensemble du cycle de production en écloserie, est inférieur à 35 % pour l'ensemble des croisements effectués à l'exception du croisement baie de Quiberon/Granville (représenté par une seule famille).

En 2010 et 2011, de fortes mortalités ont été constatées en micro-nurserie (naissains inférieurs à 1 mm) tout au long de la saison. Ces mortalités sont difficilement quantifiables du fait de la petite taille du naissain, seul le taux de survie global de la fixation (25,5 %) jusqu'au transfert en mer a été calculé pour 2011. Le taux de survie moyen en micro-nurserie et nurserie était de 17,7 % en 2010.

Pour les années 2012 et 2013, l'ensemble des données acquises dans l'écloserie expérimentale ont été compilées.

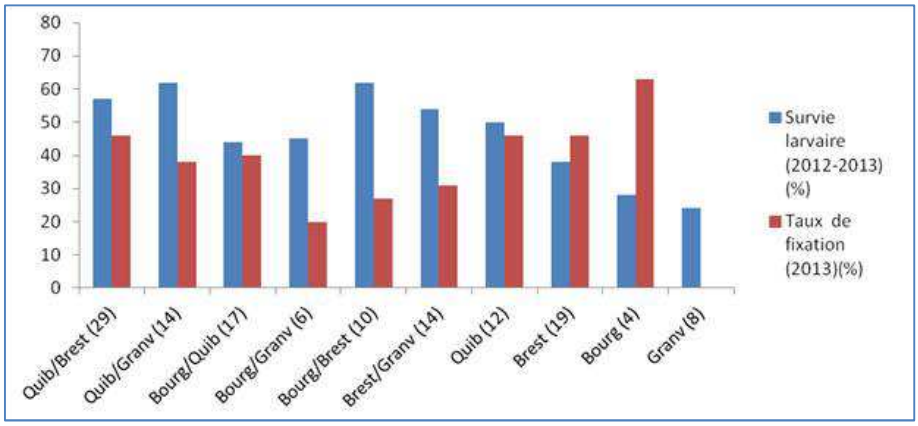


Figure 117 : Résultats de la phase larvaire et de fixation 2012-2013

La Figure 117 : Résultats de la phase larvaire et de fixation 2012-2013 présente des survies larvaires moyennes sensiblement plus élevées et supérieures à 50 % pour 5 des croisements étudiés : baie de Bourgneuf/rade de Brest, baie de Quiberon/Granville, baie de Quiberon/rade de Brest, rade de Brest/Granville et baie de Quiberon. Si les meilleurs résultats larvaires sont corrélés aux meilleurs taux de fixation, les croisements de population faisant intervenir la baie de Quiberon semblent meilleurs ainsi que les populations baie de Quiberon et rade de Brest.

En 2012, le taux de survie larvaire moyen était de 26 % et le taux de survie larvaire moyen spécifique (uniquement pour les pontes transférées en fixation) était de 46 %. En comparaison, au cours de la saison de ponte 2013, la mise en place d'un meilleur suivi prophylaxique a permis une augmentation des survies larvaires comparativement aux deux années précédentes avec 63 % de survie moyenne et 84 % de survie moyenne spécifique.

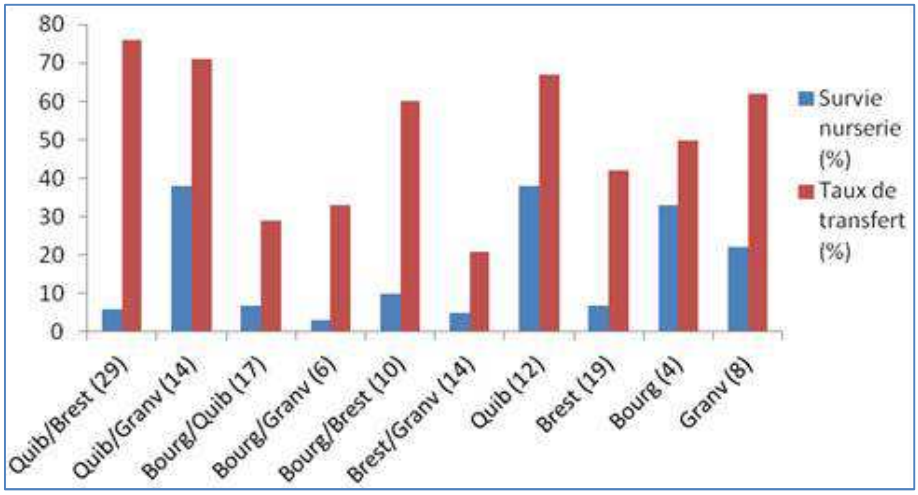


Figure 118 : Résultats de la phase postlarvaire 2012-2013

Les mortalités 2012 et 2013 apparaissent comme très fortes tout au long de la phase de nurserie et ce quel que soit le croisement effectué et l'âge du naissain. Seuls les croisements baie de Quiberon/Granville et les populations baie de Quiberon et baie de Bourgneuf ont des survies moyennes supérieures à 20 %. Malgré de faibles taux de survie moyens constatés en nurserie, des taux de transfert moyens « intéressants » et supérieurs à 50 % (plus d'une ponte sur 2 transférée en mer) sont à signaler pour les croisements baie de Quiberon/rade de Brest, baie de Quiberon/Granville, baie de Quiberon, Granville et baie de Bourgneuf/rade de Brest.

L'histogramme (Figure 119 : Mortalité micro-nurserie et nurserie 2013) montre des mortalités très élevées, que ce soit sur la première moitié de la nurserie, de la fixation au premier tri (mortalité J30 à J45), que sur la seconde moitié (mortalité J45 à J90). Il n'a pas été constaté sur cette phase de mortalité massive mais une redondance continue des mortalités tout au long de la nurserie. Le système de nurserie mise en place pour les besoins du programme ainsi que les protocoles d'élevage et de suivi expérimental peuvent être en grand partie à l'origine de ces mortalités car non adaptés à l'huître plate. Néanmoins le choix a été fait de conserver le protocole identique sur les deux années du programme, l'objectif étant de comparer entre eux 6 croisements et 4 populations étudiés dans un environnement identique. Un changement du protocole en cours d'année de production aurait biaisé les résultats et compliqué les comparaisons.

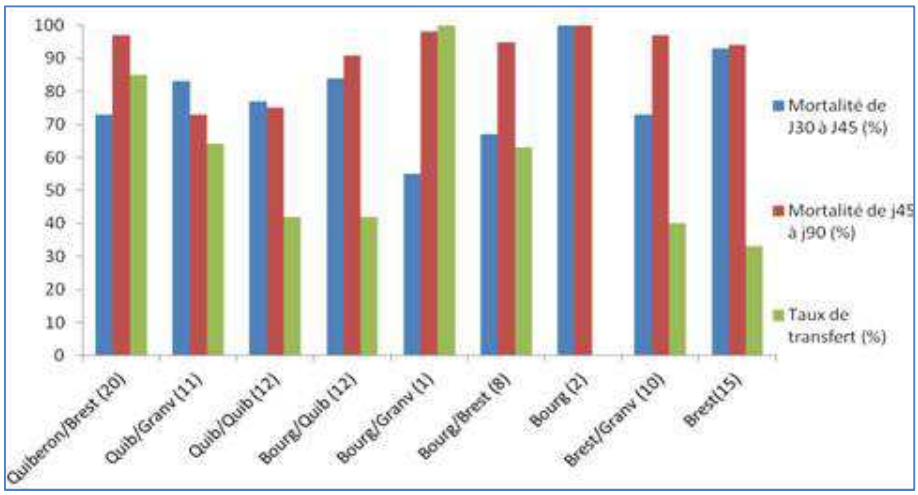


Figure 119 : Mortalité micro-nurserie et nurserie 2013

Le Tableau 17 : Récapitulatif des familles transférées présente le nombre de familles transférées en mer par croisement et par an. Au cours des 4 ans de production, 80 familles divisées en plusieurs lots ont été transférées en mer avec un maximum de transfert pour le croisement baie de Quiberon/rade de Brest.

Croisements	2010-2011	2012	2013	Totaux
Baie de Quiberon/Rade de Brest	3	7	15	**25**
Baie de Quiberon/Granville	1	3	7	**11**
Baie de Bourgneuf/Baie de Quiberon	0	1	4	**5**
Baie de Bourgneuf/ Granville	0	1	1	**2**
Baie de Bourgneuf/Rade de Brest	0	1	5	**6**
Rade de Brest /Granville	0	2	1	**3**
Baie de Quiberon	2	2	5	**9**
Rade de Brest	3	4	4	**11**
Granville	0	4	1	**5**
Baie de Bourgneuf	1	2	0	**3**
Total des transferts en mer	**10**	**27**	**43**	**80**

Tableau 17 : Récapitulatif des familles transférées

Productions 2014

La fin du programme PERLE, initialement programmée au 31 décembre 2013, a pu être poursuivie jusqu'au 31 juin 2014. Ce temps supplémentaire a été mis à profit pour des essais zootechniques :

- Produire une première génération de familles F2, grâce à des familles produites en 2012 et sélectionnées sur des critères de survie en SP6 – ESTIMATION DES PERFORMANCES DE CROISSANCE DE L'HUÎTRE PLATE EN MILIEU NATUREL COUPLÉ À UN SUIVI DE L'ENVIRONNEMENT. L'objectif était d'étudier si des différences ressortaient entre des reproductions à partir de jeunes individus sélectionnés par rapport à des reproductions initiées à partir de géniteurs sauvages,
- Mettre un point et tester une nurserie plus adaptée aux besoins de l'huître plate tout en réduisant les opérations de maintenance, les besoins énergétiques et les besoins en microalgues.

Concernant les reproductions en couple de géniteurs nés à l'écloserie, un défaut de la pompe à chaleur, n'a pas permis d'aller au bout de la phase de fécondation/incubation. Cette étape de 45 jours pour 2011 2012 et 2013, n'a pu être maintenue que pendant 15 jours en 2014. Aucun taux de fécondation n'a donc été estimé en 2014. Néanmoins, 16 pontes ont été émises et conservées. Il a été cependant constaté une bonne synchronisation des expulsions larvaires qui n'a jamais été constatée les années précédentes. Les difficultés rencontrées pour le chauffage de l'eau de mer n'ont pas permis de réaliser les opérations d'élevage larvaire dans des conditions idéales, néanmoins la survie moyenne a été de 51 % et le taux de fixation moyen a été de 14,5 %.

Un système de nurserie semi-fermé a été mis en place. Le principe est de faire re-circuler l'eau de mer après sa sortie des tamis. L'eau de mer est donc ainsi réutilisée plusieurs fois avant de partir à l'égout, ceci permettant de limiter le nombre de calories dédiées à son chauffage, de réutiliser les microalgues non consommées et d'augmenter de façon très importante la quantité d'eau de mer passant dans chaque tamis. Un écumeur a été placé dans le bac de collecte de l'eau de mer en sortie de tamis afin d'éliminer, en continue, un maximum de fèces et de déchets.

Source : Ollier S ©

Figure 120 : Nurserie en apport d'eau de mer re-circulé

Un apport d'eau neuve de 20 %/h du volume total a été conservé durant toute la durée des tests. La recirculation de l'eau, grâce à une pompe, a permis de maintenir un débit de 350 litres en moyenne par heure et par tamis. Les concentrations en algues dans le système ont été maintenues proches de 1 600 $\mu m^3/\mu l$. Une température de 23°C a été maintenue les 15 premiers jours du test et a été abaissée autour de 21°C pour la seconde partie du test.

Comme lors des années précédentes une forte mortalité a été constatée lors de la phase de micro-nurserie. La survie moyenne après les 15 premiers jours dans le système n'a été que de 10 %. A l'issue de cette phase de mortalité et après élimination des naissains morts, le protocole a été maintenu selon les mêmes paramètres. La survie des naissains jusqu'à leurs transferts en mer a été de 80 %. De plus, grâce à ce système, les naissains ont atteint la taille dite « T6 » (10 mm) après seulement 2,5 mois soit 15 jours de mois que les années précédentes. Sur les 6 semaines de test, l'unité n'a été vidangée et nettoyée que 3 fois, alors que le système en flux ouvert utilisé les années précédentes était nettoyé 3 fois par semaine. L'élimination des fèces et des déchets s'est avérée très efficace, limitant ainsi les opérations de maintenance et réduisant en partie le stress lié à ces opérations.

La forte mortalité constatée en micro-nurserie pourrait être expliquée par un transfert de la fixation vers la nurserie trop précoce et/ou par des paramètres trop intensifs en début de cycle de nurserie.

Source : Hussenot M ©

Figure 121 : Naissain de 2 mois élevés en nurserie pilote

Conclusions et perspectives

Le mode de reproduction particulier de l'huître plate a nécessité dans un premier temps la maitrise en milieu contrôlé de chacune des étapes du cycle d'élevage et tout particulièrement dans le cadre d'essais expérimentaux de croisements nécessitant la constitution de couples et leurs gestions.

Dès 2012, la mise en place progressive des moyens humains et matériels ainsi que l'acquisition de connaissances et de compétences sur l'élevage de l'huître plate ont permis de lever différents points de blocage et améliorer ainsi la maitrise du cycle de reproduction. L'amélioration de la prophylaxie, le suivi bactériologique mis en place et les améliorations zootechniques ont permis une montée en puissance de la capacité de production contribuant directement à l'augmentation du nombre de familles produites en 2012 et 2013.

Ces améliorations ont permis notamment d'augmenter grandement la survie des élevages larvaires et les taux de fixation et ainsi directement le nombre de familles produites et transférées pour les tests en mer. Malgré des mortalités conséquentes en nurserie, le nombre de naissains produits par famille a été, dans la plupart des cas, suffisant à la réalisation des tests en mer. Les tests en nurserie mis en place en 2014 ont été concluants avec des croissances et des taux de survie très intéressants. Il subsiste néanmoins un dernier point de blocage sur la phase post larvaire. Dans le cadre du SP8 – TRANSFERT ET AMÉLIORATION DES CONNAISSANCES DE LA REPRODUCTION, les travaux et résultats sur l'amélioration en écloserie de l'élevage des post-larves d'huître plate menés par l'Ifremer Argenton ont permis des avancées significatives sur ce dernier verrou et seront mis en œuvre dans les suites à donner au programme PERLE.

L'analyse du taux de fécondité des géniteurs au cours du programme a permis d'identifier 1 croisement et 2 populations d'intérêt zootechnique qui sont baie de Quiberon/rade de Brest (44 %), baie de Quiberon (65 %) et rade de Brest (65 %). A noter cependant, un bémol pour la population de géniteurs de la rade de Brest qui en comparaison aux 3 autres populations semble beaucoup plus fortement touchée par les mortalités (30 %). Les résultats larvaires et post larvaires 2012 et 2013 semblent mettre en avant les croisements faisant notamment intervenir la population de la baie de Quiberon. Plus précisément 2 croisements de populations baie de Quiberon/rade de Brest et baie de Quiberon/Granville ainsi que la population baie de Quiberon apparaissent comme particulièrement intéressants en termes de production en écloserie.

Cette facilité relative à la production de baie de Quiberon, baie de Quiberon/rade de Brest et baie de Quiberon/Granville, couplée à la maîtrise de la production de l'huître plate en écloserie permet d'envisager la poursuite de tests expérimentaux d'envergure et la production, à grande échelle, de naissains pouvant contribuer à la restauration durable de bancs naturels d'huîtres plates.

Objectif du sous programme

Le sous-programme se divisait en deux parties distinctes :

- Compléter les résultats des croisements en écloserie par un suivi des familles en milieu ouvert et selon différentes techniques de production,
- Analyser quantitativement et expliquer les relations entre environnement (température, nourriture disponible) et performances de croissance et de reproduction de l'huître plate, en utilisant un modèle de croissance de type DEB (budget d'énergie dynamique).La mutualisation des résultats Ifremer, CRC Bretagne-Nord et SMIDAP permettra de comparer des croissances d'individus dans le milieu naturel et en production.

Méthodes

Dimensionnement et choix des techniques de production en mer

En sortie d'écloserie (cf. SP5 – TESTAGE CROISÉ DES POPULATIONS), les naissains sont transférés vers 3 sites-tests de grossissement que sont la rade de Brest, la baie de Cancale et la baie de Bourgneuf. Les deux premiers sites ont été suivis par le CRC Bretagne-Nord alors que les huîtres transférées en baie de Bourgneuf ont été suivis par le SMIDAP.

Au total, 176 lots ont été transférés en mer tous sites confondus au cours du programme PERLE.

Sites	Cage	Estran	Lanterne	Marais	Nombre de lots transférés
Cancale	X				17
Brest	X	X	X		126
Bourgneuf		X		X	33

Tableau 18 : Répartition du nombre de lots transférés selon le site de production et le mode d'élevage

Le faible nombre de naissains et de familles obtenus par croisement a orienté la mise en place du protocole de test. Il a été décidé de conserver et de suivre individuellement l'intégralité des familles issues des couples du SP5 – TESTAGE CROISÉ DES POPULATIONS en eau profonde en rade de Brest. En baie de Bourgneuf, afin de limiter le nombre de lots suivis, il a été décidé de réaliser en sortie d'écloserie des lots constitués d'huîtres de plusieurs familles d'un même croisement et ainsi obtenir un lot représentatif d'un croisement de population. Pour le test en baie de Cancale, seules des familles biparentales ont été élevées en parallèle aux élevages de la rade de Brest et de la baie de Bourgneuf.

L'élevage au sol en eau profonde, pratiqué par les professionnels, n'a pas été testé. En effet, la perte par chasse n'étant pas quantifiable précisément, la comparaison avec les autres méthodes d'élevage n'aurait pas été possible.

Rade de Brest

Le CRC Bretagne-Nord a initié des travaux avant le lancement du programme. Ces premiers essais ont pu être possibles dès 2010 grâce au concours de producteurs locaux grâce au prêt de matériels et la mise à disposition de moyens nautiques et de concessions.

A partir de 2012, afin d'accueillir un plus grand nombre de lots produits par l'unité expérimentale d'Hanvec, le CRC Bretagne-Nord s'est doté de quatre cages à poches ostréicoles (48 chacune) placées en rade de Brest sur la concesion de captage professionnel de Lomergat (point GPS : 48°17'078''N; 004°21'732''W).

Trois techniques de production ont été expérimentées et comparées :

- En « eau profonde » (proche du fond et immergée en permanence) : cages à poches ostréicoles sur le site de Lomergat

Source : Hussenot M ©

Figure 122 : Cage déployée à Lomergat

- En « suspension » (en surface et immergée en permanence) : lanternes sur le site de Lomergat. Initialement, le CRC Bretagne-Nord devait mettre en place une filière complète permettant d'accueillir un nombre important de lanternes. Le programme initialement prévu sur 4 années ayant été raccourcie à 2 années, l'investissement important d'une telle structure ne se justifiait plus. Une petite unité de test de 2 lanternes pouvant accueillir séparément une vingtaine de familles a été mise en place, permettant de tester l'efficacité de cette technique d'élevage.

Source : Hussenot M ©

Figure 123 : Lanterne déployée à Lomergat

- Sur estran (découvrant par coefficient supérieur à 90) : poches sur tables ostréicoles dans l'anse de Keroullé.

Source : Hussenot M ©

Figure 124 : Poches déployées sur estran

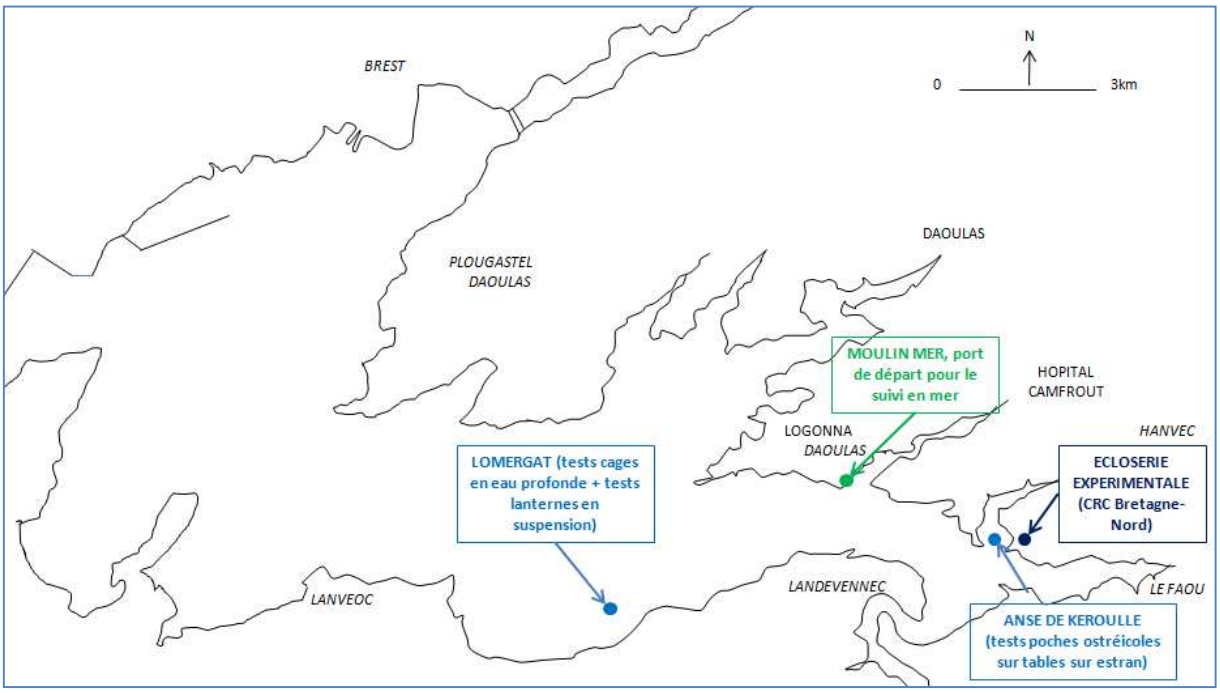


Figure 125 : Localisation des lieux d'élevage en rade de Brest

Baie de Cancale

En baie de Cancale (point GPS : 48°39'582''N; 001°48'088''W), le CRC Bretagne-Nord dispose également de 4 cages d'une capacité de 12 poches chacune. Seul l'élevage en cages en eau profonde a été expérimenté.

Source : Hussenot M ©

Figure 126 : Cages en baie de Cancale lors du dernier tri (juin 2014)

Baie de Bourgneuf

Deux techniques ont été testées : l'élevage en marais, permettant une phase de prégrossissement des naissains, et l'élevage sur estran.

- En marais, l'étude a été conduite sur le secteur des Moutiers-en-Retz (zone aquacole de Lyarne), situé dans la partie nord de la baie de Bourgneuf. Ce choix se justifie par des atouts majeurs que présente le site : marais profond, richesse phytoplanctonique, mise à disposition des outils de production et entière collaboration du professionnel partenaire.

Source : Foki R ©

Figure 127 : Marais sur le secteur des Moutiers-en-Retz

- Sur estran, les tests techniques ont été conduits sur le secteur de « La Chausse », au nord-est de l'île de Noirmoutier. Ces tests ont été menés sur un parc dit « bas » découvrant pour des coefficients de marée voisins de 95/100, avec des fonds sableux (zone propice à l'élevage de l'huître plate). Ce sont les parcs les plus bas du secteur. Le professionnel partenaire a mis à disposition des tables d'élevage et a assuré le transport sur zone de l'équipe lors de chaque chantier de mesure.

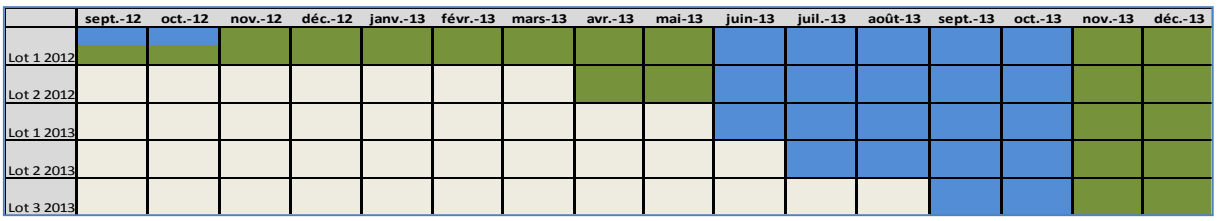
Source : Foki R ©

Figure 128 : Poches sur estran au nord est de l'île de Noirmoutier

Un total de cinq cohortes (composées de six familles chacune) transférées respectivement en septembre 2012, avril, juin, juillet et septembre 2013 ont été testées en baie de Bourgneuf.

Croisements de population	Cohorte 1	Cohorte 2	Cohorte 3	Cohorte 4	Cohorte 5
Baie de Bourgneuf	X				X
Baie de Bourgneuf/Baie de Quiberon					X
Baie de Bourgneuf/Rade de Brest			X	X	
Baie de Bourgneuf/Granville			X	X	
Baie de Quiberon		X			X
Baie de Quiberon/Rade de Brest	X	X	X	X	X
Baie de Quiberon/Granville	X	X	X	X	X
Rade de Brest	X	X		X	X
Rade de Brest/Granville	X	X		X	
Granville	X	X	X		

Tableau 19 : Composition des cohortes



Bleu : élevage sur estran, vert : élevage en marais

Figure 129 : Calendrier des lots réceptionnés par le SMIDAP

Méthodologie du suivi du naissain en production

En rade de Brest, les naissains ont été échantillonnés tous les 3 mois afin d'évaluer la mortalité et le gain de biomasse. A chaque tri, l'ensemble des familles ont été rapatriées sur le site de l'écloserie à Hanvec pour le chantier de mesure. Les huîtres mortes et les vivantes sont comptées, pesées puis les vivantes remises en poche. Une fois la totalité des poches et lanternes triées, elles sont replacées en mer. Les informations recueillies sont notées dans un cahier d'élevage. Le même protocole de prise de données a été respecté pour les 3 modes d'élevage afin de pouvoir comparer les croissances et les mortalités.

L'ensemble des travaux en mer pour la rade de Brest a été assuré par un prestataire, mytiliculteur, disposant d'un moyen nautique.

Les poches disposées sur tables ostréicoles sur estran sont récupérées à pied par basse mer lors de coefficients de marée supérieurs à 100 puis transportées jusqu'à l'écloserie pour la prise de mesure.

En baie de Cancale, la méthodologie de suivi des lots est la même qu'en rade de Brest, à l'exception que les poches n'ont pas été triées à terre mais directement sur le bateau en raison de l'éloignement du site. En juin 2014, l'ensemble des familles déployées en baie de Cancale ont été rapatriées sur le site d'Hanvec pour la prise de données finales.

Pour la baie de Bourgneuf, le suivi a été réalisé au travers de campagnes d'échantillonnage menées selon une périodicité mensuelle sur le secteur estran et bimensuelle pour le secteur du marais. Quant aux poches sur estran, les huîtres n'étaient accessibles que durant les marées de vives eaux.

Source : Hussenot M ©

Figure 130 : Taille du naissain avant transfert en mer

Les croissances linéaires des individus ont été mesurées au moyen d'un pied à coulisse sur un lot de 20 individus. Ces mesures ont servi à déterminer l'homogénéité des croissances au sein des lots. Ont également été suivies les croissances pondérales, mesurées en triplicat sur 20 individus à l'aide d'une balance de précision, ainsi que les mortalités évaluées suite au comptage en triplicat de lots de 100 individus (si l'effectif total dans la poche était inférieur à 300 individus, un comptage de l'ensemble du lot était pratiqué).

Résultats des croissances et des survies en production

Pour chacun des 176 lots suivis au cours du programme et par l'intermédiaire du suivi du poids moyen et du taux de mortalité, il a été possible de calculer le rendement à l'élevage selon la formule suivante :

(Nombre final x Poids final)/(Nombre initial x Poids initial)

Le rendement à l'élevage, est un indice zootechnique « global » qui intègre la croissance et la mortalité.

Taux de mortalité en rade de Brest

Ce graphique (Figure 131 : Mortalité (%) des familles 2010-2011 en rade de Brest) compare la mortalité moyenne des lots produits en 2010-2011 regroupés par croisement. Les points « maxi » correspondent aux familles ayant les plus forts taux de mortalité au sein de chaque croisement et inversement pour les points « mini ». Chaque box (rectangle noir) représente 50 % des familles qui composent le croisement.

***Remarque** : Les chiffres entre parenthèses qui suivent les noms des croisements de populations dans les graphiques correspondent aux nombres de familles considérées par type de croisements.*

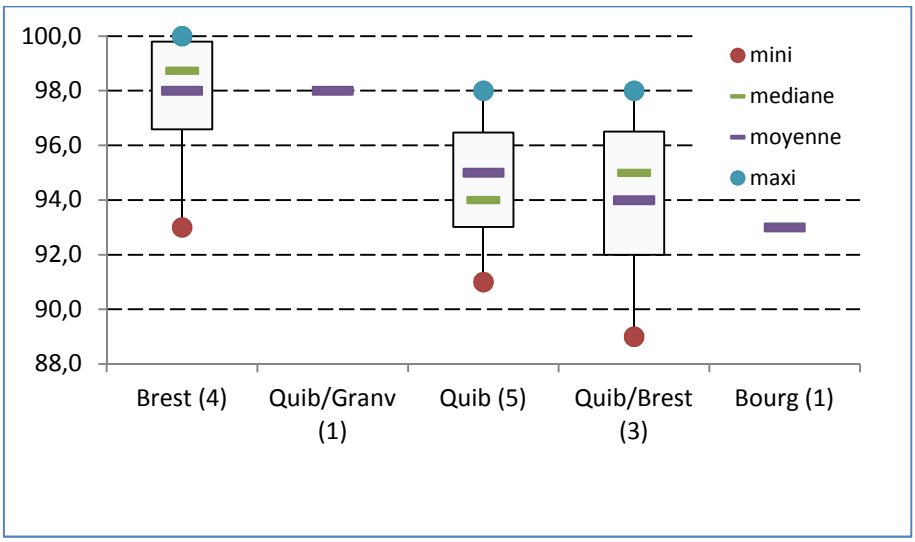


Figure 131 : Mortalité (%) des familles 2010-2011 en rade de Brest

Pour les familles transférées en mer en 2010 et 2011 et suivies jusqu'à juin 2014, on observe peu de différences de mortalité entre et au sein des différents croisements effectués. De plus, pour l'ensemble des familles produites, les mortalités cumulées sont très importantes et comprises entre 89 % et 100 %. La mortalité moyenne apparait toutefois très légèrement plus forte pour les croisements Brest. Le faible nombre de lots par croisement ne permet pas de conclure.

Afin de dégager des tendances les plus représentatives possibles, les résultats des familles 2012 et 2013 ont été regroupés par croisement et mutualisés sur un graphique présentant leurs mortalités respectives après une année passé en mer.

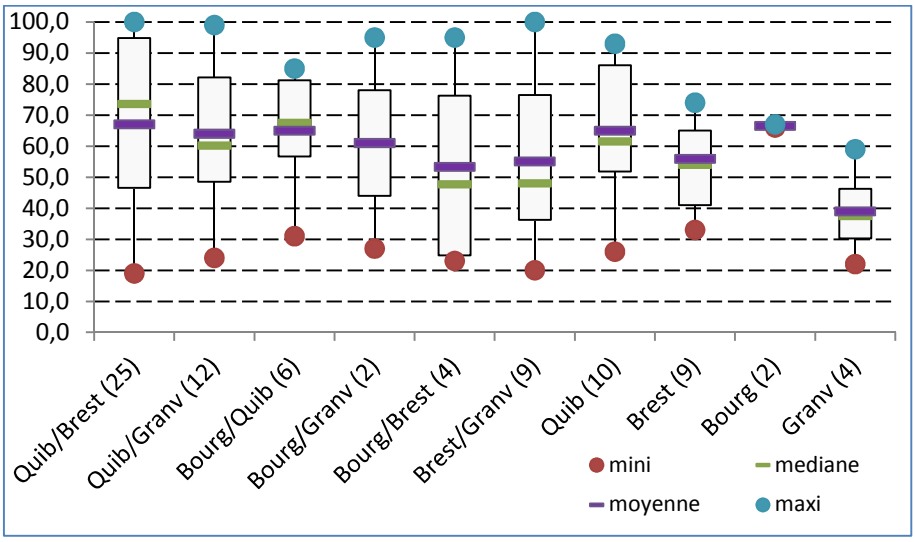


Figure 132 : Mortalité (%) des familles 2012 et 2013 après 1 an en rade de Brest

Les taux de mortalités des familles 2012 et 2013 à 1 an présentent également de fortes variabilités au sein d'un même croisement de populations mais pas ou peu de différences entre les croisements à l'exception de la population de Granville. Pour chacun des croisements présentés, les « meilleures » (point mini) et les « moins bonnes » (point maxi) familles apparaissent comme comparables.

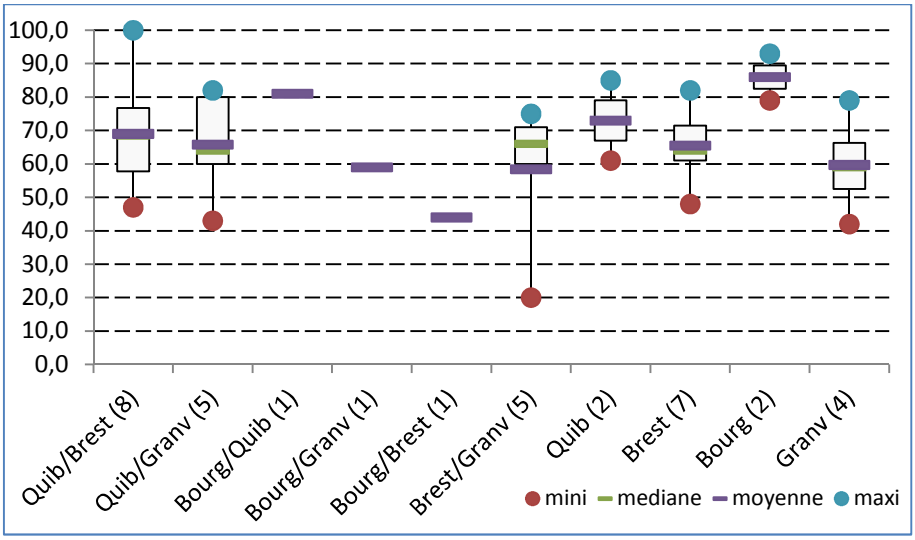


Figure 133 : Mortalité (%) des familles 2012 à 2 ans en rade de Brest

Le graphique (Figure 133 : Mortalité (%) des familles 2012 à 2 ans en rade de Brest) présente également de fortes variabilités de taux de mortalité mais le faible nombre de familles produites en 2012 ne permet pas l'identification de tendances.

Taux de mortalité en baie de Bourgneuf

Cohorte 1 (Lot 1 2012)

Cette cohorte a été mise à l'eau en septembre 2012 et a été suivie jusqu'à fin octobre 2013.

Elle est composée de six lots différents, issus de croisements inter ou intra-origines, de Quiberon/Brest, Brest, Granville, Bourgneuf, Brest/Granville et Quiberon/Granville.

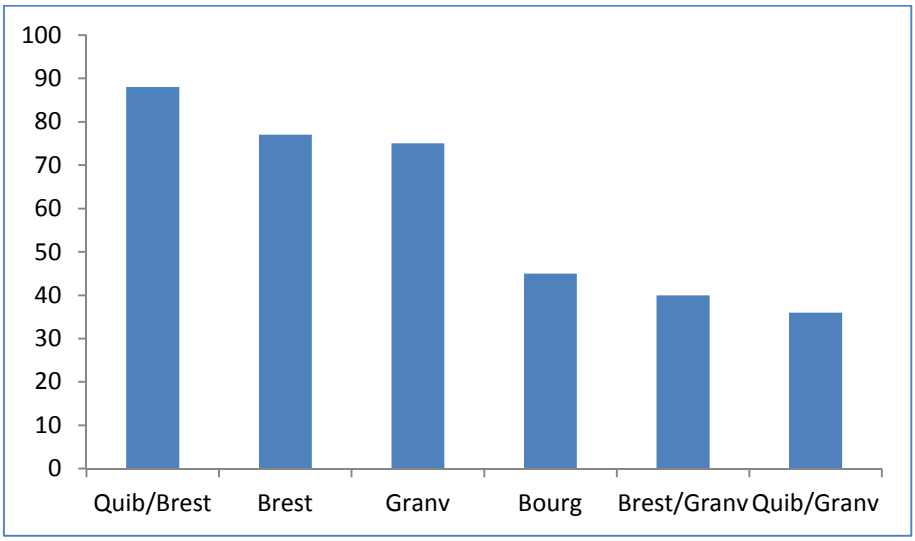


Figure 134 : Taux de mortalité (%) des lots de la cohorte 1

Les taux de mortalité varient très fortement, entre 38 % et 88 %. De plus, une mortalité anormale (perte des naissains trop petits) de l'ordre de 30 % a été observée.

Au sein de chacun des lots, les mortalités ont été conséquentes. Les lots Bourgneuf, Brest/Granville et Quiberon/Granville ont subi une mortalité moyenne de 43 % alors qu'elle est de 81 % pour les lots Granville, Brest et Quiberon/Brest.

Cohorte 2 (lot 2 2012)

Cette cohorte a été suivie d'avril à fin octobre 2013. Elle est composée des mêmes lots que la cohorte 1, excepté Bourgneuf remplacé par Quiberon.

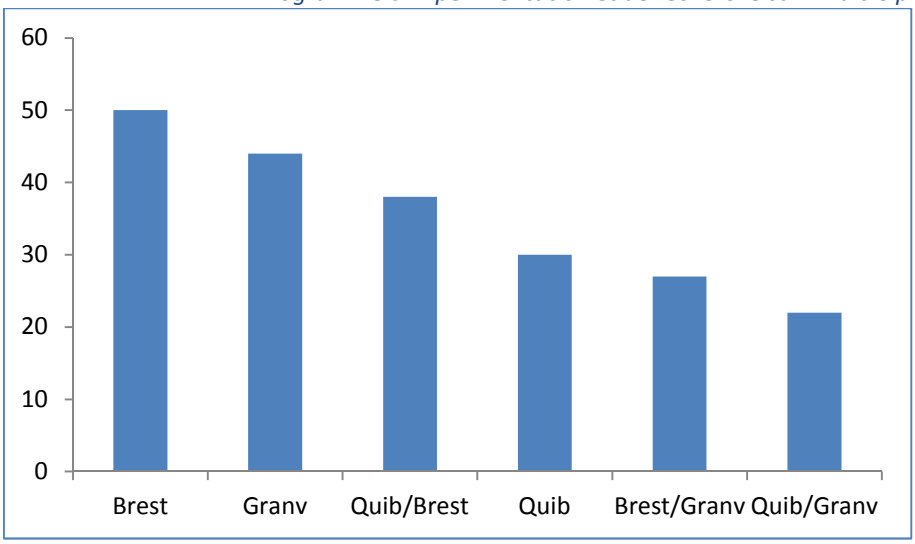


Figure 135 : Taux de mortalité (%) des lots de la cohorte 2

Pour la cohorte 2, les taux de mortalités sont très variables de 22 % à 50 %. Ils sont globalement élevés, bien que plus faibles que ceux observés pour la cohorte 1. Grâce à une bonne calibration des naissains reçus, aucune perte majeure n'a été observée à la mise à l'eau.

Au cours du cycle d'élevage, il n'a pas été constaté de pics majeurs de mortalité mais plutôt un phénomène faible mais récurrent s'étalant sur l'ensemble de la phase d'élevage.

Cohorte 3 (lot 1 2013)

Cette troisième cohorte a été suivie de juin à octobre 2013 et se compose des lots Granville, Quiberon/Brest (x2), Bourgneuf/Granville, Bourgneuf/Brest et Quiberon/Granville. Les lots ont été transférés directement sur estran, sans être pré-grossis en marais.

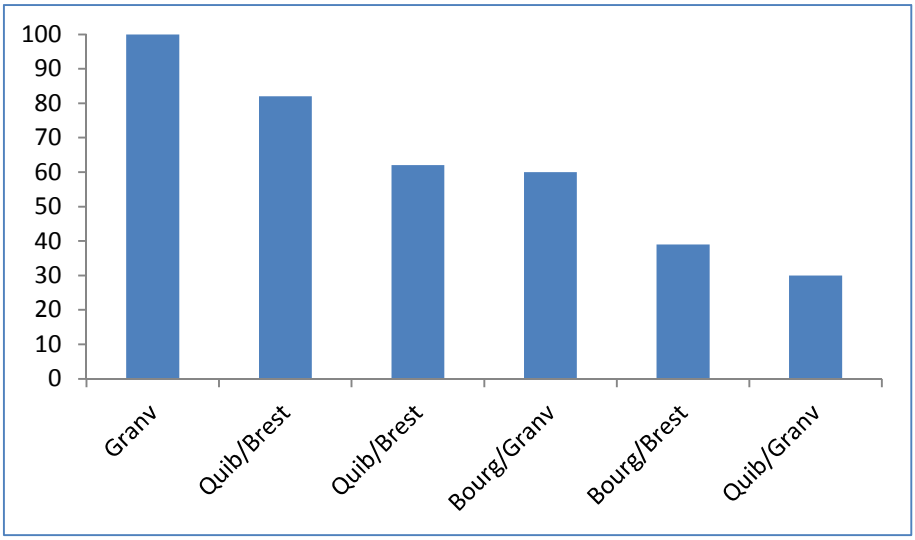


Figure 136 : Taux de mortalité (%) des lots de la cohorte 3

Pour la cohorte 3, le graphique (Figure 136 : Taux de mortalité (%) des lots de la cohorte 3) présente des taux de mortalité, également importants : 66 % en moyenne et atteignant 100 % pour le lot Granville.

Cohorte 4 (lot 2 2013)

Cette cohorte a été suivie de juillet à octobre 2013 et se compose des lots Bourgneuf/Granville, Brest, Quiberon/Granville, Quiberon/Brest, Brest/Granville et Bourgneuf/Brest.

Les lots ont été transférés directement sur estran, sans être pré-grossis préalablement en marais.

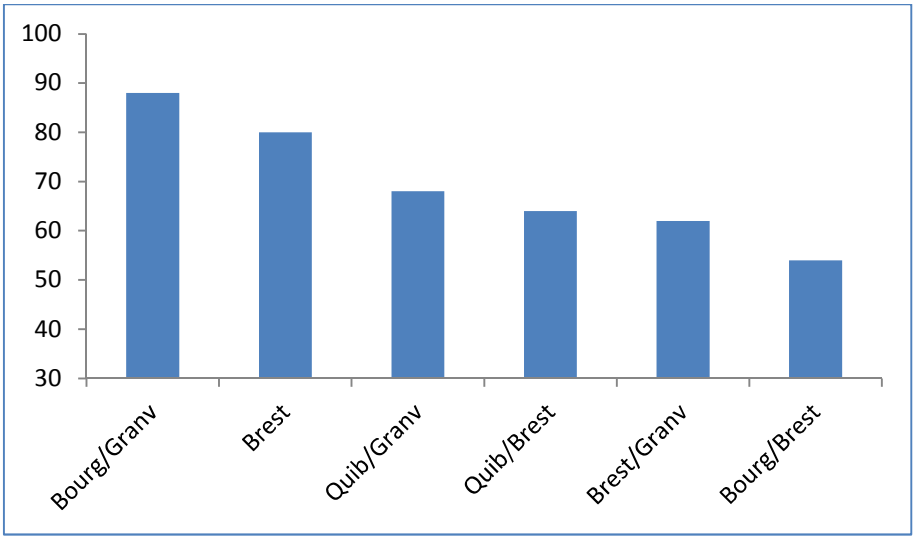


Figure 137 : Taux de mortalité (%) des lots de la cohorte 4

Les lots de la cohorte 4, ont subi également un fort taux de mortalité malgré la courte durée d'expérimentation (12 semaines). Ils varient fortement de 54 % à 88 %, pour une mortalité moyenne de 71 %.

Ces forts taux de mortalités s'expliquent en partie par la perte de plus de 30 % des naissains, lors de la mise à l'eau, suite à une erreur technique de manipulation et de stockage avant la mise en élevage sur les parcs. Ceci n'explique néanmoins qu'en partie les faibles taux de survie observés.

Cohorte 5 (lot 3 2013)

Une cinquième cohorte a été reçue et mise sur parcs le 20 septembre 2013.

Compte-tenu du temps d'expérimentation très court (de septembre à octobre 2013) et des très faibles croissances constatées, les données de cette cohorte n'ont pas été traitées.

Taux de mortalité en baie de Cancale

Concernant la baie de Cancale, les mortalités ne sont présentées qu'en comparaison avec la rade de Brest, afin de comparer les sites. 12 familles biparentales ont été réparties de façon homogène et transférées sur Cancale et Brest.

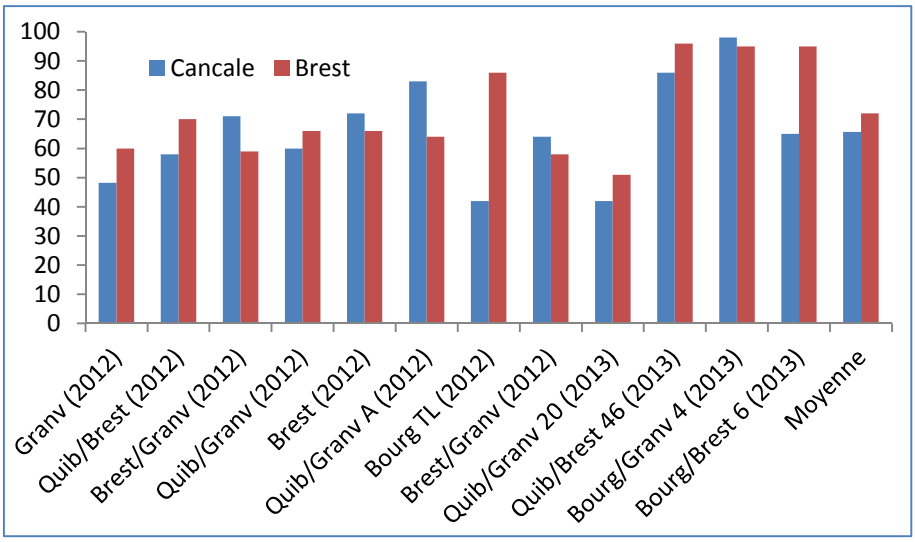


Figure 138 : Taux de Mortalité (%) de 12 familles 2012 et 2013 au 5 juin 2014 en rade de Brest et Cancale

Pour ces douze familles élevées simultanément en eau profonde à Cancale et à Brest, les taux de mortalité moyens sont comparables et respectivement de 65 % et 72 %. De plus, à l'exception du lot Bourgneuf TL (2012), les mortalités obtenues pour une même famille sont également sensiblement très proches quel que soit le site d'élevage.

Rendement en rade de Brest

L'histogramme (Figure 139 : Moyennes des rendements par population et croisement de populations 2010/2011) présente les rendements des naissains produits en 2010 et 2011 et suivis en mer jusqu'en juin 2014.

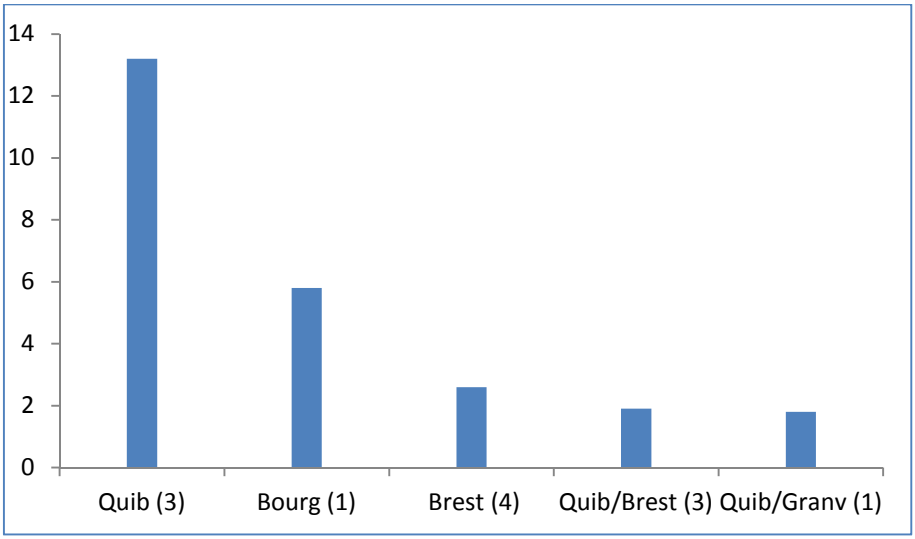


Figure 139 : Moyennes des rendements par population et croisement de populations 2010/2011

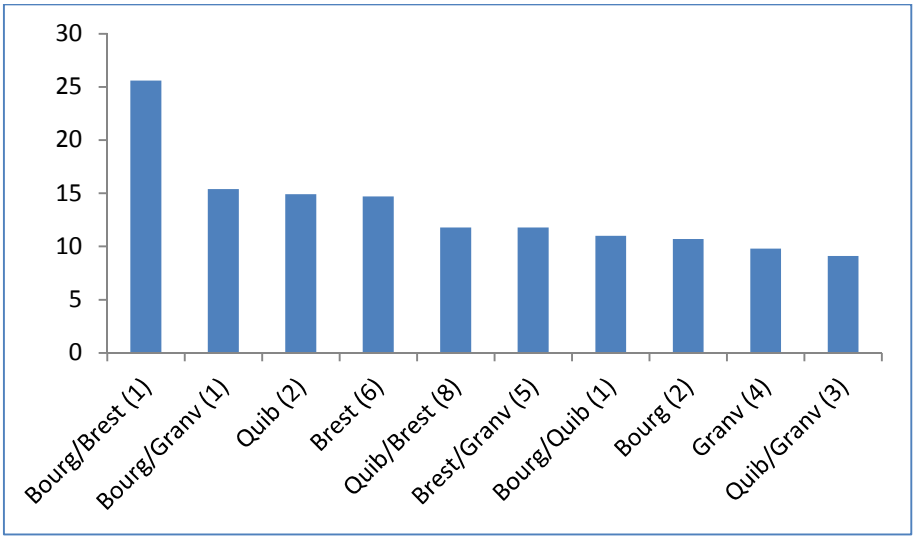


Figure 140 : Moyennes des rendements par croisement 2012 à 1 an

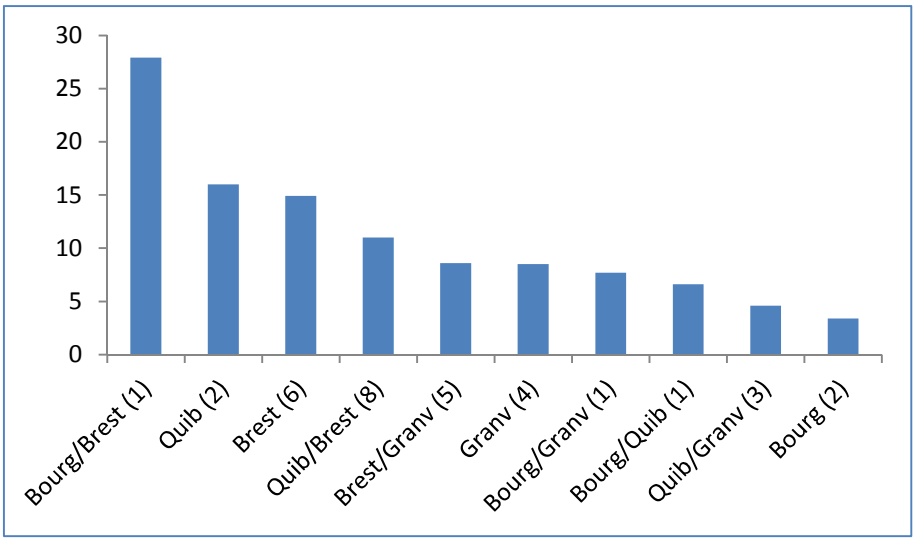


Figure 141 : Moyennes des rendements par croisement 2012 à 2 ans

Les croisements de populations 2010 et 2011 présentent de fortes variabilités de rendement, avec un rendement moyen sensiblement plus important pour la population Quiberon et dans une moindre mesure la population Bourgneuf. La population Brest et les croisements Quiberon/Brest et Quiberon/Granville apparaissent comme comparables.

Les 2 graphiques (Figure 140 : Moyennes des rendements par croisement 2012 à 1 an et Figure 141 : Moyennes des rendements par croisement 2012 à 2 ans) présentent les rendements moyens des lots produits en 2012 à 1 et 2 ans. Les rendements calculés apparaissent comme peu différents et donc comparables à l'exception du croisement Bourgneuf/Brest mais qui n'est représenté que par une seule famille. Le classement des croisements, du rendement le plus fort au rendement le plus faible, change d'une année de production en écloserie à l'autre et montre que l'indice varie plus ou moins selon les familles au sein d'un même croisement. Ces 2 graphiques ne permettent pas de mettre en évidence un ou des croisements significativement différents des autres.

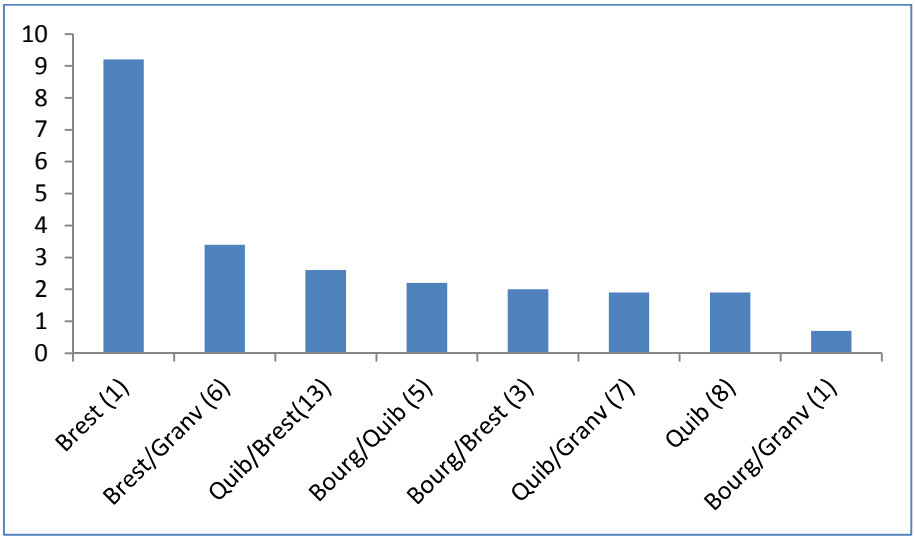


Figure 142 : Moyennes des rendements par croisement 2013 à 1 an

Le graphique des rendements 2013 (Figure 142 : Moyennes des rendements par croisement 2013 à 1 an) ne présente pas de différences significatives entre les croisements, à l'exception de la population Brest mais qui n'est représentée que pas une seule famille.

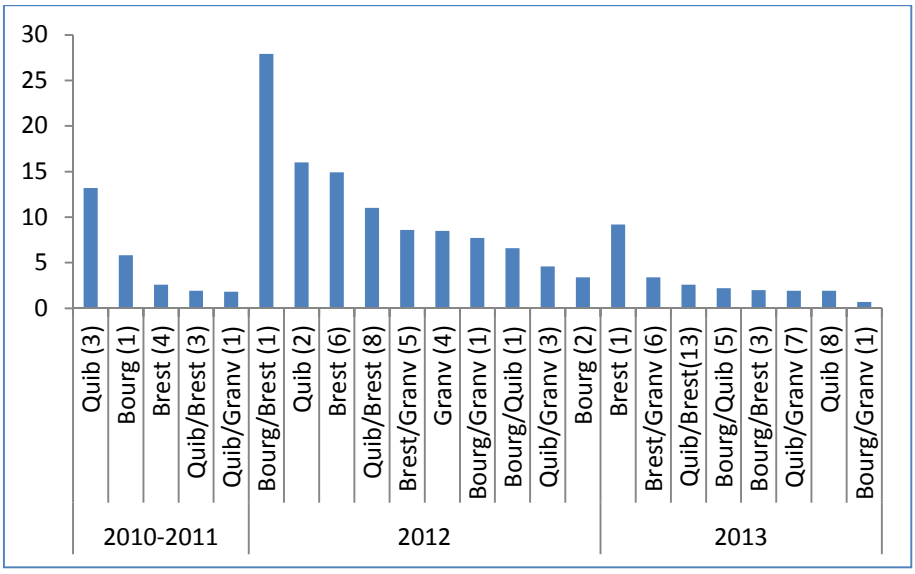


Figure 143 : Histogramme comparatif et récapitulatif des rendements moyens par croisement en rade de Brest

Le graphique (Figure 143 : Histogramme comparatif et récapitulatif des rendements moyens par croisement en rade de Brest) reprend les 3 histogrammes précédents afin d'illustrer les variations de « classement » interannuelle et ainsi l'impossibilité de classer strictement les 6 croisements et 4 populations les uns par rapport aux autres. En effet, aucun croisement de populations ni population ne ressort de façon récurrente en tête ou en queue de classement selon les années. Aucun lien n'a été constaté entre les 4 années de test en mer.

De plus, afin de présenter la forte variabilité des rendements au sein d'un même croisement, le graphique (Figure 144 : Comparaison des rendements à 1 an de 13 familles « Quiberon/Brest » produites en 2013) compare les rendements de 13 familles de même âge et de même croisement de population Quiberon/Brest.

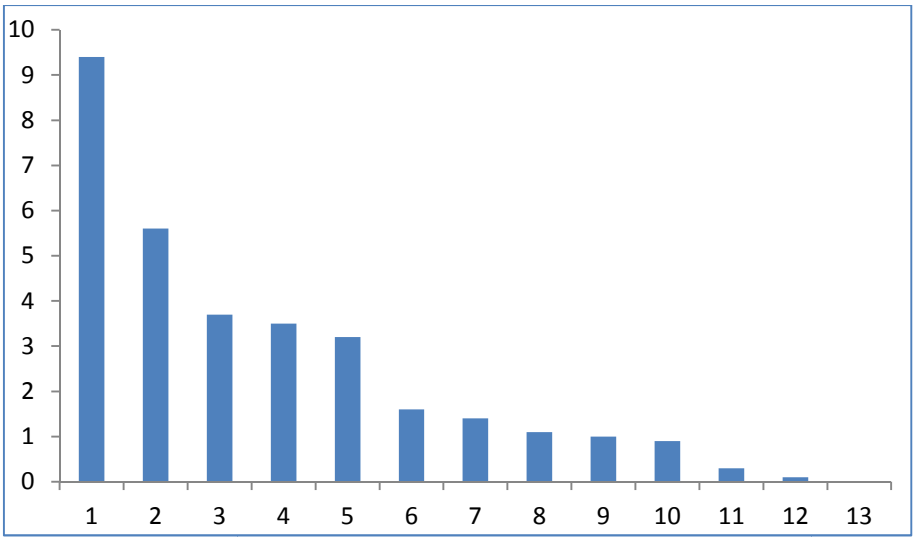


Figure 144 : Comparaison des rendements à 1 an de 13 familles « Quiberon/Brest » produites en 2013

Le graphique (Figure 144 : Comparaison des rendements à 1 an de 13 familles « Quiberon/Brest » produites en 2013) montre pour l'année 2013 de fortes variations de rendements obtenues pour un même croisement de populations Quiberon/Brest avec un rendement moyen de 2.4, un écart type de 2.7 et des valeurs d'indice allant de 0 à 9.3.

Les résultats obtenus pour les rendements des différentes familles produites et élevées en cage en rade de Brest ne permettent pas d'identifier des différences significatives entre les différents croisements. Il semblerait donc comme intéressant de poursuivre le suivi des lots mis en mer mais, à ce jour, les résultats obtenus ne permettent pas de conclure en faveur d'un ou plusieurs des 6 croisements et 4 populations testés.

Croissance et rendement Bourgneuf

En baie de Bourgneuf, grâce à une plus grande fréquence d'échantillonnages et de mesures réalisées, des courbes de tendance ont été produites. Cependant, pour les 4 cohortes, aucun suivi n'a été effectué au cours de la période hivernale (de novembre à avril).

Cohorte 1

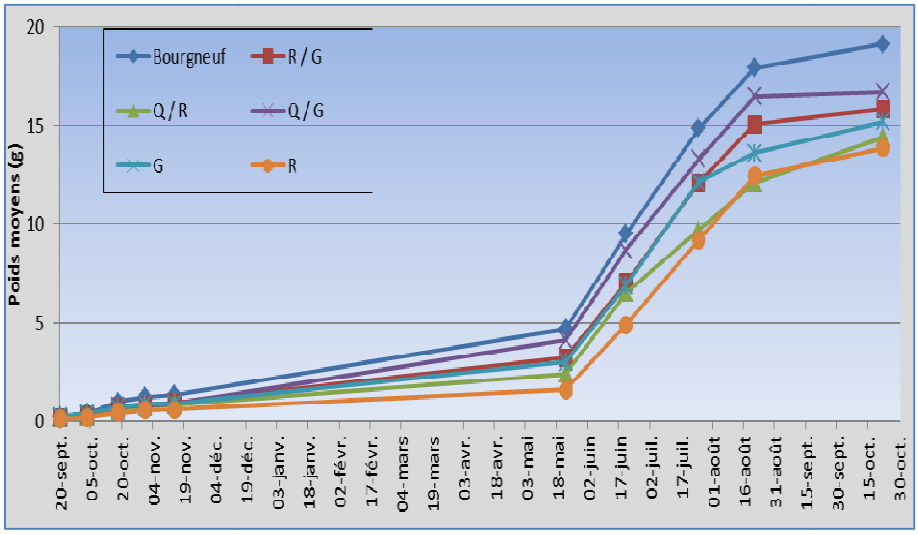


Figure 145 : Courbes de croissance des lots de la cohorte 1 (de septembre 2012 à octobre 2013)

Selon le graphique (Figure 145 : Courbes de croissance des lots de la cohorte 1 (de septembre 2012 à octobre 2013)), le lot Bourgneuf présente la croissance la plus forte, atteignant un poids moyen final de 19.2 g. Les croissances observées pour les autres lots sont relativement similaires avec des poids moyens finaux variant de 13.9 g à 16.7 g.

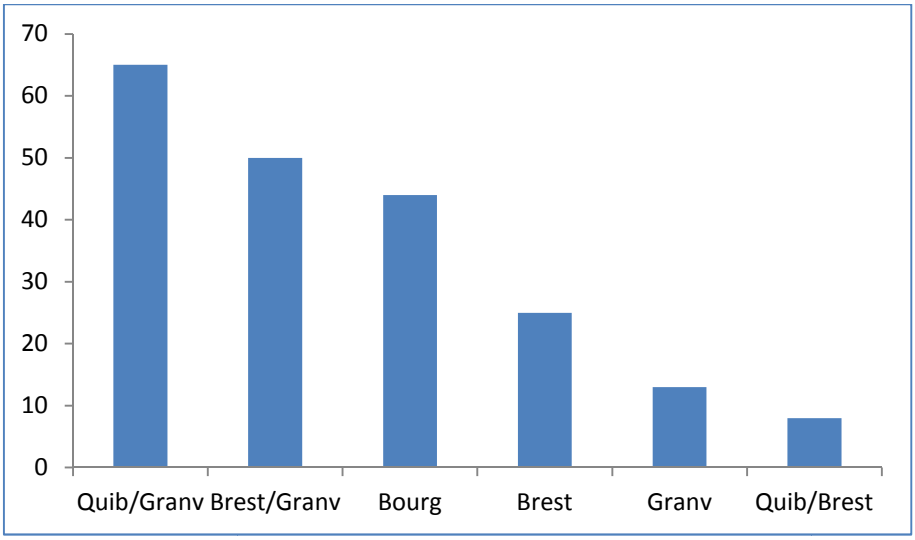


Figure 146 : Rendements des lots de la cohorte 1

Les rendements de la cohorte 1 (de septembre 2012 à octobre 2013) peuvent être répartis en 3 classes. Des rendements élevés ont été constatés pour Quiberon/Granville. Les rendements semblent moyens pour le croisement Brest/Granville et la population Bourgneuf. Les rendements sont qualifiés de faibles pour Brest, Granville et le croisement Quiberon/Granville.

Cohorte 2

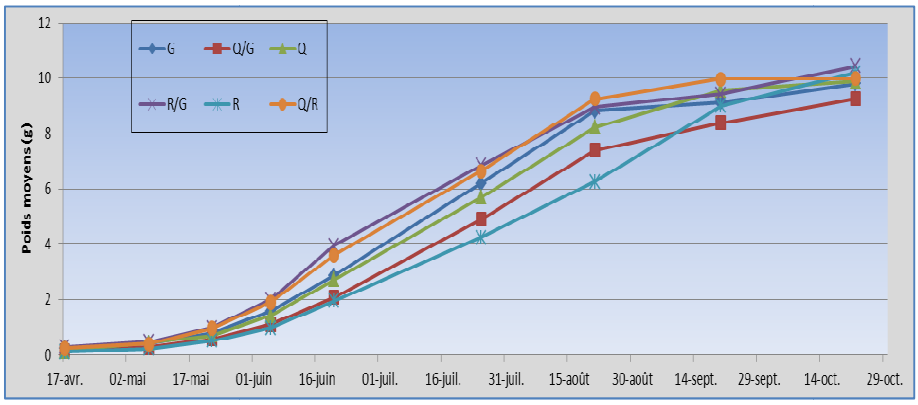


Figure 147 : Courbes de croissance des lots de la cohorte 2 (avril à octobre 2013)

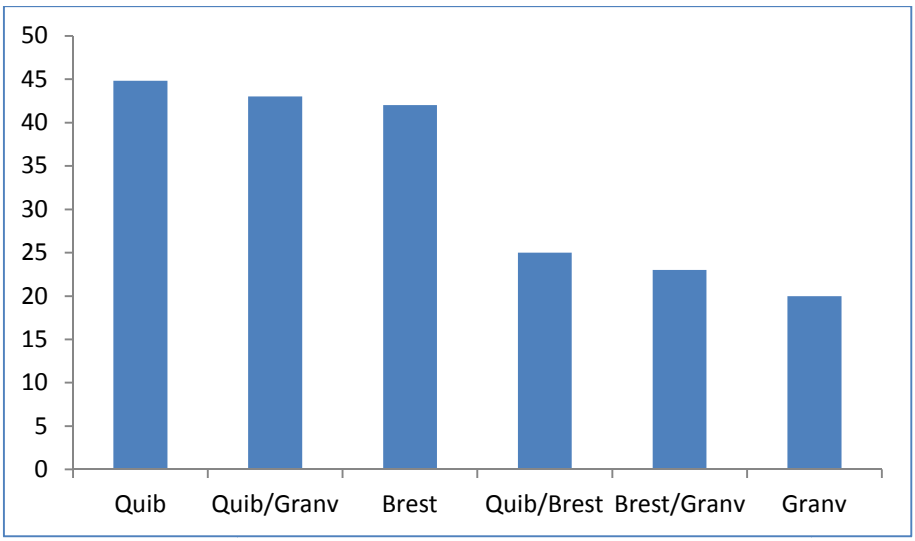


Figure 148 : Rendements des lots de la cohorte 2

Les résultats présentés (Figure 147 : Courbes de croissance des lots de la cohorte 2 (avril à octobre 2013)) montrent que les croissances ont été homogènes pour l'ensemble des lots et que les poids moyens finaux varient peu d'un croisement à l'autre, de 9.3 à 10.5 g.

Pour la cohorte 2 (suivie d'avril à octobre 2013), les rendements d'élevage varient entre 19.8 et 44.8. Les rendements sont nettement plus élevés pour les populations Quiberon et Brest et le croisement Quiberon/Granville. *A contrario*, les rendements des croisements Quiberon/Brest, Brest/Granville et la population Granville sont faibles.

Cohorte 3

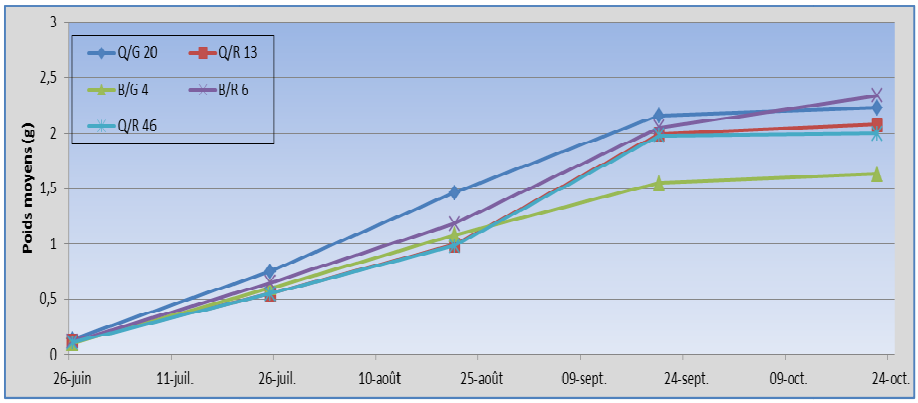


Figure 149 : Courbes de croissance des lots de la cohorte 3 (de juillet à octobre 2013)

Les croissances observées durant l'été et l'automne 2013 sur estran ont été très faibles à l'issue des quatre mois d'élevage. Elles apparaissent néanmoins relativement homogènes pour l'ensemble des lots, mais plus faible pour le croisement Bourgneuf/Granville.

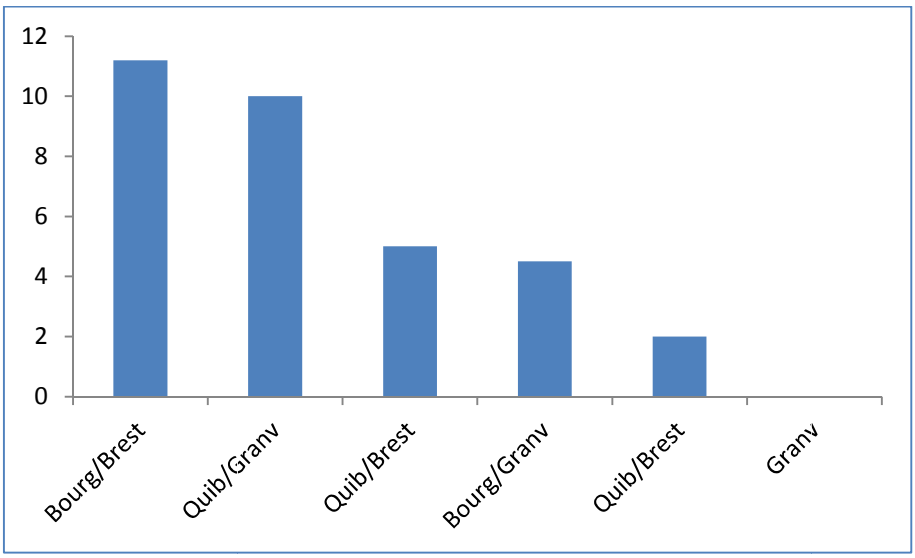


Figure 150 : Rendements des lots de la cohorte 3

Les rendements de la cohorte 3 (suivie de juillet à octobre 2013) varient entre 0 et 11.2. Les rendements des croisements Bourgneuf/Brest et Quiberon/Granville sont significativement supérieurs aux croisements Quiberon/Brest (2 lots testés) et Bourgneuf/Granville.

La cohorte 3 a été transférée en milieu d'été 2013 et, de ce fait, les rendements apparaissent comme beaucoup plus faibles en raison de la courte durée du test (14 semaines). A noter qu'il n'y a eu de survie pour le lot Granville et qu'il y a une différence de rendement de 150 % entre les deux lots Quiberon/Brest.

Cohorte 4

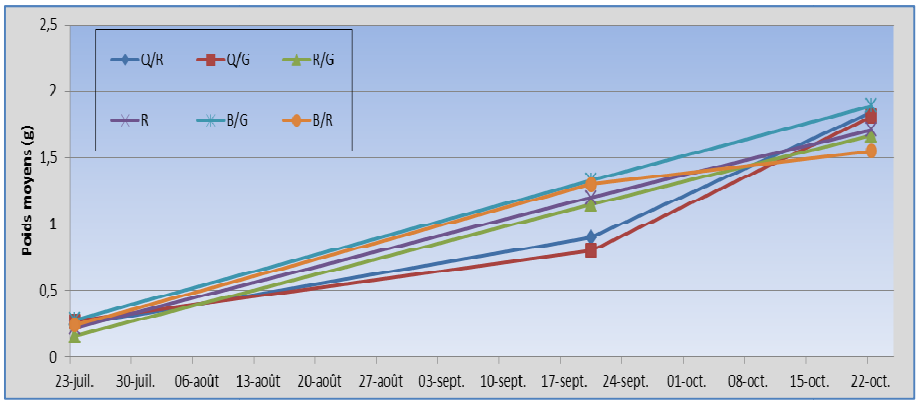


Figure 151 : Courbes de croissance des lots de la cohorte 4 (de juillet à octobre 2013)

Comme pour la cohorte précédente, les croissances observées sont homogènes pour l'ensemble des lots mais ont été très faibles au terme de trois mois d'élevage.

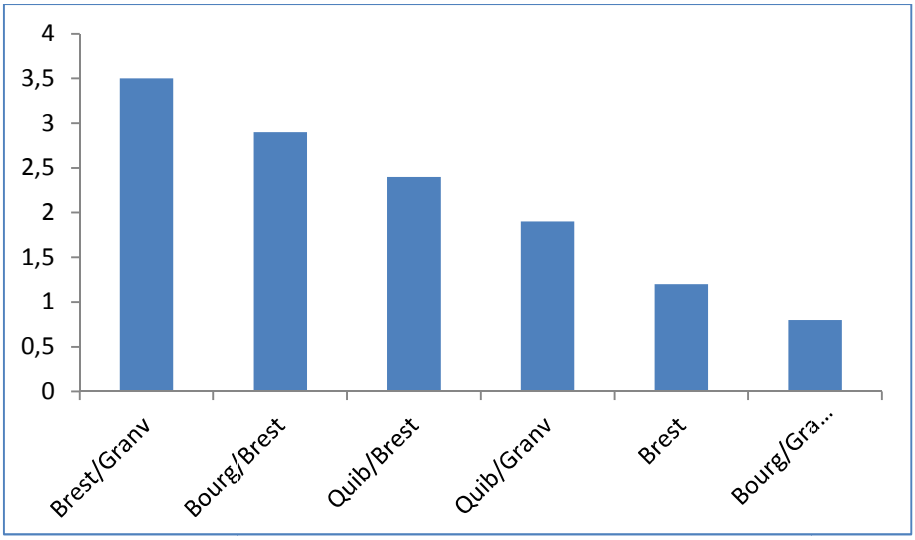


Figure 152 : Rendements des lots de la cohorte 4

Pour la cohorte 4 (suivie de juillet à octobre 2013), les rendements de Brest/Granville, Bourgneuf/Brest et Quiberon/Brest semblent intéressants. Quiberon/Granville, Brest et Bourgneuf/Granville ont présenté des rendements plus faibles sur cette période.

Cohorte 5

Comme pour l'étude des mortalités, les données de la cohorte 5 (suivie de septembre à octobre 2013) n'ont pas été traitées car le temps d'expérimentation a été court et les croissances constatées très faibles.

Bien que testé à une seule reprise, le lot Bourgneuf au sein de la cohorte 1 a présenté de bonnes performances de croissance et de survie.

Le croisement Quiberon/Granville a pu systématiquement être testé, et ses performances d'élevage semblent intéressantes dans la majorité des expérimentations. Le croisement Brest/Granville parait également montrer un bon potentiel.

Les croisements Quiberon/Brest présentent *a contrario* de faibles performances d'élevage dans la plupart des expérimentations. Alors que le croisement Bourgneuf/Brest a pu être testé dans les cohortes 3 et 4 et semble potentiellement intéressant, le croisement Bourgneuf/Quiberon n'a jamais été testé. Les courtes durées d'expérimentation ne permettent pas de conclure et les tendances demanderaient à être confirmées.

Rendement Brest vs Cancale

Au même titre que pour les mortalités, les rendements en baie de Cancale ont été traités sous la forme d'une comparaison de 12 familles biparentales élevées simultanément en eau profonde à Brest et Cancale.

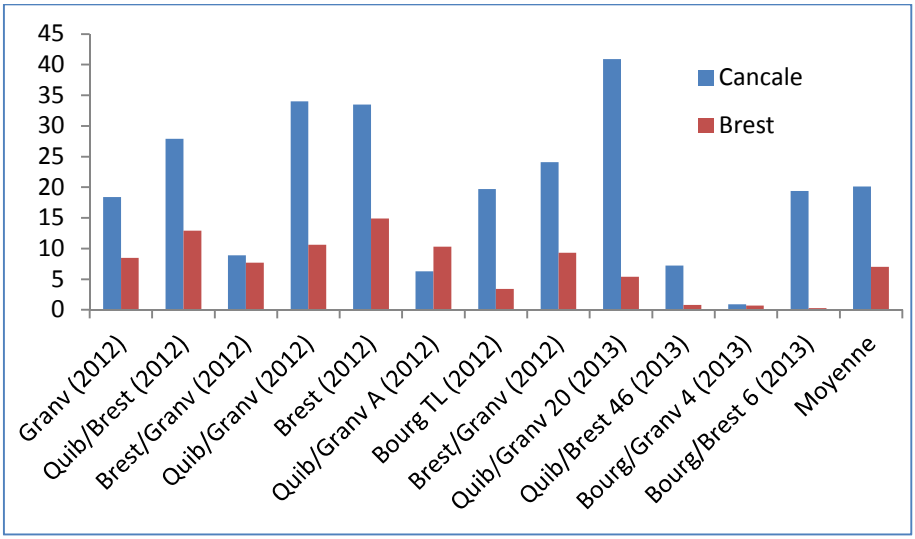


Figure 153 : Comparaison des rendements d'élevage au 5 juin 2014 de 12 mêmes familles sur Brest et Cancale

Sur le site de Cancale, le rendement moyen apparait presque 3 fois supérieur à celui de la rade de Brest. De plus, l'analyse individuelle des lots montre qu'à l'exception de la famille Quiberon/Granville A le rendement à l'élevage est très nettement supérieur à Cancale qu'à Brest pour les 11 autres familles. Comme montré plus haut, les mortalités entre Brest et Cancale sont assez proches mais le site-test de Cancale présente un potentiel de croissance bien supérieur à celui de Lomergat en rade de Brest. Historiquement, Lomergat est un site de captage et non d'élevage, au contraire de Cancale.

Un comparatif des rendements durant l'été 2013 (de juin à octobre) de 4 familles présentes sur les 3 sites test de production est présenté dans l'histogramme (Figure 154 : Rendements d'élevage de 4 mêmes familles sur Brest, Cancale et Bourgneuf (de juin à octobre 2013)).

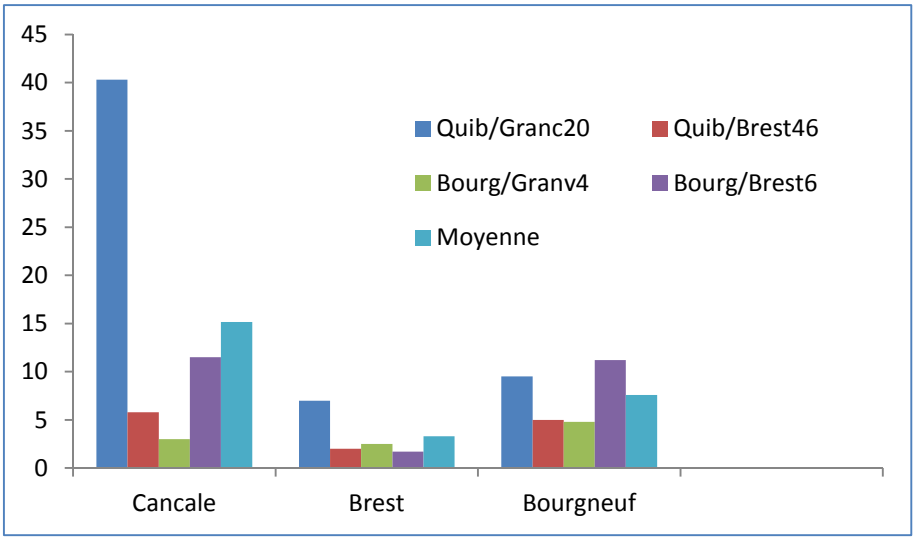


Figure 154 : Rendements d'élevage de 4 mêmes familles sur Brest, Cancale et Bourgneuf (de juin à octobre 2013)

Les rendements moyens apparaissent comme très nettement supérieurs à Cancale qu'a Bourgneuf et très supérieur à Bourgneuf qu'à Brest. Seule la famille Bourgneuf/Granville 4 montre un meilleur rendement à Bourgneuf qu'à Brest et Cancale. De plus, on observe un rendement exceptionnellement élevé pour la famille Quiberon/Granville 20 à Cancale.

Comparaison des familles selon les techniques de production

Taux de mortalité

Les mortalités de 10 mêmes familles (6 de 2013 et 4 de 2012), en lanterne et en cage sont comparées dans le graphique (Figure 155 : Taux de mortalités (%) (de juin 2013 à juin 2014) de 10 mêmes familles en rade de Brest en lanterne et en cage).

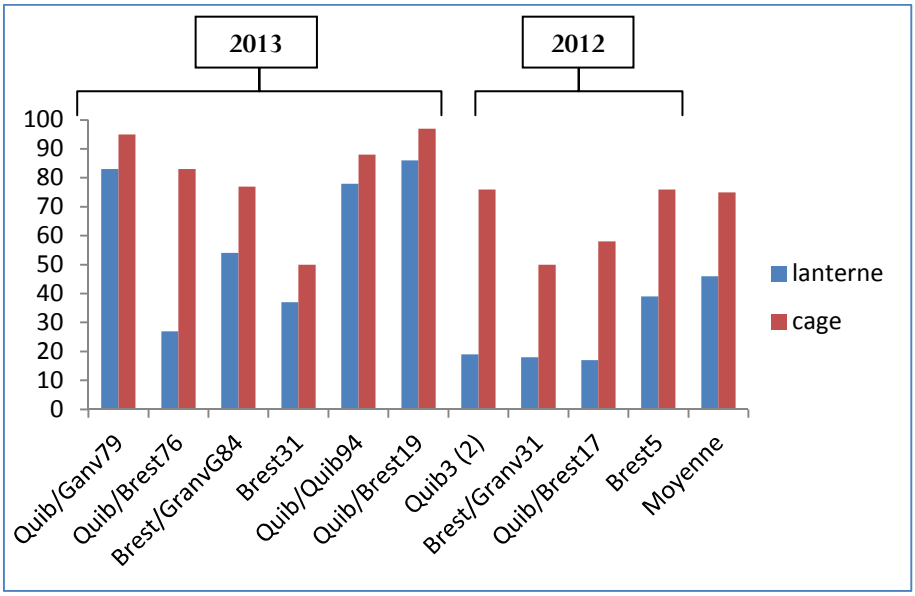


Figure 155 : Taux de mortalités (%) (de juin 2013 à juin 2014) de 10 mêmes familles en rade de Brest en lanterne et en cage

L'histogramme (Figure 155 : Taux de mortalités (%) (de juin 2013 à juin 2014) de 10 mêmes familles en rade de Brest en lanterne et en cage) montre que les 6 familles 2013 ont subi de fortes mortalités. De plus, à l'exception de la famille Brest/Granville 84, les mortalités apparaissent comme comparables entre lanterne et cage. Il est intéressant de noter que les familles 2012 âgées de 2 ans au moment des mesures continuent à mourir beaucoup plus fortement en cage qu'en lanterne. La moyenne des mortalités pour les familles 2012 à 2 ans est 2.8 fois plus élevée en cage qu'en lanterne.

En parallèle, 14 familles présentes en cage ont été testées sur estran de juin de 2013 à juin 2014.

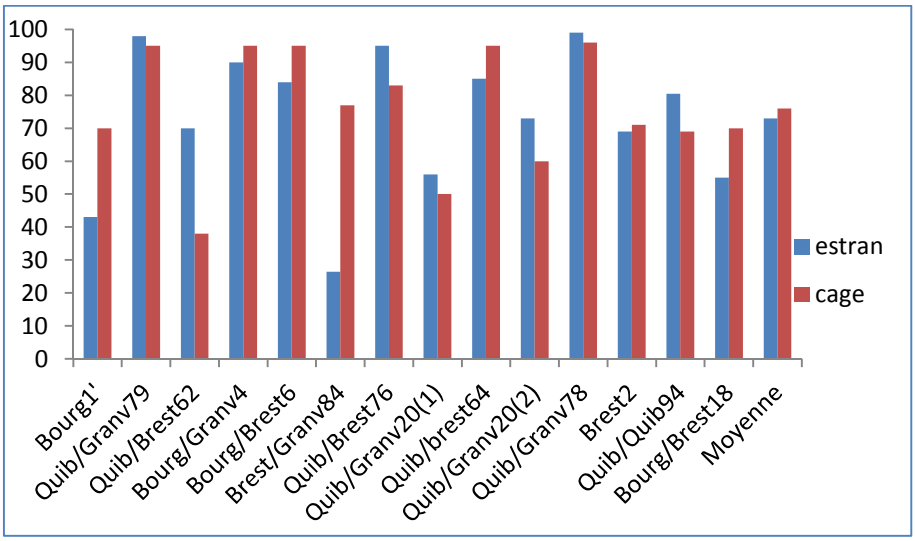


Figure 156 : Taux de mortalité (%) (de juin 2013 à juin 2014) de différents familles en rade Brest sur estran et en cage

A l'exception de 3 familles (Quiberon/Brest 62, Brest/Granville 84 et Bourgneuf 1), dont les différences de mortalité entre l'élevage sur estran et en cage sont très marquées, les taux de mortalité sont comparables et varient de moins de

10 % entre les deux techniques d'élevage. A noter que les familles suivies ont subi, indépendamment de la technique de production, une forte mortalité moyenne : de 73 % sur estran et de 76 % en cage.

Le graphique (Figure 157 : Comparaison des mortalités en marais et sur estran en baie de Bourgneuf) présente la comparaison des mortalités à 13 mois avec un prégrossissement de 3 mois en marais ou sur estran.

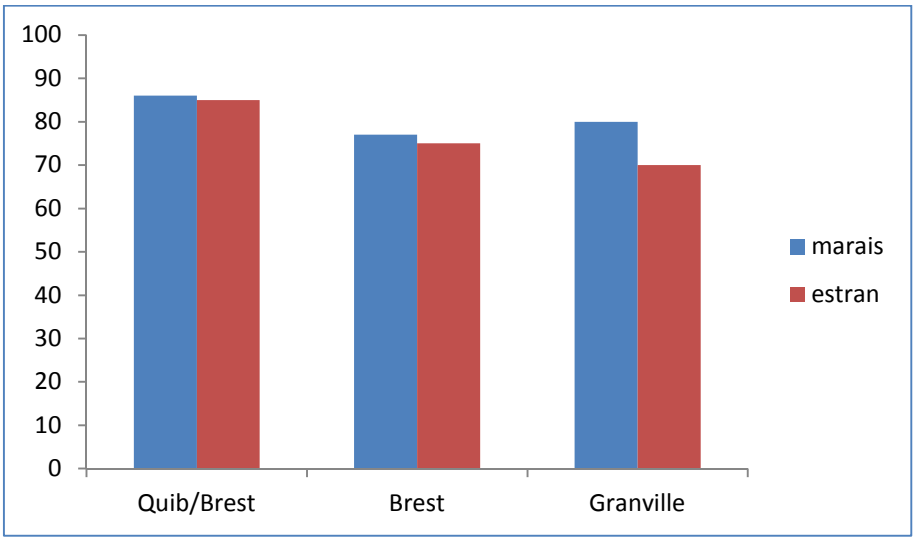


Figure 157 : Comparaison des mortalités en marais et sur estran en baie de Bourgneuf

Les mortalités apparaissent comme fortes et comparables pour les 3 lots suivis et ce quel que soit le site de prégrossissement.

Rendement

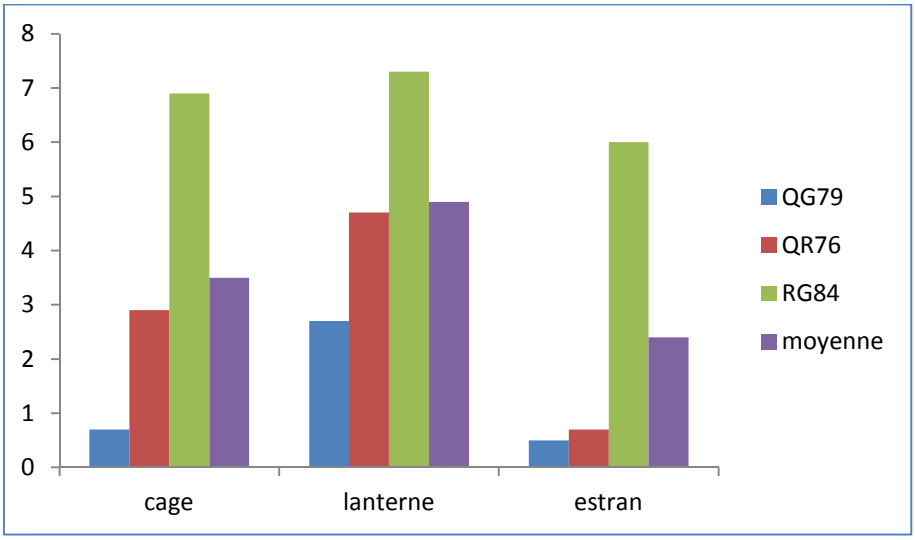


Figure 158 : Comparaison des rendements à un an (de juin 2013 à juin 2014) de 3 mêmes familles selon 3 modes d'élevage différents

En rade de Brest, les rendements obtenus à 1 an de 3 familles produites en 2013 sont supérieurs en lanterne. Le classement comparatif des 3 familles selon le rendement reste le même quel que soit la technique de production utilisée. Des différences très significatives de rendement (exemple : Brest/Granville 84 et Quiberon/Granville 79) peuvent être observées entre les 3 différents croisements indépendamment de la technique de production. A nouveau, la qualité intrinsèque du croisement obtenu semble influencer très fortement le rendement à l'élevage.

Ont également été comparés séparément les rendements d'élevage d'un plus grand nombre de familles mises simultanément en lanterne et en cage ou en cage et sur estran (Figure 159 : Comparaison des rendements d'élevage de plusieurs familles (juin 2013 à juin 2014) en rade de Brest en lanterne et en cage).

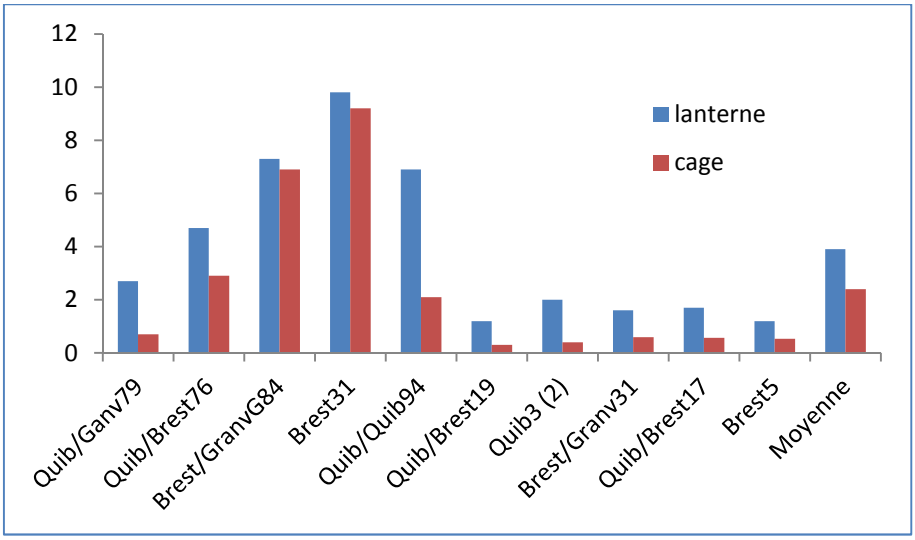


Figure 159 : Comparaison des rendements d'élevage de plusieurs familles (juin 2013 à juin 2014) en rade de Brest en lanterne et en cage

Selon le graphique (Figure 159 : Comparaison des rendements d'élevage de plusieurs familles (juin 2013 à juin 2014) en rade de Brest en lanterne et en cage), pour chacune des familles suivies, les rendements calculés sont systématiquement supérieurs en lanterne qu'en cage. Le rendement moyen pour ces 10 familles est 1.6 fois supérieure en lanterne qu'en cage.

Le graphique (Figure 160 : Comparaison des rendements d'élevage des familles 2012 et 2013 en rade de Brest sur estran et en cage) présente une comparaison des rendements en élevage en cage et sur estran.

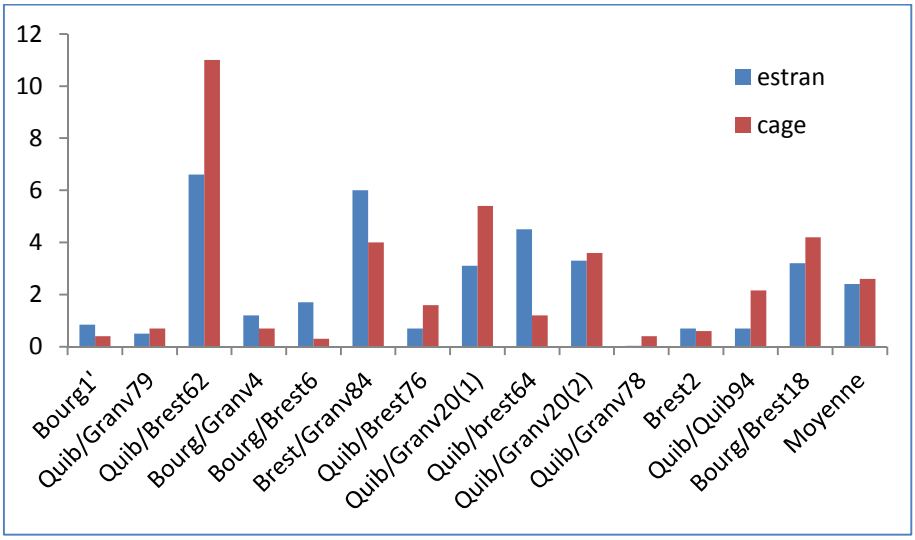


Figure 160 : Comparaison des rendements d'élevage des familles 2012 et 2013 en rade de Brest sur estran et en cage

L'histogramme (Figure 160 : Comparaison des rendements d'élevage des familles 2012 et 2013 en rade de Brest sur estran et en cage) fait ressortir que 8 des 14 familles étudiées ont un meilleur rendement lors d'une production en cage que sur estran. Cependant, les moyennes globales des rendements estran et cage sont très proches avec seulement 8 % de différence en faveur de l'élevage en eau profonde. Le graphique montre une très forte variabilité des rendements calculés pour un même croisement, indépendamment du mode d'élevage.

Croissances et rendements Marais vs Estran en baie de Bourgneuf

Les deux graphiques (Figure 161 : Courbes de croissance de 6 lots en marais et sur estran et Figure 162 : Comparaison des rendements à l'élevage en marais et sur estran en baie de Bourgneuf) présentent et comparent les performances zootechniques de 3 même lots selon 2 techniques de productions sur une durée de 3 mois. L'objectif de cette expérimentation visait à déterminer l'intérêt d'un prégrossissement initial en marais préalablement à la mise en élevage sur estran, au travers de la comparaison des performances d'une fraction des lots issus d'un élevage classique en mer et, d'une autre, pré-grossis en marais.

Les lots ont été testés selon les deux techniques seulement durant l'automne 2012 (de septembre à novembre) puis ont été regroupés et élevés en conditions similaires en marais, de novembre 2012 à mai 2013, puis sur estran, jusqu'à fin octobre 2013.

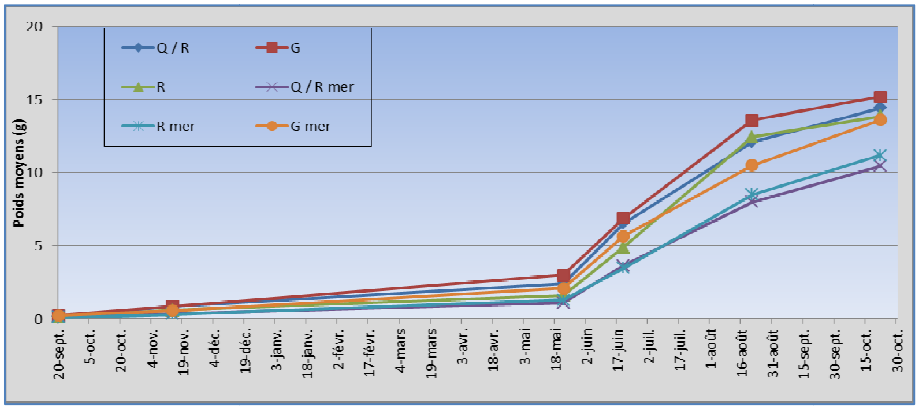


Figure 161 : Courbes de croissance de 6 lots en marais et sur estran

A l'issue de ces 13 mois d'élevage, le graphique (Figure 161 : Courbes de croissance de 6 lots en marais et sur estran) montre que les croissances pour les 3 lots prégrossis en marais sont supérieures à celles obtenues pour les lots élevés sur estran.

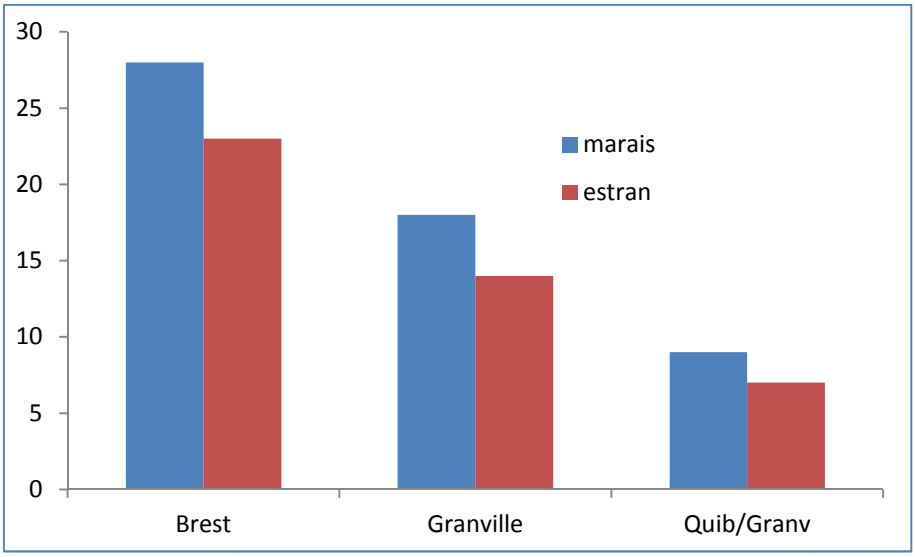


Figure 162 : Comparaison des rendements à l'élevage en marais et sur estran en baie de Bourgneuf

Les résultats comparatifs des rendements rejoignent ceux obtenus pour la croissance (Figure 162 : Comparaison des rendements à l'élevage en marais et sur estran en baie de Bourgneuf) et montrent pour les 3 familles testées un meilleur rendement en marais que sur estran. Ces résultats tendent à confirmer tout l'intérêt d'un pré-grossissement initial en marais de l'huître plate, avant son transfert en mer, et conforter les observations effectuées par le SMIDAP dans le cadre des expérimentations menées de 1999 à 2004.

Relations entre environnement et performances de croissance et de reproduction de l'huître plate

En parallèle aux travaux de caractérisation de population en milieu ouvert, un des objectifs du SP6 – ESTIMATION DES PERFORMANCES DE CROISSANCE DE L'HUÎTRE PLATE EN MILIEU NATUREL COUPLÉ À UN SUIVI DE L'ENVIRONNEMENT est d'analyser quantitativement les relations entre environnement et performances de croissance et de reproduction de l'huître plate. Le critère de croissance revêt en effet un rôle primordial pour cette espèce, étant donné sa relation avec le développement de la bonamiose. Les environnements permettant une pousse rapide d'*O. edulis* sont donc à privilégier.

Pour identifier de tels environnements, il faut être en mesure de quantifier la croissance de l'huître plate au moyen d'un modèle de croissance basé sur la bioénergétique des animaux. L'élaboration et la validation de ce modèle de croissance nécessite de disposer de données fines de croissance de l'huître plate en milieu naturel, ainsi que de données

environnementales, à intervalles de temps réguliers et suffisamment rapprochés, comme cela est le cas déjà pour l'huître creuse (Bernard et al. 2011, Alunno-Bruscia et al. 2011) et la moule (Rosland et al. 2010, Thomas et al. 2010).

Suivi de la croissance de l'huître plate et de son environnement (site de Lomergat)

Source : Google/LPI Ifremer, Argenton ©

Figure 163 : Carte de la rade de Brest indiquant le site de Lomergat dédié au suivi de croissance de l'huître plate, en lien avec un suivi de son environnement

Le suivi de la croissance mensuelle de l'huître plate, couplé à un suivi de son environnement, sur le site de Lomergat en rade de Brest (Figure 163 : Carte de la rade de Brest indiquant le site de Lomergat dédié au suivi de croissance de l'huître plate, en lien avec un suivi de son environnement) a duré 21 mois, de mars 2012 à décembre 2013.

Ce suivi a porté sur deux lots d'huîtres plates : un premier lot d'animaux captés en 2010 en rade (lot 2010) et un second lot d'animaux captés en 2011 (lot 2011). Ces deux lots ont été placés en poches, disposées sur une table métallique posée sur le fond à une profondeur d'environ 8 mètres (Figure 164 : Table métallique utilisée pour le suivi de croissance de l'huître plate en poches sur le site de Lomergat). A une fréquence mensuelle, 30 huîtres de chacun des deux lots ont été prélevées au hasard pour mesurer en laboratoire leur longueur de coquille, masse totale humide, masse chair sèche, indice de maturation, et estimer ainsi leurs performances de croissance *in situ*. En parallèle, la température de l'eau, salinité, fluorescence ont été enregistrées par une sonde haute fréquence placée dans une poche sur la table d'élevage, pour permettre de caractériser l'environnement des huîtres. A l'occasion de chaque échantillonnage de la croissance des huîtres, des prélèvements d'eau de mer ont été réalisés pour identifier et dénombrer les espèces phytoplanctoniques présentes, pouvant servir de nourriture aux huîtres, et pour quantifier cette nourriture (dosages de chlorophylle a) en complément et validation des données fournies par la sonde. De mars 2012 à décembre 2013, ce sont donc 8 (captage 2010) et 16 lots (captage 2011) qui ont été utilisés pour le suivi de la croissance de l'huître plate sur le site de Lomergat. Le lot 2010 n'a pas pu être suivi à la même fréquence que le lot 2011 du fait du nombre limité d'animaux disponibles en début de suivi.

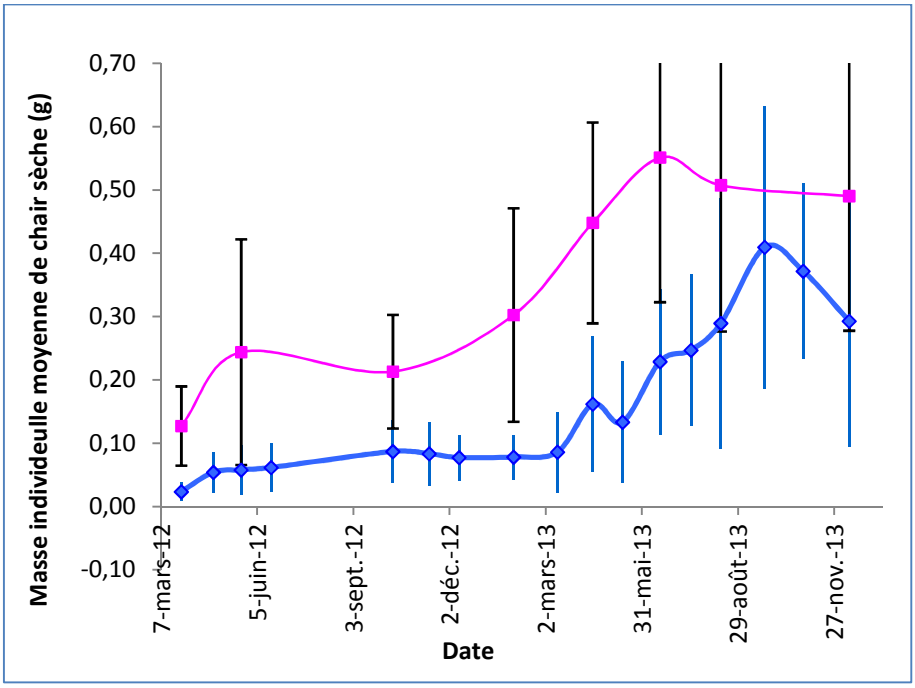
La masse de chair sèche individuelle des huîtres du lot 2010 a augmenté de 0,13 g (mars 2012) à 0,49 g (décembre 2013 ; Figure 165 : Evolution de la croissance (exprimée en masse individuelle moyenne de chair sèche, g) de l'huître plate *Ostrea edulis* sur le site de Lomergat (rade de Brest)), soit une augmentation de 38 % par rapport au début du suivi, avec très vraisemblablement une ponte qui survient entre mi-juin et mi-août 2013 (quelques huîtres ardoisées observées dans l'échantillon de juin 2013 ; cf. résultats SP4 – MATURATION DES STOCKS SAUVAGES, ABONDANCES LARVAIRES ET RECRUTEMENT). La masse de chair des huîtres du lot 2011 est passée de 0,02 g en mars 2012 à 0,29 g en décembre 2013, correspondant à une augmentation de 120 % de la masse par rapport au début du suivi. Un maximum de 0,41 g de masse de chair sèche a été atteint en septembre 2013 (Figure 165 : Evolution de la croissance

(exprimée en masse individuelle moyenne de chair sèche, g) de l'huître plate *Ostrea edulis* sur le site de Lomergat (rade de Brest)).

Source : Alunno-Bruscia M ©

Une sonde multi-paramètre est visible dans l'une des poches (à droite, sur la photo).

Figure 164 : Table métallique utilisée pour le suivi de croissance de l'huître plate en poches sur le site de Lomergat



Lots 2010 (en magenta) et 2011 (en bleu), entre mars 2012 et décembre 2013

Figure 165 : Evolution de la croissance (exprimée en masse individuelle moyenne de chair sèche, g) de l'huître plate *Ostrea edulis* sur le site de Lomergat (rade de Brest)

La température de l'eau de mer sur le site de Lomergat a varié de 8,2°C en mars 2013 (*minima*) à 19,7°C en août 2013 (*maxima*), avec des moyennes de température annuelle très proches en 2012 et 2013, respectivement de 14,5°C (± 2,7) et 14,0°C (± 2,7) (Figure 166 : Evolution de la température de l'eau de mer sur le site de Lomergat (rade de Brest) au niveau de la table d'élevage pour l'année 2013). La concentration en chlorophylle *a* est passée de valeurs faibles de l'ordre de 0,9 mg/L pendant la période hivernale (janvier-févier 2013) à un pic de 22 mg/L en juin 2013 correspondant à un bloom de diatomées du genre Chaetoceros (Figure 167 : Evolution de la concentration en chlorophylle *a* sur le site de Lomergat (rade de Brest) au niveau de la table d'élevage de mars 2012 à décembre 2013). L'absence de données de

chlorophylle *a* entre les 19 juin 2012 et 23 juillet 2012 est due à l'impossibilité d'accéder à la table d'élevage pendant toute cette période (la table étant tombée sur le fond au moment d'un relevage, sans qu'il soit possible de relever sa position géographique précise). Un bloom phytoplanctonique est vraisemblablement survenu à cette période sur le site de Lomergat (cf. données enregistrées sur un site proche de la Pointe du Château, suivi RESCO Ifremer), mais il n'a pas pu être mesuré. Ces données de température de chlorophylle *a* servent ensuite de variables forçantes au modèle de croissance qui va être paramétré (cf. Modèle bio-énergétique de croissance individuelle de l'huître plate).

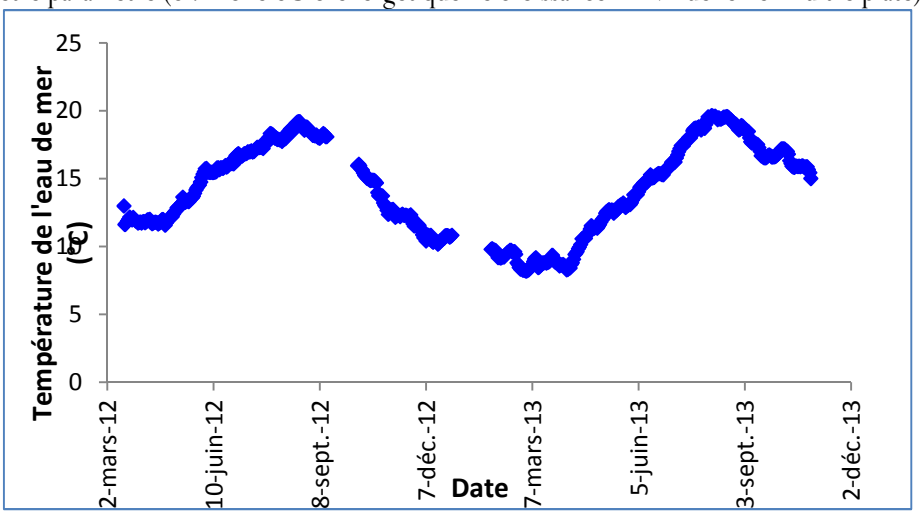


Figure 166 : Evolution de la température de l'eau de mer sur le site de Lomergat (rade de Brest) au niveau de la table d'élevage pour l'année 2013

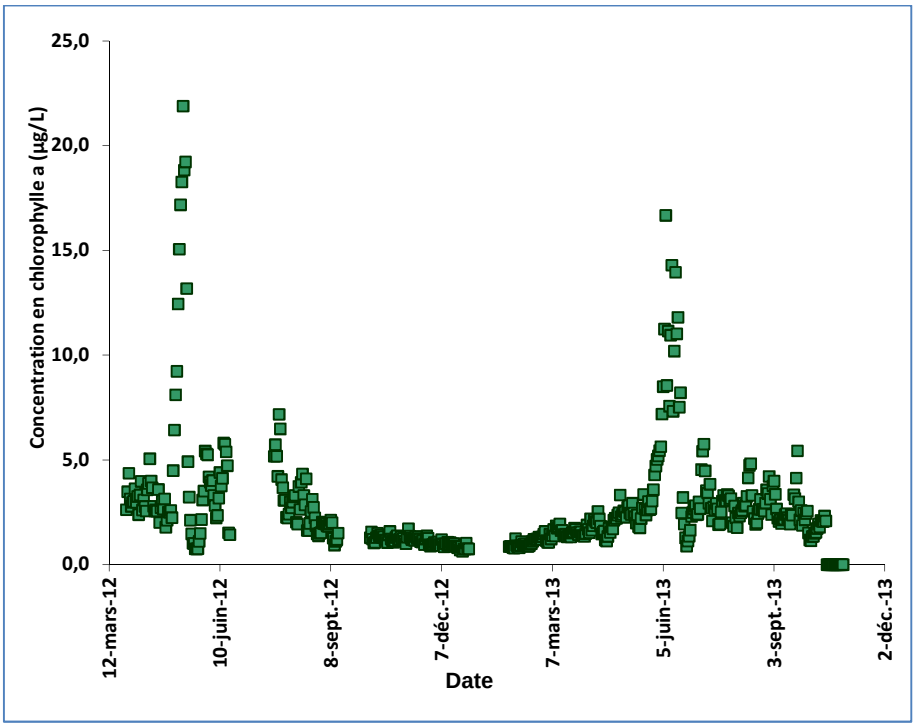


Figure 167 : Evolution de la concentration en chlorophylle *a* sur le site de Lomergat (rade de Brest) au niveau de la table d'élevage de mars 2012 à décembre 2013

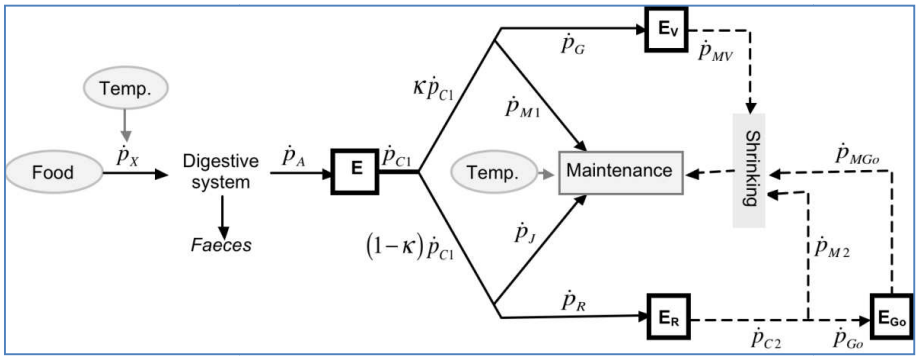
Modèle bio-énergétique de croissance individuelle de l'huître plate

L'étape de modélisation de la croissance et de la reproduction de l'huître plate prévoit l'utilisation du modèle bio-énergétique de type DEB (budget d'énergie dynamique, Kooijman 2010), déjà largement validé et utilisé sur d'autres espèces de bivalves :

- Pouvreau et al. (2006), Bernard et al. (2011), Alunno-Bruscia et al. (2011), pour l'huître creuse,
- Rosland et al. (2009), Saraiva et al. (2011) pour la moule,
- Thomas et al. (2011) pour l'huître perlière,

- Wijsman et Smaal (2011) pour la coque,
- Lavaud et al. (2014) pour la coquille Saint-Jacques.

Ce modèle générique décrit les flux d'énergie dans un organisme, de l'acquisition à son utilisation pour la croissance, la maintenance, le développement et la reproduction, en fonction de deux variables forçantes : la température et la concentration en nourriture (Figure 168 : Schéma conceptuel des flux d'énergie dans un organisme, d'après la théorie DEB). Le modèle compte ainsi 4 variables d'état : l'énergie de réserve E, l'énergie allouée au biovolume structurel EV, l'énergie allouée au développement et aux réserves gonadiques ER et enfin l'énergie allouée aux gamètes EGo.



Source : LPI Ifremer, Argenton

Les variables d'état sont décrites dans des carrés et les variables forçantes (Food pour nourriture, Temp pour température de l'eau de mer) dans des cercles.

Figure 168 : Schéma conceptuel des flux d'énergie dans un organisme, d'après la théorie DEB

Le travail de paramétrisation du modèle DEB pour l'huître plate a été retardé par le rallongement de la période d'acquisition des données (cf. table d'élevage inaccessible une bonne partie du premier été en 2012). Il était prévu que ce travail soit réalisé au premier trimestre 2014 par un(e) étudiant(e) ; malheureusement le recrutement d'une personne compétente n'a pu se faire pour différentes raisons. Ce travail reste donc en suspend et il sera mené dans le cadre du projet PERLE 2.

Conclusions et perspectives

Les 80 familles différentes produites au sein de l'écloserie expérimentale du Comité Régional de la Conchyliculture de Bretagne-Nord ont pu être divisées en 176 lots et testées sur les 3 sites de production selon différentes techniques d'élevage. Les nombreux suivis de mortalité et de croissance ont permis de récolter de nombreuses données utilisées pour une analyse la plus fine possible des performances zootechniques des 6 croisements de populations et des 4 populations.

Afin de répondre au mieux aux attentes des professionnels de la conchyliculture et de remplir les objectifs de ce sous-programme, le suivi en mer s'est focalisé prioritairement sur l'analyse des mortalités observées au cours des tests puis sur les rendements à l'élevage de chacun des croisements.

Les résultats obtenus sont à nuancer et à interpréter comme des tendances car un nombre limité de familles a pu être produit par croisement et, à l'exception d'un petit nombre de familles 2010-2011, la durée des tests en mer s'est limitée à quelques semaines pour les derniers lots transférés en baie de Bourgneuf à un maximum de 2 ans pour les familles 2012 transférées en rade de Brest. En ce qui concerne les lots transférés en baie de Bourgneuf, du fait des compositions différentes des cohortes, il a été difficile d'établir des comparaisons statistiques des lots entre eux. De plus, certains croisements comme Quiberon/Brest et Quiberon/Granville ont pu être testés à chaque fois alors que d'autres beaucoup moins, notamment les croisements impliquant les populations Bourgneuf et Granville (en 2013) dus à un faible taux de fécondation (cf. SP5 – TESTAGE CROISÉ DES POPULATIONS).

Les mortalités obtenues peuvent être considérées comme fortes et continues sur toute la durée des tests et en moyenne supérieures à 60 % et ceci quel que soit l'âge, le croisement, la technique d'élevage ou le site de test. Les résultats ne montrent pas de différences significatives de mortalité entre les différents types croisements et populations.

Lorsqu'on compare des lots identiques sur deux sites de grossissement différents en eau profonde, Lomergat en rade de Brest et la baie de Cancale, les résultats des mortalités montrent peu de différences entre les sites. *A contrario*, les observations des professionnels ainsi que les résultats des suivies pathologiques réalisés en SP3 – SITUATION DES POPULATIONS NATURELLES VIS-À-VIS DES MALADIES PARASITAIRES concluent sur des niveaux de prévalence et notamment de *Marteilia refringens* plus important en rade de Brest et accompagnés de mortalités supérieures. Le cycle

d'élevage mis en place pour ces tests est différent du cycle professionnel. En effet, les naissains ont été transférés directement de l'écloserie vers les sites tests. Comparativement, le cycle professionnel comporte lui près de 10 mois où les naissains grossissent à proximité des sites de reproduction (baie de Quiberon et rade de Brest) où ils ont été captés. Cette différence entre les cycles de production pourrait en partie expliquer ces constats contradictoires sur les mortalités. La compréhension fine des phénomènes d'interaction entre l'huître plate et son milieu semble être essentielle pour un repeuplement durable.

En parallèle, le suivi des croissances associé à celui des mortalités a permis de calculer un indice zootechnique couramment utilisé par les professionnels conchylicoles qui est le rendement à l'élevage. Tout comme pour les mortalités, aucun croisement n'a pu être différencié par son rendement alors qu'une forte variabilité des rendements a été décrite au sein d'un même croisement. De ce fait, aucun classement des populations et croisements de populations étudiés n'a pu être possible selon le rendement. En s'intéressant aux sites tests de la rade de Brest et de Cancale, malgré des mortalités comparables, les rendements sont très nettement supérieurs à Cancale grâce à une meilleure croissance. La comparaison des techniques de production donnent l'avantage à la production en suspension que ce soit pour le rendement ou la survie alors que les performances zootechniques entre les cages et l'estran sont comparables. Les tests comparatifs en marais et sur estran en baie de Bourgneuf ont permis de mettre en avant tout l'intérêt d'un prégrossissement en marais.

Tout au long du programme, de très fortes variations des taux de mortalité ont été constatées entre les familles d'un même croisement et ce quel que soit l'origine du croisement. Certaines familles produites ont également présentées des survies exceptionnelles. Les mortalités des naissains d'huîtres plates semblent peu influencées par l'une des 4 origines testées mais davantage par les qualités intrinsèques des parents utilisés. Cette hypothèse corroborerait les analyses génétiques du SP2 – ETUDE DE LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE DES POPULATIONS NATURELLES qui concluent notamment sur la très faible différenciation génétique des 4 populations étudiées. Ainsi la variabilité observée entre les différentes descendances résulterait de la variabilité interindividuelle des géniteurs, la variabilité génétique apparaissant globalement et tout équitablement répartie à l'intérieur des origines qu'entre les 4 origines.

La prospection de terrain et l'étude de nouvelles populations sur une aire géographique plus étendue doit être maintenue et devra permettre d'identifier des populations au caractère de survie améliorée nettement plus marquée. Les travaux réalisés et les données acquises dans ce sous-programme posent les bases des futures estimations de performances des nouvelles populations. Néanmoins, l'effet dominant des parents a clairement été mis en évidence et la mise en place d'une démarche de sélection axée également sur les qualités « rustiques » des individus et pas seulement sur leurs origines géographiques semble être la voie la plus pertinente afin de pérenniser la restauration des bancs naturels et la production de l'huître plate.

Objectif

L'objectif était de tester sur un site pilote, la faisabilité d'un repeuplement dirigé en rade de Brest.

Le semis de géniteurs, issus des différentes souches produites dans l'unité expérimentale pour occasionner un même épisode de reproduction dans les conditions du milieu naturel, permettra de mieux appréhender les modalités de réintroduction d'huîtres plates dans le milieu. La collecte de données issues de la reproduction de ce type d'opération constituera un outil à la décision pour la mise en œuvre de stratégies professionnelles futures.

Le site pressentis est la rade de Brest, un des deux sites de captage naturel breton. Le second, la baie de Quiberon, n'étant pas intégrée à l'étude, il en est exclu. Le choix de se placer dans un milieu propice au recrutement d'huître plate était volontaire et indispensable à la réussite de l'opération.

A l'issue des premiers résultats du SP5 – TESTAGE CROISÉ DES POPULATIONS un croisement à part égale des deux « meilleures » populations sera réalisé à plus grande échelle et en milieu ouvert. La mise en œuvre de ce sous-programme dépendait des observations réalisées en SP1 – INVENTAIRE ET TYPOLOGIE DES POPULATIONS NATURELLES ET DE LEUR HABITAT en termes de choix du site et de modélisation de la dispersion larvaire en rade de Brest.

Au terme de l'étude des dispersions larvaires en rade de Brest, une zone de semis était à déterminer comme zone de reproduction alimentant, grâce au courant, le site de captage expérimental à choisir. Les larves émises par les géniteurs semés et produits dans l'unité expérimentale, devraient se fixer sur des collecteurs placés sur la zone de captage expérimental.

Méthodes

Ce sous-programme était conditionné aux résultats d'autres sous-programme et notamment :

- SP1 : Inventaire et typologie des populations naturelles,
- SP2 : Etude de la diversité génétique des populations naturelles,
- SP5 : Testage croisé des populations,
- SP6 : Estimation des performances de l'huître plate en milieu naturel.

La mutualisation des résultats obtenus dans ces sous-programmes devait permettre d'identifier des sites propices au recrutement de l'huître plate en rade de Brest et des sites, en amont, propices à l'implantation des géniteurs. Deux stratégies ont été envisagées pour le choix des sites pilotes. L'identification d'un site vierge d'huître plate en rade de Brest ou l'identification d'un site source des laves alimentant le site de captage professionnel de Lomergat. Dans ce dernier cas, des géniteurs génétiquement différenciables de la population locale auraient été introduits et, au terme de la saison de reproduction des juvéniles, auraient été prélevés afin de déterminer s'ils étaient issus de la population locale ou de la population réintroduite.

En second lieu, le choix du matériel biologique devait être fait en lien avec les SP5 – TESTAGE CROISÉ DES POPULATIONS et SP6 – ESTIMATION DES PERFORMANCES DE CROISSANCE DE L'HUÎTRE PLATE EN MILIEU NATUREL COUPLÉE À UN SUIVI DE L'ENVIRONNEMENT ainsi que les avancées en SP2 – ETUDE DE LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE DES POPULATIONS NATURELLES sur la diversité génétique des populations étudiées dans le programme.

Semis de géniteurs

Initialement, les géniteurs devait-être prélevés dans leurs milieux d'origines, puis transférés sur un site identifié comme favorable à la reproduction de l'huître plate. Au terme des résultats des pontes 2010, 2011 et 2012, un croisement de deux populations devait être identifié comme d'intérêt pour le repeuplement.

Les géniteurs devaient être prélevés dans leur milieu d'origine puis acheminés et semés sur le site pilote choisi à l'automne 2012. Ce semis devait laisser plusieurs mois d'acclimatation aux géniteurs et engendrer une reproduction estivale en 2013. La localisation du semis en rade de Brest devant être décidée grâce aux résultats du SP1 – INVENTAIRE ET TYPOLOGIE DES POPULATIONS NATURELLES ET DE LEUR HABITAT. Les premiers résultats de l'étude des conditions hydroclimatiques, régissant en partie la dispersion des larves d'huître originaires de cette zone de semis, devaient déterminer le site de pose des collecteurs.

Pose des collecteurs sur site pilote

Cette tâche réalisée par des prestataires comprenait la préparation des collecteurs (selon le type utilisé), leur acheminement ainsi que leur mise en place sur le site pilote. Seize collecteurs ont été acquis à cette fin et utilisés en 2012 pour les échantillonnages génétiques des naissains en rade de Brest (SP2 – ETUDE DE LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE DES POPULATIONS NATURELLES).Le calendrier prévisionnel prévoyait un déploiement en mer entre la mi-juin et la mi-juillet 2013 sur le site choisi.

Relevage des collecteurs

Cette tâche consistait à ramener à terre les collecteurs pour le détroquage, action consistant à la séparation des naissains du collecteur, à la fin de la saison de reproduction 2013 en rade de Brest.

Analyse et traitement

L'information principale était de vérifier si le captage est effectif ou non, puis de le qualifier et quantifier.

Coordination

Une coordination des différents prestataires était indispensable au bon déroulement des différentes manutentions et au respect des délais dictés par des impératifs d'ordre biologique :

- délais d'acclimatation,
- maturation,
- reproduction des huîtres adultes.

Résultats

Choix du matériel biologique

Le nombre de familles réalisées en SP5 – TESTAGE CROISÉ DES POPULATIONS ainsi que la durée du suivi en mer en SP6 – ESTIMATION DES PERFORMANCES DE CROISSANCE DE L'HUÎTRE PLATE EN MILIEU NATUREL COUPLÉE À UN SUIVI DE L'ENVIRONNEMENT ont rendu difficiles toutes conclusions sur l'utilisation d'une population ou d'un croisement de population d'intérêt pour le repeuplement. Aucune population ni croisement de populations n'ont présenté d'intérêt clairement marqué pour le repeuplement.

Les résultats de l'étude de la diversité génétique des populations naturelles (banc de Granville, baie de Quiberon, rade de Brest et baie de Bourgneuf) montrent que la différenciation de ces populations et donc leur identification génétique propre est difficile et il n'est pas possible d'assigner des émissions de larves et des naissains à une population ou un croissement de population en particulier. En conséquence, le « traçage » de ces populations ou croisements de populations est difficile et ne permet pas d'identifier l'origine des naissains captés et donc la source de l'émission (au sens géographique).

Choix du site pilote

Les résultats de modélisation et de dispersion des larves en rade de Brest ont montré qu'il y avait une connectivité importante entre les sites potentiels d'émission de larves et les zones de captage. Les prospections de terrain réalisées dans le SP1 – INVENTAIRE ET TYPOLOGIE DES POPULATIONS NATURELLES ET DE LEUR HABITAT ont montré la présence de l'huître plate généralisée dans toute la rade de Brest. Les tests de captage du naissain permettant l'échantillonnage pour les travaux génétiques en SP2 – ETUDE DE LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE DES POPULATIONS NATURELLES ont montré que le recrutement de l'huître plate était généralisé à toute la rade de Brest mais avec un succès variable. Par conséquent l'identification d'un site pilote en rade de Brest ou le cycle de reproduction de l'huître plate est inexistant (absence d'adultes et de recrutement) n'est pas possible.

Le regroupement du modèle de dispersion avec les prospections de terrain réalisées ont montré que la zone principale de production de larves, alimentant les concessions professionnelles de Lomergat, était à proximité immédiate des zones où la plus forte densité d'huîtres plates a été trouvée.

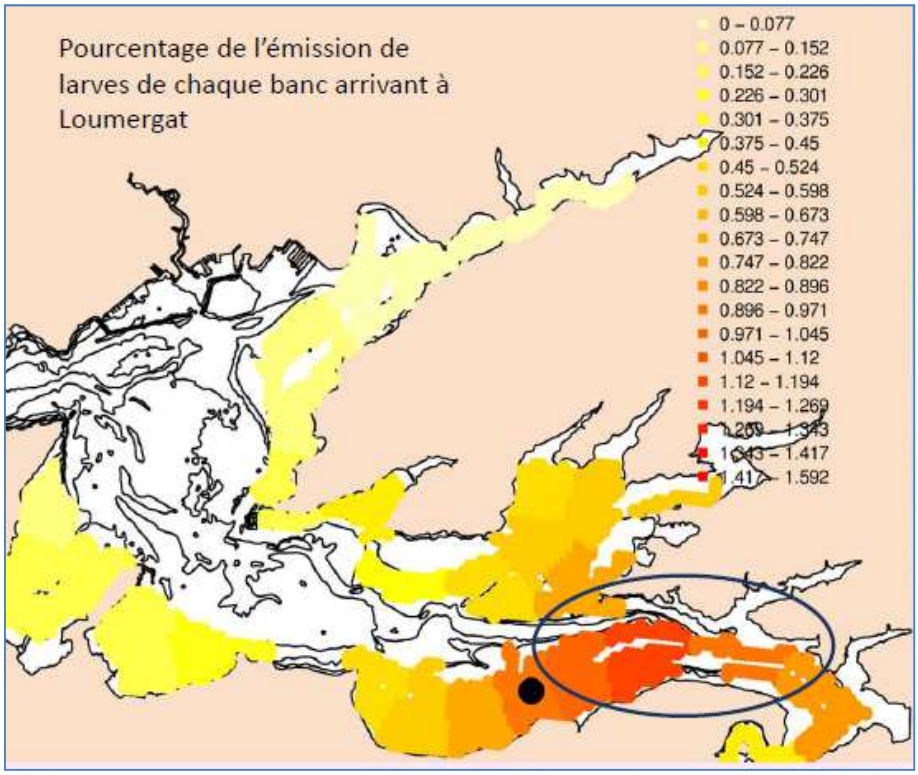


Figure 169 : Connectivité potentielle à Lomergat : pourcentage d'émission de larves de chaque banc arrivant sur ce site

Sur la Figure 169 : Connectivité potentielle à Lomergat : pourcentage d'émission de larves de chaque banc arrivant sur ce site, le modèle indique une forte connectivité entre la zone entourée et le site de captage de Lomergat (●).

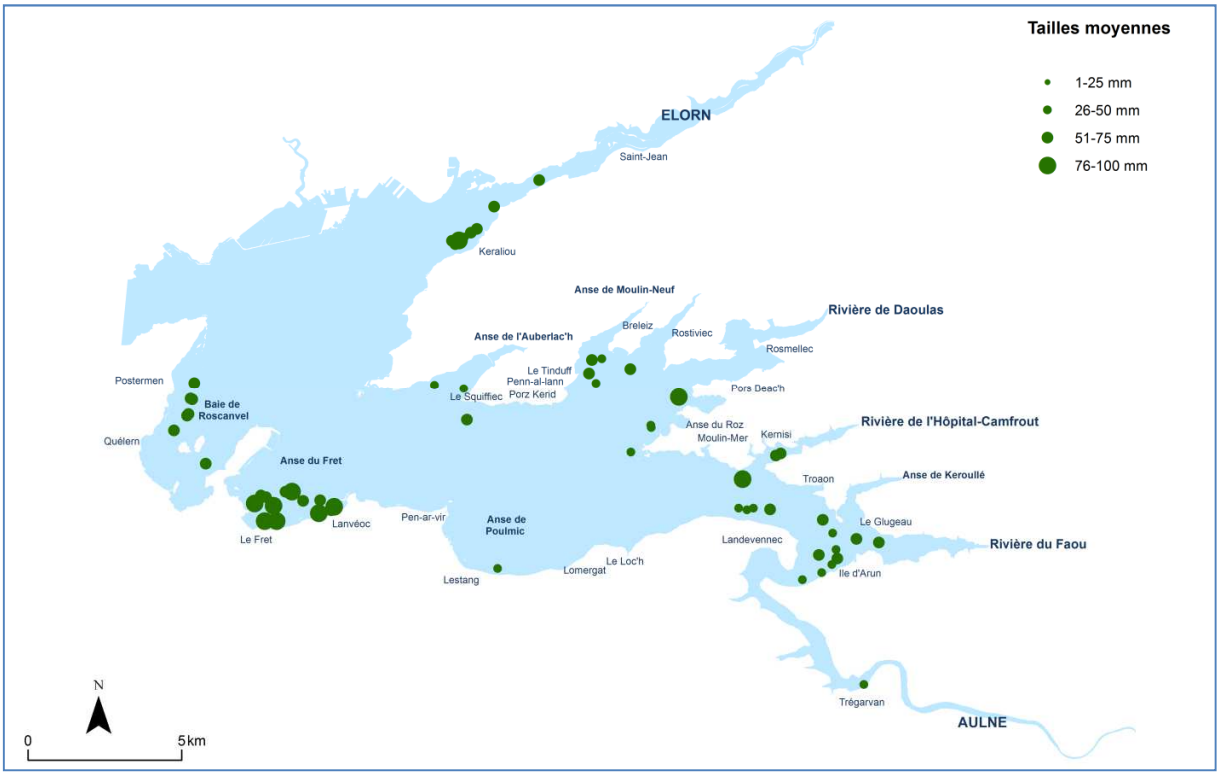


Figure 170 : Carte des tailles moyennes des huîtres plates vivantes en milieu subtidal en rade de Brest

La Figure 170 : Carte des tailles moyennes des huîtres plates vivantes en milieu subtidal en rade de Brest localise les zones de plus fortes densités d'huîtres observées sur le terrain sur la même zone identifiée (fond de rade) par le modèle

de dispersion larvaire comme site potentiel des émissions de larves alimentant les concessions professionnelles de Lomergat.

En conséquence, il semblerait que la zone la plus favorable à la mise en place d'un site pilote d'ensemencement de géniteurs soit la zone de l'Aulne maritime au sud-est de la rade de Brest.

Discussion

Les résultats obtenus ont démontré qu'il n'est pas possible d'identifier un site vierge d'huître plate en rade de Brest. Cependant, un site alimentant préférentiellement les concessions professionnelles de Lomergat à été identifié. De plus, l'impossibilité d'assigner génétiquement des naissains à une des populations ou croisements de populations testés en SP5 – TESTAGE CROISÉ DES POPULATIONS et SP6 – ESTIMATION DES PERFORMANCES DE CROISSANCE DE L'HUÎTRE PLATE EN MILIEU NATUREL COUPLÉE À UN SUIVI DE L'ENVIRONNEMENT (cf. résultats SP2 – ETUDE DE LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE DES POPULATIONS NATURELLES) ne permet pas de démontrer que la reproduction des géniteurs réimplantés sur ce site pilote ait pu être effective.

Par conséquent, ce sous-programme n'a pas été totalement mis en place. Une approche basée sur la modélisation des conditions hydroclimatiques en rade de Brest induisant la dispersion larvaire semble être la voie à privilégier pour l'identification géographique de sites propices au repeuplement dirigé de l'huître plate.

Transfert et amélioration des connaissances de la reproduction contrôlée

Transfert du savoir-faire acquis en reproduction contrôlée d'Ostrea edulis

Dans le cadre de deux programmes (SETTLE et SEAFARE), l'équipe « milieu contrôlé » du LPI d'Argenton a acquis un savoir-faire sur la production de naissain d'huître plate en écloserie et a pu le transmettre à l'équipe technique en charge de l'écloserie expérimentale d'Hanvec.

Deux formations ont été dispensées dans les locaux de l'Ifremer d'Argenton :

- Formation sur la gestion générale d'une écloserie et le cas particulier de l'huître plate :

Cette formation a été dispensée sur 3 journées début 2012 et portait sur la gestion et la production en salle de phytoplancton, sur la prophylaxie et la mise en place des cycles de maturation de géniteurs, et sur l'élevage larvaire en flux ouvert et la fixation de l'huître plate.

- Formation sur le suivi bactériologique et les techniques de rationnement alimentaire :

Cette seconde formation a porté sur le suivi bactériologique dans l'unité d'Hanvec permettant à l'équipe du CRC une gestion sanitaire de l'élevage complète et autonome. De plus, cette formation, ainsi que de nombreux échanges, ont été menés pour la calibration d'un fluorimètre permettant une gestion simplifiée des rationnements alimentaires en écloserie d'huître.

Le second volet de ce transfert de compétence vers la profession a porté sur plusieurs visites et réunions de travail directement sur le site de l'écloserie d'Hanvec. Ces visites ont été l'occasion d'échanges et de mise en place d'améliorations concrètes et personnalisées à l'outil de travail. Les échanges (téléphone et mail) ont été nombreux et riches et permirent la résolution des problèmes rencontrés en cours de programme.

Les différents échanges avec le LPI Ifremer station d'Argenton et le CRC Bretagne-Nord ont permis d'apporter des améliorations significatives à la production de l'huître plate au CRC Bretagne-Nord ; le personnel technique a pu s'affranchir de certaines contraintes zootechniques, au profit de l'organisation de routine et de la démarche expérimentale.

Recherche des besoins écophysiologiques des postlarves de naissain d'O. edulis

Effets combinés du renouvellement d'eau et de la biomasse en élevage sur le développement post-larvaire d'*O. edulis*

Un conditionnement automnal a été opéré à partir d'une centaine de géniteurs d'*Ostrea edulis*, âgés de 4 ans à réception (juin 2013), originaires du Danemark, et indemnes de *Marteilia refringens* et *Bonamia ostreae*. Préalablement stockés en eau de mer à température ambiante (16°C), ils ont été progressivement abaissés à 10°C et maintenus à cette basse température pendant 1,5 mois. Soumis à une augmentation régulière de la température jusqu'à 19°C, ils ont été conditionnés selon les techniques décrites préalablement (Gonzales et al., 2012 a). Une première ponte tardive était décelée le 17 octobre 2013 suivie d'une deuxième, en nombre suffisant le 21 octobre 2013 (≈ 760 000 larves). Des taux de survie larvaire et postlarvaire satisfaisants (respectivement 61 % et 43 %) ont permis la mise en place de cette expérimentation le 12 novembre 2013. Des jeunes postlarves (PL) âgées de 12 jours post métamorphose et 23 jours post libération larvaire ont été réparties en duplicata sous trois conditions de taux de renouvellement de l'eau de mer dans chaque enceinte d'élevage (1/2 Standard : 2,5-15 l^{-1}, 1 Standard: 5-30 l^{-1}, 2 Standard: 10-60 l^{-1} du début à la fin de l'expérimentation) et deux biomasses initiales 7 g de naissain (≈ 1850 PL par enceinte) vs 21 g de naissain (5550 PL par enceinte). L'expérience a été conduite pendant environ deux semaines. A chaque fin de semaine et pour chaque condition expérimentale la survie, le poids total était estimé à l'issue de laquelle une redistribution du naissain était opérée sur la base des biomasses initiales (7 et 21 g)

Chaque enceinte d'élevage était connectée à sa sortie, avec un remplissage en continu, à un cylindre collecteur dans lequel venait plonger, toutes les 2 heures, via un convoyeur à 3 dimensions une sonde multiparamétrique pour l'enregistrement en continu des données hydrobiologiques (Figure 171 : Enceintes d'élevage postlarvaire de 500 ml).

Source : Robert R ©

Enceintes d'élevage postlarvaire de 500 ml reposant sur des tables de support (gauche), situées de part et d'autre du convoyeur (droite) équipé d'une sonde multiparamétrique (au fond, à droite) plongeant successivement dans les 28 réservoirs de mesures (droite) connectés en entrée aux sorties des enceintes d'élevage (gauche). Les deux photographies ne sont pas représentées à la même échelle.

Figure 171 : Enceintes d'élevage postlarvaire de 500 ml

Pour chaque condition expérimentale, trois enceintes d'élevages (et donc trois collecteurs) étaient utilisées (deux contenant des postlarves et une sans animaux). Cinq paramètres ont été acquis en parallèle dont quatre ont été exploités dans le présent rapport car ils étaient pertinents dans le cadre de cette: expérimentation : température et conductimétrie pour le contrôle « qualité » de nos conditions expérimentales et oxygène dissous et chlorophylle pour une aide à la compréhension des performances de développement postlarvaire. Les teneurs en chlorophylle (entrée/sortie) seront exprimées ici en consommation cellulaire phytoplanctonique en appliquant une relation taux de chlorophylle/nombre de cellules.

Car plus compréhensible, la conductivité sera exprimée en salinité (psu) en prenant en compte la pression atmosphérique et la température de l'eau correspondante.

Le système d'acquisition de mesures hydrobiologiques du naissain (SAMHYN) a permis de suivre l'évolution des paramètres de l'environnement telle que la température représentée ici en entrée et en sortie après passage sur les postlarves (Figure 172 : Evolution des températures en entrée et sortie des enceintes d'élevage) ou en fonction de la biomasse en élevage (Figure 173 : Evolution des températures en fonction de la biomasse en élevage).

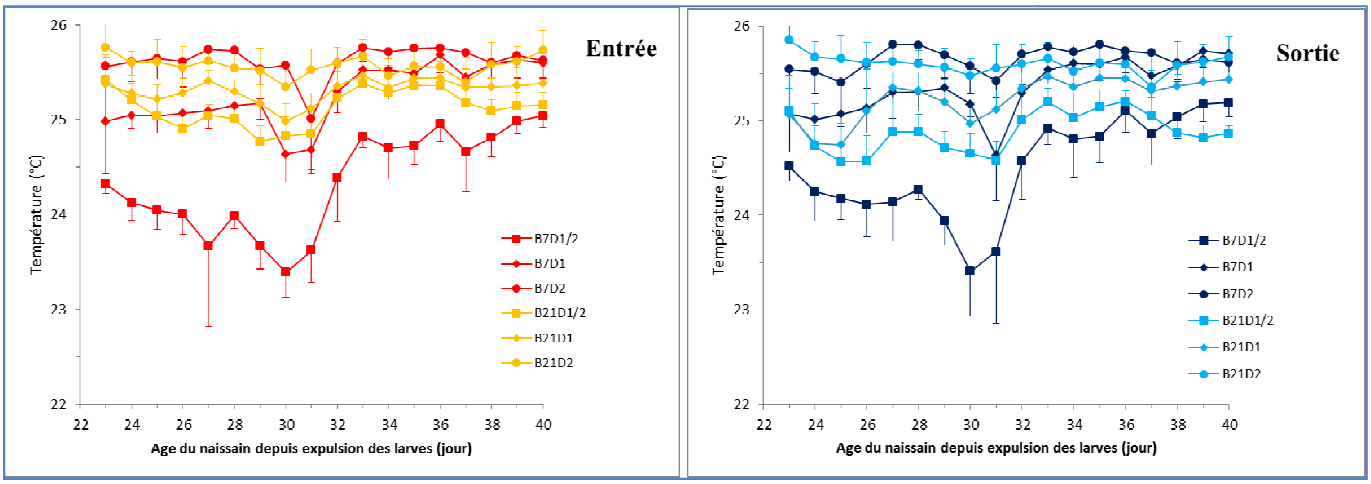


Figure 172 : Evolution des températures en entrée et sortie des enceintes d'élevage

On constate qu'à faible taux de renouvellement (D1/2) et indépendamment de la biomasse en élevage la fluctuation thermique est plus marquée environ 1,5°C (Figure 172 : Evolution des températures en entrée et sortie des enceintes d'élevage et Figure 173 : Evolution des températures en fonction de la biomasse en élevage). Une forte biomasse en élevage (21 g) ne perturbe pas la circulation de l'eau du moins au point de provoquer une élévation thermique.

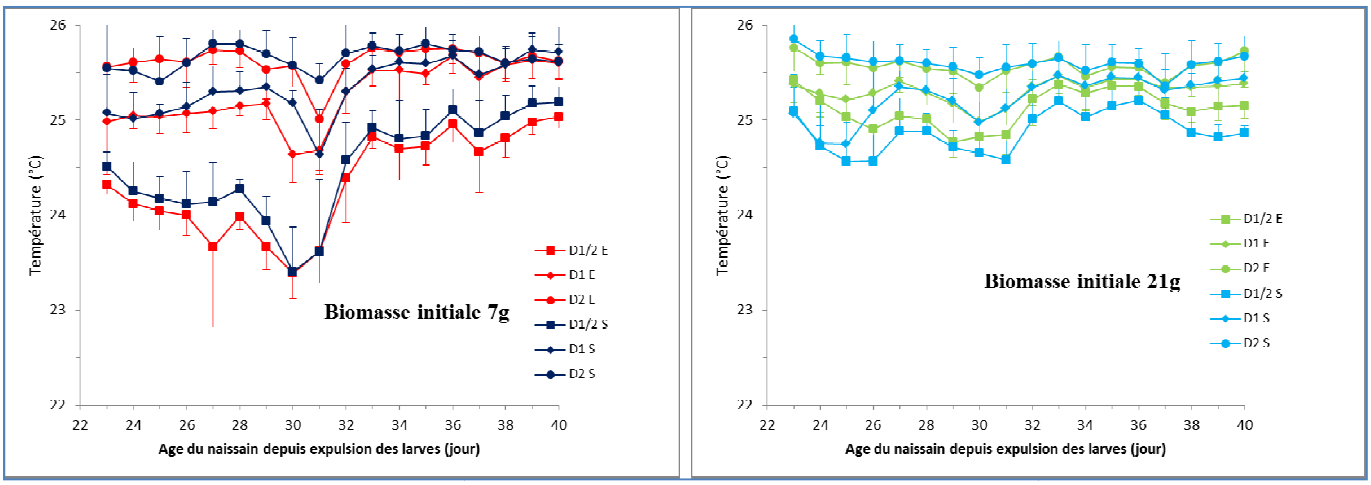


Figure 173 : Evolution des températures en fonction de la biomasse en élevage

L'évolution de la salinité démontre la forte stabilité de ce paramètre compris à Argenton entre 34 et 34.5 psu, caractéristique d'une eau de type océanique atlantique. Comme attendu on ne note aucune incidence des postlarves sur ce paramètre (entrée et sortie similaires) et ce quelle que soit la biomasse considérée (Figure 174 : Evolution des salinités en entrée et sortie des enceintes d'élevage).

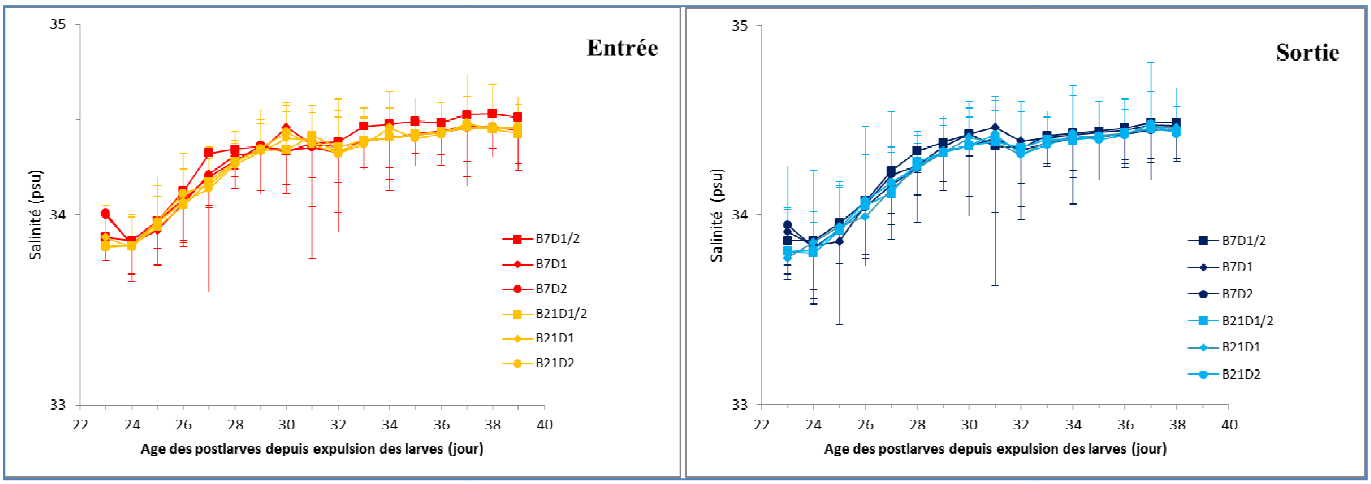


Figure 174 : Evolution des salinités en entrée et sortie des enceintes d'élevage

L'évolution de la consommation phytoplanctonique exprimée en nombre de cellules a été acquise à partir des données de chlorophylle enregistrée en continu en entrée et sortie, pour chaque condition expérimentale, en se basant sur une régression obtenue à partir du mélange TCg (*Tisochrysis lutea* et *Chaetoceros neogracile*) apportée à raison de 50/50 en volume équivalent (Figure 175 : Courbe de régression linéaire utilisée pour convertir l'unité chlorophylle (FFU) en concentration phytoplanctonique ($\mu m^3\ \mu l^{-1}$)).

Lorsqu'un environnement nutritionnel de 1500 $\mu m^3\ \mu l^{-1}$ (ou 1,5 $mm^3\ l^{-1}$) d'un mélange TCg est maintenue indépendamment de la biomasse et de la température d'élevage, la consommation journalière phytoplanctonique par postlarve va évoluer de 0,1 mm^3 à 6,3 mm^3 du 22ème au 40ème jour après libération des larves dans le milieu (Figure 176 : Evolution de la consommation phytoplanctonique postlarvaire d'*Ostrea edulis*). Cette consommation est plus efficace à faible biomasse (7 g) et taux de renouvellement faible (D1/2) ou standard (D1). A forte biomasse (21 g), la consommation postlarvaire est réfrénée mais peu différente et indépendamment du taux de renouvellement de l'eau de mer dans les enceintes d'élevage (3,5-4 mm^3) en fin d'expérimentation. Les postlarves soumises là aussi au plus fort taux de renouvellement voient leur consommation diminuée mais dans une moindre proportion qu'à faible biomasse où ce fort taux de circulation limite clairement la prise de nourriture (1 mm^3 en fin d'expérience : Figure 176 : Evolution de la consommation phytoplanctonique postlarvaire d'*Ostrea edulis*).

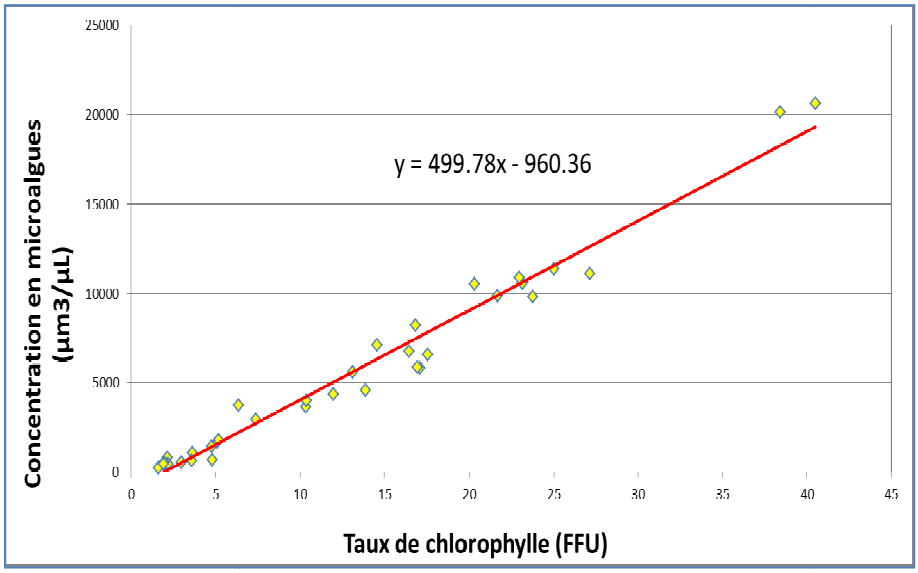
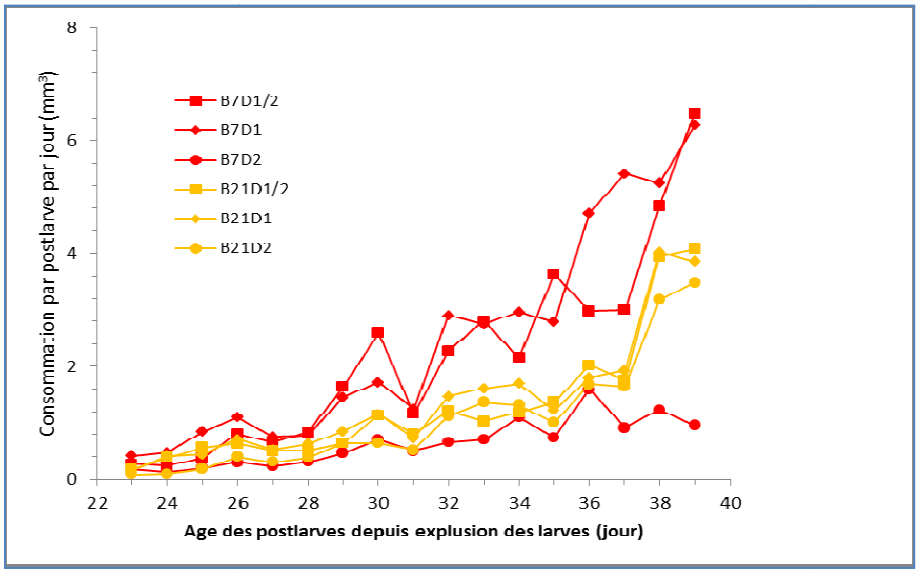


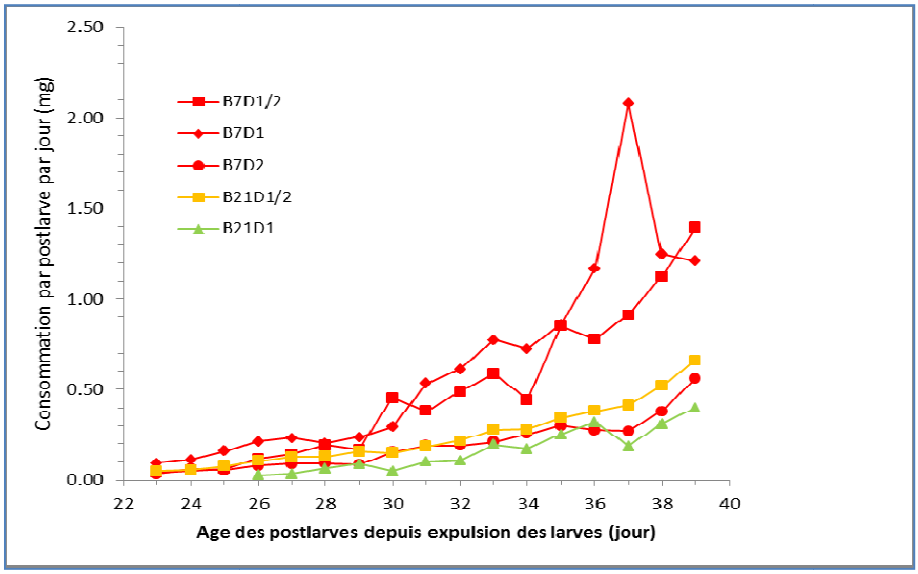
Figure 175 : Courbe de régression linéaire utilisée pour convertir l'unité chlorophylle (FFU) en concentration phytoplanctonique (µm³ µl⁻¹)



Evolution de la consommation phytoplanctonique postlarvaire d'*Ostrea edulis* élevée en flux ouvert à la température moyenne de 25°C à deux biomasses initiales (7 g = B7 et 21 g = B21) et soumises à trois taux de renouvellement d'eau d'élevage (demi standard : D1/2 de 2,5-15 l^{-1} par enceinte, standard : D1 de 5-30 l^{-1}, double standard : D2 de 10-60 l^{-1})

Figure 176 : Evolution de la consommation phytoplanctonique postlarvaire d'*Ostrea edulis*

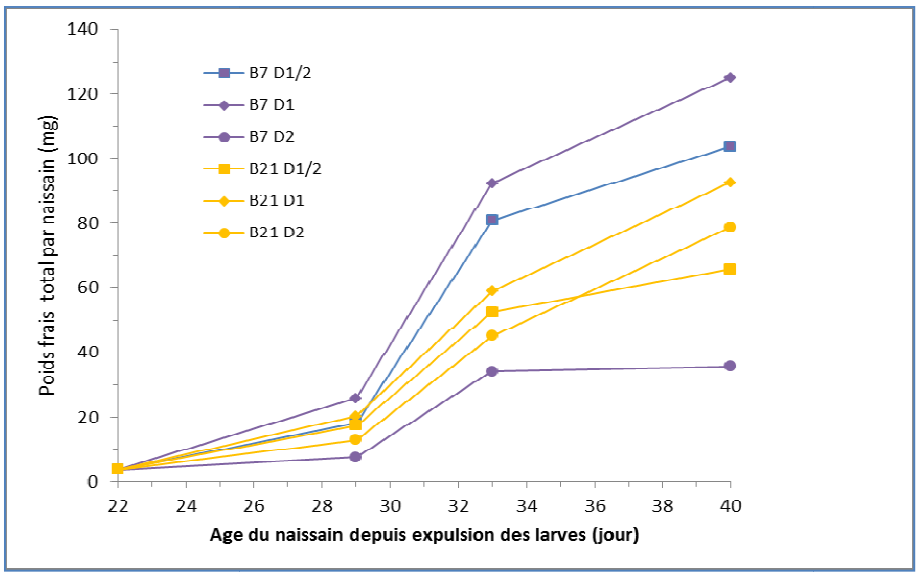
En ce qui concerne la consommation en oxygène, des valeurs aberrantes (valeurs négatives) ont été enregistrées à la biomasse la plus forte (21 g) et taux de renouvellement (D2) sans qu'aucune explication ne puisse être apportée ce jour. Comme pour la consommation phytoplanctonique, la consommation en oxygène augmente avec l'âge des postlarves mais curieusement est plus importante à la plus faible biomasse postlarvaire (7 g : B7) et faible taux de renouvellement (D1/2 et D1) où elle atteint des valeurs de 1,2-1,4 mg l^{-1} (Fig. 7). A forte biomasse (21 g : B21) celle-ci évolue de 0,05 à 0,7 mg d'O_2 par postlarve, soit environ deux fois moins qu'à faible biomasse excepté la condition à fort taux de renouvellement d'eau où cette consommation d'oxygène est fortement refreinée (Figure 177 : Evolution de la consommation d'oxygène chez des postlarves d'*Ostrea edulis*).



Evolution de la consommation d'oxygène chez des postlarves d'*Ostrea edulis* élevées en flux ouvert à la température moyenne de 25°C à deux biomasses initiales (7 g = B7 et 21 g = B21) et soumises à trois taux de renouvellement d'eau d'élevage (demi standard : D1/2 de 2,5-15 l^{-1} par enceinte, standard : D1 de 5-30 l^{-1}, double standard : D2 de 10-60 l^{-1})

Figure 177 : Evolution de la consommation d'oxygène chez des postlarves d'*Ostrea edulis*

Le meilleur développement postlarvaire est enregistré à la plus faible biomasse initiale (7 g) et débit standard (D1) engendrant un poids individuel final de 125 g, soit un taux de croissance de 6,74 mg j^{-1} (Figure 178 : Evolution de la croissance pondérale de postlarves d'*Ostrea edulis*). La plus faible croissance est obtenue à la plus faible biomasse initiale (7 g) et débit le plus important (D2) se traduisant par du naissain environ quatre fois moins gros (35 mg au 40ème jour), soit un taux de croissance de 1,77 mg j^{-1} (Figure 178 : Evolution de la croissance pondérale de postlarves d'*Ostrea edulis*). Les croissances enregistrées avec une biomasse initiale plus forte (21 g) présente des taux de croissance intermédiaires où, là encore, le débit standard conduit à de meilleurs résultats (92 mg au 40ème jour, soit un taux de croissance de 4,93 mg j^{-1}).



Evolution de la croissance pondérale de postlarves d'*Ostrea edulis* élevées en flux ouvert à la température moyenne de 25°C à deux biomasses initiales (7 g = B7 et 21 g = B21) et soumises à trois taux de renouvellement d'eau d'élevage (demi standard : D1/2 de 2,5-15 l^{-1} par enceinte, standard : D1 de 5-30 l^{-1}, double standard : D2 de 10-60 l^{-1})

Figure 178 : Evolution de la croissance pondérale de postlarves d'*Ostrea edulis*

Ces résultats sont compatibles avec ceux acquis en 2012 au cours d'une précédente expérimentation dans le cadre du projet européen SEAFARE pour lesquels les mêmes conditions expérimentales étaient appliquées mais sans suivi en continu des paramètres hydrobiologiques du milieu d'élevage. Si en valeurs absolues les résultats ne sont pas identiques

(différents géniteurs, différente période expérimentale : printemps vs automne) les mêmes tendances sont retrouvées comme :

- Une moindre croissance au plus fort débit d'eau (10-60 l^{-1}) et faible densité larvaire (7 g) parallèlement à une moindre consommation phytoplanctonique (vitesse de passage de la nourriture probablement trop importante et/ou trop forte agitation mécanique des postlarves qui auraient tendance à fermer leur valve).
- Une meilleure croissance au débit standard (5-30 l^{-1}) et faible biomasse initiale (7 g).

Le procédé SAMHYN visant à équiper des petites structures d'élevage comprises entre 500 ml et 2 l suite à une évolution des techniques d'élevage larvaire et postlarvaire en flux ouvert vertical s'est avéré pleinement fonctionnel. Cette validation a été opérée via la conduite d'une expérience, taux initial de postlarves et taux de renouvellement de l'eau d'élevage, dont l'approche zootechnique avait été opérée préalablement. Des mêmes tendances ont été dégagées donnant ainsi au suivi hydrobiologique tout son intérêt dans la recherche des meilleures performances biologiques des phases précoces d'*Ostrea edulis*.

Effets combinés de la température et de la salinité sur le développement post-larvaire d'*O. edulis*

Une réflexion sur la conception expérimentale de la seconde expérimentation intitulée « Effet combiné de la salinité et de la température sur le développement postlarvaire d'*Ostrea edulis* » programmée pour le printemps 2014 a été entamée dès le printemps 2013. En effet, si la gestion des conditions expérimentales est relativement aisée en flux statique, la gestion combinée des températures et salinités est beaucoup plus complexe en flux ouvert. Elle nécessite entre autre la mise en place de réserve tampon pour gérer la salinité à chaque température testée (Figure 179 : Schéma d'installation de mélanges thermiques et halins : association des fluides), ainsi que la mise en place de colonnes de dégazage dédiée.

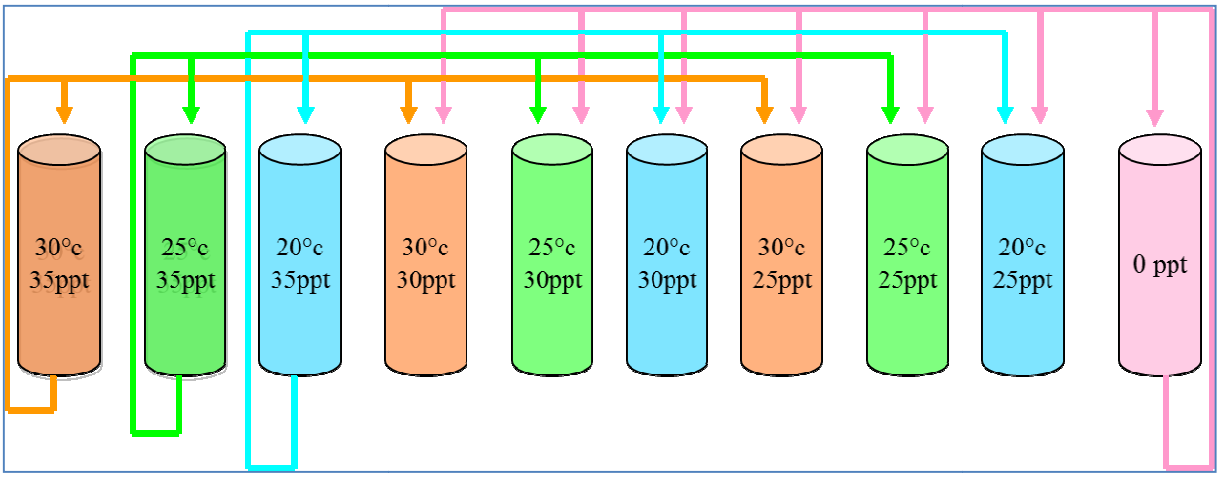


Figure 179 : Schéma d'installation de mélanges thermiques et halins : association des fluides

Cette expérimentation a ainsi nécessité un aménagement en profondeur de la salle d'écophysiologie avec déplacement des filtres à poches et installation de colonnes de stockage et dégazage de l'eau de mer afin de disposer de plusieurs températures et salinité de l'eau d'élevage des phases précoces. En effet, la station est dotée de deux réseaux primaires d'eau chaude et froide qui permettent de disposer de plusieurs températures en flux ouvert (5) pour une salinité donnée (Rico-Villa et al., 2008). Lorsque plusieurs températures sont associées à plusieurs salinités le système se complexifie. Pour éviter des mortalités de naissain dues à des sursaturations « bubble disease », ces colonnes étaient équipées de dégazeurs dotés de bras rotatifs et de lits de bioballes (Source : Robert R ©

Figure 180 : Dispositif expérimental utilisé pour permettre les mélanges eau de mer (gauche) à trois niveaux de salinité (25, 30 et 35 ‰) et trois températures (20, 25 et 30°C) et détail des colonnes de dégazage (droite)).

Le conditionnement des géniteurs a été mise en place au printemps 2014 à partir d'*Ostrea edulis*, âgés de quatre ans à réception (mars 2014) de même origine qu'en 2013 (Danemark) et indemnes de parasites. Après un traitement préventif aux antibiotiques consistant en trois balnéations successives de deux jours à la température de 13°C, en séquentiel, sans apport de nourriture, dans un bac dédié de 600 litres équipé d'une pompe de circulation et d'un circuit d'aération, les huîtres ont été replacées en circuit ouvert (200 litres h^{-1}) à l'issue de la première semaine. La nourriture, apportée en continu, contrôlée par un débitmètre, consistait en deux microalgues, *Chaetoceros neogracile* et *Rhodomonas salina* distribuée en volume égal, afin de maintenir en permanence une concentration de 1500 mm^3 ml^{-1} dans le bac de conditionnement (Gonzales et al., 2012 b). La montée en température a été progressive, de 13°C à 18,5°C, du lundi 17 mars au jeudi 3 avril. Le bac est vidangé toutes les 24 heures et les géniteurs abondement nettoyés à l'eau douce selon une technique préalablement éprouvée. Les larves étaient récoltées sur un tamis de 80 µm placé au niveau d'une surverse. Une forte libération larvaire (3,8 millions), de taille hétérogène, était enregistrée un mois après

conditionnement le 5 mai. Deux petites émissions étaient décelées les 8 mai (0,5 million) et 9 mai (0,7 million), suivies dix jours plus tard d'une ponte de 0,9 million de larves mises en élevage mais décédant 24 h plus tard. Il faudra attendre les 20 et 21 mai pour enregistrer deux émissions à nouveau conséquentes se traduisant par la mise en élevage de 2 millions de larves qui décéderont quatre jours plus tard. Deux autres émissions ont eu lieu début juin, les 9 (0,2 million) et 10 (1,4 millions) qui ne vivront pas à l'issue des premières 24 h.

Cette expérience n'a donc pas pu être conduite dans le temps imparti par déficience de matériel biologique.

Source : Robert R ©

Figure 180 : Dispositif expérimental utilisé pour permettre les mélanges eau de mer (gauche) à trois niveaux de salinité (25, 30 et 35 ‰) et trois températures (20, 25 et 30°C) et détail des colonnes de dégazage (droite)

Mise au point d'un système de nettoyage automatique de bac de géniteurs d'huîtres

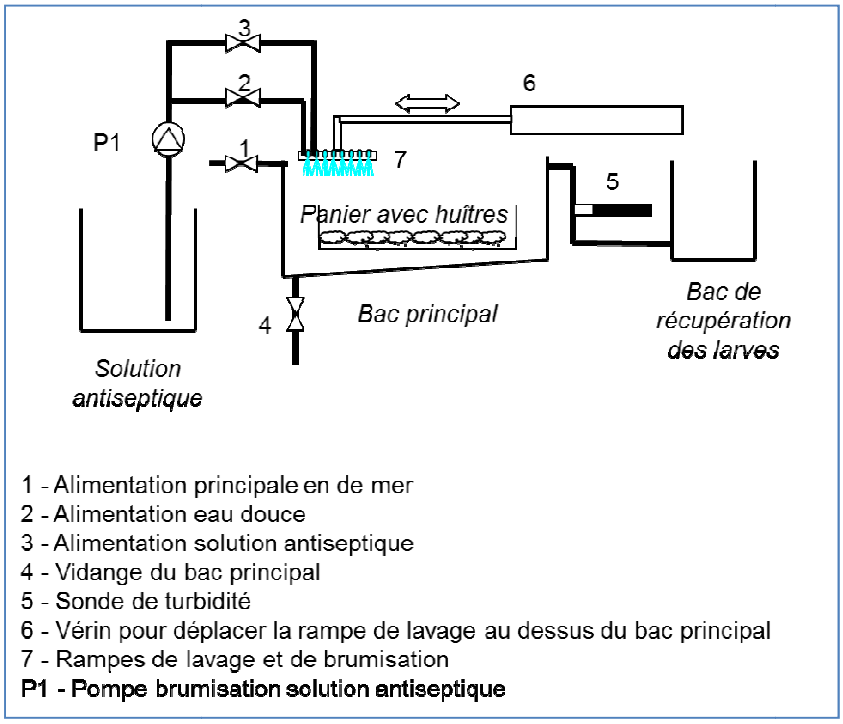


Figure 181 : Schéma conceptuel de PANGO

A l'inverse du projet SAMHYN clairement dédié à la recherche, le projet PANGO (Procédé Automatique de Nettoyage de Géniteurs *Ostrea edulis*) vise un développement technologique déclinable en état en écloserie commerciale et donc appliqué aux besoins de l'industrie conchylicole.

Il a pour objectif le nettoyage journalier d'un bac de conditionnement et des huîtres de manière automatisée sans intervention humaine et la récupération des larves émises via un déversoir. Le principe de fonctionnement visait à vidanger le bac, le rincer à l'eau douce, huîtres comprises, et vaporiser une solution antiseptique à faible dose une fois par jour. La suspension du nettoyage devait être programmée en cas de présence de spermatozoïdes ou de larves détectées par un capteur de turbidité.

Le nettoyage du bac principal consiste à vider le bac, le rincer à l'eau de mer propre sous pression puis d'y introduire une solution nettoyante par brumisation des parois pour finir avec un nouveau rinçage sous pression. Le nettoyage du panier avec les animaux consiste à tremper l'ensemble dans le bac principal comprenant une solution d'eau chlorée ou un produit équivalent type « Hydrogent » puis d'effectuer un rinçage avec de l'eau de mer propre (Figure 181 : Schéma conceptuel de PANGO).

Source : Robert R ©

De gauche à droite et de bas en haut :

- vue du châssis, bac principal, bac collecteur de larves et armoire de commande (au sol),
- détail des rampes de lavage (rampe de gauche) et d'aspersion « d'Hydrogent » (rampe de droite),
- détail du pupitre de commande,
- turbidimètre E&H pour la détection de spermatozoïdes émis et/ou de larves expulsées dans l'eau du bac principal.

Figure 182 : Vues détaillées du système PANGO

L'ensemble est commandé avec un automate programmable pilotant l'ensemble des actionneurs et assurant le séquencement des cycles de nettoyage suivant un jeu de paramètres. Il gère les trois modes de fonctionnement suivants : mode nominal, mode test et mode défaut. Il gère également un arrêt d'urgence.

Une interface homme/machine effectue les actions suivantes :

- Paramétrer les cycles de nettoyage,
- Passer d'un mode de fonctionnement à un autre,

- Faire une pause pendant le cycle de nettoyage et reprendre le cycle,
- Gérer le fonctionnement de voyants : présence tension, mode nominal, mode test, mode défaut et arrêt d'urgence.

Une première recette usine a eu lieu chez AB Process le 25 avril 2014 et a mis en évidence certains défauts (étanchéité par exemple) ou de non-conformité (Figure 182 : Vues détaillées du système PANGO) qui ont été levés une semaine plus tard.

Le système PANGO a été transféré au hall d'Aquaculture du centre Ifremer de Brest à la mi-mai pour les premiers essais en eau. Les tests préliminaires de nettoyage ont été concluants mais devront être poursuivis avant le transfert de ce dispositif en écloserie et son utilisation dans le cadre du conditionnement d'huîtres plates (Source : Robert R ©

Figure 183 : Vue d'ensemble du système PANGO).

Source : Robert R ©

Figure 183 : Vue d'ensemble du système PANGO

Objectifs

Le programme PERLE possède la particularité de rassembler l'ensemble des acteurs de la filière ostréicole huître plate bretonne et ligérienne au sein d'une instance régie par le contrat de consortium signé entre les parties. En effet, les producteurs d'huîtres plates et leurs organisations professionnelles, les comités régionaux de la conchyliculture de Bretagne-Nord et Pays de la Loire (ainsi que la présence du CRC Bretagne-Sud lors des réunions du comité de pilotage et du comité scientifique), un centre technique (Smidap), des instituts de recherche (Ifremer et le CNRS) ainsi que qu'un laboratoire, le LEMAR, regroupant plusieurs structures (IUEM, UBO, IRD, CNRS et Ifremer).

Ces pluri-représentativités et pluri-disciplinarités ont construit la qualité des débats, permis d'obtenir les résultats attendus, faisant ainsi la richesse de ce programme.

Ce programme était également construit pour et avec les professionnels d'huîtres plate car les résultats attendus leur sont directement destinés, mais aussi dans une plus large mesure à l'ensemble des professionnels conchylicoles soucieux d'engager une démarche de diversification indispensable à la pérennité de leur activité. Il était donc nécessaire et indispensable de communiquer directement et régulièrement avec eux de l'avancée des résultats.

L'outil expérimental d'Hanvec était ouvert à chacun des ressortissants des structures professionnels afin que ceux-ci puissent connaître le fonctionnement d'une écloserie pour qu'ils appréhendent mieux les décisions prises et à prendre.

Un effort particulier était également destiné à l'ensemble des acteurs du programme, partenaire et prestataires principaux, pour que chacun ne fonctionne pas isolément, que les échanges se fassent pour que les hypothèses et les conclusions puissent être validées.

Trois principaux axes constituaient donc ce sous-programme :

- Communication à la profession,
- Gestion administrative,
- Valorisation des acquis.

Communication à la profession

Résultat annuel de l'outil expérimental

Afin de maitriser un outil expérimental, de connaître l'ensemble des actions réalisées au sein de celui-ci afin de pouvoir transmettre l'ensemble des informations à destination des ressortissants, le CRC Bretagne-Nord a fait le choix de détenir l'écloserie d'Hanvec.

Source : Google

Figure 184 : Implantation de l'écloserie expérimentale d'Hanvec (au centre sur le grand terre-plein)

Le choix d'Hanvec, au lieu-dit du Glugeau, a été réalisé naturellement. En effet, historiquement, le bâtiment avait déjà été utilisé comme écloserie. Se placer en rade de Brest, un des deux sites de captage d'huître plate, est également naturel. S'appuyer sur un milieu naturel de reproduction et de captage d'huître plate *Ostrea edulis* pouvait également garantir des résultats attendus sur les capacités de l'outil et du personnel de reproduire l'huître plate en milieu contrôlé.

Les premiers travaux sur l'écloserie sont intervenus en 2010 afin de remettre en état un bâtiment non-utilisé depuis de nombreuses années pour cette activité spécifique.

Le programme étant monté par et pour les producteurs ostréicoles d'huître plate, via le CRC mais également par leur implication directe dans les réflexions sur le montage du programme, le bâtiment et les travaux menés en son sein devait être accessible en permanence aux professionnels.

De plus, afin de garantir une transparence totale, un rapport annuel des travaux réalisé a été rédigé sur 2009, 2010 et 2011. Pour l'année 2012, le rapport écrit pour la liquidation partielle du programme auprès des financeurs a été jugé suffisant tout comme ce rapport final PERLE pour l'année 2013, afin de ne pas surcharger le travail de l'équipe technique.

Figure 185 : Pages de garde des rapports 2009-2010-2011 des travaux menés dans l'outil expérimental d'Hanvec

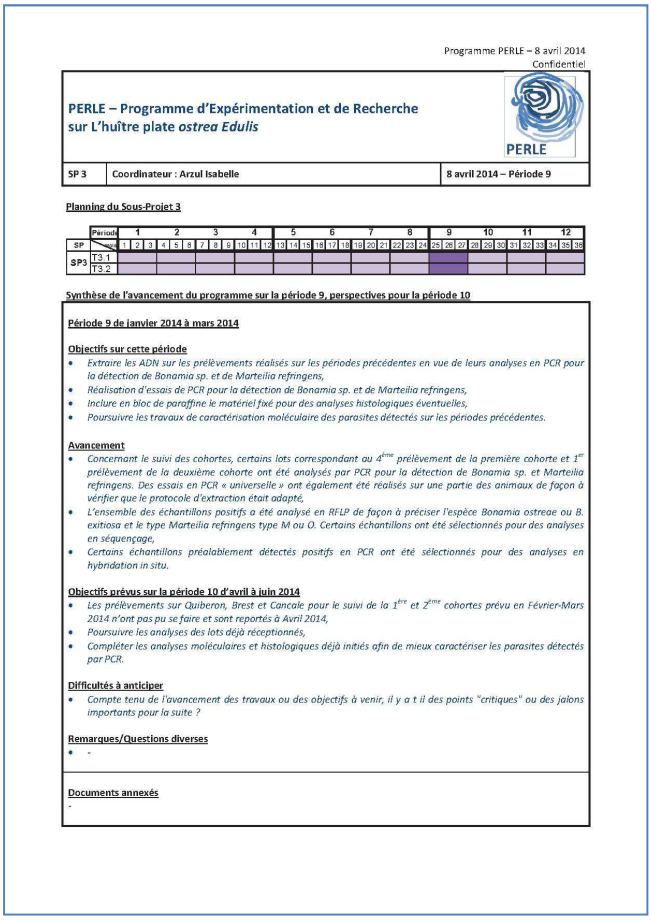
Ces rapports complets (26 pages pour 2009, 24 pour 2010 et 38 pour 2011) ont été diffusés largement auprès des professionnels de l'huître plate par mail. Le rapport 2012, présentant l'ensemble des travaux réalisés dans le programme (59 pages), a également eu une large diffusion auprès des professionnels en plus de tous les intervenants du programme et des financeurs ; Tout comme ce présent rapport.

Fiches de synthèse trimestrielles

Dans la réflexion menée par les chefs de sous-programme, les réunions scientifiques ne permettaient pas de suivre l'ensemble du programme en dehors des actions portées par chacun et à l'occasion de rencontres, qui concernait essentiellement les scientifiques, en dehors du programme.

Le Pôle Agronomique Ouest a proposé aux chefs de SP de rédiger trimestriellement une fiche de synthèse dans laquelle était repris :

- Les objectifs sur la période : programmés lors du dépôt du dossier,
- L'avancement : actions effectivement réalisées au cours de la période et explications des raisons de potentiels retards,
- Les objectifs de la période suivante : programmés lors du dépôt du dossier,
- Les difficultés à anticiper : lançant les échanges entres les chefs de SP, les éléments transmis ont permis de résoudre des problèmes d'approvisionnement en naissain pour un laboratoire par exemple,
- Des remarques et questions diverses.



Programme PERLE – 8 avril 2014
Confidentiel

PERLE – Programme d'Expérimentation et de Recherche sur L'huître plate *ostrea Edulis*

SP 3	Coordinateur : Arzul Isabelle	8 avril 2014 – Période 9

Planning du Sous-Projet 3

	Période	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SP	Semaine	1 2 3	4 5 6	7 8 9	10 11 12	13 14 15	16 17 18	19 20 21	22 23 24	25 26 27	28 29 30	31 32 33	34 35 36
SP3	T3.1												
	T3.2												

Synthèse de l'avancement du programme sur la période 9, perspectives pour la période 10

Période 9 de janvier 2014 à mars 2014

Objectifs sur cette période

- *Extraire les ADN sur les prélèvements réalisés sur les périodes précédentes en vue de leurs analyses en PCR pour la détection de Bonamia sp. et de Marteilia refringens,*
- *Réalisation d'essais de PCR pour la détection de Bonamia sp. et de Marteilia refringens,*
- *Inclure en bloc de paraffine le matériel fixé pour des analyses histologiques éventuelles,*
- *Poursuivre les travaux de caractérisation moléculaire des parasites détectés sur les périodes précédentes.*

Avancement

- *Concernant le suivi des cohortes, certains lots correspondant au 4ème prélèvement de la première cohorte et 1er prélèvement de la deuxième cohorte ont été analysés par PCR pour la détection de Bonamia sp. et Marteilia refringens. Des essais en PCR « universelle » ont également été réalisés sur une partie des animaux de façon à vérifier que le protocole d'extraction était adapté,*
- *L'ensemble des échantillons positifs a été analysé en RFLP de façon à préciser l'espèce Bonamia ostreae ou B. exitiosa et le type Marteilia refringens type M ou O. Certains échantillons ont été sélectionnés pour des analyses en séquençage,*
- *Certains échantillons préalablement détectés positifs en PCR ont été sélectionnés pour des analyses en hybridation in situ.*

Objectifs prévus sur la période 10 d'avril à juin 2014

- *Les prélèvements sur Quiberon, Brest et Cancale pour le suivi de la 1ère et 2ème cohortes prévu en Février-Mars 2014 n'ont pas pu se faire et sont reportés à Avril 2014,*
- *Poursuivre les analyses des lots déjà réceptionnés,*
- *Compléter les analyses moléculaires et histologiques déjà initiés afin de mieux caractériser les parasites détectés par PCR.*

Difficultés à anticiper

- *Compte tenu de l'avancement des travaux ou des objectifs à venir, il y a t il des points "critiques" ou des jalons importants pour la suite ?*

Remarques/Questions diverses

- -

Documents annexés

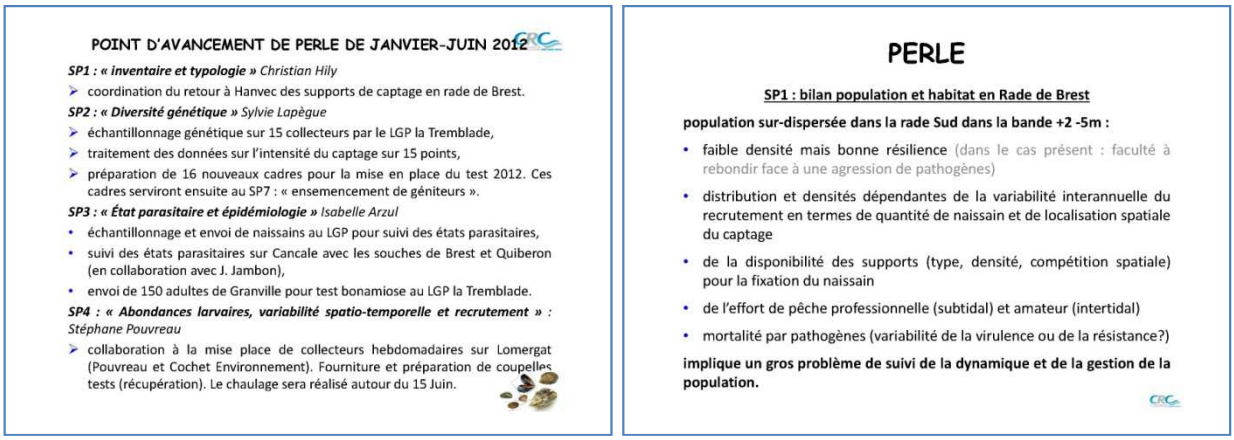
-

Figure 186 : Exemple d'une fiche de synthèse trimestrielle d'un sous-programme (SP3 – Période 9 – janvier à mars 2014)

Ces fiches de synthèse, transmises par voie électronique et mises en ligne sur le site Internet du CRC, ont également été appréciées par les professionnels qui ont pu suivre continuellement le programme.

Il est à souligner que, malgré le travail déjà entrepris pour la réalisation des SP et l'engagement de certains dans d'autres programmes, les chefs de SP ont respecté les délais, parfois serrés, donnés par le CRC ; ils sont à féliciter !

Enfin, lors de chacun des assemblées du Conseil et lors des réunions du Groupe Huîtres du CRC Bretagne-Nord durant la période 2009-2014, une présentation des avancées du programme et des résultats à l'écloserie et des tests en mer étaient au minimum projetés aux membres dans le diaporama de la séance, diffusé à l'issu de la réunion sur l'*Espace réservé* du site Internet www.coquillages-de-bretagne.com du CRC Bretagne-Nord et dans les procès-verbaux.



POINT D'AVANCEMENT DE PERLE DE JANVIER-JUIN 2012

SP1 : « inventaire et typologie » *Christian Hily*
- coordination du retour à Hanvec des supports de captage en rade de Brest.

SP2 : « Diversité génétique » *Sylvie Lapègue*
- échantillonnage génétique sur 15 collecteurs par le LGP la Tremblade,
- traitement des données sur l'intensité du captage sur 15 points,
- préparation de 16 nouveaux cadres pour la mise en place du test 2012. Ces cadres serviront ensuite au SP7 : « ensemencement de géniteurs ».

SP3 : « État parasitaire et épidémiologie » *Isabelle Arzul*
- échantillonnage et envoi de naissains au LGP pour suivi des états parasitaires,
- suivi des états parasitaires sur Cancale avec les souches de Brest et Quiberon (en collaboration avec J. Jambon),
- envoi de 150 adultes de Granville pour test bonamiose au LGP la Tremblade.

SP4 : « Abondances larvaires, variabilité spatio-temporelle et recrutement » *: Stéphane Pouvreau*
- collaboration à la mise place de collecteurs hebdomadaires sur Lomergat (Pouvreau et Cochet Environnement). Fourniture et préparation de coupelles tests (récupération). Le chaulage sera réalisé autour du 15 Juin.

PERLE

SP1 : bilan population et habitat en Rade de Brest

population sur-dispersée dans la rade Sud dans la bande +2 -5m :
- faible densité mais bonne résilience (dans le cas présent : faculté à rebondir face à une agression de pathogènes)
- distribution et densités dépendantes de la variabilité interannuelle du recrutement en termes de quantité de naissain et de localisation spatiale du captage
- de la disponibilité des supports (type, densité, compétition spatiale) pour la fixation du naissain
- de l'effort de pêche professionnelle (subtidal) et amateur (intertidal)
- mortalité par pathogènes (variabilité de la virulence ou de la résistance?)

implique un gros problème de suivi de la dynamique et de la gestion de la population.

Figure 187 : Exemples (12 juin 2012 à gauche et 25 novembre 2013 à droite) de diapositives pour la présentation des résultats PERLE en réunion du Conseil du CRC Bretagne-Nord

Les réunions du Conseil se déroulent au minimum 2 fois par an précédées régulièrement d'un Groupe Huîtres :

- 20 mars 2012 : Groupe Huîtres,
- 12 juin 2012 : Conseil du CRC Bretagne-Nord,
- 11 octobre 2012 : Groupe Huîtres,
- 6 novembre 2012 : Conseil du CRC Bretagne-Nord,
- 6 février 2013 : Groupe Huîtres,
- 2 juillet 2013 : Conseil du CRC Bretagne-Nord,
- 2 octobre 2013 : Groupe Huîtres,
- 25 novembre 2013 : Conseil du CRC Bretagne-Nord,
- 11 février 2014 : Conseil du CRC Bretagne-Nord,
- 21 mai 2014 : Groupe Huîtres,
- 23 juin 2014 : Conseil du CRC Bretagne-Nord.

Rapports

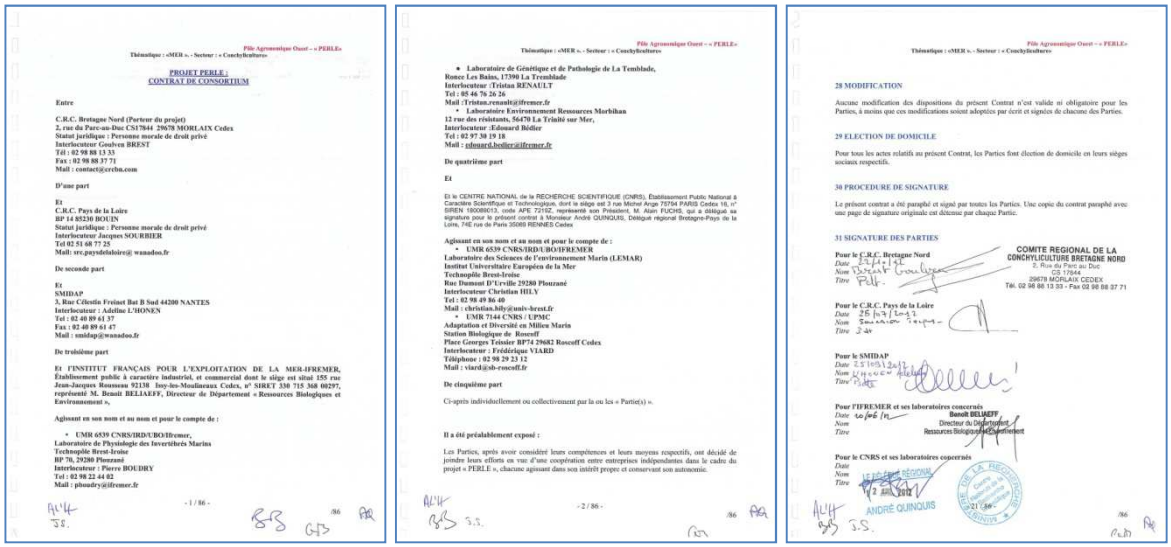
Trois rapports complémentaires ont été rédigés :

- Connaissance des ressources naturelles : inventaire et typologie des populations naturelles et de leur habitat par Julie Duchêne, Ismaël Bernard et Christian Hily sur lé période janvier 2012-juin 2013 sur les actions menées par le Lemar,
- Etude de la connectivité potentielle en rade de Brest : application au cas de l'huître plate, *Ostrea edulis* par Ismaël Bernard (Lemar), Julie Duchêne (Lemar), Christian Hily (Lemar), Pascal Lazure (PHYSED – DYNECO – Ifremer), Stéphane Pouvreau (PFOM – LEMAR – Ifremer) et Pierre Boudry (PFOM – LEMAR – Ifremer) en mai 2014,
- Programme d'Expérimentation et de Recherche sur L'huître plate *ostrea Edulis* : PERLE. Bilan des travaux conduits en Pays de la Loire par Romain FOKI et Philippe GLIZE (Smidap) en juin 2014 sur les actions portés par le Smidap.

Gestion administrative

Comptabilité

Le programme PERLE est un dossier d'envergure au sein du CRC Bretagne-Nord. Classiquement, il a fait l'objet d'une comptabilité séparée. La gestion du site d'Hanvec est réalisée totalement en interne au siège du CRC Bretagne-Nord.



Pôle Agronomique Ouest – « PERLE»
Thématique : «MER n. - Secteur : « Conchyliculture»

PROJET PERLE :
CONTRAT DE CONSORTIUM

Entre

C.R.C. Bretagne Nord (Porteur du projet)
2, rue du Parc-au-Duc CS17844 29678 MORLAIX Cedex
Statut juridique : Personne morale de droit privé
Interlocuteur Goulven BREST
Tél : 02 98 88 13 33
Fax : 02 98 88 37 71
Mail : contact@crcbn.com

D'une part

Et
C.R.C. Pays de la Loire
BP 14 85230 BOUIN
Statut juridique : Personne morale de droit privé
Interlocuteur Jacques SOURBIER
Tel 02 51 68 77 25
Mail: src.paysdelaloire@ wanadoo.fr

De seconde part

Et
SMIDAP
3, Rue Célestin Freinet Bat B Sud 44200 NANTES
Interlocuteur : Adeline L'HONEN
Tel : 02 40 89 61 37
Fax : 02 40 89 61 47
Mail : smidap@wanadoo.fr

De troisième part

Et l'INSTITUT FRANÇAIS POUR L'EXPLOITATION DE LA MER-IFREMER, Établissement public à caractère industriel, et commercial dont le siège est situé 155 rue Jean-Jacques Rousseau 92138 Issy-les-Moulineaux Cedex, n° SIRET 330 715 368 00297, représenté M. Benoit BELIAEFF, Directeur de Département « Ressources Biologiques et Environnement »,

Agissant en son nom et au nom et pour le compte de :

- UMR 6539 CNRS/IRD/UBO/Ifremer,

Laboratoire de Physiologie des Invertébrés Marins
Technopôle Brest-Iroise
BP 70, 29280 Plouzané
Interlocuteur : Pierre BOUDRY
Tel : 02 98 22 44 02
Mail : pboudry@ifremer.fr

- 1 / 86 -

Pôle Agronomique Ouest – « PERLE»
Thématique : «MER n. - Secteur : « Conchyliculture»

- Laboratoire de Génétique et de Pathologie de La Tremblade,

Ronce Les Bains, 17390 La Tremblade
Interlocuteur :Tristan RENAULT
Tel : 05 46 76 26 26
Mail :Tristan.renault@ifremer.fr

- Laboratoire Environnement Ressources Morbihan

12 rue des résistants, 56470 La Trinité sur Mer,
Interlocuteur :Edouard Bédier
Tel : 02 97 30 19 18
Mail : edouard.bedier@ifremer.fr

De quatrième part

Et

Et le CENTRE NATIONAL de la RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS), Établissement Public National à Caractère Scientifique et Technologique, dont le siège est 3 rue Michel Ange 75794 PARIS Cedex 16, n° SIREN 180089013, code APE 7210Z, représenté son Président, M. Alain FUCHS, qui a délégué sa signature pour le présent contrat à Monsieur André QUINQUIS, Délégué régional Bretagne-Pays de la Loire, 74E rue de Paris 35069 RENNES Cedex

Agissant en son nom et au nom et pour le compte de :

- UMR 6539 CNRS/IRD/UBO/IFREMER

Laboratoire des Sciences de l'environnement Marin (LEMAR)
Institut Universitaire Européen de la Mer
Technopôle Brest-Iroise
Rue Dumont D'Urville 29280 Plouzané
Interlocuteur Christian HILY
Tel : 02 98 49 86 48
Mail : christian.hily@univ-brest.fr

- UMR 7144 CNRS / UPMC

Adaptation et Diversité en Milieu Marin
Station Biologique de Roscoff
Place Georges Teissier BP74 29682 Roscoff Cedex
Interlocuteur : Frédérique VIARD
Téléphone : 02 98 29 23 12
Mail : viard@sb-roscoff.fr

De cinquième part

Ci-après individuellement ou collectivement par la ou les « Partie(s) ».

Il a été préalablement exposé :

Les Parties, après avoir considéré leurs compétences et leurs moyens respectifs, ont décidé de joindre leurs efforts en vue d'une coopération entre entreprises indépendantes dans le cadre du projet « PERLE », chacune agissant dans son intérêt propre et conservant son autonomie.

- 2 / 86 -

Pôle Agronomique Ouest – « PERLE»
Thématique : «MER n. - Secteur : « Conchyliculture»

28 MODIFICATION

Aucune modification des dispositions du présent Contrat n'est valide ni obligatoire pour les Parties, à moins que ces modifications soient adoptées par écrit et signées de chacune des Parties.

29 ELECTION DE DOMICILE

Pour tous les actes relatifs au présent Contrat, les Parties font élection de domicile en leurs sièges sociaux respectifs.

30 PROCEDURE DE SIGNATURE

Le présent contrat a été paraphé et signé par toutes les Parties. Une copie du contrat paraphé avec une page de signature originale est détenue par chaque Partie.

31 SIGNATURE DES PARTIES

Pour le C.R.C. Bretagne Nord
Date
Nom
Titre

COMITE REGIONAL DE LA CONCHYLICULTURE BRETAGNE NORD
2, Rue du Parc au Duc
CS 17844
29678 MORLAIX CEDEX
Tél. 02 98 88 13 33 - Fax 02 98 88 37 71

Pour le C.R.C. Pays de la Loire
Date
Nom
Titre

Pour le SMIDAP
Date
Nom
Titre

Pour l'IFREMER et ses laboratoires concernés
Date
Nom
Titre
Benoit BELIAEFF
Directeur du Département
Ressources Biologiques et Environnement

Pour le CNRS et ses laboratoires concernés
Date
Nom
Titre
ANDRÉ QUINQUIS

- 21 / 86 -

Figure 188 : Contrat de consortium signé entre les parties

Le montage du programme PERLE, confirmé par un contrat de consortium signé par toutes les parties, avec un financement de l'ensemble du programme par le FEP, l'Etat, les régions Bretagne et Pays de la Loire. Néanmoins, les conventions régionales ont été signées entre les partenaires scientifiques et techniques :

- Région Bretagne : Ifremer, CNRS, Lemar,
- Région Pays de la Loire : Ifremer, Smidap.

Les dépenses engagées par chacun sont supportées directement par les partenaires.

Réunions annuelles

Pour informer, échanger et connaître l'avancé du programme PERLE, des réunions annuelles, auxquelles l'ensemble des intervenants de chaque partenaire étaient conviés, ont été organisées au siège du CRC Bretagne-Nord. Tenues sur une journée, elles étaient l'occasion de rappeler les objectifs, présenter les résultats et afficher les ambitions pour l'année suivante par le chef de chaque sous-programme :

- 6 janvier 2012 : réunion de lancement,
- 9 novembre 2012 : comité scientifique,
- 15 novembre 2013 : comité scientifique,
- 24 juin 2014 : réunion finale.

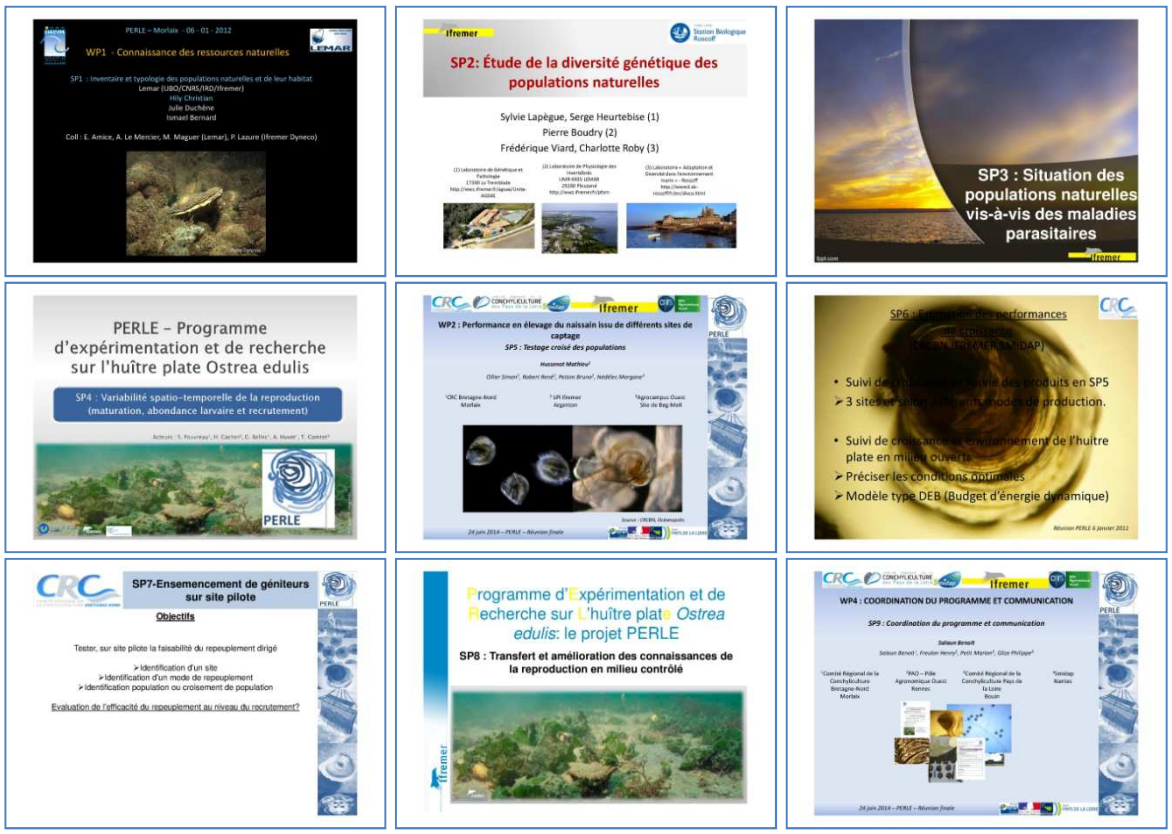


Figure 189 : Présentation des sous-programmes lors des réunions annuelles

Le format était de 20 minutes de présentation suivie d'une discussion. Ces réunions ont été l'occasion d'un libre échange entre partenaires, scientifiques, intervenants. Chacun a pu mieux appréhender le programme qui mettait en relation de nombreuses compétences, pas nécessairement maîtrisées.

Valorisation des acquis

Colloques pour les professionnels

Les professionnels de l'huître plate et plus généralement tous les ressortissants du CRC sont les bénéficiaires de ce programme. En effet, le postulat de départ : « Bon captage en nombre en rade de Brest mais peu de survie en fin de cycle d'élevage et faible captage en baie de Quiberon mais une meilleure résistance. » était d'améliorer sensiblement le taux de recapture (huître vendable/naissain semé) en recherchant des caractères de rusticité afin de réensemencer dans le milieu des individus sélectionnés au caractère recherché.

En améliorant de quelques points le pourcentage de recapture, la santé financière des entreprises de production d'huîtres plates serait grandement améliorée en s'éloignant du plancher de rentabilité.

La crise que connait actuellement la profession entre des surmortalités ostréicoles sur les juvéniles depuis 2008 et s'étendant sur les huîtres vendables, ainsi que des mortalités récentes sur les filières mytilicoles nécessite de proposer des solutions de diversification pour sortir d'une situation de monoculture dangereuse pour les entreprises la pratiquant.

Un retour vers le produit originel de notre région serait un choix privilégié pour nos entreprises.

Ce programme fait pour les professionnels conchylicoles se devait donc de communiquer régulièrement et largement. Les fiches de synthèse trimestrielle permettaient d'avoir un regard régulier sur le travail fourni et des premiers résultats par sous-programme.

Un deuxième niveau d'échange en direct, entre scientifiques et professionnels, se devait d'être organisé afin qu'un dialogue intervienne entre tous les intervenants. Organiser une 1ère fois séparément, comité scientifique puis rencontre entre chef de SP et professionnels dans un second temps, le choix s'est ensuite porté sur une restitution annuelle regroupent les professionnels avec tous les partenaires.

Une restitution du comité scientifique du SMIDAP est également intervenue au cours de laquelle le programme PERLE et ses résultats ont été présentés.

En plus, des réunions du CRC (Bureau Huîtres et Conseil), le programme, ses avancées et ses résultats ont été présentés aux professionnels :

- 4 février 2013 : présentation des résultats aux professionnels,
- 15 novembre : comité scientifique, partenaires et professionnels,
- 11 avril 2014 : comité scientifique du SMIDAP,
- 24 juin 2014 : réunion finale PERLE (scientifiques, partenaires, professionnels, financeurs).

Visites des installations

Afin de détenir la maitrise et la compétence du fonctionnement d'une écloserie sur l'huître plate, les producteurs et la profession ont choisi dans le cadre du programme PERLE de détenir l'outil. Le choix d'une installation à Hanvec en rade de Brest, un des deux sites de captage d'*Ostrea edulis* en Bretagne, était logique.

Source : Salaun B ©

Figure 190 : Explication du fonctionnement de l'écloserie lors d'une visite su site

Source : Hussenot M ©

Figure 191 : Visite en mer

Le bâtiment était donc ouvert aux professionnels et aux partenaires du programme. Sur rendez-vous, les visites du site se sont succédées tout au long du programme. Les techniciens ont expliqué toutes les salles, le fonctionnement et les raisons de la disposition ainsi que les chois réalisés, motivés par le cahier de charges souhaité par la profession en début de programme (pas de traitement sur les animaux, zootechnie au plus proche des conditions environnementales…).

Voici une liste non-exhaustive des personnes qui sont venues au Glugeau :

- Professionnels : Beaulieu Charles, Beaulieu Pierre-Charles, Beaulieu Richard, Jambon Joseph, Madec Yvon, Moysan Philippe, Neau Annabelle, Nicol Stéphane, Quéré Yann,
- Partenaires : Alunno-Bruscia Marianne (Ifremer), Arzul Isabelle (Ifremer), Boudry Pierre (Ifremer), Duchène Julie (Lemar), Foki Romain (Smidap), Freulon Henry (PAO), Glize Philippe (Smidap), Hily Christian (Lemar), Millecamps Jean-Luc (PAO), Petton Bruno (Ifremer), Pouvreau Stéphane (Ifremer), Robert René (Ifremer),
- Autres : Chantereau Sébastien (CNC), Le Meur Jacques (Journaliste), Louis Yves (Lycée de Bréhoulou), Nedelec Morgane (AgroCampus Ouest Site de Beg Meil).

Les visites du site pouvaient, à l'occasion d'un relevage de structure d'élevage, s'accompagner d'une visite des installations en mer.

Colloques scientifiques et partenariats

Les partenaires PERLE ont profité de colloques pour présenter le programme à différentes publics. Soit le programme était l'objet de la présentation, soit ses résultats étaient intégrés dans une présentation plus globale.

L'huître face au climat – Avril 2013 – Pouvreau Stéphane (Ifremer)

L'huître creuse est l'un des mollusques marins les plus répandus au monde et occupe une place économique importante dans l'aquaculture française. Issue d'un mode de culture respectueux de l'environnement, cette espèce structure nos paysages côtiers et constitue un véritable patrimoine culturel, véhiculant une image culinaire à la fois traditionnelle, festive et saine. Mais, avant toute chose, l'huître creuse joue un rôle clé dans l'écologie de nombreux écosystèmes côtiers qu'elle domine par sa présence, tout comme les coraux dans les écosystèmes récifaux.

Cette espèce, véritable modèle biologique marin pour le scientifique, vit implantée sur un substrat. Elle subit donc directement les facteurs de son environnement, en premier lieu desquels : le climat. Toute modification de ce dernier a des répercussions plus ou moins directes sur la vie de l'huître. Si la problématique du changement climatique devient une question scientifique majeure, c'est aussi un enjeu d'avenir pour l'ostréiculture.

Figure 192 : Diaporama de la présentation « L'huître face au climat : histoire des tribulations d'un mollusque »

Dans ce contexte, cette conférence vous propose une visite guidée des effets du climat sur la biologie de l'huître, au travers de plusieurs exemples choisis d'Arcachon à la Rade de Brest, tout en faisant appel à des séries biologiques remontant aux années 1970 ainsi qu'en utilisant différents outils d'observation des écosystèmes côtiers conchylicoles, le tout en s'appuyant sur une revue de la littérature mondiale dans le domaine. Cette conférence s'efforce aussi de dresser une analyse, la plus complète possible, des risques encourus par cette espèce, sentinelle du milieu marin, dans le climat progressivement modifié du 21ème siècle.

Enfin, cette immersion dans le monde de l'huître ne doit pas faire oublier qu'il ne s'agit là que d'un exemple parmi tant d'autres illustrant, localement et chez une espèce, les effets beaucoup plus globaux du profond changement en cours de notre biosphère.

3rd shellfish KT workshop – Native Oyster Regeneration – Juin 2014 – Duchène Julie (Istrenn)

L'huître plate *Ostrea edulis* est l'espèce indigène européenne. Les bancs d'huîtres plates sont devenus rares dans les zones côtières européennes sous l'effet de la surpêche et de deux maladies parasitaires. Ils sont désormais identifiés par la commission OSPAR comme un habitat menacé. Des actions sont nécessaires pour leurs restaurations, aussi bien pour leurs conservations que pour l'intérêt des producteurs. Dans ce contexte, un programme de recherche coordonné par le CRC, regroupant l'ensemble des ostréiculteurs de son territoire, impliquant des scientifiques de différents domaines a été mené en Bretagne et Pays de la Loire. Il implique des connaissances en biologie et écologie des populations. Les résultats ont démontré que la restauration d'un habitat de l'huître plate semble possible sur certains sites en prenant en compte différents facteurs anthropiques et naturels. Accompagnée d'actions de conservation, la restauration écologique serait bénéfique non seulement pour la biodiversité marine mais également pour l'ostréiculture en augmentant son stock de géniteurs et par conséquent en augmentant le nombre de larves dans le milieu pour, ensuite, collecter le naissain par les producteurs.

Figure 193 : Diaporama de la présentation à l'IBIS workshop

GDR MarCo – Connectivité des populations d'huîtres plates, *O. edulis*, au sein de la Rade de Brest – Juin 2014 – Roby Charlotte (CNRS)

Le programme PERLE (Programme d'Expérimentation et de Recherche sur L'huître plate *Ostrea edulis*), qui réunit les professionnels de la conchyliculture et les chercheurs de Bretagne et des Pays de la Loire, vise à améliorer les connaissances sur cette espèce et à identifier des stratégies pour assurer une production durable et rentable de l'huître plate. Pour cela, il a été proposé de collecter des informations sur les bancs naturels d'huîtres plates présents sur quatre sites : Granville, rade de Brest, baie de Quiberon et baie de Bourgneuf. Dans ce cadre, nous sous sommes plus particulièrement focalisés sur la diversité génétique des populations naturelles d'huîtres plates, en nous intéressant à la fois à des échantillons adultes et de naissains afin d'obtenir une représentation spatiale et temporelle de cette diversité. Un premier objectif visait à déterminer au stade adulte le degré de similitude génétique existant entre les sites colonisés par des huîtres adultes au sein de la rade de Brest, et s'ils présentaient des niveaux de diversité différents de ceux d'autres zones de captage naturel (tel que celui de Quiberon). Un second objectif était de déterminer si les naissains collectés reflétaient la diversité génétique des adultes en place ou n'en représentaient qu'une fraction, et de caractériser l'instabilité démo-génétique des populations par une analyse temporelle des naissains recrutés.

Deux types de marqueurs moléculaires ont été utilisés dans cette étude : 12 marqueurs microsatellites et 384 SNPs. Seize populations d'huîtres adultes, ont été analysées : 11 en rade de Brest, 4 en Bretagne/Normandie et 1 en Corse. De plus, 14 échantillons de naissains recrutés en 2011 et 16 en 2012 dans la rade de Brest, ont été analysés. Au total, 2 135 huîtres ont été génotypées avec les marqueurs microsatellites et un sous-échantillon de 1 370 avec les marqueurs SNPs. Les résultats obtenus avec les deux types de marqueurs sont globalement convergents. En particulier, la diversité génétique des huîtres plates est élevée et similaire à échelle globale ou locale (rade de Brest). La diversité génétique des naissains est également comparable à celle observée pour les adultes. Il existe une forte convergente des résultats entre les microsatellites et les SNPs si l'on s'intéresse à l'échelle globale avec en particulier la Corse qui apparaît nettement différenciée par rapport aux autres populations normande/bretonnes. Au niveau local de la rade de Brest, les SNPs semblent apporter des informations plus fines avec la mise en évidence d'une différenciation d'une population d'huîtres adultes et de deux populations de naissains échantillonnés en 2012, toutes trois localisées dans l'estuaire de l'Elorn. Ces observations sont en particulier mises en évidence grâce à 4 marqueurs *outliers* et permettent de s'interroger sur une influence commune au niveau de cette zone au nord de la rade, qui reste encore à caractériser en termes de démographie/histoire/sélection.

De façon globale, les résultats obtenus mettent en évidence des effectifs élevés en individus reproducteurs et un fort brassage génétique conduisant à une image de connectivité importance à l'échelle d'un bassin.

Figure 194 : Diaporama de la présentation au GDR MarCo

Oyster World Congress 2012 – La génétique au service de la caractérisation et de la gestion de la diversité des huîtres – Novembre/Décembre 2012 – Lapègue Sylvie (Ifremer)

Connaître la diversité génétique d'une espèce, de ses populations naturelles ou introduites, et gérer ses stocks en élevage est une base nécessaire à la gestion durable d'une production animale ou végétale. Aujourd'hui la production ostréicole repose sur des animaux élevés dans un milieu ouvert, non contrôlé, se reproduisant dans ce même milieu ou bien dans des écloseries où les croisements sont contrôlés. Dans ce contexte, les outils développés ces vingt dernières années par la génétique et plus récemment la génomique, permettent d'appréhender cette diversité et de donner des informations clés pour la gestion des animaux en élevage. Nous présenterons l'intérêt de ces outils pour la connaissance et la gestion des ressources ostréicoles en illustrant notre propos à partir de travaux récents obtenus chez les huîtres creuses, *Crassostrea gigas*, et les huîtres plates, *Ostrea edulis*. Ainsi, des marqueurs moléculaires mais aussi le génome, entièrement séquencé cette année, permettent d'estimer la diversité au niveau de l'espèce. De plus, il est possible d'estimer la connectivité entre les populations naturelles ou naturalisées à partir des ressemblances observées entre ces populations. Pour l'huître plate, c'est primordial dans le contexte d'une espèce patrimoniale pour laquelle des solutions de préservation et de restauration sont envisagées dans différents pays européens. C'est tout aussi vrai pour l'huître creuse, espèce introduite, mais qui s'est installée sur une très grande partie des côtes atlantiques européennes, et pour laquelle des programmes de sélection pour une meilleure survie du naissain sont en cours. En effet, ces programmes de sélection nécessitent l'utilisation d'une variabilité génétique large garante de succès à long terme. Connaître le niveau et la distribution de cette variabilité sur nos côtes est donc de premier intérêt. Enfin, les marqueurs génétiques sont également des outils de gestion de stocks en élevage afin de minimiser la consanguinité en améliorant les pratiques de reproduction en écloserie.

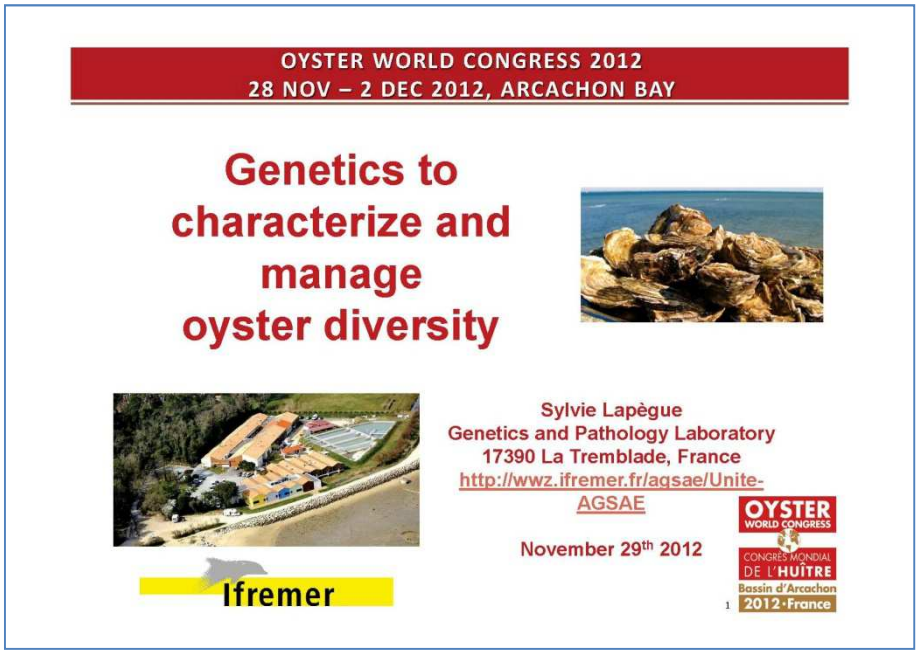
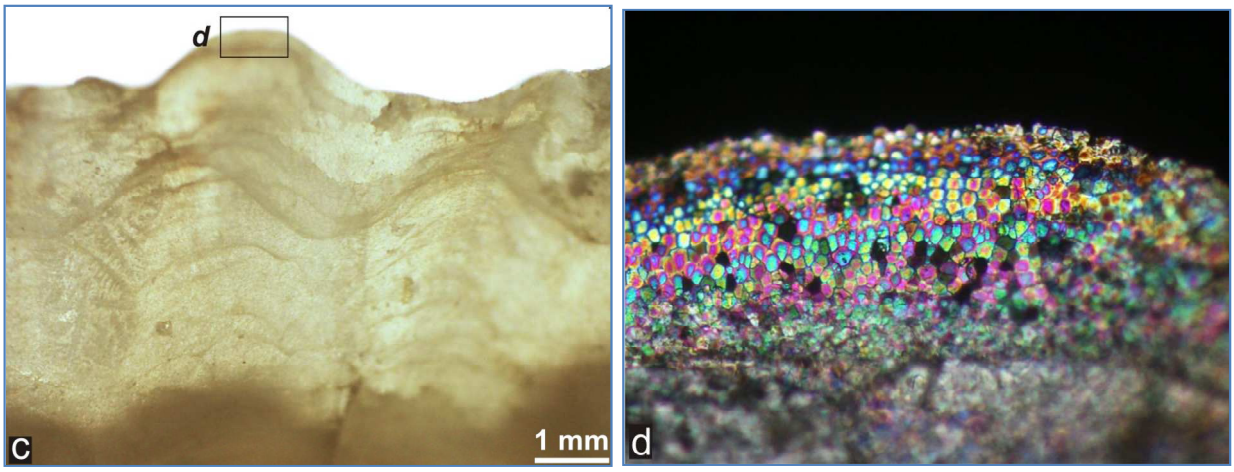


Figure 195 : Diaporama de présentation au Congrès mondial de l'huître

Partenariat avec la faculté d'Orsay

En début d'année 2013, la faculté d'Orsay s'est rapprochée du CRC Bretagne-Nord pour obtenir de très jeunes huîtres plates. L'objectif pour la faculté est de réaliser des clichés de naissains en croissance et en lien avec leurs recherches sur la bio-minéralisation.



Source : Université Paris-Sud ©

Figure 196 : Clichés par microscope électronique de la zone de croissance de naissain d'huître plate

Trois envois de naissains de différentes tailles ont été réalisés (origine écloserie et naturel) ayant permis des clichés par microscopie électronique.

Communication vers le grand public

Les Journées de la mer

La production de l'huître plate reste, en comparaison de l'huître creuse, une production très confidentielle. Les consommateurs d'huître plate, bénéficiaires finaux des actions de relance de la production, sont souvent des initiés et connaissent très bien le produit. Néanmoins, une grande majorité des amateurs d'huître connaissent peu l'huître plate. Le CRC Bretagne-Nord a donc souhaité mener des actions de communication vers le grand public afin de présenter le produit, la production et les actions des partenaires de PERLE pour la relance de l'huître plate.

Plusieurs actions ont été menées sur des supports télévisuels et radiodiffusés, ainsi qu'une journée d'échange avec le grand public.

Cette journée a été réalisée dans le cadre « des journées de la mer » organisée par le parc de découverte des océans de Brest, Océanopolis. Pour l'année 2013 cette manifestation avait pour thème la rade de Brest et s'est déroulée le 8 juin 2013.

Trois formats étaient proposés :

- « Auditorium »

Des conférences d'une vingtaine de minutes sur les spécificités de la rade de Brest (hydroclimatique, biodiversité, écologie…) avec des intervenants de Météo France et plusieurs laboratoires scientifiques (Ifremer, CNRS-IUEM).

- « En mer »

Des sorties en mer proposant entre autre un accompagnement des plaisanciers pour des prélèvements et des observations du plancton, des sorties de découverte sur l'histoire de la rade de Brest ainsi que quelques bords sur un bateau de course de classe IMOCA.

- « Bienvenue à bord »

Une troisième action consistée à la présentation et l'échange sur des actions concrètes en faveur de la rade de Brest. C'est dans ce cadre que le CRC Bretagne-Nord est allé à la rencontre du public en présentant ses activités expérimentales sur l'huître plate. Des observations au microscope, de larves et de naissains d'huître plate, ont été réalisées avec les produits de l'écloserie d'Hanvec pour faire découvrir le cycle de vie original de cette espèce. Simultanément, des présentations étaient réalisées avec l'écloserie du Tinduff et sur le plancton. Plus qu'une simple action de vulgarisation de PERLE et de la production de l'huître plate, les échanges avec le public ont été très enrichissants pour l'équipe du CRC Bretagne-Nord et ont permis de mieux appréhender les questionnements du grand public face à la problématique de l'huître plate.

http://wwz.ifremer.fr/L-institut/Agenda-des-evenements/Evenements-passes/Journee-de-la-Rade-de-Brest

http://www.oceanopolis.com/var/storage/original/application/7539bd91d230823c8c37d6e97f6d6b06.pdf

Microcéan, le petit peuple de la mer

Dans le cadre d'un partenariat entre Suez-environnement, la chaine de télévision M6, et la société de production Nature productions l'équipe audiovisuelle d'Océanopolis s'est rapprochée du CRC Bretagne-Nord pour réaliser un programme court sur l'huître plate qui s'intègre dans une série de sujets intitulée « Microcéan, le petit peuple de la mer ». Ce programme a été diffusé en début de soirée le 21 décembre 2012. Le CRC Bretagne-Nord a participé à la rédaction d'un scénario et a coordonné les prises de vues afin de présenter de façon très concrète l'huître plate et la méthode de production. Cela a été une opportunité de plus de vulgariser l'huître plate à une heure de grande écoute et sur une chaine nationale.

Source : M6, Suez environnement, Océanopolis ©

http://vimeo.com/77678194

Figure 197 : Capture d'écran du sujet Microcéan

Vivre avec les bêtes

Enfin, dans le cadre de l'émission de France Inter « Vivre avec les bêtes », animée par Elizabeth de Fontenay et Alain Bougrain-Dubourg, le CRC Bretagne-Nord a été invité à présenter l'huître plate, sa consommation, son mode de vie et sa culture. Les actions des partenaires du programme PERLE ainsi que les financeurs ont aussi été présentées. Les

échanges sur le sujet ont été enregistrés en duplexe entre les locaux de France bleu à Quimper et Radio France à Paris pour une diffusion en différée le 29 décembre 2013.

http://www.franceinter.fr/player/reecouter?play=786038

Articles

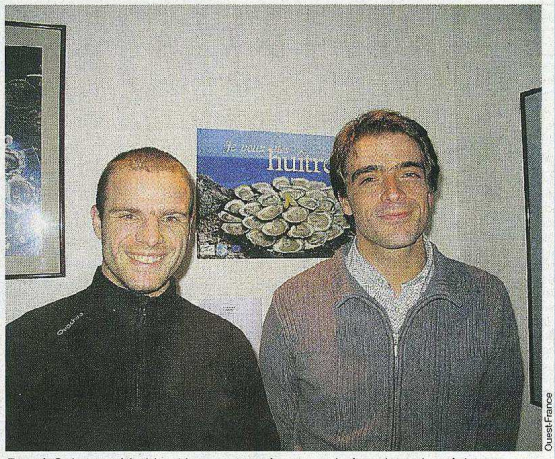
Une écloserie pour sécuriser l'huître plate

Depuis trois ans, ce coquillage a, comme la creuse, subi une série de déboires. Une solution : la sélection.

« Cette année, nous avons enfin obtenu un captage normal. Mais il est temps de sécuriser l'avenir de l'huître plate », explique Benoît Salaun, conseiller technique de la Section régionale de conchyliculture de Bretagne-Nord. Sa section ouvre, en partenariat avec la Bretagne-Sud, une écloserie pour sélectionner l'huître plate.

Déjà affaiblie, depuis trente ans, par les parasites *martelia* et *bonamia*, la plate française a connu une panne de reproduction, en 2007 et 2008, puis les dégâts de la tempête de mars 2008. Le coup de vent a ravagé les concessions de la baie de Cancale où sont élevées la plupart des plates : 1 100 tonnes sur 1 500 tonnes au niveau national.

En observant les débcires de la creuse, les professionnels de la plate se sont inquiétés. Si, par malheur, une troisième mauvaise année survenait, comment rétablir les stocks, compte tenu de la longévité de la plate qui, en élevage, n'excède guère trois ans ?



Ouest-France

Benoît Salaun et Mathieu Hussenot espèrent une huître plate plus résistante et aux capacités de croissance améliorées.

Quatre souches françaises

La section régionale loue depuis quelques semaines un petit établissement ostréicole aux établissements Madec, à Hanvec, au bord de la rade de Brest. Elle va y installer une écloserie. L'objectif est de faire de la sélection, comme pour la creuse à Noirmoutier. On en espère un coquillage au taux de survie supérieur, alors qu'actuellement il y a seulement 15 % de recapture des semis en eau profonde. Et aussi des performances de croissance améliorées pour réduire le cycle d'élevage et donc l'exposition aux parasites.

« Nous croiserons quatre souches naturelles, explique Mathieu Hussenot, le responsable de l'écloserie. **Celle de la rade de Brest, qui pousse plus vite, celle de la baie de Quiberon, qui a un meilleur taux de survie, et aussi des plates de Granville et de La Rochelle. »**

Dans le même temps, à l'Ifremer de Brest, une équipe dirigée par Pierre Boudry va relancer les travaux sur la génétique de la plate et ses pathologies. Il faudra plusieurs années pour aboutir. L'une des idées serait alors, plutôt que de livrer du naissain aux éleveurs, de régénérer le stock de reproducteurs dans le milieu naturel pour améliorer le captage.

Raymond COSQUÉRIC.

Figure 198 : Article du 27 novembre 2009 dans Ouest-France

L'huître plate entre en résistance à Hanvec

La SRC de Bretagne Nord lance au printemps en rade de Brest son programme expérimental de sélection d'huîtres plates résistantes aux parasitoses. Matthieu Hussenot, récemment recruté en CDI pour cette tâche, et Benoît Salaün, conseiller technique pour la qualité, expliquent la démarche de la profession.

C'est en fait une opération lourde qui devrait durer 8 années au minimum. Pour la seule première année, il en ira pour 240 000 €, couvert par de l'autofinancement, et des subventions, dont 20 % de l'Europe.

L'outil sera l'écloserie du Glugeau à Hanvec, établissement actuellement désaffecté appartenant à la famille Madec, sera utilisé en location. Sa mise en service n'imposera pas de travaux importants, hormis l'installation de bacs divers, d'une salle d'algues et d'un système de filtration. Tout ce matériel restera dimensionné pour une activité expérimentale. La prise d'eau existe déjà, à partir de la ria du Faou, secteur favorable à la conchyliculture.

« Le projet, déjà ancien, repose sur le constat des difficultés de l'huître plate bretonne. Avec les deux origines actuelles, Brest et Quiberon, et les lieux de production, il n'est pas possible d'endiguer les parasitoses. Les taux de recapture sont de plus en plus faibles. Notre expérience consistera à croiser des huîtres originaires de La Rochelle, Quiberon, Brest et Granville. Nous examinerons chez les descendants les caractères qui ressortent, dont ceux qui nous intéressent, la résistance aux parasites et le potentiel de croissance. »

Jacques Le Meur

L'écloserie du Glugeau en Hanvec sera aménagée pour effectuer cette importante opération prévue pour 8 ans.

Mêler les origines

Il faudra tenir compte de la sexualité particulière de ces huîtres, qui sont hermaphrodites successives. **« Nous allons mêler ces origines de manière à constituer une dizaine de couples. Il existe une chance sur deux qu'un couple soit constitué d'un mâle et d'une femelle. »** Chaque ponte aura ainsi une double origine bien identifiée. **« Nous élèverons la descendance d'un couple à raison de seulement 10 000 unités. Nous espérons travailler une trentaine de familles, la famille étant une descendance de couple. »**

À 3 mm, le naissain sera prégrossi jusqu'à 2 cm, puis grossi sur concession suivant quatre techniques : poche sur table, sol sur estran, sol en eau profonde et suspension. L'écloserie créera plusieurs générations, F1 étant la première, et les croisera une ou plusieurs fois pour tenter de pérenniser les caractères recherchés. **« Notre objectif final est de réensemencer les bancs naturels. Il faudra alors déterminer quelle est la masse à semer pour imposer ces caractères dans le cheptel de géniteurs. »**

Jacques LE MEUR

Matthieu Hussenot : un spécialiste aquacole

Matthieu Hussenot (à gauche) et Benoît Salaün.

Matthieu Hussenot, 29 ans, titulaire d'un BTS aquacole, a aussi passé une licence Pro en qualité des produits et gestion environnementale.

Il connaît bien les productions conchylicoles nouvelles, ayant travaillé pendant trois ans en Irlande dans un élevage d'ormeaux à terre et, récemment, pendant 8 mois dans l'écloserie de coquilles Saint-Jacques du comité local des pêches de Brest, au Tinduf, en Plougastel-Daoulas.

Suivant l'évolution du programme de l'huître plate, un deuxième technicien aquacole pourrait être recruté dès le deuxième exercice.

Des partenariats extérieurs

Le programme professionnel est élargi par de multiples partenariats. S'il est porté par la SRC de Bretagne Nord, celle de Bretagne Sud n'est pas oubliée. Les résultats seront destinés en priorité aux deux sections et à tous les professionnels bretons.

Le centre Agrocampus de Fouesnant, qui dispose d'une écloserie expérimentale et pédagogique, jouera un rôle de conseiller technique. L'Ifremer conduira un programme parallèle sous la conduite de Pierre Boudry avec le concours d'un thésard recruté spécialement. L'institut n'interviendra pas directement dans l'écloserie. Il mènera une étude sur l'huître plate en trois volets : génétique (variabilité au sein des bancs), épidémiologique (les parasitoses) et environnemental (facteurs qui influent sur la vie de la plate et sur le développement de l'infestation).

Figure 199 : Article de février 2010 dans Cultures Marines

Le plan PERLE en route

Porté par le CRC Bretagne Nord et labellisé par le pôle mer Bretagne, le programme Perle sur les huîtres plates a été officiellement lancé mi-janvier. Ce programme associe notamment l'Ifremer, Agro-Campus, le Pôle Economique Ouest, la station biologique de Roscoff ainsi que les CRC Pays de Loire et Bretagne Sud.

Objectif annoncé à l'horizon 2013 : mettre en place une production durable et rentable de l'huître plate tout en assurant une diversification génétique à l'heure où le bivalve subit les attaques de parasites de type *Bonamia (Cultures marines n°251)*. Aujourd'hui marginale, la production d'huîtres plates pourrait ainsi être relancée. Reste à réaliser les reproductions pour identifier les souches ou croisements de souches les plus pertinents pour assurer les repeuplement des bancs naturels.

Figure 200 : Article de février 2012 dans Cultures Marines

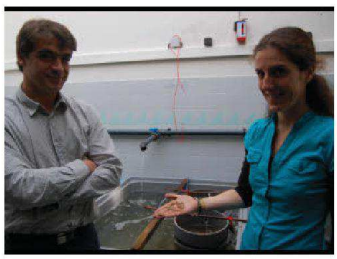
LeTélégramme.com

QUIMPER VILLE

Huîtres plates. Scientifiques et ostréiculteurs à leur chevet

4 mai 2012

Un programme européen de recherche sur l'huître plate touchée par une maladie parasitaire est en cours. Scientifiques et ostréiculteurs travaillent ensemble pour trouver des solutions.



L'huître plate a constitué, jusqu'aux années 1960, l'essentiel de la production ostréicole en France. Dans les années 70, l'apparition de maladies parasitaires, dont la Bonamiose, a provoqué une très forte mortalité sur les huîtres, bouleversant l'équilibre des bancs naturels ainsi que les méthodes de production. Pour limiter l'impact de ces parasites, les huîtres sont élevées en eaux profondes et récupérées par dragage à l'âge de deux ans, avant le pic de mortalité, limitant ainsi l'impact des parasites mais entraînant un coût de production important. En France, la production de l'huître plate représente 1.500t par an, contre 20.000t dans les années 1980. «Actuellement, les ostréiculteurs récupèrent 10 à à 20% de ce qu'ils sèment», précise Morgane Nédélec, responsable de l'outil technique au sein d'Agrocampus à Fouesnant. Une situation qui a motivé la mise en place d'un programme européen de recherche afin de réintroduire de façon durable l'huître plate. L'originalité de ce programme tient au partenariat entre des scientifiques et des ostréiculteurs de différents pays européens: la France, l'Espagne, le Royaume-Uni, l'Irlande, la Hollande et le Danemark.

Deux sites d'observation retenus

«La première espèce qui s'est imposée est l'huître plate, endémique des côtes européennes. Souvent au sein des entreprises familiales, leur père ou leur grand-père travaillaient quasi exclusivement l'huître plate», souligne Mathieu Hussenot, technicien aquacole, qui explique que l'attente de la part des professionnels est d'autant plus grande que d'autres soucis touchent l'huître creuse. «On est sur de la diversification, l'huître plate ne remplacera pas l'huître creuse», précise cependant ce dernier. Et d'ajouter: «L'ensemble des partenaires vont tester les phénomènes de rusticité et les différentes souches qui existent en Europe. Les professionnels mettent leurs moyens, leurs connaissances à disposition pour que les laboratoires puissent axer leurs recherches sur les points de questionnements». En Bretagne, deux sites d'observation ont été retenus: Quiberonet la rade de Brest. Une délégation européenne reçue à l'Agrocampus de Fouesnant, qui travaille sur ce projet en partenariatavec le comité régional de laconchyliculture de Bretagnenord, devait se rendre,aujourd'hui, à Brest pourassister aux prélèvements sur des souches produites en 2011 par l'écloserie de l'Agrocampus.

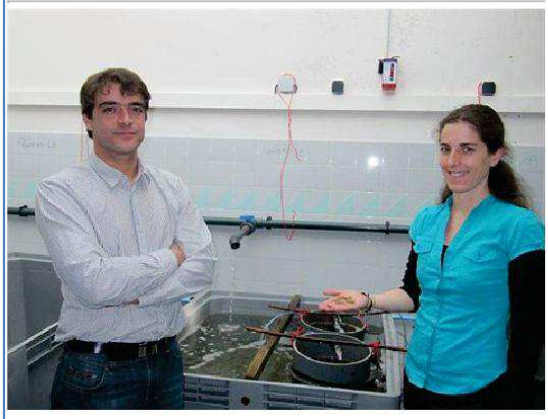
Delphine Tanguy

Figure 201 : Article du 4 mai 2012 dans le Télégramme

Ouest-France / Bretagne / Quimper / La Forêt-Fouesnant / Archives du samedi 05-05-2012

Des professionnels au chevet de l'huître plate - Fouesnant

samedi 05 mai 2012



Agrocampus Ouest, site de Beg-Meil, a organisé, jeudi 3 mai, un colloque dont le thème est l'huître plate. Morgane Nédélec, responsable de l'écloserie précise que « **l'établissement accueille une vingtaine de partenaires, laboratoires et entreprises, de six pays, l'Espagne, l'Angleterre, le Danemark, les Pays-bas, l'Irlande et la France** ». La bonamiose, maladie causée par un petit ver qui détruit le système immunitaire, a fait chuter la production d'huîtres plates de 20 000 t en 1980 à 1 500 t aujourd'hui, le taux de recapture, après trois ans de travail, étant seulement de 10 à 15 %. L'objectif du Comité régional de conchyliculture et d'Agrocampus Ouest est de mettre en commun leurs compétences pour établir une méthodologie permettant l'identification de la maladie et le développement d'outils de surveillance. L'écloserie d'Agrocampus Ouest joue un rôle d'interface entre le monde professionnel, la recherche et l'enseignement au travers d'expérimentations techniques comme la production d'huîtres. Des actions de remédiation sont déjà mises en place, comme l'élevage en eau profonde où les bivalves ne subissent pas l'influence des marées, ce qui permet d'éviter une autre maladie, la marteliose. Mathieu Hussenot, technicien aquacole au CRC espère que « **ce projet relancera l'aquaculture de l'huître plate, la diversification des activités conchylicoles et l'augmentation de la production** ».

Figure 202 : Article du 12 mai 2012 dans Ouest-France

espace des sciences

© Jacques Le Meur
Morgane Nédélec et Mathieu Hussenot à l'écloserie expérimentale de Hanvec.

DOSSIER : SAUVONS LES HUÎTRES !

LE CAS DES HUÎTRES PLATES

Sinistrée par deux parasitoses, l'huître plate bénéficie aussi de programmes de sélection pour son repeuplement.

Espèce dominante en France dans les années 70, l'huître plate Ostrea edulis a été décimée par deux parasites, le martelia, présent surtout sur l'estran, et le bonamia, qui occupe aussi bien l'estran que les secteurs non découverts. Trente-cinq ans après, ils sont toujours là, provoquant des mortalités importantes entre la deuxième et la troisième année de l'huître. Quelques dizaines d'éleveurs persistent à maintenir une production nationale confinée à environ 1 500 t (pour une consommation de 2 000 t), majoritairement réalisée en baie du mont Saint-Michel par les Cancalais. Sur ce site, l'huître plate subit la concurrence de plusieurs dizaines de milliers de tonnes de crépidules en termes de nourriture. Plus généralement, le nombre d'individus parvenant au stade commercial est peu élevé chez les huîtres plates et l'élevage, qui s'effectue en eau profonde, impose un niveau élevé de mécanisation. Autant de facteurs qui expliquent un prix de revient et donc un prix de vente élevés.

Une volonté de relance

Le Comité régional de la conchyliculture (CRC) de Bretagne Nord avait lancé des programmes de soutien, avec des résultats inégaux. Les deux derniers sont toujours en cours comme l'expliquent Mathieu Hussenot, technicien aquacole au CRC, et Morgane Nédélec, responsable de l'écloserie expérimentale d'Agrocampus Ouest à Fouesnant (Finistère).

Ces deux organismes assurent la contribution française au programme Oysterecover qui associe cinq autres pays, Irlande, Royaume-Uni, Espagne, Danemark et Pays-Bas. « *Oysterecover vise à restaurer la production européenne d'huîtres plates en minimisant la principale contrainte, la bonamiose. Il s'agit de mieux connaître le parasite, son cycle de vie et son affection pour cette huître, par des tests sur différents sites.* » Le travail consiste à suivre l'évolution de la bonamiose aux différents stades de la croissance.

Un programme interrégional

Dans une logique différente, plus localisée, Perle est un programme d'expérimentation et de recherche sur l'huître plate, soutenu par les Régions Bretagne et Pays de la Loire. Labellisé par le pôle Mer Bretagne, il associe les CRC de Bretagne Nord et des Pays de la Loire, le Smidap, l'Ifremer, le CNRS et l'IUEM de Brest. Le premier CRC conduit l'expérience à partir d'une écloserie située à Hanvec, en rade de Brest. « *Nous cherchons à définir la faisabilité du repeuplement en huîtres plates dans le grand Ouest. Le taux de recapture, rapport entre le cheptel récolté (en nombre) et le cheptel semé, est trop bas, seulement 10 % les meilleures années. Or, c'est le seuil de rentabilité pour le producteur* », explique Mathieu Hussenot.

L'écloserie produit des naissains à partir d'huîtres récoltées en rade de Brest et en baie de Quiberon, avec l'objectif de trouver des familles présentant un caractère de rusticité prononcé.

Le cheptel est divisé en quatre populations différentes qui sont ensuite croisées et semées à Brest, Quiberon et Bourgneuf-en-Retz sur estran, en eau profonde, en lanternes et dans des marais. « *Les travaux portent sur la génétique, la reproduction, le suivi pathologique et l'environnement. Sur ce dernier point, il s'agit de cerner les conditions les plus favorables à la croissance et à la survie. La multiplication des conditions d'élevage vise à favoriser la rusticité...* », ajoute Morgane Nédélec. Avec pour objectif final de présenter aux professionnels des options en matière de repeuplement.

Creuse ou plate ?

La production française repose sur deux espèces. L'huître plate (Ostrea edulis) était l'espèce indigène, c'est à dire la seule présente au 20e siècle. La production fut ensuite renforcée avec l'introduction de l'huître creuse dite portugaise (Crassostrea angulata). Ces deux espèces furent décimées par des maladies dans le courant des années 70. Elles sont été remplacées par l'huître creuse japonaise (Crassostrea gigas), qui s'est répandue dans la nature, devenant indigène.

JACQUES LE MEUR

Figure 203 : Article du 1er novembre 2013 dans Espace des sciences

LE DOSSIER DE sciences ouest

LE CAS DES HUÎTRES PLATES

SINISTRÉE PAR DEUX PARASITOSES, L'HUÎTRE PLATE BÉNÉFICIE AUSSI DE PROGRAMMES DE SÉLECTION POUR SON REPEUPLEMENT.

Espèce dominante en France dans les années 70, l'huître plate *Ostrea edulis* a été décimée par deux parasites, le martelia, présent surtout sur l'estran, et le bonamia, qui occupe aussi bien l'estran que les secteurs non découverts. Trente-cinq ans après, ils sont toujours là, provoquant des mortalités importantes entre la deuxième et la troisième année de l'huître. Quelques dizaines d'éleveurs persistent à maintenir une production nationale confinée à environ 1 500 t (pour une consommation de 2 000 t), majoritairement réalisée en baie du mont Saint-Michel par les Cancalais. Sur ce site, l'huître plate subit la concurrence de plusieurs dizaines de milliers de tonnes de crépidules en termes de nourriture. Plus généralement, le nombre d'individus parvenant au stade commercial est peu élevé chez les huîtres plates et l'élevage, qui s'effectue en eau profonde, impose un niveau élevé de mécanisation. Autant de facteurs qui expliquent un prix de revient et donc un prix de vente élevés.

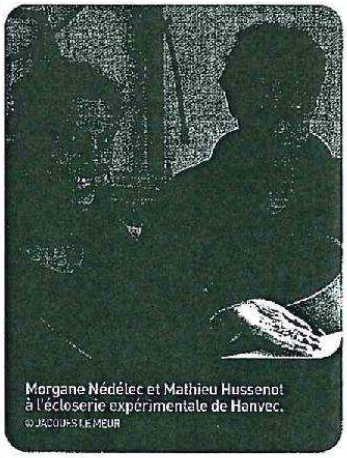
Une volonté de relance

Le Comité régional de la conchyliculture (CRC) de Bretagne Nord avait lancé des programmes de soutien, avec des résultats inégaux. Les deux derniers sont toujours en cours comme l'expliquent Mathieu Hussenot, technicien aquacole au CRC, et Morgane Nédélec, responsable de l'écloserie expérimentale d'Agrocampus Ouest à Fouesnant (Finistère).

Ces deux organismes assurent la contribution française au programme Oysterecover qui associe cinq autres pays, Irlande, Royaume-Uni, Espagne, Danemark et Pays-Bas. « *Oysterecover vise à restaurer la production européenne d'huîtres plates en minimisant la principale contrainte, la bonamiose. Il s'agit de mieux connaître le parasite, son cycle de vie et son affection pour cette huître, par des tests sur différents sites.* » Le travail consiste à suivre l'évolution de la bonamiose aux différents stades de la croissance.

Un programme interrégional

Dans une logique différente, plus localisée, Perle est un programme d'expérimentation et de recherche sur l'huître plate, soutenu par les Régions Bretagne et Pays de la Loire. Labellisé par le pôle Mer Bretagne, il associe les CRC de Bretagne Nord et des Pays de la Loire, le Smidap, l'Ifremer, le CNRS et l'IUEM de Brest. Le premier CRC conduit l'expérience à partir d'une écloserie située à Hanvec, en rade de Brest. « *Nous cherchons à définir la faisabilité du repeuplement en huîtres plates dans le grand Ouest. Le taux de recapture, rapport entre le cheptel récolté (en nombre) et le cheptel semé, est trop bas, seulement 10 % les meilleures années. Or, c'est le seuil de rentabilité pour le producteur* », explique Mathieu Hussenot.


Morgane Nédélec et Mathieu Hussenot à l'écloserie expérimentale de Hanvec.
© JACQUES LE MEUR

L'écloserie produit des naissains à partir d'huîtres récoltées en rade de Brest et en baie de Quiberon, avec l'objectif de trouver des familles présentant un caractère de rusticité prononcé.

Le cheptel est divisé en quatre populations différentes qui sont ensuite croisées et semées à Brest, Quiberon et Bourgneuf-en-Retz sur estran, en eau profonde, en lanternes et dans des marais. « *Les travaux portent sur la génétique, la reproduction, le suivi pathologique et l'environnement. Sur ce dernier point, il s'agit de cerner les conditions les plus favorables à la croissance et à la survie. La multiplication des conditions d'élevage vise à favoriser la rusticité...* », ajoute Morgane Nédélec. Avec pour objectif final de présenter aux professionnels des options en matière de repeuplement.

JLM

CONTACT
CRC de Bretagne-Nord, Morlaix (29) Tél. 02 98 88 13 33

Creuse ou plate ?

La production française repose sur deux espèces. L'huître plate (*Ostrea edulis*) était l'espèce indigène, c'est-à-dire la seule présente au 20e siècle. La production fut ensuite renforcée avec l'introduction de l'huître creuse dite portugaise (*Crassostrea angulata*). Ces deux espèces furent décimées par des maladies dans le courant des années 70. Elles ont été remplacées par l'huître creuse japonaise (*Crassostrea gigas*), qui s'est répandue dans la nature, devenant indigène.

sciences ouest POUR EN SAVOIR PLUS

UNE CONFÉRENCE

L'APPROCHE GÉNÉTIQUE

● Une approche génétique de la mortalité des huîtres analysée et expliquée par Arnaud Huvet, chercheur à l'Ifremer. Proposée par BiogenOuest (la génopole du grand Ouest), cette conférence aura lieu le 21 novembre à 11 h, à l'Oniris (École nationale vétérinaire, agroalimentaire et de l'alimentation) à Nantes (site de la Géraudière - amphi rose).

Rens. : roxanne.amelot@biogenouest.org

UN LIVRE

L'OSTRÉICULTURE EN BRETAGNE

● Morbihannais, les deux auteurs retracent l'histoire de ce métier en Bretagne. Si les huîtres ont toujours été pêchées, l'idée d'encadrer la nature n'émerge que vers 1850. L'ouvrage présente de belles photos de patrimoine et témoigne aussi de la montée de la mécanisation. Il se termine par un portrait de tous les centres ostréicoles entre Cancale et Bourgneuf-en-Retz.

Rens. : *L'Ostréiculture en Bretagne*, Jacques et Ronan Gulliet, 320 pages, éditions Coop Breizh.

DEUX RAPPORTS

PAR LE CONSEIL ÉCONOMIQUE ET SOCIAL

● *Quel avenir pour la filière ostréicole dans les régions de la façade atlantique française ?* Par les Conseils économiques, sociaux et environnementaux de l'Atlantique (Aquitaine, Bretagne, Pays de la Loire, Poitou-Charentes).

● Le chapitre sur la surmortalité des huîtres dans *Appropriation sociale et mise en débat des sciences et technologies en Bretagne.*

Rens. : À retrouver sur le site Internet du Conseil économique et social (Cesar) de Bretagne www.bretagne.fr/internet/jcms/TF071112_5042/le-ceser

PROCHAIN DOSSIER : LE PRIX BRETAGNE JEUNE CHERCHEUR

Figure 204 : Article de novembre 2013 dans Sciences Ouest

Quimper

Sélectionner les huîtres plates les plus résistantes

Dernière mise à jour : 05/12/2013 à 17:59

J'aime Partager 0 Tweeter 2 g+1 0

Ces petites huîtres plates ont été produites dans l'écloserie expérimentale d'Ifremer. Elles sont ensuite élevées dix-huit mois en mer.

Par Adèle Morlet

Suite aux fortes mortalités sur les huîtres creuses, des producteurs ont souhaité lancer un programme de recherche sur les huîtres plates. **« Celles-ci étaient élevées à l'origine en Bretagne. Dans les années 70, elles ont été victimes de deux parasites qui les ont décimées : Bonamia et Marteilia »**, rappelle Benoît Salaun, du Comité régional de la conchyliculture Bretagne Nord. La mortalité des plates est toujours très élevée : 10 à 15 coquillages arrivent à l'âge adulte sur 100 semés en eaux profondes.
Aujourd'hui, les conchyliculteurs bretons en commercialisent 1 500 tonnes, dont une petite partie est destinée à l'exportation. Pour rappel, la production d'huîtres creuses avoisine les 30 000 tonnes en Bretagne. Perle (Programme d'expérimentation et de recherche sur l'huître plate Ostrea Edulis) fédère sur trois ans (2012-2013-2014) les scientifiques (CNRS, Ifremer…) et les professionnels. Le coût de cette étude atteint 1,8 million d'euros.

Repeupler le milieu

Quatre bancs naturels sont étudiés : Granville, Rade de Brest, Baie de Quiberon et Bourgneuf. **« Nous essayons de relever les différences entre ces peuplements en termes de résistance aux parasites, de croissance… Nous essayons aussi de sélectionner des familles et de les croiser. Le but étant de trouver des familles les plus résistantes possibles »**, indique Benoît Salaun.
Ce travail est très long car le cycle de production d'une huître dure trois ans. Le programme Perle devrait donc se prolonger. Les producteurs espèrent ensuite repeupler certains sites. **« Si tout fonctionne bien, il faudra alors lancer quelques actions commerciales. Cette huître est en effet plus chère que l'autre et moins connue des consommateurs »**, remarque Benoît Salaun.

» Quimper, 29

adele
Nous contacter

Tags : "Benoît Salaun" - Comité régional de la conchyliculture Bretagne Nord - huîtres plates - mortalité huîtres creuses - Programme d'expérimentation et de recherche sur l'huître plate Ostrea Edulis

Figure 205 : Article du 5 décembre 2013 dans L'Hebdo du Finistère

Mer

Rencontre avec Philippe Glize du Smidap

L'huître plate, recours pour la diversification de l'ostréiculture ?

Philippe Glize, l'un des conseillers aquacoles du Smidap (Syndicat Mixte pour le Développement de l'Aquaculture et de la Pêche) était présent lors de la journée de restitution des études, à Saint-Jean de Monts, le 11 avril dernier (voir *Le Courrier Vendéen* du 17 avril). Sa venue a permis de faire le point sur le programme d'expérimentation et de recherche sur l'huître plate. Une solution qui permettra peut-être à l'industrie ostréicole de se diversifier sans heurt.

Philippe Glize (2e en partant de la gauche), avec l'équipe du Smidap

***Le Courrier Vendéen* - Avant tout, pouvez-vous nous parler de ce qui se passe à l'Aiguillon sur Mer, concernant les huîtres adultes ?**

Philippe Glize : déjà, il faut préciser que les Pays de la Loire sont relativement épargnés par les mortalités des huîtres creuses adultes par rapport au contexte national, 10 à 15 % contre 40 %. Le cas de l'Aiguillon sur Mer est bien particulier : depuis près de six ans, la mortalité est de 10 à 20 % supérieure à ce qui se passe au niveau de La France. Et cette situation inquiétante perdure : la mortalité a débuté dès mars cette année, alors que le reste de la Vendée demeure indemne de toute mortalité.

Quelles sont les causes qui peuvent expliquer ce cas particulier ?

Elles sont multiples : la présence de pathogènes, les conditions environnementales et climatiques. Il y a aussi un "effet site", une vraie spécificité que l'on ne retrouve pas autant marquée en Vendée. Nous continuons sans relâche d'investiguer.

La diversification est à l'ordre du jour pour faire face à cette surmortalité. Le retour à l'élevage de l'huître plate peut-il être un recours ?

Depuis plusieurs années, ce retour est engagé, avec une nette accélération à l'été 2008 avec les très fortes mortalités de l'huître creuse. Le programme PERLE vise sur trois ans, a identifié des stratégies pour pérenniser et augmenter la production de l'huître plate pour les régions Bretagne et Pays de La Loire. Ce programme est coordonné par le CRC Bretagne Nord et fédère l'Ifremer, le CNRS, et le Smidap.

Quelles sont les grandes lignes de ce programme et ses premiers résultats ?

Des informations ont été collectées sur les bancs naturels à Granville, la rade de Brest, Quiberon et la Baie de Bourgneuf. Dans celle-ci, cinq gisements en secteur découvrant ont été identifiés et sont situés uniquement le long des côtes de l'île de Noirmoutier, et correspondent, pour trois d'entre eux, à des gisements anciens, répertoriés au début du siècle. Les densités mesurées sont de l'ordre de quelques individus par m², avec des tailles hétérogènes. En secteur non découvrant (au large), la présence de peu d'adultes et d'aucun juvénile laisse supposer une régression importante de l'huître plate, notamment à cause des bigorneaux perceurs. Point positif, les huîtres plates de la Baie apparaissent indemnes des deux maladies parasitaires (marteiliose et bonamiose), ayant décimé l'espèce au niveau national.

Comment va se poursuivre ce programme d'ici à 2015 ?

Au niveau de Bourgneuf, le stock des cinq gisements doit servir pour créer des souches locales. Nous avons aussi expérimenté des croisements pour relancer la production : les résultats sont positifs, il y a une bonne croissance et une bonne survie des huîtres, c'est encourageant !

Propos recueillis par Stéphane Bauza

Figure 206 : Article du 8 mai 2014 dans Courrier Vendéen

Expérimentation sur les huîtres plates

La baie de Bourgneuf fait partie des sites où des populations d'huîtres plates naturelles ont été recensées par le passé. Le phénomène récurrent des surmortalités sur l'élevage des creuses a incité à se pencher sur l'intérêt de l'*Ostrea edulis*, en vue de stratégie de diversification.

Dans le cadre du Programme d'expérimentation et de recherche sur l'huître plate (Perle), le Syndicat mixte pour le développement de l'aquaculture en pays de la Loire a procédé à un inventaire des gisements d'huîtres plates. **« Cinq sites ont été identifiés. Ils se trouvent autour de Noimoutier en raison de la présence de sols sableux et d'eau claires »**, note Philippe Glize, conseiller aquacole au Smidap. Ces populations présentes en petits nombres et de façon très hétérogènes se concentrent sur Graisseloup, le Chatelet, La Chaussée, Riberge et Paillard.

Au préalable, des analyses ont permis d'apprécier la quasi absence de *Marteilia* et *Bonamia*, les deux parasites qui déciment l'espèce à l'âge de deux ans. Grâce à l'écloserie expérimentale du comité régional de la conchyliculture Bretagne nord, des croisements de populations issues de Granville, rade de Brest, de la baie de Bourgneuf et de Quiberon ont été réalisés. Les familles les plus performantes semblent être des huîtres issues de géniteurs de Quiberon et Granville, de croisements entre celles de la rade de Brest et Granville et un croisement entre des spécimens de Bourgneuf et la rade Brest.

Les récentes expérimentations ont permis de valider la possibilité d'élevage de l'huître plate en limite d'estran. Le prégrossissement en marais est également un plus pour booster ces populations avant l'immersion en mer. Tous ces résultats menés sur des échantillons demandent à être confirmés à plus grande échelle.

J-M L. P.

Figure 207 : Article de juillet 2014 dans le n°278 de Cultures Marines

CONCLUSION

Les travaux scientifiques et techniques menés dans le programme PERLE ont permis des avancées majeures dans la compréhension du cycle de vie de l'huître plate et ses interactions avec son environnement. Un focus a été réalisé sur la rade de Brest qui a permis d'appréhender le cycle dans ce milieu spécifique.

Le bilan et l'inventaire des gisements d'huîtres plates en rade de Brest ainsi que les études d'abondance larvaire et recrutement en rade de Brest et baie de Quiberon ont permis de caractériser en partie les facteurs autorisant le développement de l'huître plate. La connaissance du caractère bâtisseur des huîtres et leurs rôles écologiques majeurs en tant qu'habitat pour d'autres espèces ont été encore renforcé et ils doivent être mis à profit dans les modalités de restauration de l'huître plate.

La diversité génétique à l'échelle régionale et locale est importante et résulte d'un bon brassage génétique des populations. Les générations produites dans le milieu naturel résultent d'un nombre important de géniteurs. Cet état est corroboré en partie par les études de dispersion larvaire menées à l'échelle de la rade de Brest où l'ensemble des bancs sont [inter]communicants. Néanmoins, il est souligné que certaines zones de la rade de Brest semblent majoritairement être alimentées par des sites « source » bien particulier. C'est le cas de Lomergat principalement alimenté en larve par l'Aulne maritime à l'est de la rade de Brest.

Les suivis pathologiques ont montré des niveaux de prévalence plus importants en rade de Brest par rapport aux autres bassins analysés. De plus, l'infestation en *Martelia refringens* s'est montrée bien supérieure en rade de Brest expliquant en partie les observations des producteurs quant aux résultats zootechniques des naissains de la rade de Brest. De plus, de fortes variations des niveaux de prévalence ont été observées entre les saisons et entre les années (niveau plus faible en 2011 qu'en 2012). De telles variations sont aussi constatées sur le recrutement en baie de Quiberon, grâce à l'analyse des données historiques, et en rade de Brest.

D'une manière générale, les variations des conditions hydroclimatiques ont été très largement mises en avant comme facteurs de réussite ou d'échec dans le cycle de vie de l'huître plate et leur état de santé. Les facteurs-clefs environnementaux ont été identifiés et doivent aujourd'hui être affinés.

La caractérisation des populations en écloserie expérimentale et en mer n'a pas permis d'identifier un croisement ou une population présentant un intérêt majeur, sur le critère de la survie, pour le repeuplement de l'huître plate. Néanmoins des différences, essentiellement au niveau de la reproduction, ont été constatées et notamment sur les populations « baie de Quiberon » et « rade de Brest » dont les géniteurs sont qualifiés de « bons reproducteurs ». Des différences ont été constatées dans les populations étudiées et une recherche plus large permettra d'identifier des caractères intéressants pour un plan de sélection intégrant un programme de repeuplement dirigé. Suite aux difficultés d'identification génétique des populations testées et la présence généralisée d'huître plate en rade de Brest, il n'a pas été possible d'initier le sous-programme « ensemencement de géniteurs » qui était au cœur de l'action ; il doit être mis en place en intégrant les avancées récentes.

Ce programme aura permis des avancées dans la compréhension scientifique de l'huître plate mais également technique grâce à la maîtrise du cycle de reproduction en écloserie et des nouvelles données acquises en écophysiologie des post-larves devant être valorisées dans la suite de ce programme.

REMERCIEMENTS

Le programme PERLE a permis de rassembler nombres d'acteurs de divers horizons : professionnels, techniques et scientifiques. Leurs connaissances, complémentaires, et leurs écoutes ont permis un travail studieux, sérieux permettant d'aboutir à des résultats intéressants devant toutefois être complétés.

Les premières structures à remercier sont les financeurs sans qui le programme PERLE n'aura pu se réaliser : FEP (Fonds Européen pour la Pêche), l'Etat français ainsi que les régions Bretagne et Pays de la Loire.

Le CRC Bretagne-Nord souhaite remercier les différents partenaires du projet : CRC Pays de la Loire, Smidap, CNRS, Lemar, Ifremer et le PAO pour leur implication dans les différents sous-programmes. Et plus particulièrement les chefs de sous-programmes :

- SP1 : Hily Christian,
- SP2 : Lapègue Sylvie,
- SP3 : Arzul Isabelle,
- SP4 : Pouvreau Stéphane,
- SP5-6-7-9 : Hussenot Mathieu,
- SP8 : Robert René.

Les professionnels de l'huître plate sont également à saluer pour leur implication dans le programme : Beaulieu Charles, Beaulieu Pierre-Charles, Beaulieu Richard, Chaumard Henri, Corcaud Joël, Crénéguy Daniel, Jambon Joseph, Larnicol Thierry, Le Moal Jean, Lorenzi Henri, Madec Yvon, Neau Annabelle, Pichot François-Joseph, Tanguy Ludovic.

Tous les intervenants ayant œuvré pour le programme PERLE sont également à remerciés : Allunno-Bruscia Marianne (Ifremer), Baillon Laury (Ifremer), Bédier Edouard (Ifremer), Bellec Gwenaël (Ifremer), Bernard Ismaël (Ifremer, Eurêka Modélisation), Boudry Pierre (Ifremer), Bouget Jean-François (Ifremer), Bourhis Florence (CRC Bretagne-Nord), Brest Goulven (CRC Bretagne-Nord), Caisey Xavier (Ifremer), Cassou Christophe (Cerfacs), Chollet Bruno (Ifremer), Cloatre Tanguy (Ifremer), Comtet Thierry (CNRS), Connan Jean-Paul (Ifremer), Couraleau Yann (Ifremer), Daguin Claire (CNRS), Daniel Jean-Yves (Ifremer), Dubreuil Christine (Ifremer), Duchène Julie (Lemar, Istrenn), Dutartre Julie (Ifremer), Foki Romain (Smidap), Garcia-Degremont Céline (Ifremer), Gautier Laurent (Ifremer), Glize Philippe (Smidap), Guibert Benjamin (Ifremer), Haurie Axel (Ifremer), Heloury Purotu (Ifremer), Heurtebise Serge (Ifremer), Huchet Eve (Ifremer), Huvet Arnaud (Ifremer), Kantin Roger (Ifremer), Keraudren Hélène (CRC Pays de la Loire), Kerebel Dylan (Ifremer), Lamande Nolwenn (Ifremer), Lamy Jean-Baptiste (Ifremer), Langlade Aimé (Ifremer), Lazure Pascal (Ifremer), Le Bihan Caroline (Ifremer), Le Souchu Pierrick (Ifremer), Lintanf Hervé (Ifremer), Marchand Michel (CRC Bretagne-Nord), Martin Stéphane (Ifremer), Miner Philippe (Ifremer), Mingant Christian (Ifremer), Ollier Simon (CRC Bretagne-Nord), Omnès Emmanuelle (Ifremer), Petit Marion (CRC Pays de la Loire), Petton Bruno (Ifremer), Petton Sébastien (Ifremer), Quéau Isabelle (Ifremer), Quémener Loïc (Ifremer), Quillien Virgile (Ifremer), Ratiskol Dominique (Ifremer), Roby Charlotte (CNRS), Salaun Benoit (CRC Bretagne-Nord), Salvetat Florence (Ifremer), Serpin Delphine (Ifremer), Sourbier Jacques (CRC Pays de la Loire), Tourbiez Delphine (Ifremer), Viard Frédérique (CNRS), Wacrenier Candice (Ifremer), Woerther Patrice (Ifremer).

Même s'ils n'ont pas été partenaires dans le programme PERLE ces personnes sont également à mettre au crédit des avancées des connaissances par leur intervention : Allain Gwenhaël (Armeria), Cochet Hélène (Cochet Environnement), Gachelin Sonia (CRC Bretagne-Sud), Jénot Hervé (CRC Bretagne-Sud), Le Gal Philippe (CRC Bretagne-Sud).

Sans les interventions en mer, certains résultats n'existeraient : Bouzeloch Régis (Armement "Le Stellac'h"), Coïc Julien (Coïc Huîtres et Coquillages), Equipage de l'Albert Lucas, Legall Jean-Luc, Nicol Stéphane (Armorique Coquillages), Omnès Camille (Armorique Coquillages), plongeurs de l'IUEM et de l'Ifremer, Salardaine François (Belon des Hermelles).

Nous remercions également les services de l'Etat et plus particulièrement la DML de la DDTM du Finistère ainsi que le Comité Départemental des Pêches Maritimes et des Elevages Marins du Finistère.

Le programme est labellisé par le Pôle Mer Bretagne que nous remercions ainsi que Rachel Portal-Sellin du Technopole Quimper-Cornouaille pour son accompagnement.

Enfin, le CRC Bretagne-Nord apporte toute sa gratitude au Pôle Agronomique Ouest ainsi que toute son équipe et plus particulièrement Jean-Luc Millécamps et Henry Freulon qui nous ont accompagnés tout au long du programme PERLE.

BIBLIOGRAPHIE

Alunno-Bruscia, M., Bourlès, Y., Maurer, D., Robert, S., Mazurié, J., Gangnery, A., Goulletquer, P., Pouvreau, S. (2011). A single bio-energetics growth and reproduction model for the oyster Crassostrea gigas in six Atlantic ecosystems. J Sea Res 66: 340-348.

Applying Dynamic Energy Budget (DEB) theory to simulate growth and bioenergetics of blue mussels under low seston conditions. Journal of Sea Research 62 (2–3), 49–61.

Arzul I., Chollet B., Boyer S., Gaillard J., Baldi Y., Robert M., Joly J.P., Garcia C., Bouchoucha M. (2013). Contribution to the understanding of the cycle of the protozoan parasite Marteilia refringens. Parasitology

Arzul I., Gagnaire B., Bond C., Chollet B., Morga B., Ferrand S., Robert M., Renault T., 2009. *Effects of temperature and salinity on the survival of Bonamia ostreae, a parasite infecting flat oysters Ostrea edulis*, Diseases of Aquatic Organism 85, p 67-75.

Arzul I., Langlade A., Chollet B., Robert M., Ferrand S., Omnes E., Lerond S., Couraleau Y., Joly J.-P., François C., Garcia C. (2011) Can the protozoan parasite Bonamia ostreae infect larvae of flat oysters Ostrea edulis?. Veterinary Parasitology 179: 69-76

Audemard, C., Barnaud, A., Collins, C. M., Le Roux, F.,Sauriau, P. G., Coustau, C., Blachier, P. and Berthe, F. C. J. (2001). Claire ponds as an experimental model for Marteilia refringens life-cycle studies: new perspectives. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 257, 87–108.

Beck M.B., Brumbaugh R.D., Airoldi L., Carranza A., Coen L.D., Crawford C., Defeo O., Edgar G.J., Hancock B., Kay M., Lenihan H., Luckenbach M.W., Toropova C.L., Zhang G., 2009. *Shellfish Reefs at Risk: A Global Analysis of Problems and Solutions*. The Nature Conservancy, Arlington VA. 52 pp.

Beck M.W., Kay M.C., Lenihan H.S., Luckenbach M.W., Toropova C.L., Zhang G.F., Guo X.M., Brumbaugh R.D., Airold L., Carranza A., Coen L.D., Crawford C., Defeo O., Edgar G.J., Hancock B., 2011. *Oyster Reefs at Risk and Recommendations for Conservation, Restoration, and Management*, BioScience 61 ISSN 0006-3568, electronic ISSN 1525-3244, p 107–116.

Berghahn R., Ruth M., 2005. *The disappearance of oysters from the Wadden Sea: a cautionary tale for no-take zones*, Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst. 15: 91–104 (2005), 14 pp.

Bernard, I., de Kermoysan, G., Pouvreau, S. (2011). Effect of phytoplankton and temperature on the reproduction of the Pacific oyster Crassostrea gigas: Investigation through DEB theory. J Sea Res 66: 349-360.

Bhadury, P., Austen, M.C., Bilton, D.T., Lambshead, P.J.D., Rogers, A.D., Smerdon, G.R., 2006. Development and evaluation of a DNA-barcoding approach for the rapid identification of nematodes. Mar. Ecol. Prog. Ser. 320, 1-9.

Billy S., Peronnet I., 2003. *Bilan des connaissances et des enjeux relatifs aux ressources marines de l'estuaire de l'Odet*, rapport d'étude cofinancée par le SIVALODET, 85 pp.

Bourles Y., Alunno-Bruscia M, Pouvreau S., Tollu G., Leguay D., Arnaud C., Goulletquer P., Kooijman S., 2009. Modelling growth and reproduction of the Pacific oyster Crassostrea gigas: Advances in the oyster-DEB model through application to a coastal pond. Journal of Sea Research 62(2-3), 62-71.

Bushek D., Richardson D., Bobo M.Y., Coen L.D., 2004. *Quarantine of oyster shell cultch reduces the abundance of Perkinsus marinus*. Journal of Shellfish Research 23, pp 369-373.

Camus P., 2001. *Un bien discret et redoutable prédateur de coquillages, l'exotique globe-trotter : Rapana venosa*, La Vigie, n° 26, p 3-9.

Carnegie R.B., Cochennec-Laureau N., 2004. *Microcell parasites of oysters: Recent insights and future trends*, Aquat. Living Resour., 17, p 519–528.

Carrasco, N., Hine, M., Durfort, M., Andree, K. B., Malchus, N., Lacuesta, B., González, M., Roque, A., Rodgers, C., Furones, M.D., 2013. Marteilia cochillia sp. nov., a new Marteilia species affecting the edible cockle Cerastoderma edule in European waters. Aquaculture 413-414, 223-230.

Cassou C., 2004. Du changement climatique aux régimes de temps : l ' oscillation nord-atlantique. LA Météorologie, 45, 21–32.

Cochennec N., Le Roux F., Berthe F. & Gérard A., 2000. Detection of Bonamia ostreae based on small subunit ribosomal probe. J. Invetebr. Pathol. 76:26-32.

Cochet H., 2013. Bilan du suivi de la reproduction de l'huître plate en Baie de Quiberon – Saison 2012. Rapport de contrat. 47 p.

Coen L. D., Brumbaugh R. D., Bushek D., Grizzle R., Luckenbach M. W., Posey M. H., Powers S. P., Tolley S. G., 2007. *Ecosystem services related to oyster restoration*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 341 p 303-307.

Coen L. D., Luckenbach M. W., 2000. *Developing success criteria and goals for evaluating oyster reef restoration: Ecological function or resource exploitation ?*, Ecological Engineering 15, p 323–343.

Cohen A. N., Zabin C. J., 2009. *Oyster shells as vectors for exotic organisms*. Journal of Shellfish Research, National Shellfisheries Association 28, pp 163-167.

Cole H.A, Knight-Jones E.W., 1948. *The setting behaviour of larvae of the european flat oyster Ostrea edulis L., and its influence on methods of cultivation and spat collection*. Fish. Invest., ser. lI, 17 (3), 39 pp.

Cole H.A., 1938. *The fate of the larval organs in the metamorphosis of Ostrea edulis*, J. Mar. Biol. Ass. U. K., 22, p 469-484.

Cole H.A., 1942. *Primary sex phases in Ostrea edulis*, Quart. J. Micr. Sci., Londres, 83(3-4), p 317-356.

Cole H.A., Knight-Jones E.W., 1939. *Some observations and experiments on the setting behaviour of larvae of Ostrea edulis*. Extrait Du Journal Du Conseil International pour l'Exploration de la Mer, 16 (1), p 85-105.

Comps M., Tige G., Grizel H., 1980. *Etude ultrastructurale d'un protiste parasite de l'huître plate Ostrea edulis L.*, C.r Acad. Sci., Paris 290, (ser. D), p 383-384.

Connor D.W., Allen J.H., Golding N., Howell K.L. Lieberknecht L.M., Northen K.O. & Reker J.B., 2004. *The Marine Habitat Classification for Britain and Ireland. Version 04.05* (version internet : www.jncc.gov.uk/MarineHabitatClassification). Joint Nature Conservation Committee, Peterborough.

Corbeil S., Arzul I., Robert M., Berthe F.C.J., Besnard-Cochennec N. & Crane M.S.J. (2006). Molecular characterization of an Australian isolate of Bonamia exitiosa. Dis. Aquat. Org., 71, 81-85.

Crisp D.J., 1964. *The effects of the severe winter of 1962-63 on marine life in Britain*, Journal of Animal Ecology n° 33 (1), p 165-210.

Culloty S.C., Cronin M.A., Mulcahy M.F., 2001. *An investigation into the relative resistance of Irish flat oysters Ostrea edulis L. to the parasite Bonamia ostreae (Pichot et al., 1980),* Aquaculture 199 (3-4), p 229-244.

Dantan J.L., 1917. *La larve de l'Ostrea edulis,* Ann. Inst. Océanogr., 7 (6), p 1-20.

DDAM 35, 2006. *Monographie des cultures marines d'Ille-et-Vilaine, édition 2006*. DDAM 35 / Cultures Marines, 30 pp.

Délégation à la Mer et au Littoral du Morbihan. *La pêche maritime de loisir dans le Morbihan : la pêche à pied de loisir*, 2 pp.

Diaz-Almela E., Boudry P., Launey S., Bonhomme F., Lapègue S., 2004. Reduced gene flow in the European flat oyster *Ostrea edulis*. Journal of Heredity, 95(6):510-516.

Duchêne J., Hily C., 2013. Connaissance des ressources naturelles : inventaire et typologie des populations naturelles et de leur habitat. Rapport WP1 du projet PERLE. 83 p.

Dupont L., Ellien C., Viard F., 2007. Limits to gene flow in the slipper limpet *Crepidula fornicata* as revealed by microsatellite data and a larval dispersal model. Marine Ecology Progress Series, 349: 125-138.

Emu Ltd, 2003. *A survey of native oyster beds (Ostrea edulis) in Wales*, CCW Contract Science Report No 548, 95 pp.

Fabioux C., Huvet A., Le Souchu P., Le Pennec M., Pouvreau S., 2005. Temperature and photoperiod drive Crassostrea gigas reproductive internal clock. Aquaculture 250(1-2), 458-470

Floyd, R., Abebe, E., Papert, A., Blaxter, M., 2002. Molecular barcodes for soil nematode identification. Mol. Ecol. 11, 839-850.

Frischer, M.E., Hansen, A.S., Wyllie, J.A., Wimbush, J., Murray, J., Nierzwicki-Bauer, S.A., 2002. Specific amplification of the 18S rRNA gene as a method to detect zebra mussel (Dreissena polymorpha) larvae in plankton samples. Hydrobiologia 487, 33-44.

Garland ED., Zimmer CA., 2002. Techniques for the identification of bivalve larvae. Mar Ecol Prog Ser 225, 299-310.

González-Araya R., Lebrun L., Quéré C., Robert R., 2012. The selection of an ideal diet for Ostrea edulis (L) broodstock conditioning (part B). Aquaculture 362–363, 55-66.

González-Araya, R., Petton, B., Mingant, C., Robert, R., 2012. Influence of diet assemblage on Ostrea edulis broodstock conditioning and subsequent larval development. Aquaculture 364-365, 272-280.

Goulletquer P., 2004. *Programme d'Information sur les espèces aquatiques cultivées : Ostrea edulis (Linnaeus, 1758)*, Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO, 7 pp.

Goulletquer P., Bachelet G., Sauriau P.G., Noel., 2002. *Open Atlantic coast of Europe—a century of introduced species into French waters*, E Leppäkoski, S Gollash, S Olenin (Eds.), Invasive Species of Europe—Distribution, Impact and Management, Kluwer Academic Publishing, Dordrecht (2002), p 276–290.

Grizel H., 1985. *Etude des récentes épizooties de l'huître plate Ostrea edulis Linné et de leur impact sur l'ostréiculture bretonne*, thèse de l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 232 pp.

Guérin L., 2004. *La crépidule en rade de Brest : un modèle biologique d'espèce introduite proliférante en réponse aux fluctuations de l'environnement*. Thèse de l'Université de Bretagne Occidentale, spécialité Océanologie biologique et Environnement marin, 323 pp.

Guérin-Ganivet, 1911. *Notes préliminaires sur les gisements de Mollusques comestibles des côtes de France. La rade de Brest*, Bulletin de l'Institut Océanographique n°195, 16 pp + carte.

Guillet J., Guillet R., 2008. *L'ostréiculture en Bretagne, de 1850 à nos jours*, Coop Breizh, 320 pp.

Gutiérrez J.L., Jones C.G., Strayer D.L., Iribarne O.O., 2003. *Mollusks as ecosystem engineers: the role of shell production in aquatic habitats*, Oikos 101: 79-90.

Harrang E., 2012. Apport des informations moléculaires et cellulaires pour la caractérisation de la résistance de l'huître plate européenne vis-à-vis de la bonamiose, et pour la détection de signatures de la sélection naturelle. Thèse de l'Université de La Rochelle. http://archimer.ifremer.fr/doc/00127/23785/

Harrang E., Lapègue S., Morga B., Bierne N., 2013. A high load of non-neutral amino-acid polymorphisms explains high protein diversity despite moderate effective population size in a marine bivalve with sweepstakes reproduction. Genes Genomes Genetics, 3, 333-341.

Hastings A., Byers J.E., Crooks J.A,. Cuddington K., Jones C.G., Lambrinos J.G., Talley T.S., Wilson W.G., 2007. *Ecosystem engineering in space and time*. Ecol Lett. 10 (2), p 153-64.

Hawkins L., Hutchinson S., Askew C., 2005. *Evaluation of some factors affecting native oyster stock regeneration*. Shellfish News, 19, p 10-13.

Holland, P.W.H., Hacker, A.M., Williams, N.A., 1991. A molecular analysis of the phylogenetic affinities of Saccoglossus cambrensis Brambell & Cole (Hemichordata). Philosophical Transactions of the Royal Society of London B 332, 185-189.

Hugh-Jones T., 2003. *The Loch Ryan Native Oyster Fishery*. Shellfish News Number 15, p 17-18.

Huvet A., Herpin A., Dégremont L., Labreuche Y., Samain JF., Cunningham C., 2004. The identification of genes from the oyster Crassostrea gigas that are differentially expressed in progenies exhibiting opposed susceptibility to summer mortality. Gene 343, 211-220.

IFREMER, 1985. *Plan de relance de l'huître plate Ostrea edulis L.*, 49 pp.

Jaziri H., 1990. *Variations génétiques et structuration biogéographique chez un bivalve marin : l'huître plate Ostrea edulis L.*, Thèse de doctorat, Montpellier, France.

Joubin L., 1908. *La carte des mollusques comestibles des côtes de France*, Annales de géographies n°93, p 197-204.

Kennedy R. J., Roberts D., 1999. *A Survey of the Current Status of the Flat Oyster Ostrea edulis in Strangford Lough, Northern Ireland, with a View to the Restoration of Its Oyster Beds*, Biology and Environment : Proceedings of the Royal Irish Academy Vol. 99B, N° 2, p 79-88.

Kerckhof F., J.Vink R., C. Nieweg D., N. J. Post J., 2006. *The veined whelk Rapana venosa has reached the North Sea*, Aquatic Invasions (2006) 1, p 35-37.

Knight-Jones E.W., 1951. *Aspects of the setting behaviour of larvae of Ostrea edulis on Essex oyster beds.* Conseil International pour L'Exploration de la Mer: Rapports et Procès-Verbaux des réunions. Part II. Shellfish Investigations, 78, p 30-34.

Kooijman, S.A.L.M. (2010). Dynamic Energy Budget Theory for Metabolic Organisation. Cambridge University Press, Cambridge, 490 pp.

Laing I., Walker P., Areal F., 2006. *Return of the native – is European oyster (Ostrea edulis) stock restoration in the UK feasible ?*, Aquatic Living Resources 19 doi: 10.1051/alr: 2006029, p 283-287.

Laing L., Walker P., Francisco Areal F., 2005. *A feasibility study of native oyster (Ostrea edulis) stock regeneration in the United Kingdom*, CARD Project FC1016 Native Oyster Stock Regeneration - A Review of Biological, Technical and Economic Feasibility for Defra and Seafish, 97 pp.

Lallias D., Stockdale R., Boudry P., Beaumont A.R., Lapègue S., 2009. Characterization of 27 microsatellite loci in the European flat oyster *Ostrea edulis*. Molecular Ecology Resources, 9(3), 960-963.

Lambert L., 1931. *Les gisements huîtriers de la baie du Mont Saint-Michel*, Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes (0035-2276) (ISTPM), 1931-09, Vol. 4, N. 3, p 303-342.

Lambert L., 1936. *L'huître et le contrôle sanitaire ostréicole*, Office scientifique et technique des pêches maritimes, Imprimerie A. Guillot, Versailles, 41 pp.

Lambert L., 1938. *Les gisements naturels d'huîtres indigènes (Ostrea edulis) et d'huîtres portugaises (Gryphea angulata) sur les côtes françaises*. Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes, 11(4), p 465-476.

Lapègue S., Harrang E., Heurtebise S., Flahauw E., Donnadieu C., Gayral P., Ballenghien M., Genestout L., Barbotte L., Mahla R., Haffray P., Klopp C., 2014. Development of SNP genotyping arrays in two shellfish species. Molecular Ecology Resources, 14: 820-830.

Larsen, J.B., Frischer, M.E., Rasmussen, L.J., Hansen, B.W., 2005. Single-step nested multiplex PCR to differentiate between various bivalve larvae. Mar. Biol. 146, 1119-1129.

Launey S., Ledu C., Boudry P., Bonhomme F., Naciri-Graven Y., 2002. Geographic structure in the European flat oyster (*Ostrea edulis* L.) as revealed by microsatellite polymorphism. Journal of Heredity, 93(5), 331-338.

Lavaud R., Flye-Sainte-Marie J., Jean F., Emmery A., Strand Ø. And Kooijman S.A.L.M. (2013) Feeding and energetics of the great scallop, Pecten maximus, through a DEB model. Journal of Sea Research, in press.

Le Roux, F., Audemard, C., Barnaud, A. and Berthe, F. (1999). DNA probes as potential tools for the detection of Marteilia refringens. Marine Biotechnology 1, 588–597.

Le Roux, F., Lorenzo, G., Peyret, P., Audemard, C., Figueras, A., Vivares, C., Gouy, M. and Berthe, F. (2001). Molecular evidence for the existence of two species of Marteilia in Europe. Journal of Eukaryotic Microbiology 48, 449–454.

Lebesnerais, C. (1985) Etude expérimentale de la digestion chez l'huître japonaise Crassostrea gigas (Thunberg). Thèse de doctorat Université de Caen.

Lopez-Flores, I., de la Herran, R., Garrido-Ramos, M. A., Navas, J. I., Ruiz-Rejon, C. and Ruiz Rejon, M. (2004). The molecular diagnosis of Marteilia refringens and differentiation between Marteilia strains infecting oysters and mussels based on the rDNA IGS sequence. Parasitology 129:411-419,

Mackenzie C.L J., 1996. *Management of natural populations*. In V.S. Kennedy and R. Newell (eds), The Eastern Oyster, *Crassostrea virginica*, 707–21. Maryland Sea Grant College.

Marteil L., 1952. *Une huîtrière reconstituée : le gisement de Locqueltas en Rivière d'Auray (Morbihan)*, XIVème Congrès National des Pêches et Industries Maritimes, Boulogne-Sur-Mer, Juin 1952, 4 pp.

Marteil L., 1955. *La reconstitution des gisements naturels d'huîtres plates (Ostrea Edulis linné) en Morbihan (1943-1954)*, Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes (0035-2276) (ISTPM), 1955, Vol. 19 , N. 3 , p. 310-344.

Marteil L., 1959. *Les bancs naturels et la reproduction de l'huître plate en Morbihan*. - Rev. Trav. Insf. Pêches marit., 23 (3), p 287-295.

Marteil L., 1960. *Ecologie des huîtres du Morbihan Ostrea edulis Linné et Gryphaea angulata Lamarck*, Rev. Trav. Inst. Pêches marit., 24 (3), p 329-446.

Marteil L., 1965. *Création d'un banc d'Ostrea edulis*. Conseil International pour l'Exploration de la Mer, Comité des Mollusques et Crustacés, n° 50, 3 pp.

Marteil L., 1966. *Les problèmes de la production d'huîtres plates en Bretagne*. Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit., n°147, 10 pp.

Marteil L., 1976. *La conchyliculture française, 2ème partie : biologie de l'huître et de la moule*, Rev. Trav. Inst. Pêches marit., 40 (2), p 149-346.

Marteil, ?. *Note sur l'ostréiculture en Bretagne sud*, 3 pp.

Martenot C., Oden E., Travaille E., Malas J.P. & Houssin M. (2010). Comparison of two real-time PCR methods for detection of ostreid herpesvirus 1 in the Pacific oyster Crassostrea gigas. J. Virol. Methods, 70 (1–2), 86–99. Novoa, B., Posada, D. and Figueras, A. (2005). Polymorphisms in the sequences of Marteilia internal transcribed spacer region of the ribosomal RNA genes (ITS-1) in Spain: genetic types are not related with bivalve hosts. Journal of Fish Diseases 2, 331–338.

Martin A.G., 1993. Relance de l'huître plate, Ostrea edulis : bilan des travaux réalisés en 1993. Rapport Interne Ifremer RI DRV 94-22. 46 p.

Martin A-G., 1991. *Relance de l'huître plate*, Rapport de synthèse des travaux 1990, Rapports internes de la Direction des Ressources Vivantes de l'IFREMER, 44 pp.

Martin A-G., 1994. *Relance de l'huître plate, Ostrea edulis*, Bilan des travaux réalisés en 1993, Rapports internes de la Direction des Ressources Vivantes de l'IFREMER, 46 pp.

Mary M., Vial R., 2009. *Document d'Objectifs Natura 2000 - Baie du Mont-Saint-Michel, Tome 1 : Etat des lieux*. Conservatoire du littoral, DIREN Bretagne, DIREN Basse-Normandie, 273 pp.

Mathers N.F, 1974. *Some comparative aspects of filter-feeding in Ostrea edulis L. and Crassostrea angulata Lam. (Mollusca : Bivalvia)*, Proc. Malaco. Soc. London, G.B., 41 (2), p 89-97.

Micu D., Todorova V., 2007. *The Black Sea: biodiversity of the western Black Sea*. MarBEF Newsletter 7 p 26-29.

Mizzan L., Trabucco R., Tagliapietra G., 2005. *Nuovi dati sulla presenza e distribuzione di specie alloctone del macrozoobenthos della laguna di Venezia*. Boll.Mus. civ. St. Nat. Venezia 56 p 69-89.

Moore D., 1993. Preparation of genomic DNA from mammalian tissue. In: Current Protocols in Molecular Biology (ed F.M. Ausubel), 1(2-2), 1-2. New York.

Morga B., Arzul I., Faury N., Renault T., 2010. Identification of genes from flat oyster Ostrea edulis as suitable housekeeping genes for quantitative real time PCR. Fish Shellfish Immunol. 29, 937-945.

OIE, 2012. *Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals, 2012*, 7ème édition, p 463-486.

OSPAR Commission, 2009. *Background document for Ostrea edulis and Ostrea edulis beds*, publication n°428/2009, 21 pp.

OSPAR, 2008. *Liste OSPAR des espèces et habitats menacés et/ou en déclin*, Numéro de référence : 2008-6, p 2&5.

Pigeot J., Miramand P., Garcia-Meunier P, Guyot T., Séguignes M., 2000. *Présence d'un nouveau prédateur de l'huître creuse, Ocinebrellus inornatus (Récluz, 1851), dans le bassin conchylicole de Marennes-Oléron*, Life Sciences n°323, p 697-703.

Pommepuy M., 1977. *SAUM de la rade de Brest. Etude courantologique*. Rapport préliminaire, 18 pp.

Pommepuy M., Manaud F., Monbet Y., Allen G., Salomon J-C, Gentien P., L'Yavang J.,1979. *Etude océanographique appliquée au S.A.U.M. de la rade de Brest*. Les côtes atlantiques d'Europe, évolution, aménagement, protection, Brest, France, 15-16 mai 1979, 15 pp.

Pouvreau B., 1975. *Biologie de l'huître plate « pied de cheval » (Ostrea edulis L.),* rapport d'activité CNEXO, 25 pp.

Pouvreau B., 1977. *L'huître plate Ostrea edulis L : maturité sexuelle contrôlée, élevage larvaire, croissance et mortalité, variabilité génétique*, thèse de l'Université de Caen, 115 pp.

Pouvreau S., Bernard I., Le Souchu P., Huvet A., Talarmain E., Auby I., Maurer D., Barbier C., Tournaire MP., D'Amico F., Rumebe M., Neaud-Masson N., Bedier E., Martin AG., Claude S., Langlade A., Bouget JF., Hitier B., Stanisiere JY., Breerette S., Robert S., Guilpain P., Seugnet JL., Guesdon S., Soletchnik P., Le Moine O., Dumas F., Quemener L., Barbot S., Repecaud M., Mille D., Geay A., Bouquet AL., 2011. Projet Velyger (2008-2010) : Observer, Analyser et Gérer la variabilité du recrutement de l'huître creuse en France. http://archimer.ifremer.fr/doc/00054/16489/

Pouvreau S., Bourles Y., Lefebvre S., Gangnery A., Alunno-Bruscia M., 2006. Application of a dynamic energy budget model to the Pacific oyster, Crassostrea gigas, reared under various environmental conditions. Journal of Sea Research, 56(2), 156–167. doi:10.1016/j.seares.2006.03.007

Rees H.L., Waldock R., Matthiessen P., Pendle M.A., 2001. *Improvements in the epifauna of the Crouch estuary (United Kingdom) following a decline in TBT concentrations*. Mar. Poll. Bull. n° 42, p 137-144.

Renzoni A., 1963. *Comportamento di Mytilus galloprovincialis LMK e Ostrea edulis L. (larve e adulti) in diferenti condizioni ambientale sperimentali*, Boll. Pesca. Piscic. Idrobiol., 6 (1), p 3-22.

Rico Villa B., Bernard, I., Robert R., Pouvreau S., 2010. A Dynamic Energy Budget (DEB) growth model for Pacific oyster larvae, Crassostrea gigas. Aquaculture 305, 84-94.

Rico Villa B., Woerther P., Mingant C., Hamont M., Pouvreau S., Lepiver D., Robert R., 2008. A flow-through rearing system device for Pacific oyster Crassostrea gigas larvae ecophysiological studies. Aquaculture 282, 54-60.

Riquet F., 2012. Processus micro-évolutifs chez l'espèce invasive *Crepidula fornicata* . Thèse de l'Université Pierre et marie Curie.

Robert R., Pichot Y., Comps M., 1990. *Essai de culture de l'huître plate Ostrea edulis dans le bassin d'Arcachon*. Résultats préliminaires, 25 pp.

Roberts D., Smyth D., Browne L., 2005. *Native oyster (Ostrea edulis) fishery enhancement in Strangford Lough, Northern Ireland*, Shellfish news n° 20, CEFAS-DEFRA p 5-6.

Rosland, R., Strand, Ø., Alunno-Bruscia, M., Bacher, C., Strohmeier, T., 2009.
Saitou N. and Nei M. (1987). The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees. Molecular Biology and Evolution 4:406-425.

Saraiva, S., van der Meer, J., Kooijman, S. A. L. M., Sousa, T., 2011b. DEB parameters estimation for Mytilus edulis. Journal of Sea Research 66 (4), 289–296.
Saurel C., Richardson C., 2003. *Age and growth analysis of native oyster beds (Ostrea edulis) in Wales*, CCW Contract Science Report No 549, 50 pp.

Shelmerdine R.L., Leslie B., 2010. *Restocking of the native oyster, Ostrea edulis, in Shetland : Habitat identification study*, Scottish Natural Heritage Commissioned Report n° 396, 26 pp.

SIVALODET, 2002. Etude préalable aux travaux de réhabilitation du gisement coquillier d'huîtres plates du Perennou dans l'Odet, 65 pp.

Smyth D., Roberts D., Browne L., 2009. *Impacts of unregulated harvesting on a recovering stock of native oysters (Ostrea edulis)*, Mar Pollut Bull. 58 (6) p 916-922.

Thomas, Y., Garen, P., Pouvreau, S., 2011a. Application of a bioenergetic growth model to larvae of the pearl oyster Pinctada margaritifera L. Journal of Sea Research 66 (4), 331–339.

Thompson, J. D., Higgins, D. G. and Gibson, T. J. (1994). CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position specific gap penalties and weight matrix choice. Nucleic Acid Research 22, 4673–4680

Todorova V., Micu D., Klisurov L., 2009. U*nique oyster reef discovered in the Bulgarian Black Sea*, Compte-rendus de l'Académie bulgare des Sciences, Tome 62, No 7, 6 pp.

Trigui J., Fournier J., Olivier F., Retiere C., Thiebaut E., Bonnot-Courtois C., 2007. *Carte des habitats naturels marins de la baie du Mont Saint Michel, d'après les cahiers Natura 2000*. Station Marine de Dinard UMR 5178 BOME CNRS/ Muséum National d'Histoire Naturelle, Station Biologique de Roscoff UMR 4471 CNRS / Paris VI, Laboratoire de Géomorphologie et Environnement littoral UMR 8586 PRODIG CNRS / Ecole Pratique des Hautes Etudes, DIREN Basse-Normandie, 16 p. + cartographies.

Tully O., Clarke S., 2012. *The Status and Management of Oyster (Ostrea edulis) in Ireland*, The Marine Institute, Fisheries Ecosystems Advisory Services, Rinville, Oranmore, Co. Galway, ISSN: 1649 0037, 40 pp.

UMBS, 2007. *Conservation of the native oyster Ostrea edulis in Scotland*. Scottish Natural Heritage Commissioned Report, No. 251 (ROAME No. F02AA408), 186 pp.

Walne P.R., 1958. *Growth of oysters (Ostrea edulis L.)*, Mar. biol. Assoc. U.K., 37, p 591-602.

Walne P.R., 1970. *Studies on the food value of 19 genera of algae to juvenile bivalves of the genera Ostrea, Crassostrea, Mercenaria and Mytilus,* Fishery Invest., 26 (5), p 1-62.

Wang, Y. and X. Guo. 2008. ITS length polymorphism in oysters and its potential use in species identification. J. Shellfish Res., 27(3):489-493.

Wijsman, J. W. M., Smaal, A. C., 2011. Growth of cockles (Cerastoderma edule) in the Oosterschelde described by a Dynamic Energy Budget model. Journal of Sea Research 66 (4), 372–380.

Wolff W., 2005. *The exploitation of living resources in the Dutch Wadden Sea: a historical overview*. Helgoland Marine Research 59, p 31-38.

Woolmer A.P., Syvret M., Fitzgerald A., 2011. *Restoration of Native Oyster, Ostrea edulis, in South Wales: Options and Approaches*, CCW Contract Science Report No. 960, 98 pp.

Annexe SP1-1 – Revue de Presse

30 août 2007

L'huître plate fait des vagues dans la Rance

Mathilde Pitel-Roudaut (Ifremer) compte et mesure les huîtres plates prélevées dans la Rance, assistée de Tiphaine Cariou, contrôleur aux Affaires maritimes, qui assure le pointage.

Le Comité des pêches de Saint-Malo souhaite ouvrir l'exploitation. Elle serait confiée aux trois plongeurs qui pêchent déjà la Saint-Jacques et la praire.

On pêchera peut-être bientôt des huîtres plates dans la Rance. C'est du moins le souhait du Comité local des pêches de Saint-Malo. Il vient d'organiser un sondage du fleuve pour évaluer le stock dans le secteur de l'Ille-et-Vilaine (la Rance traverse également les Côtes-d'Armor).

« L'objectif est d'encadrer une pêche qui existe déjà en braconnage, affirme Pascal Lecler, président du comité. En analysant la biomasse, on verra quelles sont les possibilités réelles de pêche.» Une technicienne halieute de l'Ifremer a procédé aux mesures d'échantillons dragués sur six zones différentes de la Rance.

Compter et mesurer

« On compte et on mesure toutes les huîtres, explique Mathilde Pitel-Roudaut. Cela nous permet d'avoir une idée précise de la structure de la population. » Une fois traités, ces résultats seront analysés par un chercheur de l'Ifremer qui devrait rendre un avis d'ici à une dizaine de jours. La demande passera ensuite en commission coquillages au Comité régional des pêches, probablement en décembre, avant de recevoir l'accord ou le refus du Préfet de Région.

Quotas stricts

Si elle est autorisée en Rance, la pêche aux huîtres plates se fera en bouteille, le dragage y étant interdit. C'est déjà le cas depuis 2001 pour les coquilles Saint-Jacques et les praires. « Sur les 36 plongeurs bretons licenciés pour la pêche des ormeaux en mer, trois seulement ont une autorisation pour la Rance, explique Adrien Le Menach, vice-président du Comité régional des pêches. Cette exception leur a été accordée après de grosses difficultés de pêche aux ormeaux (en 1998, une maladie a décimé 80 % du stock en quinze jours). »

En échange, les trois plongeurs ont été soumis à des quotas stricts ; six tonnes de coquilles et deux tonnes de praires chacun par an. « On récolte largement les coquilles, confie Philippe Orveillon, l'un d'eux. Les praires, en revanche, sont difficiles à pêcher et donc très peu rentables.»

D'un mauvais œil

Lui totalise cette année six tonnes de coquilles (sur 10,4 tonnes pêchées au total en Rance) et 200 kg de praires (sur 500 kg au total). Il les vend une et demie à deux fois le prix au kilo des pêches au large (soit 6 € le kilo pour les praires et 3 € le kilo pour les coquilles).

Pas assez pourtant. « Je suis en déficit financier depuis trois ans. Si je ne redresse pas la barre cette année, je dépose le bilan l'an prochain ». Autant dire que l'autorisation de pêcher l'huître plate est attendue.

« On espère un quota minimum de trois tonnes », avoue Philippe Orveillon. Loin des 1 000 tonnes à 1 100 tonnes, produites chaque année par les conchyliculteurs de Cancale et de la baie du mont Saint-Michel.

Ils voient pourtant d'un mauvais œil la demande d'exploitation des Malouins. « Les huîtres plates font partie de la conchyliculture et non de la pêche, affirme Marcel Le Moal, vice-président de la Section régionale de conchyliculture. Nous, nous faisons de la production. Eux font de la cueillette. Que chacun fasse son métier. »

21 décembre 2007

Huître plate : la sauvage confirme son retour en rade

Décimée à partir du début des années 70 par deux parasites différents, l'huître plate de la rade fait un retour remarqué sur les étals. Draguée par les coquilliers, soigneusement débarrassée de ses concrétions par les ostréiculteurs, elle pourrait, si sa résistance se confirme, être à nouveau élevée dans les concessions en eau profonde.

La maladie a-t-elle disparu ou l'huître est-elle devenue résistante? Thierry Larnicol, l'un des trois repreneurs en 2005 de la Scorb, l'ancienne coopérative de Kéraliou, n'a pas la réponse (*). Il se contente d'observer que le tonnage de plate sauvage de la rade est en croissance régulière depuis quelques années. Les pêcheurs qui la capturent dans leur drague les rapportent sous criées où elles sont récupérées par les ostréiculteurs du secteur. Mises en bassin de purification, débarrassées de leurs généreuses concrétions, triées, rincées, elles se commercialisent plutôt bien.

Image à reconquérir

Que lui trouve-t-on, au juste, derrière sa coquille nettement plus rustique que sa cousine de Cancale (90 % de la production française d'aujourd'hui)? Un corps bien charnu, un muscle généreux rappelant celui de la Saint-Jacques, une solide coquille sonnant bien plein et assurant « une phénoménale tenue à l'étal », selon Thierry Larnicol, l'un de ses grands fans.

Très réputée jusqu'aux années 70, la grosse huître plate de la rade faisait les délices des plus belles tables françaises. Toujours très appréciée pour son petit goût sucré, elle n'a peut-être pas toujours la finesse de la Cancalaise ou de la plate de Prat-ar-Coum mais n'accuse en bouche aucun final amer.

Tout le travail est à faire pour redorer le blason de cette autre belle de la rade. En 30 ans, le marché est à reconquérir entièrement. Rien que sur le site de l'ancienne coopérative de Kéraliou, aujourd'hui reprise en SARL, on en commercialisait, en 1968, 1.500 t, soit environ la consommation française d'huîtres plates d'aujourd'hui. Le gisement était impressionnant, en quantité et en qualité. Ils étaient des centaines de bateaux à travailler des concessions plus que prolifiques.

Commercialisés à partir de 6,50 € du kilo, les plus beaux calibres se vendent autour de 11,20 € du kilo, soit environ trois fois plus que la classique creuse de Bretagne.

Thierry Larnicol et Yves Burel (Jean Le Moal est le troisième associé) ont repris le site de l'ancienne Scorb à Kéraliou, ainsi que les 30 hectares de concession associés.

« Pas encore à sa juste valeur »

« C'est un produit de qualité, relativement cher mais pas encore à sa juste valeur », estime-t-on à Kéraliou. La restauration haut de gamme commence à y revenir. La mise en concession permettra sans doute, à terme, d'améliorer l'aspect de sa coquille, largement moins policée que l'élégante Cancalaise, une amélioration essentielle pour l'esthétique d'un produit qui vise le très haut de gamme.

Stéphane Jézéquel

L'élevage pourrait reprendre en concession

Des naissains n'ont jamais cessé d'être captés du côté de Loumergat, dans l'est du Poulmic (les jeunes huîtres n'étant pas touchées avant la reproduction), pour qu'elles terminent leur croissance sur la côte nord de la Bretagne. Les producteurs de la rade en emprisonnent chaque année un certain nombre dans leurs poches, « juste pour voir » comme ils ont coutume de dire. Il y a encore une dizaine d'années, toutes ces huîtres claquaient les unes après les autres. Ce n'est plus le cas. « Rapportée aux années 60 ou 70, où les sources polluantes étaient rarement maîtrisées, la qualité de l'eau de la rade n'a jamais été aussi bonne qu'aujourd'hui, observe Thierry Larnicol. C'est pour cela que je crois que la plate a une possibilité de reprendre sérieusement, que les concessions pourraient de nouveau en accueillir si son maintien se confirme ».

(*) Ces maladies qui touchent l'huître plate n'ont aucune conséquence sur la santé humaine. Selon les spécialistes à Ifremer, les parasites bonamiose et martellose n'ont pas complètement disparu des gisements de la rade. Ils auraient tendance à revenir en force en cas de concentration du cheptel. Les chercheurs n'excluent pas, non plus, le développement d'une certaine résistance à ces parasites unicellulaires.

8 avril 2009

Quand Fanny drague le pétoncle...

On ne drague pas seulement la coquille Saint-Jacques en rade de Brest. Le pétoncle noir et l'huître plate font l'objet d'une pêche confidentielle mais très ciblée.

On raconte que jadis, en rade de Brest, il y avait du pétoncle noir à faire fumier! Les marins-pêcheurs qui ramassaient la coquille et l'huître plate les emportaient quand même… pour les répandre dans les champs de fraise à Plougastel. Les

gisements ont fini par diminuer dans le fond de la rade (Loumergat), pour se développer sur d'étroites zones aujourd'hui relativement bien fournies. Le coquillage, qui apprécie tout particulièrement les champs de maërl, se vend aujourd'hui plus cher que la coquille Saint-Jacques, soit entre 5 à 7 EUR auprès des mareyeurs (contre 2,60 à6 EUR pour la coquille).

Traits de cinq minutes

La majorité de la production de la rade s'en va approvisionner les étals du milieu de la façade Atlantique, très friands du pétoncle noir que l'on déguste frais, à la manière de l'huître, en avalant le muscle, la barbe et l'appareil digestif dans son ensemble. Le pétoncle récolté par les bateaux travaillant aux mêmes heures que la coquille s'affiche aujourd'hui, en comparaison au pétoncle blanc, comme un produit haut de gamme. Et là où l'on drague du pétoncle noir, on trouve également l'huître plate de la rade, la survivante locale après l'hécatombe des années70. À bord du Fanny, le coquillier en bois de 9m de Lionel Rousset (basé au Tinduff à Plougastel), l'immersion de la drague (les traits) n'excède pas cinq minutes. Moins imposante et dénuée de dent, contrairement à celle que l'on utilise pour la coquille ou pour la praire, la drague à pétoncle est tractée à faible vitesse et avance par à-coups, afin d'évacuer au fur et à mesure la vase et les algues.

Crépidules en force

Pour faire ce métier, il faut indéniablement aimer les crépidules qui tapissent les fonds de la rade. Sur une marée de deux heures, Lionel Rousset et son marin Jean-Jacques Genovois hissent plusieurs tonnes de crépidules, vivantes ou mortes, dans un magma de maërl qu'il faut méticuleusement trier plus de deux bonnes heures après le dernier trait. Comme pour la Saint-Jacques, les professionnels ont deux heures et pas une minute de plus pour faire leur marée, en moyenne entre 100 et 150kg de pétoncles et trois à quatre caisses d'huîtres pendant les deux heures imparties. Le double quand Fanny a creusé le bon sillon.

---

15 décembre 2009

Les huîtres belons, plus rares, plus chères

Joseph Jambon, patron de la SARL Cancale huîtres.

Cette année, environ 1 800 tonnes d'huîtres plates ont été produites. Beaucoup plus rares, elles sont vendues deux fois plus cher que les creuses.

Entretien Avec Joseph Jambon, producteur de belons.

Quelle est la différence des huîtres belons par rapport aux creuses ?

Elles sont nées et élevées en Bretagne, sur des gisements naturels. Elles sont plates et leur goût est différent. On dit généralement qu'elles sont beaucoup plus iodées et plus fines que les creuses.

Que représente la production de belons dans la baie ?

Elle est très petite par rapport à celle des creuses ; environ 1 800 tonnes cette année (contre 5 000 t de creuses). Il n'y a que sept sociétés ostréicoles spécialisées dans la belon, sur la cinquantaine au total dans la baie.

Combien coûte une huître belon ?

En sortant de chez nous, elle coûte 5,70 €. Mais sur les étals, on les retrouve à 10 ou 12 € ! C'est un phénomène contre lequel nous essayons de trouver une solution. Il faut que les intermédiaires taillent dans les marges.

Pourquoi une telle différence de prix avec les creuses ?

Parce que la production est beaucoup moins importante. Sur un hectare, les producteurs de creuses sèment 20 à 30 t de bébés huîtres. Nous, c'est une tonne à l'hectare ! Et sur 10 petites huîtres semées, on en récolte 1,5.

Vos huîtres ont-elles été victimes de mortalité ?

Nous n'avons pas eu de mortalité, comme pour les huîtres creuses, parce qu'il ne s'agit pas de la même espèce. Mais nous avons déjà connu ce problème. Dans les années 70 et 80, on produisait 22 000 t par an. On est tombé à 1 800 t à cause du bonamia, un parasite qui a touché nos huîtres à cette époque.

4 février 2010

« Je suis le dernier ostréiculteur de Carnac »

Paul Thieblemont, 94 ans, le tire-piquet à la main. L'outil servait à attraper les piquets qui portaient les naissains d'huîtres. L'ostréiculteur a légué sa collection à la commune de Saint- Philibert.

Dans son sous-sol, Paul Thieblemont, 94 ans, fait revivre les chantiers ostréicoles d'antan. Le passionné construit des maquettes, peint, et enseigne l'huître. Intarissable.

Avant toute chose, parlons de la vie sexuelle de l'huître. Sachez que chez l'huître plate la fécondation est vivipare tandis que la creuse se reproduit en ovipare. Un dessin peut-être ? Chez la creuse, les œufs sont fécondés dans le milieu naturel, la mer. Chez la plate, la maman huître porte l'embryon.

Donc, ne dites pas à Paul Thieblemont, 94 ans, que la creuse est une huître. Quand on fait de la creuse, on est conchyliculteur. Pour lui, seuls les éleveurs qui font de la plate peuvent se dire ostréiculteurs. Pour cette raison, il n'hésite pas à affirmer qu'il a été « le dernier ostréiculteur de Carnac ». Cela date déjà ; il a arrêté le métier en 1968 lors d'une maladie de l'huître qui décima la plate. Les éleveurs la remplacèrent alors par la creuse…

« 40 ans sur l'île Cuhan »

S'il a quitté les parcs, Paul Thieblemont a conservé une passion extraordinaire pour le métier. À tel point, qu'il a transformé son garage en musée ostréicole. Là, il crée, peint, écrit, collecte, renseigne, décore, découpe. Maquettes de sinagots, chalands, coquillages, tableaux, outils, étiquettes, tout ce qui concerne l'huître ne lui est pas étranger. C'est un « ostréicophyle », un passionné de l'estran.

Né le 6 avril 1915 à Questembert, Paul est arrivé à Carnac à l'âge de trois mois. Il n'a plus quitté la commune. Dans son musée, il présente tous les métiers de l'ostréiculture ; « Je veux transmettre » lance-t-il. « J'ai travaillé 40 ans sur l'île Cuhan, une petite île sur la gauche du pont de La Trinité. Mon père l'avait achetée en 1927. C'était un pionnier de l'ostréiculture qui s'était installé en 1912 au Pô à Carnac. Il sortait de l'école supérieure de commerce d'Angers. Au chantier du Pô, nous avions de la grosse huître. Il y avait une douzaine de femmes et quatre à cinq hommes à travailler. À La Trinité, nous ne faisions que des naissains. Quatre ou cinq femmes y travaillaient avec moi. »

Quatre millions de naissains

Dans un coin du garage, l'ancien ostréiculteur fait la démonstration, gratte les tuiles de faîtage qui portent les naissains. Posées en bouquet sur l'estran autour d'un piquet au mois de juillet, les tuiles chaulées accueillaient les naissains. Six mois plus tard, les faîtières étaient grattées. « Avec un couteau, les femmes faisaient sauter les naissains. Environ 40 naissains par tuile. Comme nous avions 100 000 tuiles, nous décollions quatre millions de naissains à la main en une année. Il fallait que ce soit fini en mai juin pour recommencer le cycle. » Le naissain était criblé puis semé dans les parcs. Plus tard, les naissains ont été posés dans des poches en suspension pour éviter crabes, bigorneaux perceurs et étoiles de mer, grands dévoreurs d'huîtres.

Vous voulez tout savoir sur la plate ? Dans les années 1970, Paul Thiéblemont a filmé le métier. Il en a tiré un film en super 8 d'une heure « Histoire de l'huître plate - l'ostréiculture ». Le document est conservé à la cinémathèque de Bretagne.

28 février 2010

Les grandes marées, un phénomène de société

Dans la Manche, à Agon-Coutainville et à Bréhal, on vient pour les praires et la palourde ; à Granville, on vient pour l'huître plate et les étrilles. Dans le Calvados, pour les coques, on va dans la baie des Veys, pour les moules à Sainte-Honorine-des-Pertes. Les plus aguerris traquent aussi le homard. Mais sa localisation précise est classée secret défense…

---

5 mars 2010

Médaille d'argent pour les huîtres de Renan Henry - Auray

« Une médaille d'argent pour nos huîtres plates belons », clame haut et fort Renan Henry, ostréiculteur à Saint-Philibert. L'exploitant, qui est aussi le président du comité de survie des ostréiculteurs, reçoit une nouvelle fois un prix lors du Salon de l'agriculture.

« C'est un travail dur, peu connu et peu reconnu, pour la seule et véritable huître d'origine française, l'huître plate. Née et captée par nos soins en baie de Quiberon, nous mettons nos naissains d'un an à l'élevage sur notre concession de la baie du Mont Saint-Michel devant Cancale. Au terme de ses trois années de croissance, l'huître plate, née et élevée en Bretagne, finie sa carrière dans la petite rivière de Crac'h, face à La Trinité-sur-Mer et emporte ainsi le titre de belon et aujourd'hui même la médaille d'argent », explique Renan Henry.

---

8 mars 2010

La Belle de Cancale médaillée d'argent à Paris - Saint-Philibert

L'huître plate de l'entreprise familiale Henry s'est une fois de plus distinguée au concours général agricole de Paris, remportant cette année la médaille d'argent.

Plus qu'une simple récompense, c'est la reconnaissance d'un travail de dur labeur autour d'un produit 100 % breton ; né, élevé et expédié de Bretagne.

Ronan et Pascal Henry sont ostréiculteurs depuis 5 générations, **« tombés dans la marmite comme Obélix »** aime à plaisanter Ronan. Tous deux cultivent ce produit comme un véritable sacerdoce, rappelant que **« Le berceau de la belon n'est autre que la baie de Quiberon. »** Leur huître est captée sur place puis semée à même le sol, sur 105 ha en eaux profondes situés en baie du mont Saint-Michel. Ramassée à l'âge de 28 mois, elle est ramenée à Saint-Philibert pour être affinée en ria. **« C'est à l'issue de cet élevage que la Belle de Cancale va acquérir toutes les nuances gustatives propres à l'authentique belon. Notre huître plate a la particularité d'être élevée dans la Manche qui est très salée. L'affinage en rivière, dans un mélange d'eau douce et d'eau de mer apporte la touche finale au produit. »** Un produit qui sera ensuite vendu jusqu'à Moscou, sur les marchés, dans les restaurants, chez les poissonniers et dans les grandes surfaces.

L'entreprise constituée aujourd'hui de 9 personnes vit pourtant une grosse période de crise ; en sus de la mortalité de l'huître creuse, la société a perdu, avec la tempête du 10 mars 2008, près de 800 tonnes d'huîtres plates, une catastrophe dont les répercutions sur sa trésorerie laissent encore de sérieuses séquelles.

25 mai 2010

Mardi 25 mai 201

Des huîtres pour mesurer la qualité de l'eau

Depuis janvier, l'antenne fouesnantaise de l'Agrocampus Ouest, institut supérieur d'agronomie basé à Rennes, suit l'évolution du phytoplancton dans l'Odet.

Des mesures essentielles pour déterminer la qualité des eaux de l'Odet. En parallèle, les chercheurs de l'institut utilisent des huîtres plates comme « témoins » pour suivre l'évolution du phytoplancton, premier maillon de la chaîne alimentaire.

« **L'eau n'est pas qu'une matrice pour poser les bateaux**, avance Hélène Laguerre, chargée d'étude aquaculture et environnement à l'Agrocampus Ouest. **L'eau est un milieu vivant** ».

Vendredi matin, chaussée de bottes et les mains pleines d'éprouvettes, Hélène recueille des échantillons d'eau à la cale de Pors Kareign, à Gouesnach, en face du château du Pérennou. Ces prélèvements servent à déterminer la présence de micro-algues, le phytoplancton, dans les eaux de l'Odet. « **Plus le phytoplancton est diversifié, meilleur c'est** ».

Diversifié, certes, mais attention à ne pas le trouver en quantité excessive, signe d'une saturation en éléments nutritifs, tels que les nitrates ou les phosphates, principaux responsables des marées vertes. Ces mesures servent aussi à déterminer la présence, ou non, d'algues toxiques comme la très actuelle dinophysis sévissant sur nos côtes.

Hélène Laguerre présente le prélèvement effectué à Gouesnach. On ne le voit pas mais le phytoplancton peuple les eaux de l'Odet.

Sensibiliser les gens avec des huîtres

En plus de ces analyses, l'Agrocampus se sert d'huîtres plates, naturellement présentes dans l'Odet, aux abords du Pérennou, pour déterminer la qualité de ces eaux. En septembre prochain, les agents de l'Agrocampus tenteront de cultiver des naissains d'huîtres plates sur cette zone de Pors Kareign où se trouvait, au siècle dernier, un banc naturel d'huîtres plates. « **Le phytoplancton est leur nourriture principale et l'huître plate est une espèce très sensible à la qualité de l'eau**, explique Hélène Laguerre. **Si des conchylicoles arrivent à s'installer dans l'Odet, ça voudra dire que la qualité de l'eau s'améliore** ».

À terme, ce projet, qui répond au doux nom de « projet Ecoestua », assurera un suivi scientifique de la qualité des eaux de l'Odet mais permettra aussi de vulgariser les résultats auprès des usagers directs ou indirects de l'Odet (communes, pêcheurs, agriculteurs...). « **Le phytoplancton, c'est tout petit et on ne le voit pas. Il est plus facile de sensibiliser les gens avec une huître qu'avec du phytoplancton** », s'amuse Hélène. Question : À quand les huîtres du Pérennou sur nos étals ? « Pas pour tout de suite. Préoccupons-nous d'abord de leur habitat avant de penser hors estomacs. »

Rémi LE LEZ

1 juillet 2010

Huîtres plates. La ria d'Étel (56) sème du gravier pour l'avenir

Vingt-cinq tonnes de graviers semées au fond des deux rivières de la ria d'Étel. C'est une solution que le syndicat ostréicole de la zone a choisie pour fixer les jeunes huîtres plates naturelles.

De la pointe du Listrec à celle du Verdon, en rivière de Locoal-Mendon, de la pointe de la Vieille Chapelle à celle de Beg-Morzel, en rivière de Landévant, les ostréiculteurs connaissent depuis toujours l'existence de bancs naturels d'huîtres plates. Un récent test de dragage a montré que ces bancs étaient très actifs. Mais ils ne sont pas entretenus depuis 1972, date de la grande mortalité des huîtres plates. Confrontés aujourd'hui à une surmortalité du cheptel de leurs parcs alors que les bancs naturels semblent mieux résister, les ostréiculteurs de la Ria d'Étel, dont le syndicat est présidé par Jean-Noël Yvon, ont décidé d'aider ces bancs à se développer.

Un semis en période de reproduction

«Les fonds sont actuellement couverts de végétation freinant la fixation du naissain, explique-t-il. En semant des graviers, nous allons permettre aux jeunes huîtres de se développer au mieux. Nous semons en pleine période de reproduction». L'an prochain, les ostréiculteurs donneront quelques coups de drague pour vérifier ce qu'ils espèrent être une réalité: un renouveau de ces bancs naturels. «Le développement naturel de ces huîtres permettra aux parcs situés en bordure de

chenaux ou dans des zones de courant, de mettre en place de nouveaux captages pour recueillir des huîtres plus résistantes».

1.000EUR pour un meilleur avenir

L'investissement de cette opération: 1.000EUR qui pourraient bien rapporter beaucoup plus à l'avenir pour les professionnels de l'huître dans la ria dont certains chantiers ont déjà perdu 70% de leur cheptel. «Avec le phénomène de surmortalité que l'on subit depuis bientôt trois ans, nous sommes bien obligés de faire des paris», explique Jean Mahéo, l'un des 45 ostréiculteurs de la ria. Les huîtres naturelles sont-elles plus résistantes? Il faut attendre l'an prochain pour répondre à cette question. De leur survie dépend celle des ostréiculteurs.

---

1 juillet 2010

Les ostréiculteurs en force pour le retour de l'huître plate

Le Thomi vient d'embarquer neuf tonnes de graviers, contenus dans six grands sacs remplis à ras bord. Même chargement à bord du Istr Breizh. Il est 9 h, ce mercredi 30 juin. La brume se lève tout juste à la pointe de Vieille Chapelle. Et hop, cap sur les chenaux de Listrec et Landévant. Chaque chaland ostréicole va y immerger les petits cailloux entre les bancs de sable. Le but ? Relancer le captage naturel de l'huître plate.

Un espoir pour le métier

« La profession est frappée de plein fouet par la mortalité des huîtres creuses. La plate est un espoir », résume Jean-Noël Yvon, président du syndicat ostréicole de la ria d'Étel. Une cinquantaine de professionnels qui aiment leur métier et ne veulent pas voir mourir un savoir-faire et, avec, l'un des grands crus de Bretagne.

L'huître plate n'est plus exploitée dans la rivière depuis 1972. Année de l'hécatombe due à la martelia, une maladie parasitaire. **« Le champignon s'installait dans les branchies de l'huître et empêchait l'oxygène de s'y fixer. Le coquillage mourait »**, explique Jean Mahéo, de Beg Morzel et vice-président du syndicat ostréicole.

Les graviers semés hier vont tapisser le fond de la ria, en lieu et place des gisements naturels d'antan. **« À 4 mètres ou 5 mètres de profondeur**, reprend Jean Mahéo. **L'eau de la ria est chaude en amont. Quand elle descend vers l'estuaire, elle provoque un choc thermique chez l'huître plate, qui libère ses larves. Celles-ci viennent alors se fixer sur les graviers. C'est cela le captage. »**

Les ostréiculteurs espèrent que la nature n'a pas oublié ses fondamentaux. Dans deux ans - le temps de la croissance des larves - ils espèrent constater une reprise de l'huître plate. **« On fera des dragages et des plongées d'inspection pour évaluer le résultat, d'ici un an et demi. Si c'est bon, on recommencera à plus grande échelle »**, projette déjà Jean-Noël Yvon.

À deux encablures, l'Istr Breizh immerge ses derniers graviers à la pointe du Verdon. L'Istr Breizh ? L'huître de Bretagne, en breton. Un signe.

---

1 juillet 2010

Le retour espéré de l'huître plate dans la ria d'Étel

Les graviers s'échappent par le cul du sac, éventré.© Ouest-France

Face à la mortalité des huîtres creuses, les ostréiculteurs de la ria d'Étel voient dans la plate une relance possible de leur métier. Mercredi matin, entre Sainte-Hélène-sur-Mer et Locoal-Mendon, les professionnels ont immergé neuf tonnes de graviers sur lesquels, espèrent-ils, les larves d'huîtres plates se fixeront naturellement. C'est ce qu'on appelle le captage.

« On fera des dragages et des plongées d'inspection pour évaluer le résultat, d'ici un an et demi. Si c'est bon, on recommencera à plus grande échelle », espère Jean-Noël Yvon, président du syndicat ostréicole de la ria d'Étel.

27 juillet 2010

1 500

C'est, en tonnes, la quantité d'huîtres plates draguées chaque année sur les 946 hectares de concessions en pleine mer. La baie est redevenue le premier site de production d'huîtres plates de France.

5 août 2010

La plate et la creuse, perles de Locmariaquer

Domaine ostréicole de première importance, Locmariaquer est réputée pour ses huîtres plates et creuses.

L'office de tourisme propose des visites ostréicoles afin de promouvoir et de faire connaître l'un des plus importants métiers de la commune.

Chaque jeudi, Sandrine et Eric Le Gros accueillent les visiteurs sur leur chantier installé entre le Golfe et la rivière d'Auray. Les deux jeunes ostréiculteurs parlent de leur métier avec passion. Ils expliquent les soins constants qu'ils apportent aux huîtres élevées dans leurs parcs.

Au cours de la visite, le public découvre les différentes phases de la culture de l'huître, de la production à la commercialisation en passant par l'évolution des techniques d'élevage et du matériel d'hier et d'aujourd'hui.

Tous les jeudis, visites ostréicoles, à 10 h 15, jusqu'au 19 août. Durée ; 1 h 30. Tarifs ; adulte, 4,50 € ; junior, 2,50 € ; moins de 12 ans, gratuit. Réservations au 02 97 57 33 05.

8 septembre 2010

L'estran manchois, paradis du pêcheur à pied

Jean Lepigouchet, président du comité de la pêche maritime de loisir de la Manche.

Dans sa main, un coquillage peu connu du grand public ; le fia (ou mactre). Dans la Manche, il est pêché uniquement à Granville, Chausey, Donville-les-Bains, Hauteville-sur-Mer et Agon.

[…] « Dans la Baie du Mont Saint-Michel, on trouvera surtout du bouquet, des moules, coques et huîtres. Le littoral granvillais jusqu'à Agon est très riche ; crustacés, soles, palourdes, praires, huîtres creuses et plates, fia, homards, etc. » Entre Blainville et le sud de Dielette, le coquillage laisse davantage place aux crustacés, comme le littoral nord très rocheux, entre le cap de la Hague et le Val-de-Saire. A l'est, la côte est sableuse ; on y pêche surtout des coques (Morsalines), palourdes, huîtres creuses, « et du bouquet sous les tables à huîtres. »

---

2 octobre 2010

Les huîtres plates menacées par un virus

Même si plus de 10.000 tonnes d'huîtres sont produites chaque année, cette activité essentielle du golfe du Morbihan est à nouveau menacée. Cette saison a été difficile en raison de plusieurs fermetures de ramassage et de pêche de certains coquillages (dues à une toxine amnésiante), de mortalité et de la casse. Des professionnels, qui depuis de nombreuses années vendent leurs huîtres sur les marchés bretons ont observé l'inquiétude de certains consommateurs. Ils s'expriment: «La saison d'été vient de se terminer et elle a été vraiment moyenne. La filière ostréicole rencontre déjà de très grosses difficultés, en raison de la mortalité des naissains depuis des mois, mais nous venons en plus d'apprendre que cette toxine (détruisant les naissains et les huîtres) viendrait de toucher, du côté de Cancale, les huîtres plates. Nous n'avions vraiment pas besoin de cela». «Certains ont tout perdu, explique un autre professionnel, entre la casse, la mortalité, sans oublier les vols sur les parcs, où va-t-on aller? En plus, au lieu d'être solidaires entre nous, certains se tirent dans les pattes!». Les fêtes pointent leur nez et les ostréiculteurs espèrent qu'enfin une solution sérieuse puisse être trouvée. «Actuellement, c'est la période idéale pour manger des huîtres, termine un professionnel, elles sont pleines et non laiteuses, et d'une qualité exceptionnelle, nous avons des contrôles très rigoureux qui font que nous ne proposons à la vente et à la consommation que des produits irréprochables. Heureusement, nos habitués sont toujours là et nous font entièrement confiance, sinon ce serait définitivement notre fin».

---

26 novembre 2010

Baden ; « L'inquiétude pèse sur l'avenir des chantiers »

Jusque dans les années 50 et 60, l'ostréiculture était une activité très importante. **« Ici, c'était un gros bassin ostréicole, avec Locmariaquer et Crac'h. Et à l'époque, Baden et Larmor-Baden ne formaient qu'une seule commune. On avait une centaine d'ostréiculteurs »**, rappelle Daniel Jacob, adjoint à la ville.

L'élu a lui-même été ostréiculteur. **« Cela remonte dans ma famille aux années 1850. Mon fils a repris la suite. »**

Aujourd'hui, on compte près d'une trentaine d'ostréiculteurs. **« Cela reste une activité importante. »** Certains ostréiculteurs ont plusieurs salariés. **« Jusqu'à une quinzaine »**, souligne l'élu.

Mais la crise est là et l'incertitude pèse sur l'avenir des chantiers. Certains ont déjà réduit le nombre de leurs salariés.

La creuse remplace la plate

Une crise qui n'est pas sans rappeler celle des années 1974, 1975 et qui a touché l'huître plate. Suite à une grosse mortalité de la plate dans ces années-là, des ostréiculteurs ont été contraints à changer leur mode de production en introduisant l'huître creuse.

Deux ans sans vendre

« Ça n'était pas notre huître dans notre esprit. Il a fallu s'adapter à une nouvelle forme d'élevage. Il y a des cycles qui n'étaient pas les mêmes. Il a fallu surtout faire en sorte que notre clientèle s'adapte à ce nouveau produit et trouver d'autres marchés. Depuis, la part de l'huître plate est devenue marginale. Il n'y en a plus beaucoup. »

Financièrement, ils ont dû repartir à zéro. **« On s'est fourni en essaims d'huîtres venues du Japon, l'huître creuse du Pacifique nord. On a dû passer deux ans sans rien vendre. Car il faut ce temps pour que les huîtres grandissent »**, se souvient Daniel Jacob.

« Depuis trois ans, les tonnages élevés à Baden et commercialisés ont diminué de moitié à cause de la maladie. Et là, on n'a pas de solution pour le moment. Avant de réensemencer et de refaire le cheptel, cela sera long. »

L'élu ne cache pas ses craintes de cessations d'activités ou d'absence de successions. **« La profession est sinistrée. C'est pour notre commune une activité économique importante. Entre les couples qui en vivent et les salariés, cela représente peut-être environ 200 personnes sur les communes de Baden et Larmor-Baden »**.

Précision. Dans notre article « Régine, ostréicultrice », paru jeudi 25 novembre, cette dernière parlait d'huîtres impropres à la consommation. Il s'agit en fait des coquilles Saint-Jacques dont la campagne de pêche a été annulée en baie de Quiberon.

---

24 janvier 2011

Granville ; ces téméraires pêcheurs à pied de l'hiver

Grand coefficient oblige, ils étaient nombreux ce week-end à arpenter l'estran. Pendant la froide saison, ce sont surtout les passionnés qui s'adonnent à cette pratique, loin de la cohue estivale.

Quand s'annoncent coquillages et crustacées, la plage est loin d'être abandonnée… Même en hiver. Il faut pourtant avoir le bonnet bien accroché ce samedi ; une bise glacée souffle sur l'estran de la plage d'Hacqueville. Mais pour les passionnés de la pêche à pied, pas question de baisser les bras. Ils sont nombreux cet après-midi à profiter d'un coefficient de 105 pour parcourir l'estran.

C'est le cas de Quentin, qui ne louperait ce moment pour rien au monde. **« On est vraiment bien ici, avec toute cette nature,** explique-t-il. **Ca fait trois jours que je fais de la pêche à pied et à chaque fois je suis reparti avec une hotte bien remplie. »** Et ce n'est pas le froid qui va le décourager, bien au contraire. **« En hiver, c'est plus sympa,** confie-t-il. **Il y a moins de monde. Alors qu'en été, c'est la cohue et les gens sont moins respectueux avec les coquillages. »**

« Bon coin »

Ce jeune homme, originaire de Pontorson, en profite pour faire découvrir la côte de Granville à deux amis, Eric et Thomas. **« C'est la première fois que je viens ici,** explique Thomas. **D'habitude, je pêche à Cabourg, à la recherche de coques, de moules… Mais ici, il parait que c'est un bon coin pour les huîtres. »** Les trois hommes se dirigent vers le bord de mer, au plus près de l'eau. **« Moins les huîtres sont découvertes par la mer, meilleures elles sont »,** explique Quentin.

« Ma femme ne va jamais me croire ! »

Commence la phase des recherches. Dos courbé, remuant de temps en temps le sable, chacun scrute le terrain, mètre par mètre. Parmi la dizaine de pêcheurs présents dans ce coin, chacun a sa technique, selon ce qu'il recherche ; le râteau pour gratter le sable, l'épuisette pour chasser l'étrille… Voire le burin pour décrocher les huîtres.

Et le gibier ne se fait pas désirer ; les hottes se remplissent rapidement. Eric n'en croit pas ses yeux devant la taille de certains spécimens. **« Ma femme ne va jamais me croire ! »** s'exclame-t-il devant une huître creuse d'un calibre indécent. Mais le coquillage est trop gros pour être consommé. **« Et puis ce qu'on recherche surtout, c'est l'huître plate,** confie Thomas. **Elle a un goût de noisette qui est vraiment meilleur. »**

Les deux hommes sont conquis par le coin. **« Il faudra revenir le mois prochain,** leur explique Quentin. **Il y aura un coefficient au-dessus de 110, l'idéal pour rechercher des praires. »**

23 février 2011

La pêche à pied, un loisir de liberté désormais très encadré

[…] **« C'est un bol d'air extraordinaire, une balade magnifique, avec le Mont en vue »**, s'exclamaient ces gens de Saint-Coulomb (35) qui découvraient pour la première fois ce site unique. Les pêcheurs en sont revenus avec des étrilles, des palourdes, des praires, des coucous (bulots) et des huîtres plates dans les hottes et les seaux et des paysages merveilleux dans les yeux.

---

23 février 2011

Les plates en or des Huîtres Henry

Parmi la trentaine de chantiers ostréicoles installés le long de la rivière de Crac'h, les Huîtres Henry perpétuent la tradition familiale. Cinquième génération du côté de leur père et troisième du côté de leur mère, Renan et Pascal viennent de remporter la médaille d'or au concours général de l'Agriculture de Paris pour leurs huîtres plates. Une onzième distinction en autant d'années de participation qui vient récompenser leur savoir-faire.

Naissain capté en baie de Quiberon

Capté en baie de Quiberon sur des coquilles de moules plutôt que sur des coupelles chaulées, le naissain est semé dans des parcs situés à Cancale, dans la baie du Mont-Saint-Michel, 105hectares entièrement dédiés à l'élevage des huîtres plates. «Nous préférons les coquilles de moules car le naissain a une meilleure tenue après le semis. Et comme ce sont des coquilles de moules cuites, elles présentent l'avantage de se désagréger dans le temps», précise Renan. Dès qu'elles ont atteint la taille marchande (minimum deux ans), les huîtres sont ramenées à Saint-Philibert pour être affinées en rivière de Crac'h où le mélange d'eau douce et d'eau de mer leur confère ce petit goût si particulier de noisette.

«La nature reprend toujours ses droits»

Quand on évoque les épizooties sur les plates et la surmortalité actuelle du naissain, Renan explique calmement ; «Nous vivons avec les maladies. Depuis la première épidémie sur les plates, nous attendons une solution d'Ifremer mais nous ne voyons rien venir. Il ne faut pas oublier que l'huître est un produit naturel, et que la nature reprend toujours ses droits». D'autant qu'en plus des maladies, les ostréiculteurs doivent composer avec «les fermetures administratives en raison de présence d'algues, les tempêtes qui anéantissent l'outil de travail, et les pollutions des pétroliers qui s'échouent», enchaîne-t-il. Les frères Henry commercialisent leurs huîtres auprès d'une clientèle locale mais aussi des grandes surfaces, soit directement soit par le biais des grossistes. La vente au détail, au chantier ou sur des points de vente ponctuels, répond à une demande et permet d'adapter la production au fil de l'évolution des habitudes alimentaires. Et la médaille d'or obtenue à Paris facilite la vente car «commercialement nous n'avons rien à prouver».

---

28 décembre 2011

Foën-Izella ; renaissance des bancs d'huîtres dans l'Odet

L'évolution des bancs d'huîtres dans l'Odet est l'un des thèmes développés dans le bulletin, tout juste disponible, de l'association intercommunale Foën-Izella. Et si en 1866, les gisements naturels d'huîtres y étaient interdits de pêche, durant l'année 1910, on observait encore nombre de bancs d'huîtres dans la rivière.

Ainsi, l'huîtrière de la pointe de Sainte-Barbe, à Gouesnac'h, occupait le lit de la rivière vers le sud, sur une longueur de 2 km. Moins étendu, un banc d'huître se situait à l'ouest du manoir de Penveret, et un autre était établi sur le fond de sable vaseux de l'anse de Combrit.

Quant à l'huîtrière de Carrec Alic, ses deux gisements formaient en réalité un seul entre la pointe de Lanhuron et l'anse de Keraudren. Quant aux parcs d'élevage, ils se trouvaient dans l'anse de Kergos et à la pointe de Toulgouet.

Les dragages régulièrement assurés dans la rivière ont permis l'évolution des bancs naturels d'huîtres. En 1922, les dragages révèlent trois gisements en reconstitution, c'est-à-dire avec des naissains. Ils se répartissent dans les anses de Keraval et de Kerbernes (rive droite), entre Sainte-Barbe et l'anse de Combrit, ainsi que dans la partie sud de l'anse de Combrit.

Leur superficie n'est pas anecdotique comme l'indique un relevé de 1944. Dans l'anse de Combrit, le banc s'étend sur une longueur de 1 500 m et une largeur de 50 m. L'opération de dragage mobilise les plates des marins pêcheurs.

Au mois de février 1938, trente-quatre bateaux à rames participent au dragage. En 6 heures de dragues, les équipages avaient relevé 6 670 kg d'huîtres. L'année suivante, les quatre-vingts bateaux mobilisés pour l'opération en avaient collecté 16 300 kg.

La reconquête de la qualité de l'eau

Dans les années 1975, la dégradation de la qualité de l'eau dans l'Odet conjuguée au développement de parasitoses (Bonamia et Marteilia) met un terme aux opérations de dragages. Depuis quelques années sous l'impulsion du Sivalodet, l'activité conchylicole renaît dans l'Odet. Deux facteurs environnementaux conditionnent la réussite du projet. La reconquête de la qualité de l'eau vise au classement en catégorie B conchylicole pour relancer l'exploitation du site. Par ailleurs, la réorganisation des mouillages de plaisance dans l'Odet nécessite le nettoyage des fonds et l'alignement des bateaux dans une partie de l'estuaire de l'Odet.

---

22 mars 2012

Les conchyliculteurs s'engagent dans la baie

Le port du Vivier-Cherrueix, plus gros complexe d'Europe pour la conchyliculture.

Dans la baie, entre Cancale et le Mont Saint-Michel, on trouve le premier bassin de production de coquillages en France. Pour l'huître plate, il s'agit même du premier bassin européen. Les producteurs doivent néanmoins concilier activité économique et préservation de l'environnement. « Il s'agit de régler les conflits d'usages qui apparaissent régulièrement et qui provoquent des tensions, explique le préfet, Michel Cadot. Certains voudraient que la baie reste un paysage. Elle doit être préservée, mais c'est avant tout un espace de production, qui permet de faire vivre et d'entretenir l'espace. »

Un document historique

Une convention a été signée hier par le représentant de l'État avec Jean-Louis Tourenne, le président du conseil général ; et Goulven Brest, à la tête du Comité régional de la conchyliculture en Bretagne nord. « Un document historique, de l'aveu même des professionnels, l'aboutissement de quinze années de discussions. » Elle instaure une nouvelle instance de gouvernance, de suivi et d'évaluation, associant tous les acteurs sur le terrain.

La convention prévoit un plan d'actions annuel pour un développement intégré de la conchyliculture dans la baie. Concrètement, il s'agit d'effaroucher les macreuses, ces oiseaux qui s'attaquent aux coquillages ; d'entretenir les chemins

; de ramasser les déchets sur l'estran ; de collecter et de traiter les coproduits, en particulier les petites moules impropres à la commercialisation. Le fonctionnement et l'entretien du port de Cancale et du port départemental du Vivier-Cherrueix figurent aussi parmi les actions prévues en 2012.

Le dispositif sera financé par une Cotisation professionnelle obligatoire, acquittée par l'ensemble des conchyliculteurs. Chacun paye, en fonction de la surface pour les huîtres, et du nombre de pieux pour les moules. Là encore, une première, car cette cotisation existait dans l'agriculture mais pas dans les exploitations maritimes. « Jusqu'à présent, on gérait en sanctionnant, en faisant appliquer les règles, décrit le préfet, pour résumer la démarche. Désormais, on fait confiance à la responsabilité collective de l'ensemble des professionnels. »

---

12 avril 2012

« Ecoestua » présenté aux Pêcheurs Plaisanciers de l'Odet - Combrit

À l'invitation de Paul Vinay et de Michel Bravard de l'Association des pêcheurs plaisanciers de l'Odet, Hélène Laguerre a présenté le projet Ecoestua.

Une trentaine de membres de l'Association des pêcheurs plaisanciers de l'Odet a participé à la présentation par Hélène Laguerre du projet Ecoestua. Un projet d'étude et communication sur la qualité de l'eau, de la rivière à l'estuaire, à partir du suivi des sels nutritifs et du plancton.

Hélène Laguerre a défini dans un premier temps le rôle écologique des estuaires, notamment celui de l'Odet, qui jouent un rôle fondamental en constituant des habitats uniques où viennent se nourrir et se reproduire de nombreuses espèces. Ceci est lié en partie à l'apport de sels nutritifs par les bassins versants, permettant le développement du phytoplancton, élément à la base des chaînes alimentaires aquatiques. Toutefois, des apports de sels nutritifs en excès ou de polluants chimiques tels que les métaux lourds ou les pesticides peuvent provoquer des marées vertes ou des efflorescences de phytoplanctons toxiques, et dégrader fortement la qualité du milieu.

Le projet Ecoestua a par conséquent pour objectif complémentaire de contribuer à la pérennité des activités de pêche, de conchyliculture, et aux activités de loisirs sur l'Odet. La réapparition d'exploitations conchylicoles (moules, coques et palourdes) et d'huîtres plates « du Perrennou » sont des signaux positifs de cette reconquête de la qualité des eaux.

Hélène Laguerre a ensuite prolongé son exposé par de passionnantes observations au microscope de prélèvements d'eau de mer effectués aux cales de Beg Meil, Bénodet et Sainte Marine. Le microscope, équipé d'une caméra connectée à un vidéo projecteur, a permis d'observer le contenu et les « habitants » de ces gouttes d'eau ; du phytoplancton (végétal) au zooplancton (animal), une vie intense et même foisonnante s'y développe ! On observe même des curiosités de la nature ; certains phytoplanctons, organismes végétaux, sont capables de se déplacer !

---

4 mai 2012

Huîtres plates. Scientifiques et ostréiculteurs à leur chevet

Un programme européen de recherche sur l'huître plate touchée par une maladie parasitaire est en cours. Scientifiques et ostréiculteurs travaillent ensemble pour trouver des solutions.

L'huître plate a constitué, jusqu'aux années 1960, l'essentiel de la production ostréicole en France. Dans les années 70, l'apparition de maladies parasitaires, dont la Bonamiose, a provoqué une très forte mortalité sur les huîtres, bouleversant l'équilibre des bancs naturels ainsi que les méthodes de production. Pour limiter l'impact de ces parasites, les huîtres sont élevées en eaux profondes et récupérées par dragage à l'âge de deux ans, avant le pic de mortalité, limitant ainsi l'impact

des parasites mais entraînant un coût de production important. En France, la production de l'huître plate représente 1.500t par an, contre 20.000t dans les années 1980. «Actuellement, les ostréiculteurs récupèrent 10 à 20% de ce qu'ils sèment», précise Morgane Nédélec, responsable de l'outil technique au sein d'Agrocampus à Fouesnant. Une situation qui a motivé la mise en place d'un programme européen de recherche afin de réintroduire de façon durable l'huître plate. L'originalité de ce programme tient au partenariat entre des scientifiques et des ostréiculteurs de différents pays européens: la France, l'Espagne, le Royaume-Uni, l'Irlande, la Hollande et le Danemark.

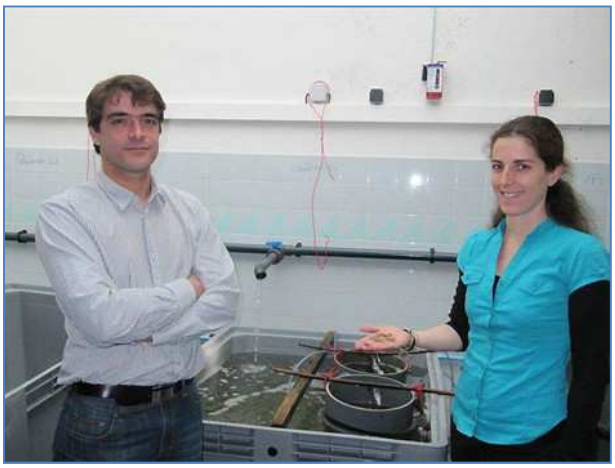
Deux sites d'observation retenus

«La première espèce qui s'est imposée est l'huître plate, endémique des côtes européennes. Souvent au sein des entreprises familiales, leur père ou leur grand-père travaillaient quasi exclusivement l'huître plate», souligne Mathieu Hussenot, technicien aquacole, qui explique que l'attente de la part des professionnels est d'autant plus grande que d'autres soucis touchent l'huître creuse. «On est sur de la diversification, l'huître plate ne remplacera pas l'huître creuse», précise cependant ce dernier. Et d'ajouter: «L'ensemble des partenaires vont tester les phénomènes de rusticité et les différentes souches qui existent en Europe. Les professionnels mettent leurs moyens, leurs connaissances à disposition pour que les laboratoires puissent axer leurs recherches sur les points de questionnements». En Bretagne, deux sites d'observation ont été retenus: Quiberon et la rade de Brest. Une délégation européenne reçue à l'Agrocampus de Fouesnant, qui travaille sur ce projet en partenariat avec le comité régional de la conchyliculture de Bretagne nord, devait se rendre aujourd'hui à Brest pour assister aux prélèvements sur des souches produites en 2011 par l'écloserie de l'Agrocampus.

---

5 mai 2012

Des professionnels au chevet de l'huître plate



Agrocampus Ouest, site de Beg-Meil, a organisé, jeudi 3 mai, un colloque dont le thème est l'huître plate. Morgane Nédélec, responsable de l'écloserie précise que **« l'établissement accueille une vingtaine de partenaires, laboratoires et entreprises, de six pays, l'Espagne, l'Angleterre, le Danemark, les Pays-Bas, l'Irlande et la France »**. La bonamiose, maladie causée par un petit ver qui détruit le système immunitaire, a fait chuter la production d'huîtres plates de 20 000 t en 1980 à 1 500 t aujourd'hui, le taux de recapture, après trois ans de travail, étant seulement de 10 à 15 %. L'objectif du Comité régional de conchyliculture et d'Agrocampus Ouest est de mettre en commun leurs compétences pour établir une méthodologie permettant l'identification de la maladie et le développement d'outils de surveillance. L'écloserie d'Agrocampus Ouest joue un rôle d'interface entre le monde professionnel, la recherche et l'enseignement au travers d'expérimentations techniques comme la production d'huîtres. Des actions de remédiation sont déjà mises en place, comme l'élevage en eau profonde où les bivalves ne subissent pas l'influence des marées, ce qui permet d'éviter une autre maladie, la marteiliose. Mathieu Hussenot, technicien aquacole au CRC espère que **« ce projet relancera l'aquaculture de l'huître plate, la diversification des activités conchylicoles et l'augmentation de la production »**.

---

21 juin 2012

Ils veulent relancer l'élevage d'huîtres plates en ria d'Etel

Mardi matin, temps sec et clair. **« Il ne faut pas d'humidité pour faire le chaulage des coupelles »**. Jean Mahéo président du syndicat ostréicole de la ria, et son vice-président, Jean-Noël Yvon, deux « anciens » ostréiculteurs vont tenter de redémarrer l'élevage d'huîtres plates en ria d'Etel, avec cette première étape du chaulage des coupelles.

Ce sont les deux cabinets indépendants, Helène Cochet environnement à Belz et Armoria à Plouhinec, également sous-traitants de l'Ifremer, qui lancent le programme de financement et de suivi technologique de l'opération, le tout faisant partie du Cluster « cultures marines » (programme du conseil général pour venir en aide à la conchyliculture). Ils vont permettre d'avoir un suivi de l'évolution des mortalités.

« A l'ancienne »

« J'avais 15 ou 16 ans quand j'ai vu faire ça pour la dernière fois » précise Jean-Noël. Seuls, quelques-uns des plus anciens ostréiculteurs gardent en mémoire les pratiques de captage, qui ont été abandonnées depuis les maladies de 1976 qui ont tué toute la production.

« On va faire ça à l'ancienne » explique Jean, en versant la chaux dans le bac où il a déjà versé de l'eau. Pendant un moment ils mélangent à la fourche pour délayer la poudre et permettre au mélange d'arriver à la bonne consistance.

Alexis Le Crenn, jeune ostréiculteur de Saint-Guillaume, est venu voir ; **« Si ça se trouve c'est un jour historique, celui où on relance la production d'huîtres plates dans la ria. Je voulais voir ça »**.

La pile des coupelles attend d'être chaulée. Les ostréiculteurs les trempent dans la mixture, et les posent sur les tables des parcs, reconverties en séchoirs. **« Il faut chauler les coupelles pour que le naissain qui va se poser dessus puisse se décoller sans se casser. Le point d'attache du naissain est plus fin que du papier à cigarette »**.

Il a été constaté que les huîtres plates se réinstallent dans la ria depuis deux ou trois ans, naturellement, sur les bancs amodiés (gisements anciens et classés d'huîtres plates). Ce qui a donné envie à ces ostréiculteurs de voir s'il était réaliste de relancer la production. **« Sur 2011-2012, 6 à 7 tonnes d'huîtres plates ont été commercialisées sur la ria, mais il va falloir attendre 2 à 3 ans pour voir s'il est possible de relancer l'élevage »,** tempère Jean-Noël, pourtant convaincu que c'est possible.

---

26 juin 2012

La ria d'Étel réexpérimente l'huître plate

Face aux fortes mortalités des jeunes huîtres creuses, les ostréiculteurs de la rivière d'Étel jouent la diversification, en revenant à l'huître plate. À titre expérimental, pour l'instant. Mais avec des solides espoirs néanmoins, nourris par des prémices encourageantes.

Hier matin, une quinzaine de professionnels se sont retrouvés pour immerger sur deux bancs naturels(*), à Listrec et à la Vieille Chapelle, 15m³ de coquilles, offrant une importante surface de captage pour les larves d'huîtres. En parallèle, un autre programme expérimental est relancé sur le même volet ; le retour au captage à l'aide de coupelles chaulées, comme cela se faisait jusque dans les années 60-70.

Faible mortalité

Ce retour à l'huître plate du pays s'appuie sur le fait qu'elle semble moins touchée par les mortalités actuelles. Il y a 40ans, déjà, la plate avait permis aux entreprises de la rivière de passer le cap, entre la crise de la souche portugaise et le remplacement par la souche japonaise. «L'objectif est d'abord de sauver le maximum d'entreprises et d'apporter au consommateur des plates de très bonne qualité», explique Jean Mahéo, président du syndicat conchylicole. Ce deuxième aspect est aussi un challenge, car la plate ne représente, aujourd'hui, qu'un faible pourcentage sur le marché (moins de dix tonnes produites par an dans la ria). Son goût subtil et raffiné est déjà un premier argument pour convaincre, si les expérimentations actuelles débouchent sur une production à grande échelle.

** Dans cette finalité, ces bancs naturels avaient déjà bénéficié d'un amendement de graviers, il y a deux ans. Le banc de Saint-Jean est, lui, laissé en attente, comme témoin.*

---

26 juin 2012

Les ostréiculteurs dynamisent les bancs d'huîtres plates

Semées à la pelle ou à la fourche, les coquilles serviront de support de naissain.

Après l'opération de chaulage des coupelles, le syndicat ostréicole a procédé hier matin, en ria d'Étel, à l'étape de dynamisation des bancs amodiés (bancs d'huîtres plates naturels). C'est traditionnellement à la marée de la Saint-Jean que les anciens mettaient en place le captage du naissain. Il faut attendre que l'eau ait une température d'environ 18°C pour que le mécanisme de production se mette en place.

Jean Mahéo, président du syndicat, présentait des huîtres plates de la ria à la pointe de la Vieille chapelle, à Plouhinec ; « Elles ont vraiment un goût particulier. Comparer le goût de l'huître creuse à celui de l'huître plate, c'est comme comparer le goût d'une pomme et d'une orange. »

50 ha de bancs amodiés

Charlotte Izard, chargée de mission à Natura 2000 était invitée par les ostréiculteurs pour la transparence de l'opération ; « Je ne suis pas venue pour surveiller, juste pour voir comment se passe l'opération. »

Il y a 50 ha de bancs amodiés sur la ria et autant d'emplacements à dynamiser. « Nous semons des coquilles d'huîtres pour devenir support de naissain d'huîtres plates. Sur une coquille vide, on peut capter une dizaine ou plus de naissains. On verra ensuite ce que cela donnera en fonction de la mortalité », précise Jean Mahéo.

Quatre chalands, chargés d'un tas de coquilles, sèment à la volée sur un périmètre défini. « Nous devons semer par dispersion, ne pas former de tas, mais un tapis de coquilles qui serviront de support. »

Il y a deux ans, les ostréiculteurs avaient semé du gravillon, qui a servi de support à des huîtres plates devenues aujourd'hui « huîtres mères » avec d'autres présentes naturellement dans la ria depuis quelques années. Ce sont elles qui vont libérer les larves qui viendront se fixer sur les coquilles vides (un support naturel plus grand) et former le naissain.

27 juin 2012

Un pas vers le retour à l'huître plate

Le syndicat ostréicole de la Ria d'Etel envisage de redynamiser la production de l'huître plate. Ainsi, lundi, sous l'impulsion de Jean Mahéo, le président, une quinzaine des quelques 40 ostréiculteurs de la Ria se sont mobilisés pour ensemencer deux bancs naturels de coquilles d'huîtres, afin de favoriser, à titre expérimental, le captage des naissains existant naturellement. Une démarche qui peut être rentable à terme et revaloriser la production ostréicole fortement touchée ces dernières années.

---

30 novembre 2012

Des civières ostréicoles sur le terre-plein de Berchis

Première étape d'une rétrospective sur l'huître plate à Berchis, avec l'apport de civières ostréicoles.

Le camion de la commune a acheminé les civières de Berder à Port Lagaden, mercredi 28 novembre. Ces civières ont servi pendant plus d'une dizaine d'années à l'exposition « Talents en liberté » à Berder.

Roger Brabec, avec son ponton « Jules » a permis l'acheminement de ces cinquante civières, de Port-Lagaden au terre-plein de Berchis.

Venus en renfort des employés communaux, une vingtaine de bénévoles ont répondu à l'appel de Lalala, l'association Larmor autrefois, Larmor aujourd'hui et Larmor avenir.

Les civières serviront à une rétrospective de l'huître plate (avec civières, bouquets, etc. et panneaux explicatifs), sur le terre-plein qui a été consolidé à Berchis.

---

8 janvier 2013

À la reconquête de la qualité des eaux

Dans le cadre de ses vœux (Le Télégramme du lundi 7 janvier), le maire Jacques Bruneau, avait évoqué le souhait de soutenir l'économie de la commune et notamment l'ostréiculture, «un atout important de notre activité». Dans la baie de Quiberon en face de Carnac, il existe sur le domaine maritime 2.500hectares de cultures marines. Or depuis 2008, cette activité a été fragilisée par une vague de mortalité sans précédent. Et ce alors même que cette zone est considérée comme le berceau de l'huître plate et son plus grand centre de captage au monde.

Tout n'est pas résolu

La municipalité a obtenu en juillet dernier le renouvellement de la certification de la qualité eau de baignade, mais néanmoins, tout n'est pas résolu. «Dans le projet de notre future grande intercommunalité du Pays d'Auray une convention a été passée avec le SMLS (Syndicat mixte du Loch et du Sal) pour la réalisation du diagnostic et des travaux

pour retrouver la qualité de l'eau du Gouyanzeur, explique le maire. Parallèlement, une mutualisation des moyens de surveillance du milieu marin en partenariat avec le syndicat mixte Auray-Belz-Quiberon-Pluvigner devrait permettre de pallier les pollutions ponctuelles qui frappent nos coquillages».

Pour faire suite à la reconquête de la qualité des eaux de baignade et conchylicole, d'importants travaux d'assainissement sont en cours de réalisation comme dans les villages de Kerogil-Kerléar, suivis bientôt par le quartier de Kerlescan puis la pointe du Gourec. Pour la fin de l'année, l'assainissement arrivera à Quelvezin-Le Hahon puis ce sera le tour d'autres villages comme Kerguéarec, le Notério, Kergoch, Coët à Tous, Crucuny, Kergroix. Le tout pour un coût d'investissement de 2.500.000 EUR pour le SIACT (Syndicat intercommunal d'assainissement de Carnac et La-Trinité-sur-Mer).

SOURCES : Ouest-France et Le Télégramme

Annexe SP1-2 – Coordonnées géographiques des sites intertidaux

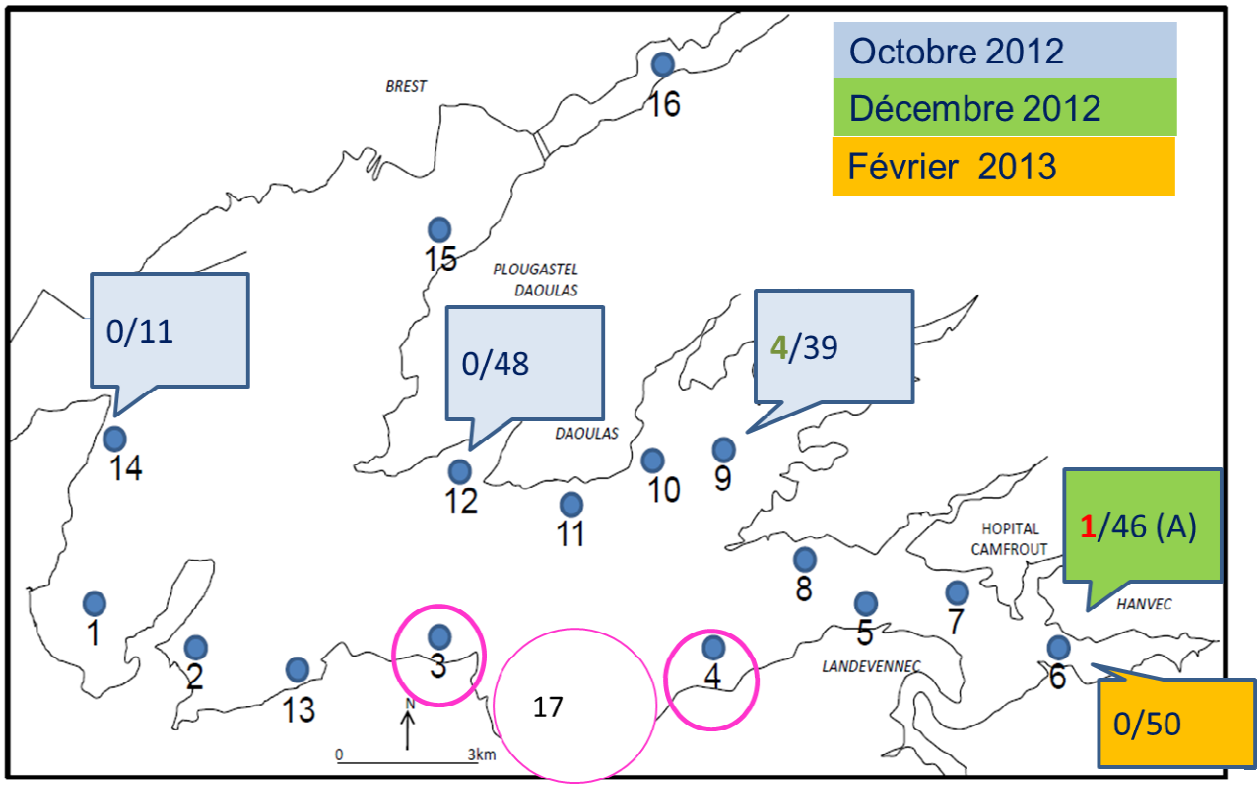
1/ Saint-Jean (Plougastel-Daoulas) 48°24'09" N / 04°21'37" W
2/ Le Squiffiec (Plougastel-Daoulas) 48°19'28" N / 04°23'55" W
3/ Porz Kerid (Plougastel-Daoulas) 48°19'31" N / 04°23'35" W
4/ Penn-al-lann (Plougastel-Daoulas) 48°19'50" N / 04°22'16" W
5/ Breleiz dans l'anse de Moulin-Neuf (Plougastel-Daoulas) 48°21'01" N / 04°21'06" W
6/ Rostiviec (Loperhet) 48°20'55" N / 04°19'53" W
7/ Rosmellec (Daoulas) 48°20'53" N / 04°17'17" W
8/ Pors beac'h (Logonna-Daoulas) 48°19'46" N / 04°19'03" W
9/ Anse du Roz (Logonna-Daoulas) 48°19'30" N / 04°19'27" W
10/ Moulin-mer (Logonna-Daoulas) 48°18'54" N / 04°17'12" W
11/ Kernisi (Logonna-Daoulas) 48°19'06" N / 04°16'45" W
12/ Troaon (L'Hôpital-Camfrout) 48°18'25" N / 04°15'49" W
13/ Le Glugeau (Hanvec) 48°18'01" N / 04°14'24" W
14/ Ile d'Arun (Rosnoën) 48°17'30" N / 04°14'20" W
15/ Landevennec 48°17'39" N / 04°15'56" W
16/ Le Loc'h (Landevennec) 48°17'12" N / 04°20'17" W
17/ Lomergat (Argol) 48°16'58" N / 04°21'29" W
18/ Lestang (Lanvéoc) 48°16'35" N / 04°24'30" W
19/ Pen-ar-vir 48°17'32" N / 04°25'04" W
20/ Grève de Lanvéoc 48°17'35" N / 04°27'27" W
21/ Le Fret 48°17'01" N / 04°30'21" W
22/ Quélern (Roscanvel) 48°18'15" N / 04°33'14" W
23/ Postermen (Roscanvel) 48°19'28" N / 04°32'40" W

Annexe SP1-3 – Bilan du dragage en rade de Brest

Numéro de trait	Nom	Nombre HP	Longueur trait (m)	Densité (are)	Taille moyenne
1	Keraliou 1	2	642	0,21	75
2	Keraliou 2	0	914	0,00	0
3	Keraliou 3	2	1585	0,08	75
4	Keraliou 4	1	692	0,10	85
5	Keraliou 5	13	806	1,08	56
6	Keraliou 6	4	822	0,32	70
7	Keraliou 7	15	915	1,09	49
8	Keraliou 8	13	981	0,88	55
9	Keraliou 9	0	61	0,00	0
10	Keraliou 10	0	731	0,00	0
11	Keraliou 11	4	458	0,58	50
12	Keraliou 12	2	474	0,28	65
13	Keraliou 13	4	694	0,38	65
14	Keraliou 14	0	515	0,00	0
15	Roscanvel 1	81	502	10,76	55
16	Roscanvel 2	248	468	35,33	70
17	Roscanvel 3	63	570	7,37	63
18	Roscanvel 4	146	642	15,16	68
19	Roscanvel 5	0	483	0,00	0
20	Roscanvel 6	0	408	0,00	0
21	Ile Longue 1	31	285	7,25	72
22	Ile Longue 2	0	125	0,00	0
23	Lanveoc	0	3454	0,00	0
24	Tinduff 1	0	428	0,00	0
25	Tinduff 2	3	326	0,61	32
26	Tinduff 3	1	261	0,26	55
27	Tinduff 4	20	303	4,40	57
28	Tinduff 5	28	466	4,01	43
29	Penfoul 1	3	352	0,57	58
30	Penfoul 2	0	332	0,00	0
31	Rostiviec	0	408	0,00	0
32	Rivière Daoulas 1	0	403	0,00	0
33	Rivière Daoulas 2	0	299	0,00	0
34	Rivière Daoulas 3	0	648	0,00	0
35	Anse de Penn foul	1	269	0,25	95
36	Bendy 1	11	425	1,73	45
37	Bendy 2	1	380	0,18	85
38	L'H-Camfrout 1	30	170	11,76	54
39	L'H-Camfrout 2	38	750	3,38	65
40	l'Auberlac'h	0	1546	0,00	0
41	Ecole navale 1	0	673	0,00	0
42	Ecole navale 2	0	655	0,00	0
43	Ecole navale 3	0	493	0,00	0
44	Poulmic 1	27	635	2,83	29
45	Poulmic 2	0	441	0,00	0
46	Poulmic 3	0	800	0,00	0
47	Poulmic 4	0	717	0,00	0
48	Poulmic 5	0	532	0,00	0
49	Lomergat 1	0	622	0,00	0
50	Lomergat 2	0	753	0,00	0
51	Lomergat 3	0	1805	0,00	0
52	Tibidy 1	3	541	0,37	52
53	Tibidy 2	166	542	20,42	43
54	Ile d'Arun 1	32	506	4,22	37
55	Ile d'Arun 2	165	384	28,65	31
56	Ile d'Arun 3	24	742	2,16	60

57	Ile d'Arun 4	22	1450	1,01	53
58	Ile d'Arun 5	8	683	0,78	53
59	Landevennec 1	353	669	35,18	42
60	Landevennec 2	542	526	68,69	35
61	Landevennec 3	0	516	0,00	0
62	Aulne 1	0	439	0,00	0
63	Aulne 2	0	934	0,00	0
64	Aulne 3	0	856	0,00	0
65	Landevennec 4	2	712	0,19	60
66	Trégarvan 1	0	577	0,00	0
67	Trégarvan 2	14	560	1,67	38
68	Trégarvan 3	0	743	0,00	0
69	Sillon des anglais 1	42	624	4,49	43
70	Sillon des anglais 2	8	598	0,89	46
71	Sillon des anglais 3	111	321	23,05	42
72	Sillon des anglais 4	3	541	0,37	58
73	Digue 1	0	376	0,00	0
74	Digue 2	1	555	0,12	75
75	Le Fret 1	4	390	0,68	80
76	Le Fret 2	1	591	0,11	85
77	Keraliou 15	0	671	0,00	0
78	Keraliou 16	2	683	0,20	50
79	Plougastel 1	4	721	0,37	60
80	Plougastel 2	0	820	0,00	0
81	Plougastel 3	0	748	0,00	0
82	Caro	0	1113	0,00	0
83	Rosegat 1	2	880	0,15	55
84	Rosegat 2	0	587	0,00	0
85	Rosegat 3	0	541	0,00	0
86	Anse du Roz 1	0	852	0,00	0
87	Anse du Roz 2	77	560	9,17	38
88	Anse du Roz 3	0	681	0,00	0
89	Anse du Roz 4	56	296	12,61	46
90	Lomergat 4	0	712	0,00	0
91	St-Marc	0	2212	0,00	0
92	Elorn	8	1019	0,52	55
93	Bendy 3	0	686	0,00	0
94	Bendy 4	0	780	0,00	0
95	Logonna 1	0	736	0,00	0
96	Logonna 2	0	718	0,00	0
97	Logonna 3	0	825	0,00	0
98	Logonna 4	0	925	0,00	0
99	Troaon	0	725	0,00	0
100	Tibidy 3	0	528	0,00	0
101	Le Fret 3	15	395	2,53	66
102	Le Fret 4	6	554	0,72	62
103	Le Fret 5	14	1031	0,91	71
104	Le Fret 6	2	112	1,19	80
105	Le Fret 7	1	307	0,22	95
106	Le Fret 8	33	510	4,31	74
107	Le Fret 9	2	794	0,17	70
108	Le Fret 10	2	763	0,17	75
109	Le Fret 11	5	810	0,41	83
110	Le Fret 12	1	690	0,10	75
111	Le Fret 13	1	539	0,12	95

Annexe SP3-1 – Résultats des analyses réalisées sur les prélèvements d'huîtres plates autres que ceux des points 17, 3 et 4 - Rouge : résultats concernant la détection de Bonamia sp. par PCR ; Vert : résultats concernant la détection de Marteilia refringens par PCR



Annexe SP3-2 – Prélèvements réalisés dans le cadre du suivi de la cohorte 1 (N° de lot et dates des prélèvements)

Site	Quiberon	Brest	Cancale	
Origine			**Quiberon**	**Brest**
Mise en poche	18/06/2012	21/06/2012	04/07/2012	
Lots T0	**12/071**	**12/070**	**12/076**	
Lots 1er prélèvement	**12/117**	**12/118**	**poche égarée**	**12/120**
	24/08/2012	06/09/2012		10/10/2012
Lots 2ème prélèvement	**13/021**	**13/011**	**pas de prélèvement**	
	15/03/2013	18/02/2013		
Lots 3ème prélèvement	**13/038**	**13/035**	**13/039**	**13/052**
	31/05/2013	16/05/2013	24/05/2013	25/06/2013
Lots 4ème prélèvement	**13/096**	**13/094**	**13/105**	**13/106**
	10/09/2013	10/09/2013	17/10/2013	17/10/2013
Lots 5ème prélèvement	**14/039**	**14/023**	**14/029**	**14/027**
	18/04/2014	02/04/2014	02/04/2014	02/04/2014
Lots 6ème prélèvement		**14-070**	**14-073**	**14-071**
		11/06/2014	11/06/2014	11/06/2014

Prélèvements réalisés dans le cadre du suivi de la cohorte 2 (N° de lot et dates des prélèvements)

Site	Quiberon	Brest	Cancale	
origine			**Quiberon**	**Brest**
Mise en poche	25/04/2013	16/05/2013	24/05/2013	
Lots T0	**13/037**	**13/036**		
Lots 1er prélèvement	**13/097**	**13/095**	**13/108**	**13/107**
	10/09/2013	10/09/2013	17/10/2013	17/10/2013
Lots 2ème prélèvement	**14/040**	**14/024**	**14/030**	**14/028**
	18/04/2014	02/04/2014	02/04/2014	02/04/2014
Lots 3ème prélèvement		**14-072**	**14-075**	**14-074**
		11/06/2014	11/06/2014	11/06/2014

Annexe SP5-1 – Protocole d'analyse bactériologique

➔ L'eau est prélevée dans des micro-tubes stériles à l'aide d'une pipette stérile.

➔ Un volume de 100 µl d'eau à analyser est déposé et étalé en zone stérile (sous la flamme) sur une boite de pétri TCBS (milieu sélectif des *Vibrionaceae* préalablement coulé)

➔La boite de pétri est mise à l'étuve pour 48 heures à 25 °C (Température maximale de l'eau de mer au sein de l'écloserie)

Remarque : Protocole identique pour l'analyse des larves, à l'exception quelles sont préalablement broyées avant d'être déposées sur la boité de pétri.

Annexe SP5-2 – Préparation et stérilisation des ballons

L'ensemble des volumes d'eau utilisés pour l'élevage du phytoplancton de la salle d'algue et de la serre sont enrichies à raison d'une concentration de 1ml /Litre pour le Conway et de 0.1ml/Litre pour les vitamines.

En ce qui concerne *Chaetoceros gracilis,* étant en présence d'une diatomée, de la silice indispensable à sa croissance, est rajoutée à raison d'une concentration de 1ml/Litre ainsi qu'un tiers du volume d'eau douce.

Les ballons sont nettoyés mécaniquement à l'aide d'une éponge et d'eau douce, sont remplis du mélange eau, Conway et vitamines puis sont fermés par leur bouchon de silicone et placés à l'autoclave pour une durée de 18 minutes à 125°C. Une fois le cycle de stérilisation terminé, les ballons sont sortis et mis à refroidir pendant 24h puis stockés dans l'attente d'être ensemencés.

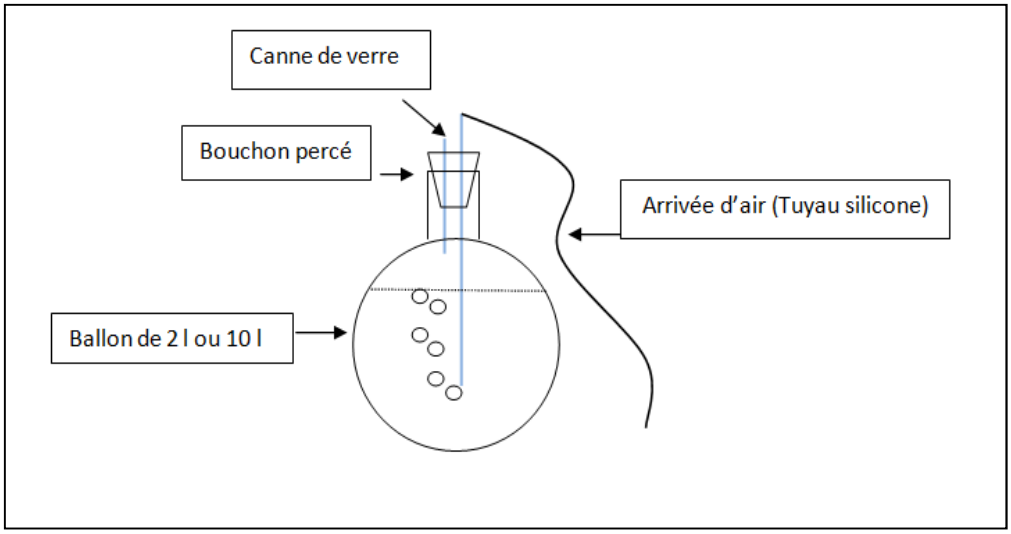


Schéma d'un ballon de culture de microalgues

Après chaque utilisation, les futs cylindro-coniques et les bacs rectangulaires de la serre sont quand à eux rincés à l'eau douce, désinfectés au chlore (15 minutes) puis à nouveau rincés à l'eau douce.

De plus, afin d'assurer une décontamination optimale du volume « eau, Conway et vitamines », un volume de chlore est tout d'abord ajoutée à raison de 0.02 ml/Litres d'eau puis neutralisé après 15 minute par ajout d'un volume de thiosulfate de sodium à raison de 0.08 ml/Litre.

Après 15 minutes, l'étape de neutralisation est terminée et le bac peut être ensemencé.

Cette décontamination supplémentaire est une sécurité qui viendra compléter la stérilisation UV de l'eau de mer et de l'eau douce utilisée.

Annexe SP5-3 – La production de phytoplancton

On peut dissocier la production de phytoplancton en deux phases :

Entretien des souches :

Il s'agit de maintenir une algothèque de nos trois algues, sous la forme de souches en ballon de 250ml conservées sans bullage et à lumière atténuée afin de favoriser une croissance lente. Toutes les manipulations des souches sont effectuées avec le plus grand soin et en zone aseptique grâce à l'utilisation d'un bec bunsen.

Les souches sont renouvelées une fois par semaine (mercredi) au nombre de 5 réplicas par espèces.

Production : (3 fois par semaine (lundi, mercredi et vendredi))

Il s'agit, d'augmenter chaque semaine le volume de culture par dilution afin de favoriser la croissance des algues.

-A partir d'une souche est ensemencé un ballon de 2 litres.

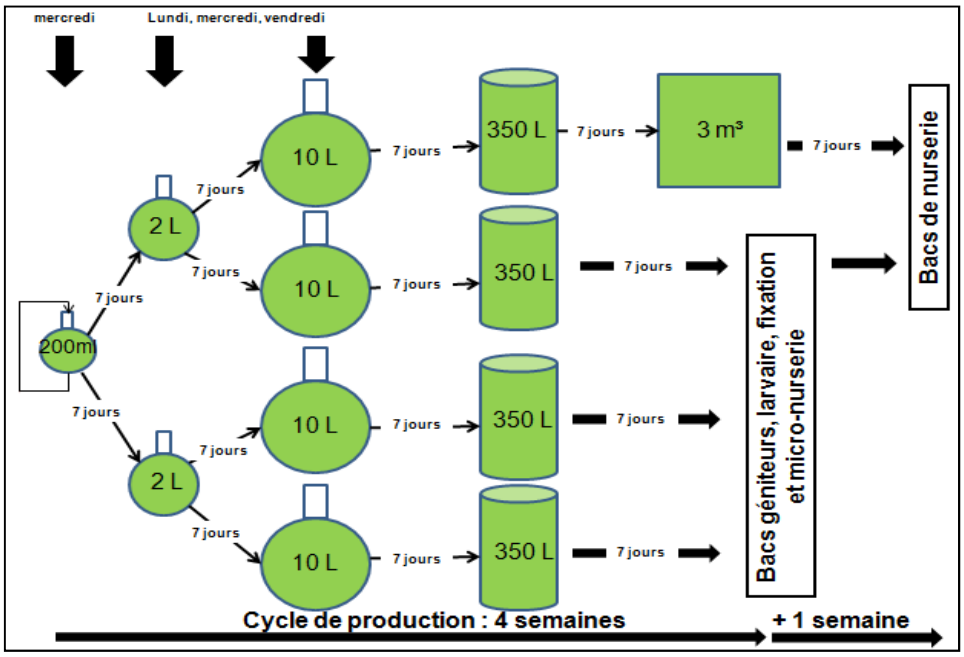
-A partir d'un ballon de 2 litres est ensemencé un ballon de 10 litres

-A partir d'un ballon de 10 litres est ensemencé 1 fut cylindro-conique (PolyEthylène Térephtalate glycolisé) de 250 ou 350 litres.

Trois fois par semaine (lundi, mercredi et vendredi), sont ensemencés les ballons de 2 litres et 10 litres au nombre de 2 par espèces, par volumes et par jours. Les fûts d'algues au nombre de 5 de 350 litres et de 4 de 250 litres permettent une production journalière maximale d'environ 350 litres. Les algues contenues dans les fûts cylindro-coniques sont distribuées au bout d'une semaine de culture environ et peuvent servir soit à alimenter les bacs de distributions soit à ensemencer les 2 bacs rectangulaires de $3m^3$ disposés dans la serre à l'étage.

Les 2 bacs de la serre sont munis uniquement d'une aération sans apport supplémentaire de CO^2 et bénéficient exclusivement d'un éclairage naturel, ceci permettant une production extensive de grand volume à moindre coût. Une rotation hebdomadaire est mise en place sur les deux bacs de la serre permettant d'avoir en permanence un bac en production et un bac en distribution.

La culture des microalgues est assurée en continue afin de garantir un roulement d'un volume à l'autre une fois par semaine pendant toute la durée de la saison de production.



Plan de repiquage pour la culture intensive de microalgues en milieu contrôle

Annexe SP5-4 – Protocole de vidange d'un bac larvaire

Le bullage et l'apport d'eau sont arrêtés et le bac larvaire est vidangé (par le bas) dans un tamis immergé de maille 150µm (voir schéma ci-dessus). Une fois le bac vide, le tamis est récupéré est amené pour tamisage successif jusqu'à la table de trie. Les tamis utilisés pour le trie sont de taille de maille 300µm, 250µm, 200µm et 180µm selon la même méthode utilisée plus haut, pour le tamisage des larves pondues.

Selon le plan de production préalablement établi, chaque bac larvaire permet l'ensemencement de 3 tamis de fixation (250 mm de diamètre) de 75 000 larves chacun. De ce fait, seules les larves retenues sur un tamis de taille de maille supérieure ou égale à 250 µm sont transférées en fixation.

Dans un premier temps, les parois des tamis de fixation sont cirées (cire alimentaire) pour éviter la fixation des larves sur celles-ci, dans un second temps, les larves sont ajoutées aux tamis de fixation préalablement immergés et dans un troisième temps est ajouté le sable jusqu'à recouvrir toute la surface du tamis sur 2 mm d'épaisseur environ. Le sable est composé de micro-brisures de coquilles d'huîtres calibrées de 200 µm à 300 µm et constitue le substrat de fixation des larves. Chez l'huître, la première fixation est définitive et donc l'utilisation de micro-brisure pour la fixation des larves permet de produire des huîtres dites « une à une », ce qui conditionne et facilite la conduite de l'élevage.

Annexe SP5-5 – Tableaux des résultats du nombre de ponte par croisement et par année (2011, 2012 et 2013)

2011 :

Croisements 2011	Nb couples	Nb pontes	% pontes
Baie de Bourgneuf/Baie de Quiberon	28	4	14 %
Baie de Bourgneuf/Rade de Brest	33	6	18 %
Baie de Bourgneuf/Granville	5	1	20 %
Baie de Quiberon/Rade de Brest	33	10	30 %
Baie de Quiberon/Granville	6	1	16 %
Rade de Brest/Granville	12	4	33 %
TOTAUX	**117**	**26**	**22 %**

2012 :

Croisements 2012	Nb couples	Nb pontes	% pontes
Baie de Bourgneuf/Baie de Quiberon	20	9	45 %
Baie de Bourgneuf/Rade de Brest	20	4	20 %
Baie de Bourgneuf/Granville	20	3	14 %
Baie de Quiberon/Rade de Brest	20	13	65 %
Baie de Quiberon/Granville	20	4	20 %
Rade de Brest/Granville	20	5	25 %
TOTAUX	**120**	**38**	**32 %**

2013 :

Croisements 2013	Nb couples	Nb pontes	% pontes
Baie de Bourgneuf/Baie de Quiberon	29	8	27 %
Baie de Bourgneuf/Rade de Brest	33	8	24 %
Baie de Bourgneuf/ Granville	25	1	4 %
Baie de Quiberon/Rade de Brest	41	16	39 %
Baie de Quiberon/Granville	38	10	26 %
Rade de Brest/Granville	38	9	24 %
TOTAUX	**204**	**52**	**24 %**
Baie de Bourgneuf/Baie de Bourgneuf	12	2	14 %
Granville/Granville	2	1	50 %
Rade de Brest/Rade de Brest	20	13	65 %
Baie de Quiberon/Baie de Quiberon	20	13	65 %
TOTAUX	**54**	**29**	**49 %**
TOTAUX GLOBAUX	**258**	**81**	**31 %**