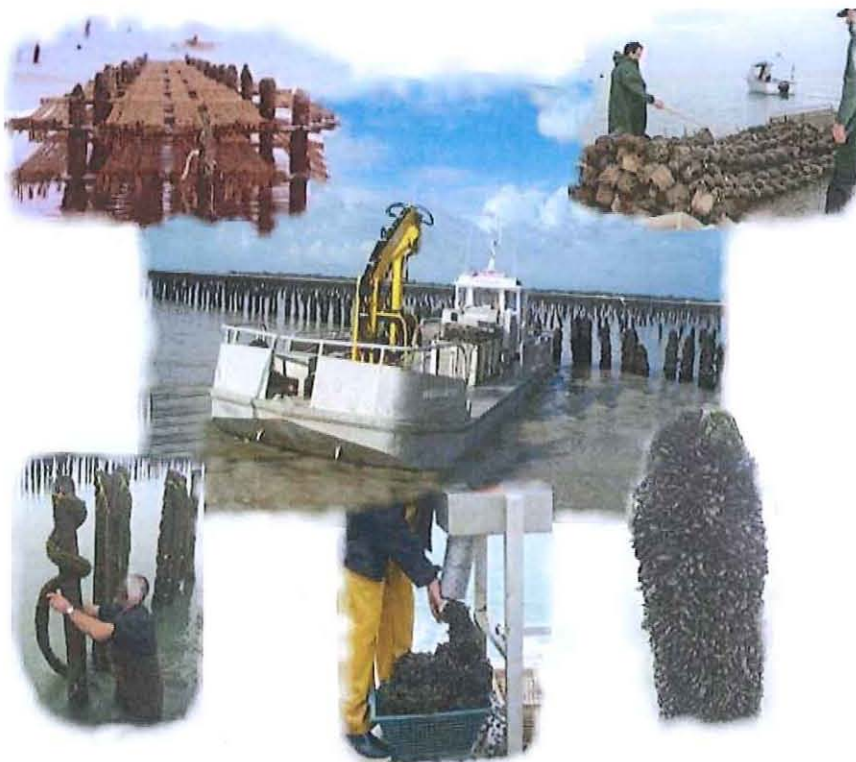


Ifremer



Contrat Cadre SRC – Ifremer n° : 07/5 210 845
Convention particulière 2006
Action 3

**Bilan d'étude sur la croissance de la moule
(*Mytilus edulis*) sur bouchots et filières dans les
Pertuis Charentais entre 2000 et 2005
(Réseau REMOULA).**



Laboratoire Environnement et Ressources des Pertuis Charentais (LERPC)

Décembre 2007

Numéro d'identification du rapport : ODE/LERPC/rapport/2012 Diffusion : libre <input checked="" type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> interdite <input type="checkbox"/> Validé par : Version du document :		date de publication nombre de pages : 38 bibliographie (oui) illustration(s) (oui) langue du rapport : français
Titre et sous-titre du rapport : Bilan d'étude sur la croissance de la moule (<i>Mytilus edulis</i>) sur bouchots et Filières dans les Pertuis Charentais entre 2000 et 2005. (Réseau REMOULA).		
Auteur(s) principaux : nom, prénom ROBERT Stéphane, SOLECHNIK Patrick, LE MOINE Olivier, ZANKER Sébastien.	Organisme / Direction / Service, laboratoire IFREMER/ DOP-LER /LERPC - La Tremblade	
Collaborateur(s) : nom, prénom GUILPAIN Patrice, GRIZON James, GEAIRON Philippe, SEUGNET Jean Luc. PINEAU Teddy, SALARDAINE Jacques, MARIONEAU Yannick, MORIN Hugues, GAUTIER Claude, BAUDET Francis, GRENON Serge.	Organisme / Direction / Service, laboratoire IFREMER/ DOP-LER /LERPC - La Tremblade Professionnels mytiliculteurs	
Titre du contrat de recherche : Réseau de surveillance mytilicole REMOULA		n° de contrat IFREMER Lettre contrat 06/5 210 787/YF contrat-cadre SRC/IFREMER n° 07/5 210 845
Organisme commanditaire : nom développé, sigle, adresse Section Régionale Conchylicole de Poitou-Charentes ZAC Les Grossines - BP 2 17320 MARENNES		
Organisme(s) réalisateur(s) : nom(s) développé(s), sigle(s), adresse(s) Ifremer / ODE/ LER / LERPC La Tremblade.		

Table des matières

Introduction	7
Origine du réseau : suivi de la production de la moule dans les pertuis charentais	7
Présentation du réseau	7
Présentation de la moule bleue (anatomie, physiologie)	8
Le rapport	8
Matériel et méthode	8
Performances de croissance comparées entre les sites d'élevage sur bouchots - Synthèse de 6 années de mesures (2000-2005).	11
Performances de croissance	11
Relation entre performances de croissance et l'environnement des élevages. (ANNEXE 1, ANNEXE 2, ANNEXE 3)	13
Techniques d'élevage sur filières et bouchots. Comparaison des performances mensuelles de croissance et cycle de maturation – Bilan de 6 années d'Etude	15
Croissance comparée	15
Indices de condition	15
Périodes de reproduction	16
Différences des performances d'élevage au cours des 6 années d'étude	18
Comparaison des croissances en longueur et indices de condition	18
Les mortalités au cours des 6 années d'étude	19
Cas particulier de la canicule de l'été 2003	20
Vulgarisation et communication	21
Web	21
Diaporamas	22
Rapports	23
Articles de vulgarisation	23
conclusions	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
Principaux résultats du réseau	24
Quelles perspectives pour le réseau ?	24
Références	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>

Listes des illustrations	27
liste des figures	27
liste des tableaux	27
Annexes	28
liste des Annexes	28

Introduction

Origine du réseau : suivi de la production de la moule dans les pertuis charentais

En France, dans les pertuis Charentais plusieurs travaux de recherche ont été réalisés sur la moule (*Mytilus edulis*) dans les années 80 et 90 (1), (2), (3)¹. Ce n'est qu'en 1999 et 2000 que le programme européen Essence² a permis une comparaison entre l'élevage sur filières et l'élevage sur bouchots. Cette comparaison a mis en évidence une différence de croissance en partie liée au temps d'émersion des moules élevées sur bouchot (4), (5).

Suite à ces résultats, la profession, représentée par les SRC de Ré centre Ouest, et la Section Régionale Conchylicole Poitou-Charentes demande à IFREMER de mettre en place un réseau de suivi "biologique" dans les pertuis Charentais.

Présentation du réseau

Réseau régional de suivi de croissance de la moule (*Mytilus edulis*) dans les pertuis charentais (REMOULA) (Figure 1).

La filière mytilicole représente une production moyenne de 9 000 tonnes pour le pertuis Breton, et 4 500 tonnes pour le pertuis d'Antioche. Les zones d'élevage de moules dans les pertuis charentais s'étendent le long de la côte du Sud Vendée, sur une distance quasi continue de 20 km. Le long du littoral charentais, des zones d'élevage "discontinues" couvrent environ 18 km de côte.

Figure 1. Localisation des sites du réseau REMOULA

L'objectif du réseau est de suivre la croissance, la reproduction et la survie de la moule bleue *Mytilus edulis* sur un ensemble de sites d'élevage traditionnels sur bouchots et sur un site d'élevage en filière. Du nord au sud, les sites sont les suivants : Roulières, Filière, Marsilly, Aiguillon (pertuis Breton), Yves et Boyard (pertuis d'Antioche); le point de Boyard est inclus dans le Bassin de Marennes Oléron (Figure 1).

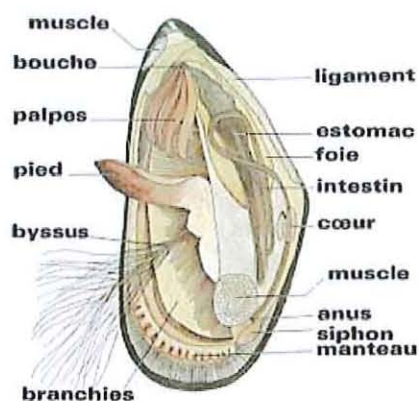
L'environnement écologique des sites d'élevage est différent. Ces sites sont plus ou moins sous l'influence des fleuves. Le site des Roulières au nord du pertuis Breton est exposé et soumis à la houle. Il est sous influences océanique et terrigène. Le site de la Pointe de l'Aiguillon est sous la double influence des rivières de la Sèvre Niortaise et du Lay. Marsilly est sous influence directe de la Sèvre Niortaise et épisodiquement du chenal du Curé. Le site des filières toujours en pleine eau est sous une influence essentiellement océanique. Dans le pertuis d'Antioche, le site de la baie d'Yves, au large de Chatellaillon est en partie sous influence de la Charente. Le site de Boyardville, situé à l'entrée du bassin de Marennes-Oléron est influencé par le panache de la Charente, mais également soumis aux apports de phytoplancton en provenance de l'océan, par le pertuis d'Antioche.

¹ Les numéros entre parenthèses (1), (2), ... (n) font appel aux références bibliographiques de fin de document

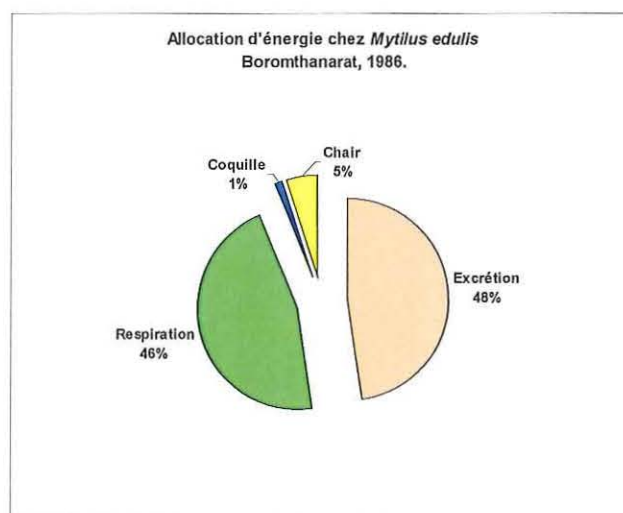
² Effect of shellfish culture and option for sustainable exploitation : programme associant la Hollande, la France, le Danemark, l'Allemagne et la Suède

Présentation de la moule bleue (anatomie, physiologie)

La Figure 2 (A et B) présente l'anatomie et l'allocation d'énergie. L'allocation d'énergie représente la part alimentaire utilisée de la moule. Seule une petite part de 6% de l'aliment pe de la moule.



A



B

Figure 2- présentation anatomique et allocation d'énergie chez la moule *Mytilus edulis*.

Le rapport

Le présent rapport compare dans une première partie, les sites de bouchots entre eux à l'échelle de la saison. Une deuxième partie compare mensuellement, deux techniques de production : bouchots et filières. Pour ces deux parties, les données présentées sont une représentation moyenne des résultats du réseau sur 6 années d'étude (2000-2005). Enfin, une troisième partie présente les différences de performances de croissance entre les années.

Matériel et méthode

La méthodologie mis en œuvre dans ce réseau de suivi des performances zootechniques de la moule (REMOULA) est la suivante :

Les moules mises en élevage proviennent des filières du Pertuis Breton. Issues du captage de l'année précédente. Elles sont calibrées et mises en poche à 6-10 mois à

raison de 120 moules par poche. Leur longueur moyenne est alors comprise entre 30 et 40 mm.



L'unité d'échantillonnage est la poche. Elles sont placées sur une tête de bouchot (Figure 3).

Deux stratégies d'échantillonnage sont développées : saisonnière et mensuelle (voir tableau récapitulatif en annexe 5)

- **La stratégie saisonnière** : quatre poches sont mises en place sur chacun des sites en mars, pour permettre les échantillonnages de juin, septembre, décembre et mars de l'année suivante (relevage du cycle annuel). Des changements de paniers sont effectués chaque trimestre en raison des salissures. Les paniers propres permettent de restaurer une bonne circulation de l'eau. Tous les sites sont échantillonnés trimestriellement

Figure 3 - Poche de moules sur une "tête de bouchots"

Les mesures effectuées sont :

- La longueur individuelle (mesurée a
- Le poids total mesuré sur 3 fois 30 r
- Le poids frais mesuré globalement

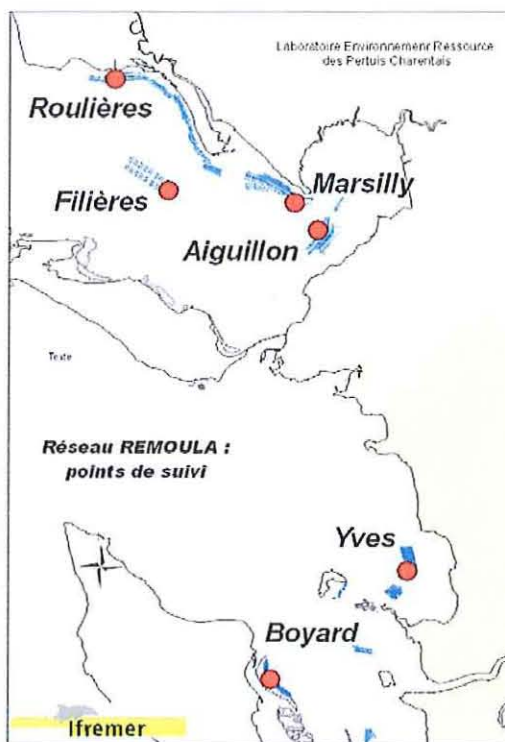
Ces deux dernières mesures permettent
 $Indice = 100 \times (\text{poids frais de chair de}$

Dans le cadre de la démarche Critère Produit (C.C.P. européenne) de mise en vente, la profession utilise un indice de qualité. Le lot de 30 moules est ouvert à la norme (1 minute à 850 Watt).

La mortalité est estimée par le comptage des moules lors de l'échantillonnage. La constitution fragile de la coquille rend le dénombrement des mortes difficile. La composition de la coquille de moule est fragile, contrairement à celle de l'huître qui est constituée de calcite.

- **La stratégie mensuelle** : son objectif est de détailler la comparaison entre techniques d'élevage sur filière et sur bouchot. Elle se concentre donc sur deux sites : filières et bouchots de l'Aiguillon. Elle concerne :

- L'analyse mensuelle des mortalités
- L'analyse mensuelle de la chair en protéines, lipides, glucides et glycogène est réalisée de 2000 à 2004 sur 3 pools de 10 moules lyophilisées et broyées. Seul le cycle du glycogène est présenté dans cette étude (de 2003 à 2004).



é
le
is
e

le
le
e

- La maturation est suivie mensuellement sur les sites de l'Aiguillon et filières en 2003 et 2004. Elle est qualifiée à partir d'observations histologiques réalisées sur 15 animaux.

Les observations sur les stades de maturation de la moule sont effectuées à partir d'une échelle de référence mise en place par Lubet (6) à partir de *Mytilus edulis*, et complétée par Suarez (7) sur *Mytilus galloprovincialis*. Quatre stades principaux sont déterminés (Tableau 1).

Tableau 1 - Echelle des stades d'évolution des gonades établie pour la moule bleue *Mytilus edulis* (6)

Stade	Description du stade
Stade 0 :	repos sexuel
Stade 1	reprise de l'activité génitale, multiplication des cellules sexuelles
Stade 2	début de la maturation des cellules sexuelles et diminution des cellules de réserve (glycogène)
Stade 3	période d'activité sexuelle pouvant être divisée en :
stade 3A	achèvement de la maturation des cellules sexuelles et disparition des cellules de réserve
stade 3B	émission totale ou partielle des gamètes males et femelles
stade 3C	restauration active de la gonade conduisant à une nouvelle phase de réplétion des gonades.

Chaque année à partir d'un lot de taille homogène le réseau REMOULA a comme objectif principal de comparer les sites d'élevage entre eux en terme de performances saisonnières. La nécessité de travailler en poche d'élevage et de changer régulièrement ces poches pour éviter les salissures sont autant de contraintes nécessaires au suivi scientifique. La comparaison avec les rendements professionnels n'est pas la vocation première du réseau REMOULA.

**Performances de croissance comparées entre les sites
d'élevage sur bouchots - Synthèse de 6 années de mesures
(2000-2005).**

Performances de croissance

La longueur et l'indice de condition permettent de suivre les performances des moules sur les sites d'élevage (Figure 4). A la fin de l'été, le meilleur site de croissance sur bouchots est Boyard, puis Marsilly et Roulières et enfin Yves et Aiguillon sont les sites les moins performants. Alors que les croissances se réduisent considérablement ou atteignent un plateau, seul le site des Roulières, au Nord du Pertuis Breton, permet aux moules une progression en croissance durant l'automne et l'hiver.

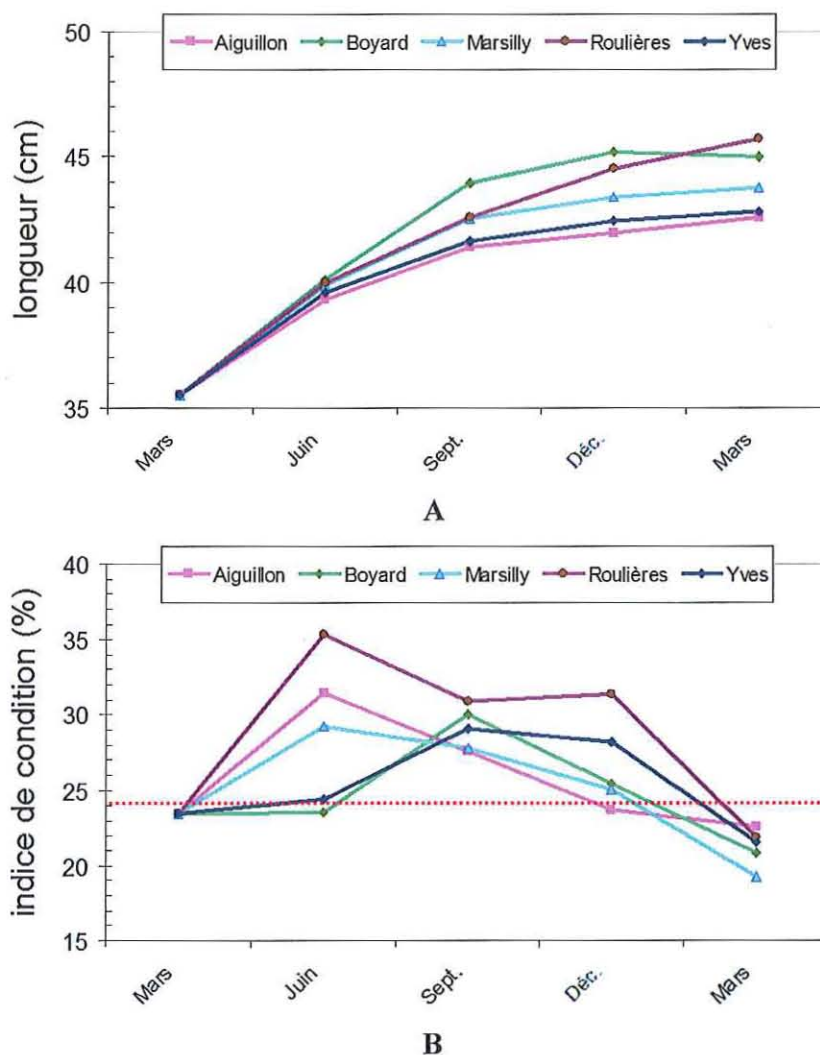


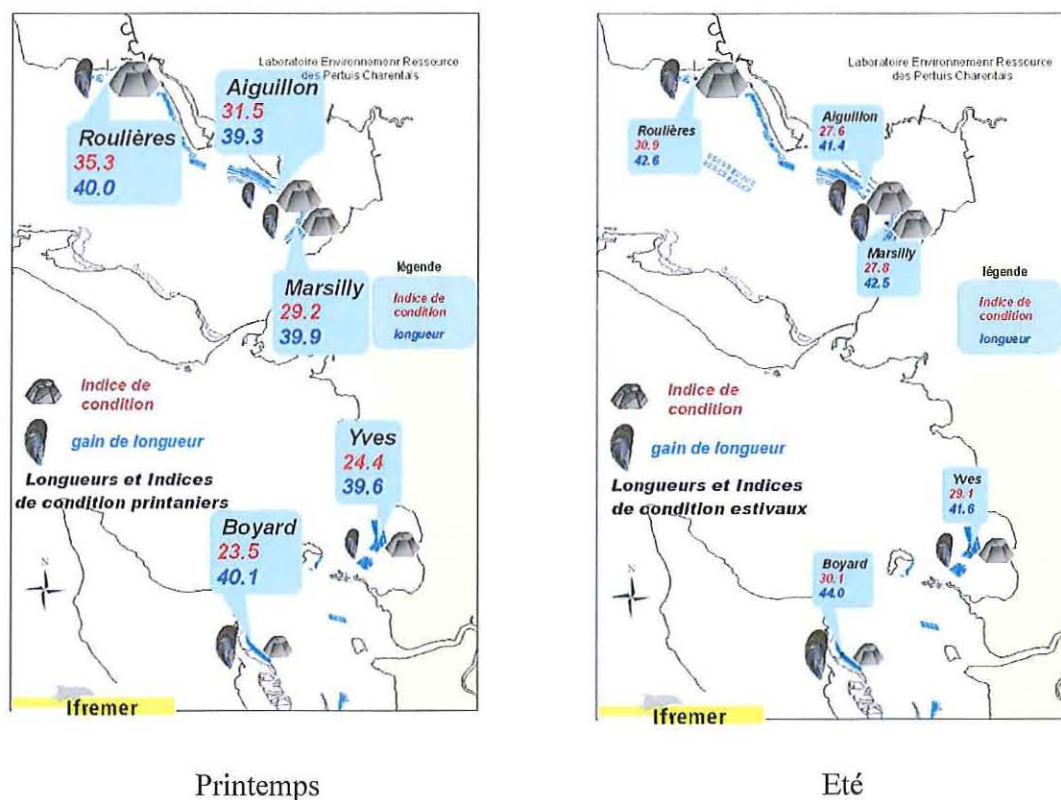
Figure 4 – croissance en longueur (A) et indice de condition (B) des moules sur les sites d'élevage sur bouchots. La barre horizontale rouge marque la valeur d'indice de 24 requis pour le tri et la commercialisation

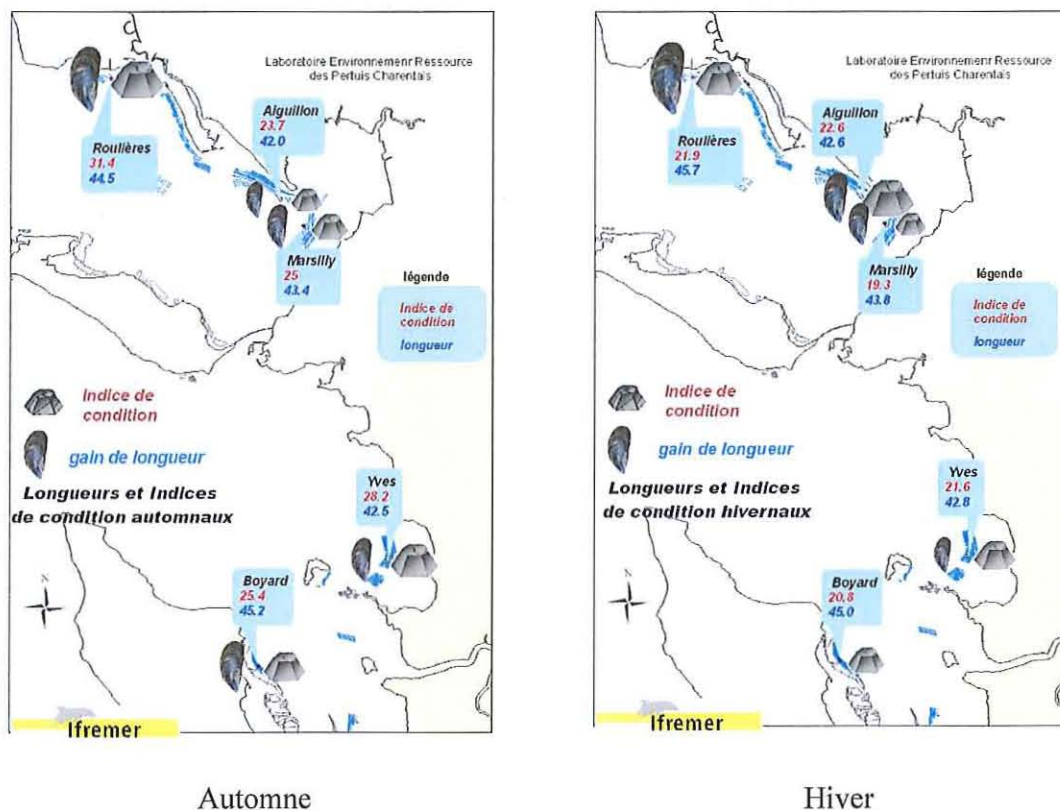
Ainsi, sur un cycle annuel, les deux sites sur bouchots les plus performants sont donc "tout au sud", Boyard et " tout au Nord", les Roulières; le premier bénéficiant d'une croissance privilégiée au printemps - été, et le deuxième en automne - hiver.

Les indices de condition de Boyard et Yves ont des valeurs de 24-25 durant le printemps, en limite des valeurs commerciales, alors que les indices de conditions sur les autres sites présentent des valeurs plus élevées. Ces observations sont en accord avec les observations professionnelles qui indiquent une augmentation du taux de remplissage plus tardive pour les moules de ces secteurs en comparaison des moules du pertuis Breton. Le gradient décroissant d'indice de condition de la période printanière a bien lieu du Nord vers le sud.

Comment expliquer ces différences ? Les deux hypothèses actuellement proposées sont : (1) un décalage dans l'avènement des blooms de phytoplancton printaniers en faveur du pertuis Breton et (ou?) (2) un décalage de la saisonnalité de la reproduction qui amènerait les moules de Boyard à "pondre encore en début de printemps, alors que les moules du pertuis Breton seraient en pleine croissance printanière. Ces hypothèses restent à préciser.

En été, tous les indices de conditions sur les différents sites se rejoignent autour de valeurs de 28-32 (Figure 4B). En hiver, sous le double effet de la ponte (perte de poids frais) et de la réduction de la ressource trophique, les indices de chair sur l'ensemble des sites, basculent en dessous de l'indice 24 de référence de qualité des moules.





Automne

Hiver

Figure 5 – gain de croissance en longueur (illustration "moule") et indices de condition saisonniers (illustration "poids") sur les sites de suivi du réseau REMOULA.

Relation entre performances de croissance et l'environnement des élevages. (ANNEXE 1, ANNEXE 2, ANNEXE 3)

Les deux pertuis : Antioche et Breton, se distinguent du 3^{ème}, le bassin de Marennes (ANNEXE 1). Celui ci, de plus faible profondeur, présente un rapport entre son volume oscillant³ et son volume total 2 à 3 fois supérieur aux 2 autres. Il bénéficie donc d'un renouvellement plus rapide et d'un apport en ressource alimentaire supérieur, qui peut servir directement le site de Boyard, aux "limites" du pertuis d'Antioche et du Bassin de Marennes Oléron⁴.

En "moyenne", Marsilly et l'Aiguillon bénéficient à peu près du même taux de renouvellement en eau (compris entre 40 et 140 jours selon la direction du vent). Parmi les différents sites, les Roulières est celui qui bénéficie du meilleur taux de renouvellement en eau, dans le pertuis Breton. Dans le pertuis d'Antioche, le site d'Yves connaît des conditions de renouvellement très variables qui vont de moins de 40 jours par régime de vent de Nord, à plus de 100 jours par vent d'Ouest. Enfin le site de Boyard, avec des temps de résidence des masses d'eau de l'ordre de quelques jours, est le site d'élevage qui est le plus "renouvelé".

³ le volume oscillant représente le volume d'eau compris entre pleine mer et basse mer

⁴ Ce découpage du Bassin de Marennes Oléron séparé du pertuis d'Antioche "proprement dit" est suggéré dans cette étude par les caractéristiques bathymétriques et hydrodynamiques des pertuis (8).

Ces simples considérations des taux de renouvellement appréciés d'après les résultats du modèle hydrodynamique de l'Ifremer (8) laissent à penser que les capacités de renouvellement en eau pourraient expliquer en partie les performances de croissance rencontrées sur les sites.

Enfin les surfaces disponibles par pieux de bouchots, effectuées en 2001 (étude de stocks – IFREMER et SRC) par site d'élevage, montrent des rapports de densité supérieurs à 2 selon les sites (Tableau 2). Si Boyard est un site très dense (13 m² par pieu), son positionnement "privilégié" au Nord du Bassin de Marennes Oléron, fortement renouvelé au sud du pertuis d'Antioche, lui octroie un apport nutritif suffisant. Par contre les 3 autres sites de bouchots (Aiguillon, Marsilly et Yves) se ressemblent plus sur le plan bathymétrique et hydrodynamique (ANNEXE 1, ANNEXE 2). Pour Marsilly et Aiguillon, le facteur "surface disponible par pieu" pourrait aider à comprendre les différences de performances de croissance du premier site par rapport au second (Tableau 2) (Figure 4A). Pour Yves, d'autres facteurs "explicatifs" seraient à rechercher.

Tableau 2 – densité comparée des pieux de bouchots sur les sites de REMOULA (IFREMER et SRC)

Sites	Surface "disponible par pieux (en m ²)
Les Roulières	22
Aiguillon	16
Marsilly	28
Yves	21
Boyard	13

Techniques d'élevage sur filières et bouchots. Comparaison des performances mensuelles de croissance et cycle de maturation – Bilan de 6 années d'Etude

Croissance comparée

La croissance sur filières est nettement supérieure au site voisin (l'Aiguillon) d'élevage sur bouchots (Figure 6). Sur filières, les moules atteignent 55 mm de longueur sur un cycle d'un an, à partir de 33 mm de longueur initiale. Sur bouchot, dès le mois de juin, juillet, la croissance "plafonne" pour atteindre 42-44 mm.

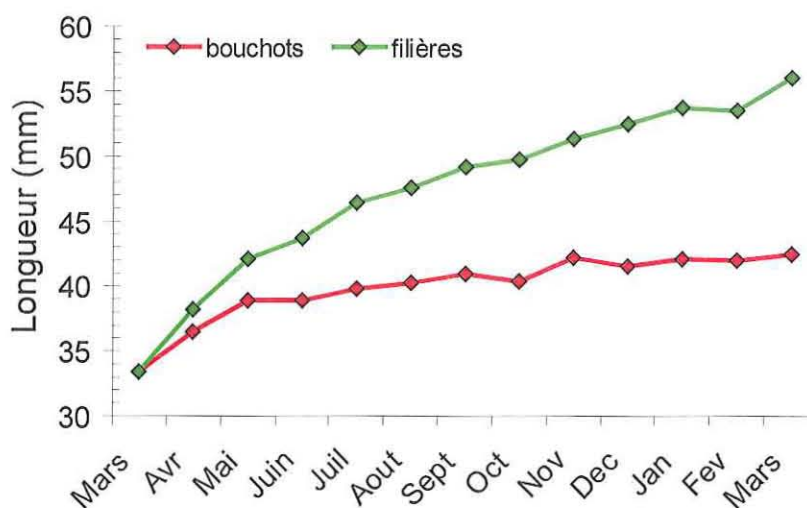


Figure 6 - Evolution de la longueur moyenne mensuelle (entre 2002 et 2005) pour les moules cultivées sur filières et celles sur les bouchots de la baie de l'Aiguillon..

Indices de condition

Les valeurs d'indices de condition sont comprises entre 30 et 40 pour les moules de filières, contre seulement des valeurs de 20 – 30 pour les moules de bouchots (Figure 7). L'indice de condition des moules de bouchot passe en dessous de la valeur 24 requise pour la commercialisation durant tout l'hiver, ce qui n'est pas le cas de moules de filière.

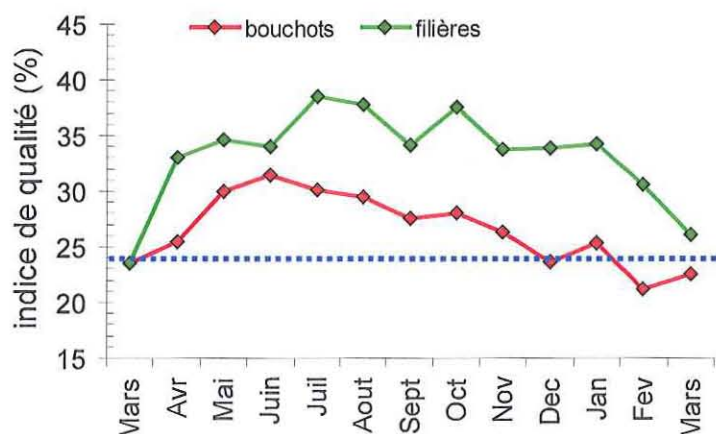


Figure 7 - Indice de condition mensuel moyen (entre 2002 et 2005) pour les moules cultivées sur filières et celle sur les bouchots de la baie de l'Aiguillon La barre horizontale marque la valeur de 24 requis pour la commercialisation.

Périodes de reproduction

Sur le cycle complet "lisible" de l'année 2003 (Figure 8), la période de reproduction de la moule de bouchot, entre Janvier et Juin, est incluse dans celle de la moule de filière dont la période de reproduction s'étale jusqu'en Août. C'est là une réponse biologique "attendue". Disposant tout à la fois d'une ressource alimentaire abondante durant une période d'accès à la ressource plus longue (100% d'immersion pour les moules de filière), celles ci ont "tendance" à allonger leur cycle de reproduction de quelques mois .

C'est par contre un des "rares" "inconvénients" de cette méthode d'élevage que de produire encore des moules en maturation avancée au plein cœur de la saison de commercialisation, alors que la saison de commercialisation des moules de bouchots est parfaitement hors de la période de reproduction (Figure 8).

Remarque : la période de commercialisation de la moule de filières commence en premier (vers la mi-mai) pour s'interrompre au début de l'été. Ce sont alors les moules de bouchot qui prennent la "relève".

Le cycle du glycogène est le même pour les deux populations de moules en élevages sur filières ou bouchots (Figure 8). La teneur en glycogène se reconstitue après la période de ponte, durant le printemps pour atteindre des valeurs de 25% au début de l'été; ces valeurs se maintiennent durant l'été et le début de l'automne pour chuter progressivement à des valeurs proches de "0" au pic de la saison de ponte en février (Figure 8).

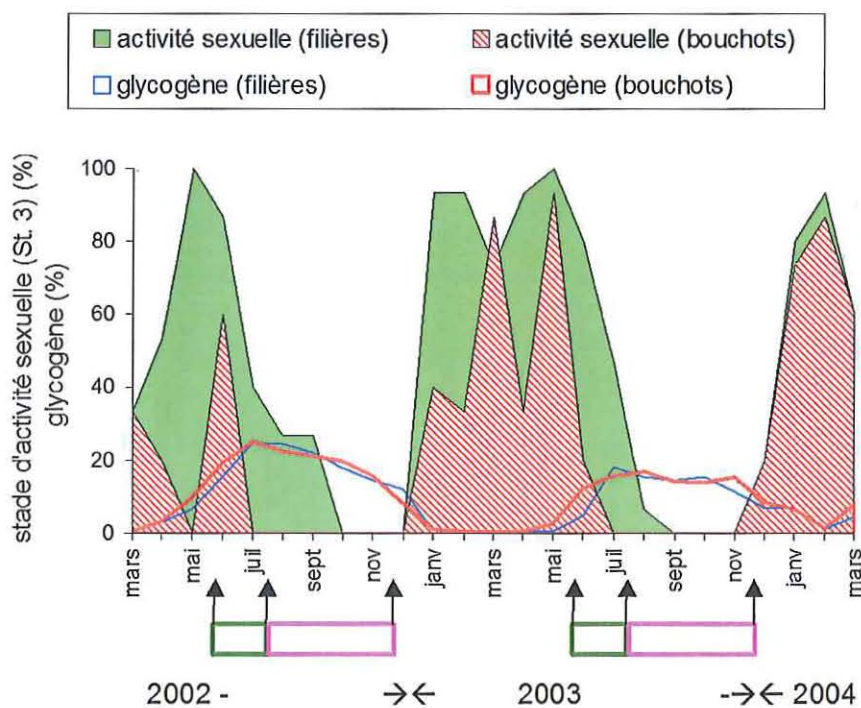


Figure 8 - Cycle de maturation des moules, sur les filières et les bouchots de la baie de l'Aiguillon entre mars 2002 et mars 2004 [illustré par le cumul des stades 3A, 3B et 3C d'activité sexuelle (6)]. Périodes commercialisation des moules de filières (rectangle vert) et de bouchot (rectangle rose).

Différences des performances d'élevage au cours des 6 années d'étude

Comparaison des croissances en longueur et indices de condition

La croissance des moules de bouchots est bien marquée par une variabilité saisonnière et annuelle (Figure 9A). Si en 2003 ou 2004, la croissance est régulière (linéaire) durant les 4 saisons, d'autres années sont marquées par une forte saisonnalité. Ainsi 2000 et 2005 sont des années de "printemps favorable" à la croissance; les périodes automnales de 2002 et 2005 et les périodes hivernales 2000-2001 et 2001-2002 voient la croissance stagner.

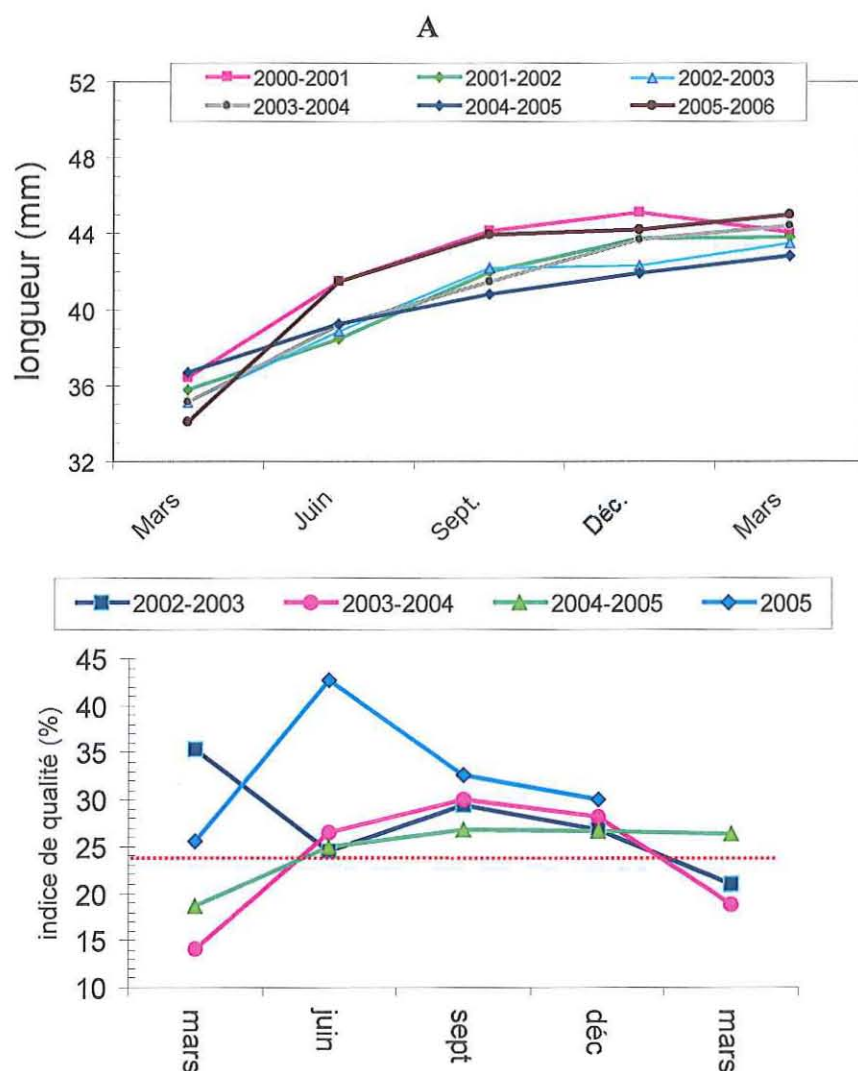


Figure 9 – croissance en longueur (A) (2000-2005) et indices de condition (B) (2002-2005) des moules de bouchots – valeur moyenne des 5 sites d'élevage

En 2005, les indices de conditions "explorent" dès la fin du printemps (Figure 9B), reflétant ainsi l'exceptionnelle croissance enregistrée cette année là (Figure 9A). Les faibles indices de conditions (entre 25 et 27) en 2004 confirment également la faible productivité enregistrée cette année là⁵.

Les deux années 2000 et 2005 apparaissent bien comme les 2 années aux performances de croissance supérieures aux 4 autres. 2004 est la plus mauvaise année.

En comparaison intersites, des pistes d'investigation ont été proposées autour de l'hydrodynamisme et de la densité des pieux; une analyse climatique et hydrologique pourra-t-elle également nous emmener à expliquer la variabilité interannuelle ?

Les mortalités au cours des 6 années d'étude

La mortalité mesurée sur une seule poche est donc une "estimation" de mortalité. La Figure 10 présente les mortalités saisonnières moyennes de l'ensemble des sites. Les mortalités annuelles sont comprises entre 13 et 25%. Elles sont plus importantes à la mise à l'eau au printemps (3 à 13%) du fait des transferts de cheptel. La mortalité est la plus faible en hiver (1 à 5%). La mortalité moyenne sur un an d'élevage, est de 18%.

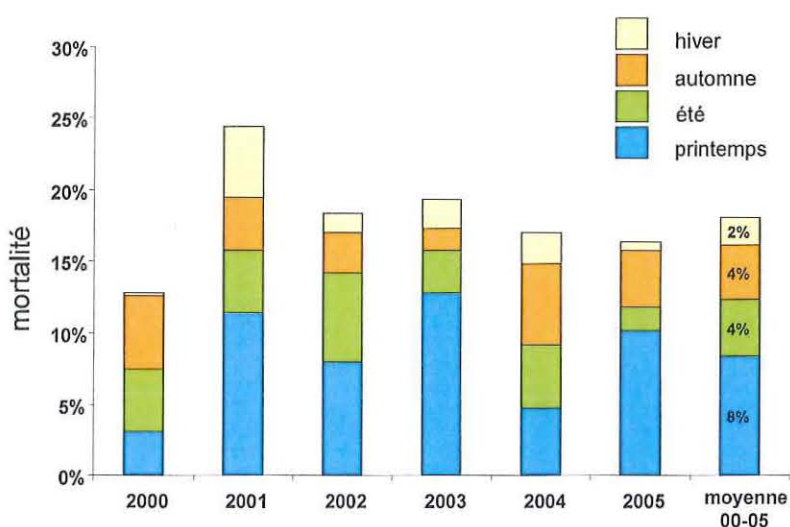


Figure 10 - Cumul annuel de la mortalité moyenne saisonnière en % de l'effectif (2000 - 2005).

⁵ la perte de longueur enregistrée en "2000" (Figure 9 A) est due au fait que 2 sites d'élevage : Marsilly et les Roulières n'ont pas pu être échantillonnés à cette période (hiver 2001).

Cas particulier de la canicule de l'été 2003

Pendant l'été 2003 les professionnels enregistrent des baisses de rendement significatives sur certaines zones d'élevage. Le rendement par pieu passe de 30 kg avant la canicule à 15-18 kg par pieu après la canicule du mois d'août.

Dans le cadre du suivi en poches du réseau REMOULA, l'été 2003 ne donne pas lieu à des mortalités particulières (Figure 10), malgré les températures exceptionnelles enregistrées dans l'air et dans l'eau au cours de cette période. A titre d'exemple, en été 2003, la température de l'air sur La Rochelle est supérieure de 4 degrés aux moyennes saisonnières (20,2°C sur une moyenne de 35 années). La littérature scientifique (9), (10) s'accorde à dire qu'une température "critique" pour la moule *Mytilus edulis*, est comprise entre 25 et 30°C. Le temps d'exposition de la moule à ces températures conditionne l'apparition des mortalités. Au cours de la canicule de l'été 2003, la température a atteint 26°C pendant 13 jours, et 27°C pendant 3 jours.

Ainsi, les baisses de rendement enregistrées suite à cette période très chaude seraient dues à l'affaiblissement physiologique des moules à ces températures sub-létales; moules dont le byssus ne serait alors plus assez robuste pour les maintenir sur le pieu; d'ou l'échappement et la perte de rendement constatés.

Vulgarisation et communication

Web

Depuis 2006, les résultats trimestriels (6 sites) et mensuels (2 sites - Aiguillon et filières) du réseau REMOULA sont présentés sur le site Web du LERPC (Figure 11, Figure 12, Figure 13) (<http://www.ifremer.fr/lerpc/reseaux/remoula/remoula.htm>).

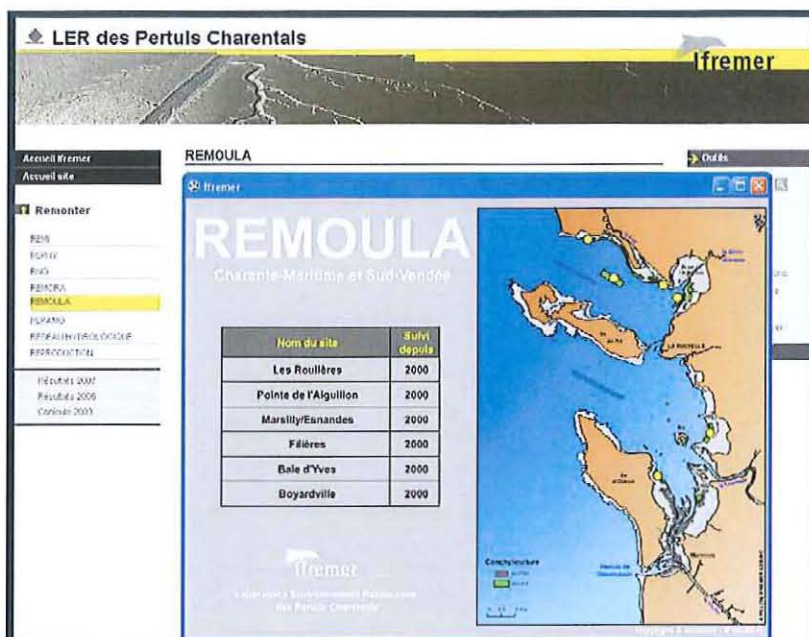


Figure 11: présentation du réseau REMOULA sur la page web du laboratoire LERPC.

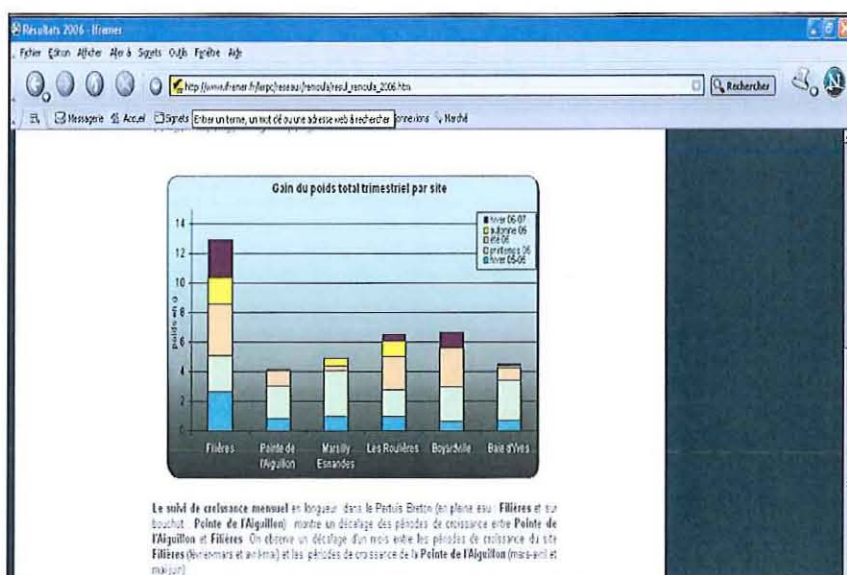


Figure 12: présentation évolutive du gain de poids trimestriel sur l'ensemble des sites du réseau REMOULA sur la page web du laboratoire.

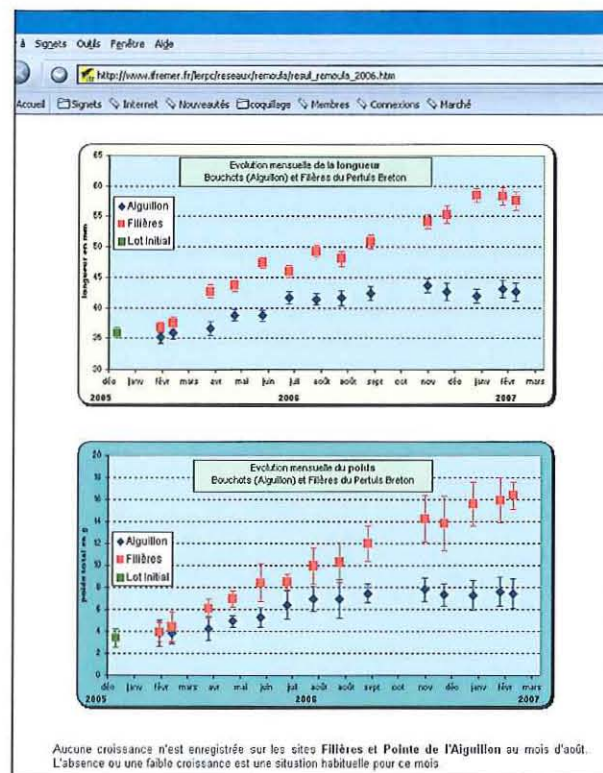


Figure 13: présentation évolutive des résultats mensuelles des sites Aiguillon et filière du réseau REMOULA sur la page web du laboratoire LERPC.

Diaporamas

Les données obtenues au travers du réseau REMOULA ont fait l'objet de 9 présentations "power point" vers la profession, l'administration et la communauté scientifique.

Diaporama, Section Régionale Mytilicole Ré Centre-Ouest. Remoula 2000. Courant 2001.

Diaporama, Journée Conchylicole REMOULA un réseau de croissance régional. Avril 2001.

Diaporama, Section Régionale Mytilicole Ré Centre-Ouest. Remoula 2001. Courant 2002.

Diaporama, Section Régionale Poitou-Charentes. Remoula 2002 en avril 2003.

Diaporama, Section Régionale Poitou-Charentes. Remoula 2003 en juin 2004.

Diaporama, Section Régionale Poitou-Charentes. Remoula Remora 2003 décembre 2003.

Diaporama, Préfecture La Rochelle Canicule 2003. en novembre 2003.

Diaporama, Section Régionale Poitou-Charentes. Remoula 2002 en décembre 2003.

Diaporama, Remoula général journée REPAMO en décembre 2005.

Rapports

Robert S, P. Geairon, P. Guilpain, D. Razet, N. Faury, J.L. Seugnet, J. Grizon, P. Soletchnik, O. Le Moine, P. Gouletquer et S. Taillade, 2001. REMOULA 2000 Réseau de Croissance Moule des Pertuis Charentais Mars 2000 - Février 2001. DRV/RA/RST/01-03, 35 p.

Robert S, P. Guilpain, J. Grizon, P. Geairon, , D. Razet, P. Garen, Pierre, N. Faury, J.L. Seugnet, P. Soletchnik, O. Le Moine, P. Gouletquer et S. Taillade, 2004. Remoula 2002 réseau de croissance Moules des Pertuis Charentais, mars 2002 - mars 2003. Juillet 2004. DRV/RA/RST/LERPC/2004-04, 39 p.

Robert S, P. Guilpain, J. Grizon, P. Garen, D. Razet, N. Faury, J.L. Seugnet, P. Soletchnik, O. Le Moine, 2004. Remoula 2002 réseau de croissance Moules des Pertuis Charentais, mars 2001 - mars 2002. Mars 2003, 34 p.

Robert S, P. Guilpain, J. Grizon, P. Geairon, , D. Razet, J.L. Seugnet, O. Le Moine, S. Taillade, 2005. Remoula 2003 réseau de croissance Moules des Pertuis Charentais, mars 2003 - mars 2004. 37 p.

Robert S., O. Le Moine, 2003. Expertise des élevages de moules après la canicule estivale: Rapport final. RA/L.C.P.C. Septembre 2003. 41 p.

Articles de vulgarisation

Echo des cabanes avril-mai 2001. Contractualisation SRC Marennes Oléron / La Tremblade : Bilan 2000 et projet 2001. Réseau de surveillance REMOULA étude de Boyardville : 4-5.

Echo des cabanes juillet-août 2002. Contractualisation IFREMER- SRC Poitou-Charentes 2002-2003. Remoula : Réseau de suivi de croissance des moules des pertuis charentais : 5-6.

Echo des cabanes août-sept 2003. Bilan de la contractualisation SRC Poitou-Charentes/IFREMER Bilan 2001 et projets 2002. Réseau de surveillance mytilicole des pertuis charentais : 7-8.

Echo des cabanes mai juin 2004. Réseau de suivi de croissance des moules dans le pertuis Charentais : REMOULA 2003 : 8-9.

Echo des cabanes juillet-août 2005. Bilan contractualisation Ifremer 2004, Elevage de Moules : Réseau Remoula ; p 17.

Conclusions

Principaux résultats du réseau

La croissance sur filières est incomparablement meilleure que sur bouchots. Elle permet un gain de croissance de plus de 10 mm sur un cycle annuel par rapport à la production sur bouchot.

L'indice de condition des moules sur filières reste compris autour de valeurs de 30-40 largement au dessus de la valeur de 24 de la norme actuellement en vigueur, et bien supérieur également à la valeur d'indice des moules sur bouchots.

L'inconvénient actuel de cette technique de production sur filières est qu' elle produit des moules encore en maturation lors de l'ouverture de la période de commercialisation au mois de mai. Ce produit en "laitance" est en effet peu apprécié des consommateurs.

Les performances comparées de croissance sur les sites de bouchots distinguent les sites plus "intérieurs" aux pertuis, comme Marsilly, l'Aiguillon, moins performants qu'un site plus "exposé" à l'entrée des pertuis comme les Roulières (entrée Nord du pertuis Breton). En fait, le temps de résidence de l'eau sous les différents régimes de vent et la densité des pieux sont cohérents en première approche avec les performances de croissance sur les différents sites. De plus la croissance printanière s'oppose radicalement entre les deux sites de Boyard et Roulière. Des explications seront à rechercher dans le cadre du CPER⁶ (2007-2012).

Enfin, les performances de croissance ne sont pas égales d'une année sur l'autre; Le réseau REMOULA a permis de collecter 6 années de mesures qui pourront servir de base à des travaux sur les facteurs de variabilité inter-annuelle.

Le hasard a voulu que l'été 2003, (vague de chaleur la plus chaude en intensité et en durée relevée par Météo France depuis 1950) tombe dans cette période des 6 années d'étude. Bien que sans effet direct en terme de mortalité, la température sub-létale sévissant alors, est mise en relation avec la perte de rendement notée par les professionnels (détachement des moules du pieu d'élevage).

Quelles perspectives pour le réseau ?

Le Réseau a comme objectif principal de comparer les principaux sites d'élevage entre eux. Les premières analyses faites avec l'environnement hydrodynamique et la densité des pieux montrent qu'un travail d'analyse pourrait être développé dans ce sens (l'évaluation de la densité de pieux doit être actualisée). La mise en relation des performances de croissance sur les sites avec les conditions hydrodynamiques réelles des années 2000 à 2005 pourrait être approfondie. Ses conclusions devraient permettre de faire évoluer le réseau REMOULA.

⁶ Contrat de Projet Etat Région

Par ailleurs, que doit être la future stratégie d'échantillonnage sur les sites de bouchots ? Plusieurs questions se posent : Est-il justifié de poursuivre les efforts d'analyse sur les 3 sites de Marsilly, Aiguillon et Yves ? Ne pourrait-on pas réduire ces stations à 2, voir à 1 seule ? Sans doute est-il lucide d'attendre les analyses complémentaires (hydrodynamique, biologique...) avant de prendre une décision. Dès à présent, il peut sembler judicieux de préciser le suivi biologique sur les sites de Roulières et de Boyard afin de tenter d'éclaircir les différences importantes dans la saisonnalité de croissance sur ces deux sites. Les faibles indices de condition obtenus sur Boyard à cette époque (début de commercialisation) sont-ils dus à l'extension de la saison de ponte sur ce secteur, à la pauvreté des apports en ressources alimentaires sur Boyard ou à un décalage dans la compétition alimentaire des huîtres et moules en élevage ? Une perspective de REMOULA pourrait être d'étudier les cycles de maturation en relation avec l'abondance alimentaire sur ces 2 sites "extrêmes" afin d'expliquer ces écarts en période printanière (cf CPER 2007-2012).

L'accompagnement "scientifique" du développement des filières de moules dans les pertuis pourrait être accru par l'extension du réseau aux 3 sites sur filières (Chatelaillon, Saumonards, Pertuis breton). Par ailleurs, la prise en compte de la "salissure" du captage de moules sur les huîtres est également une préoccupation inscrite au CPER 2007-2012.

Actuellement la production sur filière est de l'ordre de 20 à 30% de la production totale de moules dans les pertuis. Le développement dans les années à venir, hormis les projets en cours, sera probablement faible dans les pertuis. Seule la mer ouverte pourrait offrir une perspective de développement important pour cette technique d'élevage : quels « risques » et quelles « certitudes » ? Accompagnement prévu dans le cadre du CPER 2007-2013.

Est-il nécessaire de comparer les mesures expérimentales du réseau, avec les rendements par pieux des professionnels ? Dans cet "esprit", il pourrait être utile de comparer le mode de suivi actuellement en œuvre dans REMOULA avec les méthodes mises en œuvre dans d'autres contextes et d'autres pays.

Dans une perspective d'analyse de données de rendements, certains professionnels ont déjà confié à Ifremer leurs séries historiques de rendements. Leur exploitation fera l'objet d'une prochaine étude.

Références

- (1) Boromthanasarat S., 1986. Les bouchots à *Mytilus edulis* (Linnaeus) dans l'écosystème estuarien du bassin de Marennes-Oléron (France) : aspects biologiques et bio-énergétiques. Thèse Université Aix-Marseille II, 142 p.
- (2) Dardignac-Corbeil, M.J., 1996. La mytiliculture dans le Pertuis Breton. Synthèse des travaux réalisés de 1980 à 1992. Rapport interne, 96 p.
- (3) Barillé, A.L., 1996. Contribution à l'étude des potentialités conchylicoles du Pertuis Breton. Thèse Université d'Aix-Marseille II, 312 p.
- (4) Garen P., S. Robert, S. Bougrier, 2004. Compared growth of mussel, *Mytilus edulis*, on long-line, pole and bottom culture sites in the Pertuis Breton, France. *Aquaculture*, Vol. 232, n°1-4 : 511-524; 2004.
- (5) Smaal, A.C., 2000. Effects of shellfish culture and options for sustainable exploitation (ESSENCE). *EU contract, FAIR CT98-4201*, progress report for the period 1-1-00 to 31-12-00, 50 p.
- (6) Lubet Pierre. Recherches sur le cycle sexuel et l'émission des gamètes chez les Mytilides et les Pectinides. 1959, *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 23 (4), p.390-548.
- (7) Suarez M.P. et al. 2005. Particular aspects of gonadal cycle and seasonal distribution of gametogenic stages of *Mytilus galloprovincialis* cultured in the estuary of vigo. *Journal of Shellfish Research*, 2005, vol. 24, n°531-540, p.531-540.
- (8) Stanisière, J.Y., F. Dumas, M. Plus, D.Maurer et S. Robert, 2006. Caractérisation des composantes hydrodynamiques d'un système côtier semi-fermé : Le bassin de Marennes-Oléron. PNEC- Chantier littoral Atlantique : mode de fonctionnement des systèmes semi fermés du littoral atlantique. Thème 1 : caractérisation des forçages hydrodynamiques, 112 pp.
- (9) Ritchies J., 1927. Reports on the prevention of the growth of mussels in submarine shafts and tunnels at the Westbank Electric Station, Portobello. *Trans. R. Scott. Soc. Arts* 19. (29 Dec. 1921), 1-20.
- (10) Read K R. H. and Cumming K. B., 1967. Thermal tolerance of the bivalve molluscs *Modiolus Modiolus* L., *Mytilus edulis* L. and *Brachidontes Demissus* dillwyn. *Comp.*
- (11) Richard, P., 2000. Etude des potentialités conchylicoles du Pertuis Breton : mise en évidence de l'utilisation des différentes sources de matière organique par traçage isotopique naturel. Rapport final de contrat n° 98000-127 à la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt de Charente-Maritime. - L'Houmeau, CREMA-L'HOUMEAU, rapport interne, 40 p

Listes des illustrations

liste des figures

Figure 1. Localisation des sites du réseau REMOULA	7
Figure 2- présentation anatomique et allocation d'énergie chez la moule <i>Mytilus edulis</i>	8
Figure 3 - Poche de moules sur une "tête de bouchots"	9
Figure 4 – croissance en longueur (A) et indice de condition (B) des moules sur les sites d'élevage sur bouchots. <i>La barre horizontale rouge marque la valeur d'indice de 24 requis pour le tri et la commercialisation</i>	11
Figure 5 – gain de croissance en longueur (illustration "moule") et indices de condition saisonniers (illustration "poids") sur les sites de suivi du réseau REMOULA.....	13
Figure 6 - Evolution de la longueur moyenne mensuelle (entre 2002 et 2005) pour les moules cultivées sur filières et celles sur les bouchots de la baie de l'Aiguillon.. ..	15
Figure 7 - Indice de condition mensuel moyen (entre 2002 et 2005) pour les moules cultivées sur filières et celle sur les bouchots de la baie de l'Aiguillon <i>La barre horizontale marque la valeur de 24 requis pour la commercialisation</i>	16
Figure 8 - Cycle de maturation des moules, sur les filières et les bouchots de la baie de l'Aiguillon entre mars 2002 et mars 2004 [illustré par le cumul des stades 3A, 3B et 3C d'activité sexuelle (6)]. <i>Périodes commercialisation des moules de filières (rectangle vert) et de bouchot (rectangle rose)</i>	17
Figure 9 – croissance en longueur (A) (2000-2005) et indices de condition (B) (2002-2005) des moules de bouchots – valeur moyenne des 5 sites d'élevage	18
Figure 10 - Cumul annuel de la mortalité moyenne saisonnière en % de l'effectif (2000 – 2005).....	19
Figure 11: présentation du réseau REMOULA sur la page web du laboratoire LERPC.....	21
Figure 12: présentation évolutive du gain de poids trimestriel sur l'ensemble des sites du réseau REMOULA sur la page web du laboratoire.	21
Figure 13: présentation évolutive des résultats mensuelles des sites Aiguillon et filière du réseau REMOULA sur la page web du laboratoire LERPC.....	22

liste des tableaux

Tableau 1 - Echelle des stades d'évolution des gonades établie pour la moule bleue <i>Mytilus edulis</i> (6)	10
Tableau 2 – densité comparée des pieux de bouchots sur les sites de REMOULA (IFREMER et SRC).....	14

Annexes

liste des Annexes

ANNEXE 1 - Morphologie comparée des trois pertuis et régime des vents	29
ANNEXE 2 - Hydrodynamique comparée des 3 pertuis	30
ANNEXE 3 - Etude des différentes contributions alimentaires des bivalves en élevage dans le Pertuis Breton.....	32
ANNEXE 4 - Recherche d'un "prédateur" sur les pieux de bouchots - Etude menée sur Boyard en 2004-2005.....	34
ANNEXE 5 - Mesures effectuées sur les sites du Réseau REMOULA entre 2000 et 2005 ...	36

ANNEXE 1 - Morphologie comparée des trois pertuis et régime des vents

Le tableau ci dessous présente les caractéristiques morphologiques et hydrodynamiques générales des 3 bassins.

	Pertuis Breton	Pertuis d'Antioche	Bassin de Marennes	comparaison relative		
				Pertuis Breton	Pertuis d'Antioche	Bassin de Marennes
Profondeur moyenne (m)	13.8	19.8	8.6	1.6	2.3	1.0
Volume moyen (millions de m3)	4900	5500	800	6.1	6.9	1.0
Renouvellement moyen (jours)	90	115	14	6.4	8.2	1.0
Volume oscillant (millions de m3)	1650	1550	600	2.8	2.6	1.0
Surface moyenne (Km2)	420	400	160	2.6	2.5	1.0
Surface d'estran (Km2)	80	51	91	0.9	0.6	1.0

Ces données sont issues d'estimations d'après (1) les levées bathymétriques (DDE 17) et (2) la modélisation hydrodynamique pour les temps de renouvellement (Stanisière).

Les deux pertuis : Antioche et Breton, se distinguent fortement du 3^{ème} : le bassin de Marennes. Celui-ci, de plus faible profondeur, présente un volume oscillant 2 à 3 fois supérieur aux 2 autres ainsi qu'une surface d'estran de plus de la moitié de sa surface. Cela lui confère des caractéristiques bien différentes des 2 autres, concernant en particulier une forte influence des conditions climatiques à l'émersion (importantes vasières...), compensée d'une certaine manière par un temps de renouvellement moyen de 14 jours, 6 à 8 fois plus rapide que pour les 2 autres pertuis. Sa proportion de "volume oscillant" est ainsi deux à trois fois plus élevée que celui des deux pertuis nord. Le "volume oscillant" est celui qui varie lors des marées. Ainsi, le bassin de Marennes Oléron a des capacités de renouvellement d'eau par la marée beaucoup plus importantes. Ceci explique les grandes différences du temps nécessaire au renouvellement complet des pertuis. L'apport de nourriture, et l'évacuation des masses d'eau filtrées par les animaux y sont donc très différentes, en faveur du bassin de Marennes-Oléron, donc, en "faveur" du site d'élevage de Boyard.

Selon les données de Météo France, la saisonnalité des vents dominants est la suivante :

- ❖ En hiver et au printemps (jusqu'en mai) dominance de vents du Nord Est
- ❖ En été Nord Ouest
- ❖ En automne Ouest

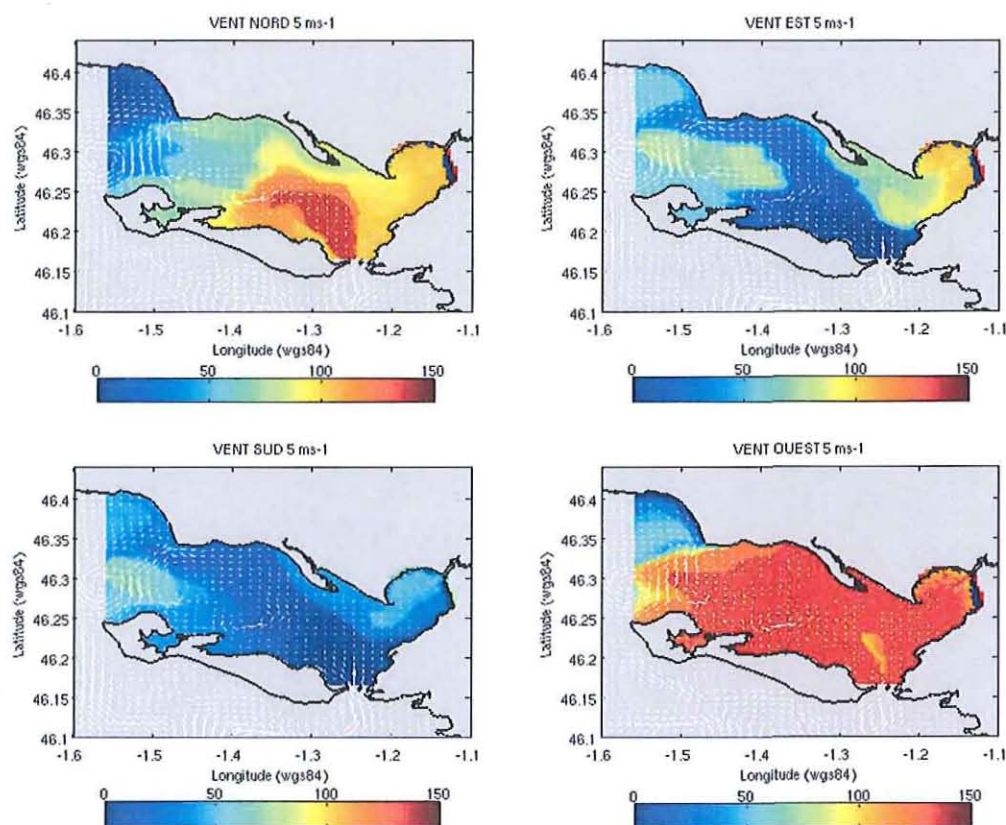
Le temps de renouvellement, et le sens de circulation des courants sont dépendants fortement des vents, et agissent de façon très hétérogènes sur les pertuis. Le confinement des masses d'eau est favorisé par les vents de secteur Ouest dans le pertuis Breton, et Sud dans le bassin de Marennes Oléron.

ANNEXE 2 - Hydrodynamique comparée des 3 pertuis

Pertuis Breton

Il concerne les points des Filières, de Roulière, l'Aiguillon et de Marsilly.

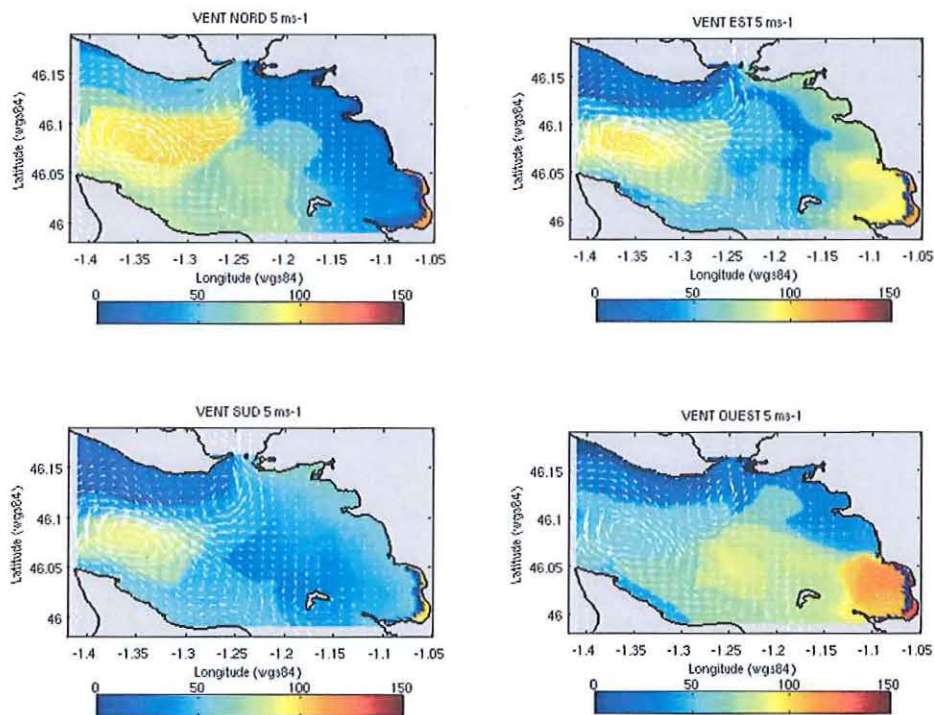
Par vent d'ouest, le confinement est quasi total, par vent du Nord, la partie Est du pertuis est faiblement renouvelée. Les vents de secteur Est et Ouest favorisent le renouvellement. De plus, la circulation est forcée dans le sens Ouest - Est par les vents de secteur Ouest. Dans tous les cas de figure, la zone des Roulières est favorisée en apport d'eau "neuve" par rapport aux sites de l'Aiguillon ou de Marsilly. De plus, ce site est situé géographiquement en première ligne, par rapport à l'Aiguillon et Marsilly, situés en fond de baie et plus soumis à la compétition trophique des élevages en amont du courant.



Pertuis d'Antioche

Il concerne le point d'Yves.

Les vents de secteurs Nord, et Sud dans une moindre mesure, sont les seuls à favoriser le renouvellement sur la côte continentale où se trouve le point de suivi. Les composantes Est et Ouest des vents dominants sur le printemps et l'été ne favorisent pas le renouvellement de la zone. Les vents d'Ouest automnaux diminuent encore les apports d'eau neuve. Bien que n'ayant pas de compétiteurs en élevage proche, la zone, faiblement renouvelée, a donc une capacité trophique limitée, ce qui explique en partie son mauvais classement dans les sites du réseau.



Le bassin de Marennes Oléron

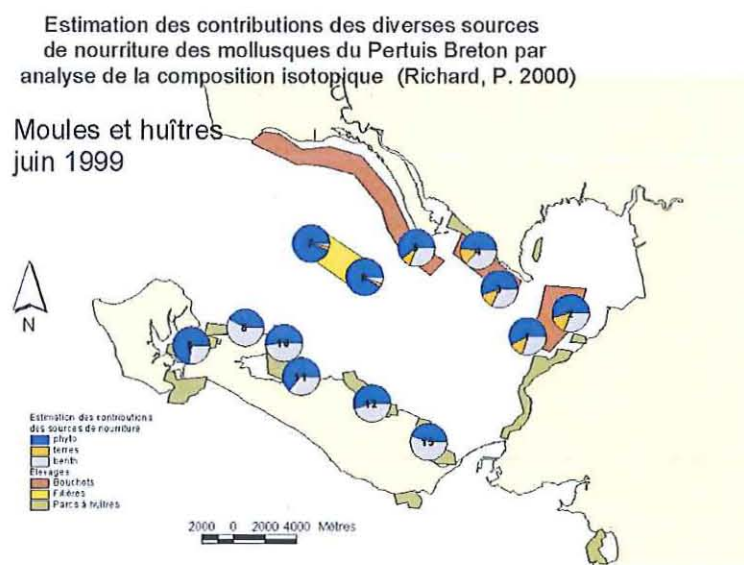
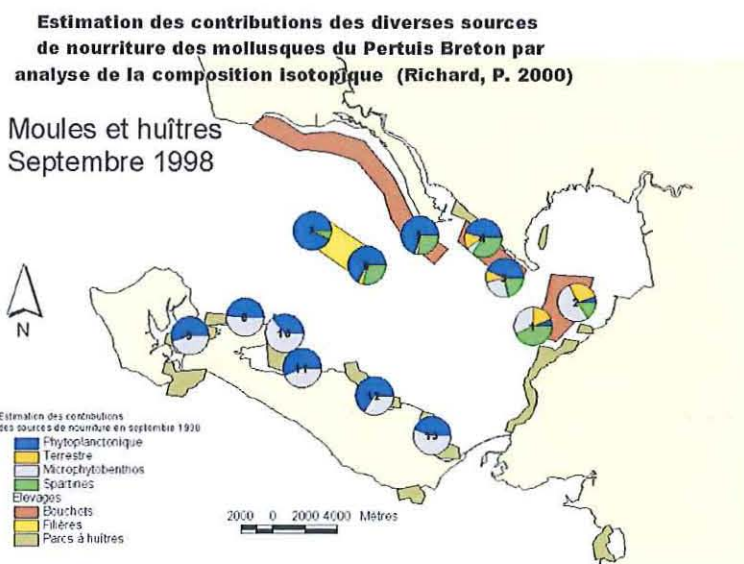
Le seul point de suivi concerné est celui de Boyard. Le temps nécessaire au renouvellement du bassin est là deux à trois fois plus court que dans les deux autres pertuis (voir paragraphe ci dessus). La composante Ouest du vent dominant d'été (Nord - Ouest), et d'automne (Ouest) accélère encore ce renouvellement. De plus, la masse d'eau circule du nord au sud, et il n'y a pas de filtres en élévation en amont des bouchots. Ces paramètres géographiques et hydrodynamiques expliquent au moins en partie les bons résultats du site de Boyard par rapport aux autres, ainsi que son "démarquage" estival.

ANNEXE 3 - Etude des différentes contributions alimentaires des bivalves en élevage dans le Pertuis Breton

Ces cartes sont issues d'une étude menée en 1998 et 1999 pour comparer la qualité de la ressource alimentaire sur différents sites d'élevage du Pertuis Breton (11).

Cette étude montre à la fois la variabilité dans la saisonnalité de la qualité alimentaire entre le mois de juin et le mois de septembre, et, certaines saisons (ici septembre), une contribution de l'alimentation terrestre croissante de l'Ouest vers l'Est du bassin.

Ce résultat montre ainsi sans conteste, que la qualité alimentaire est différente entre les 4 sites du Pertuis Breton : Roulières, Aiguillon, Marsilly et Filières



Contribution des différentes sources de nourriture pour les moules et les huîtres dans le Pertuis Breton en septembre 1998 (haut) et juin 1999 (bas) d'après une étude de Richard (2000)

Remarque : La *Spartine maritime* (*Spartina maritima*) est une Graminée de taille comprise entre 20 et 60 cm. Elle fleurit d'août à octobre sur la côte atlantique. Elle vit dans les estuaires, et en particulier sur les zones d'estran.

ANNEXE 4 - Recherche d'un "prédateur" sur les pieux de bouchots - Etude menée sur Boyard en 2004-2005

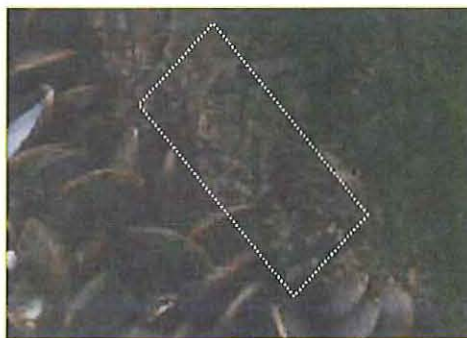
Dans le cadre du réseau Remoula, les mortalités sur Boyard, 13% par an, sont les plus faibles mortalités observées sur les sites de bouchots. La moyenne est de l'ordre de 20% sur les autres sites.

Les données issues de Remoula (2000 et 2006) montrent que la croissance en longueur sur Boyard est de 1% à 6% (moyenne de 4%) supérieure à celle des autres sites.

site	Mortalité moyenne (%)
Filière	13
Boyard	13
Roulières	20
Marsilly	19
Yves	20
Aiguillon	20

Dans de telles conditions d'une meilleure survie et meilleure croissance, le rendement devrait être supérieur sur Boyard; ors il n'en est rien ! Ce rendement est seulement de 20 kg par pieu; le plus faible avec le site d'Yves, alors que les rendements par pieu aux Roulières ou à Marsilly, atteignent ou dépassent les 30 kg (données professionnelles issues de l'expertise réalisée après la canicule de l'été 2003).

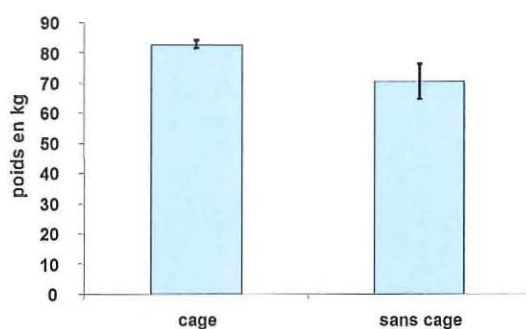
De plus, des surfaces régulières, dépourvues d'algues filamenteuses vertes sont visibles sur les pieux tout au long du boudin de moules (voir photos ci dessous) (arrachement ? prédation ?).



L'ensemble de ces éléments conduit à émettre l'hypothèse d'une prédation ... à immersion (poisson –daurade, baliste ..) ou à l'émersion (oiseau – oie, goéland ...) Une pollution peut – elle provoquer un affaiblissement de la moule qui en perdrait son byssus ?

Une expérimentation est mise en place sur le site de Boyard, visant à comparer plusieurs origines de moules (Saumonards, Charron et Filières). Des pieux sont protégés par un grillage; d'autres ne le sont pas (témoins). L'expérience est menée sur 1 an entre août 2005 et août 2006.

- A partir de novembre, le grillage galvanisé est détruit. Malgré cela, sur les 3 sites, les cages, malgré leur disparition "prématurée" ont permis de réduire la "prédation" (figure ci dessous)
- Donc, cette expérimentation ne permet pas d'obtenir une réponse claire au problème de "sous production" rencontré sur Boyard. Par contre, un constat est fait d'une protection "générale" assurée par le grillage de protection sur les sites !...



rendements comparés par pieu avec ou sans protection grillagée

ANNEXE 5 - Mesures effectuées sur les sites du Réseau REMOULA entre 2000 et 2005

	Période	Echantillon	Pertuis Breton				Pertuis d'Antioche		
			Fillères	Bouchots					
				Aiguillon	Roulières	Marsilly	Yves	Boyard	
Biométrie									
Poids total	2000-2005	Global sur 30 indiv	Mensuel*	Mensuel	Trimestriel	Trimestriel	Trimestriel	Trimestriel	
Longueur individuelle	2000-2005	Individuel sur 30 indiv	Trimestriel	Trimestriel	Trimestriel	Trimestriel	Trimestriel	Trimestriel	
Poids sec de coquille	2000-2005	Individuel sur 30 indiv	Trimestriel	Trimestriel	Trimestriel	Trimestriel	Trimestriel	Trimestriel	
Poids sec de chair	2000-2005	Individuel sur 30 indiv	Trimestriel	Trimestriel	Trimestriel	Trimestriel	Trimestriel	Trimestriel	
Poids frais	2000-2005	Global sur 30 indiv	Mensuel*	Mensuel	Trimestriel	Trimestriel	Trimestriel	Trimestriel	
Largeur - Epaisseur	2000-2005	Individuel sur 30 indiv	1er et dernier prélèvement	1er et dernier prélèvement	1er et dernier prélèvement	1er et dernier prélèvement	1er et dernier prélèvement	1er et dernier prélèvement	
Température									
Sonde thermique, 15 min	2000-2005		oui	oui	oui	oui	oui	oui	
Mortalité									
Comptage des moules vivantes restantes	2000-2005	1 poche par site	Mensuel*	Mensuel	Trimestriel	Trimestriel	Trimestriel	Trimestriel	
Biochimie									
Protéines – lipides – Glucides totaux - Glycogène	2000-2004	Global sur 3 groupes de 10 individus	Mensuel*	Mensuel	non	non	non	non	
Maturation									
Observations histologiques	2003-2004	Individuel sur 15 individus	Mensuel*	Mensuel	non	non	non	non	