

ifremer

Département ODE
Laboratoire Environnement-Ressources des Pertuis Charentais

Patrick SOLETCHNIK
Olivier LE MOINE
Stéphane ROBERT

R.INT ODE / LER / LERPC 2008



Les mortalités d'huîtres creuses (*Crassostrea gigas*) dans les Pertuis Charentais. Résultats de l'année 2008

Fiche documentaire

Numéro d'identification du rapport : Diffusion : libre : <input checked="" type="checkbox"/> restreinte : <input type="checkbox"/> interdite : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Validé par :	date de publication : 2008 nombre de pages : 64 bibliographie : dans le texte illustration(s) : oui langue du rapport : FR
Titre de l'article : Les mortalités d'huîtres creuses (<i>Crassostrea gigas</i>) dans les Pertuis Charentais. Résultats de l'année 2008.	
Contrat n° Rapport intermédiaire <input type="checkbox"/> Rapport définitif <input checked="" type="checkbox"/>	
Auteurs principaux : Patrick SOLECHNIK, Olivier LE MOINE, Stéphane ROBERT	Organisme / Direction / Service, laboratoire IFREMER/ODE/LER/LERPC
Encadrement(s) :	
Cadre de la recherche : Projet Développement Durable Pêche et Conchyliculture dans les Pertuis Charentais. Financement par la Région Poitou-Charentes (CPER 2007-2013) et par le FEDER.	
Destinataire :	

Résumé

Un épisode de mortalité d'huîtres creuses, d'une rare violence, a frappé le monde ostréicole au printemps – été 2008. Cette crise de mortalité a concerné les principales régions ostréicoles du littoral français et constitue très certainement la plus forte crise ostréicole subie par la profession depuis l'éradication de l'huître portugaise par un agent pathogène et l'importation de l'huître japonaise à la fin des années 1960.

Ce rapport constitue une synthèse régionale des mortalités d'huîtres creuses en 2008. Il effectue un bilan des mortalités à partir des constats et réseaux de mesures de la mortalité. La deuxième partie du rapport présente une analyse explicative de la mortalité.

Les principaux partenaires de cette étude sont :

- les professionnels ostréiculteurs
- le Comité Régional de la Conchyliculture en Poitou – Charente (CRC Poitou – Charente)
- la Direction Régionale des Affaires Maritimes de Marennes (DRAM)
- Le Centre Régional d'Expérimentation et d'Application Aquacole (CREAA)
- Les divers laboratoires régionaux de l'IFREMER (LGP et LERPC)
-

Les déclarations de mortalités d'huîtres, effectuées par les professionnels, représentent plus de 2700 observations et permettent une perception de la propagation de la mortalité dans les Pertuis Charentais; Les mortalités, centrées sur juin – juillet ont commencé à apparaître dès le début du printemps dans le pertuis Breton. Puis, l'extension des mortalités s'est généralisée à l'ensemble des pertuis au cours des mois de juillet et août, certainement en lien avec l'hydrodynamique et les transferts de cheptels.

Par ailleurs, les campagnes de mesures de mortalités (Ifremer, SRC et DRAM ~ 350 mesures réalisées entre le 25 juillet et le 6 août) montrent que la mortalité touche d'abord le naissain, puis les huîtres de 2 et 3 ans dans des proportions respectives d'environ 52%, 39% et 15%. La mortalité "moyenne" des lots de naissain en provenance de captage est d'environ 57%, supérieure à celle du naissain issu d'écloserie (~ 48%). Ce résultat est à rapprocher du modèle Morest qui montre que la fenêtre de risque "ouverte" est maximale quand les huîtres sont en reproduction. Durant la période de mortalité, même les huîtres "stériles" (huîtres triploïdes), représentant environ 75 % des huîtres d'écloserie en 2008 (Dégremont, com pers) sont touchées par les mortalités.

Les spécificités de la mortalité estivale de l'année 2008 dans les Pertuis Charentais sont bien: (1) son intensité exceptionnelle sur le naissain; (2) l'identification très fréquente d'organismes pathogènes dans les lots subissant des mortalités; (3) une origine dans le pertuis Breton (au mois de mai) dans une eau à température de 15 - 17°C; (4) une transmission horizontale (très probablement) du nord vers le sud des pertuis; (5) elle touche également les huîtres triploïdes (produisant peu ou pas de gamètes).

Si les caractéristiques des conditions climatiques (hiver doux, printemps pluvieux) et hydrologiques particulières (chute du bloom phytoplanctonique), intègrent bien le modèle général de mortalité développé depuis quelques années et issu de Morest (fragilisation physiologique des cheptels), les conditions de déclenchement de cette mortalité "dérogent" en parti au modèle attendu [points (3) et (5) ci dessus]. En 2008, la "fenêtre de risque" vis à vis de la mortalité est bien "globalement ouverte" par la période de maturation, et lors du franchissement de la température seuil de 19°C, mais avec des "spécificités" discutées dans ce rapport.

Mots-clés

huître creuse, *Crassostrea gigas*, Pertuis Charentais, mortalité, naissain

Sommaire

<hr/>	
<hr/>	
<u>1. INTRODUCTION A LA MORTALITE "ESTIVALE" DE L'HUITRE CREUSE <i>CRASSOSTREA GIGAS</i></u>	7
1.1. LA MORTALITE "ESTIVALE" DE L'HUITRE DANS LES PERTUIS CHARENTAIS	7
1.2. ETAT DES CONNAISSANCES AU NIVEAU NATIONAL	8
1.3. PRESENTATION DE L'ETUDE REGIONALE	10
<u>2. LES MORTALITES D'HUITRES EN 2008</u>	11
2.1. LES RESEAUX DE SUIVI DES MORTALITES (IFREMER ET CREEA). PRESENTATION ET PREMIERS RESULTATS	11
2.1.1. LES RESEAUX IFREMER	11
2.1.2. LES RESEAUX DU CREEA	12
2.1.3. MORTALITE DES HUITRES "RESISTANTES" (R) ET "SENSIBLES" (S) (IFREMER/ LGP)	13
2.1.4. MORTALITE DES HUITRES STERILES	14
2.2. CONSTATS DE MORTALITES EFFECTUES PAR LES AFFAIRES MARITIMES, L'IFREMER ET LA SRC	15
2.2.1. INTENSITE DES MORTALITES SELON L'AGE ET L'ORIGINE DES CHEPTELS	15
2.2.2. INTENSITE DES MORTALITES SELON LES SECTEURS D'ELEVAGE	16
2.2.3. INTENSITE DES MORTALITES SELON LA DENSITE DES ELEVAGES	16
2.2.4. INTENSITE DES MORTALITES SELON L'ALTITUDE DES PARCS	17
2.3. DECLARATIONS DE MORTALITES D'HUITRES PAR LES PROFESSIONNELS AUX AFFAIRES MARITIMES	17
2.3.1. LA DISTRIBUTION SPATIALE ET TEMPORELLE DES DECLARATIONS	18
2.3.2. ANALYSE DE LA DISTRIBUTION SPATIALE ET TEMPORELLE DES MORTALITES	19
2.3.3. ETUDE DE L'INFLUENCE DE COMPOSANTES HYDRODYNAMIQUES SUR LA MORTALITE	24
2.3.4. ORIGINE DES PREMIERES MORTALITES D'HUITRES DANS LES PERTUIS CHARENTAIS	26
2.4. BILAN DES MORTALITES DANS LES PERTUIS CHARENTAIS EN 2008	28
<u>3. ANALYSE DES CAUSES DE MORTALITES D'HUITRES EN 2008</u>	29
3.1. AFFAIBLISSEMENT PHYSIOLOGIQUE DES HUITRES	30
➤ CONDITIONS CLIMATIQUES DANS LES PERTUIS CHARENTAIS ?	31
➤ RISQUES ASSOCIES AUX TEMPERATURES HIVERNALES DOUCES ?	33
➤ CHUTE DE LA RESSOURCE ALIMENTAIRE	33
3.2. POURQUOI UNE "FENETRE A RISQUES" ?	34
➤ LE RISQUE ASSOCIE A LA MATURATION	35
➤ TEMPERATURE DE 19°C ; QUELLE SIGNIFICATION ?	38

3.3. LES FACTEURS DECLANCHANT	39
➤ LES FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX	39
➤ LES PRATIQUES CULTURALES	39
➤ LES ORGANISMES PATHOGENES	40
4. DISCUSSION / CONCLUSION	41
➤ PERSPECTIVES POUR LA RECHERCHE	44
5. REFERENCES	46
6. TABLES DES ILLUSTRATIONS	48
7. ANNEXES	51

1. Introduction à la mortalité "estivale" de l'huître creuse *Crassostrea gigas*

1.1. La mortalité "estivale" de l'huître dans les Pertuis Charentais

Depuis l'importation de l'huître japonaise *Crassostrea gigas* dans les Pertuis Charentais, à fin des années 60 (opération RESUR), des mortalités importantes ont touché les huîtres en élevage en 1976 (Parache, 1989) et surtout en 1988 (Bodoy, et al., 1990), en lien avec des épisodes de crues de la Charente.

Dans le bassin de Marennes Oléron, les mortalités "classiques" touchent plus les juvéniles d'huîtres que les adultes. C'est là une "spécificité régionale" mise en évidence dans l'analyse du réseau REMORA de suivi des performances biologiques des huîtres sur le littoral Français ([Annexe 1](#)).

Pour les huîtres plus âgées, les mortalités des années 1990, concernent principalement les huîtres en élevage sur le sol (parcs "à plat") dans les "hauts" d'estran (Lodato, 1997) (Soletchnik, et al., 2005). Progressivement, au fil des années, l'élevage "à plat", traditionnel a laissé sa place aux cultures sur tables.

Le modèle de mortalité "plat – table" (comparaison de conditions d'élevage "à plat" et "sur table"), repris dans les travaux issus de Morest, trouve son origine dans le sud du Bassin de Marennes Oléron (bancs de Ronces et Perquis). Des travaux engagés depuis 1996 (Lodato, 1997) ont montré comment la proximité du sédiment accentuait la mortalité estivale (Soletchnik, et al., 2005). Par la suite, des études en écotoxicologie du sédiment ont montré que les élevages d'huîtres étaient occasionnellement soumis à des risques anthropiques (Burgeot, et al., 2007).

Au fil des années, les professionnels ont " par la force des choses" modifié leur jugement vis à vis de la mortalité "supportable" par l'entreprise. Les taux de mortalité "tolérés" sont de l'ordre de 30 % sur le 1 an, et parfois plus. Auparavant, la mortalité estimée "normale" était de 15 % sur le grattis. Les professionnels considèrent aujourd'hui que les quantités de naissains nécessaires à la production d'une tonne d'huîtres ont été multipliées par un facteur 3 à 9 !

Ainsi la mortalité des huîtres, et en particulier du naissain, s'est accentuée de façon considérable durant les dernières 20 dernières années de cultures de *Crassostrea gigas*. Les professionnels ont du s'adapter pour maintenir en vie leurs entreprises en supprimant progressivement l'élevage à plat, en surélevant les tables et en développant de nouvelles technologies de production "vers le large" telle la culture sur filières.

1.2. Etat des connaissances au niveau national

Suite aux importants épisodes de mortalité qui se sont succédés dans les différents bassins ostréicoles français (1982-83, 1988, 1994-95) et devant une mortalité chronique s'intensifiant dans les années 90, l'Ifremer a mis en place une étude nationale pour (1) fédérer les compétences des laboratoires côtiers et spécialisés de l'Ifremer et de l'université, des Instituts techniques régionaux, et (2) travailler avec les professionnels (SRC, CNC) sur cette problématique (Samain, McCombie, 2007) :

- Une sélection génétique a été réalisée sur les huîtres en faisant apparaître un caractère "sensible" (S) et "résistant" (R) à la mortalité. Ces phénotypes génétiques semblent corrélés à des profils de reproduction différents; les "résistants" étant plutôt des "pondeurs rapides" et les huîtres "sensibles" présentent une stratégie de pontes partielles et un effort de reproduction supérieur (Huvet, et al., 2007).
- Le lien avec la reproduction est également démontré; Un déficit énergétique peut affaiblir les huîtres en période estivale, voir conduire à une détérioration du système de défense (augmentation de la sensibilité à l'infection ou aux mortalités estivales (Lambert, et al., 2007). Toutefois, les études conduites "in vivo" ont montré combien les interactions environnement -reproduction et système de défense sont complexes.
- Implication des agents pathogènes; le virus OsHV-1 est fréquemment rencontré chez les huîtres de moins de 1 an et spécialement quand la température passe au-delà de 20°C ; les souches de *Vibrio Splendidus* et *Vibrio Aestuarianus* sont identifiées dans 50 % des cas de mortalité (Nicolas, et al., 2007).
- Dans le domaine de l'écotoxicologie, stress chimiques en provenance du sédiment et herbicides sont identifiés dans l'environnement des élevages, en particulier dans le Bassin de Marennes Oléron, agissant en particulier sur les micro algues, mais sans démonstration d'un effet direct sur les huîtres (Burgeot, et al., 2007).
- Une température "seuil" d'environ 19°C est une "constante" dans l'apparition des mortalités estivales. Les résultats de mortalités conduisent à suspecter des processus de minéralisation dans le sédiment ou une action indirecte via la sélection d'une microflore de *Vibrio*. Dans l'état actuel des connaissances, ces hypothèses sont spéculatives et doivent faire l'objet d'études à venir (Moal, et al., 2007).
- Dans le domaine de l'environnement sensu stricto, les études conduites au cours du programme MOREST, montrent que la mortalité des huîtres de 2 ans est bien liée aux apports d'eau douce dans les bassins conchylicoles (Ropert, et al., 2007). Par contre, la mortalité du naissain semble plus associée à la ressource trophique et aux conditions physiologiques fragilisant ces huîtres de premières années en condition de reproduction (Ropert, et al., 2007).

Emergence d'un premier modèle conceptuel pour la mortalité estivale des huîtres creuses

Le modèle conceptuel global est un modèle d'interactions complexes entre l'huître, son environnement, et un organisme pathogène. Durant la période d'étude du programme MOREST, l'absence d'organismes pathogènes virulents, a conduit à "simplifier" le modèle de mortalité à une interaction complexe entre l'huître et son environnement; l'organisme pathogène intervenant alors "en bout de course", comme "opportuniste" pour "finir le travail. Ce modèle conceptuel a été publié à l'attention des professionnels (Soletchnik, 2008)

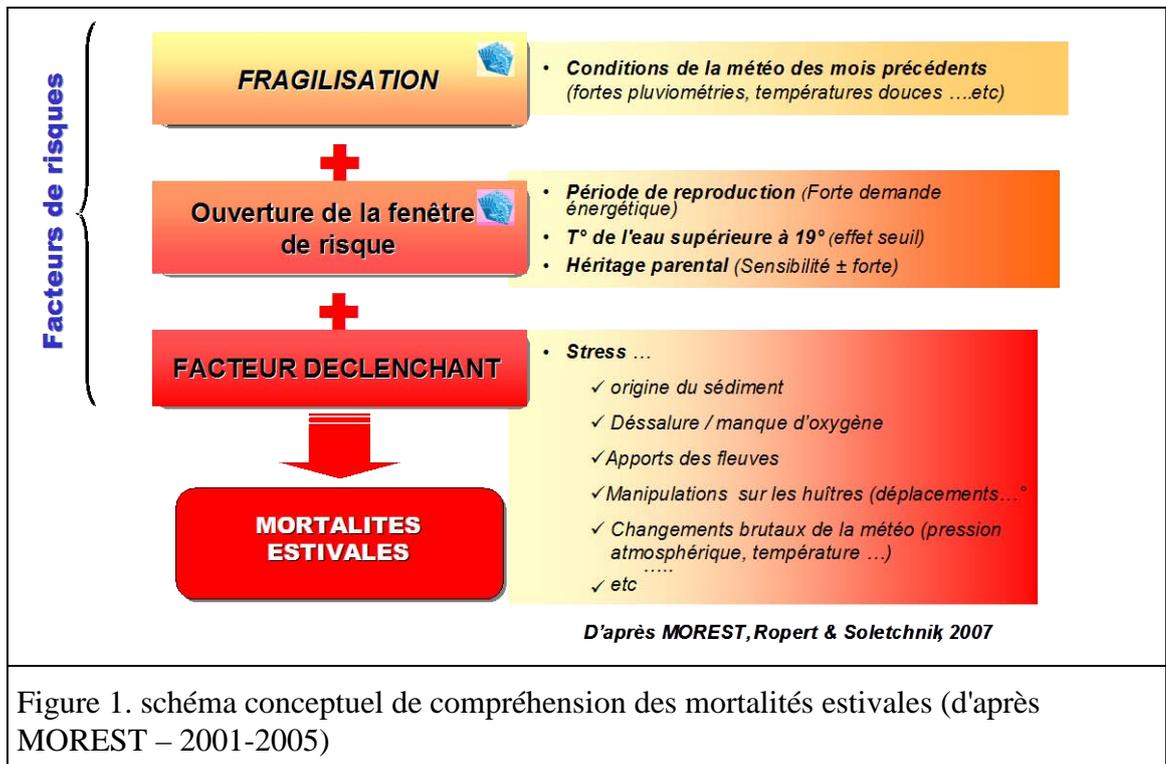
Le modèle de mortalité estivale de l'huître creuse s'articule en 3 "volets" qui correspondent en fait à 3 conditions majeures conduisant à des épisodes de mortalités (Figure 1) (Soletchnik, 2008).

Condition 1: une **fragilisation physiologique** des huîtres se réalise entre l'automne - hiver (année n-1) et le printemps (année n).

Condition 2: **l'huître est en période de reproduction** (maturation en cours ou maturation avancée). C'est toujours durant cette période de reproduction, décalée d'une région ostréicole à une autre, que l'huître est "vulnérable" aux mortalités estivales; Cette période de reproduction définit une "**fenêtre de risque**" des mortalités estivales.

De plus, les mortalités surviennent lorsque la **température** de l'eau **atteint et franchit le seuil de 19°C**.

Condition 3: un (ou plusieurs) **facteurs de stress** deviennent alors "déclencheur" des mortalités estivales. Un stress ne devient "déclencheur" que si les conditions 1 et 2 sont "remplies".



1.3. Présentation de l'étude régionale

Les partenaires de cette étude sont :

- La Section Régionale Conchylicole de Marennes (SRC)
- Les professionnels (déclarations de mortalités et adhérents aux réseaux d'observation du CREEA)
- La Direction Régionale des Affaires Maritimes de Marennes (DRAM)
- Le Centre d'Expérimentation et d'Application Aquacole (CREEA)
- L'Ifremer la Tremblade avec le "laboratoire Environnement et Ressources des Pertuis Charentais" (LERPC) et le laboratoire de Génétique et pathologie (LGP)

Origine des données sur les mortalités d'huîtres :

Les données sur les mortalités proviennent de déclarations de professionnels aux Affaires maritimes (SRC, Profession), de constats (DRAM, Ifremer, SRC) et de résultats de réseaux (CREEA et Ifremer) (Tableau 1).

Tableau 1. Les différentes sources de données sur les mortalités 2008 dans les Pertuis Charentais

Origine	Données mortalité
Professionnels / DRAM	~2700 déclarations
DRAM / Ifremer/ SRC	~350 constats sur parcs
CREEA : Observatoire Croissance et mortalité	Données 2008 et références années antérieures
CREEA / Professionnels : Observatoire de la mortalité des huîtres en finition	Données 2008
IFREMER / réseau REPAMO	Recherche et analyses d'organismes pathogènes
IFREMER / réseau REMORA /reproduction DAGNAS	Résultats de l'année 2008
IFREMER / LGP – équipe génétique	Résultats sur les huîtres R et S (*)

(*) Huîtres sélectionnées "Résistantes" et "Sensibles" aux mortalités estivales en 2002

Origine des données sur l'environnement :

Les données sur l'environnement proviennent de MétéoFrance (données climatiques) et des réseaux Ifremer d'hydrobiologie des Pertuis Charentais (mesures en continues "haute fréquence") (Bulletin Bulldoser).

2. Les mortalités d'huîtres en 2008

2.1. Les réseaux de suivi des mortalités (IFREMER et CREEA). Présentation et premiers résultats

2.1.1. Les Réseaux IFREMER

➤ Présentation des réseaux

Le laboratoire de Génétique et pathologie de la Tremblade organise, coordonne et gère le REseau PAtHologie MOllusques (REPAMO). Ce réseau contrôle, par analyses, l'infection de parasites et pathogènes des coquillages, et en particulier de l'huître.

(<http://www.ifremer.fr/lerpc/reseaux/repamo/repamo.htm>)

Depuis 1993, le REseau MOllusques des REndements Aquacoles (REMORA) suit les performances de croissance et survie de l'huître creuse *Crassostrea gigas* dans les différents bassins conchylicoles français, et en particulier dans les Pertuis Charentais. (<http://www.ifremer.fr/lerpc/reseaux/remora/remora.htm>) Le réseau REMORA suit chaque année, la survie, la croissance et la qualité de 2 lots d'huîtres creuses (juvéniles et 18-mois) répartis dans 45 stations des principales régions ostréicoles françaises. Dans les Pertuis Charentais, le réseau comprend 9 stations. Il a récemment fait l'objet d'une analyse régionale (Annexe 1).

Depuis 1986, la reproduction de l'huître creuse *C. gigas* sont suivis sur le site de DAGNAS, au centre du Bassin de Marennes Oléron (Figure 14).

(http://www.ifremer.fr/lerpc/reseaux/reproduction/effort_reproduction.htm)

➤ Résultats¹

Sur le site de DAGNAS (région centrale du Bassin de Marennes Oléron), la mortalité d'huîtres de 18mois (mises en élevage au mois de janvier), cumulée sur la période printemps – été, est de l'ordre de 1% en 2006, comprise entre 6-8% en 2001, 2002, 2004 et 2005 et supérieure à 12% en 2003.

Les années 2007 et 2008 sont les deux années à plus forte mortalité (supérieure à 16%) pour des huîtres adultes de plus de 2 ans (Figure 2).

¹ Les résultats du réseau REPAMO seront évoqués dans un paragraphe ultérieur

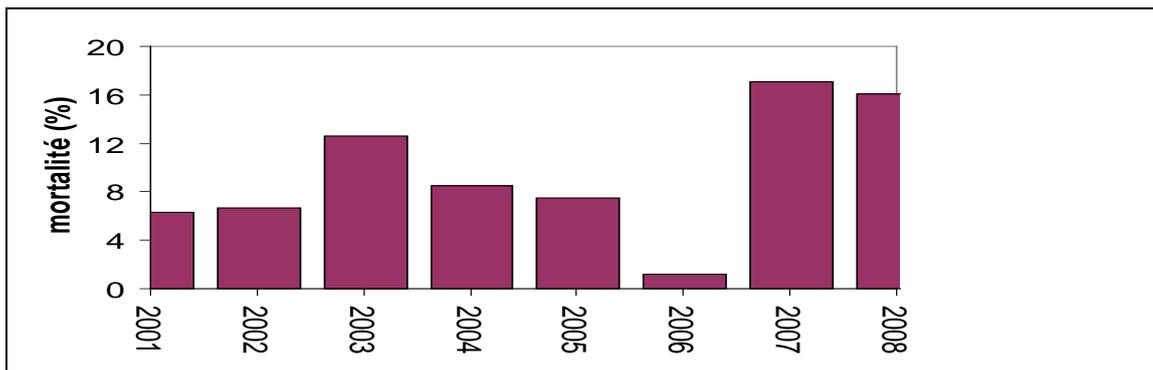


Figure 2. Taux de mortalité cumulée sur la période "printemps – été" (avril à septembre) pour les huîtres de 2 ans sur le site de Dagnas (Figure 14) entre 2001 et 2008.

Tableau 2. Classement des années selon la mortalité huîtres de 1 et 2 ans dans les 9 stations des Pertuis Charentais, du réseau REMORA

Au niveau du réseau REMORA, sur la base d'une comparaison de 16 années de résultats, 2007 et 2008 apparaissent bien comme deux années de fortes mortalités (Tableau 2).

Année	Mortalité		
	forte	moyenne	faible
1993			faible
1994	forte		
1995	forte		
1996			faible
1997			faible
1998		moyenne	
1999	forte		
2000		moyenne	
2001		moyenne	
2002		moyenne	
2003		moyenne	
2004		moyenne	
2005			faible
2006		moyenne	
2007	forte		
2008	forte		

2.1.2. Les Réseaux du CREEA

Le CREEA entretient depuis près de 15 ans un observatoire des croissances et survies des huîtres à Marennes – Oléron (<http://pagesperso-orange.fr/creaa/>). Suite aux mortalités anormales d'huîtres de 3 ans, rencontrées en 2007, un réseau de suivi d'huître en finition a été mis en place chez les professionnels en 2008 (<http://pagesperso-orange.fr/creaa/>).

➤ Observatoire Croissance et Mortalité (CREEA)

La mortalité de naissain a d'abord concerné le pertuis Breton (Nord de l'île de Ré) durant la "maline" (marées de forts coefficients) de mi-juin, puis le pertuis d'Antioche (Sud de l'île de Ré) et le Bassin de Marennes Oléron durant le mois de Juillet. Les différences de mortalité, visibles entre les bancs ostréicoles, au mois de juin, disparaissent complètement à partir de mi-juillet. La mortalité a alors atteint son "maximum" d'intensité, et redevient "normale" au mois d'août.

Le "grattis"² (mis en place à la fin du mois d'avril) a donc subi une mortalité exceptionnelle de 71 % au cours du printemps – été 2008 (Figure 3). Le parc de la Flotte au nord de l'île de Ré a été le plus touché avec 92 % de mortalité.

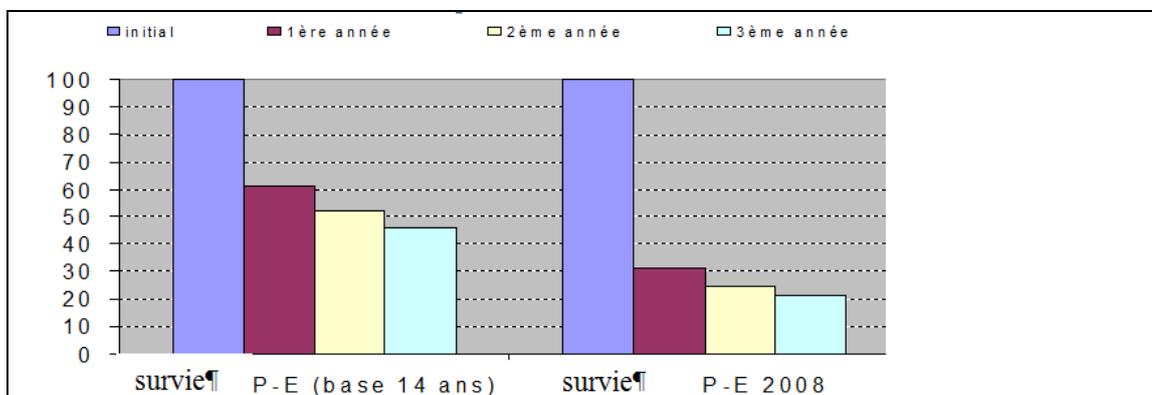


Figure 3. Survie comparée des huîtres dans le Bassin de Marennes Oléron. Résultats issus du réseau d'observation du CREAA et comparant pour les 3 classes d'âge en élevage (1ère, 2ème et 3ème année) de gauche à droite la mortalité : (1) moyenne au cours du printemps - été ; (2) idem pour l'année 2008; (3) la moyenne annuelle dans le Bassin de Marennes Oléron.

Les autres classes d'âge (2 et 3 ans) ont supporté une mortalité d'environ 10 % supérieure à celle des autres années : 26 % et 22 % en 2008 contre 15 % et 12 % les autres années (Figure 3). La mortalité est survenue plus tardivement au mois de juillet, en particulier pour les huîtres de 3 ans.

Le Réseau professionnel de suivi des mortalités des huîtres en finition confirme ces résultats pour les huîtres de 3 ans³.

2.1.3. Mortalité des huîtres "résistantes" (R) et "sensibles" (S) (Ifremer/ LGP)

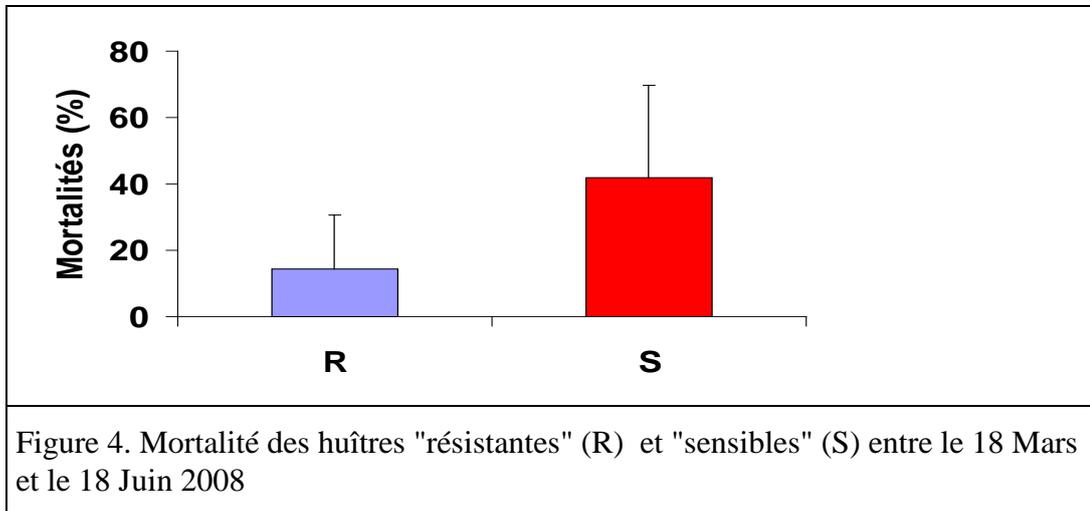
Ces huîtres sont issues de la sélection faite en 2002 par le Laboratoire de Génétique et Pathologie de l'Ifremer la Tremblade au début du défi Morest. Depuis cette date, le Laboratoire de Génétique conserve (par croisements) ces lots d'huîtres creuses sélectionnées pour leur caractère "résistantes" (R) et sensibles (S) à la mortalité.

En marais, des mortalités massives ont été observées le 12/05/08. La mortalité moyenne des lots S ("Sensibles") est de 66 % contre 32 % pour les lots R ("Résistants").

² Jeunes huîtres de l'année, captées sur collecteurs et mises en poche durant le printemps

³ Déjà en 2007, une mortalité "anormale" de 21% a touché les huîtres de 3ème année. Ces résultats sont cohérents avec ceux du suivi sur Dagnas.

Sur estran, à DAGNAS (Figure 14) entre le 18 mars et le 18 Juin 2008, les mortalités moyennes sont de 42 % pour les lots S et de 14 % pour les lots R (Figure 4).



La différence de mortalité entre les R et les S indique une composante génétique significative pour la survie. Celle-ci est due à la pression de sélection réalisée en 2002 visant à augmenter et diminuer la survie pour des juvéniles *C. gigas*

2.1.4. Mortalité des huîtres stériles

Sur la base de 2700 déclarations de mortalités de professionnels, environ 73 % concernent des huîtres provenant de captage, et 27 %, des huîtres issues d'écloserie. Si 70 % des huîtres issues d'écloserie, en 2008 sont des huîtres stériles (Dégremont, com. Pers.), alors **près de 20 % des déclarations de mortalité de naissain concerneraient des huîtres "stériles"**. Tous ces lots étaient – ils bien stériles ? Ce résultat est d'importance vis à vis du modèle de mortalité, car l'intensité des mortalités des huîtres triploïdes est similaire à celle des diploïdes. **Tout se passe comme si, durant cette crise de mortalité, l'état physiologique de reproduction n'était pas une condition sine qua non à la mortalité de l'huître.**

La sélection des "R" et "S" est efficace dans le contexte de la mortalité 2008, mais les huîtres "stériles" ne sont pas épargnées par les mortalités 2008. La sélection "R" et "S" serait plus une sélection sur les capacités de défenses (résistance "immunitaire" aux infections bactériennes ou virales ?) qu'une sélection "sensu stricto" sur le profil reproducteur des "R" et "S". C'est là une piste de recherche déjà développée dans Morest (Lambert, et al., 2007). Les études se poursuivent dans ce domaine.

2.2. Constats de mortalités effectués par les Affaires Maritimes, l'Ifremer et la SRC

Dans le cadre des mortalités anormales enregistrées au cours du printemps et de l'été 2008, les Affaires Maritimes (DRAM), la Section Régionale Conchylicole de Marennes – Oléron (SRC) et le Laboratoire Environnement Ressources des Pertuis Charentais (LER-PC) ont réalisé entre le 25 juillet et le 6 août un "état" de la mortalité dans les Pertuis Charentais (environ 350 constats). Chaque lot d'huîtres est "renseigné" par le comptage des huîtres vivantes et mortes, l'âge, la nature du cheptel (écloserie, sauvage) et le support d'élevage.

Une analyse de variance est réalisée à partir de la variable mortalité transformée et normalisée [ArcSinus Racine (mortalité)] en fonction de l'âge et de l'origine des élevages (écloserie ou captage) et du secteur d'élevage⁴.

2.2.1. Intensité des mortalités selon l'âge et l'origine des cheptels

Les deux facteurs : âge et origine des élevages ont des effets significatifs sur l'intensité de la mortalité des huîtres. Les huîtres de 1 an, 2 ans et 3 ans (et au-delà) présentent des niveaux de mortalité respectifs de 52 % (49 % – 56 %), 39 % (35 % – 42 %) et 15 % (8 % – 22 %) (Figure 5). **Il existe également une différence significative de mortalité entre le naissain d'écloserie (57 %) et le naissain en provenance de captage (48 %)** (Figure 5) (Annexe 2). La mortalité la plus forte concerne bien le naissain.

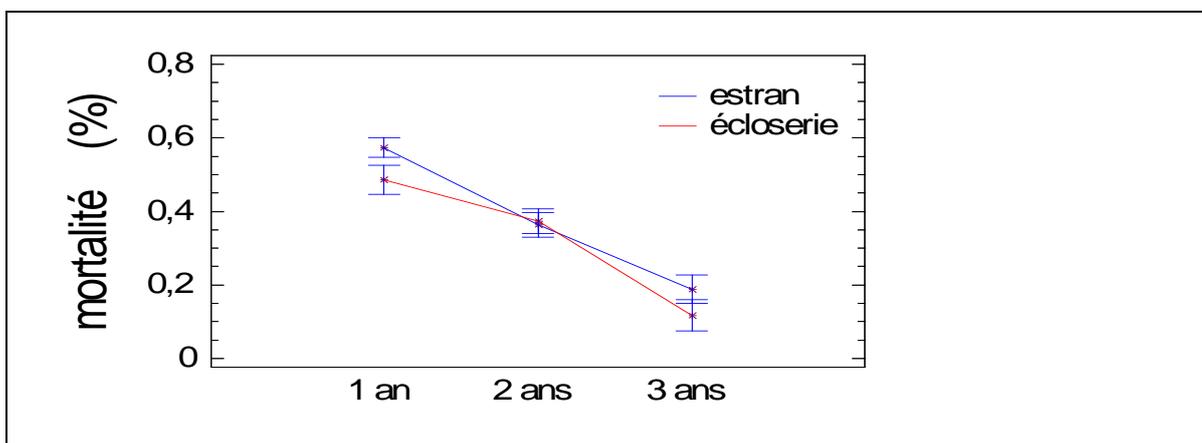


Figure 5. Moyenne des mortalités selon l'âge et l'origine des huîtres (écloserie ou captage) d'après les constats réalisés par l'Ifremer, la DRAM et la SRC (350 données).

⁴ Sans prendre en compte les secteurs de Charente et Seudre, trop peu représentés dans les échantillonnages de mortalité

2.2.2. Intensité des mortalités selon les secteurs d'élevage

L'analyse de variance de la mortalité est réalisée selon 4 grands secteurs géographiques : (1) le pertuis Breton (PB) (secteur des filières, nord de l'île de Ré et baie de l'aiguillon ; (2) le pertuis d'Antioche (PA) avec le sud de l'île de Ré, le secteur nord de la Charente et la zone de Boyard ; (3) le Bassin de Marennes Oléron (BM) avec les bancs centraux au bassin (coté continent et île d'Oléron) ; (4) le Pertuis de Maumusson (PM) représenté par les bancs ostréicoles situés au sud du Chapus.

Toutes classes d'âge confondues, la mortalité moyenne la plus faible (~ 32 % – 33 %) se retrouve dans le Bassin de Marennes Oléron et le Pertuis de Maumusson, et les mortalités moyennes plus élevée (37 % – 41 %) dans les pertuis d'Antioche et Breton (Figure 6). **Toutefois, la différence d'intensité de mortalité entre les secteurs d'élevage, n'est pas significative** en terme statistique. Il en est de même en ne considérant que le naissain.

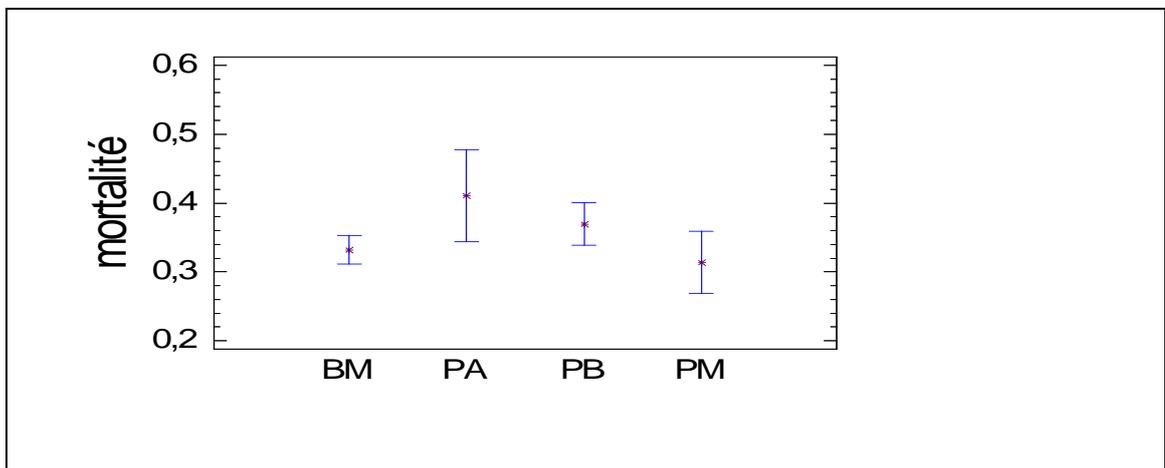


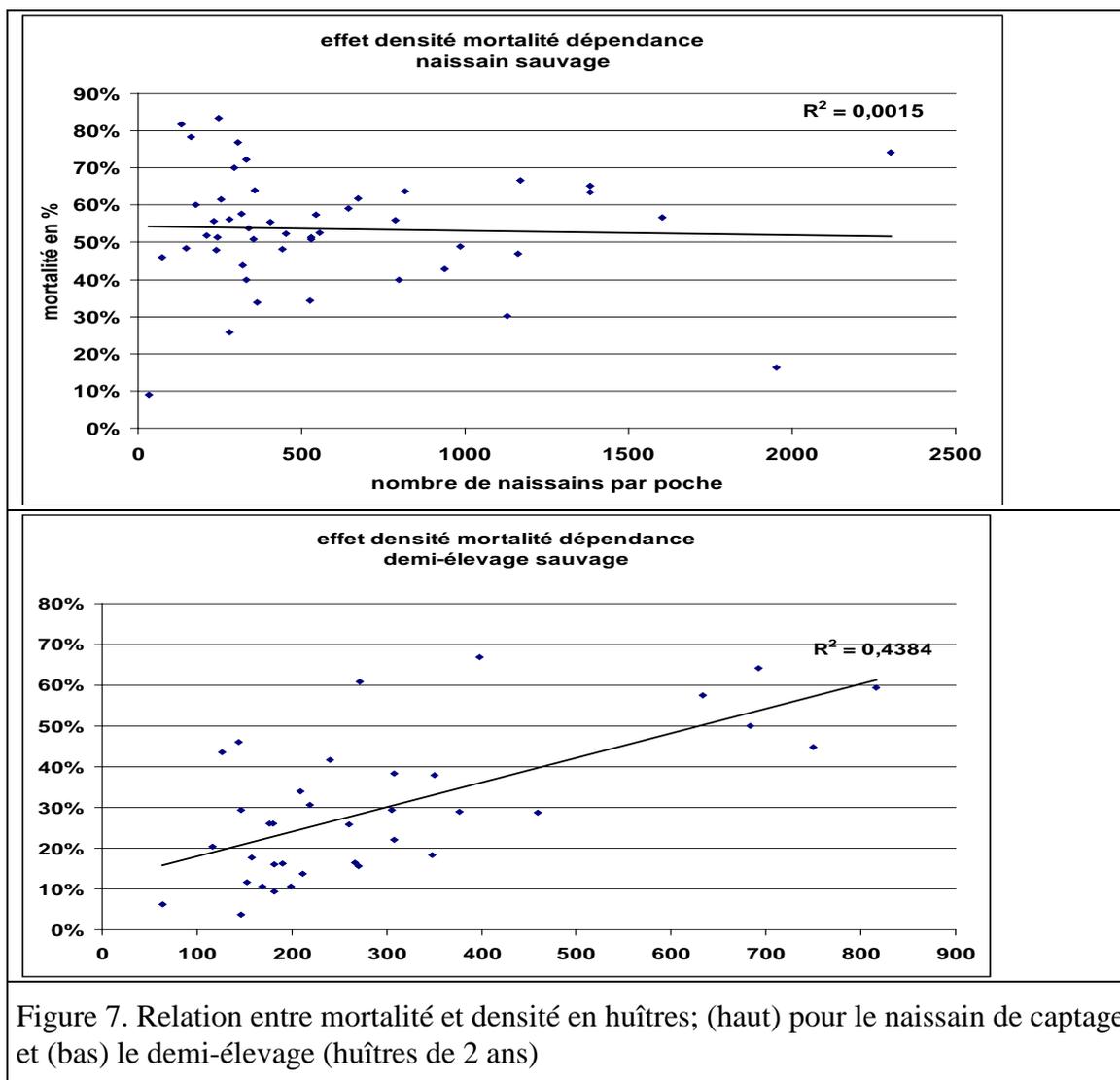
Figure 6. Mortalité moyenne selon quelques grandes zones d'élevage des Pertuis Charentais (BM bassin de Marennes; PA pertuis d'Antioche; PB pertuis Breton et PM pertuis de Maumusson) pour les 3 classes d'âge.

2.2.3. Intensité des mortalités selon la densité des élevages

Sur la base des constats effectués conjointement par la DRAM, la SRC et l'Ifremer, la mortalité ne semble pas liée à la densité du naissain dans les poches (entre 100 et 1500 naissains par poche) (Figure 7 - haut).

Par contre, pour le demi-élevage, à 200 huîtres par poche, la mortalité est de l'ordre de 20 % ; cette mortalité dépasse les 50% si la densité atteint les 700 – 800 huîtres par poche (Figure 7 - bas).

Ainsi donc, une relation densité – mortalité, inexistante pour le naissain, apparaît cependant pour les huîtres plus âgées (ici le demi – élevage).



2.2.4. Intensité des mortalités selon l'altitude des parcs

En plus des constats réalisés par la DRAM, l'IFREMER et la SRC entre le 23 juillet et le 6 août 2008, des radiales effectuées sur les bancs de la Casse (Bassin de Marennes Oléron) et sur le banc de Loix (pertuis Breton), permettent l'étude de la mortalité selon des niveaux d'immersion différents. Les parcs observés se répartissent entre les coefficients 64 et 98.

Sur la base de ces constats, aucune relation ne se dégage entre l'intensité des mortalités et la profondeur des parcs d'élevage.

2.3. Déclarations de mortalités d'huîtres par les professionnels aux Affaires Maritimes

Les déclarations de mortalités (n ~ 2700) des professionnels aux Affaires Maritimes, effectuées au fil des semaines, au cours du printemps – été 2008,

permettent une description spatiale et temporelle du développement des mortalités dans les Pertuis Charentais.

2.3.1. La distribution spatiale et temporelle des déclarations

Les déclarations de mortalité par les ostréiculteurs s'étalent de fin mars à début septembre avec un pic d'intensité de déclarations le 1^{er} juillet (337 déclarations sur 2615) (Figure 8). 94 % des déclarations sont faites en juin - juillet (Figure 9).

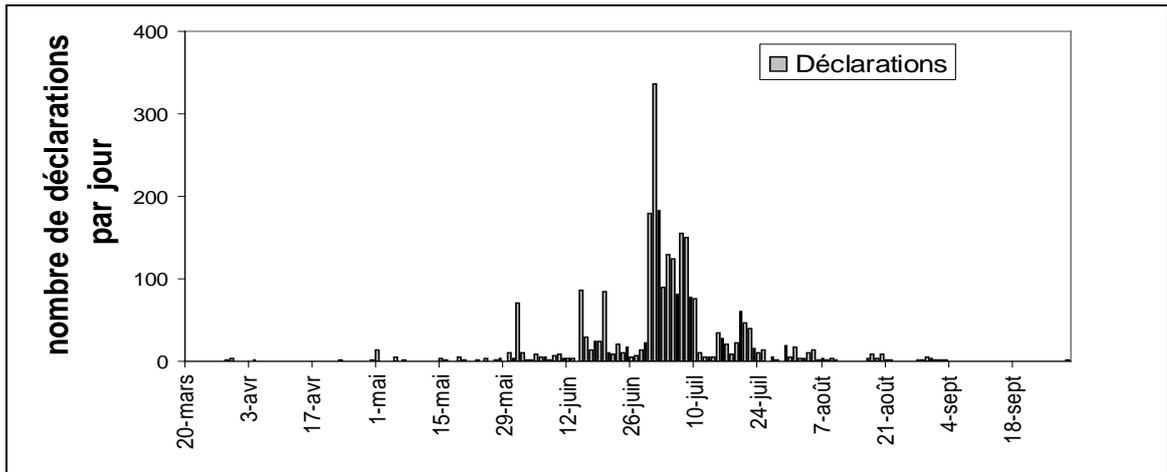


Figure 8. Distribution des déclarations de mortalité par les professionnels (n = 2615)

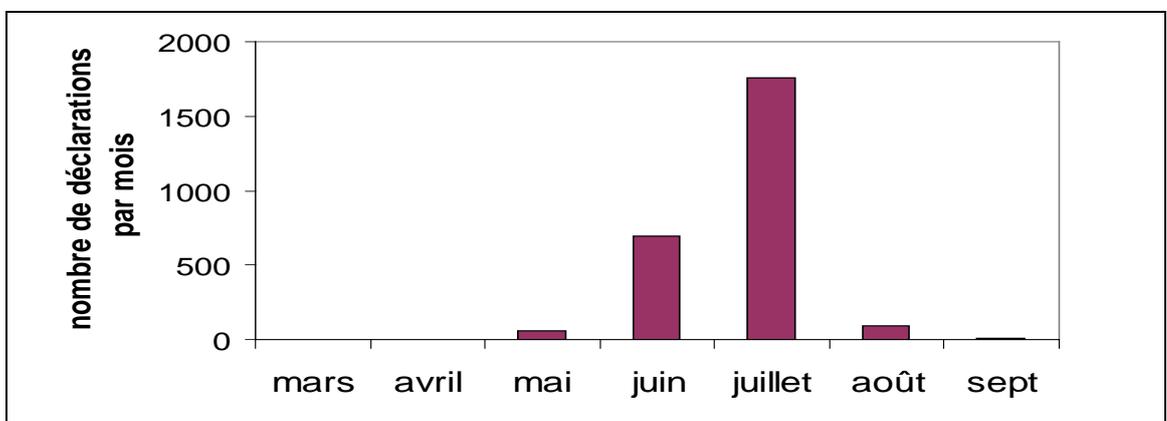


Figure 9. Distribution par mois des déclarations de mortalité des professionnels

La Figure 10 représente les mortalités de naissain et d'huîtres plus âgées dans les Pertuis Charentais, traduisant un gradient de l'intensité de la mortalité de 0 à 100 % (selon un code couleur du bleu au rouge). Les premiers résultats montrent une différence d'intensité de mortalité selon les masses d'eau; le signal est beaucoup plus marqué (cercles rouges) pour les huîtres de 1 an (naissain) dans le pertuis Breton que dans les autres pertuis (Figure 10 A). La partie sud du Bassin de Marennes est quant à elle relativement épargnée. Le gradient de mortalité, largement orienté Sud du vers le Nord pour les huîtres

de 1 an, s'estompe considérablement pour les classes d'âge supérieures (Figure 10 B).

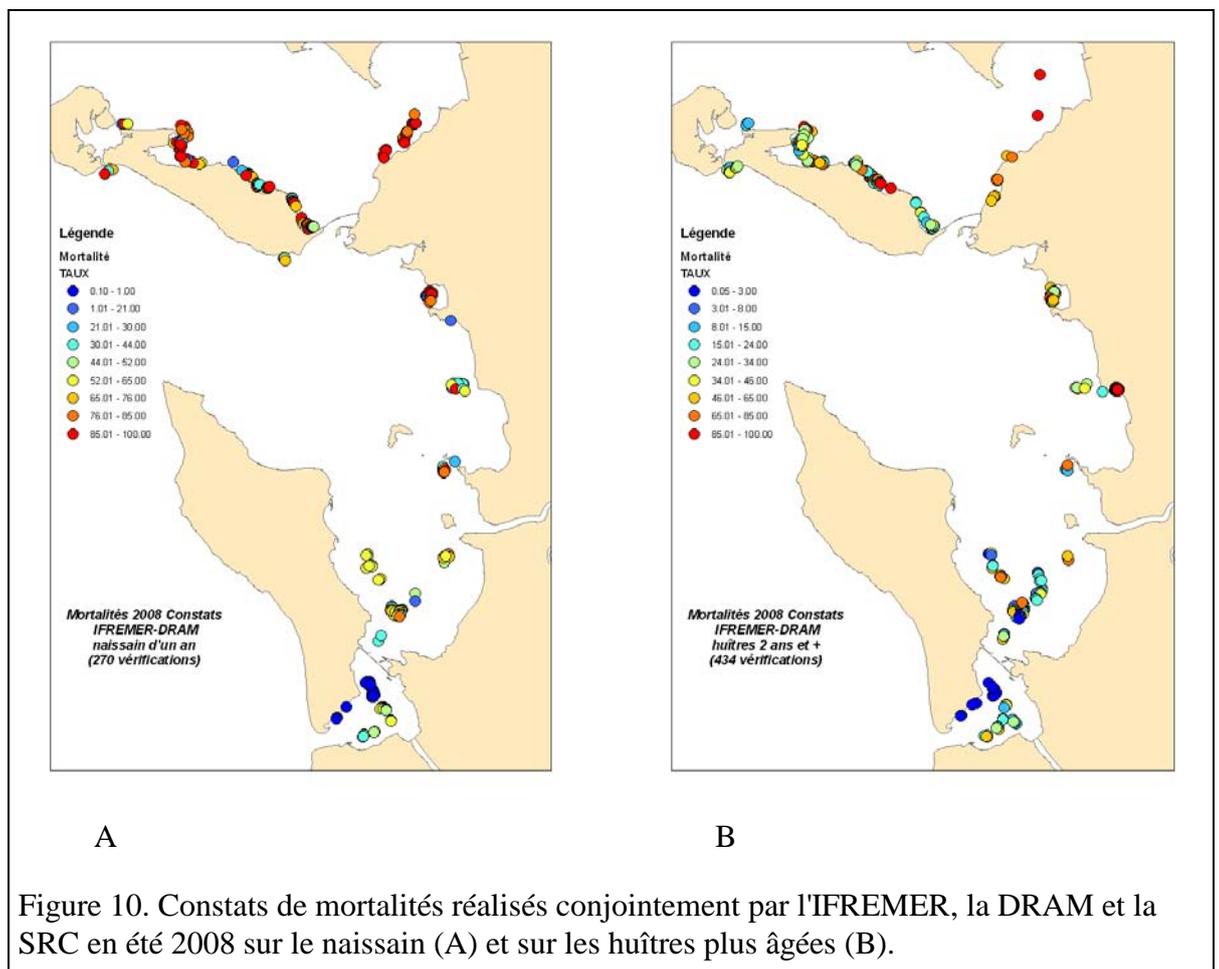


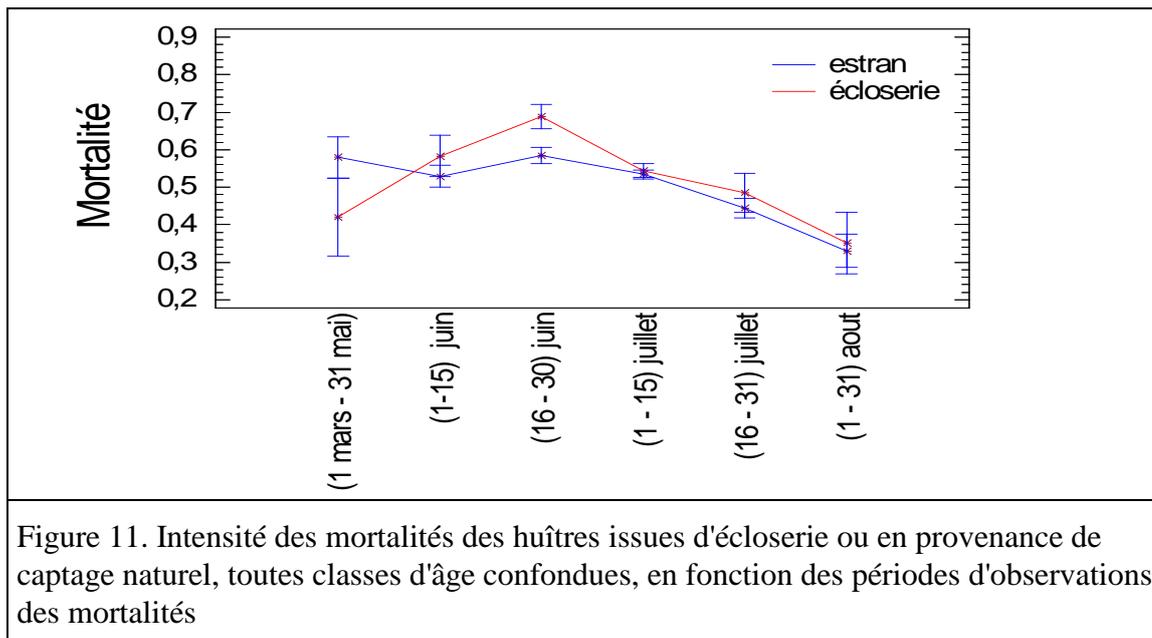
Figure 10. Constats de mortalités réalisés conjointement par l'IFREMER, la DRAM et la SRC en été 2008 sur le naissain (A) et sur les huîtres plus âgées (B).

2.3.2. Analyse de la distribution spatiale et temporelle des mortalités

Existe-t-il une différence entre les huîtres issues de captage et celles d'écloserie ?

Selon les données issues des déclarations des professionnels, la mortalité semble⁵ d'abord supérieure pour les huîtres issues de captage entre mars et mai (Figure 11). La tendance s'inverse durant la deuxième quinzaine de juin, période au cours de laquelle, l'intensité de la mortalité devient supérieure pour les huîtres d'écloserie. Toutefois, la différence est seulement significative durant la deuxième quinzaine du mois de juin (Figure 11).

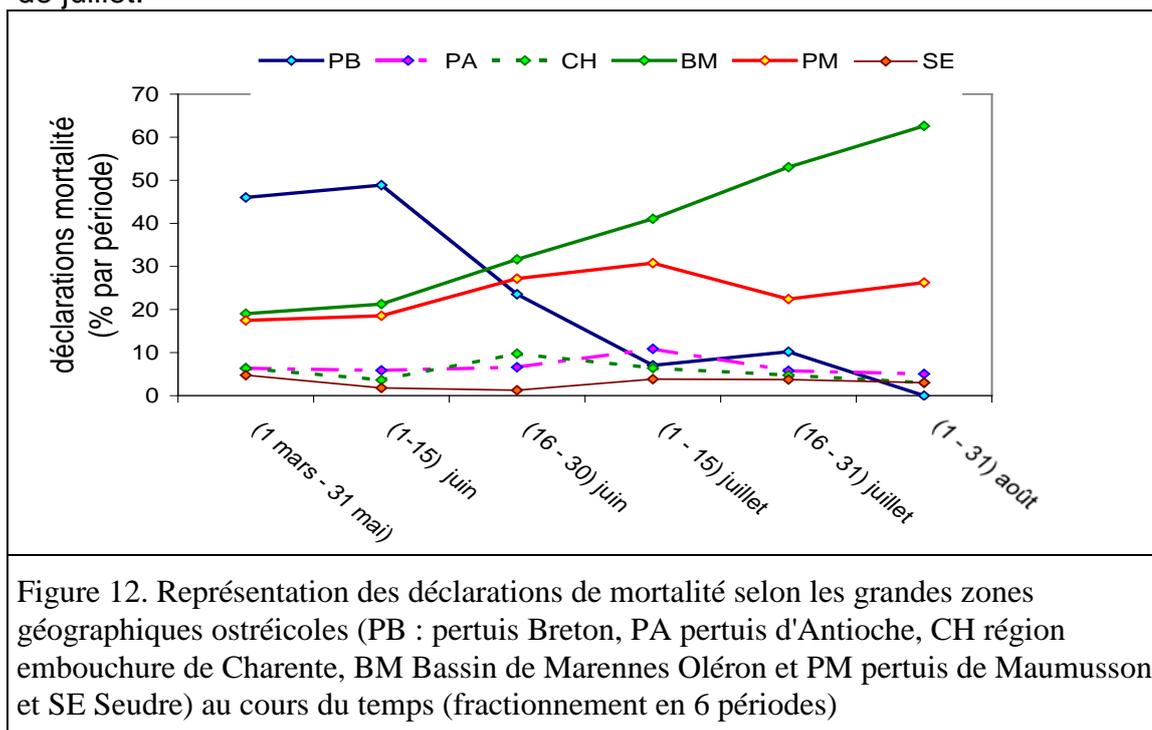
⁵ Intervalle de confiance en limite de recouvrement. La réponse est juste significative au seuil de 5% (limite statistique de validation d'un résultat)



Evolution des déclarations de mortalité dans 6 secteurs ostréicoles des pertuis

Le découpage reprend les 4 grands secteurs déjà identifiés dans un paragraphe antérieur (pertuis Breton PB, pertuis d'Antioche PA, le bassin de Marennes BM, le pertuis de Maumusson PM) auxquels se rajoutent les secteurs de Charente (CH) et la Seudre (SE).

Avant juin, près de 50 % des déclarations de mortalités proviennent du pertuis breton (Figure 12). Durant la première quinzaine de juin, le nombre de déclarations passe à 220 avec, là encore, près de 50 % de déclarations en provenance du pertuis Breton. Puis, les déclarations de mortalité se "dispersent" largement dans le Bassin de Marennes Oléron au cours du mois de juillet.



Mi-juin représente une période charnière dans l'analyse épidémiologique de la mortalité; avant mi-juin, les premières déclarations de mortalités sont faites à partir de cheptels peu ou pas déplacés par les professionnels. Après mi-juin, les pratiques culturales engendrent de multiples déplacements de cheptels, favorables à une propagation d'éventuels organismes pathogènes. La représentation des déclarations de mortalités effectuées avant et après mi-juin varie selon les secteurs ostréicoles (Figure 13). Elle est plus forte avant mi-juin sur le pertuis Breton, représentant 39 % et 28 % de naissain d'écloserie et de captage, alors que cette représentation est inférieure à 10 % sur tous les autres secteurs ostréicoles (Figure 13). Ce résultat montre que la mortalité provient très distinctement du pertuis Breton (origine géographique). Elle affecte plus "facilement" le naissain de captage (39 % des mortalités de naissain de captage du pertuis Breton a été déclarées avant mi-juin) que celui d'écloserie (28 % des mortalités de naissain de captage du pertuis Breton a été déclaré avant mi-juin) (Figure 13).

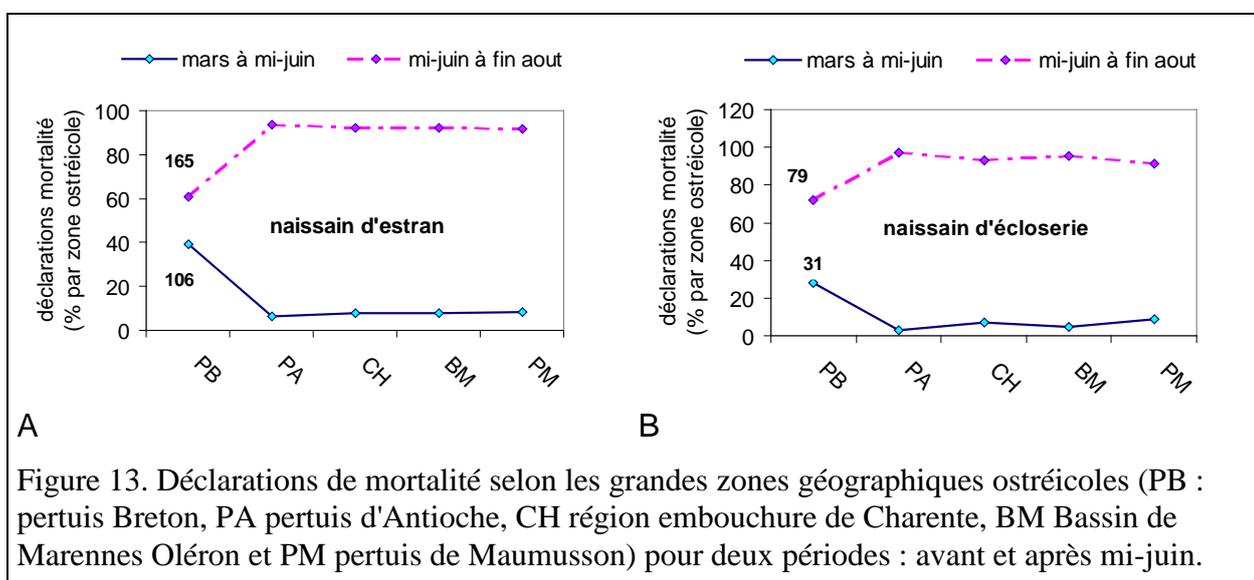
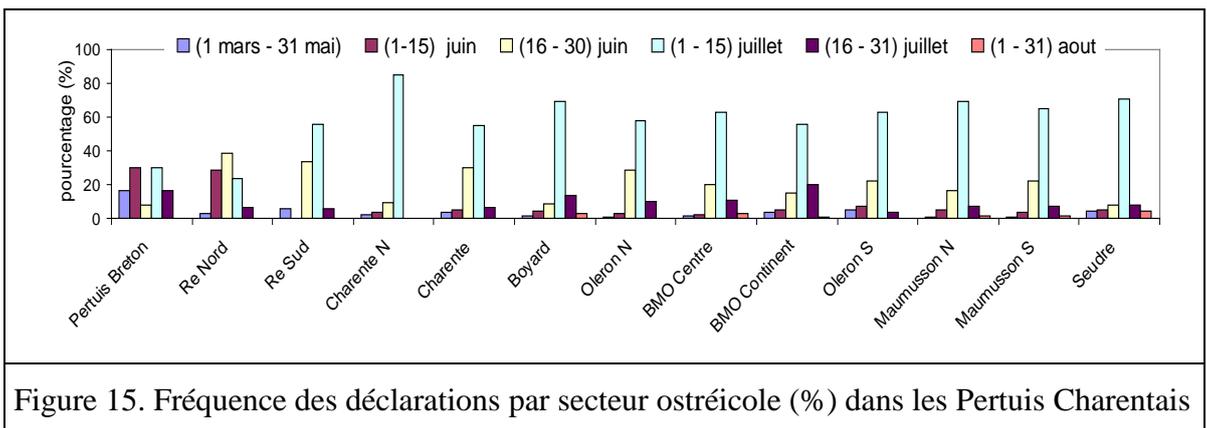
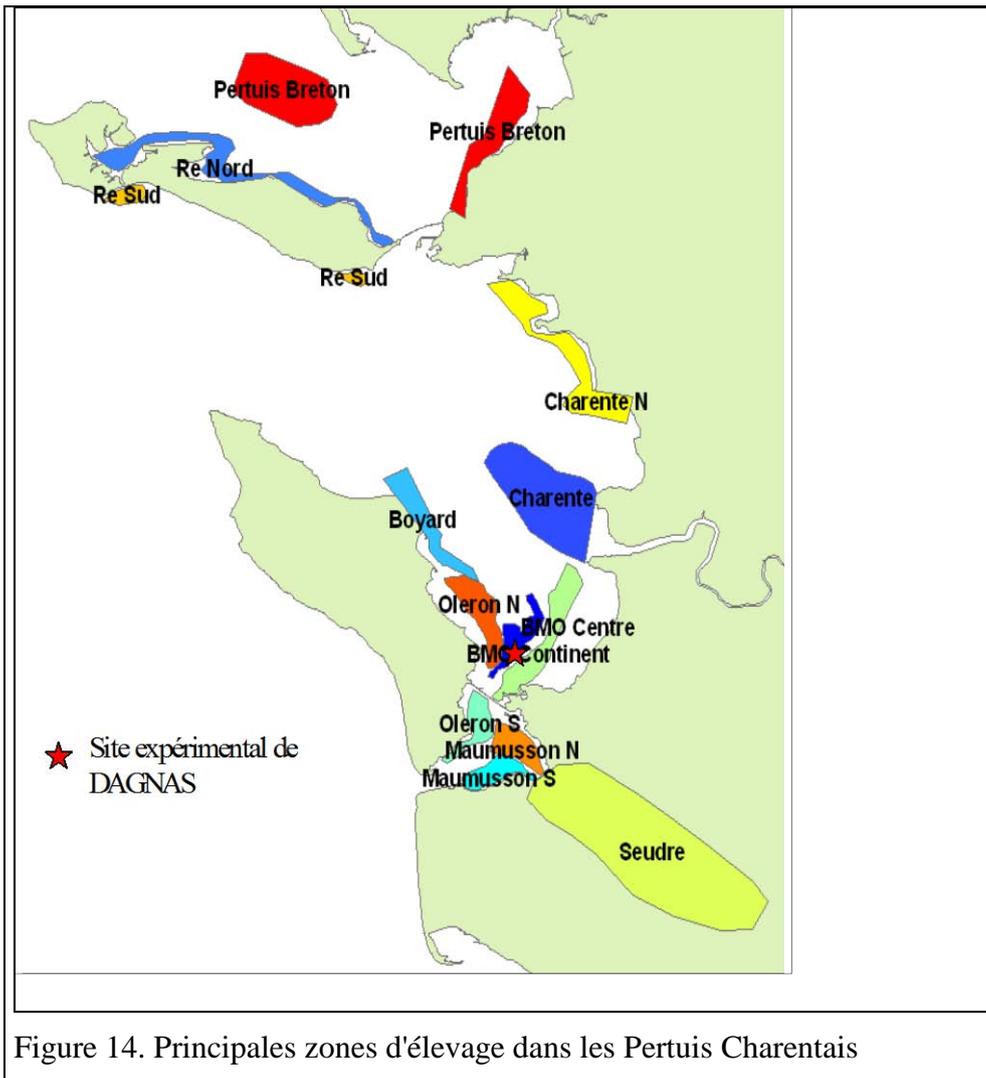


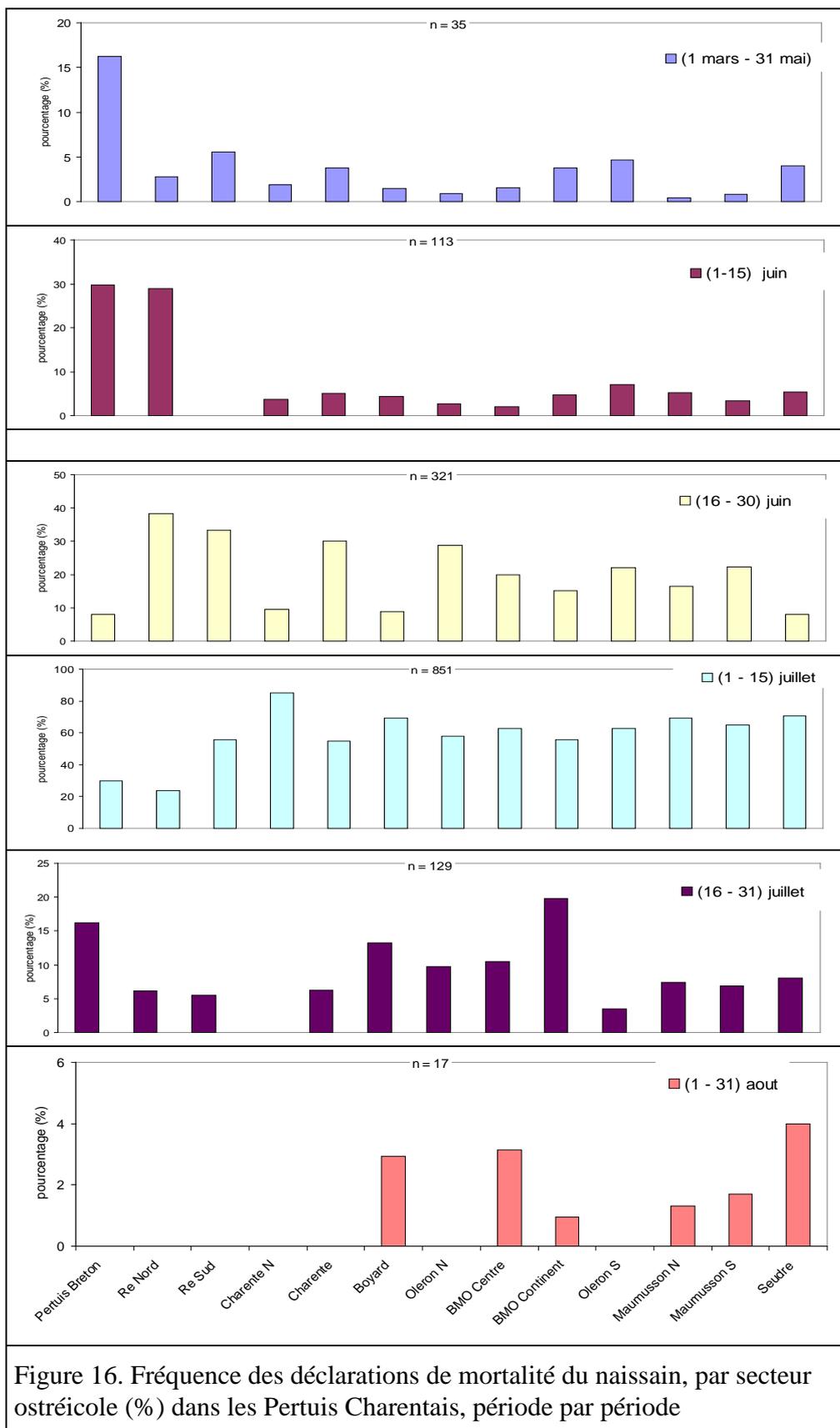
Figure 13. Déclarations de mortalité selon les grandes zones géographiques ostréicoles (PB : pertuis Breton, PA pertuis d'Antioche, CH région embouchure de Charente, BM Bassin de Marennes Oléron et PM pertuis de Maumusson) pour deux périodes : avant et après mi-juin.

« Propagation » des mortalités sur la base des déclarations dans 13 secteurs ostréicoles des Pertuis Charentais

Le découpage des zones de productions ostréicoles comprend 13 zones (Figure 14).

Les 13 secteurs pris en compte sont : le Pertuis Breton, Ré Nord, Ré Sud, la Charente Nord, Boyard, la Charente, Oléron Nord, le Bassin de Marennes Oléron Centre, le Bassin de Marennes Oléron (coté continent), Maumusson Nord, Oléron Sud, Maumusson Sud et la Seudre (Figure 15). Deux secteurs se distinguent nettement par des profils de dispersions moins "modaux" que les 11 autres secteurs : le pertuis Breton et le Ré nord (Figure 15). Pour les onze secteurs géographiques, le mode d'abondance des déclarations est centré sur la première quinzaine de juillet.





En avril et mai, la proportion la plus importante de déclarations provient du pertuis Breton, puis du pertuis Breton et de Ré nord durant la première quinzaine de juin (Figure 16). Durant la deuxième quinzaine de juin, l'importance des déclarations gagne les secteurs de Charente et Oléron Nord (+ de 30 % de déclarations) (nord du Bassin de Marennes Oléron). Enfin, durant la première quinzaine de juillet, tous les bancs sont à plus de 30 % de déclarations, y compris ceux du sud dans le pertuis de Maumusson. Seuls les bancs ostréicoles du pertuis Breton et de Ré nord, les plus "précoces" en termes de déclaration de mortalité, passent alors en dessous de la "barre" des 30 % de déclarations. Enfin durant le mois d'août, tous les bancs les plus nord des 3 pertuis ne font plus l'objet de déclarations de mortalité alors que ceux du sud en signalent encore un très faible pourcentage (Figure 16).

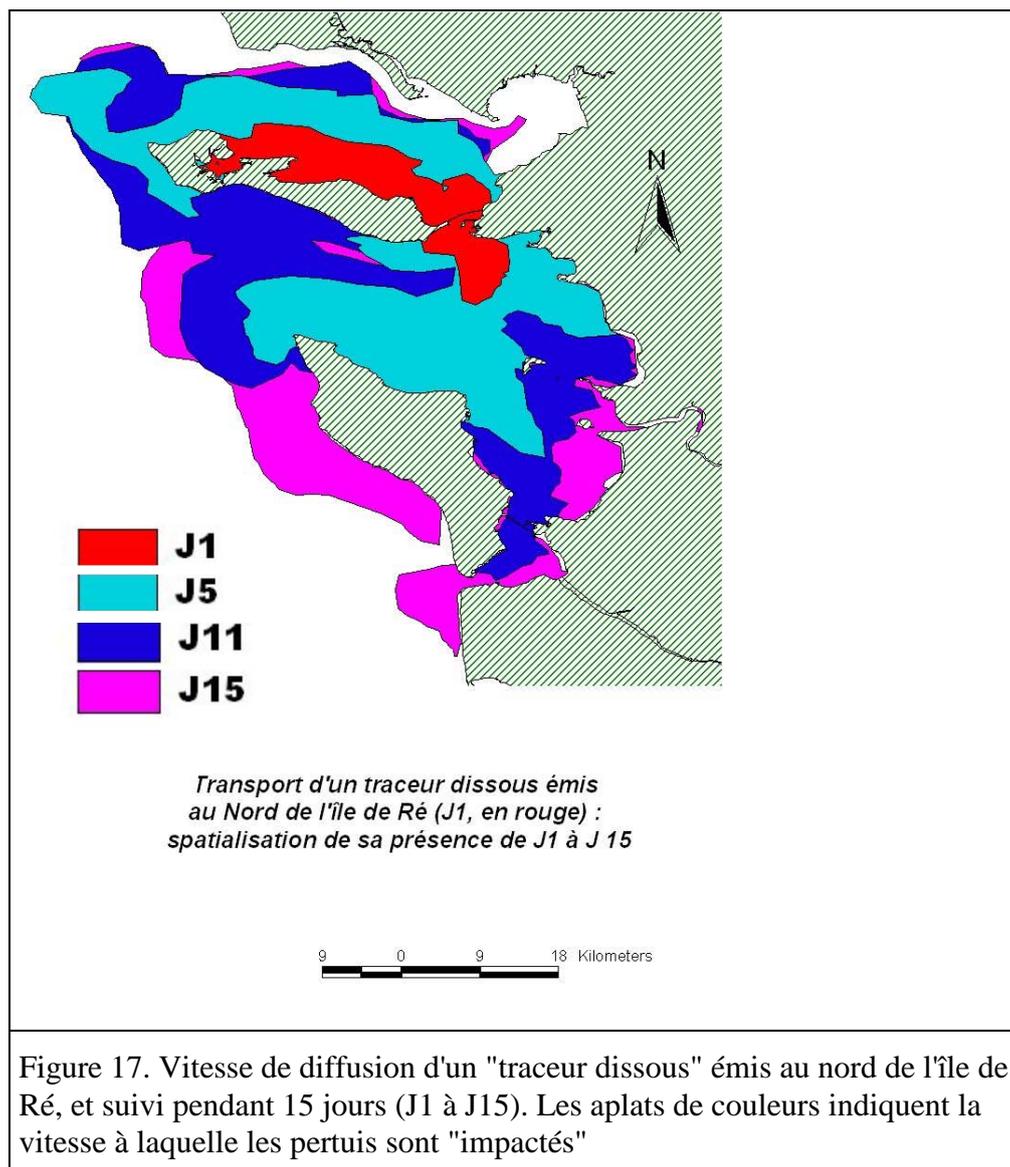
Ainsi ces résultats montrent bien que la « propagation » de la mortalité s'effectue du nord vers le sud des Pertuis Charentais au cours du printemps - été 2008. L'émergence de la mortalité a lieu au cours du mois de mai dans le pertuis Breton essentiellement. 15 jours plus tard, les mortalités se révèlent sur le sud de l'île de Ré (pertuis d'Antioche). Durant la deuxième quinzaine de juin, les mortalités gagnent le nord du Bassin de Marennes Oléron et ensuite, l'expansion est générale et touche tous les bancs ostréicoles.

2.3.3. Etude de l'influence de composantes hydrodynamiques sur la mortalité

La mortalité survient d'abord dans le pertuis Breton durant le mois de mai, avant de se propager plus dans le sud vers les autres pertuis (voir paragraphe ci dessus). Les deux causes principales probables sont : (1) l'hydrodynamique et (2) les pratiques culturelles conduisant au déplacement de cheptels⁶.

Une simulation effectuée à partir des vents moyens dominants et des conditions de marée réalistes durant le printemps 2008, montre qu'un traceur diffusif libéré au nord de l'île de Ré, atteindra en 15 jours le pertuis de Maumusson et la côte Sud Est du Bassin de Marennes Oléron (Figure 17). Sans connaître les caractéristiques (durée de contact, concentration "nécessaire" à la contamination, etc.) de rencontre d'un éventuel agent pathogène avec les huîtres, le modèle montre bien un déplacement nord - sud d'un traceur diffusif libéré à partir du nord de l'île de Ré, et qui est également le sens de la « propagation » de la mortalité estivale de l'année 2008. Ce résultat demande à être précisé avec la prise en compte des vents réels du printemps – été 2008. Il constitue toutefois une première approche d'une recherche sur la "transmission horizontale", reliant l'hydrodynamique et l'écologie des organismes pathogènes dans les Pertuis Charentais.

⁶ Les déplacements de cheptels ne sont pas pris en compte dans cette étude



Dans une analyse de variance de la mortalité, quatre descripteurs sont pris en compte pour mesurer les effets de l'hydrodynamique sur l'intensité de la mortalité du naissain : La profondeur Z, le courant max et les composantes verticale (V) et horizontale (U) de la vitesse. Parmi ces quatre variables, la composante horizontale (U) est la variable la plus discriminante vis à vis de l'intensité des mortalités (Figure 18); L'intensité de la mortalité semble plus faible pour les huîtres de 1 an dans les environnements plus calmes, plus confinés, où la composante horizontale du courant est la plus faible (Figure 18). Ce résultat est cohérent avec les observations ou constats de terrain.

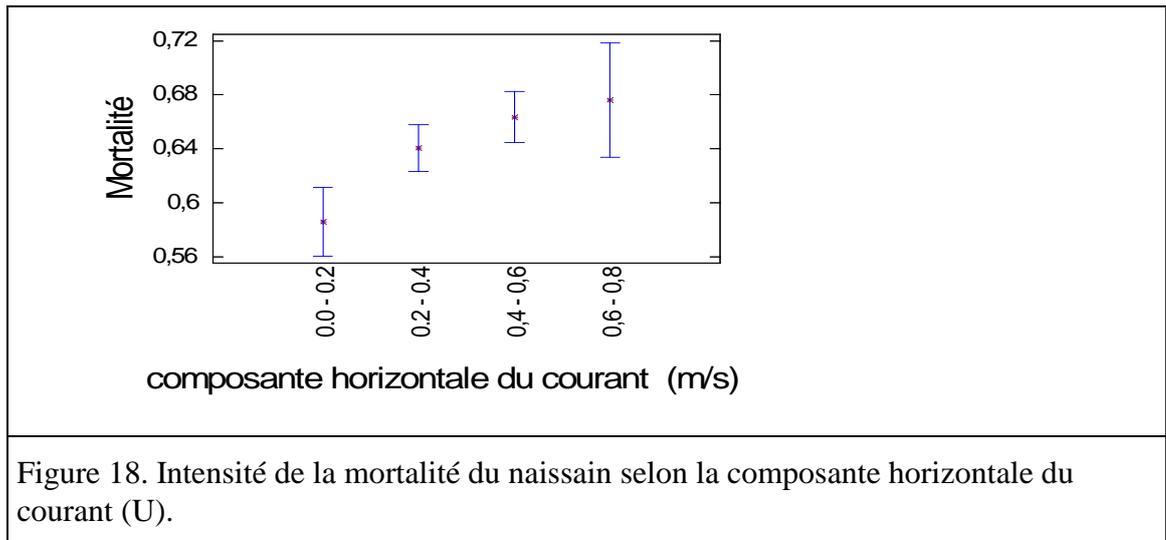


Figure 18. Intensité de la mortalité du naissain selon la composante horizontale du courant (U).

2.3.4. Origine des premières mortalités d'huîtres dans les Pertuis Charentais

Observations sur la première période de mars à mai 2008

Si la première période de l'étude comprend les mois de mars, avril et mai, seulement 8 déclarations ont été faites en mars et avril, et les 4 premières concernent des huîtres de 2-3 ans (Tableau 3, Figure 19). Avec 52 déclarations, le mois de mai peut être considéré comme le mois d'apparition des mortalités.

Tableau 3. Nombre de déclarations mensuelles de mortalités par les professionnels

mois	déclarations
mars	4
avril	4
mai	52
juin	692
juillet	1760
août	95
sept	5

En début mai, une 20^{aine} de déclarations correspond à des mortalités d'huîtres en provenance de captage. Durant le mois de mai, 11 déclarations concerneront les huîtres en provenance d'écloserie, et 41 celles issues de captage (Figure 19).

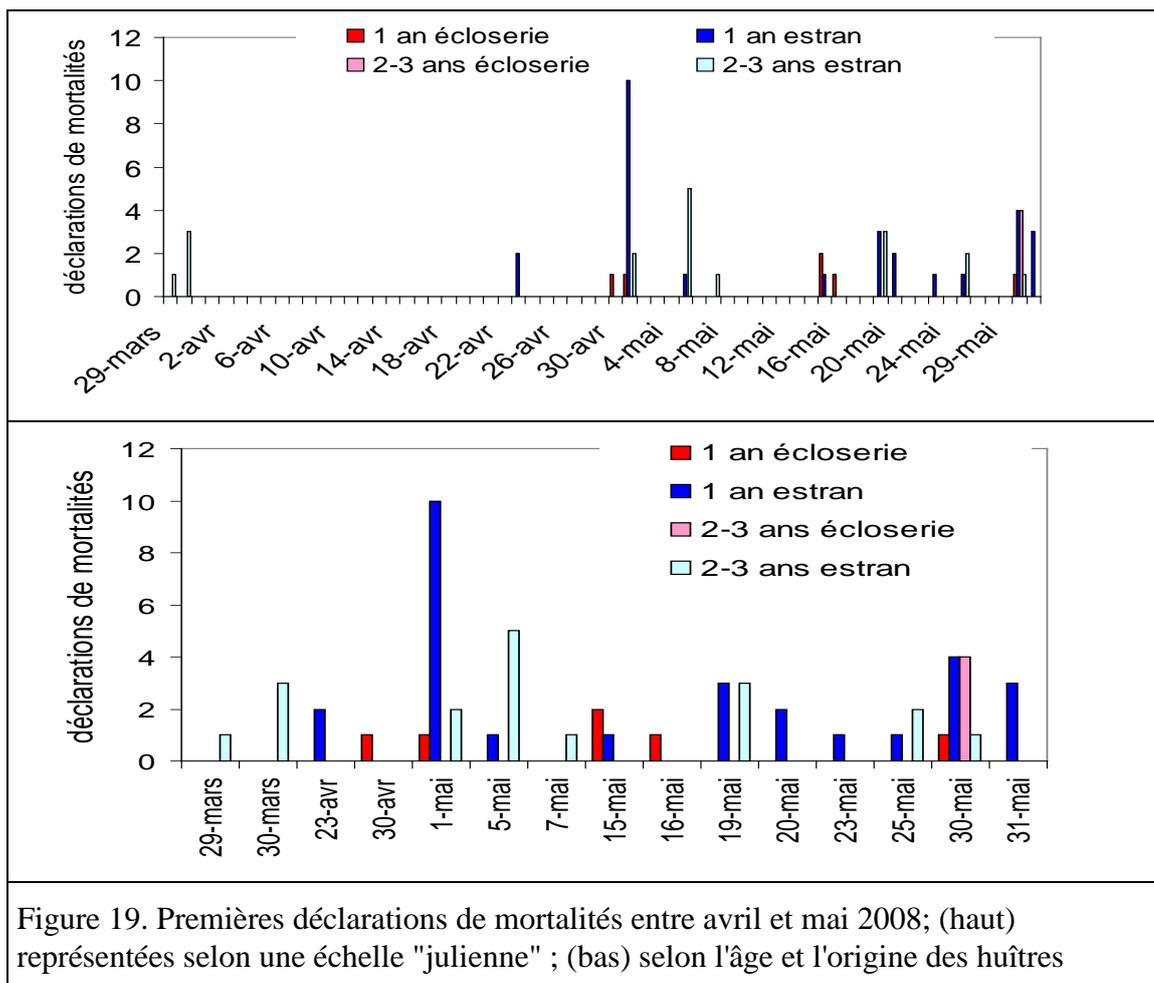


Figure 19. Premières déclarations de mortalités entre avril et mai 2008; (haut) représentées selon une échelle "julienne" ; (bas) selon l'âge et l'origine des huîtres

Durant cette période (avril – mai), le nombre de déclarations est de 60 pour les 3 classes d'âge (1, 2, 3 ans) et de 35 pour le naissain (Figure 19).

Au cours du mois de mai, la température dans le pertuis Breton passe de 14-15 °C à 19°C (Figure 20). **Les 20 premières observations faites au début du mois de mai, concernent donc des "premières mortalités" survenues alors que la température de l'eau de mer est comprise entre 14 et 15°C.**

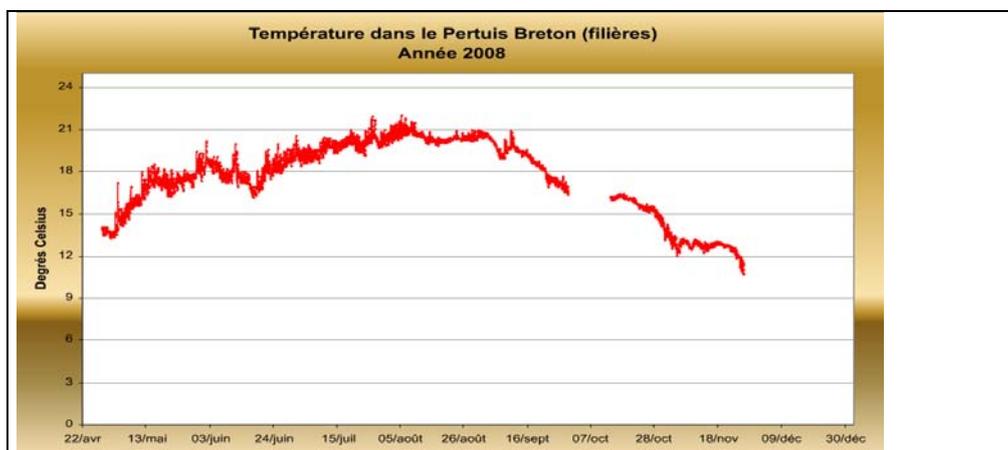


Figure 20. Cycle de température de l'eau de mer dans le pertuis Breton (site des filières PB)

Origine géographique : élevage et provenance des lots d'huîtres déclarés à forte mortalité en mai 2008

En mai 2008, sur 52 déclarations enregistrées, 10 concernent les huîtres de 2 ans, 10 les huîtres de 3 ans et 32 le naissain. Comme vu précédemment, les mortalités sur cette période concernent d'abord des lots en élevage dans le pertuis Breton, puis dans une moindre mesure, le pertuis d'Antioche et enfin le Bassin de Marennes Oléron (Tableau 4).

Tableau 4. Déclarations de lots d'huîtres ayant subi une mortalité supérieure à 50 % au cours du mois de mai, sur différentes zones d'élevage, avec différentes origines.

origine	zone d'élevage				total
	P. Breton	P. Antioche	B. Marennes	P. Maumusson	
Écloserie	4	1		1	6
anse Aiguillon	3				3
Nieul - Marsilly	11				11
Captage		1			1
Angoulin		1			1
Fouras	1	3			4
l'Estrée		2	3	4	9
total	19	7	3	5	34

L'origine (provenance) des lots ayant subi ces premières mortalités est représentée dans 6 cas pour des lots issus d'écloserie, et pour les 28 autres cas, de lots en provenance de secteurs de captage sur estran : (1) le pertuis Breton (Aiguillon et Nord de la Rochelle) et (2) l'estuaire de la Charente (Fouras et l'Estrée)⁷

2.4. Bilan des mortalités dans les Pertuis Charentais en 2008

Le Tableau 5 compare l'ensemble des données de mortalités issues (1) des déclarations des ostréiculteurs, (2) des constats effectués par la DRAM, l'Ifremer et la SRC, et (3) par les différents réseaux du CREAA et de l'Ifremer :

⁷ 1 seul cas concerne une zone de captage à l'est du pertuis d'Antioche

Tableau 5. Mortalités d'huîtres dans les Pertuis Charentais au printemps - été 2008 (moyenne avec ou sans intervalles de confiance), selon les sources et les classes d'âge des huîtres.

Classes d'âge concernées	naissain	huîtres de 2 ans	huîtres de 3 ans	
Déclarations issues des professionnels	67% (66–68%)	40% (38–42%)	26% (24–29%)	
Constats : DRAM, Ifremer, SRC	52% (49-56%)	39% (35-42%)	15% (8-22 %)	
REMORA (Ifremer)	55%	18%		
Reproduction DAGNAS (Ifremer)		16%		
Sélection génétique R et S sur Dagnas (Ifremer)(période = printemps)	42% (S) 14% (R)			
Observatoire croissance et survie (CREAA)	71%	26%	22%	
Réseau professionnel de survie (CREAA)			19%	
Constats : DRAM, Ifremer, CRC	Captage	Ecloserie		
	nombre	Moyenne	nombre	
			Moyenne	
Huîtres de 1 an (naissain)	334	57% (53– 61%)	68	48% (43–54%)

Le naissain (**classe d'âge 1 an**) est le plus touché par la mortalité, avec des taux de 65 % à 70 % (déclarations des professionnels et réseaux du CREAA) (Tableau 5). Les constats et mesures (DRAM, Ifremer, SRC) font état d'un niveau de mortalité de l'ordre de 50 – 55%, du même ordre de grandeur que le réseau REMORA. L'intensité des mortalités du naissain issu de captage est d'environ 10 % supérieure à celle du naissain d'écloserie.

Pour la classe d'**âge de 2 ans**, les résultats de l'ordre de 40 % sont parfaitement concordants entre les déclarations et les constats. L'observatoire du CREAA trouve un niveau de mortalité plus faible (de l'ordre de 26 %).

Pour la classe d'**âge 3 ans**, la mortalité est comprise entre 8 % et 29 %, avec des moyennes de 15 %, 22 % et 26 % respectivement pour les constats, l'observatoire et les déclarations.

3. Analyse des causes de mortalités d'huîtres en 2008

L'analyse régionale de la mortalité de l'huître *Crassostrea gigas* s'appuie sur la conceptualisation de la mortalité selon 3 axes (Soletchnik, 2008). Ce modèle montre que les mortalités estivales surviennent : (1) suite à un **affaiblissement**

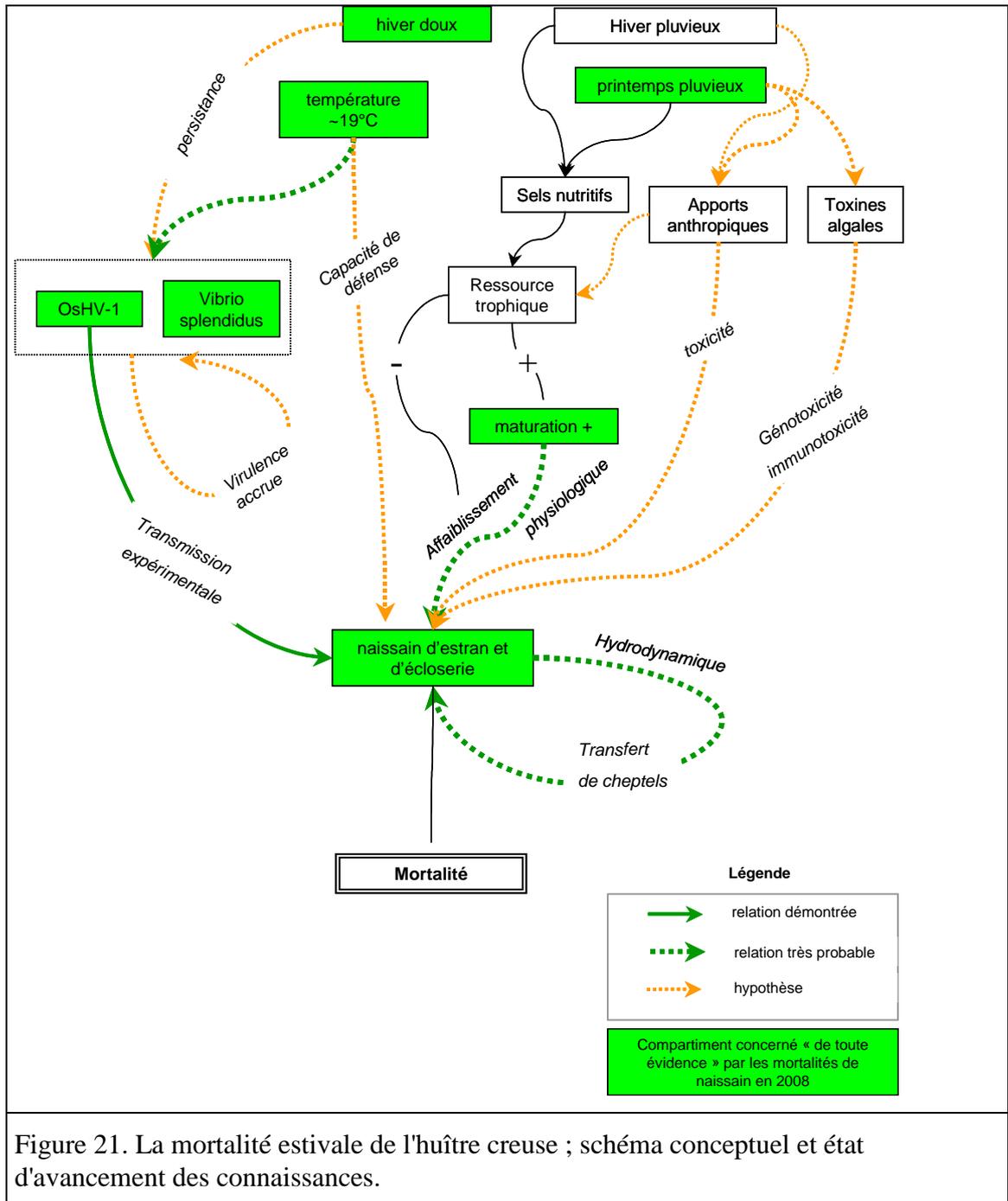
physiologique de l'huître, (2) cette période définit clairement une "**fenêtre de risques**" vis à vis de la mortalité, lors de la **reproduction** de l'huître (maturation) et du franchissement d'un **seuil thermique proche de 19°C**. Alors, dans ce contexte, (3) un, ou plusieurs "**facteurs déclenchants**" ("cocktails de causes") sont susceptibles de provoquer des épisodes de mortalités "estivales" (Samain, McCombie, 2007).

3.1. Affaiblissement physiologique des huîtres

L'affaiblissement physiologique des huîtres est mis en relation avec un environnement "pluvieux" ayant "impacté" les zones d'élevage avant les mortalités (Ropert, et al., 2007). Dans le cas des mortalités "estivales" de la baie des Veys (Basse Normandie), le modèle "prédictif" du risque de mortalité intègre l'impact des apports d'eau douce⁸, cumulés pendant la période d'octobre (année n-1) à avril (année n) (Samain, et al., 2007).

Cette relation entre mortalité estivale de l'année n+1 et l'intensité des pluies, constitue en fait une "boite noire" à l'intérieure de laquelle les processus explicatifs mis en jeu relèvent tout à la fois de l'apport des fleuves et d'une température hivernale "douce". Ainsi le domaine de recherche sur la mortalité est-il très étendu ; Il concerne d'abord la **physiologie de l'huître** en lien avec sa croissance et surtout sa **reproduction** (Lambert, et al., 2007). Un deuxième volet "explicatif" concerne la **ressource alimentaire** (qualité et quantité) disponible durant le printemps, et qui trouve son "origine" (**sels nutritifs**) dans les apports des bassins versants. Mais les fleuves peuvent également être vecteurs d'**agents polluants** susceptibles d'impacter les huîtres ou indirectement la ressource alimentaire (Figure 21).

⁸ Selon les écosystèmes conchylicoles et les données disponibles, l'impact de l'eau douce peut être appréhendé par la salinité, l'apport des fleuves ou directement la pluviométrie



➤ Conditions climatiques dans les Pertuis Charentais ?

Depuis l'importation de l'huître creuse en France, les grandes crises de mortalité dans les différents bassins ostréicoles de la façade atlantique, semblaient "peu ou prou" associées à des périodes à forte tendance pluvieuse, souvent accompagnées de températures élevées" (Soletchnik, 2001).

L'évolution climatique depuis le début des années 1990, en particulier dans les Pertuis Charentais, montre un réchauffement de la température de l'air d'environ 1°C, en lien avec l'évolution des indices NAO largement positifs également depuis cette même période (Annexe 3).

Les cumuls pluviométriques (octobre à avril) 2007-2008 ne dépassent pas les 600 mm alors que les années ayant donné lieu à des épisodes de mortalités exceptionnelles sont situées au-delà de 600 mm (jusqu'à 1100 mm) ([Annexe 4](#)). Toutefois, les fleuves des pertuis (Charente, Sèvre, et Lay), ainsi que les grands fleuves influençant les pertuis (Loire et la Gironde), présentent en avril, mai et juin, des débits supérieurs à ceux de 2007 ([Annexe 5](#)). C'est seulement en juillet que les débits diminuent de façon significative. **Ces apports d'eau douce se perçoivent bien au printemps dans le centre du bassin.** La salinité chute de 32-34 mg/L à 20-25 mg/L durant le mois d'avril 2008 ([Annexe 6](#)).

En régime "dépressionnaire", les environnements "pluvieux" sont souvent associés à des températures douces ([Annexe 3](#)).

Sur le continent

Les analyses de données climatiques de Météo France montrent des températures automnales et hivernales exceptionnellement élevées, et allant crescendo de 2006 à 2008 ([Annexe 7](#)). **Ainsi, les températures supérieures de 2-3°C par rapport aux normales saisonnières des mois de janvier et février 2007 et 2008, constituent-ils des records de température depuis 1950**, (voir 1900 quand les bases existent). Si ce résultat est national, ce sont surtout les conditions de température du nord de la France qui ont vraiment été exceptionnelles

Dans les Pertuis Charentais

En confirmation des résultats annoncés par Météo France, d'un hiver plus doux en 2007 et 2008, **la température de l'eau de mer de janvier - février est bien de 10-12°C au lieu des 8°C de normale saisonnière** (Figure 22).

Alors que le cycle thermique saisonnier est de type "sinusoïdal", la fonction thermique en 2008 est de type "sigmoïde". Après un long palier à 10°C (janvier à avril) la température s'élève brutalement jusqu'à 18-19°C au cours du mois de mai. Ces dernières années (2006-2008), les profils de température présentent plateaux et discontinuité tranchant avec le cycle thermique "normal".

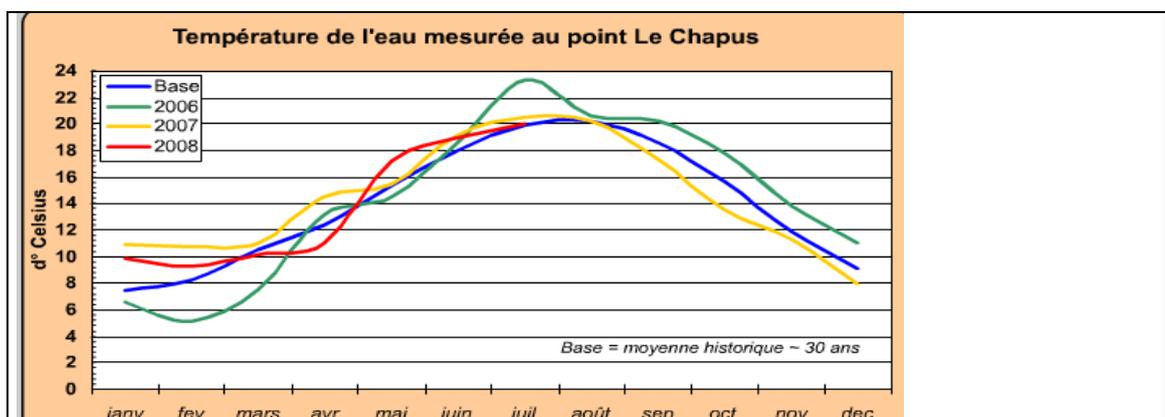


Figure 22. Températures de l'eau de mer des années 2006, 2007 et 2008. Comparaison avec une moyenne depuis 1977. Réseau Razlec - site du Chapus

➤ Risques associés aux températures hivernales douces ?

Le premier risque "physiologique" pour l'huître est de démarrer une maturation précoce sans "repos sexuel" véritable. Ce risque s'accroît considérablement quand la température élevée est couplée avec une ressource alimentaire abondante.

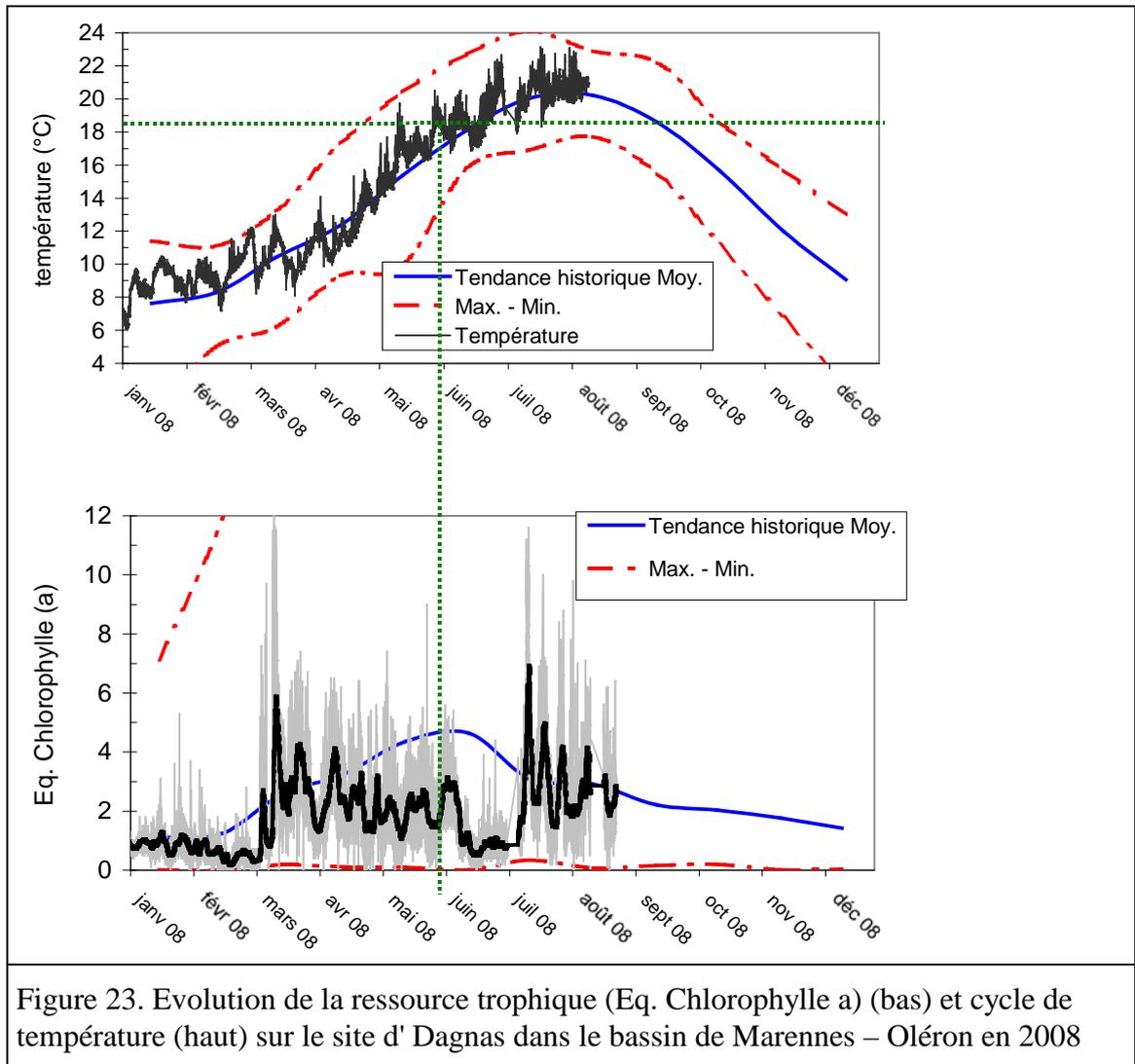
Une maturation intense et précoce est bien caractéristique de cette année 2008

Un deuxième risque d'un hiver doux, est de favoriser l'émergence et la persistance hivernale d'organismes pathogènes dans l'huître ou dans les écosystèmes conchylicoles (Figure 21).

➤ Chute de la ressource alimentaire

Le manque chronique de ressource alimentaire peut constituer un facteur affaiblissant les huîtres dans des écosystèmes oligotrophes. Si la carence alimentaire dure, elle peut contribuer à l'affaiblissement de l'huître.

La ressource trophique (équivalent Chlorophylle a), abondante dès le début du mois de mars, chute durant tout le mois de juin et redevient abondante en juillet (Figure 23). Ce scénario coïncide tout à la fois avec le franchissement des 19°C, et à la période de mortalité du naissain, s'intensifiant au cours du mois de juin.



Ainsi donc une chute de la ressource alimentaire apparaît très nettement en juin, dans le bassin de Marennes Oléron. Lors d'une étude menée en 2004 sur le site atelier de Ronce dans le sud du bassin de Marennes, une même constatation a été faite concernant la disparition brutale du microphytobenthos à l'interface eau sédiment, exactement selon le même scénario. Il y aurait donc bien, à l'échelle de bancs ou de bassins ostréicoles, un "dysfonctionnement" (dystrophie, pollution, ...) en relation avec le passage des 19°C, dont l'effet "visible" porte (au moins) sur les micro algues (apport de pesticides ?) et l'effet "invisible" très certainement sur les huîtres (immunotoxicité, génotoxicité). Ce stress serait fatal aux animaux en période de reproduction (fragilité naturelle et physiologique durant cette période – voir paragraphes précédents). Cette hypothèse demande à être étudiée plus avant.

3.2. Pourquoi une "fenêtre à risques" ?

Depuis les nombreuses années d'observations et d'études consacrées à la mortalité estivale de l'huître creuse, le franchissement du seuil thermique

(proche) de 19°C par des huîtres en cours de maturation, constitue un vrai "dénominateur commun" aux épisodes de mortalités estivales.

Le franchissement de la température de 19°C s'effectue toujours sous nos latitudes, à une période durant laquelle l'huître est en période de maturation avancée.

En 2008, dans les Pertuis Charentais, **la mortalité reste associée à la valeur seuil de 19°C, sauf en début mai lors de l'apparition des premières mortalités dans le pertuis Breton. Par contre, le naissain issu d'écloseries privées, représenté pour l'essentiel par des huîtres triploïdes et stériles est également affecté par les mortalités.** Ce résultat montre que la mortalité exceptionnelle de 2008 ne serait pas associée de façon systématique à l'état de maturation de l'huître.

➤ Le risque associé à la maturation

La maturation des produits sexuels est impliquée dans le processus de mortalité estivale. Elle définit une "fenêtre de risque" dans laquelle s'inscrivent les épisodes de mortalité (MOREST). La reproduction demande une énergie importante pour l'huître qui puise d'abord dans ses réserves (glycogène). Elle trouve ensuite l'énergie nécessaire à sa reproduction, directement dans la nourriture disponible. Des bilans énergétiques négatifs ont souvent été remarqués durant cette période (Lambert, et al., 2007). Une carence alimentaire prolongée peut entraîner une régression gonadique; l'huître récupérant ainsi dans ses propres gamètes, l'énergie indispensable à sa survie (métabolisme de base à assurer).

Toutefois, en lien avec les mortalités estivales, une persistance de l'état de maturation avancée, sans émission de gamètes, est parfois observée. Ce constat a souvent été fait sur des lots soumis à des épisodes de mortalités estivales, comparés à d'autres qui n'en subissaient pas. L'hypothèse évoquée est celle d'un dysfonctionnement de la maturation provoqué par un environnement agressif (stress de nature toxique ?) ou par une surabondance alimentaire.

La croissance du naissain en automne 2007 est la plus forte observée depuis 1997 (CREAA). Le grattis a atteint 20g en fin d'année 2007, laissant augurer un conditionnement intense pour la reproduction 2008.

Des pontes précoces enregistrées dès le mois de mai dans le bassin de Marennes confirment ce résultat (source CREAA).

Ce dernier résultat est à rapprocher du profil reproducteur des huîtres sélectionnées de type "sensible" aux mortalités (type "S"), qui présenteraient une stratégie de pontes partielles, et un effort de reproduction plus important.

1- Engagement précoce en maturation

L'indice de Walne et Mann (calculé comme le rapport du poids sec par le poids de la coquille sèche x 100) est en fait un indice de "qualité". Au printemps, il traduit l'état d'avancement de la maturation (Figure 24). Alors que certaines années, l'indice de qualité calculé sur mars – avril (premiers mois de

gamétogenèse de l'huître dans les Pertuis Charentais) est inférieur ou égale à 2, l'indice dépasse 4 en 2008, **traduisant ainsi, un engagement précoce des huîtres de 2 ans vers la maturation** (réseau reproduction sur Dagnas - Figure 14 -) (Figure 24).

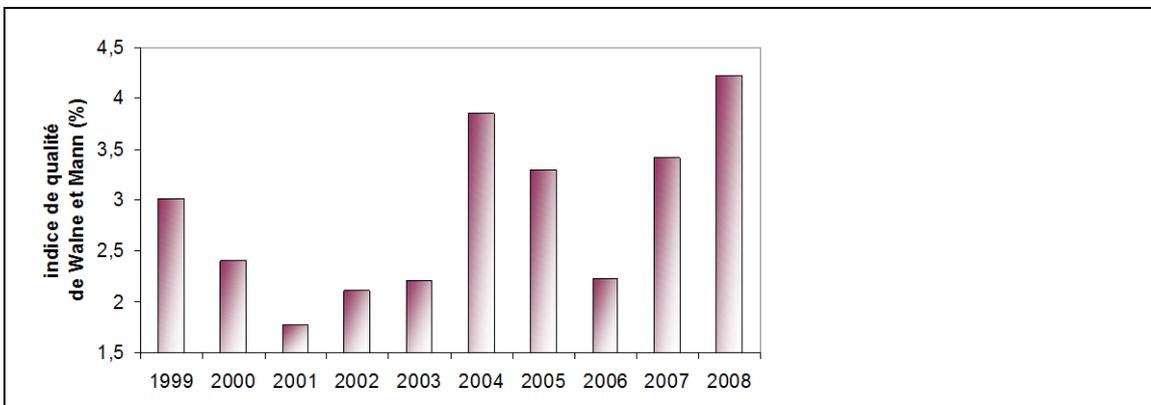


Figure 24. Indice initial de Walne et Mann (1975) [(poids sec / poids coquille) x 100] calculé en mars – avril sur les populations d'huîtres en début d'élevage sur le banc de Dagnas

2- Effort de reproduction très important

Le suivi de croissance en chair, effectué sur le site de Dagnas dans le Bassin de Marennes Oléron montre bien que l'année 2008 (comme par ailleurs l'année 2007) est exceptionnelle pour l'investissement en maturation (Figure 25). Le poids sec "avant ponte" dépasse d'environ 1 gramme la valeur maximale atteinte les autres années.

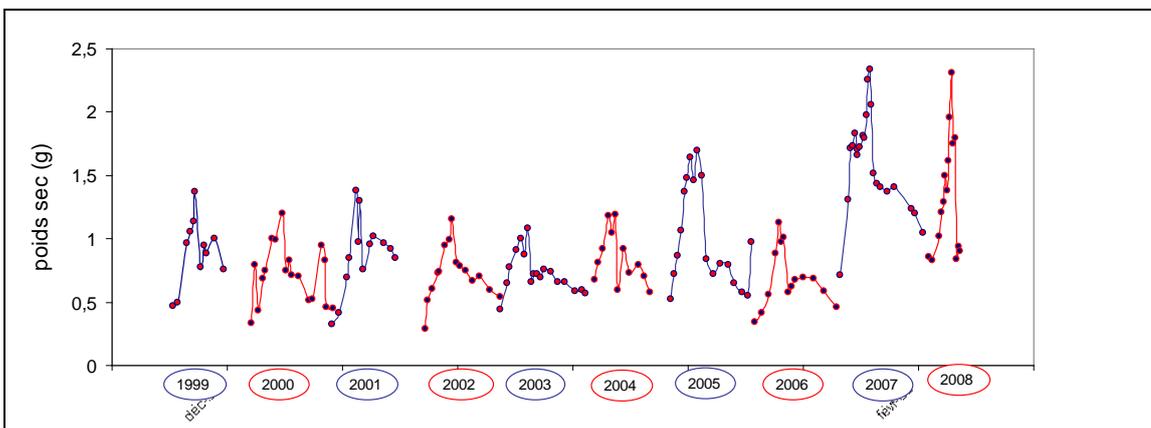


Figure 25. Croissance en poids sec des huîtres de 2ème année sur le banc ostréicole de Dagnas (réseau Reproduction – Dagnas – P. Geairon)

La contribution en "poids sec" à l'effort de reproduction, dépasse à peine 30% certaines années (comme 2002). En 2008, l'effort de reproduction est exceptionnel (Figure 26). L'émission de gamètes représente plus de 60% du poids sec de l'huître.

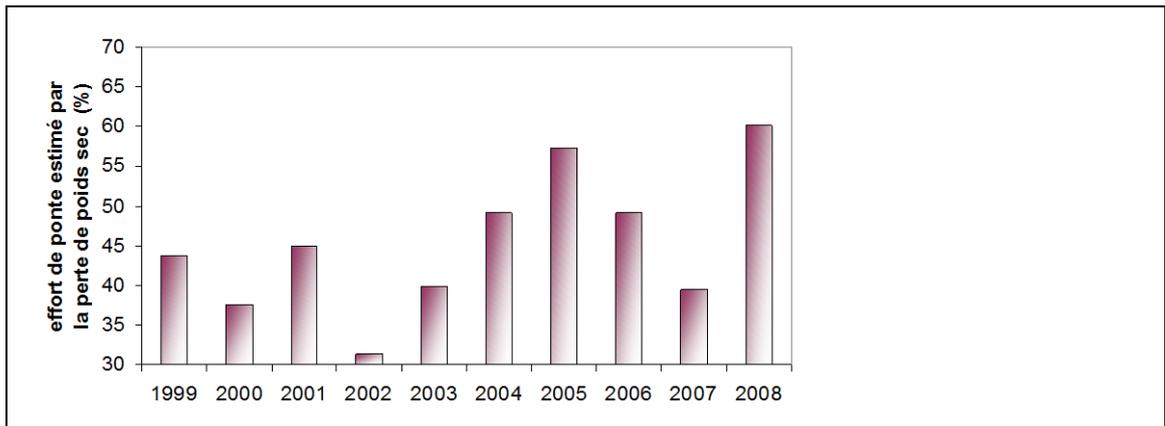


Figure 26. Effort de reproduction (%). Estimation par la perte de poids sec divisé par le poids sec avant ponte

3- Stratégie de reproduction d'huîtres sensible ("S") ?

C'est là une hypothèse issue des travaux de génétique développés au cours du programme Morest et qui tendent à montrer (résultats à confirmer) que les huîtres à pontes fractionnées et à gros effort de reproduction, sont des profils "sensibles" (type "S") (Lambert, et al., 2007). Les résultats de 2008 vont dans ce sens en terme d'intensité de l'effort de reproduction, et probablement également concernant la stratégie de pontes "fractionnées" (Figure 27).

En 2008, 3 pontes sont "clairement" identifiées sur le site de Dagnas (Figure 14) à partir du suivi de la perte de poids sec : autour du 22-23 juin, 20 juillet et surtout en début août (Figure 27). A quelques jours d'intervalle, des "cohortes" de jeunes larves sont pêchées dans le sud du Bassin de Marennes Oléron (d'après données du CREEA) (Figure 27). Bien qu'une ponte importante soit observée en début août, au moins 3 autres pontes ont eu lieu, conférant à l'année 2008 un profil à "pontes fractionnées".

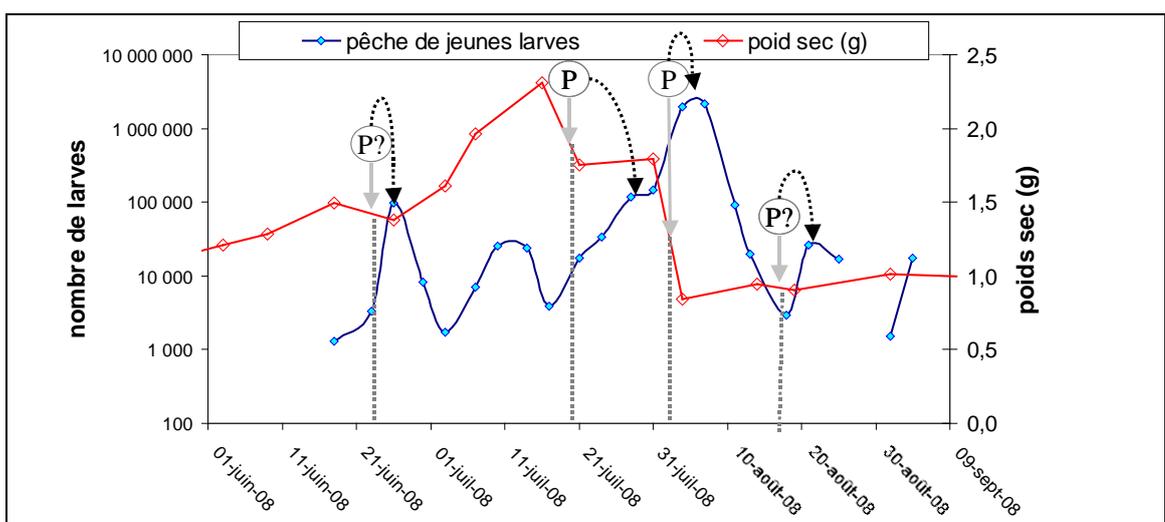


Figure 27. relation en la perte de poids sec (ponte) et les pêches de larves (1-3 jours) dans le sud du Bassin de Marennes Oléron (d'après données CREEA)

➤ Température de 19°C ; quelle signification ?

1- hypothèses spéculatives

La température "seuil" de 19°C, condition "*sine qua non*" pour le déclenchement des épisodes de mortalité, peut correspondre : (1) à une température idéale pour le développement d'organismes pathogènes, (2) à un seuil thermique de minéralisation dans le sédiment, induisant des rejets toxiques dans les écosystèmes conchylicoles (Nicolas, et al., 2007).

Pourquoi la mortalité se manifeste-t-elle toujours en période de température montante ? (1) parce que la fragilité physiologique des huîtres est maximale en période de maturation (printemps et début d'été); donc en phase montante du cycle thermique naturel; (2) une température trop élevée pourrait bloquer ou inhiber l'action des organismes pathogènes ou les processus bactériens responsables des stress létaux.

2- cycle thermique "atypique" en 2008

Un effet "zoom" sur le seuil thermique des 19°C permet de constater combien cette montée en température s'est produite en dents de scies cette année 2008 (Figure 28). Ainsi le seuil de 19°C est juste franchi le 13 mai ; dépassé pendant 3-4 jours à partir du 30 mai, et pendant 6-7 jours à partir du 10 juin. Ce n'est que le 22 juin que la température passe "largement" et "franchement" au-delà de cette valeur.

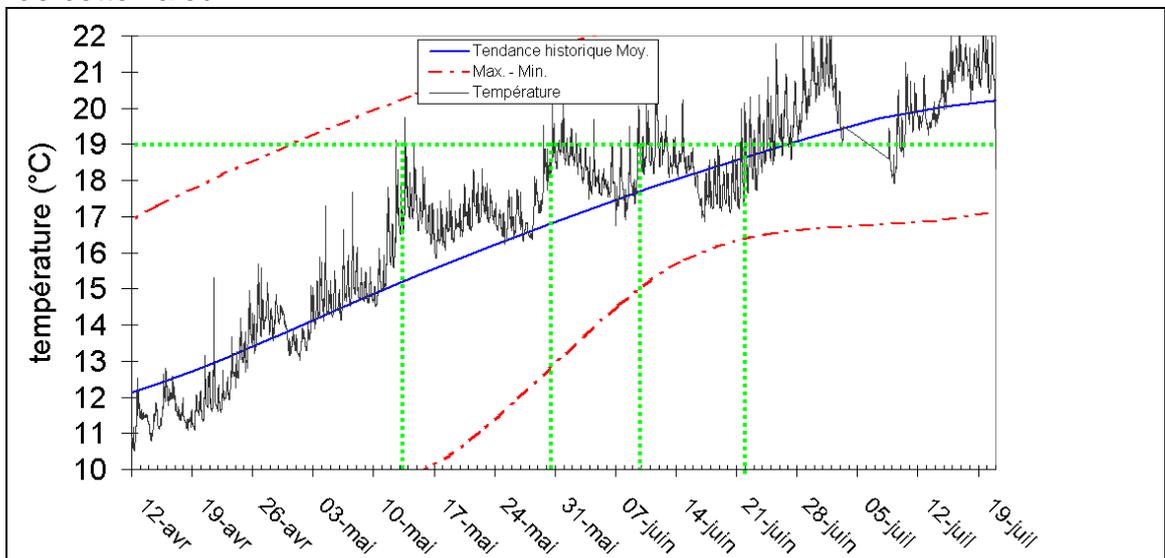


Figure 28. Effet de "zoom" sur les cycles thermiques journaliers et infra tidaux sur le site de Dagnas entre le 12 mai et le 29 juin

C'est également à cette date qu'ont lieu les premières pontes dont la survie a été très mauvaise (voir nulle), en "plein" dans la crise de mortalité (données CREA).

3.3. Les facteurs déclenchant

Les facteurs de stress, "déclenchants" les mortalités, peuvent être classés en 3 catégories selon qu'ils relèvent de l'environnement, des pratiques culturelles ou d'organismes pathogènes.

Dans le schéma issu de Morest, les facteurs déclenchant proviennent de l'**environnement** ou des **pratiques culturelles**. Les pratiques culturelles ne sont pas développées dans cette étude, mais elles sont toutefois mises en cause (hypothèse forte) dans la transmission horizontale fortement suspectée en 2008. L'**organisme pathogène**, occasionnellement rencontré dans les épisodes de mortalités durant les études Morest (Nicolas, et al., 2007) est reconnu en 2008, tout à la fois comme plus virulent et pouvant se transmettre expérimentalement à des huîtres "saines" (Ifremer, LGP).

➤ Les facteurs environnementaux

La chute brutale de micro algues en période de maturation, alors que la demande énergétique en lien avec la reproduction est forte, peut constituer un stress important pour l'huître.

Le sédiment et parfois les apports en pesticides, sont les principaux facteurs environnementaux étudiés dans Morest, et suspectés comme facteurs contribuant directement ou indirectement au déclenchement des épisodes de mortalité (Burgeot, et al., 2007).

Le profil thermique atypique en 2008, et en particulier, **la montée en température exceptionnelle de 10°C à 18-19°C au cours du mois de mai, peut constituer une condition stressante pour les populations d'huîtres dans les Pertuis Charentais.**

Le profil thermique de l'eau de mer est extrêmement "accidenté" au printemps 2008 (Figure 28). A titre d'exemple, la montée en température au-delà de 19°C s'effectue en 4 "sauts thermiques" autour des 13 mai, 30 mai, 10 juin. Ce n'est que le 22 juin que la température passe "largement" et "franchement" au-delà de la valeur de 19°C.

➤ Les pratiques culturelles

Les pratiques culturelles et en particulier les déplacements de cheptels à l'intérieur des pertuis ou entre les régions ostréicoles de France, sont encore nombreux au printemps. **Ils ont très certainement contribué à la propagation de la mortalité durant l'année 2008.** L'absence de connaissances dans ce domaine, ne permet pas d'en analyser les conséquences

➤ Les organismes pathogènes

Réseau REPAMO de surveillance des pathogènes (Ifremer, Laboratoire de Génétique et Pathologie)

Des analyses d'échantillons de lots d'huîtres souvent "moribondes", ont été effectuées par le réseau REPAMO de l'Ifremer pendant les mortalités (Tableau 6). Ces résultats montrent que tout à la fois le virus OsHV1 et deux espèces de vibrios (*V. splendidus* ou *V. aestuarianus*) ont été identifiés sur du naissain et du "demi-élevage" au cours de mortalités de 2008.

Tableau 6. Identification du Virus OsHV1 ou de *Vibrio sp* (*V. splendidus* ou *V. aestuarianus*) et cas sans détection de virus, dans les analyses d'huîtres réalisées par le réseau REPAMO de l'IFREMER

date	OsHV1	vibrio sp	pas d' OsHV1	type
15-mai-08		1	1	naissain
5-juin-08	2			naissain
30-juin-08	1	1		naissain
30-juin-08	1	1		demi élevage
8-juil-08			1	naissain
8-juil-08	1	2		demi élevage
11-juil-08		1	1	demi élevage
18-juil-08		1	1	naissain
21-juil-08		1		adulte
22-juil-08	1			naissain

En 2008, les analyses réalisées par l'Ifremer ont permis de détecter dans de nombreux lots des agents infectieux connus pour infecter l'huître creuse et être associés à des mortalités anormales. Ainsi, le virus de type herpès OsHV-1 a été détecté dans environ 76% des lots analysés et la bactérie *Vibrio splendidus* dans 50% des échantillons ayant fait l'objet d'un examen. D'autres bactéries pathogènes ont aussi été recensées, notamment *V. aestuarianus* et *V. harveyi*. Par ailleurs, un nombre important de coïnfections (virus OsHV-1 et *Vibrio*) a pu être observé sur des lots de naissains en 2008. De plus, des infections expérimentales (par injection) ont permis d'induire une mortalité massive chez des animaux apparemment sains. Dans ces expériences, l'herpès virus OsHV-1 a pu être retrouvé de manière systématique en très grandes quantités chez les animaux moribonds et pas chez les animaux témoins ni chez les animaux survivants. Ces expériences démontrent ainsi sans ambiguïté l'induction expérimentale et systématique, d'une infection virale chez des huîtres juvéniles. Ce résultat important démontre le caractère reproductible de l'infection expérimentale avec le virus et ouvre de nouvelles perspectives en termes de recherche. **Cependant, du fait du petit nombre de lots testés, il n'est pas possible de définir sur la base de ces résultats une relation de cause à effet entre les mortalités observées sur les cheptels au cours de l'été 2008 et la présence du virus.**

4. Discussion / conclusion

Ce travail de synthèse régionale (Pertuis Charentais) sur la mortalité "estivale" de l'huître creuse *Crassostrea gigas*, résulte de la contribution d'un ensemble de partenaires (voir liste en début de rapport).

Le bilan des mortalités

Les réseaux de suivi de la mortalité CREA et IFREMER montrent que la mortalité rencontrée en 2008 sur le naissain, dans les Pertuis Charentais, est la plus forte depuis l'origine des réseaux de surveillance au début des années 1990

En fait, cette crise de mortalité semble la plus grave subie par la profession, depuis l'introduction de l'huître creuse dans les Pertuis Charentais à la fin des années 1960.

La mortalité moyenne du naissain est comprise entre 52 % et 71 % (selon les bases de données considérées). Le naissain (environ 1 an) représente la classe d'âge la plus touchée par la mortalité. Les huîtres de 2 ans subissent des mortalités de l'ordre de 22 % - 40 % et les huîtres de 3 ans et plus, des mortalités de 15 % à 26 %. L'intensité des mortalités du naissain issu de captage est d'environ 10 % supérieure à celle du naissain d'écloserie.

Les huîtres triploïdes, "stériles" représentant entre 28 % et 42 % du naissain en élevage dans les pertuis sont également touchées par la mortalité exceptionnelle de l'année 2008.

L'épisode de mortalité trouve son origine dans le pertuis Breton, au cours du mois de mai 2008; près de 50 % des mortalités déclarées durant ce mois proviennent du pertuis Breton. Dès cette période, des huîtres de 2 et 3 ans sont également concernées par la mortalité. Les cheptels touchés par les mortalités proviennent tout à la fois d'écloserie et de captage sur estran, dans des proportions respectives d'environ 20 % et 80 %. Ces premiers lots d'huîtres proviendraient tout à la fois de sites de captage dans le pertuis Breton et en embouchure de Charente. Au stade actuel de l'étude, il est difficile de conclure sur l'origine de cette mortalité.

L'épisode de mortalité se propage en juin dans le pertuis d'Antioche, puis dans le nord du Bassin de Marennes Oléron, tout en prenant de l'ampleur. En juillet, la crise a touché l'ensemble des pertuis, y compris le secteur le plus sud à Maumusson. En août, l'épisode de mortalité est quasiment terminé.

Le modèle issu de Morest

La mortalité estivale résulte d'interactions complexes entre l'huître, son environnement et des organismes pathogènes. La mortalité peut être provoquée par des stress de nature diverse, agissant sur un animal affaibli, en période de reproduction et lors du franchissement d'une température d'environ 19°C (modèle Morest).

Les caractéristiques environnementales , physiologiques et pathologiques de la mortalité 2008

La mortalité se caractérise par son intensité, centrée sur le mois de juin, période "habituelle" de mortalité estivale dans les pertuis. Régionalement, le fait que le pertuis Breton soit le premier et le plus intensément touché par les mortalités, constitue une première "spécificité" de la mortalité 2008. Jusqu'à cette année, le pertuis Breton était le site le plus épargné par les mortalités (Annexe 1). Ainsi, une composante intervenant dans la mortalité existe sur le plan géographique : Laquelle ?

Sur le plan **environnement**, les points forts de l'année 2008, concernent : (1) la chute de la ressource trophique durant le mois de juin (Figure 23), (2) la température hivernale historiquement "douce" et (dans une moindre mesure) (3) une pluviométrie printanière abondante.

Sur le plan de la **physiologie de l'huître**, la maturation exceptionnelle et précoce du naissain (et des huîtres en général) est une caractéristique forte de l'année 2008. L'effort de ponte a été exceptionnel en 2008. Une mauvaise survie est obtenue sur les premières pontes en juin – juillet, mais le captage "tardif" de septembre est pléthorique (données CREEA). C'est là également un caractère "à posteriori" qui confirme l'effort de ponte exceptionnel de l'année 2008.

Concernant la **pathologie** (données du laboratoire LGP de la Tremblade), le virus de type herpès OsHV-1 a été détecté dans environ 76 % des lots analysés et la bactérie *Vibrio splendidus* dans 50 % des échantillons. D'autres bactéries pathogènes ont aussi été recensées, notamment *V. aestuarianus* et *V. harveyi*. De plus, des expériences d'infection par injection, démontrent en 2008, sans ambiguïté l'induction expérimentale et systématique d'une infection virale chez des huîtres juvéniles.

Au regard du nombre de lots trouvés infectés par des bactéries du genre *Vibrio* (*V. splendidus*, *V. aestuarianus* et *V. harveyi*) ou le virus OsHV-1, il est possible de suspecter une libération massive de ces agents infectieux dans l'environnement à partir des animaux moribonds et des cadavres au cours de l'été 2008. Ainsi, peut-on envisager une dispersion spatiale des agents infectieux, d'huître à huître, de poche à poche, de banc à banc et d'un écosystème à un autre, au travers de l'hydrodynamique et des transferts de cheptels par les professionnels.

Par rapport aux connaissances acquises dans les années antérieures, il est à noter que la mortalité touche en 2008 une proportion importante d'huîtres triploïdes "stériles", donc hors de la "fenêtre de risque" ouverte (en théorie) par la maturation (Morest). Ce résultat pourrait se comprendre dans le contexte d'une mortalité induite par transmission horizontale d'organismes pathogènes. Les premières simulations hydrodynamiques réalisées vont dans ce sens pour expliquer une propagation du nord vers le sud de la mortalité.

L'observation faite des toutes premières mortalités se déclarant dans un environnement (pertuis Breton) alors que la température est comprise entre 14

-15 °C est une situation divergeant du modèle issu de Morest. Toutefois, la plus grosse part des mortalités survient bien lors du franchissement de cette température proche de 19°C durant le mois de juin.

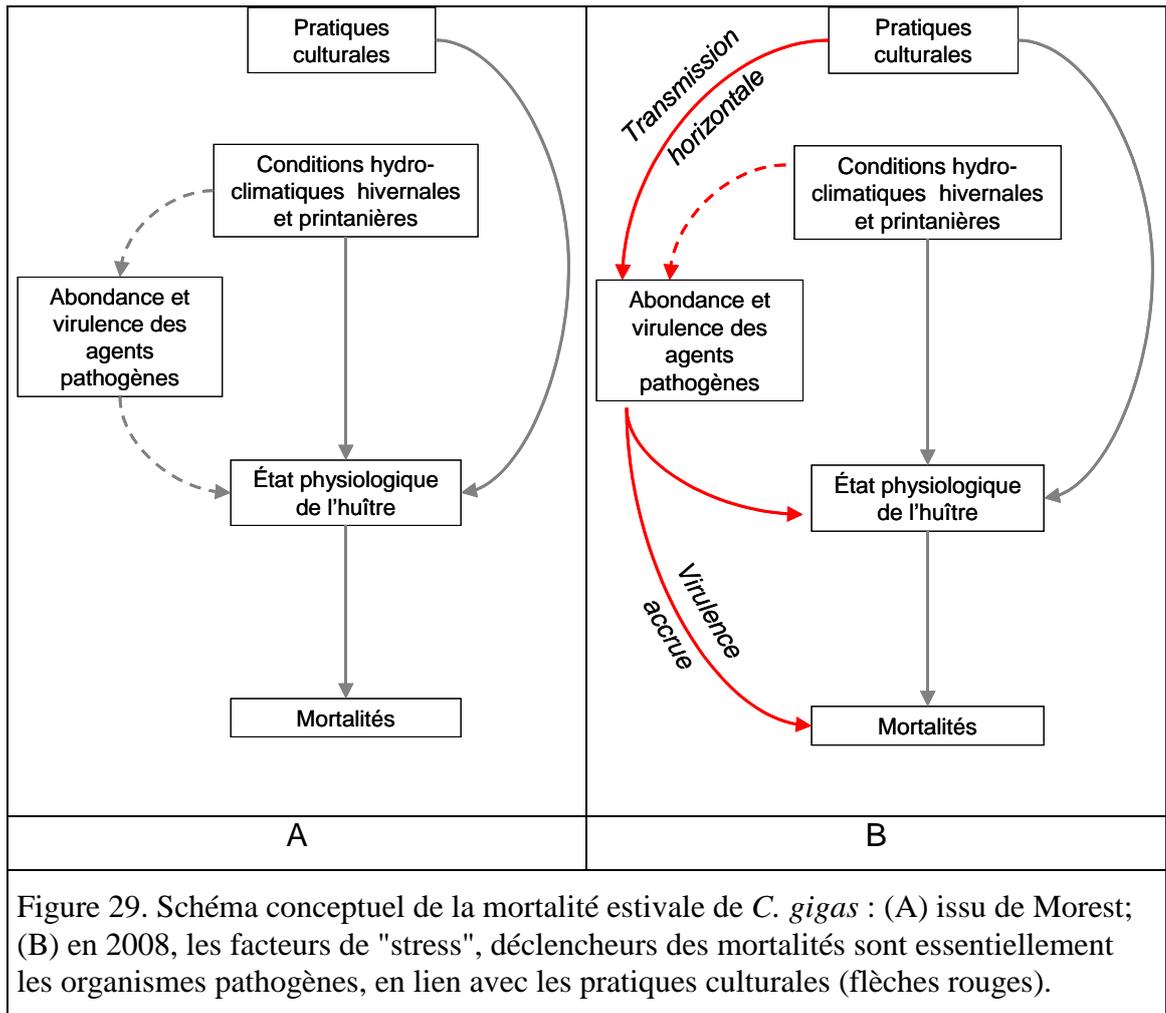
Les pratiques culturelles conduisent en fin juin – début juillet à un déplacement très important de cheptels dans les pertuis. Ces pratiques culturelles ont sans doute bien contribué à « disperser la mortalité » sur tous les bancs d'élevage.

En l'état actuel des connaissances, un scénario "explicatif" est proposé qui demande à être précisé (Figure 29).

Le schéma conceptuel issu de Morest présente bien la mortalité estivale comme résultant d'une fragilité physiologique associée à des conditions hydro-climatiques hivernales et printanières particulières que l'on retrouve bien en 2008 (conformité avec le modèle issu de Morest).

Le contexte d' "ouverture de la fenêtre de risque" en période de reproduction et lors du franchissement d'un seuil thermique de 19°C, est "moyennement" respecté en 2008 ; cette mortalité a bien lieu durant la période de reproduction de l'huître creuse dans les pertuis, mais elle touche aussi toute une proportion d'huîtres "triploïdes", théoriquement "stériles". La mortalité trouve son origine à température inférieure à 19°C (dans le pertuis Breton), mais augmente considérablement en intensité lors du franchissement du seuil thermique de 19°C.

Enfin, aucun stress "déclencheur" spécifique n'est identifié en 2008, mais des organismes pathogènes connus (virus et vibrios) sont très souvent associés aux mortalités. L'intensité exceptionnelle des mortalités et l'identification des ces organismes pathogènes constituent une vraie spécificité de la mortalité d'huîtres en 2008.



➤ Perspectives pour la recherche

La mortalité estivale de l'huître creuse résulte d'interactions et de processus complexes faisant appel à de nombreuses spécialités de recherche. C'est bien cette approche qui a été développée dans Morest pour permettre d'avancer dans cette problématique.

Une très grave crise de mortalité d'huîtres a frappé l'ostréiculture française en 2008. Cette crise présente des spécificités et une intensité sans précédent probablement liées au climat, à la virulence des agents infectieux et aux pratiques culturelles. Toutefois, cette mortalité rencontrée en 2008 relève d'un phénomène qui intègre le modèle général développé depuis quelques années (Morest).

Si il existe des objectifs de recherche propres à chaque spécialité (génétique, pathologie, toxicologie, etc.) il est hors de propos d'en discuter dans ce rapport. Par contre, un objectif de recherche peut être de préciser le modèle explicatif développé en Figure 21 ;

Tous les processus présentés dans le schéma peuvent constituer des voies de recherche à part entière :

- quelles sont les conditions environnementales qui assurent la persistance des organismes pathogènes dans les huîtres et les écosystèmes conchylicoles ?
- quelles sont les contributions respectives de l'hydrodynamique et des pratiques culturales dans la transmission horizontale suspectée des organismes pathogènes ?
- quels sont les processus, déterminant pour les mortalités, et dépendant de cette température seuil de 19°C ?
- pourquoi et comment la maturation constitue-t-elle une véritable fenêtre de risque vis à vis de la mortalité ?
- les apports anthropiques ont – ils une contribution certaine aux épisodes de mortalités estivales ?
- l'affaiblissement physiologique de l'huître, identifié comme une condition "*sine qua non*" aux mortalités, résulte t – il d'un vrai dysfonctionnement ?
- etc.

5. Références

- Bodoy, A., Garnier, J., Razet, D., Geairon, P., 1990. Mass mortalities of oysters (*Crassostrea gigas*) during spring 1988 in the Bay of Marennes-Oleron, related to environmental conditions. ICES, Copenhagen (Denmark).
- Burgeot, T., Gagnaire, B., Renault, T., Haure, J., Moraga, D., David, E., Boutet, I., Sauriau, P.G., Malet, N., Bouchet, V., Le Roux, F., Lapègue, S., Bouilly, K., Le Moullac, G., Arzul, I., Knoery, J., Quiniou, F., Bacher, C., Soletchnik, P., 2007. Les risques associés au stress environnemental. In: Samain, F., mcCombie, H. (Eds.), Mortalité estivale de l'huître creuse *Crassostrea gigas*. Défi Morest. Ed. Ifremer/Quae, pp. 95-139.
- Huvet, A., Royer, J., Moal, J., Burgeot, T., Lapègue, S., Boulo, V., Nicolas, J.L., Lambert, C., Wormhoudt, A., Samain, F., 2007. Caractérisation phénotypique des souches R (Résistantes) et S (Sensibles) à la mortalité estivale. In: Samain, F., mc Combie, H. (Eds.), Mortalité estivale de l'huître creuse *Crassostrea gigas*. Ed. Ifremer/Quae, pp. 185-227.
- Lambert, C., Moal, J., Le Moullac, G., Pouvreau, S., 2007. Les risques associés à la physiologie de l'huître en période de reproduction. In: Samain, F., mcCombie, H. (Eds.), Mortalité estivale de l'huître creuse *Crassostrea gigas*. Défi Morest. Ed. Ifremer/Quae, pp. 51-94.
- Lodato, M.I., 1997. [Spring mortality of *Crassostrea gigas* in the oyster reefs at Perquis and Ronce (France, Bay of de Marennes-Oleron): Study of oyster rearing methodologies and biological and spatial characteristics]. Ecole Natl. Veterinaire, Nantes (France), pp. Nantes (France). 127.
- Moal, J., Lambert, C., Pouvreau, S., Le Moullac, G., Samain, F., 2007. Le facteur de risque température. In: Samain, F., mcCombie, H. (Eds.), Mortalité estivale de l'huître creuse *Crassostrea gigas*. Défi Morest. Ed. Ifremer/Quae, pp. 271-289.
- Nicolas, J.L., Renault, T., Gagnaire, B., Garcia, C., Garnier, M., Geay, M., Labreuche, Y., Le Roux, F., Miossec, L., Pepin, J.F., Saulnier, D., 2007. Les risques associés aux pathogènes. In: Samain, F., mcCombie, H. (Eds.), Mortalité estivale de l'huître creuse *Crassostrea gigas*. Défi Morest. Ed. Ifremer/Quae, pp. 229-269.
- Parache, A., 1989. Growth performance of oyster *Crassostrea angulata* and *Crassostrea gigas* reared in Arcachon Bay between 1950 and 1986: First results. Société Française de malacologie, Paris (France), 227-236 pp.
- Ropert, M., Mazurié, J., Bédier, E., Le Coz, F., Soletchnik, P., 2007. Evaluation des risques dans les écosystèmes conchylicoles. In: Samain, F., mc Combie, H. (Eds.), Mortalités estivales de l'huître creuse *Crassostrea gigas*. Ed. Ifremer/Quae, pp. 1-49.
- Samain, F., Ropert, M., bédier, E., Soletchnik, P., 2007. synthèse générale et recommandation pour la gestion et la prévision des mortalités estivales. In: Ifremer/Quae (Ed.), Mortalités estivales de l'huître creuse *Crassostrea gigas* - Défi MOREST, pp. 291-331.
- Samain, J., McCombie, H., 2007. Mortalités estivales de l'huître creuse *Crassostrea gigas*. Défi Morest. Ed. Ifremer/Quae, 332 pp.
- Soletchnik, P., 2001. Impact of the climatic change on an estuarian ecosystem: the Marennes Oléron Bay. French IGBP-WCRP news letter 12, 37-41.

- Soletchnik, P., 2008. Les mortalités estivales d'huîtres creuses. L'écho des cabanes Février 2008, 2-4.
- Soletchnik, P., Lambert, C., Costil, K., 2005. Summer Mortality of *Crassostrea gigas* (Thunberg) in relation to environmental rearing conditions. Journal of Shellfish Research 24, 197-208.
- Soletchnik, P., Ropert, M., Mazurie, J., Gildas Fleury, P., Le Coz, F., 2007. Relationships between oyster mortality patterns and environmental data from monitoring databases along the coasts of France. Aquaculture [Aquaculture]. Vol. 271, no. 1-4.

6. Tables des illustrations

Listes de figures

<i>Figure 1. schéma conceptuel de compréhension des mortalités estivales (d'après MOREST – 2001-2005)</i>	9
<i>Figure 2. Taux de mortalité cumulée sur la période "printemps – été" (avril à septembre) pour les huîtres de 2 ans sur le site de Dagnas (Figure 14) entre 2001 et 2008.</i>	12
<i>Figure 3. Survie comparée des huîtres dans le Bassin de Marennes Oléron. Résultats issu du réseau d'observation du CREAA et comparant pour les 3 classes d'âge en élevage (1ère, 2ème et 3ème année) de gauche à droite la mortalité : (1) moyenne au cours du printemps - été ; (2) idem pour l'année 2008; (3) la moyenne annuelle dans le Bassin de Marennes Oléron.</i>	13
<i>Figure 4. Mortalité des huîtres "résistantes" (R) et "sensibles" (S) entre le 18 Mars et le 18 Juin 2008</i>	14
<i>Figure 5. Moyenne des mortalités selon l'âge et l'origine des huîtres (écloserie ou captage) d'après les constats réalisés par l'Ifremer, la DRAM et la SRC (350 données).</i>	15
<i>Figure 6. Mortalité moyenne selon quelques grandes zones d'élevage des Pertuis Charentais (BM bassin de Marennes; PA pertuis d'Antioche; PB pertuis Breton et PM pertuis de Maumusson) pour les 3 classes d'âge.</i>	16
<i>Figure 7. Relation entre mortalité et densité en huîtres; (haut) pour le naissain de captage et (bas) le demi élevage (huîtres de 2 ans)</i>	17
<i>Figure 8. Distribution des déclarations de mortalité par les professionnels (n = 2615)</i>	18
<i>Figure 9. Distribution par mois des déclarations de mortalité des professionnels</i>	18
<i>Figure 10. Constats de mortalités réalisés conjointement par l'IFREMER, la DRAM et la SRC en été 2008 sur le naissain (A) et sur les huîtres plus âgées (B).</i>	19
<i>Figure 11. Intensité des mortalités des huîtres issues d'écloserie ou en provenance de captage naturel, toutes classes d'âge confondues, en fonction des périodes d'observations des mortalités</i>	20
<i>Figure 12. Représentation des déclarations de mortalité selon les grandes zones géographiques ostréicoles (PB : pertuis Breton, PA pertuis d'Antioche, CH région embouchure de Charente, BM Bassin de Marennes Oléron et PM pertuis de Maumusson et SE Seudre) au cours du temps (fractionnement en 6 périodes)</i>	20
<i>Figure 13. Déclarations de mortalité selon les grandes zones géographiques ostréicoles (PB : pertuis Breton, PA pertuis d'Antioche, CH région embouchure de Charente, BM Bassin de Marennes Oléron et PM pertuis de Maumusson) pour deux périodes : avant et après mi-juin.</i>	21
<i>Figure 14. Principales zones d'élevage dans les Pertuis Charentais</i>	22
<i>Figure 15. Fréquence des déclarations par secteur ostréicole (%) dans les Pertuis Charentais</i>	22
<i>Figure 16. Fréquence des déclarations de mortalité du naissain, par secteur ostréicole (%) dans les Pertuis Charentais, période par période</i>	23
<i>Figure 17. Vitesse de diffusion d'un "traceur dissous" émis au nord de l'île de Ré, et suivi pendant 15 jours (J1 à J15). Les aplats de couleurs indiquent la vitesse à laquelle les pertuis sont "impactés"</i>	25

<i>Figure 18. Intensité de la mortalité du naissain selon la composante horizontale du courant (U).</i>	26
<i>Figure 19. Premières déclarations de mortalités entre avril et mai 2008; (haut) représentées selon une échelle "julienne" ; (bas) selon l'age et l'origine des huîtres</i>	27
<i>Figure 20. Cycle de température de l'eau de mer dans le pertuis Breton (site des filières PB)</i>	27
<i>Figure 21. La mortalité estivale de l'huître creuse ; schéma conceptuel et état d'avancement des connaissances.</i>	31
<i>Figure 22. Températures de l'eau de mer des années 2006, 2007 et 2008. Comparaison avec une moyenne depuis 1977. Réseau Razlec - site du Chapus</i>	32
<i>Figure 23. Evolution de la ressource trophique (Eq. Chlorophylle a) (bas) et cycle de température (haut) sur le site d' Dagnas dans le bassin de Marenne – Oléron en 2008</i>	34
<i>Figure 24. Indice initial de Walne et Mann (1975) [(poids sec / poids coquille) x 100] calculé en mars – avril sur les populations d'huîtres en début d'élevage sur le banc de Dagnas</i>	36
<i>Figure 25. Croissance en poids sec des huîtres de 2ème année sur le banc ostréicole de Dagnas (réseau Reproduction – Dagnas – P. Geairon)</i>	36
<i>Figure 26. Effort de reproduction (%). Estimation par la perte de poids sec divisé par le poids sec avant ponte</i>	37
<i>Figure 27. relation en la perte de poids sec (ponte) et les pêches de larves (1-3 jours) dans le sud du Bassin de Marennes Oléron (d'après données CREAA)</i>	37
<i>Figure 28. Effet de "zoom" sur les cycles thermiques journaliers et infra tidaux sur le site de Dagnas entre le 12 mai et le 29 juin</i>	38
<i>Figure 29. Schéma conceptuel de la mortalité estivale de C. gigas : (A) issu de Morest; (B) en 2008, les facteurs de "stress", déclencheurs des mortalités sont essentiellement les organismes pathogènes, en lien avec les pratiques culturales (flèches rouges).</i>	44

Listes des tableaux

<i>Tableau 1. Les différentes sources de données sur les mortalités 2008 dans les Pertuis Charentais</i>	10
<i>Tableau 2. Classement des années selon la mortalité des huîtres de 1 et 2 ans dans les 9 stations des Pertuis Charentais, du réseau REMORA</i>	12
<i>Tableau 3. Nombre de déclarations mensuelles de mortalités par les professionnels</i>	26
<i>Tableau 4. Déclarations de lots d'huîtres ayant subi une mortalité supérieure à 50 % au cours du mois de mai, sur différentes zones d'élevage, avec différentes origines.</i>	28
<i>Tableau 5. Mortalités d'huîtres dans les Pertuis Charentais au printemps - été 2008 (moyenne avec ou sans intervalles de confiance), selon les sources et les classes d'âge des huîtres.</i>	29
<i>Tableau 6. Identification du Virus OsHVI ou de Vibrio sp (V. splendidus ou V. aestuarianus) et cas sans détection de virus, dans les analyses d'huîtres réalisées par le réseau REPAMO de l'IFREMER</i>	40

7. Annexes

<i>Annexe 1. Bilan du réseau REMORA – IFREMER (1993-2007)</i>	52
<i>Annexe 2. Origine du naissain : captage ou écloserie ?</i>	56
<i>Annexe 3. Evolution à moyen terme du climat dans les Pertuis Charentais</i>	58
<i>Annexe 4. Analyse du "risque pluviométrique" dans les Pertuis Charentais</i>	60
<i>Annexe 5. Bassins versants et fleuves impactant les Pertuis Charentais</i>	61
<i>Annexe 6. La salinité dans le Bassin de Marennes Oléron</i>	62
<i>Annexe 7. les températures d'automne – hiver et printemps de ces 2 dernières années – Météo - France</i>	63

Annexe 1. Bilan du réseau REMORA – IFREMER (1993-2007)

Le réseau "REMORA" est le REseau MOllusques. des Rendements Aquacoles de l'IFREMER

Ce réseau suit chaque année depuis 1993 la survie, la croissance et la qualité de 2 lots d'huîtres creuses (juvéniles et 18-mois) répartis dans 45 stations (39 jusqu'en 2002) des principales régions ostréicoles françaises.

Le réseau REMORA permet ainsi d'évaluer les tendances géographiques et chronologiques de la survie, de la croissance et de la qualité des huîtres creuses. Il a ainsi un rôle d'aide à la gestion des bassins ostréicoles et de référentiel pour des études scientifiques (écosystèmes, évolution de parasites, mortalités estivales).

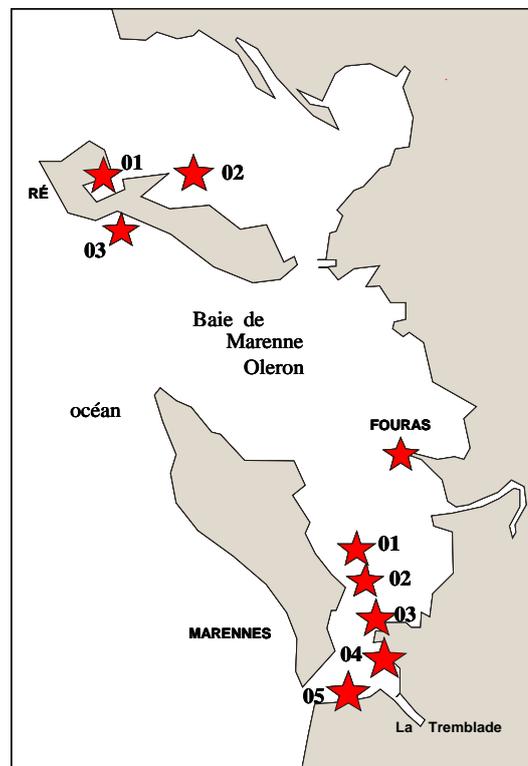
De 1993 à 2007, le réseau REMORA dans les Pertuis Charentais comprend 9 stations: 3 stations autour de l'île de Ré (2 dans le pertuis Breton et 1 dans le pertuis d'Antioche), 1 station à Fouras (embouchure de Charente) et 5 stations dans la partie sud du Bassin de Marennes Oléron

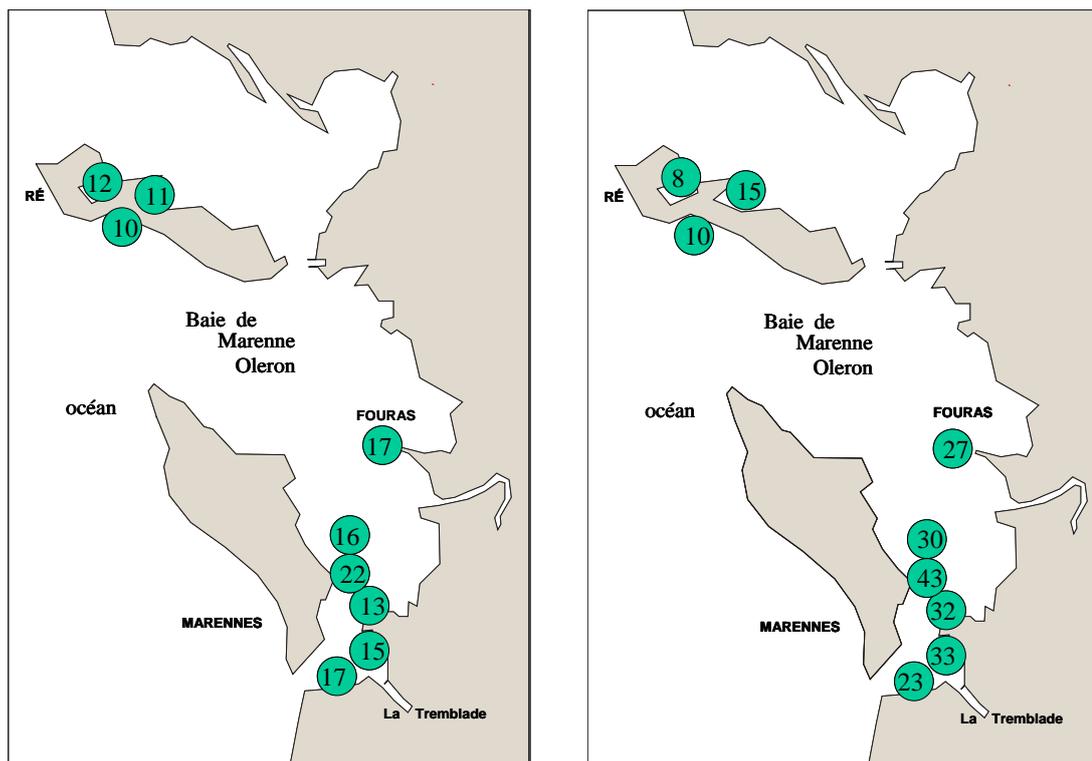
Les mortalités sont-elles identiques sur tous les sites REMORA ?

Mortalités relevées sur les 9 stations REMORA de 1994 à 2007

Les juvéniles entre Fouras et le sud du Bassin de Marennes Oléron subissent des mortalités comprises entre 23% et 43%. Dans ce même secteur, la mortalité des adultes (18 mois) reste en général inférieure à 20%.

Par contre, autour de l'île de Ré (coté pertuis d'Antioche ou pertuis Breton), les mortalités sont plus faibles (8 - 15%) sans différence entre les 2 classes d'âge.





Taux de mortalité annuel (%) de *Crassostrea gigas* « adultes 18mois » (gauche) et "juvéniles" (droite). Moyenne entre 1994 et 2007. D'après le réseau de suivi de croissance IFREMER/ REMORA

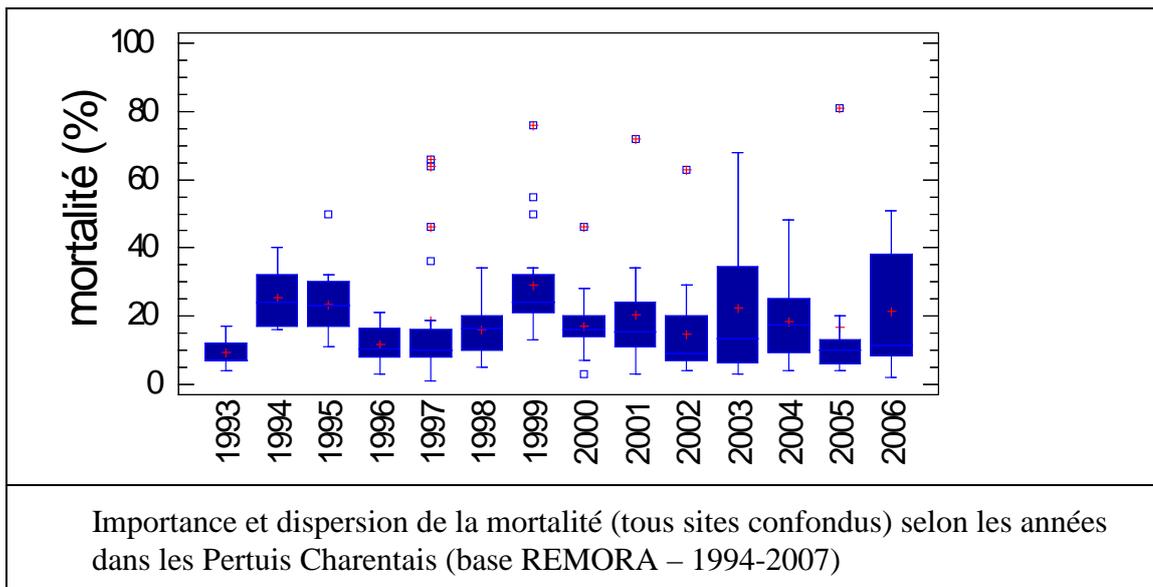
Les mortalités sont-elles les mêmes entre les classes d'âge ?

Quand les mortalités sont faibles, comme dans le cas des stations sur le pourtour de l'île de Ré (référence 1994-2007), il n'existe pas de différence de mortalité entre les juvéniles et les adultes.

Par contre, comme les mortalités deviennent plus fortes, les juvéniles sont globalement plus touchés que les huîtres plus âgées...C'est là une caractéristique forte du Bassin de Marennes Oléron

Les mortalités sont-elles les mêmes chaque année ?

Non; il y a des années où les huîtres meurent plus (voir figure ci dessous)....



Classification du niveau de mortalité selon les années

Toutes stations confondues, les mortalités sont plus fortes en 1994, 1995 et 1999. La mortalité est "dispersée" en 2003 et 2006. La mortalité est faible en 1993, 1996, 1997 et 2005.

Années à fortes mortalités	1994; 1995, 1999, 2007, 2008
Années à mortalité moyenne	1998, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2006
Années à faibles mortalités	1993, 1996, 1997, 2005

Principaux résultats de l'analyse du Réseau et discussion⁹

* Le secteur de l'île de Ré (sous influence océanique) est bien épargné par rapport aux 2 autres secteurs de Fouras et du Bassin de Marennes Oléron (données 1994-2007).

* Les années : 1994, 1995, 1999, et 2007 sont des années de forte mortalité, alors que 1993, 1996, 1997 et 2005 sont des années de plus faible mortalité

* Les juvéniles subissent plus de mortalités que les adultes dans les Pertuis Charentais, et cette mortalité survient souvent un peu plus tard durant l'été. Ces résultats sont bien en accord avec les hypothèses du modèle issu de Morest (Fragilisation Automnale, Reproduction et Facteur Déclenchant – voir modèle conceptuel) ; quand il n'y pas de fragilisation automnale (eg 1997, 2001, 2002....), les 3 sites ne sont pas significativement différents...); par contre, les années "défavorables" (automne – hiver pluvieux et chauds), une discrimination s'effectue entre les sites ; l'environnement Marennes et Fouras étant plus stressant que celui de l'île de Ré !..... Est –ce lié aux différences de pratiques culturales et (ou ?) ou d'environnement ?

⁹ sans intégrer l'épisode 2008

Mortalité estivale dans les Pertuis Charentais

L'analyse régionale des données des mortalités issues du REMORA, montre bien quelques caractéristiques de mortalité dans les Pertuis Charentais :

- les mortalités de juvénile sont plus importantes que les mortalités d'adultes (situation particulière à notre région)
- le pertuis Breton et le pertuis d'Antioche subissent moins de mortalités estivales que le Bassin de Marennes Oléron (de Fouras à Maumusson)
- 1994, 1995, 1999 et 2007 sont des années de fortes mortalités estivales qui s'opposent aux années 1993, 1996, 1997 et 2005 qui sont plutôt des années de faible mortalité estivale.

Mortalité des adultes

La mortalité estivale des adultes semble bien en relation avec l'importance des apports d'eau douce durant la période automne- hiver et début de printemps (renvoi sur le rapport technique en cours d'écriture), bien qu'aucune réponse claire ne soit encore apportée au niveau des Pertuis Charentais (voir ci dessous).

Alors qu'une tendance se dégagait déjà à l'issu des travaux effectués dans le cadre du défi MOREST (Soletchnik, et al., 2007), au contraire de la situation analysée en baie des Veys (IFREMER / LERN), le modèle régionale n'est pas "significatif" pour les raisons suivantes

- Le protocole REMORA met en œuvre des cheptels ne passant pas l'automne - hiver dans les Pertuis Charentais
- La connaissance de la spatialisation de la mortalité est limitée et le pas de temps d'échantillonnage est trimestriel
- Les écosystèmes conchylicoles des Pertuis Charentais sont complexes et l'influence des apports en provenance des bassins versant n'est pas facile à appréhender

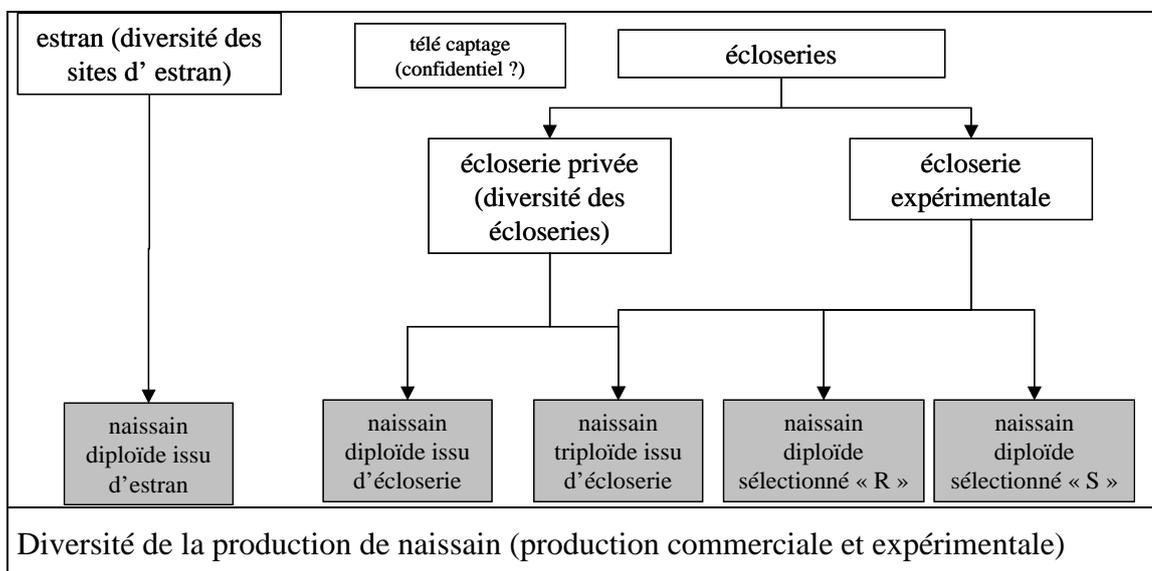
Mortalité des juvéniles

Contrairement à d'autres régions ostréicoles, les Pertuis Charentais, et en particulier le Bassin de Marennes Oléron, subissent des mortalités de juvéniles supérieures à celle des adultes, et d'autant plus que les mortalités sont importantes ... tout se passe donc comme si ces juvéniles présentent bien une fragilité supérieure.

Alors que la mortalité des adultes est très probablement en lien avec les apports des bassins versant (dans l'état actuel de l'analyse), la mortalité des juvéniles semble reliée à la température (effet direct ou indirect ?) du printemps sur le site d'élevage

Annexe 2. Origine du naissain : captage ou éclosion ?

En fait, une grande diversité d'huîtres et de naissains est concernée par les mortalités; naissains issus de captage ou issus d'éclosion, diploïdes, triploïdes et sélection génétique (figure ci dessous).



Evaluation de la proportion : naissain issu de captage / naissain issu d'éclosion

Sur une base de 2700 observations et déclarations de mortalités sur les lots d'huîtres en élevage (3 classes d'âge) par les professionnels en 2008, 1870 concernent les huîtres issues de captage et 690 la production d'éclosion; soit un ratio de 73% contre 27%. Comme au cœur de la crise, tous les lots, quelques soient leurs origines, sont touchés par la mortalité, tout laisse à penser que la fréquence des déclarations selon l'origine des lots (captage ou éclosion), représente bien leur abondance sur les bancs ostréicoles des Pertuis Charentais. Ce pourcentage de représentation origine captage / origine éclosion, passe à 69% / 31% en ne considérant que le naissain.

A partir d'un calcul théorique

- On suppose une production d'huîtres de 100 000 tonnes par an à l'échelle nationale.
- Un poids moyen commercialisé de 75g par huîtres,
- conduit à un besoin de 1,3 milliard de naissains (qui survivent 3 ans pour produire le tonnage ci dessus).
- Sachant que les écloeurs sortent environ 1,5 milliard de naissains par an et que leur taux de survie est de 50%,
- le manque de naissain (pour arriver à la production annuelle) est alors d'environ 0,6 milliard de naissain.

- Comme le taux de survie du naissain issu de captage est d'environ 35% à 3 ans (donnée CREAA), alors la part de naissain de captage doit être de 1,7 milliard.
- Dans ces conditions, les apports sur le marché seraient donc de 1,5 milliard pour le naissain d'écloserie et de 1,7 milliard pour le naissain de captage ... qui représenterait alors 53% des apports (contre 47% pour la part des écloserie !...).

Ainsi, les deux évaluations donnent des résultats différents situant la proportion de naissain issu d'écloserie dans une "fourchette "large" comprise entre 31 % et 47 %.

Annexe 3. Evolution à moyen terme du climat dans les Pertuis Charentais

Les tendances de température et pluviométrie

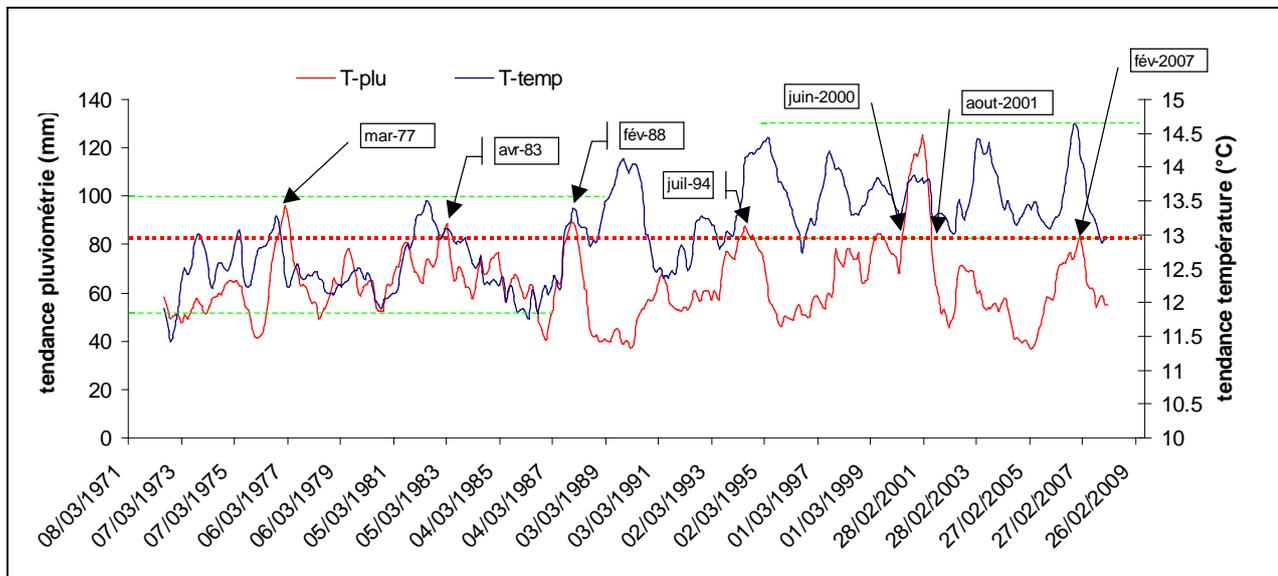
Température et pluviométrie journalière proviennent de la station "bout blanc" La Rochelle (Météo-France).

L'analyse de tendance est effectuée par décomposition de la variable en une composante saisonnière, une tendance et un "résidu" aléatoire.

* entre juin 1972 et mai 1989, la tendance en température est inférieure ou égale à 13,5°C.

* la période comprise entre mai 1989 et mai 1994 correspond à une période de transition, d'augmentation progressive de la tendance thermique.

* depuis mai 1994, la tendance de température semble s'être stabilisée; Depuis 14 ans, elle se situe à un niveau compris entre 13 et 14,5°C ; soit en moyenne, un degré au dessus de ce qu'elle était durant les 15-20 premières années de culture d'huîtres creuses dans les bassins ostréicoles Français.



Tendance de température de l'air et de la pluviométrie à la Rochelle (données Météo France) et périodes de crises ostréicoles sur la façade atlantique

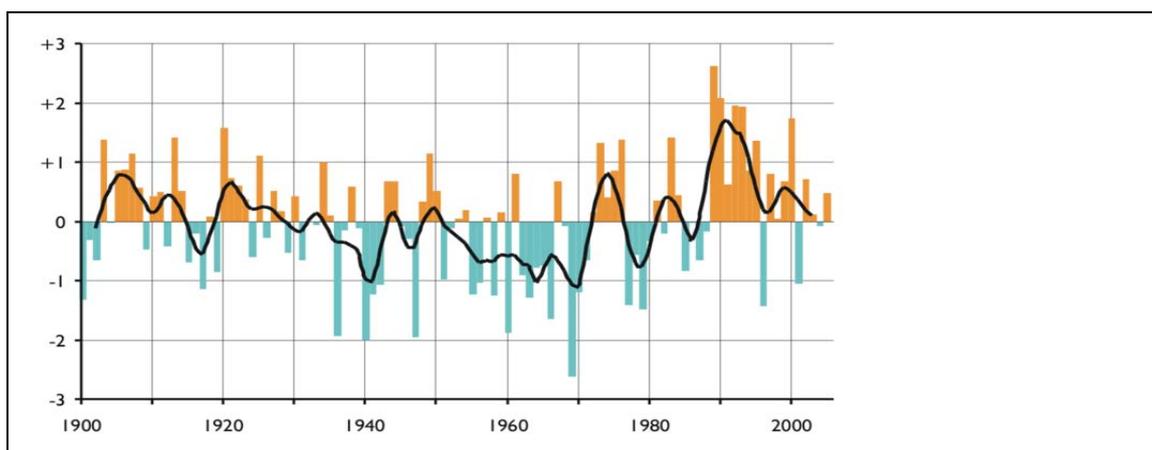
Oscillation Nord Atlantique (NAO)¹⁰

Cette oscillation met en opposition de phase les variations de pression atmosphérique de l'anticyclone des Açores et les basses pressions subpolaires (Islande). Elle est caractérisée par un indice : l'indice NAO qui mesure la différence de pression entre les Açores et l'Islande. Plus cet indice est élevé et plus la circulation atmosphérique d'ouest est intense sur l'Europe. Quand l'indice est négatif, l'Europe est alors soumise aux influences froides et sèches de l'anticyclone de Sibérie.

¹⁰ <http://www.ifremer.fr/lpo/thuck/nao/nao.html>.

Ce va-et-vient de masse a pour conséquences : (1) des changements de la pression au sol, (2) des variations des vents d'ouest moyens , (3) des influences sur le climat (températures, précipitations) tout autour du bassin atlantique, et tout particulièrement sur l'Europe.

Les périodes où l'indice moyen est supérieur à la moyenne de l'indice sur toute la période sont colorées en orangé (phase positive de la NAO), alors que les époques où l'indice moyen est inférieur à la moyenne sont colorées en bleu (phase négative de la NAO).



Indice NAO annuel entre 1900 et 2006 et tendance (courbe noire)

Depuis 1970 (introduction de l'huître creuse en France), on note des successions de 4 à 6 années tantôt positives (début des décades 70 et 80), puis plutôt négatives sur les 2ème parties de ces mêmes décades.

A partir de 1988 (crise ostréicole dans le bassin de Marennes), l'indice annuel de NAO devient fortement positif et le demeure pratiquement jusqu'à nos jours (avec de rares exceptions), traduisant ainsi le renforcement des vents d'ouest qui apportent un air humide plus chaud au-dessus du continent européen et provoquent des hivers maritimes plus doux.

Relation entre "douceur climatique" et mortalité

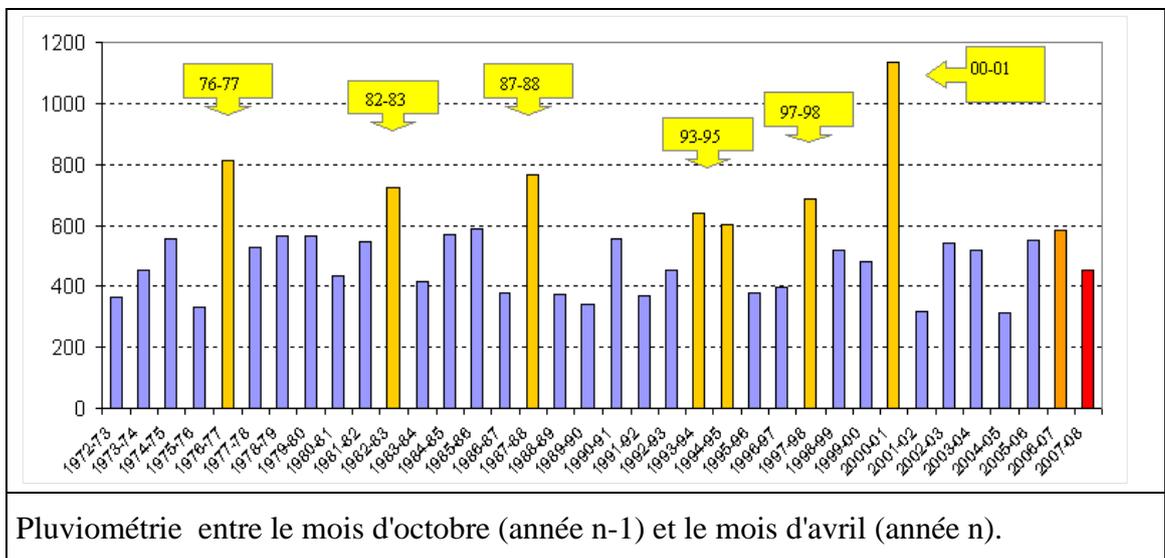
Depuis l'importation de l'huître creuse en France, les grandes crises de mortalité dans les différents bassins ostréicoles de la façade atlantique, semblaient "peu ou prou" associées à des périodes à forte tendance pluvieuse, souvent accompagnée de températures élevées. Depuis le début des années 90, la tendance thermique a franchement un palier (environ + 1°C).

Une tendance en précipitation supérieure à 80mm de pluie par mois, est souvent associée à une crise ostréicole. Ce résultat se confirme en 2007 (épisode important de mortalité sur les adultes). Toutefois, en 2008, la tendance pluviométrique est à la baisse quand la plus grande crise de mortalité survient...

Annexe 4. Analyse du "risque pluviométrique" dans les Pertuis Charentais

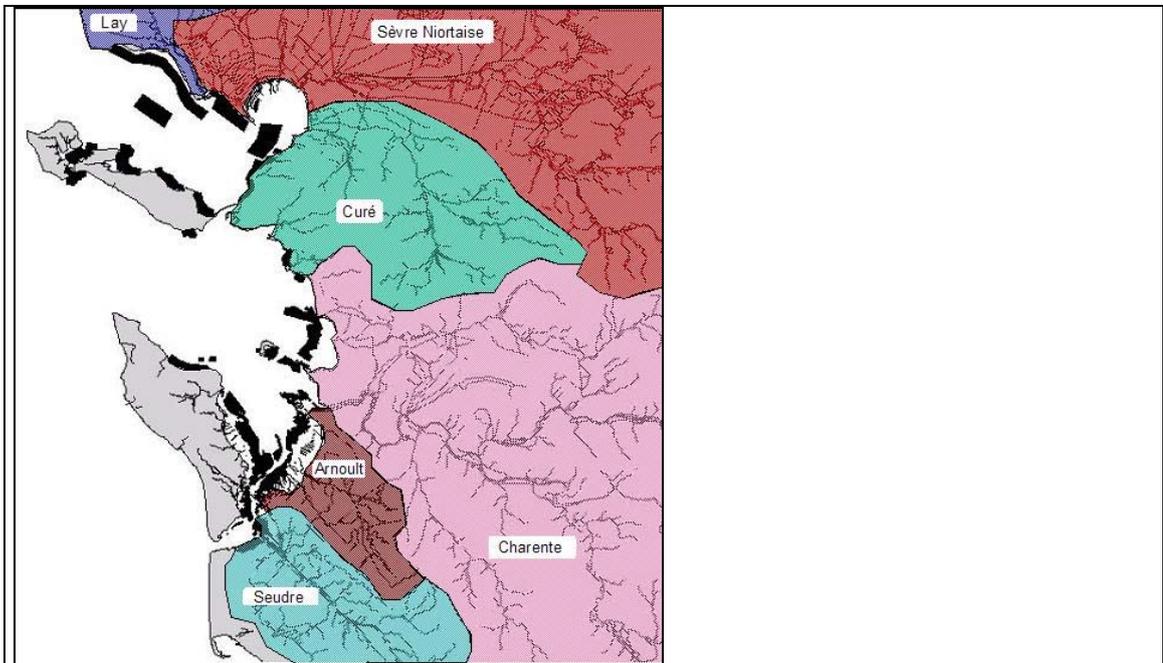
Le cumul de précipitations entre le mois d'octobre (année n-1) et le mois d'avril (année n) confirme peu ou prou également cette relation en 1976-77; 1982-83 et 1993-95); 1997 n'est pas une année marquée par des crises exceptionnelles de mortalité; par contre 2001 correspond à une crise ostréicole en Normandie. Les pluviométries des années 2007 – 2008 demeurent "normales" (voir figure ci dessous).

Il faut noter que la variable prise en compte dans cette étude est la pluviométrie sur une station principale des pertuis Breton. La pluviométrie n'est pas toujours parfaitement corrélée aux apports d'eau douce dans les estuaires, car les prélèvements dans les fleuves sont variables selon les années ...



Annexe 5. Bassins versants et fleuves impactant les Pertuis Charentais

Le Lay, la Sèvre Niortaise, la Charente et la Seudre sont les principaux fleuves qui se déversent dans les Pertuis Charentais.



les bassins versants et principaux fleuves des Pertuis Charentais

Selon les courants et les vents dominants, les panaches de la Gironde (Garonne et Dordogne) par le sud, et la Loire par le Nord peuvent également impacter les Pertuis Charentais.

En 2008, les fleuves internes aux pertuis présentent des débits supérieurs à ceux de 2007 en mars et avril. Pour les grands fleuves influençant les pertuis : la Loire et la Gironde, les débits comparés à ceux de 2007 sont plus importants en 2008 pour les mois d'avril à juin, et c'est seulement en juillet que les débits diminuent significativement !.....

Annexe 6. La salinité dans le Bassin de Marennes Oléron

Le réseau de mesures hydrologiques mis en place dans le bassin de Marennes-Oléron dès 1972 (Réseau RAZLEC), développé ensuite sur la plan national en réseau de surveillance (Réseau REPHY), connaît depuis quelques années un nouvel essor grâce aux mesures "haute fréquence" effectuées à l'embouchure des fleuves et des pertuis (contact S. Guesdon et J. M. Chabirand).

En zone centrale du bassin, sur le site ostréicole de Dagnas (Figure 14), la salinité tombe à 24 mg/L en mars 2007, puis à moins de 10 mg/L entre mi-mai et mi-juin 2007. Ensuite, en avril 2008 la salinité chute à 20-25 mg/L. Dans les 2 cas, ces chutes de salinité précèdent de quelques semaines les épisodes de mortalité.



Salinité en zone centrale du Bassin de Marennes Oléron, sur le banc ostréicole de Dagnas en 2007 et 2008. Sites instrumentés (Dagnas – centre bassin et Lupin – estuaire de la Charente)

Annexe 7. les températures d'automne – hiver et printemps de ces 2 dernières années – Météo - France

Selon les relevés de Météo-France, l'hiver 2006/2007 a été le plus doux en France depuis 1950, un constat déjà été établi pour l'automne 2006 qui talonnait l'automne 2005 où septembre fût le mois de septembre le plus chaud jamais enregistré sur la planète.

Avec une température moyenne supérieure de 2,1 °C à la normale(2), l'hiver 2006/2007 (décembre 2006 à février 2007) se situe au premier rang des hivers les plus chauds observés en France durant la période 1950-2007.

+ 3,0 °C pour les mois de janvier et février.

Le mois de janvier 2007 se situe ainsi au second rang des mois de janvier les plus chauds en France pour la période 1950-2007, derrière janvier 1988 (+3,1 °C). Le mois de février 2007 se situe quant à lui au cinquième rang

Ce diagnostic global sur la France masque toutefois des disparités importantes aux niveaux des régions. **C'est dans le nord-est du pays que les températures moyennes hivernales ont été les plus remarquables**, dépassant la normale de près de 3 °C. Par contre, elles n'ont été que très légèrement supérieures aux valeurs saisonnières dans le sud-ouest. Cet hiver remarquablement doux fait suite à un automne 2006 exceptionnellement chaud, jamais observé au cours de la période 1950-2006 et sans doute même jamais vécu depuis plusieurs siècles.

Alors que nous avons connu l'automne et l'hiver plus doux depuis 1950 selon Météo - France, les températures excessives persistent au printemps avec une anomalie positive de température de 4,3°C. Météo - France parle d'une "anomalie" d'une ampleur "exceptionnelle". Ainsi, les températures de ce mois d'avril ont été les plus chaudes depuis 1950, année à partir de laquelle les relevés météorologiques sont jugés fiables. Notons cependant que des relevés plus anciens montrent que des villes comme "Paris, Rennes, Bourges, Besançon, Lyon, Toulouse et Bordeaux n'avaient pas connu de mois d'avril aussi doux depuis au moins l'année 1900", selon Météo - France.