

DRV / RA /¹LCPC / ²LCN

(1) Laboratoire Conchylicole de Poitou Charente

(2) Laboratoire Conchylicole de Normandie

Patrick SOLECHNIK⁽¹⁾ ET MICHEL ROPERT⁽²⁾

R.INT DRV / RA / LCPC & LCN / 2004

Caractérisation des mortalités de *C.gigas* dans leurs écosystèmes. *Rapport du thème I du projet Morest en 2004*



Collaborateurs : CELINE GARCIA ; PIERRE-GILDAS FLEURY ; KARINE GRANGERE ; SEBASTIEN LEFEBVRE ; JOSEPH MAZURIE ; EDOUARD BEDIER.

Contributeurs : ISABELLE ARZUL ; ISABELLE AUBY ; JEAN LOUIS BLIN ; JEAN FRANÇOIS BOUGET ; BRUNO CHOLET ; KATHERINE COSTIL ; NICOLE FAURY ; CYRIL FRANÇOIS ; PHILIPPE GEAIRON ; JOËL HAURE ; JEAN-PIERRE JOLY ; FABIEN JOUENNE ; AIME LANGLADE ; ANNICK LE ROUX ; JULIO CESAR MARIN ; DANIELE MAURER ; LAURENCE MIOSSEC ; PIERRE MYSKO ; DOMINIQUE MUNARON ; FRANCIS ORVAIN ; FABIENNE RAUFLET ; DANIEL RAZET ; MAEVA ROBERT ; CAROLINE STRUSKI.



Numéro d'identification du rapport :		date de publication : 2004
Diffusion : libre : <input checked="" type="checkbox"/> restreinte : <input type="checkbox"/> interdite : <input type="checkbox"/>		nombre de pages : 47
Validé par :		bibliographie : oui
		illustration(s) : oui
		langue du rapport : français
Titre :		
Caractérisation des mortalités de <i>C.gigas</i> dans leurs écosystèmes. Rapport du thème I du projet Morest en 2004		
Contrat n°	Rapport intermédiaire <input type="checkbox"/>	Rapport définitif <input checked="" type="checkbox"/>
Auteurs: Patrick SOLECHNIK⁽¹⁾ ET MICHEL ROPERT⁽²⁾		Organisme / Direction / Service, laboratoire
Collaborateurs : CELINE GARCIA ; PIERRE-GILDAS FLEURY ; KARINE GRANGERE ; SEBASTIEN LEFEBVRE ; JOSEPH MAZURIE ; EDOUARD BEDIER.		
Contributeurs : ISABELLE ARZUL ; ISABELLE AUBY ; JEAN LOUIS BLIN ; JEAN FRANÇOIS BOUGET ; BRUNO CHOLET ; KATHERINE COSTIL ; NICOLE FAURY ; CYRIL FRANÇOIS ; PHILIPPE GEAIRON ; JOËL HAURE ; JEAN-PIERRE JOLY ; FABIEN JOUENNE ; AIME LANGLADE ; ANNICK LE ROUX ; JULIO CESAR MARIN ; DANIELE MAURER ; LAURENCE MIOSSEC ; PIERRE MYSKO ; DOMINIQUE MUNARON ; FRANCIS ORVAIN ; FABIENNE RAUFLET ; DANIEL RAZET ; MAEVA ROBERT ; CAROLINE STRUSKI.		⁽¹⁾ IFREMER/DRV/RA/LCPC
		⁽²⁾ IFREMER/DRV/RA/LCN
Encadrement(s) :		
Cadre de la recherche : Programme national sur les MORTalités ESTivales (MOREST)		
Destinataire :		
Résumé		
L'objectif de ce thème est de préciser les relations entre Mortalités et Environnement, en déclinant cette relation à travers les "risques environnementaux" caractérisés depuis le début du programme MOREST. La température, les bassins versant et/ou l'eau douce, la ressource trophique, le compartiment sédimentaire, autant de facteurs impliqués directement ou indirectement dans les processus de mortalité. Ces facteurs d'influence "externes" sont étudiés à différentes échelles d'espace (du national au régional) et de temps (Interannuel à saisonnier) en s'appuyant à la fois sur des données issues de bases institutionnelles (REMORA, REPHY, METEO-FRANCE) mais également sur les résultats de terrain observés depuis le début du programme MOREST sur les 3 sites ateliers (Marennes-Oléron, Rivière d'Auray, Baie des Veys)		
Mots-clés		
Mortalité estivale, huître creuse, <i>Crassostrea gigas</i> , bassin de Marennes, MOREST		





SOMMAIRE

Sommaire.....	5
1. Introduction	7
2. Etude spatio-temporelle des mortalités : Données REPAMO 2001-2004 [4].....	7
3. Analyse des mortalités de la base REMORA.	9
3.1. A l'échelle nationale (1993-2003). (Fleury et al., 2003, [3])	9
3.1.1. Distribution des mortalités saisonnières d'huîtres.....	9
3.1.2. Recherche de facteurs intrinsèques.....	10
3.1.3. . Recherche de facteurs extrinsèques (environnementaux)	10
3.1.4. Conclusion	11
3.2. En relation avec l'environnement (REPHY & METEO France) [13].....	12
4. Le risque thermique.[11].....	14
5. Le "risque" reproduction. [6].....	17
6. Le risque "eau douce [15].....	19
6.1. Introduction.....	19
6.2. Que disent les modèles ?.....	20
6.3. ...et les mesures en continu ?	22
6.4. Relation mortalité et débits ?	23
6.5. Conclusion	24
7. Le risque trophique. [10].....	25
7.1. à macro-échelle : REMORA et écosystèmes sensibles.....	25
7.2. à méso-échelle : Résultats de transfert de cheptels en Baie des Veys.	27



7.3. Existe-t-il une hétérogénéité spatiale de l’environnement trophique de l’huître creuse en Baie des Veys?	28
7.4. Conclusion	30
8. <i>Le risque sédimentaire [1].</i>.....	31
8.1. Dans le Bassin de Marennes Oléron,.....	31
8.2. En Baie des Veys	32
8.3. En Sud Bretagne (Morbihan)	33
8.4. Bilan comparé dans les 3 régions en 2004	34
9. <i>Discussion - Conclusion</i>.....	35
10. <i>Bibliographie</i>	40
11. <i>Annexe</i>.....	46
Annexe A. Evaluation des risques associés à la pluviométrie et aux bassins versants (Ropert & Soletchnik, 2004)	46



1. INTRODUCTION

L'objectif de ce thème est de préciser les relations entre Mortalités et Environnement, en déclinant cette relation à travers les "risques environnementaux" caractérisés depuis le début du programme MOREST. La température, les bassins versant et/ou l'eau douce, la ressource trophique, le compartiment sédimentaire, autant de facteurs impliqués directement ou indirectement dans les processus de mortalité. Ces facteurs d'influence "externes" sont étudiés à différentes échelles d'espace (du national au régional) et de temps (Interannuel à saisonnier) en s'appuyant à la fois sur des données issues de bases institutionnelles (REMORA, REPHY, METEO-FRANCE) mais également sur les résultats de terrain observés depuis le début du programme MOREST sur les 3 sites ateliers (Marennes-Oléron, Rivière d'Auray, Baie des Veys) [13].

Deux approches ont été développées :



2. ETUDE SPATIO-TEMPORELLE DES MORTALITES : DONNEES REPAMO 2001-2004 [4]

Les mortalités anormales de mollusques tant sur les concessions en mer (estran, eaux profondes), en éclosion et nurseries, en bassins à terre et claires, qu'au niveau des gisements naturels exploités doivent faire l'objet de déclaration à l'Autorité Compétente (cf. directive européenne 95/70/EEC et article R236-14 du code rural). Les mortalités anormales en élevage sont définies comme toutes mortalités subites affectant plus de 15% d'un stock dans un intervalle maximal de 15 jours. En éclosion, elles sont définies comme des mortalités telles, que l'écloqueur ne peut obtenir de larves pendant une période supérieure à un mois et couvrant les pontes successives de plusieurs reproducteurs. En nurserie, elles se définissent comme des mortalités soudaines et importantes.

En pratique, tout cas de mortalité considéré comme anormal par le professionnel doit être déclaré auprès de l'Autorité Compétente (Affaires Maritimes), quelle que soit la cause suspectée. L'information étant transmise par les professionnels, la surveillance est donc de type "passive".

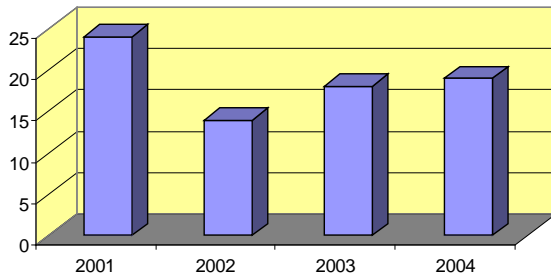


FIGURE 1. EVENEMENTS MORTALITES DECLARES ENTRE 2001 ET 2004

L'étude des mortalités anormales dans le cadre du réseau REPAMO a pour but premier d'écarter une hypothèse infectieuse ; elle permet de relever la présence éventuelle d'agents pathogènes connus (ex : OsHV-1 et *Vibrio* sp.) ou nouveaux tout en reliant ces résultats à des facteurs environnementaux et à des pratiques culturales.

Depuis 2001 (Figure 1), entre 15 et 20 évènements mortalités en moyenne d'huîtres creuses sont signalés par an excepté en 2002, année où peu de mortalité ont été déclarées.

En 2004, 17 évènements mortalités d'huîtres creuses ont été déclarés. Sur ces 17 évènements, 5 concernaient des adultes, 11 du naissain de moins de 1 ans et 1 cas concernait à la fois du naissain et des adultes.

Comme les années précédentes, les mortalités ont affecté le naissain principalement en période estivale (juin-août) contrairement aux adultes qui sont généralement affectés tout le long de l'année.

Ces mortalités ont touché la plupart des bassins de production mais plus particulièrement la Bretagne sud (Morbihan) et le secteur d'Arcachon (Figure 2). Peu de mortalités ont été déclarées en Normandie et en Charente Maritime.

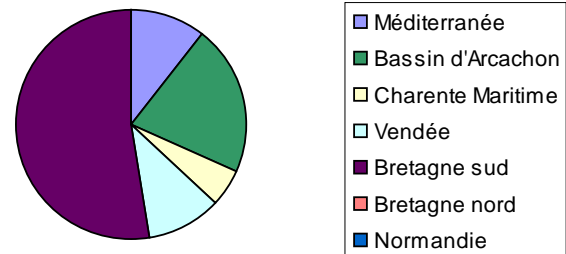


FIGURE 2 : REPARTITION DES EVENEMENTS MORTALITES DECLARES EN 2004 PAR BASSIN DE PRODUCTION

Depuis 2003, la détection d'agents pathogènes (OsHV-1 et *Vibrio* sp.) est plus fréquente lors de mortalités anormales d'huîtres creuses (de 10% des évènements en 2001 à 60% des évènements en 2004) (Figure 3). Cette nette augmentation s'explique pour partie par la réorganisation interne du réseau courant 2002, notamment par la mise en place de correspondants côtiers tout le long du littoral.

Cette nouvelle organisation du réseau est sans doute à l'origine d'une meilleure réactivité des ostréiculteurs lors de mortalités anormales (liée à une meilleure information de la profession conchylicole). De plus, la meilleure détection d'agents pathogènes est également en rapport avec une amélioration de l'échantillonnage et des techniques de diagnostics.

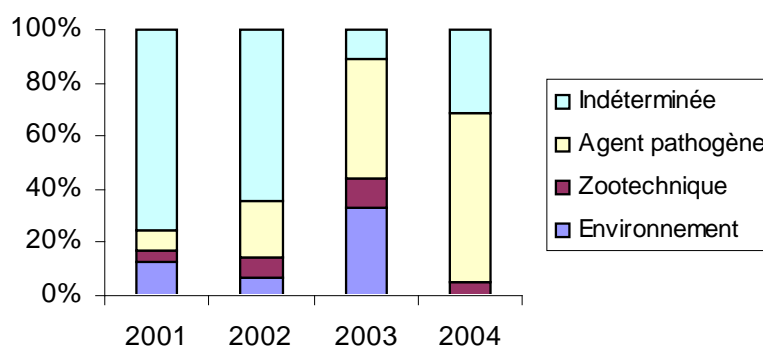


FIGURE 3 : ORIGINE SUSPECTEE DES MORTALITES OSTREICOLES OBSERVEES DEPUIS 2001 PAR LE REPAMO

3. ANALYSE DES MORTALITES DE LA BASE REMORA.

3.1. A L'ÉCHELLE NATIONALE (1993-2003). (FLEURY ET AL., 2003, [3])

Le premier volet de cette étude présente la mortalité du réseau REMORA (suivis annuels de 1993 à 2003 pour les huîtres de 2 ans et de 1995 à 2003 pour les 1 an) sur une 30aine de sites couvrant les principales zones ostréicoles du littoral français¹.

3.1.1. DISTRIBUTION DES MORTALITÉS SAISONNIÈRES D'HUÎTRES.

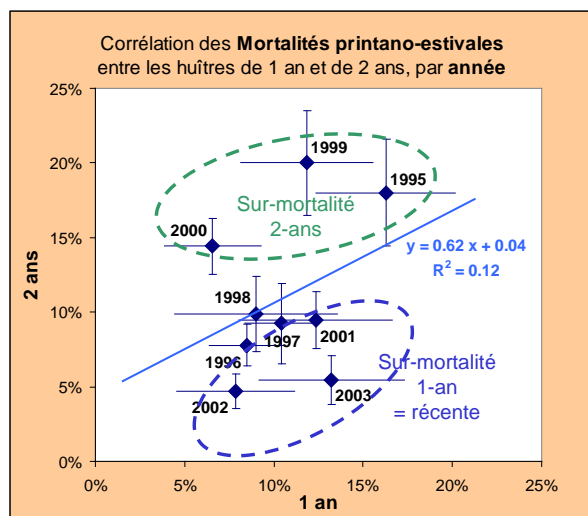
La variabilité de la mortalité de chaque classe d'âge (1 an et 2 ans) est présentée selon les années (Figure 4a) et selon les sites ostréicoles (Figure 4b).

La mortalité des huîtres de 1 an est plutôt "estivale" et très marquée à Marennes et sur quelques sites bretons. La mortalité des 2 ans est essentiellement printanière, forte en Baie des Veys et également sur quelques sites bretons.

¹ Thau est exclu de l'analyse car la classe d'âge 1 an n'y est pas représenté.



A



B

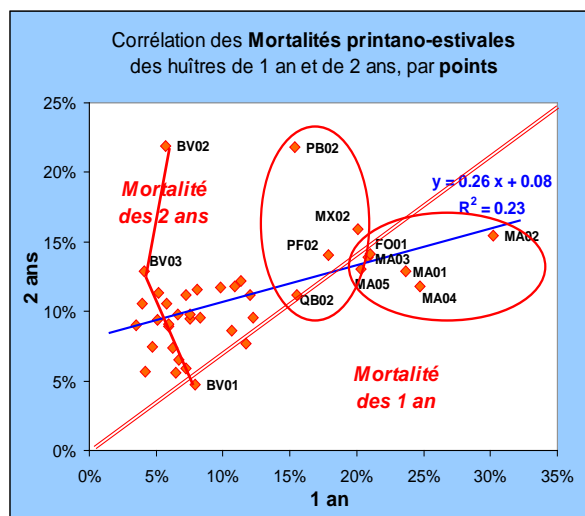


FIGURE 4 : MORTALITE COMPAREE DES HUITRES DE 1 ET 2 ANS PAR ANNEES (A) ET PAR SITE (B)

3.1.2. RECHERCHE DE FACTEURS INTRINSEQUES

Peut-on trouver des corrélations fortes (début d'explication ?) entre mortalités printanières et mortalités estivales ? Les mortalités printanières et estivales sont positivement corrélées (20-24%). On n'a donc pas d'effet des mortalités printanières sur une diminution des mortalités estivales.

Peut-on trouver des corrélations fortes entre les mortalités et la biométrie des huîtres : croissance, maturité ? L'analyse des corrélations entre les différents paramètres montre que les mortalités sont peu corrélées aux autres facteurs.

Les facteurs intrinsèques (sélection printanière, maturation et croissance), expliquent donc assez faiblement les mortalités estivales (15 à 20% au maximum).

3.1.3. RECHERCHE DE FACTEURS EXTRINSÈQUES (ENVIRONNEMENTAUX)

L'influence de la météorologie est analysée à travers le facteur année (campagne annuelle), et l'influence de la géographie à travers le facteur site (secteur conchylicole).

Des analyses de variances de la mortalité de chaque classe d'âge présentent les effets des facteurs "sites" et "années", et de leur interaction. Le problème d'homogénéité des variances est en partie résolu grâce à la transformation de la variable "mortalité" (M) en $-\log(M+0.5\%)$. La modélisation des mortalités sera aussi réalisée selon une autre analyse (régression logistique d'une variable binaire). Les sites ostréicoles de la base REMORA sont regroupés en secteurs conchylicoles plus ou moins homogènes vis à vis des mortalités.



La variance expliquée par le facteur année représente 74% pour la classe d'âge 2 ans et seulement 38% pour les 1 an (Tableau 1). A l'inverse, l'effet site est plus important pour les 1 an que pour les deux ans.

TABLEAU 1. ANALYSE DE VARIANCE DE LA MORTALITÉ POUR LA CLASSE D'ÂGE 1 AN (A) ET 2 ANS (B)

Facteurs	ddl	Variations	Pr > F	Test	Parts de variance
Année	8	0.829	< 0.0001	***	38%
Secteur	13	1.121	< 0.0001	***	51%
Interaction	103	0.144	0.056	NS	7%
Résidus	202	0.110			5%

A

Facteurs	ddl	Variations	Pr > F	Test	Parts de variance
Année	10	1.426	< 0.0001	***	74%
Secteur	13	0.402	< 0.0001	***	21%
Interaction	130	0.052	0.071	NS	3%
Résidus	247	0.042			2%

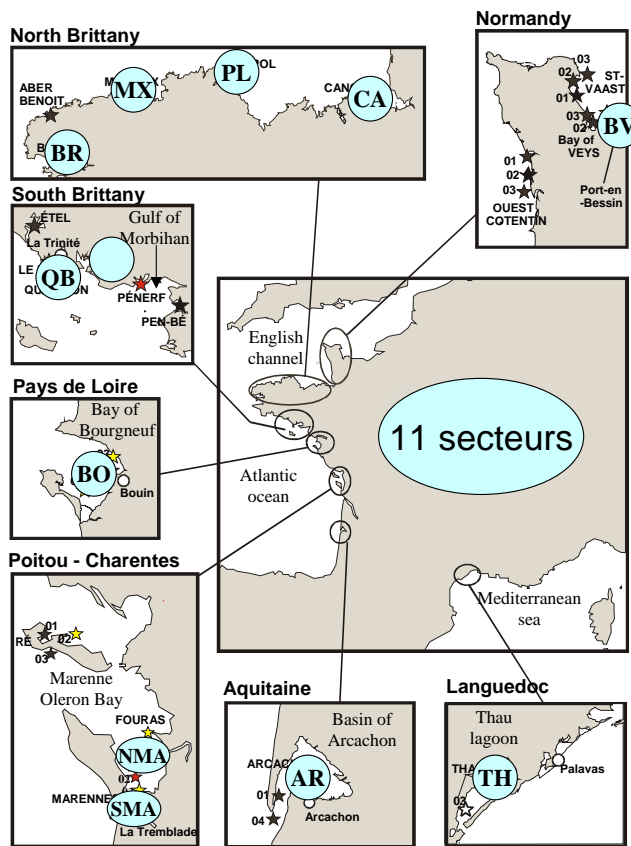
B

3.1.4. CONCLUSION

Les mécanismes de mortalité semblent essentiellement liés à des facteurs de nature environnementale (facteurs extrinsèques plutôt qu'intrinsèques), avec des mécanismes sans doute différents selon les 2 classes d'âge; un effet plutôt "topographique" pour le 1 an, et un effet "météorologie annuelle" pour le 2 ans.



3.2. EN RELATION AVEC L'ENVIRONNEMENT (REPHY & METEO FRANCE) [13].



Cette deuxième partie de l'analyse des données mortalité du réseau REMORA, est consacré à l'étude des relations existantes entre les mortalités (printanières + estivales), l'environnement hydrologique (bases Rephy : température, salinité, turbidité, chlorophylle a, phéophytine) et climatique (bases Météo France : température de l'air; pluviométrie et insolation) sur 11 secteurs conchylicoles du littoral Français (Figure 5).

Sur les onze environnements étudiés, deux se démarquent : (Figure 6a)

- ✓ Thau par une "sursalure" associée à l'évaporation estivale de la lagune
- ✓ Brest par de fortes dessalures.

FIGURE 5 : ONZE SECTEURS CONCHYLICOLES DE L'ETUDE

Sur 9 et 11 années de mesures respectivement pour les huîtres de 1 et 2 ans et sur 11 secteurs ostréicoles, la mortalité des 1 an est plus corrélée à de fortes concentration en chlorophylle a et liée également à des températures élevées; celle des 2 ans est plus liée aux variables pluie et dessalure (Figure 6b).

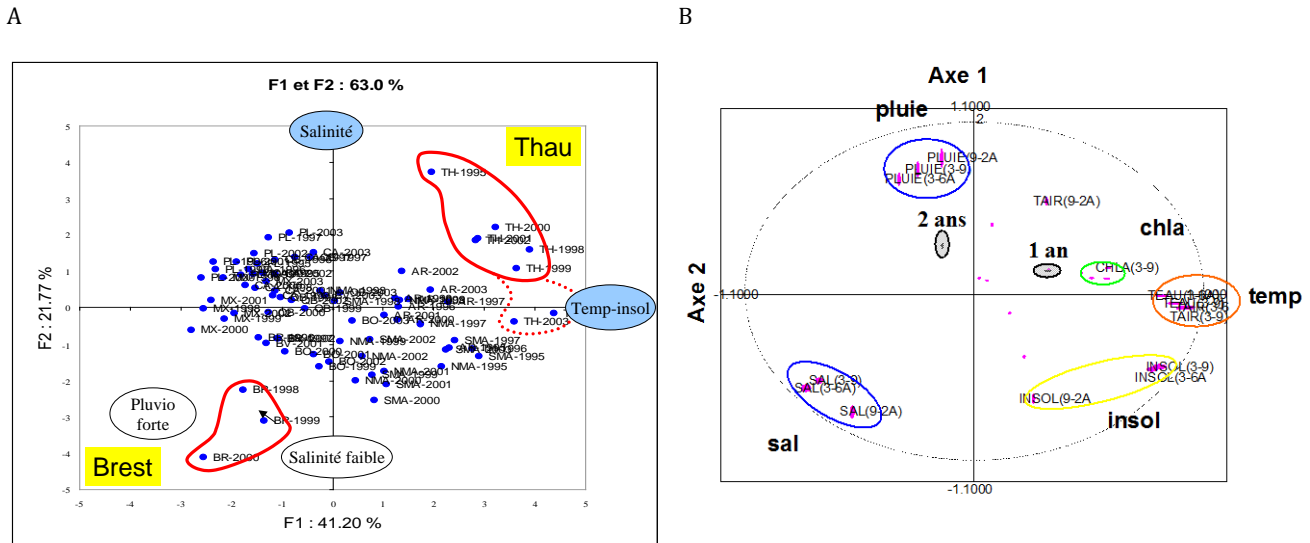


FIGURE 6 : ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES DES ENVIRONNEMENTS (SECTEUR X ANS) (A) ET PROJECTION DE LA VARIABLES MORTALITE 1 AN ET 2 ANS (B).

La deuxième partie de l'analyse tente de préciser ce qui oppose (1) des années de faible niveau de mortalité comme 1993, 2002, 2003 à des années de plus forte mortalité : 1994, 1995, 1999, 2000 et (2) des sites de fortes mortalités de 1an : Quiberon, de 2ans Baie de Veys ou de 1 et 2 ans : Morlaix et le Bassin de Marennes Oléron, aux autres sites sans forte mortalité (Cancale, Paimpol, Baie de Bourgneuf et bassin d'Arcachon).

Les années de plus fortes mortalité des huîtres de 2 ans sont des années caractérisées par des fortes pluies (1994), de fortes températures (1995) ou une forte influence de ces deux paramètres (1999, 2000) (Figure 7a).

Seul l'axe 4 d'ACP faiblement contributif, discrimine les secteurs ostréicoles de plus fortes mortalité de juvéniles (Figure 7b). Ces environnements sont caractérisés par un peu plus de pluie, et moins de phéopigments !....

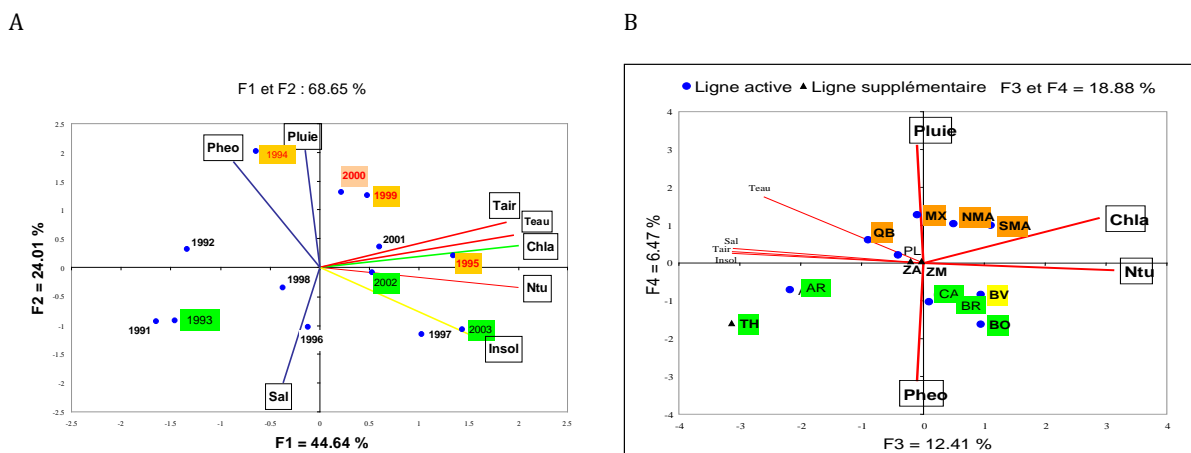


FIGURE 7 : ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES DES ENVIRONNEMENTS "MOYENS" (A) SUR LES 11 SECTEURS ET (B) SUR LES 11 ANS ÉTUDIÉES. LES ANNÉES ET SITES SONT SURLIGNÉS, EN VERT POUR LES FAIBLES MORTALITÉS ET EN ORANGE POUR LES FORTES MORTALITÉS.



Ainsi, au regard de cette analyse et parmi les facteurs environnementaux pris en compte, ceux dont l'influence sur la mortalité huîtres de 1 et 2 ans est la plus importante sont (1) la pluie (surtout pour les huîtres de deux ans) et (2) une "interaction" chlorophylle a et température (surtout pour huîtres de 1 an).

L'abondance de phéopigments agirait plutôt comme un facteur (ou un indicateur) corrélé positivement à la mortalité... en cas d'excès pour les deux ans, et en cas de déficit pour les 1 ans !

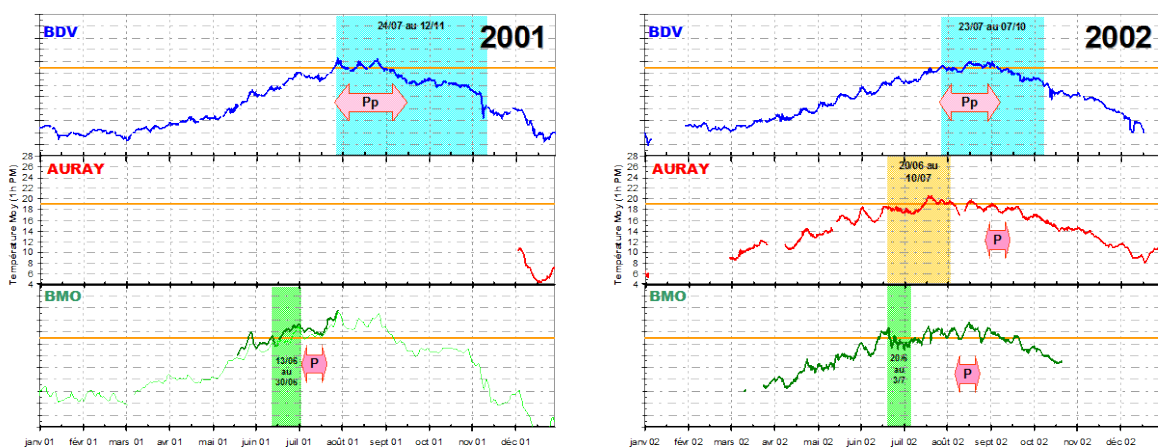
Ces résultats "globaux" reflètent une tendance observée dans notre champ d'expérience défini par les zones ostréicoles et années étudiées. **Ils ne sont en aucun cas généralisables à tous les sites ostréicoles (et non applicables à chaque site ostréicole en particulier). Des études spécifiques doivent être menées site par site pour rechercher ou préciser dans chaque secteur ostréicole, les facteurs d'influence sur les mortalités.**

4. LE RISQUE THERMIQUE.[11]

L'étude descriptive sur 5 années d'étude (2000-2004) (seules 4 années sont représentées ci dessous) permet de mettre en parallèle la dynamique saisonnière de la température des masses d'eau (moyenne à PM \pm 1h) et l'observation des périodes de mortalités estivales sur les trois sites ateliers (Figure 8).

 PÉRIODE DE MORTALITÉ

 PÉRIODE DE PONTE



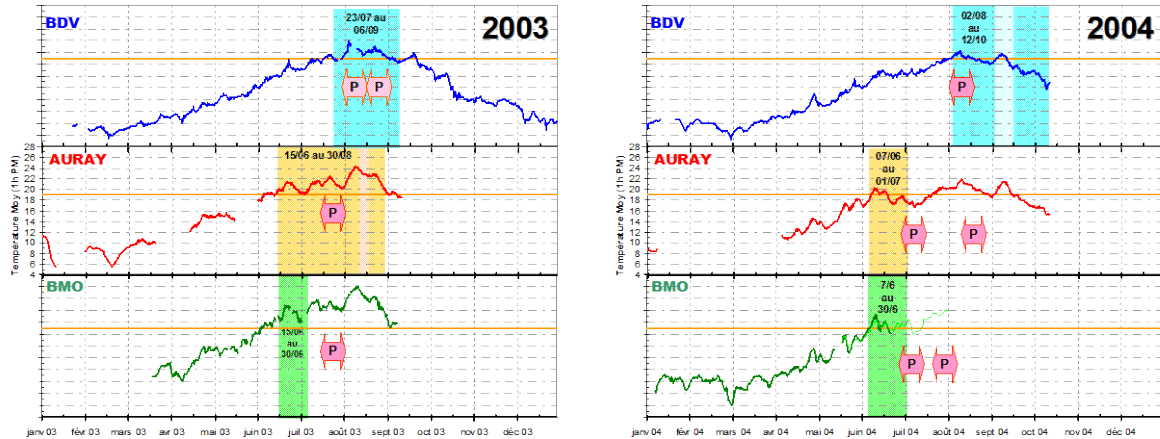


FIGURE 8 : RELATIONS ENTRE TEMPERATURE ET MORTALITE SUR LES 3 SITES ATELIERS: BAI DE VEY (BDV), RIVIERE D'AURAY (AURAY) ET LE BASSIN DE MARENNES OLERON (B MO) DE 2001 A 2004. LE TRAIT HORIZONTAL ORANGE REPRESENTE LE SEUIL THERMIQUE DE 19°C.

La Baie des Veys fait l'objet d'un suivi continu interannuel de la dynamique des mortalités estivales depuis 2000. Cette mortalité a pu être mise en relation avec les profils thermiques en continu (Figure 9). Cette approche permet de démontrer, à l'image de l'année 2003 (canicule), l'indépendance entre le niveau maximum atteint par la température des masses d'eau au cours de l'été et l'intensité des mortalités observées. On remarquera cependant que même si l'été ne se révèle pas morbide (2003, 2004) pour les cheptels, il reste possible d'observer un signal significatif de mortalité fortement corrélé avec le signal thermique.

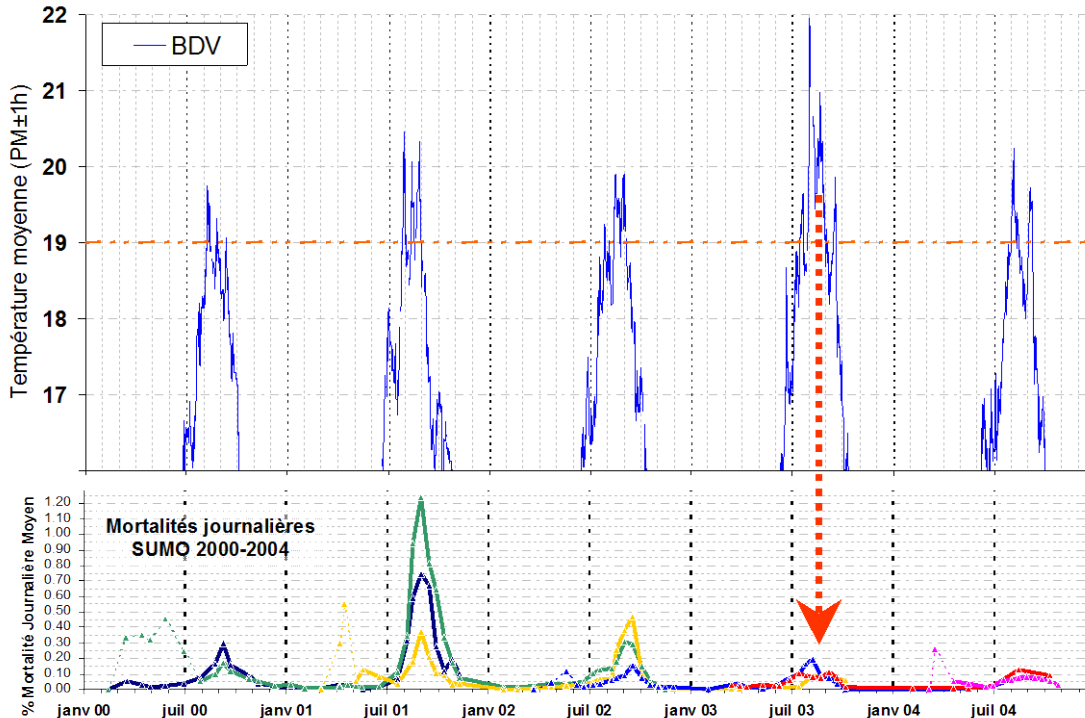


FIGURE 9 : RELATION ENTRE CYCLE THERMIQUE ET LA DYNAMIQUE DE MORTALITÉ DE C. GIGAS EN BAI DE VEYS.



Appliquer aux autres sites ateliers, cette mise en relation de la température et de la mortalité permet de mettre en évidence une remarquable similitude entre les écosystèmes Manche-Atlantique étudiés (Tableau 2). En effet, quel que soit le site et l'année étudiée, si le niveau maximum de la température ne permet pas d'expliquer les mortalités, ces dernières apparaissent systématiquement lorsque les masses d'eau atteignent une température proche de 19°C constituant par la même un seuil de déclenchement.

TABLEAU 2 : TEMPÉRATURES MOYENNE DES MASSES D'EAU (PM±1H) OBSERVÉES AU DÉCLENCHEMENT DES MORTALITÉS ENTRE 2000 ET 2004 (EN REGARD DES TEMPÉRATURES MAXIMUM ESTIVALES OBSERVÉES SUR LES 3 SITES ATELIERS)

	BDV		Auray		BMO	
	T° au déclenchement des mortalités	T° max Estivale	T° au déclenchement des mortalités	T° max Estivale	T° au déclenchement des mortalités	T° max Estivale
2000	18.9 °C	19.3 °C			19.5 °C	22.2 °C
2001	18.7 °C	20.2 °C			18.6 °C	23.5 °C
2002	18.2 °C	19.8 °C	18.6 °C	20.4 °C	19.9 °C	21.3 °C
2003	19.5 °C	21.7 °C	19.3 °C	24.2 °C	19.6 °C	25.8 °C
2004	18.8 °C	20.1 °C	18.9 °C	21.8 °C	18.9 °C	22.0 °C
moyenne	18.8 °C		18.9 °C		19.3 °C	

Ainsi, si la température seule ne tue pas les huîtres, elle n'en demeure pas moins un des facteurs les plus constants associé à l'apparition des mortalités estivales. Il faut donc considérer la température comme un facteur de risque qui atteint son maximum lorsque la température des masses d'eau atteint un seuil compris entre 18,5 et 19,5 °C. Le caractère très constant et stable de cet "effet seuil" à 19°C pourrait suggérer l'absence de mécanismes de type "cumulatif" dans le rôle que peut jouer le facteur thermique dans les processus de mortalité (eg cumul des degrés jours déterminant certaines fonctions physiologiques chez de nombreuses espèces). Cette hypothèse devra être vérifiée avant de conclure.

D'autre part, le fait que d'autres écosystèmes ostréicoles plus chauds (eg Arcachon, Thau) échappent aux mortalités illustre le caractère multifactoriel des processus de mortalités ostréicoles. Le facteur de risque thermique est présent sur ces sites, mais pas suffisant à lui seul
...

La mortalité estivale de *C. gigas* ne peut être expliquée par le seul facteur température, mais résulte d'une combinaison de causes environnementales et de facteurs intrinsèques à la population étudiée.

5. LE "RISQUE" REPRODUCTION. [6]

Il est aujourd'hui reconnu que la reproduction chez l'huître constitue un facteur intrinsèque très souvent associé, voir impliqué, dans les processus de mortalité estivale. Dans la quasi-totalité des sites nationaux, le développement gonadique apparaît dès la première année d'élevage même si son intensité est plus faible que celui des années suivantes. Cette observation est également avérée dans les sites normands pourtant les plus froids.

Les processus liés à la reproduction n'induisent pas "ipso facto" des mortalités anormales (eg Thau, Arcachon, Bouin...). Ainsi, comme la température, la maturation seule n'induit pas de mortalité. Les mortalités anormales estivales, quand elles se produisent, coïncident avec la période de reproduction, mais avec des modalités différentes selon les sites. Ainsi, en rivière d'Auray et dans le Bassin de Marennes Oléron, la mortalité survient principalement en fin de vitellogénèse (maturation "avancée") (Figure 10a). En Baie des Veys, la mortalité peut survenir selon les années avant ou après la ponte (Figure 10b).

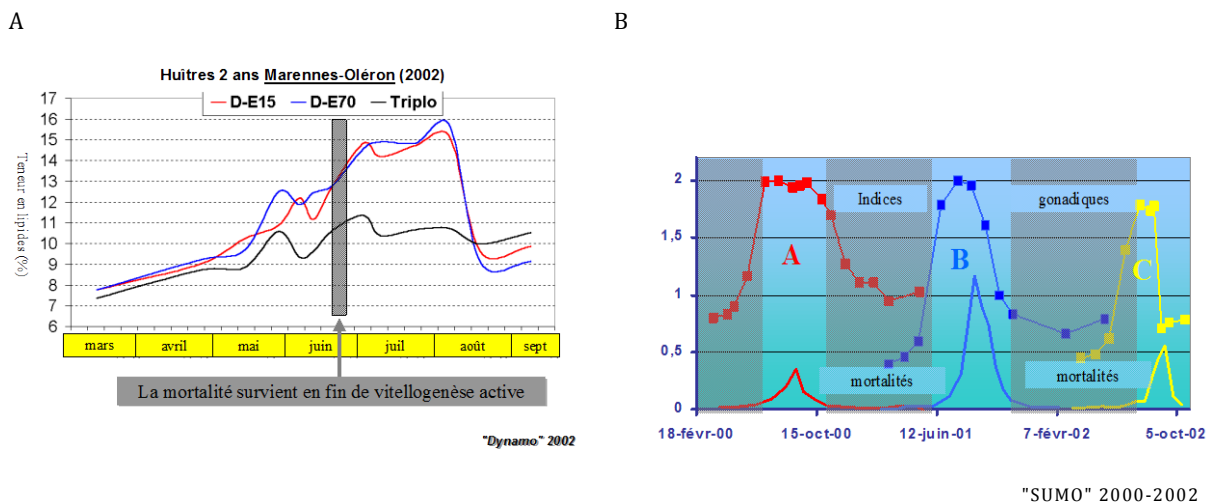


FIGURE 10 : RELATION ENTRE LA MORTALITÉ ET LE CYCLE DE MATURATION : (A) TENEUR EN LIPIDE DE LA CHAIR POUR LE BASSIN DE MARENNES OLÉRON ET (B) INDICE GONADIQUE (CF REMORA) POUR LA BAIE DES VEYS.

Différents facteurs ou manipulations zootechniques agissant sur la maturation, peuvent influencer le niveau de mortalité des cheptels :

- (1) Le **transfert**, durant la période mars-juillet, des huîtres de la Baie des Veys sur la Côte Ouest du Cotentin se traduit par une réduction significative des mortalités après leur retour en Baie des Veys. Ce résultat s'explique par l'accomplissement total du cycle de reproduction (jusqu'à la ponte) dans l'Ouest Cotentin, contrairement à la Baie des Veys où ce cycle est perturbé. (Costil *et al.*, 2005 (sous presse))
- (2) En expérimental sur Auray, l'**exondation** prolongée réduisant croissance et reproduction, diminue également la mortalité. Une enquête sur les mortalités normandes en 1995 mettrait déjà en évidence la diminution de mortalité sur les parcs



les plus hauts. Dans le Bassin de Marennes Oléron, les sites les plus hauts sur estran (plus d'émersion) ne sont pas les plus affectés par les mortalités. A contrario, certains sites plus profonds dans le sud du Bassin de Marennes Oléron permettent des pontes plus précoces, en réduisant ainsi les mortalités (Soletchnik et al., 2005 (sous presse).

- (3) En expérimental sur Auray, **l'augmentation de densité** de naissain d'huîtres en poche (de 500 à 3000), diminue bien le taux de reproduction. Mais l'amélioration de la survie n'est pas à la hauteur de la baisse de reproduction observée. La propagation accélérée des mortalités à forte densité pourrait l'expliquer

Certains facteurs génétiques "intrinsèques" (eg sélection de souches résistantes) peuvent également influencer la reproduction

(1) Mortalité et maturation chez les "R" et les "S" (Figure 11).

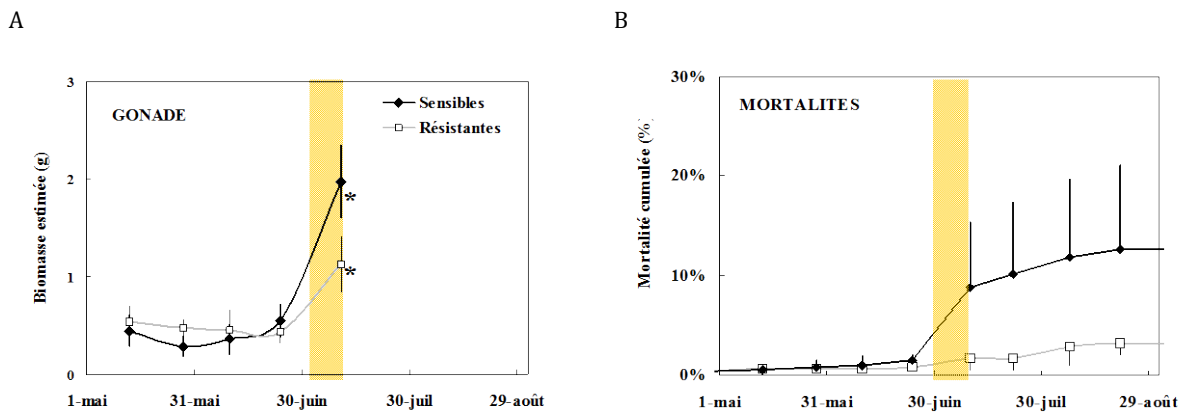


FIGURE 11 : CROISSANCE (A) ET MORTALITÉ (B) DES CHEPTELS "R" ET "S" (2 ANS) EN 2002 SUR LE SITE D'AURAY. LA BARRE COLORÉE VERTICALE REPRÉSENTE LA PÉRIODE DE MORTALITÉ PLUS INTENSE.

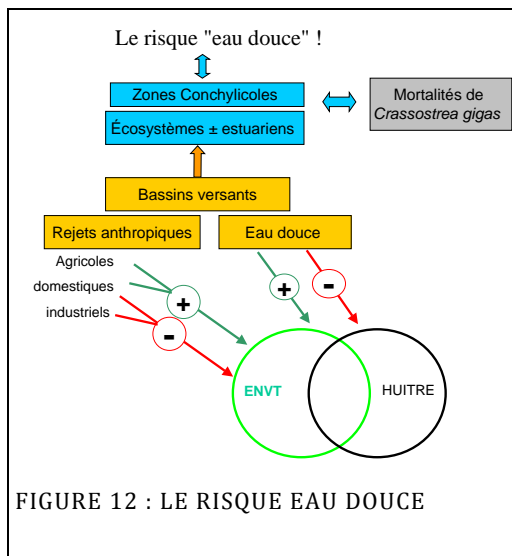
Ainsi, les huîtres "sensibles" (S) présentent une gamétogenèse plus rapide et un effort de reproduction plus élevé que les résistantes (R). Ce résultat est également confirmé dans l'étude R et S menée en 2003 dans le sud du Bassin de Marennes Oléron (DynamoR). Cette étude montre bien les différences de "stratégies" entre les "R" et "S" [16] durant une période physiologiquement sensible de mi mai à mi juin ("stress chronique") (Soletchnik 2001, [17], [18], [19]. Les individus "S" puisent de l'énergie dans les organes somatiques jusqu'à un stade de "non retour" (bilan de matière négatif et mortalité...). Les "R" quand à eux, prélèvent de l'énergie dans la gonade, réduisant ainsi l'effort de reproduction au bénéfice de leur survie [16], [20]. Ce résultat de 2003 dans le Bassin de Marennes Oléron apparaît ainsi tout à fait cohérent avec celui obtenu sur Auray en 2002 (Figure 11).

(2) **La polypléidisation est un autre facteur intrinsèque qui agit sur le niveau de mortalité**, probablement par le biais de la réduction de l'effort de reproduction chez les huîtres triploïdes [12], [18]. D'une façon générale, les huîtres triploïdes présentent une meilleure survie que les diploïdes dans les élevages sur estran.

Ainsi donc, *C. gigas* a une stratégie de reproduction qui représente un investissement "coûteux" pour les géniteurs et on observe effectivement une sensibilité particulière aux mortalités anormales en période estivale. Plusieurs facteurs qui réduisent la reproduction ont un impact favorable sur la survie : changements génétiques ou environnementaux. On peut noter cependant un effet inverse du facteur âge, les huîtres de 1 an étant plus affectées par les mortalités que celles de 2 ans, dans la plupart des sites, alors qu'elles manifestent un effort de reproduction moindre.

La mortalité estivale de *C. gigas* ne peut être expliquée par un seul facteur, mais résulte d'une combinaison de causes environnementales et de facteurs intrinsèques à la population étudiée. La maturation en est un facteur essentiel.

6. LE RISQUE "EAU DOUCE" [15]



6.1. INTRODUCTION

Le "risque eau douce" est fortement lié au risque bassin versant, à travers les rejets anthropiques de diverses natures qui peuvent affecter les écosystèmes estuariens (Figure 12). L'eau douce perçue par la dessalure est un "indicateur"; par la pluviométrie, un facteur de risque, et par les débits, c'est un vecteur.

Les travaux présentés concernent les 2 sites les plus documentés : la Baie des Veys et le Bassin de Marennes Oléron. Ils concernent tout à la fois des études de modélisation (Grangeré, 2004, Munaron, 2004) et des analyses et traitements de données issus de bases environnementales (Météo France, réseaux Rephy) ou de sondes multiparamètres (Ropert et Kopp, 2000, Misko, 2003)

6.2. QUE DISENT LES MODÈLES ?

En Baie des Veys, l'influence directe des apports de bassins versants est faible (Figure 13). Le panache d'Isigny est le plus contributif à cette influence. Les dessalures minimales perçues par le modèle en situation d'une crue en 2003 sont de 23 ‰ au sud des parcs ostréicoles (Grangeré, 2004).

Dans le Bassin de Marennes Oléron (Munaron, 2004), une simulation de salinité minimale est validée par de réelles mesures de débits lors d'une crue de la Charente au printemps 2001. Toute la partie Nord Est du bassin (peu exploitée par l'ostréiculture), est soumise à de très fortes dessalures (Figure 14a). Toute la partie Nord - Ouest du bassin est relativement épargnée par la dessalure². La partie sud du bassin est exposée à des salinités minimales de l'ordre de 20 (Figure 14a). Ce résultat est en accord avec les mesures de sondes en conteneur sur le banc de Perquis. Les dessalures moyennes observées lors d'un tel événement structurent bien le bassin en 3 secteurs : N-O, N-E et S (Figure 14b). Ainsi, l'impact de l'eau douce sur les parcs ostréicoles, est bien plus marqué dans la partie sud du bassin où la charge en cheptels est très supérieure au secteur nord.

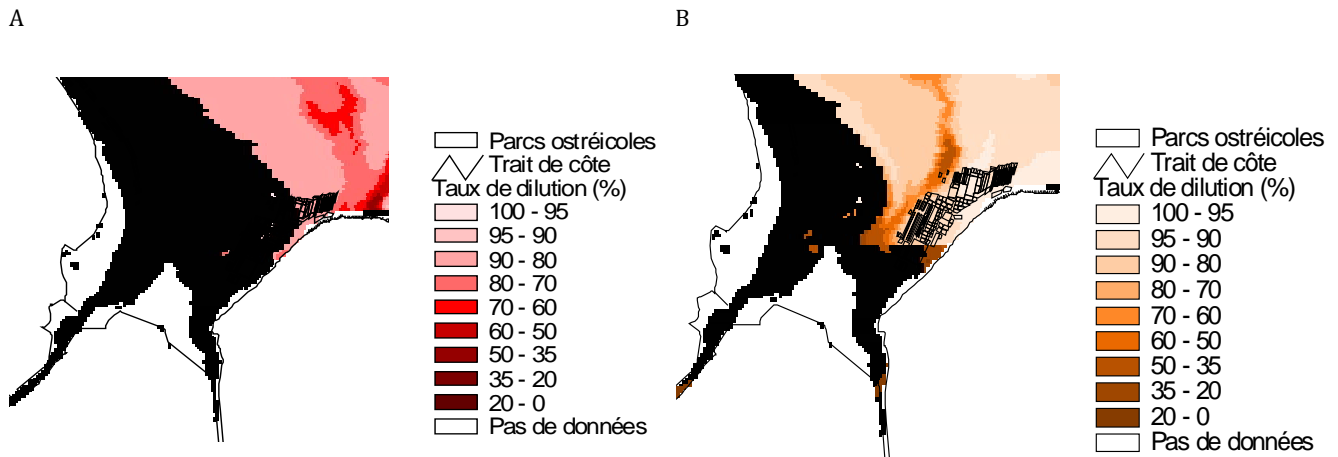
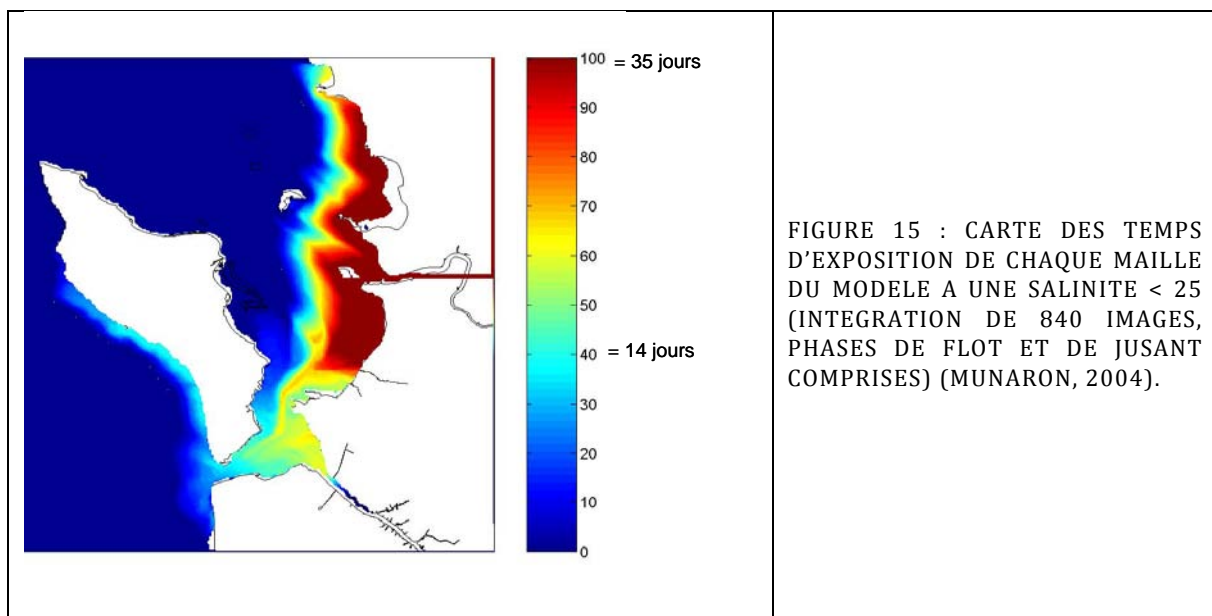
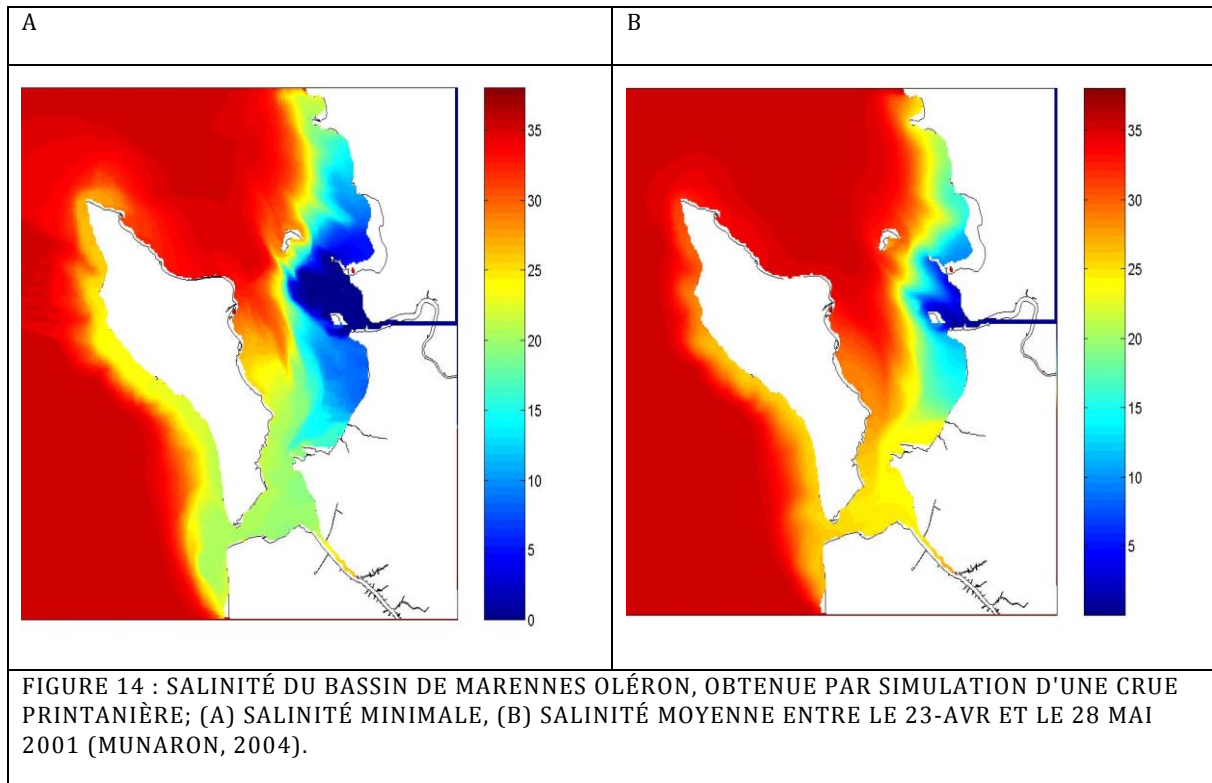


FIGURE 13 : ZONE D'INFLUENCE DES PANACHES DE RIVIERE (A) ISIGNY ET (B) CARENTAN EN BAIE DES VEYS (UTILISATION DE TRACEURS) GRANGERE, 2004.

² Sans prise en compte de l'influence possible du panache de Gironde



Les sites ostréicoles du sud du bassin (eg Bourgeois, Ronce - Perquis) peuvent être exposés pendant 2 à 3 semaines à une salinité inférieure à 25 ‰, dans une telle situation de crue de la Charente

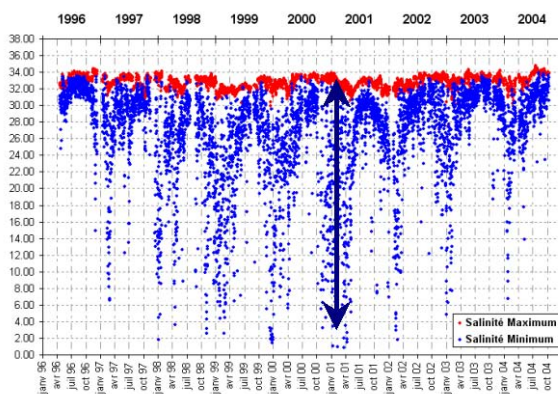


6.3. ...ET LES MESURES EN CONTINU ?

La Baie des Veys fait l'objet, depuis 1996, d'une surveillance en continu des paramètres hydrologiques de salinité et température au moyen de sondes d'acquisition automatiques de type MICREL© (Fréquence d'acquisition : 10 minutes). Ecosystème placé sous influence estuarienne (Ropert, 1999; Ropert et Kopp, 2000; Ropert *et al.*, 2003; Sylvand *et al.*, 2003) il se caractérise par de très importantes variations de salinité observables à petite échelle de temps (premières heures du flot).

Pour chaque cycle de marée, l'amplitude de dessalure est calculée : (salinité maxi – salinité mini) (Figure 16a). L'application de la technique des "sommés cumulées" à l'ensemble de ces amplitudes des dessalures présente un double intérêt; D'une part, elle permet d'identifier l'apparition de ruptures dans les niveaux moyens de dessalures au cours du temps, tout en identifiant les dates auxquelles ces changements apparaissent. En outre, cette technique autorise également une évaluation quantitative des valeurs moyennes de dessalures au cours de périodes de temps homogènes (Ibanez *et al.*, 1993).

A



B

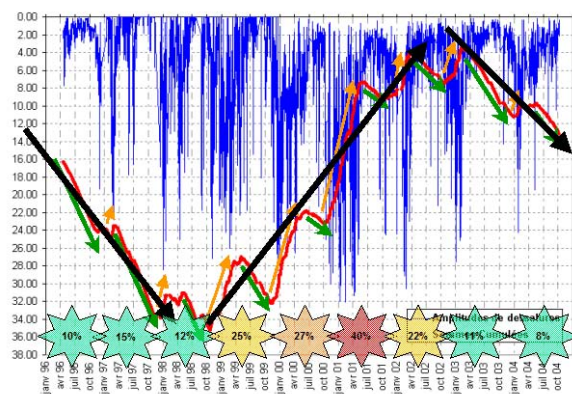


FIGURE 16 : ENTRE LA MORTALITÉ DE *C. GIGAS* ET (A) LES DÉBITS ET FLUX DE NITRATES EN BAIE DES VEYS ET (B) LES DÉBITS ANNUELS DE LA CHARENTE DANS LE BASSIN DE MARENNES OLÉRON.

La courbe des "sommés cumulées" (en rouge sur la Figure 16b) fait ressortir 2 niveaux de variabilité : 1) une variabilité annuelle (succession d'une périodes de faibles et fortes dessalures) liées à la saisonnalité et 2) une variabilité interannuelle qui fait nettement ressortir la période 1999-2002 comme étant dominées par l'apparition fréquente de fortes dessalures. C'est également au cours de cette période 1999-2002 que l'on a pu déplorer, chaque année, les mortalités estivales les plus significatives.

Cette approche permet de mettre en évidence une forte interaction d'échelle entre des processus fins (dessalures) se développant à petite échelle (quelques dizaines de minutes) et des processus plus globaux (mortalités ostréicoles) observées à grande échelle (annuelle à interannuelle).

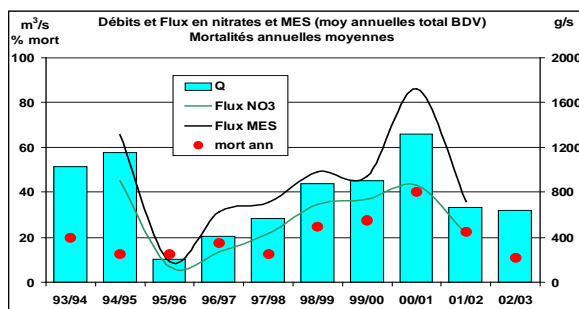


La mise en relation des niveaux de mortalités annuels en Baie des Veys avec les mesures en continu (fréquence 10 minutes) de la salinité sur la période 1996 - 2004 soulève d'importantes questions quant à la nature de ces relations. Elle illustre bien la notion de transfert d'échelle entre un processus furtif (amplitude de dessalure observée quotidiennement durant les premières heures de chaque cycle de marée) et les mortalités (échelle annuelle). La relation qui semble émerger après 8 années de mesures confirme l'influence de l'eau douce dans les processus de mortalités en Baie des Veys. De plus, les dessalures ont un caractère plutôt hivernal alors que les mortalités s'expriment en période estivale. Ce décalage saisonnier dans cette relation eau douce-mortalités exclut un lien direct de cause à effet, mais suggère plutôt une relation de nature indirecte du type de celle mise en évidence, également entre les débits annuels des apports et les mortalités estivales. La question reste cependant posée sur les deux autres sites ateliers qui ne disposent pas d'aussi longues séries de mesures.

6.4. RELATION MORTALITÉ ET DÉBITS ?

Dans deux écosystèmes où la mortalité estivale des huîtres (1 ou 2 ans) est relativement élevée, une relation entre l'influence des bassins versants (appréciée par les débits d'eau douce et les flux de sel nutritifs) semble se dessiner tout à la fois en Baie des Veys (Figure 17a) (Misko, 2003) et dans le Bassin de Marennes Oléron (Figure 17b).

A



B

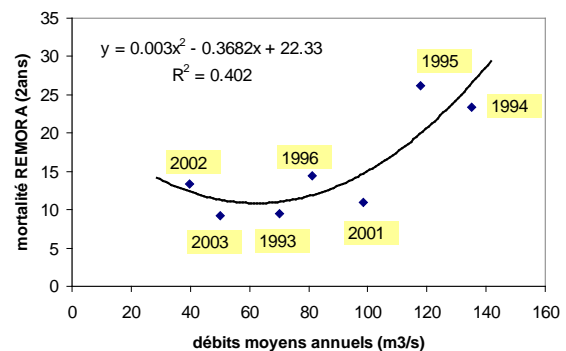


FIGURE 17 : RELATION ENTRE MORTALITÉ ET (A) LES DÉBITS ET FLUX DE NITRATES EN BAIE DES VEYS (MISKO ET AL., 2003) ET (B) LES DÉBITS ANNUELS DE LA CHARENTE DANS LE BASSIN DE MARENNES OLÉRON.



6.5. CONCLUSION

En Baie des Veys, les modèles d'apport en provenance des bassins versants permettent de bien préciser l'influence des chenaux de Carentan et d'Isigny sur les sites ostréicoles. Le chenal d'Isigny représente 80 % des apports influençant les parcs. Le modèle actuel ne permet pas encore de rendre compte des niveaux de dessalures mis en évidence grâce aux mesures "haute fréquence" effectuées depuis 9 années au niveau des concessions ostréicoles. Les modèles sont en cours d'évolution.

La relation : (eau douce - mortalité) se précise en 2003 par la relation (débit-mortalité) (Misko, 2003) qui demande encore à être précisée. Là où l'analyse des signaux mensuels et même journaliers de salinité ne permettent pas d'établir cette relation avec la mortalité, l'analyse fine des signaux horaires de salinité le permet (sondes en continu). La Baie des Veys constitue de ce fait un "cas particulier" d'un écosystème "ouvert", sous influence "furtive" mais néanmoins "intense" des apports en provenance des bassins versants.

Dans le Bassin de Marennes Oléron, le travail de modélisation montre combien les parcs ostréicoles sont différenciellement exposés au risque de dessalure. La plupart des parcs ne semblent pas être soumis aux niveaux de dessalure extrêmes (quelques ‰) mis en évidence en Baie des Veys. Les mesures de salinité obtenues dans le sud du bassin sont à peu près cohérentes avec les données de dessalures maximales de 24-25 ‰ données par le modèle. Comme en Baie des Veys, une corrélation semble bien exister entre le niveau de mortalité dans le bassin et les débits annuels de la Charente depuis 1993. Toutefois cette relation est "ténue" ($R^2 = 0,40$). Obtenue avec seulement 7 couples de valeurs, cette relation est "tirée" seulement par 2 années de forte pluviométrie (1994 et 1995), et demande également à être précisée.

Enfin, le risque "**eau douce**" apprécié à travers (1) les mesures de débits, (2) les études de modélisation, (3) les mesures de salinité in situ, est "pointé du doigt" comme facteur suspect au niveau des deux écosystèmes de la Baie des Veys et du Bassin de Marennes Oléron. Des études complémentaires doivent préciser les faits. En l'état actuel des connaissances, ce risque "eau douce" n'est absolument pas généralisable à l'ensemble des écosystèmes conchylicoles qui demandent à être instruits "individuellement" sur le sujet. De même, une étude est tout à fait envisageable dès à présent, couplant les temps d'exposition à la dessalure et la mortalité des huîtres sur les différents points d'élevage REMORA du Bassin de Marennes Oléron. Au regard des travaux de modélisation (Figure 14, Figure 15), rien ne laisse penser que le point MA02 nettement plus marqué par les mortalités que les autres points (Figure 4b), soit plus exposé aux dessalures que les points MA01, MA03 et MA06 situés autour !...

Enfin, et pour clore (provisoirement) le sujet, les auteurs font le choix de présenter un résumé d'une présentation du thème 7 sur le risque eau douce sur l'évaluation des risques associés à la pluviométrie et aux bassins versants [21] (Annexe A)

Cette étude typologique "grossière" montre que l'ampleur des apports au niveau des différents sites ostréicoles, par les bassins versants ou par les panaches des grands fleuves, **ne permet pas, seul, de "prédire" le niveau de mortalité de *C. gigas* dans chacun de ces sites. Le corollaire de cette conclusion est bien de dire que d'autres causes associées ou**



indépendantes au risque "eau douce" sont à rechercher sur certains sites sur lesquels *C. gigas* subit de fortes mortalités.

La mortalité estivale de *C. gigas* ne peut être expliquée par un seul facteur, mais résulte d'une combinaison de causes environnementales et de facteurs intrinsèques à la population étudiée. L'eau douce, indicateur de l'influence plus ou moins forte des bassins versants, et/ou vecteur d'apports anthropiques intervient dans certain écosystèmes conchylicoles.

7. LE RISQUE TROPHIQUE. [10]

Les travaux réalisés au Japon en Baie de Matsushima dans les années 1960 font état d'un déséquilibre métabolique lié à une accélération du processus reproductif sous l'influence d'un milieu nutritif riche et de températures élevées (Imai *et al.*, 1965; Tamate *et al.*, 1965). A cette occasion les auteurs font le lien et identifient l'eutrophisation de la Baie de Matsushima comme la cause majeure des mortalités estivales de *C. gigas* qui s'y développent (Mori, 1979).

Dans cette perspective, Pouvreau (et al.) étudient en laboratoire l'écophysiologie de *C. gigas* en reproduisant 3 conditions trophiques voisines de celles rencontrées dans des écosystèmes oligotrophe, hétérotrophe et eutrophe [22], [23]. Ils mettent en évidence qu'une trop forte charge en algues induirait des problèmes physiologiques pouvant contribuer aux mortalités.

7.1. A MACRO-ECHELLE : REMORA ET ECOSYSTEMES SENSIBLES

A partir de la base de données "Rephy", les mortalités des sites les plus sensibles (Quiberon Marennes, Morlaix et Baie des Veys), sont représentés en fonction de la concentration moyenne en chlorophylle "a" et pour les deux classes d'âge de Remora (Figure 18). Les relations, quand elles existent (Quiberon et Morlaix), sont plutôt "contradictoires", à pente positive sur le site de Morlaix, et à pente négative pour le site de Quiberon !...

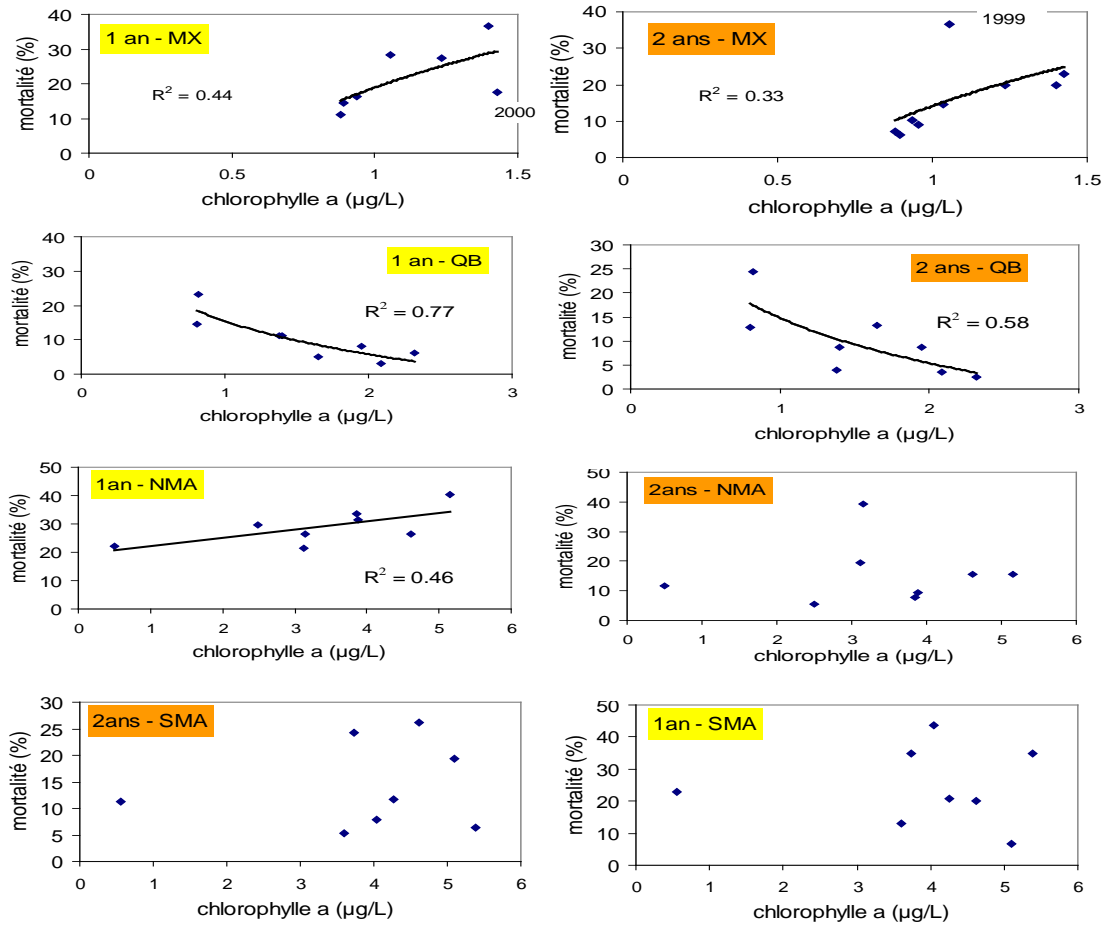
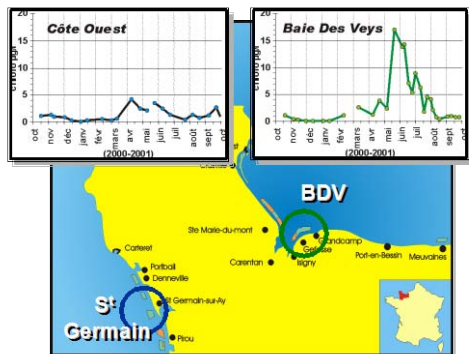


FIGURE 18 : RELATION ENTRE MORTALITE ESTIVALE ET CONCENTRATION MOYENNE EN CHLOROPHYLLE A SUR LES SITES OSTREICOLES "SENSIBLES" (BASE REMORA DE 1993 ET 2003) MORLAIX (MX), QUIBERON (QB), NORD ET SUD BASSIN DE MARENNES OLERON (NMA ET SMA)



7.2. A MESO-ECHELLE : RESULTATS DE TRANSFERT DE CHEPTELS EN BAIE DES VEYS.



S'inspirant des travaux de Imai *et al.*, 1965, l'objectif de cette approche est d'écartier temporairement les huîtres de la Baie des Veys (écosystème à tendance eutrophe) vers le bassin de la Côte Ouest Cotentin (tendance oligotrophe) pendant la période de forte potentiel trophique (printemps) (Figure 19).

FIGURE 19 : STRATÉGIE DE TRANSFERT DES HUÎTRES DE LA BAIE DES VEYS (BDV) VERS LA CÔTE OUEST (ST GERMAIN) AUX PROFILS TROPHIQUES (GRAPHES CHLOROPHYLLE A) CONTRASTÉS.

La ressource trophique sur la Côte Ouest du Cotentin a souvent été nettement inférieure à celle de la Baie des Veys (2001-2003 - Figure 20). Les transferts vers la Côte Ouest Cotentin réalisés en 2002 et 2003 se

sont révélés pertinents. En réduisant l'accès à la ressource trophique durant la période printemps-été, les mortalités observées sur les cheptels "témoins" en Baie des Veys (11 à 24 %) ont été réduites à moins de 5 % sur les cheptels temporairement écartés et replacés en Baie des Veys en cours d'été.

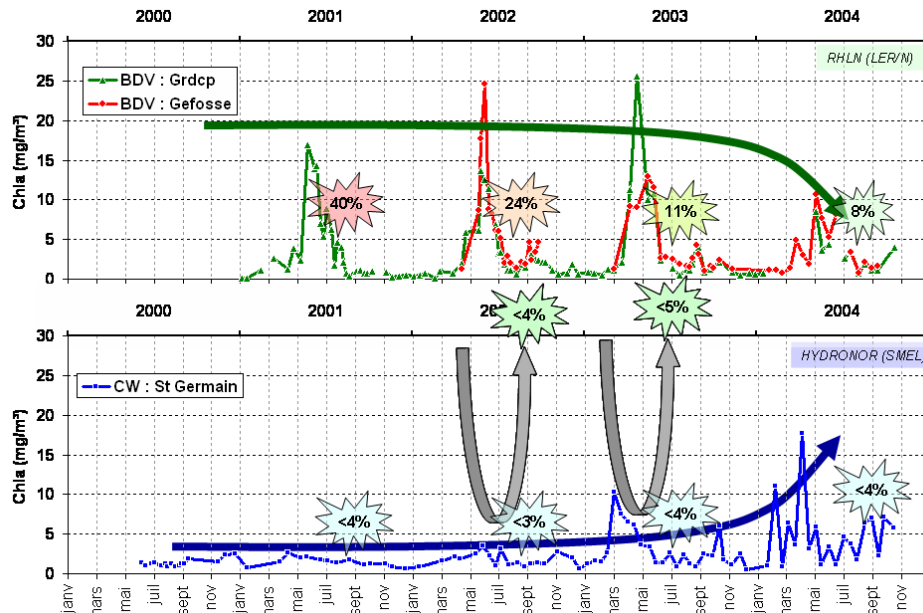


FIGURE 20 : CONDITIONS TROPHIQUES (INDICATEUR CHLOROPHYLLE A) EN BAIE DES VEYS (A) ET SUR LA CÔTE OUEST COTENTIN (B) ENTRE 2001 ET 2004 ET MORTALITÉS ESTIVALES SUR LES DEUX SITES (VALEURS DANS ÉTOILES).



En 2004, le contraste trophique qui caractérisait les deux écosystèmes disparaît du fait 1) d'une augmentation significative des teneurs en Chlorophylle a sur la Côte Ouest Cotentin et 2) d'une diminution en Baie des Veys. Dans le même temps les niveaux de mortalités sur les deux écosystèmes sont faibles (8% en Baie des Veys et 5% sur la Côte Ouest)

Ces résultats montrent le rôle tout à fait particulier de l'influence la richesse nutritive du milieu sur les cheptels ostréicoles. D'une part, en Baie des Veys, la diminution apparente du potentiel trophique en 2004 s'accompagne d'une réduction de la mortalité, ce qui semble confirmer le rôle prépondérant de ce facteur dans les processus inducteurs de mortalités. D'autre part, sur la Côte Ouest, la tendance inverse ne s'accompagne pas d'une augmentation des mortalités. Cette particularité doit être interprétée comme une démonstration du caractère multifactoriel des processus inducteurs de mortalités. Dans un écosystème où les conditions sont réunies pour provoquer des mortalités anormale, la diminution du facteur trophique se traduit par une diminution de la mortalité. A contrario, dans un écosystème où ces mêmes conditions ne sont pas réunies (Côte ouest Cotentin) l'augmentation du facteur trophique ne suffit pas à lui seul à induire des mortalités.

7.3. EXISTE-T-IL UNE HÉTÉROGÉNÉITÉ SPATIALE DE L'ENVIRONNEMENT TROPHIQUE DE L'HUÎTRE CREUSE EN BAIE DES VEYS?

L'analyse de l'hétérogénéité spatiale de l'environnement trophique en Baie des Veys repose sur une approche multidisciplinaire développée par l'Université de Caen (Lefebvre *et al.*) qui intègre : 1) l'analyse des signatures isotopiques naturelles du Carbone et de l'Azote dans les différentes populations et compartiment de l'écosystèmes (Thèse en cours de J.C. Marin, Univ. Caen) ; 2) les simulations de modèle hydrodynamique (Grangeré 2004 & thèse en cours, Ifremer/ Univ. Caen) ; 3) l'analyse des cortèges spécifiques de microalgues planctoniques (Thèse de F. Jouenne, Univ. Caen) et 4) la répartition spatiale des biomasses microphytobenthiques (DEA J. Montepini, Univ Caen), le tout en regard de l'hétérogénéité spatiale des mortalités ostréicoles qui révèle une sensibilité accrue des huîtres dans la partie Sud des parcs par rapport à la partie Nord.

Si aucune différence quantitative (Chlorophylle a) n'apparaît entre les secteurs Nord et Sud des parcs, des différences existent dans les **des cortèges spécifiques microphytoplanctoniques** (Figure 21a). Cette hétérogénéité spatiale rencontrée au cours des campagnes d'échantillonnage, se rencontre également au niveau de la biomasse microphytobenthique (estimée par la chlorophylle a) (Figure 21b).

A

B

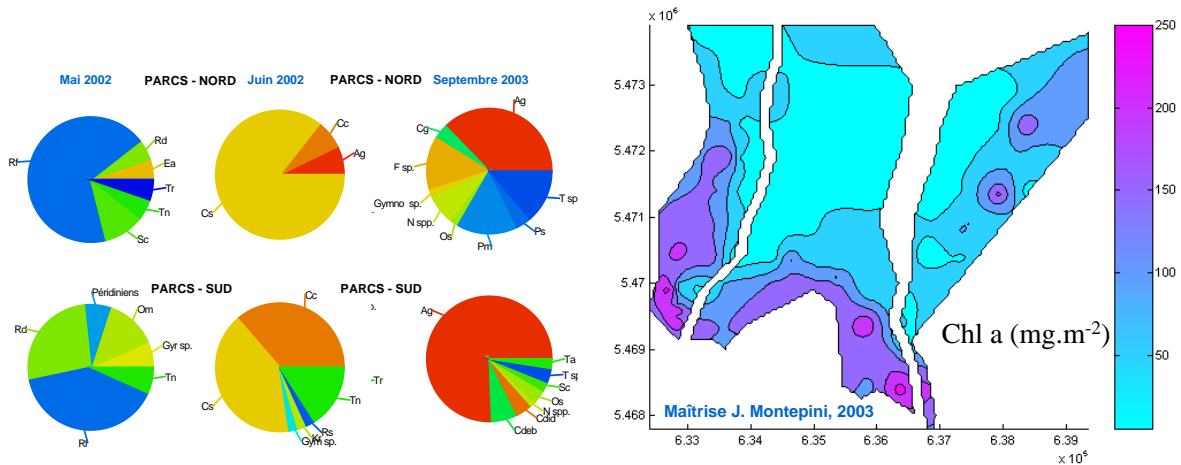


FIGURE 21 : HÉTÉROGÉNÉITÉ DE LA RESSOURCE TROPHIQUE EN BAIE DES VEYS : (A) CORTÈGES SPÉCIFIQUES MICROPHYTOPLANCTONIQUES (3 DATES) POUR LES PARCS NORD (HAUT) ET LES PARCS SUD (BAS) & (B) HÉTÉROGÉNÉITÉ EN CHLOROPHYLLE A AU NIVEAU DU SÉDIMENT.

Si rien ne montre que cette hétérogénéité trophique est impliquée dans les causes de mortalité de *C. gigas* en Baie des Veys, par contre, la dessalure plus importante mise en évidence dans le secteur sud des parcs (Figure 22a), est bien associée à des mortalités supérieures dans ce secteur (Figure 22b).

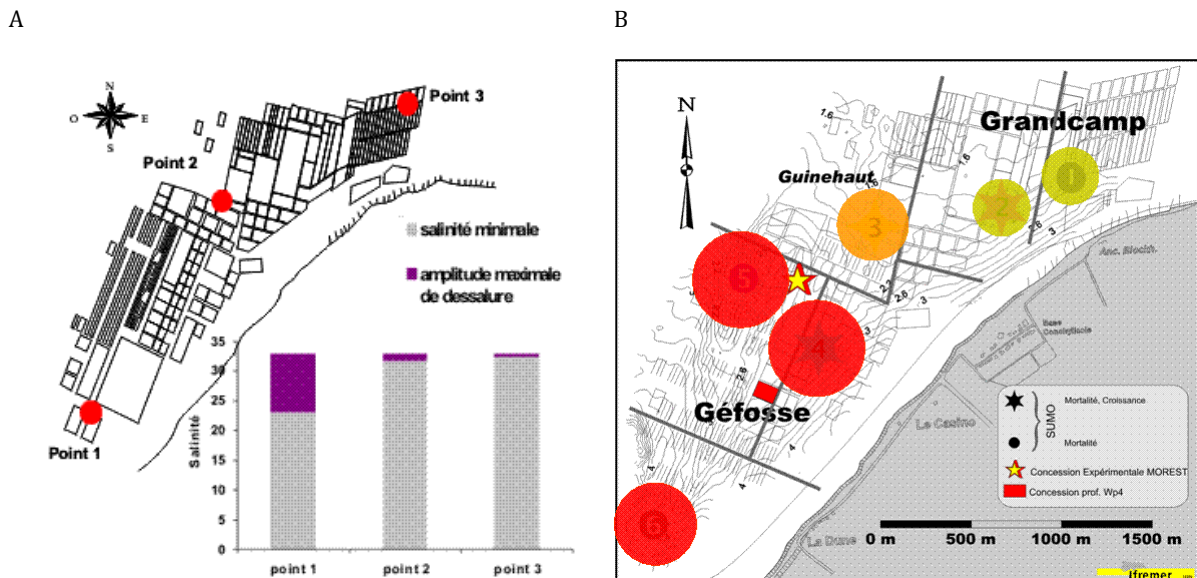


FIGURE 22 : (A) SALINITÉ ET (B) INDICE DE MORTALITÉ (2000 À 2003) SUR 6 SITES ATELIER EN BAIE DES VEYS (SUMO) (TAILLE DES CERCLES PROPORTIONNELS AUX NIVEAUX MOYENS DE MORTALITÉS OSTREICOLES).



Ainsi, une hétérogénéité spatiale de l'environnement trophique, (en particulier entre le sud et le nord des parcs ostréicoles) est mise en évidence. Elle est confirmée par la différence observée sur les analyses des signatures isotopiques du carbone et de l'azote pour des lots d'huîtres implantés au nord et au sud des parcs ostréicoles. Elle peut être liée au mélange des eaux estuariennes et marine avec une probable remise en suspension de microphytobenthos sous l'action de l'hydrodynamique. Sans présager d'un éventuel lien de cause à effet, il est malgré tout intéressant d'observer le parallélisme entre cette hétérogénéité trophique et les différences observées sur les niveaux de mortalités moyens entre les deux secteurs Nord et Sud de la baie des Veys.

La question de l'implication directe de l'hétérogénéité trophique dans les processus inducteurs de mortalités reste donc posée et nul doute que sa résolution contribuera à la compréhension de la problématique de mortalité de *C. gigas* en Baie des Veys.

7.4. CONCLUSION

A macro-échelle (REMORA, sites sensibles), la relation entre les mortalités et l'indicateur trophique Chlorophylle "a", est souvent mis en évidence (Cf analyses multivariées p.12). Toutefois une grande hétérogénéité des réponses fait ressortir le caractère complexe des processus impliqués et force au changement d'échelle d'analyse. Cette démarche est développée par l'approche à méso-échelle (Transferts entre la Baie des Veys et la Côte Ouest Cotentin) où l'analyse de séries temporelles fines (suivis hautes fréquences) permet de mettre en parallèle la perception de modifications trophiques dans les écosystèmes avec la variabilité interannuelle des mortalités. Cette démarche, si elle permet d'identifier la ressource trophique comme impliquée dans les processus de mortalité, démontre une nouvelle fois le caractère multifactoriel des causes impliquées.

L'approche développée à petite échelle et la mise en parallèle entre l'hétérogénéité des mortalités et l'hétérogénéité spatiale de la ressource trophique (tant sur la plan qualitatif que quantitatif) va dans le même sens et pose clairement la question de l'influence du régime alimentaire en temps que facteur de risque vis à vis des mortalités ostréicoles.

La mortalité estivale de *C. gigas* ne peut être expliquée par un seul facteur, mais résulte d'une combinaison de causes environnementales et de facteurs intrinsèques à la population étudiée. L'eutrophisation des zones conchylicoles a plusieurs fois été désignée comme une cause environnementale indirecte des mortalités



8. LE RISQUE SÉDIMENTAIRE [1].

8.1. DANS LE BASSIN DE MARENNES OLÉRON,

Le modèle de mortalité plat-table est étudié depuis 1996. La mortalité estivale est toujours supérieure de 15-20% pour les élevage à 0-15cm que pour ceux à 50-70cm (Figure 23).

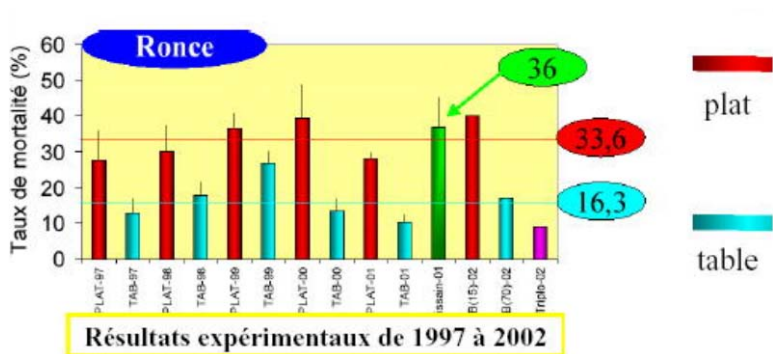


FIGURE 23 : MORTALITÉ COMPARÉE ENTRE LES ÉLEVAGES À 0-15 CM ET 50-70 CM SUR LE SITE ATELIER DE PERQUIS DANS LE SUD DU BASSIN DE MARENNES OLÉRON.

Les études pluridisciplinaires menées en 2002 sur des cheptels de 18 mois ont nettement montré que l'effet sédiment, en interaction avec la maturation, rajoutait un "niveau" de mortalité de l'ordre de 20% (Figure 24). Sans agent infectieux identifié, la proximité du sédiment induit une déficience immunitaire accrue (mesurée par la phagocytose) durant la phase active de gamétogénèse [12].

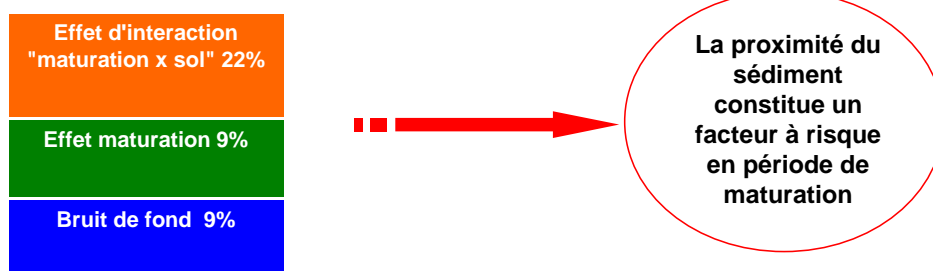


FIGURE 24 : IDENTIFICATION ET CONTRIBUTION DES FACTEURS INDUCTEURS DE MORTALITÉS DANS LE CADRE DU MODÈLE PLAT-TABLE DU BASSIN DE MARENNES-OLÉRON

L'intensité du pic de mortalité est fonction de la durée du temps d'exposition des cheptels à proximité du sédiment [18] (Figure 25).

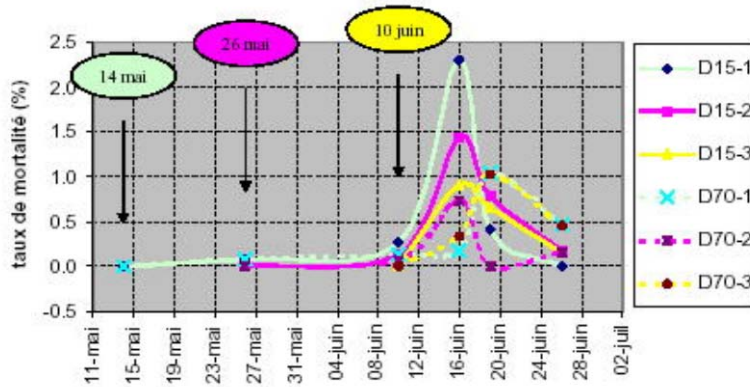


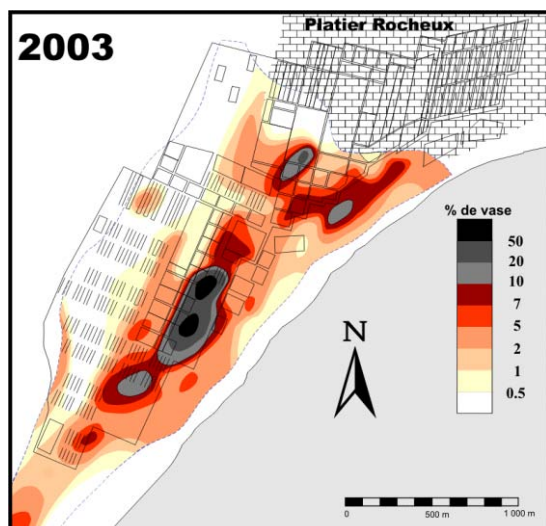
FIGURE 25 : DIFFÉRENCE DE MORTALITÉ DES CHEPTELS DIPLOÏDES TRANSFÉRÉS DE 15 À 70 CM : 4 (14 MAI), 2 (26 MAI) OU 1 (10 JUIN) SEMAINES AVANT LE PIC DE MORTALITÉ DE JUIN.

Même si les différences ne sont pas dues à la seule absence de l'effet sédimentaire, le gain en survie de 15% par rapport à des élevages traditionnels, obtenu au cours des expérimentations sur filières (CREAA) dans le Nord Ouest du Bassin de Marennes Oléron est à signaler.

8.2. EN BAIE DES VEYS ...

En Normandie, l'élevage à plat ne fait pas partie des pratiques culturelles traditionnelles. Toutefois, le compartiment sédimentaire de cet écosystème, revêt un caractère important du fait d'une accélération des processus de comblement sédimentaire qui touche la Baie des Veys ces dernières décennies. En 2003, une nouvelle cartographie sédimentaire a confirmé une forte tendance à l'affinement des sédiments sur les parcs conchylicoles, révélant des taux d'envasement atteignant plus de 50 % de pélites (pourcentage pondéral du sédiment) dans des secteurs qui ne dépassait pas 7 % il y a 10 ans (Figure 26a).

A



B

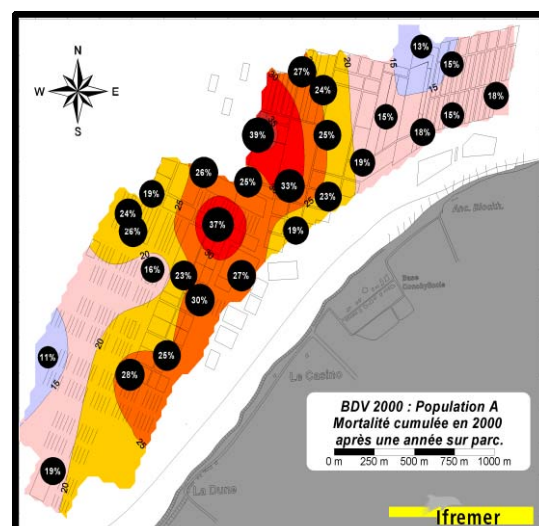


FIGURE 26 : BAIE DES VEYS : (A) RÉPARTITION SPATIALE DES TENEURS EN VASES (% PONDÉRAL DU SÉDIMENT) EN 2003 EN REGARD DE (B) LA RÉPARTITION SPATIALE DES MORTALITÉS OSTRÉICOLES OBSERVÉES EN 2000 (BDV2000)



Au cours de ces dernières années, les épisodes de mortalités ostréicoles qui ont frappé ce bassin montrent une sensibilité accrue des cheptels localisés dans les secteurs envasés par rapport à ceux situés sur des fonds plus sableux (Figure 26b). Cette correspondance soulève donc la question de l'influence du compartiment sédimentaire en tant que facteur de mortalités ostréicoles. Par ailleurs, existe-t-il une analogie de problématique entre la baie des Veys et le Bassin de Marennes Oléron à propos du risque sédimentaire ?

Pour y répondre, au cours de l'été 2004 et sur le modèle des études réalisées à Marennes-Oléron, un test a été réalisé en évaluant la survie de différents cheptels placés à 15 et 70 cm sur un même point localisé dans un secteur fortement envasé (> 50%).

TABLEAU 3 : MORTALITÉ COMPARÉE ENTRE 15 ET 70 CM EN BAIE DES VEYS

Historique 2003		RESISTANTES		SENSIBLES		TRIPLÔIDES		DIPLOÏDES
		Avec mortalité	Sans mortalité	Avec mortalité	Sans mortalité	Avec mortalité	Sans mortalité	Sans mortalité
CODIFICATION		G3R03	G3R04	G3S03	G3S04	G3T03	G3T04	Lot F (Sumo)
Conditions d'élevage	70 cm	18.71 %	12.05 %	38.64 %	31.48 %		48.84 %	7.12 %
	15 cm		40.96 %		56.56 %	32.99 %	59.51 %	24.73 %

Quel que soit l'origine et l'historique des cheptels utilisés, ceux placés à proximité du sédiment (< 10 cm) présentent des niveaux de mortalités systématiquement supérieurs aux mêmes cheptels surélevés (~70 cm), confirmant par là même la pertinence du modèle plat-table et l'existence générale de facteurs d'origine sédimentaire dans les processus de mortalités (Tableau 3).

8.3. EN SUD BRETAGNE (MORBIHAN)

En Bretagne Sud, la production ostréicole se partage entre les zones sur estran et les semis au sol en baie de Quiberon. L'envasement des zones d'estran et les semis font que l'appréhension du facteur sédimentaire revêt un caractère important pour le secteur. Les deux environnements ont été créés en 2004 avec le même type de dispositif expérimental (~ 15 et ~ 70 cm) que sur les deux sites précédents, et l'expérimentation a porté sur des juvéniles 2N et 3N, et sur du 18 mois R et S.

En 2004, sur le site de la rivière d'Auray, aucune différence de mortalité ni de croissance n'est observée entre 15 et 70 cm, quelle que soit la classe d'âge. La mortalité des 3N est négligeable. (Figure 27). Le suivi des indices W&M et paramètres biochimiques permet cependant de mettre en évidence une différence entre 15 et 70 cm.

Sur le site en eau profonde de la baie de Quiberon, des différences de mortalité apparaissent à partir de la fin août, selon la dynamique propre au site, dans un contexte de faible mortalité globale sur le secteur. Les SFG s'avèrent également différentes en fonction de l'élévation.

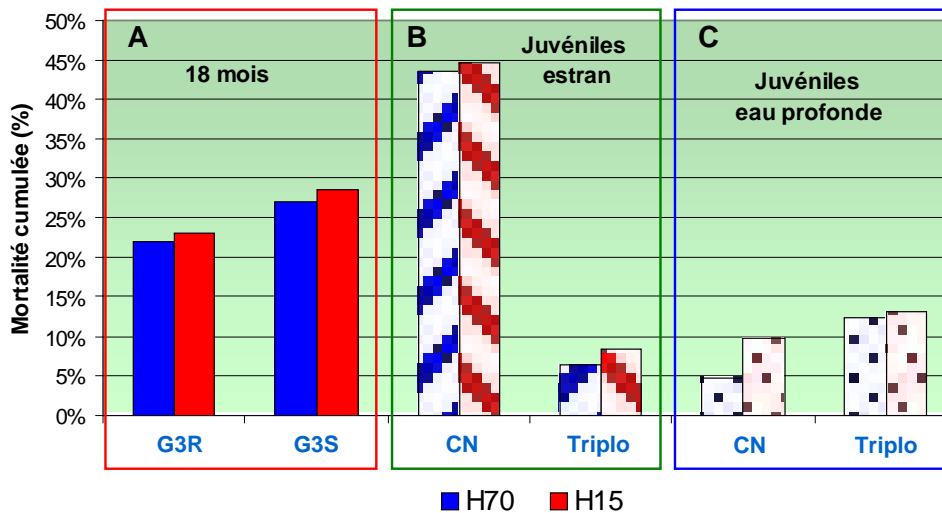


FIGURE 27 : MORTALITÉ COMPARÉE DE PRODUCTIONS D'ÉCLOSERIE (G3R & G3S), DE CAPTAGE NATUREL (CN) ET TRIPLOÏDES (TRIPLO), D'HUÎTRES JUVÉNILES ET DE 18 MOIS, MISE EN ÉLEVAGE À AURAY (A,B) ET EN BAIE DE QUIBERON (C) À 15 OU 70 CM DE HAUTEUR DU SÉDIMENT.

8.4. BILAN COMPARÉ DANS LES 3 RÉGIONS EN 2004

En 2004, l'effet sédiment est significatif en Baie des Veys quel que soit le lot et l'est également sur Marennes, même si le niveau de mortalité est le plus faible perçu ces dernières années (Figure 28). En Bretagne, l'effet sédiment n'est pas aussi discriminant que sur les 2 autres bassins. Toutefois, les mortalités comprises entre 22-28% pour les 18 mois sont relativement conséquentes pour 2004, cohérentes par rapport aux mêmes lots sur la Baie des Veys. Le niveau de mortalité des juvéniles est en phase avec les mortalités moyennes observées en 2004 sur le secteur (47%, source REPAMO). L'absence d'effet sédimentaire visible sur estran en Bretagne Sud peut être due à un effet fort impliquant l'ensemble de la masse d'eau entre 10 et 60 cm, ou à l'absence du facteur causal qui s'exprime sur les autres sites. L'identification de ce dernier reste à déterminer.

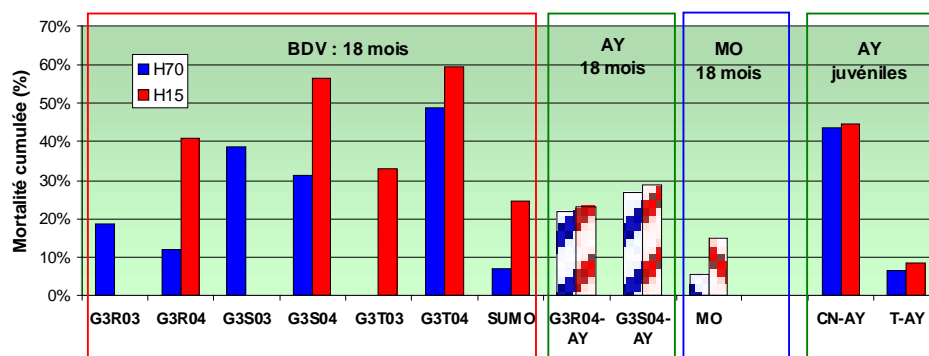


FIGURE 28 : MORTALITÉ COMPARÉE SUR LES 3 SITES : BAIE DES VEYS (BDV), RIVIÈRE D'AURAY (AY) ET MARENNE OLÉRON (MO) ENTRE LES ÉLEVAGES À 15 CM (ROUGE) ET CEUX À 70 CM (BLEU).

La mortalité estivale de *C. gigas* ne peut être expliquée par un seul facteur, mais résulte d'une combinaison de causes environnementales et de facteurs intrinsèques à la population étudiée. La proximité du sédiment à travers un risque de re largage chimique (effet direct de pollution ou dystrophie induite par des rejets anthropiques ?...) est un des facteurs à risque identifié depuis près de 10 ans dans le sud du Bassin de Marennes Oléron. Il se retrouve également dans le cas de la Baie des Veys.

9. DISCUSSION - CONCLUSION

La mortalité estivale de *C. gigas* réagit à un cocktail de causes endogènes et exogènes à l'huître. L'environnement physique (eg, salinité, la température ou la chute d'oxygène) n'apparaît pas seul responsable des crises de mortalité (Gouletquer et al., 1998, Soletchnik et al., 1999). Si les mortalités apparaissent bien quand la température et la salinité sont anormalement élevées (Koganezawa, 1975; Ventilla, 1984), la mortalité réagit à de nombreux facteurs stressants dont la déplétion d'oxygène, les facteurs xénobiotiques, et le stress physiologique associé à la reproduction (Cheney et al. 2000).

Dans la littérature, le "triptique" causale : température élevée, ressource trophique abondante et surmaturation sont souvent mis en avant. La mortalité coïncide avec la maturation quand la température dépasse les 18-20°C (Beattie et al., 1980; Mori, 1979; Perdue et al., 1981; Maurer et al., 1986; Maurer et Comps, 1986). Ces risques sont donc parfois associés à un risque "trophique" (eutrophisation) comme observé par les auteurs japonais dans les années 60 (Mori et al., 1965, 1979; Tamate et al., 1965). Comparant Onagawa Bay, où la mortalité est négligeable, et la baie de Matsushima où elle est très importante, les auteurs japonais concluent qu'une "sur maturation" entraîne des désordres physiologiques irrémédiables pour une partie de la population d'huîtres.



Enfin, le risque "eau douce" est propre aux zones estuariennes soumises à des pressions anthropiques de plus en plus fortes (Guillaud, 1992, Menesguen, 1992, 1997, Soletchnik et al., 1998) et les causes "environnementales" à ces mortalités sont de plus en plus fréquentes; Des changements physico-chimiques dans l'environnement estuarien peuvent avoir pour conséquence des mortalités massives, impliquant des aires géographiques restreintes en particulier à l'embouchure d'une rivière (Nikolic, 1964). Le risque sédimentaire étudié depuis 1996 sur la cote Atlantique Française (Bassin de Marennes Oléron) (Lodato, 1997; Gouletquer et al., 1998; Soletchnik et al., 1999; 2005) relève très certainement d'un relargage de substances chimiques dont l'origine pourrait être une pollution directe ou indirecte (dystrophie induite par des rejets anthropiques). Ce risque se retrouve également en Baie des Veys (étude 2004).

Enfin, hormis la maturation, le risque "endogène" se décline également en un certain nombre d'autres composants; La mortalité estivale affecte à la fois les adultes et les juvéniles (Maurer et al., 1986; Cheney et al., 2000) ainsi que les huîtres diploïdes ou triploïdes (Calvo et al., 1999; Cheney et al., 2000), bien que ces dernières présentent un effort de reproduction réduit. Elle touche préférentiellement les adultes au printemps et les juvéniles en été (Fleury et al., 2001). Glude (1975) montre que la mortalité est supérieure chez les males. Perdue et al. (1981) montrent le contraire ! ...

Enfin, la sensibilité des huîtres aux mortalités estivales est fonction de la population et de son origine (site de captage dans le milieu naturel, éclosérie) (Beattie et al., 1980; Hershberger et al., 1984; Soletchnik et al., 2002). Le facteur génétique est bien largement impliqué dans les phénomènes de mortalité estivale (Degremont et al., 2003, Degremont 2003, Boudry et al., 2004).

Les mécanismes de mortalité apparaissent essentiellement de nature environnementale (facteurs extrinsèques plutôt qu'intrinsèques), avec des mécanismes sans doute différents selon les 2 classes d'âge (effet topographique plutôt pour le 1 an) et effet année (météorologique) pour le 2 ans. Beaucoup reste à faire pour préciser les différences dans ces mécanismes, en relation avec nos collègues écophysiologistes en particulier.

La **température** agit sans conteste sur les 3 sites ateliers où, systématiquement, l'observation des premières mortalités à caractère anormal coïncide avec une température des masses d'eau proche des 19°C. La nature des processus impliqués pourrait être de 2 ordres : effet "cumulatif" agissant par exemple sur la physiologie (ce phénomène est connu chez d'autres espèces marines ou effet "seuil" intervenant uniquement comme déclencheur. La réponse n'est pour l'instant pas éludée. La cinétique d'évolution thermique autour de la période de mortalité doit être étudiée dans le détail afin de préciser si cette température intervient plus comme un "facteur associé", au cours de la période de stress chronique, ou au cours du stress aigu, comme cela est suggéré dans l'exemple du modèle de mortalité plat-table du Bassin de Marennes Oléron [12].

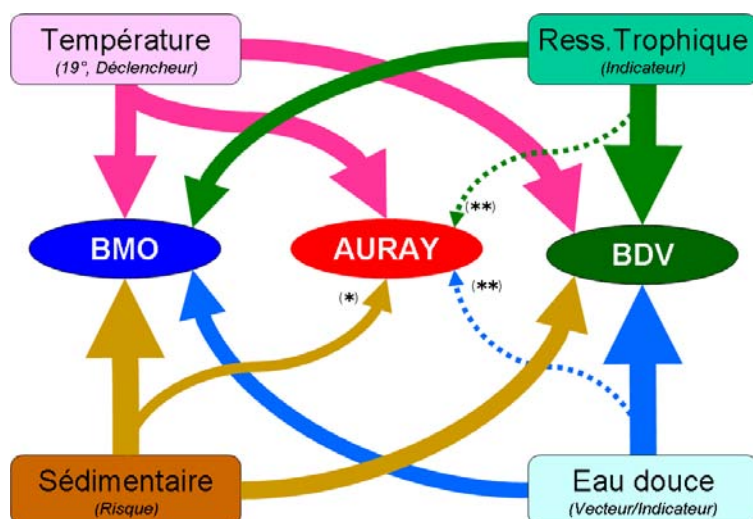


FIGURE 29 : HIÉRARCHISATION DES FACTEURS DE RISQUE VIS À VIS DE LA MORTALITÉ DE *CRASSOSTREA GIGAS* SUR LES 3 SITES ATELIER DE MOREST (* : EFFET SOUPÇONNÉ ; ** : ABSENCE DE DONNÉES POUR L'ÉVALUER)

Le rôle de l'eau douce est plus difficile à appréhender. Il agit probablement comme un "vecteur" de matière organique détritique (lors des crues en particulier) ou de rejets anthropiques (molécules toxiques issues de l'agriculture ou de l'industrie ; sels nutritifs par lessivage des sols). Son effet est mis en évidence en Baie des Veys (Ropert et Kopp, 2000; Misko, 2003), et en particulier son action intense mais fugace qui se traduit par des dessalures fortes mais furtives mises en évidence par les sondes multiparamètres hautes fréquences depuis 1996 [15]. Une mortalité induite par chocs osmotique reste une des hypothèses explicative dans le cas de cette zone ostréicole.

La relation "mortalité-débit" montrée en 2003 en Baie des Veys (Misko 2003) demande à être précisée. Elle se retrouve de façon "tenue" dans le Bassin de Marennes Oléron ($R^2 = 0,40$). Ce résultat demande aussi à être conforté. Néanmoins, le facteur eau douce est à prendre en compte dans le cocktail de causes entraînant les mortalités dans ce Bassin. Par contre, les salinités les plus basses de 24-25 observées grâce aux sondes hautes fréquences sont cohérentes avec celles des modèles de dilution. Sur le site d'Auray, les informations actuelles ne permettent pas de conclure à l'influence déterminante des apports d'eau douce dans les mortalités.

Les analyses multivariées (ACP) effectuées à partir d'une base couplant données de mortalité et environnementales sur un ensemble de 11 sites ostréicoles montrent que la pluviométrie est impliquée positivement dans les mortalités des huîtres de 2 ans. Dès 2002, les fortes mortalités d'huîtres adultes en Baie des Veys étaient déjà reliées avec les fortes pluviométries automnales et hivernales (Ropert et Kopp, 2000). Les analyses ACP effectuées sur la façade Manche (Baie des Veys, Cancale, Paimpol, Morlaix, [13]), confirment ce résultat.

Enfin, une étude typologique "grossière" des sites ostréicoles montre que l'ampleur des apports sur ces différents sites, par les bassins versants ou par les panaches des grands fleuves, ne permet pas, seul, de "prédire" le niveau de mortalité de *C. gigas* dans chacun de ces sites. Le



corollaire de cette conclusion est bien de dire que d'autres causes associées ou indépendantes au risque "eau douce" sont à rechercher sur les sites "sensibles".

Le **"risque trophique"** est mis en évidence dans le modèle de bioénergétique développé in vivo à partir de plusieurs conditions alimentaires visant à reproduire différents types de bassins ostréicoles (eutrophes, hétérotrophes et oligotrophes) [22, 23]. La relation ressource trophique - mortalité fluctue d'un bassin à l'autre, probablement en fonction de l'abondance de cette ressource. Les analyses multi variées (ACP) traitant d'un ensemble de 11 sites ostréicoles au sein d'une base de données couplant mortalité et données environnementales, montrent bien que l'indicateur trophique "chlorophylle a" (souvent couplé avec la température), est impliqué dans une corrélation positive avec la mortalité des deux classes d'âge (1 et 2 ans).

Les expérimentations de transfert de cheptels de la Baie des Veys vers la Côte Ouest du Cotentin durant la période printanière montrent sans conteste que l'"évitement" de la Baie des Veys au printemps épargne les cheptels [24]. Une année atypique comme 2004 montre qu'une forte ressource trophique sur la Côte Ouest du cotentin ne suffit pas, seule, à induire des mortalités (absence d'un facteur "x"), mais que par contre, la faiblesse en ressource trophique en Baie des Veys en 2004 épargne les huîtres qui y sont demeurées, malgré la présence probable du facteur "x" !

Ainsi, **le facteur trophique est bien mis en évidence dans le bassin eutrophe de la Baie des Veys** (Figure 29). Son implication dans le bassin "oligotrophe" de Marennes Oléron, où la ressource trophique est globalement limitante (Héral et al., 1988) est moins évidente. L'alternance qualitative possible de la ressource trophique, plus organo-détritique au printemps, et évoluant vers une ressource plus benthique en fin de printemps et été [5] reste une vie de réflexion à approfondir

A plus large échelle, les analyses multivariées [13] font systématiquement apparaître les phéopigments comme un indicateur corrélé positivement aux mortalités dans le cas des mortalités "printanières" des 2 ans, laissant penser qu'un excès de phéopigments au printemps serait préjudiciable à la survie. Les mortalités des 1 ans seraient, quant à elles, corrélées négativement à l'abondance de phéopigments en été, montrant ainsi (1) que les besoins nutritifs entre 1 et 2 ans ne doivent pas être strictement équivalents, et (2) que cette différence de réponse est à rechercher dans la bivalence de la présence des phéopigments soit comme apports des bassins versants, soit comme conséquence de la dégénérescence des blooms phytoplanctoniques.

Le **"risque sédimentaire"** est identifié depuis le milieu des années 90 dans le Bassin de Marennes Oléron (Soletchnik et al., 2005). La proximité du sédiment (0 à 15 cm) induit systématiquement plus de mortalité, et selon les années, de 10 à 20 % de plus qu'en condition "surélevé" (50-70 cm). Ces résultats zootechniques obtenus depuis 1996 sur les sites atelier de Ronces - Perquis conduisent à rechercher un agent pathogène ou une substance toxique libéré par le sédiment. Les études menées en 2002 et 2003 [12,18] ne permettent pas d'identifier d'agents pathogènes et éliminent également le risque infectieux. Le risque chimique (sulfures,



azote ammoniacale) est étudié en 2004 sur 4 sites (3 sites atelier + Quiberon). En 2004, le modèle de mortalité plat-table du Bassin de Marennes Oléron est transposé sur Auray, Quiberon et Baie des Veys. Le risque sédimentaire est confirmé sur la Baie des Veys et sur Quiberon (?) mais pas sur Auray où la question se pose de savoir si l'absence de différences significative entre 15 et 70 cm ne serait pas due à l'homogénéité de la colonne d'eau sur un site hydrologiquement plus perturbé !...

Ainsi, dans l'état actuel des connaissances, issues des analyses présentées dans cette étude, les risques identifiés et leur effet relatif (3 couleurs) peuvent être synthétisés dans le Tableau 4.

TABLEAU 4. FACTEURS DE RISQUES ASSOCIÉS À LA MORTALITÉ DE *C. GIGAS* DANS LES TROIS SITES ATELIERS DE MOREST

	BDV	BMO	Auray
Température	Red	Red	Red
Eau douce	Red	Yellow	Green ?
Trophique	Red	Green	Green ?
Sédiment	Yellow	Red	Green



10. BIBLIOGRAPHIE³

- Beattie J H, Chew K K, Hershberger W K, 1980. Differential survival of selected strains of Pacific Oysters (*Crassostrea gigas*) during summer mortality, Proc. National Shellfisheries Ass. 70, 184-189.
- Boudry P, L. Degremont et al, 2004. Selective breeding to improve resistance against summer mortality in the Pacific oyster *Crassostrea gigas*: Results after 3 generations. J. Shellfish Res. 23, 281-282.
- Cheney D P, Macdonald B F, Elston R A, 2000. Summer mortality of Pacific oysters, *Crassostrea gigas* (Thunberg): Initial findings on multiple environmental stressors in Puget Sound, Washington, 1998. J. Shellfish Res. 19, 353-359.
- Costil K, Royer J, Ropert M, Soletchnik P, Mathieu M, 2005. Spatio-temporal relationships between biological performances and summer mortality in the Pacific oyster *Crassostrea gigas* in Normandy (France). Helgoland Marine Research (accepted).
- Degremont L, P Boudry et al, 2003. Genetic basis of summer mortality in juvenile cupped oysters. J. Shellfish Res. 22, 1.
- Degremont L, 2003. Etude des bases génétiques de la mortalité estivale et des relations avec la croissance chez les juvéniles de l'huître creuse *Crassostrea gigas*. Thèse de doctorat de l'Université de Caen, 336pp.
- Fleury P G, Goyard E, Mazurié J, Claude S, Bouget J.F, Langlade A, Y Le Coguic, 2001. The assessing of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) rearing performances by the IFREMER /REMORA network : method and first results (1993-98) in Brittany (France). Hydrobiologia 465, 195-208.
- Fleury P G, Le Ber E, Claude S, Cornette F, d'Amico F, Guilpain P, Palvadeau H, Robert S, Le Gall P, Ropert M, Simonne C, Vercelli C, 2003. Comparison of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) rearing results (survival, growth, quality) in French farming areas, after a 10-year monitoring (1993-2002) by the IFREMER /REMORA network. J. Shellfish Res. 22, 330.
- Glude J B, 1975. A summary report of the Pacific Coast oyster mortality investigations 1965-1972, Proc. Third U.S.-Japan Meeting Aquaculture at Tokyo, Japan, October 15-16 1974, 1-28.
- Gouletquer P, Soletchnik P, Le Moine O, Razet D, Geairon P, Faury N, Taillade S. 1998. Summer mortality of the Pacific cupped oyster *Crassostrea gigas* in the Bay of Marennes-Oleron (France). ICES Mariculture Committee CM Copenhagen, 14-21pp.

³ Les références numérotée de [1] à [15] sont les références au colloque MOREST des 24-26 Novembre 2004 à Caen.



- Grangeré K, 2004. Simulation de l'influence des apports des bassins versant sur les concessions ostréicoles de la Baie des Veys (Baie de Seine Occidentale). Rapp. DEA. Université de Liège, Modélisation de l'Environnement Marin, 64 p.
- Guillaud J F, 1992. Les rejets urbains en mer, Hydroécol. Appl. 4, 159-172.
- Héral M, Deslous-Paoli, J M, Prou J, 1988. Approach of the estimation of the carrying capacity for oyster culture. ICES, COPENHAGEN (DENMARK).
- Ibanez F, Fromentin J, Castel J, 1993. Application de la méthode des sommes cumulées à l'analyse des séries chronologiques en océanographie. C. R. Acad. Sci. 316 745-748.
- Imai T, Numachi T, Oizumi S, Sato S, 1965. Studies on the mass mortality of the oyster in Matsushima Bay. II. Search for the cause of mass mortality and the possibility to prevent it by transplantation experiment. (in Japanese, English summary). Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. 25, 27-38.
- Koganazawa A, 1975. Present status of studies on the mass mortality of cultural oysters in Japan and its prevention, Proc. Third U.S.-Japan Meeting on Aquaculture at Tokyo, Japan, October 15-16, 29-34.
- 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), pp127.
- Maurer D, Comps M, 1986. Summer mortalities of oysters *Crassostrea gigas* in the Bay of Arcachon. Environmental, biochemical, and histological aspects, 29-42 pp.
- Maurer D, Comps M, His E, 1986. Caractéristiques des mortalités estivales de l'huître *Crassostrea gigas* dans le Bassin d'Arcachon. Haliotis 15, 309-317.
- Menesguen A, 1992. Les problèmes d'eutrophisation littorale et leur modélisation, Hydroécol. Appl. 4, 55-77.
- Menesguen A, 1997. Présentation du phénomène d'eutrophisation littorale, IFREMER Actes de colloques: La mer et les rejets urbains, Bendor, France, AC 11, 35-52.
- Misko P, 2003. Etude des apports terrigènes en Baie des Veys. Institut Universitaire Européen de la Mer / IFREMER-DEL-SRB. R.INT.DEL/SR/03.10/Brest. 78 p.
- Mori K, 1979. Effects of artificial eutrophication on the metabolism of the Japanese oyster *Crassostrea gigas*. Mar. Biol. 53, 361-369.
- Munaron D, 2004. Etude des apports en herbicides et en nutriments par la Charente. Modélisation de la dispersion de l'atrazine dans le Bassin de Marennes Oléron. Thèse de doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, spécialité Océanologie Chimique et Environnement. 29 Septembre 2004. 329p.



- Nikolic M, 1964. Causes of oyster mass mortality, Limski Kanal, Istra, 1960, Acta Adriatica 11, 227-238.
- Perdue J, Beattie J H, Chew K K, 1981. Some relationship between gametogenic cycle and summer mortality phenomenon in the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) in Washington state. J. Shellfish. Res. 1, 9-16.
- Ropert M, 1999. Caractérisation et déterminisme du développement d'une population de l'annélide tubicole *Lanice conchilega* (Pallas, 1766) (Polychète Térébellidé) associé à la conchyliculture en Baie des Veys (Baie de Seine Occidentale). Thèse de 3ème Cycle. Muséum National d'Histoire Naturelle, Environnement Marin; 172 p.
- Ropert M, Kopp J, 2000. Etude des mortalités ostréicoles de l'hiver 1998/1999 en Baie des Veys: Caractérisation et analyse temporelle des dessalures observées sur les parcs conchylicoles de la Baie des Veys depuis 1996. IFREMER. DRV/RA/RST/2000-10. 53 p.
- Ropert M, Simonne C, Hugonnet V, Le Gagneur E, Kopp J, 2003. Contribution du Laboratoire REMORA <http://www.ifremer.fr/remora>.
- Soletchnik P, Faury N, Razet D, Gouletquer P, 1998. Hydrobiology of the Marennes-Oleron Bay. Seasonal indices and analysis of trends from 1978 to 1995. Hydrobiologia 386, 131-146.
- Soletchnik P, Le Moine O, Faury N, Razet D, Geairon P, Gouletquer P, 1999. Summer mortality of the oyster in the Bay Marennes-Oleron. Spatial variability of environment and biology using a geographical information system (GIS). Aquat. Living Res 12, 131-143.
- Soletchnik P, 2001. Impact of the climatic change on an estuarine ecosystem : the Marennes Oléron Bay. French IGBP-WCRP news letter 12, 37-41.
- Soletchnik P, Lambert C, Costil K, 2005. Summer mortality of *Crassostrea gigas* (Thunberg) in relation to rearing environment conditions. J. Shell. Res. 24 (accepted).
- Sylvand B, Marion C, Lecouturier A, Ropert M, 2003. Nouvelle cartographie sédimentaire de la zone conchylicole de Grandcamp-Maisy en Baie des Veys (Baie de Seine occidentale, Manche orientale). GEMEL. Programme MOREST WP6 - contrat 02 6 522 053. 14 p.
- Tamate H, Numachi K I, Mori K, Itikawa O, Imai T, 1965. Studies on the Mass Mortality of the Oyster in Matsushima Bay VI. Pathological Studies. Bulletin of the Tohoku National Fisheries Research Institute. Shioyama 25, 89-104.
- Ventilla 1984. Recent developments in the Japanese oyster culture industry, Adv. Mar. Biol. 21, 2-54.



- [1] Bédier, E., P. G. Fleury, A. Langlade, J. Haure, A. Le Roux, M. Ropert, F. Rauflet et P. Soletchnik (2004). Le risque sédimentaire. (Thème 1: Caractérisation des mortalités et influence des facteurs hydro et météo: Aspects climatiques comparaison d'écosystèmes, modélisation.).Séminaire MOREST 2004, 24-26 novembre 2004, Caen
- [2] Costil, K., J. Royer, M. Ropert et E. Bedier (2004). Physiologie: Existe-t-il un stade de gamétogenèse critique, des pontes partielles? (Thème 2: La température, pourquoi?).Séminaire MOREST 2004, 24-26 novembre 2004, Caen
- [3] Fleury, P. G., J. Mazurié, M. Ropert et P. Soletchnik (2004). Analyse des mortalités de la base REMORA - I: A l'échelle nationale (1993-2003) (Thème 1: Caractérisation des mortalités et influence des facteurs hydro et météo: Aspects climatiques comparaison d'écosystèmes, modélisation.).Séminaire MOREST 2004, 24-26 novembre 2004, Caen
- [4] Garcia, C., I. Arzul, B. Cholet, C. François, J.-P. Joly, L. Miossec et M. Robert (2004). Analyse des mortalités de la base REPAMO (Thème 1: Caractérisation des mortalités et influence des facteurs hydro et météo: Aspects climatiques comparaison d'écosystèmes, modélisation.).Séminaire MOREST 2004, 24-26 novembre 2004, Caen
- [5] Malet, N., P. Soletchnik, P. G. Sauriau, F. Blouin et N. Faury (2004). Environnement nutritionnel comme indicateur de stress (Thème 4: Effet du stress.).Séminaire MOREST 2004, 24-26 novembre 2004, Caen
- [6] Mazurié, J., E. Bédier, P. G. Fleury, P. Soletchnik, M. Ropert, K. Costil, D. Maurer et I. Auby (2004). Le risque reproduction: Analyses à partir des observations de terrain. (Thème 1: Caractérisation des mortalités et influence des facteurs hydro et météo: Aspects climatiques comparaison d'écosystèmes, modélisation.).Séminaire MOREST 2004, 24-26 novembre 2004, Caen
- [7] Misko, P., C. Bacher, J. F. Samain et M. Ropert (2003). Lien entre les apports des bassins versants en Baie des Veys et les mortalités estivales survenues entre 1993 et 2002. - Tâche 6.1.2. et 6.3.3. du WP6: Caractérisation de l'environnement. Séminaire MOREST 2003, 26-27-28 novembre 2003. La Rochelle.
- [8] Pouvreau, S., Y. Bourles et M. Enriquez (2004). Etat énergétique: Analyse expérimentale des échanges énergétiques au cours de la gamétogenèse: synthèse sur 3 années. (Thème 3: Effet de la reproduction.).Séminaire MOREST 2004, 24-26 novembre 2004, Caen
- [9] Ropert, M. et J.-L. Blin (2003). Transferts de cheptels entre la Baie des Veys et la Côte Ouest Cotentin - Tâche 4.4.1 "réduire l'intensité de la reproduction pendant la phase critique" du WP4. Séminaire MOREST 2003, 26-27-28 novembre 2003. La Rochelle.



- [10] Ropert, M. et S. Lefebvre (2004). Le risque trophique: Caractéristiques trophique et hétérogénéité des ressources alimentaires en lien avec les mortalités. (Thème 1: Caractérisation des mortalités et influence des facteurs hydro et météo: Aspects climatiques comparaison d'écosystèmes, modélisation.). Séminaire MOREST 2004, 24-26 novembre 2004, Caen
- [11] Ropert, M., P. Soletchnik, E. Bédier, F. Rauflet, J. F. Bouget et P. Geairon (2004). Le risque thermique: Caractérisation des environnements thermique des 3 sites ateliers de MOREST en lien avec les mortalités observées sur le terrain. (Thème 1: Caractérisation des mortalités et influence des facteurs hydro et météo: Aspects climatiques comparaison d'écosystèmes, modélisation.). Séminaire MOREST 2004, 24-26 novembre 2004, Caen
- [12] Soletchnik, P. Gagnaire N, Renault T, (2002). Etude pluridisciplinaire de la DYNAMIQUE des Mortalités estivales dans le bassin de Marennes-Oléron. Séminaire MOREST 2002, BREST, 13-15 nov 2002.
- [13] Soletchnik, P., M. Ropert, P. G. Fleury et J. Mazurié (2004). Analyse des mortalités de la base REMORA - II: En relation avec l'environnement (REPHY & METEO France) (Thème 1: Caractérisation des mortalités et influence des facteurs hydro et météo: Aspects climatiques comparaison d'écosystèmes, modélisation). Séminaire MOREST 2004, 24-26 novembre 2004, Caen
- [14] Soletchnik, P., M. Ropert, C. Garcia, P. G. Fleury, K. Grangeré, S. Lefebvre, J. Mazurié et E. Bédier (2004). Introduction (Thème 1: Caractérisation des mortalités et influence des facteurs hydro et météo: Aspects climatiques comparaison d'écosystèmes, modélisation). Séminaire MOREST 2004, 24-26 novembre 2004, Caen
- [15] Soletchnik, P., M. Ropert, K. Grangeré, D. Munaron et C. Struski (2004). Le risque eau douce: Analyse des sites de Baie des Veys et de Marennes-Oléron. a) Introduction et Baie des Veys (Thème 1: Caractérisation des mortalités et influence des facteurs hydro et météo: Aspects climatiques comparaison d'écosystèmes, modélisation.). Séminaire MOREST 2004, 24-26 novembre 2004, Caen
- [16] Haure J, Soletchnik P, Renault T, Gagnaire B, Faury N, Kerdudou N, Burgeot T, Blouin F, Geairon P, Razet D, Couty A, David D, Le Moine O, Papin M, Palvadeau H, Dupuy B, Penisson P, Nourry M, Martin J.L.Y, André C, Gagné F, (2003). Étude de la Dynamique des mortalités estivales de *Crassostrea gigas*. Étude du modèle "platable" du Bassin de Marennes Oléron, Part IV, Reproduction et fonctions physiologiques en relation avec l'environnement et les populations d'huîtres. Séminaire Morest 26-28 Novembre 2003, La Rochelle.
- [17] Burgeot T, Geret F, Menard D, Haure J, Papin, Penisson M, Palvadeau H, Nourry M, Dupuy B, Renault T, Gagnaire B, Le Roux A, Huvet A, Moal J, Samain J.F., Moraga D, Boutet I, Violeau D, Royer A, Communal P.Y, Pfohl Leskowicz A, Quiniou F, Klein B, Caisey X, Masson D, Faury N & P. Soletchnik, (2003) Étude de la Dynamique des mortalités estivales de *Crassostrea gigas*. Étude du modèle "platable" du Bassin de Marennes Oléron, Part III, Ecotoxicologie et biomarqueurs de stress. Séminaire Morest 26-28 Novembre 2003, La Rochelle.



- [18] Soletchnik P, Burgeot T, Haure J, Le Roux F, Malet N, Renault T & J.F Samain. Étude de la Dynamique des mortalités estivales de *Crassostrea gigas*, (2003). Étude du modèle "plat-table" du Bassin de Marennes Oléron, Part VI, Conclusion - Etude intégrée. Séminaire Morest 26-28 Novembre 2003, La Rochelle.
- [19] Malet N, Sauriau P.G, Soletchnik P et al., (2004) Interprétation physiologique des cinétiques isotopiques des huîtres 2N et 3N (Dynamo 2002), (2004). Séminaire MOREST, 24-26 novembre 2004, Caen.
- [20] Haure J, Burgeot T et Soletchnik P. Stratégie d'utilisation de l'énergie durant la période de stress chronique, (2004). Séminaire MOREST 2004, 24-26 novembre 2004, Caen.
- [21] Ropert M et Soletchnik P. Procédure d'alerte : Evaluer les risques associés à la pluviométrie et aux bassins versants, (2004). Séminaire MOREST 2004, 24-26 novembre 2004, Caen.
- [22] Delaporte M, Enriquez M, Huvet A, Lambert C, Moal J, Soudant P, Pouvreau S, (2002). Effet du niveau trophique sur l'état de santé de l'huître creuse. Séminaire MOREST 2002, BREST, 13-15 nov 2002.
- [23]. Pouvreau et al., An experimental approach of the summer mortality events in *Crassostrea gigas*, (2003). Séminaire Morest 26-28 Novembre 2003, La Rochelle.
- [24]. Ropert et Blin⁴, Test expérimentaux effectués en Normandie sur le transfert d'huîtres, (2003) Séminaire Morest 26-28 Novembre 2003, La Rochelle.

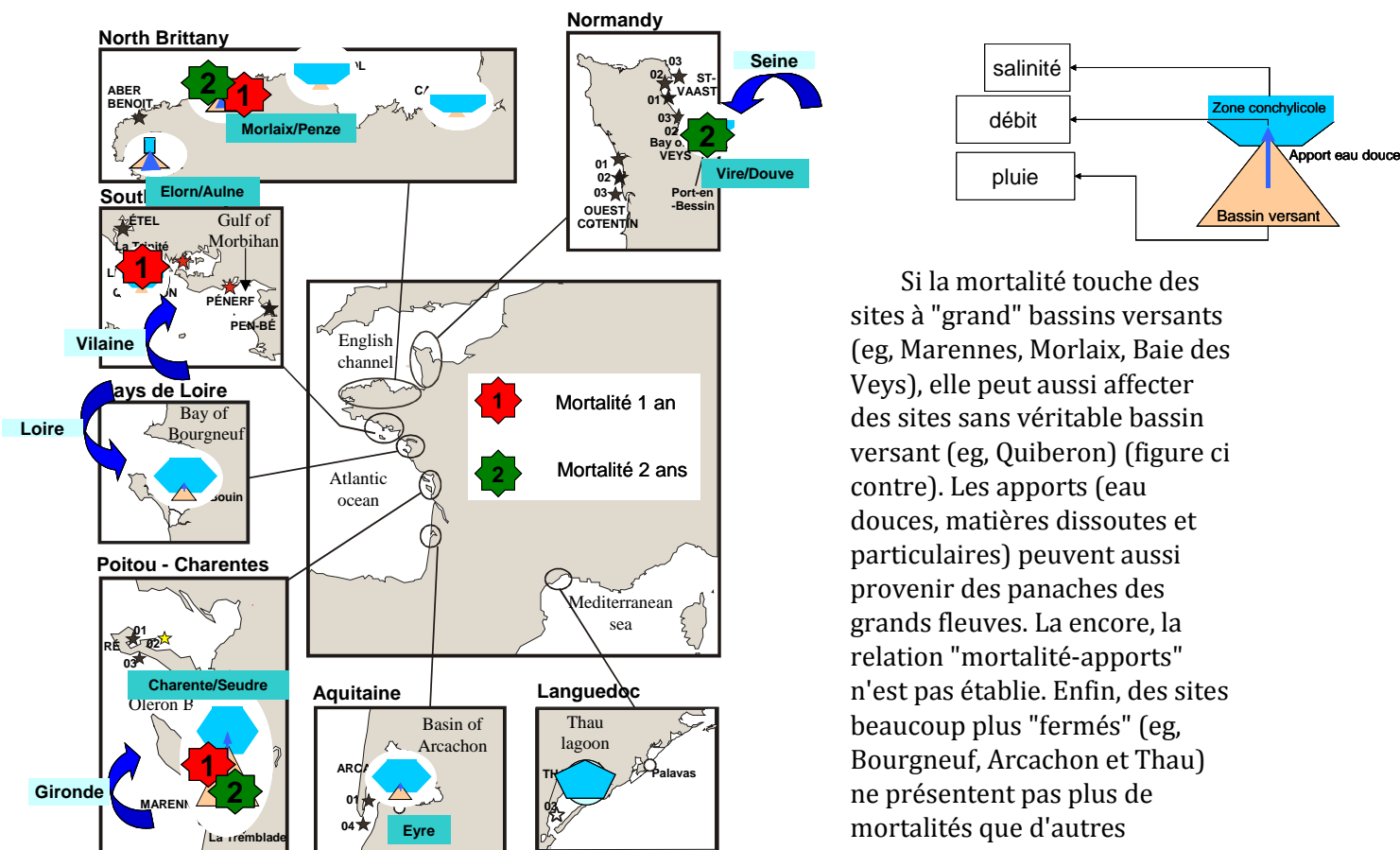
⁴ SMEL



11. ANNEXE

ANNEXE A. EVALUATION DES RISQUES ASSOCIÉS À LA PLUVIOMÉTRIE ET AUX BASSINS VERSANTS (ROPERT & SOLETSCHNIK, 2004)

Le "**risque eau douce**" est fortement lié au "bassin versant" (figure ci contre) à travers les risques de rejets anthropiques de diverses natures qui peuvent affecter les écosystèmes estuarien.



façade Manche (Paimpol ou Cancale).

Présentation des 11 sites ostréicoles. Typologie des sites. Influence des panaches des grands fleuves et sensibilité aux épisodes de mortalité des huîtres de 1 et 2 ans.

