

# Mortalités estivales de l'huître creuse *Crassostrea gigas*

Défi Morest

Éditeurs  
Jean-François Samain  
Helen McCombie



Ifremer

NUMÉRIQUE  
LIVRE **LN**

Ifremer



éditions  
**Quæ**



Mortalités estivales  
de l'huître creuse  
*Crassostrea gigas*

Défi Morest

**Jean-François Samain, Helen McCombie**

Éditeurs

*Cet échantillon pris début septembre sur le site atelier d'Auray symbolise le premier phénotype observé dans ce programme, différenciant les huîtres résistantes (en haut) qui ont pondu en juillet, contrairement aux huîtres sensibles à la mortalité estivale (en bas) dont la gonade reste pleine et qui ne pondront pas cette année là.*



## **Signalement bibliographique**

### *Monographie*

Samain J.F., McCombie H., 2007. Mortalités estivales de l'huître creuse *Crassostrea gigas*. Défi Morest. Éd. Ifremer/Quæ, 332 p.

### *Article*

Roport M., Mazurié J., Bédier E., Le Coz F., Soletchnik P., 2007. Évaluation des risques dans les écosystèmes conchylicoles. *In*: Mortalités estivales de l'huître creuse *Crassostrea gigas*. Défi Morest. Samain J.F. and McCombie H. (eds). Éd. Ifremer/Quæ, pp.1-49.

## **Coordinateur**

Samain J.F.

## **Comité d'expertise**

Pr. Ford S.  
Haskin Shellfish Research Laboratory  
Rutgers University  
New Jersey, USA

Pr. Tremblay R.,  
Institut des Sciences de la Mer  
Université du Québec à Rimouski, Québec

Pr. Bonhomme F.  
Université de Montpellier, France,  
représentant le Conseil scientifique de l'Ifremer

Dr. Héral M.  
Directeur scientifique de l'Ifremer Paris, France

## **Comité de lecture**

Bédier E., Boudry P., Boulo V., Burgeot T., Huvet A., Knoery J., Lambert C., Le Coz F.,  
McCombie H., Martin A.G., Mazurié J., Moal J., Nicolas J.L., Pouvreau S., Quiniou F., Ropert M.,  
Samain J.F., Van Wormhoudt A.

## **Comité d'édition**

Bédier E., Boudry P., Burgeot T., Courtay N., Huvet A., Lambert C., Mazurié J., Moal J.,  
McCombie H., Nicolas J.L., Pouvreau S., Ropert M., Samain J.F., Soletchnik P.

## **Traduction**

McCombie, H.

## **Site internet**

<http://www.ifremer.fr/morest-gigas/>

Martin A.G., Masson J.C., Bonnet C., Chécinski G. Laponche A.



## Contributeurs

Nous remercions particulièrement les personnels des laboratoires et des institutions partenaires au sein du défi Morest pour leur contribution active à la réalisation des objectifs.

### Adresses et contributeurs dans les laboratoires

#### **1. Unité mixte de recherche (UMR 100), Physiologie et écophysiologie des mollusques marins, Ifremer, centre de Brest, (PE2M), BP 70, 29280 Plouzané, France**

Bacca H., Bourles Y., Cahu C., Cochard J.C., Conan J.P., Daniel J.Y., Delaporte M., Dubrunfault T., Dupé F., Enriquez-Diaz M., Fleury E., Garnier M., Huvet A., Labreuche Y., Le Coz J.R., Le Moullac G., Le Roux A., Le Souchu P., Loiseau V., Marrec F., Mingant C., Misko P., Moal J., Nicolas J.L., Pouvreau S., Queau I., Quéré C., Robert R., Samain J.F., Séguineau C.

#### **2. Laboratoire de génétique et pathologie (LGP), Ifremer, Ronce les Bains, 17390 La Tremblade, France**

Arzul I., Barbosa-Solomieu V., Billy J.C., Boudry P., Bouilly K., Breugnot M., Brizard R., Byrnes N., Chollet B., Cornette F., Dégremont L., Fortin A., Gagnaire B., Garcia C., Gay M., Goubet A., Grouhel S., Heurtebise S., Joly J.P., Kerdudou N., Lapègue S., Ledu C., Miossec L., Pépin J.F., Phélipot P., Renault T., Reynaud Y., Robert M., Saulnier D., Thébaud A.

#### **3. Laboratoire Environnement-Ressources des pertuis Charentais (LERPC), Ifremer, 17390 La Tremblade, France**

Blouin F., Couty A., David D., De Ambrogi C., Doner D., Faury N., Geairon P., Gouletquer P., Guilpain P., Le Moine O., Madec P., Malestroit P., Meissner A., Prou J., Razet D., Robert S., Seugnet J.L., Soletchnik P., Stanisieres J.Y.

#### **4. Station Ifremer, Polder des champs, 85230 Bouin, France**

Dupuy B., Haure J., Martin J.L., Nourry M., Palvadeau H., Papin M., Penisson C.

#### **5. Laboratoire Environnement Ressources Morbihan-Pays de la Loire (LERPDL), Ifremer, 56470 La Trinité, France**

Abily E., Bédier E., Bouget J.F., Claude S., Fleury P.G., Langlade A., Le Coz F., Le Mouroux G., Martin A.G., Mazurié J.

#### **6. Laboratoire Environnement Ressources de Normandie (LERN), Ifremer, BP 32, 14520 Port-en-Bessin, France**

Boisseaux A., Daniel A., Ernande B., Gangnery A., Grangeré K., Hugonnet V., Jacqueline F., Justome V., Le Gagneur E., Lesaulnier N., Mary C., Rauflet F., Riou P., Ropert M.

#### **7. Unité mixte de recherche (UMR 5119), Écosystèmes lagunaires (Écolag), place E. Bataillon, université de Montpellier, CC 80, 34095 Montpellier Cedex 5, France**

Avarre J.C., Avazeri J., Bachère E., Boulo V., Escoubas J.M., Gonzales M., Guéguen Y., Janeth M., Zattara B.

#### **8. Laboratoire d'Écotoxicologie (LBEX Nantes), Ifremer, BP 21105, 44311 Nantes Cedex 03, France et LBEX Brest, Ifremer, BP 70, 29280 Plouzané**

Arzul G., Burgeot T., Caisey X., Cozic A., Gélet F., Grouhel A., Klein B., Ménard D., Quiniou F., Rousseau S.

#### **9. Unité mixte de recherche (UMR 100), Physiologie et écophysiologie des mollusques marins, université de Caen (PE2M), Esplanade de la Paix, 14032 Caen Cedex, France**

Costil K., Dufour C., Favrel P., Frouel S., Hanquet A.C., Henry J., Heude C., Kellner K., Laisney J., Lefèbre S., Lelong C., Mathieu M., Mathieu J., Royer J.

**10. Unité mixte de recherche (UMR 5178), Station de Biologie marine du Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN Concarneau), BP 225, 29900 Concarneau, France**

Buzin F., Delarche A.S., Farcy E., Hillion M., Lanthoene V., Mahe A., Mavic A.S., Rochex A., Van Wormhoudt A., Wache Y.

**11. Laboratoire Environnement marin (Lemar), équipe Interaction hôte pathogène (IHP) et Résistance aux stress anthropiques (RSA), Institut universitaire européen de la mer, université de Brest, place Nicolas Copernic, 29280 Plouzané France**

Boutet I., Choquet G., David E., Gonçalves M., Hégaret H., Jegaden M., Lambert C., Le Goic N., Marhic A., Moraga D., Paillard C., Soudant P., Tanguy A.

**12. Centre de recherche sur les Écosystèmes littoraux anthropisés (Créla), UMR 6217, CNRS-Ifremer-ULR (Université de la Rochelle), place du Séminaire, BP 5, 17137 L'Houmeau, France**

Alunno-Bruscia M., Bouchet V., Brêret M., Guillou G., Imbert N., Leguay D., Malet N., Mornet F., Sauriau P.G., Struski C., Thomas H.

**13. Laboratoire de Biogéochimie des contaminants métalliques (LBCM), Ifremer, rue de l'Île d'Yeu, BP 21105, 44311 Nantes Cedex 03, France**

Knoery J.

**14. Département Dynamiques de l'environnement côtier (Dyneco), Ifremer, centre de Brest, BP 70, 29280 Plouzané, France**

Bacher C., Dumas F., Gohin F., Grangeré K., Grouhel A., Masson J.C., Menesguen A., Struski C.

**15. Département Informatique et données marines (IDM), Ifremer, centre de Brest, BP 70, 29280 Plouzané, France,**

Bonnet C., Checinski G., Marros E., et les autres intervenants des services IDM/ISI et IDM/RIC  
Delauney L., Le Bihan C., Maros E., Salvétat F.

**16. Département Technologie des systèmes instrumentaux (TSI), Ifremer, centre de Brest, BP 70, 29280 Plouzané, France**

Aoustin Y., Barbot S., Dorval P., Hamon M., Le Piver D., Podeur C., Quéméner L., Repécaud M., Woerther P.

**17. Département Essais et recherche technologiques (ERT/IC), Ifremer, centre de Brest, BP 70, 29280 Plouzané, France**

Delauney L., Le Bihan C., Maros E., Salvétat F.

**18. Institut Pasteur, 25 rue du docteur Roux, 75015 Paris, France**

Binesse J., Chakroun N., Le Roux F., Mazek D., Zouine M.

**19. Laboratoire Environnement Ressources d'Arcachon (LERA) Ifremer, quai du Commandant Silhouette, 33120 Arcachon, France**

Auby I., D'Amico F., Maurer D.

**20. Laboratoire Environnement Ressources Languedoc-Roussillon (LERLR), Ifremer, avenue Jean Monet, BP 71, 34203 Sète Cedex, France**

Barret J., Munaron D.

**21. Groupe d'étude des milieux estuariens et littoraux (Gemel), Centre régional d'étude côtières, 54 rue du docteur Charcot, 14530 Luc-sur-Mer, France**



Sylvand B.

**22. Girpa, Angers Technopôle, 8 rue Becquerel, 49070 Beaucouze, France**

Communal P.Y., Jadas Hecart A., Royer A., Violeau D.

**23. Institut Maurice Lamontagne, ministère des Pêches et des Océans, CP 1000, Mont-Joli, Québec, Canada G5H 3Z4**

Fréchette M.

### **Structures de conseil et de développement auprès de la profession**

**24. Syndicat des sélectionneurs avicoles et aquacoles français (Syssaf), Station de recherche avicole, centre INRA de Tours, 37380 Nouzilly, France**

Coudurier B., Haffray P., Rault P.

**25. Syndicat mixte d'équipement du littoral (Smel), Conseil général, Maison du département, 98 route de Candol, 50008 Saint-Lô Cedex, France**

Blin J.L., Bouchaud B., Pacary S., Richard O.

**26. Centre régional d'expérimentation et d'applications aquacole (CREAA), Prise de Terdoux, 17480 Le Château d'Oléron, France**

Mille D., Phillippe B.

**27. Syndicat mixte de développement de l'aquaculture en Pays de Loire (Smidap), 3 rue Célestin Freinet, 44200 Nantes, France**

Glize P., Pajot R., Trintignac P.

### **La profession conchylicole**

**Le Comité National de la Conchyliculture (CNC), 12 rue de Javel, 75015 Paris, et les représentants des sections régionales conchylicoles,**

Section régionale de Normandie Mer du Nord

Section régionale de Bretagne Nord

Section régionale de Bretagne Sud

Section régionale des pays de la Loire

Section régionale du Poitou Charente

Section régionale d'Arcachon Aquitaine

Section régionale de Méditerranée

Avec notamment la contribution de Brest G. Chantereau S., Guillaumie B., Monnier, Jansens A., Savary M., Jenot H., Dreano A.

**Le Syndicat des écloveurs et nurseurs de coquillages (Snenc), Mairie de Bouin, place de l'église, 85230 Bouin, France**

Avec la contribution de

Société atlantique de mariculture (Satmar) : Diss B., Le Borgne Y., Toulorges J.F

Vendée naissain, polder des Champs, 85230 Bouin, France : Angeri S.

SCEA Sodabo, polder des Champs, 85230 Bouin, France : Le Goff J.Y.

**Tous les professionnels qui nous ont accueillis sur leurs parcs, en baie des Veys, rivière d'Auray, baie de Quiberon, bassin de Marennes-Oléron, notamment : M Daniel., M.Frish, M.Le Meitour, M.Pourtier, M.Roger, M.Cadoret (Sobaie).**

### **Les personnels des administrations chargées de l'environnement**

**Direction régionale de l'environnement de Basse-Normandie (Diren), Citis Le Pentacle, avenue de Tsukaba, 14209 Hérouville-Saint-Clair Cedex, France : Forray N., directeur de la Diren de Basse-Normandie**

**Agence de l'eau Seine-Normandie, Délégation au littoral et à la mer, 21 rue l'Homme de Bois, 14600 Honfleur, France : Bruchon F.**

**Météo-France , Allée des Tamaris, 17000 La Rochelle.**

### **Les équipes qui nous ont accueillies pour les séminaires**

**Conseil régional de Normandie**

**École de la mer, Aquarium de La Rochelle**

**Ifremer, centre de Brest**

**Ifremer, centre de Nantes**

### **La direction des Programmes et de la Stratégie (DPS), Ifremer**

**Centre de Nantes, rue de l'Île d'Yeu, BP 21105, 44311 Nantes Cedex 03, France**

**Baud J.P., Conche N., Gérard A., Gouletquer P., Héral M., Lassalle E.**

### **La gestion administrative et financière**

**Borgetto M., Brelivet M., Dulot F.,Gourmelen L., Guezennec D., Hihn C., Morvan M.,**

### **Ainsi que l'équipe de la Communication Ifremer**

**Fournier L., Millet B., Youéno G.**

**...et tous ceux ou celles que nous aurions pu oublier.....**

## Sommaire

<b>Chapitre 1 : Évaluation des risques dans les écosystèmes conchylicoles.</b> Ropert M. <sup>6</sup> , Mazurié J. <sup>5</sup> , Bédier E. <sup>5</sup> , Le Coz F. <sup>5</sup> , Soletchnik P. <sup>3</sup> .....	1
<b>Chapitre 2 : Les risques associés à la physiologie de l'huître en période de reproduction.</b> Lambert C. <sup>11</sup> , Moal J. <sup>1</sup> , Le Moullac G. <sup>1</sup> , Pouvreau S. <sup>1</sup> .....	51
<b>Chapitre 3 : Les risques associés au stress environnemental.</b> Burgeot T. <sup>8</sup> , Gagnaire B. <sup>2</sup> , Renault T. <sup>2</sup> , Haure J. <sup>4</sup> , Moraga D. <sup>11</sup> , David E. <sup>11</sup> , Boutet I. <sup>11</sup> , Sauriau P.G. <sup>12</sup> , Malet N. <sup>12</sup> , Bouchet V. <sup>12</sup> , Le Roux A. <sup>1</sup> , Lapègue S. <sup>2</sup> , Bouilly K. <sup>2</sup> , Le Moullac G. <sup>1</sup> , Arzul G. <sup>14</sup> , Knoery J. <sup>13</sup> , Quiniou F. <sup>14</sup> , Bacher C. <sup>14</sup> , Soletchnik P. <sup>3</sup> .....	95
<b>Chapitre 4 : Etude des bases génétiques de la mortalité estivale du naissain et des possibilités d'amélioration de la survie par sélection.</b> Boudry P. <sup>2</sup> , Dégremont L. <sup>2</sup> , Haffray P. <sup>24</sup> .....	141
<b>Chapitre 5 : Caractérisation phénotypique des souches R Résistantes et S Susceptibles à la mortalité estivale.</b> Huvet A. <sup>1</sup> , Royer J. <sup>9</sup> , Moal J. <sup>1</sup> , Burgeot T. <sup>8</sup> , Lapègue S. <sup>2</sup> , Boulo V. <sup>7</sup> , Nicolas J.L. <sup>1</sup> , Lambert C. <sup>11</sup> , Van Wormhoudt A. <sup>10</sup> , Samain J.F. <sup>1</sup> .....	185
<b>Chapitre 6 : Les risques associés aux pathogènes.</b> Nicolas J. L. <sup>1</sup> , Renault T. <sup>2</sup> , Gagnaire B. <sup>2</sup> , Garcia C. <sup>2</sup> , Garnier M. <sup>1</sup> , Gay M. <sup>2</sup> , Labreuche Y. <sup>1</sup> , Le Roux F. <sup>2-18</sup> , Miossec L. <sup>2</sup> , Pépin J.F. <sup>2</sup> , Saulnier D. <sup>2</sup> .....	229
<b>Chapitre 7 : Le facteur de risque température.</b> Moal J. <sup>1</sup> , Lambert C. <sup>11</sup> , Pouvreau S. <sup>1</sup> , Le Moullac G. <sup>1</sup> , Samain J.F. <sup>1</sup> .....	271
<b>Chapitre 8 : Synthèse générale et recommandations pour la gestion et la prévision des mortalités estivales.</b> Samain J.F. <sup>1</sup> , Ropert M. <sup>6</sup> , Bédier E. <sup>5</sup> , Soletchnik P. <sup>3</sup> , Mazurié J. <sup>5</sup> , Le Coz F. <sup>5</sup> , Blin J.L. <sup>25</sup> , Costil K. <sup>9</sup> , Mille D. <sup>26</sup> , Trintignac P. <sup>27</sup> , Boudry P. <sup>2</sup> , Haffray P. <sup>24</sup> , Bacher C. <sup>14</sup> , Grangeré K. <sup>14</sup> , Pouvreau S. <sup>1</sup> , Bourles Y. <sup>1</sup> , Sylvand B. <sup>21</sup> , Misko P. <sup>1</sup> , Gohin F. <sup>14</sup> , Woerther P. <sup>16</sup> .....	291



## Remerciements

Ce travail n'a pu être réalisé que grâce à un fort soutien des régions de Basse-Normandie, de Bretagne, des Pays de la Loire, de Poitou Charentes, du Conseil général du Calvados et des fonds européens de l'IFOP au travers du Comité national de la conchyliculture (CNC). Qu'ils soient remerciés pour cet effort concerté qui a été très déterminant dans le bon déroulement des opérations.

Ce soutien a permis de compléter les fonds mis en place par l'Ifremer que l'on remercie à la fois, pour sa décision de mettre en place ce défi qui a rassemblé de nombreuses équipes et laboratoires, et pour avoir honoré jusqu'au bout ses engagements par un soutien financier important. On remercie en particulier Jean François Minster, Président directeur général de l'Ifremer, en fonction à l'époque, et son Directeur scientifique Maurice Héral.

Outre la mise à disposition des compétences propres de l'Ifremer au travers de ses équipes, nous remercions les responsables des Instituts qui ont permis la mobilisation des compétences complémentaires en France. Ainsi plusieurs spécialistes du CNRS, de l'université de Brest au travers de l'IUEM, des universités de Nantes et de Montpellier, du Muséum national d'histoire naturelle de Concarneau et de l'Institut Pasteur de Paris ont été très largement mobilisés.

Cette fédération a permis aussi de travailler en étroite collaboration avec les structures régionales ou départementales de transfert de la recherche vers la profession. Nous remercions en particulier le SMEL, le SMIDAP, le CREEA et le SYSAAF pour leurs contributions efficaces à la réalisation des opérations de terrain et du dialogue qu'ils ont entretenu avec la profession.

Nous remercions aussi le Comité national de la conchyliculture qui a suivi de près l'ensemble de ces travaux et a permis de soulever toutes les questions associées à ces recherches, générant un débat scientifique et technique fructueux. Les sections régionales conchyliques (SRC) et leurs président(e)s et secrétaires ont joué aussi un rôle tout à fait déterminant, en permettant d'établir ce dialogue au sein de la profession avec les spécificités régionales. Nous avons vraiment apprécié leurs initiatives pour favoriser ces échanges et nous leur en sommes très reconnaissants.

Nous remercions donc l'ensemble de la profession conchylique pour son action et son soutien dans les opérations de terrain, la réflexion et dans l'obtention des financements.

En tant que coordinateur, je remercie aussi vivement tous les acteurs scientifiques et techniques qui ont accepté de s'investir dans ce défi, d'avoir tenu le coup sur la durée et d'avoir su participer activement à la construction pluridisciplinaire des programmes et à leur réalisation. Ils peuvent être félicités d'avoir été les acteurs de ce défi scientifique et technique qui aura été aussi une grande expérience humaine. Merci pour le plaisir d'avoir pu travailler dans ces conditions.

Au nom des partenaires Morest  
Le coordinateur  
JF Samain



## Avant propos

Des mortalités massives d'huîtres *C.gigas*, rapportées dans le monde entier où cette espèce est exploitée, n'avaient pas trouvé d'explication strictement pathologique au travers de nombreuses études réalisées au niveau international. Ces études avaient cependant suggéré l'existence probable d'interactions complexes entre l'huître, l'environnement et des pathogènes opportunistes. Cette question n'a pu être globalement résolue en France, qu'au travers d'un projet pluridisciplinaire ayant rassemblé 7 disciplines et 15 équipes dans le cadre d'un grand défi lancé par l'Ifremer de 2001 à 2006, le défi Morest.

Cet ouvrage rassemble les principaux résultats obtenus sous forme de 8 synthèses décrivant les principaux facteurs impliqués dans ces interactions, dont une synthèse générale finale qui permet de construire le modèle d'interaction le plus probable en France et de l'exploiter pour prévoir et gérer ces problèmes.

De façon très intéressante, parmi ces facteurs, on trouve une composante génétique qui ouvre une voie originale pour la sélection de souches résistantes à plusieurs types de pathogènes et, par ailleurs, plusieurs autres composantes qui sont associées à l'environnement naturel ou d'origine anthropique. La synthèse générale décrit les éléments nécessaires pour permettre de réaliser une analyse de risques propre à chaque site conchylicole. A partir de cette analyse et d'expériences réalisées à grande échelle sur trois sites-ateliers représentatifs des principales exploitations conchylicoles de Normandie, de Bretagne, et du bassin de Marennes-Oléron, les recommandations pratiques, les plus adaptées pour la gestion et la prévision des mortalités estivales, sont proposées.

Cet ouvrage permet aux scientifiques intéressés par la santé des élevages, cultures ou peuplements naturels, de découvrir, un exemple de mécanisme d'interactions cumulées et nécessaires pour observer des mortalités. Il met en évidence les rôles respectifs joués dans ce processus par l'environnement, l'hôte au travers de sa physiologie et de sa génétique et des pathogènes opportunistes. On peut réfléchir à la pertinence de tout ou partie de ce modèle pour d'autres maladies ou problèmes de santé du règne animal.

L'existence de ces interactions nécessaires, ouvre de nouvelles perspectives théoriques originales pour combattre ces mortalités en milieu marin. En effet, en agissant sur l'une des interactions, il est possible de prévenir ces mortalités. Ainsi, les professionnels trouveront décrites les diverses solutions pratiques qui ont été testées sur les trois sites-ateliers choisis ainsi que les propositions pour une stratégie de sélection génétique.

L'ouvrage fournit les éléments de base nécessaires à la réalisation d'une analyse de risque qui doit être envisagée sur chaque site conchylicole, en utilisant le modèle d'interaction, afin de définir quelles sont les solutions les mieux adaptées à cette situation pour espérer prévoir et mieux prévenir les risques estimés.

Les professionnels de l'environnement trouveront dans ces travaux un exemple d'impact des apports des bassins versants sur une activité économique maritime ainsi que des données objectives permettant d'envisager des mesures de gestion des apports d'eau douce, adaptées aux besoins d'une économie plus harmonieuse entre les activités terrestres et maritimes.

Ce travail pluridisciplinaire fait l'objet de nombreuses communications internationales et intéresse vivement l'ensemble des pays producteurs d'huître dans le monde (Chine, Japon, Corée, Etats-Unis, France, Union européenne et pays émergents d'Amérique latine). Il devrait faire date et servir de référence pour la décennie à venir dans de nombreux travaux scientifiques ou techniques.





## **Chapitre1**

# **Évaluation des risques dans les écosystèmes conchylicoles**

**Roport M., Mazurié J., Bédier E., Le Coz F., Soletchnik P.**

***Contributeurs :***

**Blouin F., Bouchet V., Bouget J.F., Fleury P.G.; Garcia C., Geairon P., Grangeré K., Knoery J.R., Langlade A., Lefebvre S., Malestroit P., Malet N., Météo France, Misko P., Munaron D., Quiniou F., Rauflet F., Sauriau P.G., Struski C., Sylvand B.**

**Coordinateur du programme : J.F. Samain**



## Chapitre 1

<b>Évaluation des risques dans les écosystèmes conchyliques .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Introduction .....</b>	<b>5</b>
1.1. Surveillance des mortalités de bivalves au niveau national .....	5
1.2. Analyse historique des mortalités ostréicoles en France .....	5
1.3. Mortalités sur les sites atelier de MOREST .....	8
1.4. Les objectifs du chapitre I .....	11
<b>2. Le risque thermique.....</b>	<b>12</b>
2.1. Caractéristiques thermiques des sites atelier .....	12
2.2. Dynamique thermique et mortalités .....	13
2.3. Résumé.....	14
<b>3. Le risque "pluviométrie" .....</b>	<b>15</b>
3.1. A l'échelle nationale .....	15
3.2. Pour les sites atelier.....	17
3.3. Résumé.....	21
<b>4. Le risque trophique.....</b>	<b>22</b>
4.1. Relation entre mortalité et ressource trophique (aspect quantitatif) .....	22
4.2. Relation entre mortalité et ressource trophique (aspect qualitatif) .....	27
4.3. Résumé.....	30
<b>5. Le risque sédimentaire .....</b>	<b>31</b>
5.1. Introduction .....	31
5.2. Le risque sédimentaire sur les sites atelier.....	32
5.3. Études liées à la chimie du sédiment sur les sites atelier .....	35
5.4. Résumé.....	37
<b>6. Discussion-Conclusion .....</b>	<b>38</b>
6.1. Variabilité spatiale et temporelle des risques environnementaux étudiés .....	38
6.2. le risque thermique .....	39
6.3. Le risque pluviométrie .....	39
6.4. Le risque trophique .....	42
6.5. Le risque sédimentaire.....	43
6.6. Analyse d'un risque environnemental "combiné" .....	45
<b>7. Bibliographie .....</b>	<b>46</b>

