

**Exigences réglementaires et  
recommandations concernant le  
traitement de l'eau vis-à-vis des  
agents pathogènes en entrée et en  
sortie d'écloseries conchylicoles.**

Réalisé par Florence BONVARLET (ENVA) en juin 2011,  
Sous la tutelle d'Isabelle ARZUL (LGP IFREMER, équipe pathologie)  
et Raphaël BRIZARD (LGP IFREMER, équipe génétique)



## TABLE DES MATIERES

<b>LISTE DES ANNEXES, FIGURES ET TABLEAUX .....</b>	<b>5</b>
<b>I- Exigences réglementaires et recommandations relatives au traitement de l'eau vis-à-vis des agents pathogènes en entrée et sortie d'écloserie conchylicole .....</b>	<b>7</b>
<b>I-1 Agents pathogènes et animaux concernés .....</b>	<b>8</b>
<b>I-1.1 Législation européenne .....</b>	<b>8</b>
<b>I-1.2 Espèces et agents pathogènes faisant l'objet de recommandations de la part de l'OIE (12). .....</b>	<b>9</b>
<b>I-1.3 Bilan.....</b>	<b>12</b>
<b>I-2 Exigences sur le traitement de l' eau relatives à ces agents pathogènes .....</b>	<b>13</b>
<b>I-2.1 Textes relatifs à ces exigences .....</b>	<b>13</b>
<b>I-2.2 Bilan.....</b>	<b>16</b>
<b>I-3 Cas particulier de la quarantaine.....</b>	<b>17</b>
<b>I-3.1 Nécessité ou non d'une quarantaine à l'introduction.....</b>	<b>17</b>
<b>I-3.2 Animaux concernés par la quarantaine .....</b>	<b>17</b>
<b>I-3.3 Exigences réglementaires et recommandations concernant l'eau dans une installation de quarantaine .....</b>	<b>19</b>
<b>II- Des solutions pour respecter cette réglementation : les méthodes de traitement de l'eau utilisables en écloserie conchylicole .....</b>	<b>22</b>
<b>II-1 Procédés préliminaires à la désinfection de l'eau : décantation et filtration .....</b>	<b>22</b>
<b>II-1.1 Décantation .....</b>	<b>22</b>
<b>II-1.2 Système de filtration .....</b>	<b>22</b>

II-1.3 Le filtre à charbon .....	23
II-2 L'ozoneur .....	23
II-2.1 Principe de l'ozoneur .....	23
II-2.2 Avantages et inconvénients de l'ozoneur .....	25
II-2.3 Bilan .....	26
II-3 Utilisation des Ultra Violets .....	26
II-3.1 Principe de la stérilisation par les UV .....	26
II-3.2 Avantages, inconvénients de l'utilisation des UV .....	27
II-2.3.3 Bilan .....	28
II-3.4 Le système Atlantium HOD .....	28
II-4 Utilisation du chlore .....	29
II-4.1 Principe de la désinfection par le chlore .....	30
II-4.2 Avantages et inconvénients de la méthode de désinfection par le chlore .....	32
II-4.3 Utilisation du chlore sous d'autres formes ou procédés .....	33
II-5 Méthodes alternatives envisageables .....	34
II-6 Bilan et perspectives .....	36
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>45</b>

## LISTE DES ANNEXES, FIGURES ET TABLEAUX

- Tableau 1 : Maladies exotiques réglementées ..... 8
- Tableau 2 : Maladies non exotiques réglementées ..... 8
- Tableau 3 : Espèces et agents pathogènes faisant l'objet de recommandations de la part de l'OIE (12) ..... 9
- Tableau 4 : Espèces et agents pathogènes considérées comme sensibles et faisant l'objet de recommandations de la part de l'OIE si faisant l'objet d'échanges internationaux (12) ..... 11
- Tableau 5 : Recommandations de l'OIE pour l'inactivation ou l'élimination de certains agents pathogènes. .... 16
- Tableau 6 : Durée de quarantaine recommandée selon le risque possible, réalisé par la FAO ..... 18
- Tableau 7 : Avantages et inconvénients de la décantation ..... 22
- Tableau 8 : Avantages et inconvénients de la filtration ..... 23
- Tableau 9 : Avantages et inconvénients de l'ozonation ..... 25
- Tableau 10 : Avantages et inconvénients de l'utilisation des UV ..... 27
- Tableau 11 : Comparatif des systèmes de traitement aux UV classiques et du système Atlantium HOD ..... 29
- Figure 1 : Courbe de break point, d'après ABARNOU.A (1) ..... 31

- Figure 2 : Effet du pH et de la température de l'eau sur la formation d'acide hypochloreux (ou hypochlorique) et d'ion hypochlorite, d'après LE BRETON & SOURD (11) ..... 32
- Tableau 12 : Avantages et inconvénients de la méthode de désinfection par le chlore..... 32
- Tableau 14 : Avantages et inconvénients des iodophores..... 35
- Tableau 15 : Spectres d'action des méthodes de traitement de l'eau ..... 36
- Annexe 1 : Liste des espèces vectrices éventuelles et des conditions dans lesquelles ces espèces sont considérées comme vectrices..... 38
- Annexe 2 : Préconisations pour la construction d'un bassin de décantation.  
..... 43

## I- Exigences réglementaires et recommandations relatives au traitement de l'eau vis-à-vis des agents pathogènes en entrée et sortie d'écloserie conchylicole

Ce qui suit s'appuie sur les documents suivants<sup>1</sup>:

- (3) ARTHUR.J.R, BONDAD-REANTASO.M.G, SUBASINGUE.R.P, *Procedures for the quarantine of live aquatic animals*, a manual FAO, Fisheries Technical Paper, 2008, No 502, 74p.
- (4) AUSTRALIAN AQUATIC VETERINARY EMERGENCY PLAN, *Operational Procedures Manual Decontamination*, Version 1.0, 2008, 122p
- (6) DECISION DE LA COMMISSION du 12 décembre 2008 portant application de la directive 2006/88/CE du conseil en ce qui concerne les exigences liées à la mise en quarantaine des animaux d'aquaculture.
- (7) DIRECTIVE 2006/88/CE DU CONSEIL du 24 octobre 2006 relative aux conditions de police sanitaire applicables aux animaux et aux produits d'aquaculture, et relative à la prévention de certaines maladies chez les animaux aquatiques et aux mesures de lutte contre ces maladies.
- (12) OIE, *Code sanitaire pour les animaux aquatiques*, 13<sup>ème</sup> éd., 2010, 343p.
- (13) OIE, *Manuel of diagnostic tests for aquatic animals*, 12<sup>ème</sup> éd., 2009.
- (14) REGLEMENT (CE) N° 1251/2008 DE LA COMMISSION du 12 décembre 2008 portant application de la directive 2006/88/CE du conseil en ce qui concerne les conditions et les exigences de certification applicables à la mise sur le marché et à l'importation dans la Communauté d' animaux d' aquaculture et de produits issus de ces animaux et établissant une liste des espèces vectrices.

---

<sup>1</sup> Le numéro correspond au numéro indiqué dans la liste des références bibliographiques

## I-1 Agents pathogènes et animaux concernés

### I-1.1 Législation européenne

Seuls certains agents pathogènes sont soumis à une réglementation. L'annexe IV partie II de la directive 2006/88/CE (7) précise les agents pathogènes sur lesquels porte la réglementation et les espèces qui y sont sensibles.

Il existe également des mesures qui s'appliquent aux animaux qui seraient potentiellement vecteurs de ces agents pathogènes. L'annexe 1 du règlement N° 1251/2008 (14) établit la liste des espèces vectrices éventuelles et des conditions dans lesquelles ces espèces sont considérées comme vectrices. Cette annexe est disponible en annexe 1 de ce rapport.

- Maladies exotiques soumises à la réglementation dans la/les espèce(s) indiquée(s) :

**Tableau 1 : Maladies exotiques réglementées**

MALADIE	ANIMAUX SENSIBLES
Infection à <i>Bonamia exitiosa</i>	-Huître plate australienne <i>Ostrea angasi</i> -Huître plate du Chili <i>Ostrea chilensis</i>
Infection à <i>Perkinsus marinus</i>	-Huître japonaise <i>Crassostrea gigas</i> -Huître de l'Atlantique <i>Crassostrea virginica</i>
Infection à <i>Microcytos mackini</i>	-Huître japonaise <i>Crassostrea gigas</i> -Huître de l'Atlantique <i>Crassostrea virginica</i> -Huître plate du Pacifique <i>Ostrea conchaphila</i> -Huître plate européenne <i>Ostrea edulis</i>

- Maladies non exotiques soumises à la réglementation dans la/les espèce(s) indiquée(s) :

**Tableau 2 : Maladies non exotiques réglementées**

MALADIE	ANIMAUX SENSIBLES
Infection à <i>Marteilia refringens</i>	-Huître plate australienne <i>Ostrea angasi</i> -Huître plate du Chili <i>Ostrea chilensis</i> -Huître plate européenne <i>Ostrea edulis</i> -Huître plate d'Argentine <i>Ostrea puelchana</i> -Moule commune <i>Mytilus edulis</i> -Moule méditerranéenne <i>Mytilus galloprovincialis</i>

<b>Infection à <i>Bonamia ostreae</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Huître plate australienne <i>Ostrea angasi</i></li> <li>-Huître plate du Chili <i>Ostrea chilensis</i></li> <li>-Huître plate du pacifique <i>Ostrea conchaphila</i></li> <li>-Huître asiatique <i>Ostrea denselammellosa</i></li> <li>-Huître plate européenne <i>Ostrea edulis</i></li> <li>-Huître plate d'argentine <i>Ostrea puelchana</i></li> </ul>
---	--

Cependant, on peut noter des distorsions vis à vis des maladies listées mais également vis-à-vis des espèces sensibles entre la législation européenne et les recommandations qui figurent dans le *Code sanitaire pour les animaux aquatiques* (12).

### I-1.2 Espèces et agents pathogènes faisant l'objet de recommandations de la part de l'OIE (12).

**Tableau 3 : Espèces et agents pathogènes faisant l'objet de recommandations de la part de l'OIE (12)**

<b>Agent pathogène</b>	<b>Référence réglementaire</b>	<b>Espèces concernées</b>
<b>Pseudo-herpès virus infectant l'ormeau</b>	Article 11.1.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>-<i>Haliotis diversicolor aquatilis</i> et <i>supertexta</i></li> <li>-<i>Haliotis laevigata</i></li> <li>-<i>Haliotis rubra</i></li> <li>-hybrides de <i>H.laevigata</i> x <i>H.rubra</i></li> </ul>
<b><i>Bonamia exitiosa</i></b>	Article 11.2.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Huître plate australienne <i>Ostrea angasi</i></li> <li>-Huître plate du Chili <i>Ostrea chilensis</i></li> </ul>
<b><i>Bonamia ostreae</i></b>	Article 11.3.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Huître plate européenne <i>Ostrea edulis</i></li> <li>-Huître plate australienne <i>Ostrea angasi</i></li> <li>-Huître plate argentine <i>Ostrea puelchana</i></li> <li>-Huître plate du Chili <i>Ostrea chilensis</i></li> <li>-<i>Ostrea denselammellosa</i></li> <li>-<i>Crassostrea ariakensis</i></li> </ul>

<b><i>Marteilia refringens</i></b>	Article 11.4.2	-Huître plate européenne <i>Ostrea edulis</i> -Huître plate australienne <i>Ostrea angasi</i> -Huître plate argentine <i>Ostrea puelchana</i> -Huître plate du Chili <i>Ostrea chilensis</i> -Moule commune <i>Mytilus edulis</i> - <i>Mytilus galloprovincialis</i>
<b><i>Perkinsus marinus</i></b>	Article 11.5.2	-Huître creuse américaine <i>Crassostrea virginica</i> -Huître du Pacifique <i>Crassostrea gigas</i> -Huître de Suminoe <i>Crassostrea ariakensis</i> - <i>Mya arenaria</i> - <i>Macoma balthica</i> - <i>Mercenaria mercenaria</i>
<b><i>Perkinsus olseni</i></b>	Article 11.6.2	-Palourdes ( <i>Austrovenus stutchburyi</i> , <i>Venerupis pullastra</i> , <i>V.aurea</i> , <i>Ruditapes decussatus</i> , <i>R.philippinarum</i> ) -Ormeaux ( <i>Haliotis rubra</i> , <i>H.laevigata</i> , <i>H.cyclobates</i> , <i>H.scalar</i> ) - <i>Anadara trapezia</i> - <i>Barbatia novaezelandiae</i> - <i>Macomona liliana</i> - <i>Paphies australis</i> - <i>Crassostrea gigas</i> - <i>Crassostrea ariakensis</i>
<b><i>Xenohaliotis californiensis</i></b>	Article 11.7.2	-Ormeau noir <i>Haliotis cracherodii</i> -Ormeau blanc <i>H.sorenseni</i> -Ormeau rouge <i>H.rufescens</i> -Ormeau rose <i>H.corrugata</i> -Ormeau vert <i>H.tuberculata</i> et <i>H.fulgens</i> - <i>H.wallalensis</i> -Ormeau japonais <i>H.discus-hannai</i>

Sont également concernées pour chaque agent pathogène, toutes les autres espèces sensibles visées dans le manuel aquatique de l' OIE(13) si elles font l'objet d'échanges internationaux. Ces espèces sont les suivantes :

**Tableau 4 : Espèces et agents pathogènes considérées comme sensibles et faisant l'objet de recommandations de la part de l'OIE si faisant l'objet d'échanges internationaux (12)**

<b>Agent pathogène</b>	<b>Référence réglementaire</b>	<b>Espèces concernées</b>
<b>Pseudo-herpès virus infectant l'ormeau</b>	Chapitre 2.4.1, article 2.2.1	- <i>Haliotis diversicolor supertexta</i> - <i>Haliotis laevis</i> - <i>Haliotis rubra</i> -hybrides de <i>H.laevis</i> x <i>H.rubra</i>
<b><i>Bonamia exitiosa</i></b>	Chapitre 2.4.2, article 2.2.1	- <i>Ostrea angasi</i> - <i>Ostrea chilensis</i> - <i>Ostrea edulis</i>
<b><i>Bonamia ostreae</i></b>	Chapitre 3.4.3, article 2.2.1	- <i>Ostrea edulis</i> - <i>Ostrea angasi</i> - <i>Ostrea puelchana</i> - <i>Ostrea chilensis</i> - <i>Ostrea conchaphila</i> - <i>Crassostrea angulata</i> - <i>Crassostrea ariakensis</i>
<b><i>Marteilia refringens</i></b>	Chapitre 3.4.4, article 2.2.1	- <i>Ostrea edulis</i> - <i>Ostrea angasi</i> - <i>Ostrea puelchana</i> - <i>Ostrea chilensis</i> - <i>Ostrea denselamellosa</i> - <i>Mytilus edulis</i> - <i>Mytilus galloprovincialis</i> - <i>Solen marginatus</i> - <i>Chamelea gallina</i> - <i>Cerastoderma edule</i> - <i>Ruditapes decussatus</i> - <i>Ruditapes philippinarum</i> - <i>Tapes rhomboides</i> - <i>Tapes pullastra</i> - <i>Ensis minor</i> - <i>Crassostrea virginica</i>

<i>Perkinsus marinus</i>	Chapitre 3.4.5, article 2.2.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Crassostrea virginica</i></li> <li>- <i>Crassostrea gigas</i></li> <li>- <i>Crassostrea ariakensis</i></li> <li>- <i>Crassostrea rhizophorae</i></li> <li>- <i>Crassostrea corteziensis</i></li> <li>- <i>Mya arenaria</i></li> <li>- <i>Macoma balthica</i></li> </ul>
<i>Perkinsus olseni</i>	Chapitre 3.4.6, article 2.2.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Austrovenus stutchburyi</i>,</li> <li>- <i>Haliotis rubra</i></li> <li>- <i>Haliotis laevigata</i></li> <li>- <i>Haliotis cyclobates</i></li> <li>- <i>Haliotis scalari</i></li> <li>- <i>Anadara trapezia</i></li> <li>- <i>Tapes decussatus</i></li> <li>- <i>Tapes phillipinarum</i></li> <li>- <i>Tridacna maxima</i></li> <li>- <i>Tridactna crocea</i></li> <li>- <i>Pitar rostrata</i></li> <li>- <i>Pinctada margaritifera</i></li> <li>- <i>Pinctada martensii</i></li> <li>- <i>Crassostrea gigas</i></li> <li>- <i>Crassostrea ariakensis</i></li> <li>- <i>Crassostrea sikamea</i></li> </ul>
<i>Xenohaliotis californiensis</i>	Chapitre 3.4.7, article 2.2.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Haliotis cracherodii</i></li> <li>- <i>Haliotis sorenseni</i></li> <li>- <i>Haliotis rufescens</i></li> <li>- <i>Haliotis corrugata</i></li> <li>- <i>Haliotis fulgens</i></li> <li>- <i>Haliotis diversicolor supertexta</i></li> <li>- <i>Haliotis wallalensis</i></li> <li>- <i>Haliotis discus-hannai</i></li> </ul>

### I-1.3 Bilan

Même si la législation ne cite que quelques agents pathogènes pour lesquels il faudrait mettre en place des mesures pour limiter au maximum le risque d'entrée ou de sortie d'eau contaminée de la station, il serait bon de combiner les exigences de la législation européenne aux recommandations de l' OIE afin de se prémunir plus largement d'une contamination.

De plus, suite à un rapport d'experts de ARIEL E et al (2), il convient de faire également attention aux pathogènes suivants qui pourraient émerger en Europe ou sont présents en Europe<sup>2</sup> mais ne sont pas soumis à la réglementation : *Nocardia crassostreae\**, *Candidatus Xenohalictis californiensis\**, *Perkinsus olseni/atlanticus\**, *Marteiloides chungmuensis*.

Enfin, il est fondamental de traiter les eaux entrantes et sortantes vis-à-vis de *Vibrio spp* et OsHV, qui sont associés aux mortalités affectant les huîtres creuses *Crassostrea gigas*.

## **I-2 Exigences sur le traitement de l' eau relatives à ces agents pathogènes**

Les extraits de textes législatifs énoncés ici s'intéressent uniquement au traitement des agents pathogènes dans le cadre de la santé animale et de la préservation du système hydrographique naturel; l'aspect relatif à la préservation de la santé humaine via la consommation de denrées alimentaires contaminées n'est pas envisagé ici.

### **I-2.1 Textes relatifs à ces exigences**

Extraits de textes provenant de la directive 2006/88/CE (7):

- Article 9:

"les Etats membres veillent à ce que les exploitations aquacoles et les établissements de transformation agréés **mettent en oeuvre les bonnes pratiques d'hygiène adaptées à l'activité concernée, dans le but de prévenir l'introduction et la propagation des maladies**"

- Article 33.1:

"les centres d'expédition et les centres de purification ou toute entreprise de la même catégorie sont équipés d'un **dispositif de traitement des effluents qui inactive l'agent pathogène responsable de la maladie ou mettent en oeuvre d'autres types de traitement des effluents permettant de réduire à un niveau acceptable le risque de propagation de maladies au système hydrographique naturel**"

- Article 36:

"Les Etats membres prennent les **mesures nécessaires pour éviter la propagation de maladies à d'autres animaux aquatiques**"

---

<sup>2</sup> Les agents pathogènes suivis de \* sont présents en Europe

## Extraits de texte provenant du *Code sanitaire de l' OIE (12)*:

- Article 11.1.8 :

Importation d'animaux aquatiques vivants à des fins d'aquaculture, à partir d'un pays, d'une zone ou d'un compartiment non déclaré(e) indemne de pseudo-herpès virus de l'orveau : « [...]

a) livraison directe du chargement et son maintien à vie dans des installations assurant la sécurité biologique en l'isolant du milieu environnant d'une manière permanente, et

b) **le traitement de tous les effluents et de tous les déchets de manière à assurer l'inactivation du pseudo-herpèsvirus de l'orveau** ». Les mêmes recommandations sont données par l'OIE pour *Bonamia exitiosa*, *Bonamia ostreae*, *Marteilia refringens*, *Perkinsus marinus*, *Perkinsus olseni* et *Xenohalotis californiensis*.

## Extraits de texte provenant du *Manuel aquatique de l' OIE (13)*:

- *Chapitre 1.1.3 Methods for disinfection of aquaculture establishments :*

### « 4.7. Disinfection of source water

Since several of the listed diseases of aquatic animals in the *Aquatic Code*, as well as a number of other important diseases, can be introduced into farms with source water when it contains vectors or carriers (i.e. wild infected crab or shrimp larvae, wild fish, etc.), some farms operate biosecurity plans that include provisions for the disinfection of source water. This may be accomplished by a variety of means that may include one or some combination of the following procedures:

a) For filtration of source water - source water is pumped into a supply/settling canal where it first passes

through coarse bar screens to remove larger aquatic animals and debris. Then, the water is passed through a series of progressively finer screens, and final filtration is accomplished by passing source water through a fine mesh (150-250 µm mesh size) bag screen before being introduced into a culture pond or storage reservoir.

b) Instead of using mesh nets, some farms place filtration structures in the supply channel. A series of compartments within these structures are filled with filter matrixes, beginning with coarse gravel for initial removal of larger aquatic animals and debris, an intermediate section that contains a finer matrix of sand and gravel, and the end section that contains fine sand.

c) **For chlorination and de-chlorination, source water is pumped to a supply channel or directly into culture ponds or reservoirs (with or without filtration) and treated with sufficient chlorine to kill any potential vectors or carriers in the source water.**

d) 'Zero' or reduced water exchange: Some farms use supplemental aeration and re-circulation of water in culture ponds and within the supply and discharge systems of a shrimp farm to reduce source requirements. This reduces the volume of source water that needs to be disinfected before use, as well as reducing nutrient loss from farms with effluent.

### 4.8. Disinfection of effluent water

a) **Ozone has been used successfully in controlling the microbial content of effluent water from quarantine facilities. Residual compounds, formed as a result of the interaction of ozone with seawater (residual oxidants), at levels of 0.08-1.0 mg litre<sup>-1</sup> are considered sufficient to significantly reduce live microbes (principally bacteria).**

NOTE: The measurement of residual ozone in seawater is problematic due to the rapid and continuous formation of oxidant products in seawater. Residuals formed between ozone and seawater (hypobromite, bromine or hypobromous acid) are toxic to early stages of aquatic

animals) and should be removed using a charcoal filter before passing through/out of a mollusc facility. UV treatment of seawater post-ozonation may be required for complete sterilisation, e.g. for quarantine.

b) Chlorine administered as sodium hypochlorite at a concentration of 25 mg chlorine litre<sup>-1</sup> is effective against certain protozoans (*L. haliotidis*). However, 50 mg chlorine litre<sup>-1</sup> is recommended for complete microbial sterilisation, although higher concentrations may be used under certain conditions (e.g. quarantine). Nevertheless, these require proportionately greater neutralisation treatments and exhaust systems to deal with the toxic fumes produced.

c) Iodophors are not as effective as the above two treatments for killing protozoans.

## 6. Neutralisation of halogens

Chlorine and iodine are highly toxic for aquatic animals and, in order to prevent serious accidents that could result from a manipulation error, it is recommended to neutralise these products with sodium thiosulfate - five moles of thiosulfate neutralise four moles of chlorine. The molecular proportions are the same for iodine. Accordingly, in order to inactivate chlorine, the amount of thiosulfate should be 2.85 times the amount of chlorine (in grams):

Number of grams of thiosulfate = 2.85 × number of grams of chlorine.

For iodine, the amount of thiosulfate should be 0.78 times the amount of iodine in grams:

Number of grams of thiosulfate = 0.78 × number of grams of iodine.

It is also possible to prepare a 1% thiosulfate solution by weight, in which case the neutralising volumes will be as follows (in ml):

1. for chlorine:

$28.5 \times [\text{number of litres of the disinfecting solution} \times \text{concentration mg litre}^{-1}] / 100$

2. for iodine:

it is necessary to multiply by 7.8 instead of by 28.5.

Both chlorine and ozone produce long-lived residual oxidant compounds in seawater. Seawater at 35 parts per thousand (ppt) salinity contains 60 ppm bromide ion, which produces hypobromite in the presence of ozone.

Disinfected artificial seawater, at the same salinity, produces bromine and hypobromous acid. As these, along with other residual compounds, are toxic to aquatic animals such as larval oysters (and possibly other molluscs), treated seawater must be passed through an activated charcoal filter before being used for live mollusc larvae. Alternative protocols for halogen neutralisation involve treatment with sodium or potassium thiosulfate. Monitoring of residual oxidants should be carried out regularly, especially where temperature fluctuations occur. As residual ozone cannot be measured accurately in seawater, alternative monitoring protocols, such as a feedback loop, may need to be installed.

NOTE: Exhaust systems should also be in place to remove toxic fumes (produced during disinfection) from

enclosed work areas. Ensure compliance with local atmospheric regulations when discharging toxic fumes. »

Les chapitres 2.4.3, 2.4.5, 2.4.6, 2.4.7 du *Manuel aquatique* de l' OIE (13) donnent des indications concernant les modes d'inactivation ou d' élimination de certains agents pathogènes.

Le tableau suivant les résume :

**Tableau 5 : Recommandations de l'OIE pour l'inactivation ou l'élimination de certains agents pathogènes.**

	Méthode d'inactivation/élimination
<i>Bonamia ostreae</i> (2.4.3)	-un bain d'acide peracétique concentré à 0,001% à 0,005% réduit la contamination
<i>Perkinsus marinus</i> (2.4.5)	-la dessiccation, le chlore (>0,3 mg/mL = 300ppm), les UV à une dose supérieure à 28 000 $\mu\text{J}/\text{cm}^2$ et l'eau fraîche (température non précisée) inactivent <i>Perkinsus marinus</i> . -des UV de 4 000 à 14 000 $\mu\text{J}/\text{cm}^2$ inhibent sa prolifération
<i>Perkinsus olseni</i> (2.4.6)	-tué par l'eau fraîche pendant 10 mn (température non précisée) ou avec 0,006mg/mL= 6ppm de chlore pendant 30 minutes s' il est isolé. Dans les tissus, il est résistant à ces traitements. -des UV à une dose supérieure à 60 000 $\mu\text{J}/\text{cm}^2$ le tue.
<i>Xenohaliotis californiensis</i> (2.4.7)	-inactivé par immersion dans de l'eau de Javel <10% -de l'eau de mer contenant plus de 10mg/L d'hypochlorite de calcium pendant une heure est désinfectante

### I-2.2 Bilan

La réglementation européenne et les recommandations de l' OIE sont donc très imprécises concernant le traitement de l'eau en entrée et sortie d'écloserie conchylicole. Elles imposent « uniquement » une obligation de résultats -non rejet de pathogènes en sortie d'écloserie- et non de moyens, et n' offrent pas de solutions concrètes pour la mise en œuvre de procédés permettant de traiter l'eau.

Cependant, le *Manuel Aquatique* (OIE) donne quelques pistes pour le traitement de l'eau en sortie : utilisation de l' ozone avec mise en place d'un filtre à charbon en sortie d'ozonneur pour éliminer les résidus toxiques, mise en place d'un traitement UV suite au traitement à l'ozone pour compléter la désinfection. L'hypochlorite de sodium administré à la concentration de 50mg/L serait également un bon désinfectant mais nécessite une neutralisation des résidus

efficace. Enfin, les dérivés iodés ne seraient pas aussi efficaces que les traitements précédemment cités pour tuer les protozoaires et donc à éviter. Les résidus halogénés issus de l'ozonation et de l'utilisation de dérivés chlorés et iodés doivent être neutralisés avec du thiosulfate de sodium ou de potassium. Cela nécessite 2,85 fois de thiosulfate de sodium (en grammes) que de chlore et 0,78 fois plus de thiosulfate de sodium que d'iode.

Pour certains agents pathogènes (Cf I-2.1), des exemples de procédés pouvant les éliminer ou les inactiver sont donnés.

### **I-3 Cas particulier de la quarantaine**

S'il est important de traiter l'eau entrant dans les écloseries, il faut aussi veiller à ce que les animaux nouvellement introduits ne disséminent pas d'agents pathogènes dans l'eau de l'écloserie, d'où l'intérêt de la quarantaine.

De plus, d'après le *Code sanitaire* de l' OIE (12) à l' article 11.2.8.4, «les conditions de quarantaine doivent créer un milieu propice à la multiplication des agents pathogènes et éventuellement à l'expression de signes cliniques », l'eau est donc potentiellement beaucoup plus contaminée en sortant de quarantaine.

#### **I-3.1 Nécessité ou non d'une quarantaine à l'introduction**

La nécessité de mettre en place une quarantaine ou non à l'arrivée des animaux varie en fonction du statut indemne/non indemne (cf articles 49 et 50 de la *Directive 2006/88/CE* (7) pour les définitions légales de Etats membres, zone ou compartiment indemnes de maladies) des zones de départ et d'arrivée des animaux.

Ainsi, un animal provenant d'une zone non indemne à destination d' une zone indemne doit subir une quarantaine.

#### **I-3.2 Animaux concernés par la quarantaine**

Lorsqu' une quarantaine est nécessaire, elle concerne les animaux susceptibles d'être infectés par *Bonamia exitiosa*, *Perkinsus marinus*, *Microcytos mackini*, *Marteilia refringens* et *Bonamia ostreae* (cf partie I-1) ou des espèces autres que celles visées dans l'annexe IV partie II de la *Directive 2006/88/CE* (7) c'est-à-dire les espèces animales potentiellement vectrices de ces agents pathogènes (cf annexe 1).

En pratique, il paraît judicieux d'imposer une quarantaine à tout animal entrant dans une éclosérie et d'étendre le programme de surveillance des agents pathogènes à l'ensemble de ceux décrits dans la partie I-1.3 dans la mesure où cela est techniquement et économiquement possible.

La durée de la quarantaine est fixée à 90 jours pour les mollusques concernés (Article 13 de la *Décision de la commission du 12 décembre 2008* (6)) et les espèces vectrices sont placées en quarantaine pendant au moins 30 jours (Article 16.1 de la *Décision de la commission du 12 décembre 2008* (6)).

ARTHUR, BONDAD-REANTASO & SUBASINGUE (3) publient pour la FAO le tableau suivant pour aider les éleveurs à décider si le temps légal de la quarantaine est suffisant ou non pour prévenir tout danger.

**Tableau 6 : Durée de quarantaine recommandée selon le risque possible, réalisé par la FAO**

		Risk category (score)	
		Lower	Higher
Age at transfer	Egg	+ (1)	
	Larvae or juveniles	+ (1)	
	Adult		+ (100)
Source	Farm or hatchery bred	+ (1)	
	Wild-caught		+ (100)
Geographical origin	Within native range	+ (1)	
	Outside native range		+ (100)
Country or regional disease status	Free of specified diseases	+ (1)	
	Status uncertain		+ (100)
	Specified diseases present		+ (100)
Major diseases in candidate species	None reported	+ (1)	
	Recognized host		+ (100)
Interpretation	Score	Quarantine strategy	
	<105	Minimum quarantine	
	200–400	Higher stringency	
	>400	Prolonged quarantine & testing of parent stock with transfer of progeny	

### I-3.3 Exigences réglementaires et recommandations concernant l'eau dans une installation de quarantaine

Extrait de textes provenant de la directive 2006/88/CE (7):

▪ Article 17 :

« Lorsque des données scientifiques ou l'expérience pratique indiquent que les espèces autres que celles qui sont visées à l'annexe IV, partie II, peuvent transmettre une maladie donnée en jouant le rôle d'espèces vectrices, les Etats membres veillent à ce que ces espèces vectrices, lorsqu'elles sont importées à des fins d'élevage ou de repeuplement dans un Etat membre, une zone ou un compartiment déclarés indemnes de cette maladie conformément aux articles 49 et 50 :

a) Proviennent d'un Etat membre, d'une zone ou d'un compartiment qui soient déclarés indemnes de la maladie en cause

Ou

b) **soient maintenues en quarantaine dans des installations dont les eaux sont indemnes de l'agent pathogène concerné pendant une période appropriée**, lorsque, sur la base de données scientifiques ou de l'expérience pratique, cela s'avère suffisant pour limiter le risque de transmission de la maladie à un niveau acceptable pour ce qui est d'empêcher la transmission de la maladie en cause».

Extraits de textes provenant de la Décision de la commission du 12 décembre 2008 (6):

▪ Alinéa (9) :

« les installations de quarantaine doivent être construites et gérées **de manière à prévenir la propagation des maladies entre leurs unités ainsi qu'entre elles et d'autres exploitations aquacoles** ».

▪ Article 12 :

«[...] **traitement de l'eau dans les unités de quarantaine concernées, lequel doit efficacement inactiver l'agent infectieux responsable de la ou les maladie(s) répertoriées** »

▪ Article 16.2 :

« **L'eau de l'unité de quarantaine est changée au moins une fois par jour** ».

▪ Annexe I partie A.2 :

«les unités de quarantaine doivent être **construites de manière à ce que tout échange d'eau entre elles soit impossible**. En outre, le système d'évacuation d'eau de chaque unité de quarantaine doit être conçu pour prévenir toute contamination croisée entre les unités de quarantaine ou avec d'autres unités de la même ferme aquacole ou du même parc à mollusques ».

- Annexe I, partie A.3 :

« L'approvisionnement en eau des unités de quarantaine doit être indemne de la ou des maladie(s) répertoriée(s) en cause ».

- Annexe I, partie A.4 :

« Les unités de quarantaine dont le système de vidange est situé dans un Etat membre, une zone, un compartiment ou un pays tiers ou une partie de celui-ci déclarés indemnes d'une ou de plusieurs maladie(s) répertoriée(s), ou soumis à un programme de surveillance ou d'éradication d'une telle maladie, disposent d'un système de traitement des effluents agréé par l'autorité compétente. Le système de traitement des effluents doit :

a) traiter tous les effluents et déchets générés par l'unité de quarantaine de manière à inactiver efficacement l'agent infectieux responsable de la ou des maladie(s) répertoriée(s) concernée(s).

b) être équipé de mécanismes de secours à sécurité intégrée garantissant un fonctionnement continu et un confinement total ».

- Annexe I, partie A.7 :

« Des barrières hygiéniques doivent être installées à toutes les entrées et sorties de l'installation de quarantaine et de ses unités ».

- Annexe I, partie B.10.b) :

« En plus des obligations d'archivage prévues à l'article 8 de la directive 2006/88/CE, il convient que l'installation de quarantaine consigne le traitement appliqué aux eaux entrantes et eaux usées selon le cas ».

Les recommandations de ARTHUR, BONDAD-REANTASO & SUBASINGUE (3) pour la FAO concernant l'eau entrant et sortant de quarantaine sont les suivantes (chapitre 6.4.1 et 6.4.2) :

« Seawater to be used in the facility should enter a storage tank where it should be treated with hypochlorite solution (30 ppm active ingredient for not less than 30 min) before inactivating with sodium thiosulphate (1 ppm for every 1 ppm of residual chlorine) and strong aeration. Water quality requirements in the quarantine system are a temperature of 27-29°C, salinity of 29-34 ppt and a pH of 7,8-8,5 maintained by 200-300 percent of water (filtered to < 20 µm<sup>o</sup> exchange daily (preferably on a flow-through rather than rapid-change basis), permitting adequate feeding of the broodstock while maintaining optimal and stable water quality.

Wastewater from the quarantine facility should be released into a special concrete or lined sedimentation tank. From the sedimentation tank, it should overflow into a treatment tank where it should be chlorinated (>20 ppm active chlorine for >60 min or 50 ppm for >30 min) and then dechlorinated through aeration or neutralization using sodium thiosulphate to achieve a residual chlorine concentration <5ppm prior to discharge ».

En définitive, tout animal en provenance d'une zone non indemne à destination d'une zone indemne et qui est concerné par la liste des espèces visées dans la réglementation doit être placé en quarantaine pendant 90 jours.

L'eau de quarantaine entrante doit être indemne de tout agent pathogène et donc avoir été traitée en entrée et elle doit avoir été traitée en sortie pour ne pas essaimer d'agents pathogènes dans le reste de l'écloserie et lors de son rejet à l'extérieur. Ici encore, il y a uniquement obligation de résultats et non de moyens ; la FAO préconise un traitement de l'eau à l'hypochlorite de sodium à 30ppm pendant 30 mn avant d'inactiver au thiosulfate de sodium. En sortie elle conseille la mise en place d'un filtre suivi d'un traitement au chlore à raison de 20 ppm pendant plus de 60 minutes ou 50 ppm pendant au moins 30 minutes, suivi d'une neutralisation au thiosulfate pour obtenir une eau comprenant moins de 5ppm de résidus de chlore.

*N.B : le site [www.fao.org/fishery/legalframework/nalo\\_france/fr](http://www.fao.org/fishery/legalframework/nalo_france/fr) tient à jour une vue générale de la législation nationale sur l'aquaculture et il pourra être utile de s'y référer pour suivre les évolutions législatives concernant les exploitations et fermes conchyliques.*

## II- Des solutions pour respecter cette réglementation : les méthodes de traitement de l'eau utilisables en écloserie conchylicole

### II-1 Procédés préliminaires à la désinfection de l'eau : décantation et filtration

#### II-1.1 Décantation

Il s'agit d'un procédé physique de séparation des particules sous l'effet de la gravitation. Cela nécessite une réserve d'eau ou un bassin adapté (profondeur, volume, surface et matériaux). Quelques préconisations pour la construction du bassin sont disponibles en annexe 2.

Tableau 7 : Avantages et inconvénients de la décantation

	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
Humains/Techniques	-pas de qualification nécessaire, simplicité de mise en œuvre	-nécessite une grande surface
Economiques	-coût de fonctionnement minime	-investissement élevé
Biologiques		-efficacité limitée -dépôt d'un biofilm sur les bords du bassin

#### II-1.2 Système de filtration

D'après LE BRETON.A, SOURD.P (11), la variété des systèmes de filtration existant permet d'obtenir tous les niveaux de filtration de 2000  $\mu\text{m}$  à 0,01  $\mu\text{m}$  mais en pratique les filtres ayant une capacité de filtration de moins d'1  $\mu\text{m}$  sont rarement utilisés.

Le principal intérêt des filtres en exploitation conchylicole est la capture des larves de mollusques compétiteurs ou de crustacés prédateurs en amont du système de désinfection de l'eau. La filtration en amont permet de diminuer fortement la présence de larves, œufs et plantules qui peuvent coloniser les tuyauteries et bacs d'élevage.

***Tableau 8 : Avantages et inconvénients de la filtration***

	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
Humains/Techniques	-nécessite peu de place -procédé simple	-nécessite un entretien régulier
Economiques		-coûts de fonctionnement variables en fonction du filtre choisi
Biologiques	- peut filtrer des organismes	-dépôt d'un biofilm sur le filtre, encrassement

### **II-1.3 Le filtre à charbon**

Ce filtre est utilisable pour de faibles débits. Le charbon actif est un carbone qui a une légère charge électrique positive le rendant attirant aux produits chimiques et aux impuretés. Pendant que l'eau traverse le charbon actif, les ions négatifs des contaminants sont attirés sur la surface des granules de carbone. Les composés organiques sont enlevés par adsorption et les désinfectants résiduels tels que le chlore, les chloramines et les bromamines sont enlevés par réduction catalytique. Les filtres au charbon actif réduiraient également la turbidité de l'eau.

Les deux facteurs affectant l'efficacité de la filtration au charbon actif sont la quantité de charbon dans la cartouche et le temps de contact entre le charbon et le contaminant. Ces filtres filtrent en général des particules de 50 à 0,5 microns par un procédé chimique.

## **II-2 L'ozoneur**

Cette partie a été réalisée à l'aide des écrits de FAUVEL, LEGERON & PONS (9), JOLY J.P (10) et LE BRETON & SOURD (11).

### **II-2.1 Principe de l'ozoneur**

L'ozonation est un traitement chimique par oxydation de la matière organique. Dans les conditions usuelles d'utilisation, l'ozone est à l'état gazeux et soluble dans l'eau. C'est un oxydant puissant et donc chimiquement instable dans les mélanges gazeux et liquide, il se dissocie donc facilement en oxygène. En solution aqueuse, la dissolution de l'ozone dans l'eau est fonction de la température et de la pression tandis que sa vitesse d'autodestruction de l'ozone dépend du pH, de la nature et de la concentration des sels dissous.

L'ozone doit être produit sur le lieu de consommation du fait de son instabilité. Il est produit par décharges électriques dans une atmosphère d'oxygène, qui peut être fourni par des bouteilles d'oxygène ou directement extrait de l'air ambiant grâce à un concentrateur d'oxygène.

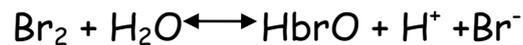
En pratique, l'oxygène est comprimé, séché puis passe entre deux électrodes où il est soumis à une effluve électrique dans un champ de courant alternatif à haute pression.

Le besoin en ozone peut varier de 0,5 à 20 g par m<sup>3</sup> d'eau à traiter, en fonction de la cible à traiter et de sa concentration.

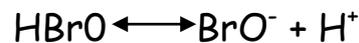
- 1) Dans l'eau de mer, l'ozone formé réagit avec le brome de l'eau pour donner la réaction suivante :



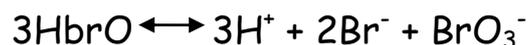
- 2) Le brome s'hydrolyse alors dans l'eau pour donner de l'acide hypobromeux



- 3) L'acide hypobromeux se dissocie à son tour



- 4) Il peut également y avoir formation de bromates



L'acide hypobromeux réagit avec la matière organique et la dégrade ainsi ; on obtient des bromamines comme résidus de cette réaction. La disparition des bromamines est rapide dans l'eau de mer car immédiatement consommées. Pour se prémunir des dangers de l'ozone vis à vis de la santé humaine, il est envisageable de mettre en place un système de sécurité avec détection de l'ozone ambiant et coupure automatique du système au-delà d'un certain seuil couplée à la mise en marche d'une alarme.

Pour avoir une action bactéricide, il faut en moyenne 0,1 à 0,2 mg/L d'ozone et 1 à 2 mn de contact avec l'agent pathogène alors qu'il faut 0,3 à 0,5 mg/L d'ozone et 4 mn de contact avec un virus pour obtenir une action virucide

et ce dans des conditions « standard » de température, pression, turbidité... Ces données sont à moduler en fonction des caractéristiques du virus ou de la bactérie que l'on souhaite éliminer.

## II-2.2 Avantages et inconvénients de l'ozoneur

***Tableau 9 : Avantages et inconvénients de l'ozonation***

	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
Humains/Techniques	-utilisation possible en continu	-Toxicité pour le manipulateur : maux de tête, sécheresse de la gorge, du nez et des yeux, bronchite, augmentation des infections bactériennes, augmentation de la sensibilité allergique -matériel associé peu adapté à l'eau de mer -méconnaissance partielle des modalités de traitement de l'eau de mer par l'ozone -problèmes de mesures du potentiel redox (sonde déficientes ?) et de régulation du fonctionnement de l'ozoneur -nécessite un personnel qualifié
Economiques	-peu coûteux en fonctionnement si le système ne fonctionne pas à partir de bouteilles d'oxygène	-fort investissement -consommation électrique importante
Biologiques	-agent oxydant puissant (jusqu'à 3,125 fois plus	-produits résiduels potentiellement toxiques

	<p>puissant que le Chlore sur E.Coli)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-effet instantané</li> <li>-désinfectant efficace des bactéries et virus</li> <li>-élimination facile des produits résiduels sans produits chimiques dans l'eau de mer</li> <li>-destruction des nitrites et sulfites</li> <li>-dégradation des pesticides</li> <li>-réduction de la couleur (par réduction de la quantité d'algues) et de l'odeur</li> <li>-bonne oxygénation de l'eau</li> <li>-action flocculante</li> </ul>	(Br) pour les poissons
--	--	------------------------

### II-2.3 Bilan

L'ozonation présente des contraintes techniques mais est actuellement une méthode considérée comme l'une des plus efficaces, même si l'ozonation de l'eau de mer est encore mal maîtrisée. Il serait intéressant de tester l'impact des facteurs tels que la température, la pression, la turbidité... sur l'efficacité de la méthode de désinfection de l'eau à l'ozone.

## II-3 Utilisation des Ultra Violets

Partie réalisée à l'aide des écrits de CAILLERES J.P (5), DIVE & HUMPHRIES (8), JOLY J.P (10) et LE BRETON & SOURD (11).

### II-3.1 Principe de la stérilisation par les UV

Les UV-C (200 <math>\lambda</math> 280 nm) présentent un effet germicide aux alentours de 260 nm. Cet effet germicide résulte d'une action des UV sur l'ADN. Les acides nucléiques sont la cible des radiations UV qui bloquent la division cellulaire

causant la mort des cellules ou induisent des lésions dans l'ADN. Les herpesvirus seraient particulièrement sensibles aux UV et les formes végétatives de bactéries sont plus sensibles aux UV que les formes sporulées.

Certains facteurs influencent la propagation du rayonnement, ce sont principalement :

- les ions Fe<sup>++</sup>, Mn
- la présence d'acides humiques, de composés phénolés, de matières organiques dissoutes
- la turbidité
- la température

De plus, une eau bien oxygénée (meilleure perméabilité aux UV) qui a été au préalable décantée potentialise l'efficacité du traitement par les UV.

Il est possible d'effectuer un contrôle du bon fonctionnement du système de traitement par les UV. Celui-ci est effectué grâce à une cellule photo électrique située sur le corps de l'appareil et reliée à un micro-ampèremètre situé sur l'armoire électrique. En cas de variation de la qualité de l'eau, de générateurs ne produisant plus assez d'UV ou de gaines de quartz encrassées, une alarme se met en route.

### II-3.2 Avantages, inconvénients de l'utilisation des UV

**Tableau 10 : Avantages et inconvénients de l'utilisation des UV**

	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
Humains/Techniques	<ul style="list-style-type: none"> <li>-facilité de maintenance</li> <li>-faible encombrement : moins d'1m<sup>2</sup> au sol pour désinfecter 60m<sup>3</sup>/h pour un système UV basse pression</li> <li>-traitement rapide</li> <li>-possibilité de contrôler son bon fonctionnement technique</li> <li>-innocuité pour le personnel exploitant</li> <li>-procédé simple qui ne nécessite pas une formation particulière</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-inactivation et non désinfection*</li> <li>-méthode de traitement devant être précédée de filtres à sables ou bacs de décantation pour réduire la turbidité de l'eau</li> </ul>

Economiques	-faible investissement -faibles coûts de fonctionnement -méthode la plus utilisée	-fragilité et durée de vie limitée des lampes (de 3500 à 10 000 heures)
Biologiques	-absence de la modification de la composition physico-chimique de l'eau -traitement rapide -bonne action virucide (à moduler cependant en fonction de certains facteurs telle la turbidité de l'eau) -absence de risque de surdosage -innocuité pour l'environnement (absence de résidus)	Impact de la turbidité, température, concentration en ions sur l'efficacité de la méthode ?

\*L' inactivation consiste à bloquer le pouvoir pathogène d'un organisme mais pas l' organisme lui-même alors que la désinfection élimine l' organisme pathogène en le tuant.

### II-2.3.3 Bilan

Il est nécessaire de réaliser des expériences permettant d'évaluer qualitativement et quantitativement l'impact des différents facteurs influant sur l'efficacité de la méthode d'inactivation des organismes pathogènes en eau de mer par les UV.

Dans l'idéal et dans le cadre du projet *Bivalife*, il convient de tester l'efficacité des UV sur *OshV* et *Vibrio spp* en fonction des conditions du milieu (turbidité, température...). La mesure de la flore totale restante après traitement pourrait être envisagée comme indicateur de base de l'efficacité de la méthode.

### II-3.4 Le système Atlantium HOD

Le système Atlantium HOD est un système de désinfection de l'eau par les UV différent des techniques classiques et qui serait plus efficace que celles-ci.

*ATTENTION!* toutes les informations concernant le système Atlantium HOD (cf. *DIVE & HUMPHRIES (8)*) sont issues du constructeur de ce même système et sont donc par conséquent éventuellement biaisées.

Atlantium HOD utilise le principe de la fibre optique pour assurer la saturation complète de l' eau en UV. Les UV sont émis de l'extérieur de la chambre de traitement avec des lampes extérieures à l'écoulement de l'eau. Le tube en quartz du réacteur irradie l'eau passant dans le tube avec un faisceau homogène de rayons UV et le mur de quartz de la chambre du réacteur réfléchit la lumière UV afin qu'il atteigne chaque goutte d'eau de manière efficace.

**Tableau 11 : Comparatif des systèmes de traitement aux UV classiques et du système Atlantium HOD**

	<b>Système UV « classique »</b>	<b>Atlantium HOD</b>
Chauffage de l'eau	Chauffage de l'eau : favorise le développement des algues et bactéries et le coût d'entretien est plus élevé de ce fait mais le problème ne se pose pas avec des lampes basse pression.	En prenant la source d'UV en dehors du flux d'eau et en le projetant dans la chambre de quartz, on élimine la chaleur locale (au contraire de autres méthodes UV) ce qui prévient les dépôts et la chaleur locale.
Appareil à ultrasons		Appareil à ultrasons en option possible : élimination des dépôts ferriques et calciques
Dose UV	40 mJ/cm <sup>2</sup>	900 mJ/cm <sup>2</sup>
Source des UV	Dans l'eau	Hors de l'eau, permet une maintenance facilitée.
Diminution des populations bactériennes	4 log maximum	8 log de réduction

## **II-4 Utilisation du chlore**

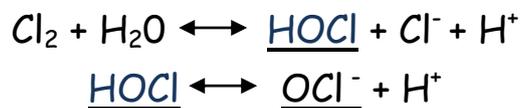
Partie réalisée à l'aide des écrits de ABARNOU A (1), JOLY J.P (10) et LE BRETON & SOURD (11).

## II-4.1 Principe de la désinfection par le chlore

La désinfection par le chlore permet d'éliminer les micro-organismes des eaux traitées. Cette activité biocide doit cependant se restreindre aux seuls organismes concernés et ne pas entraîner la présence dans les eaux d'oxydants résiduels ou de composés rémanents qui seraient nocifs pour la faune et la flore présentes dans la zone de rejet.

L'intérêt du chlore dans le traitement de l'eau est dû à son pouvoir oxydant ; en effet, le chlore en solution aqueuse atteint un équilibre où il existe sous deux formes oxydantes dotées d'un pouvoir biocide.

Equilibre chimique HOCl/OCl<sup>-</sup> :



HOCl : acide hypochloreux, forme de chlore présente dans l'eau

OCl<sup>-</sup> (ion hypochlorite) et HOCl : formes oxydantes dotées d'un pouvoir biocide = **chlore actif libre**.

Dans l'eau de mer qui contient 65mg/L de bromures pour une salinité de 35‰, le HOCl réagit avec le Br selon la réaction suivante :



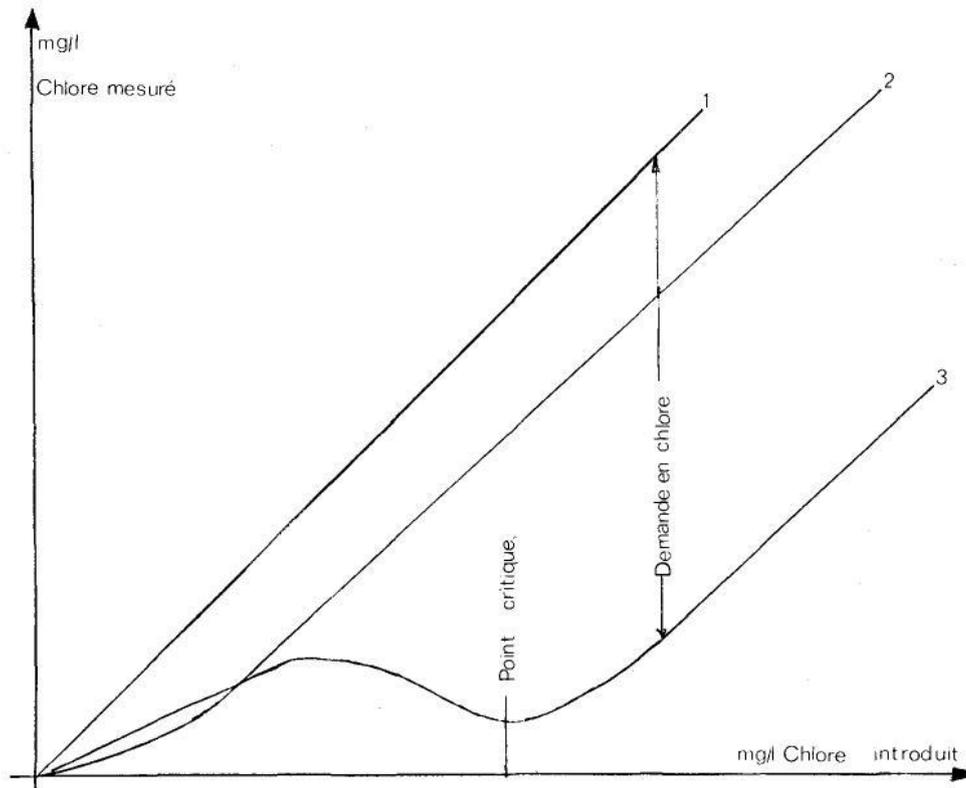
HOBr : acide hypobromeux

En présence d'azote ammoniacal, le chlore forme des chloramines. D'après (9), « le degré de substitution des chloramines dépend du pH, de la concentration en chlore et du rapport molaire Cl/[NH<sub>4</sub><sup>+</sup>] du chlore introduit à l'azote ammoniacal présent initialement ».

Le chlore libre actif oxyde également la matière organique dissoute et donne des produits d'addition ou de substitution.

On peut caractériser l'ensemble des réactions se déroulant lors de la chloration par la courbe de chloration ou du « break point ». Cette figure présente les concentrations en chlore résiduel en fonction de la concentration en chlore initialement introduite.

**Figure 1 : Courbe de break point, d'après ABARNOU.A (1)**



*Courbe 1 : eau pure à besoin en chlore nul*

*Courbe 2 : eau ayant des matières oxydables, ce qui décale la courbe vers la droite*

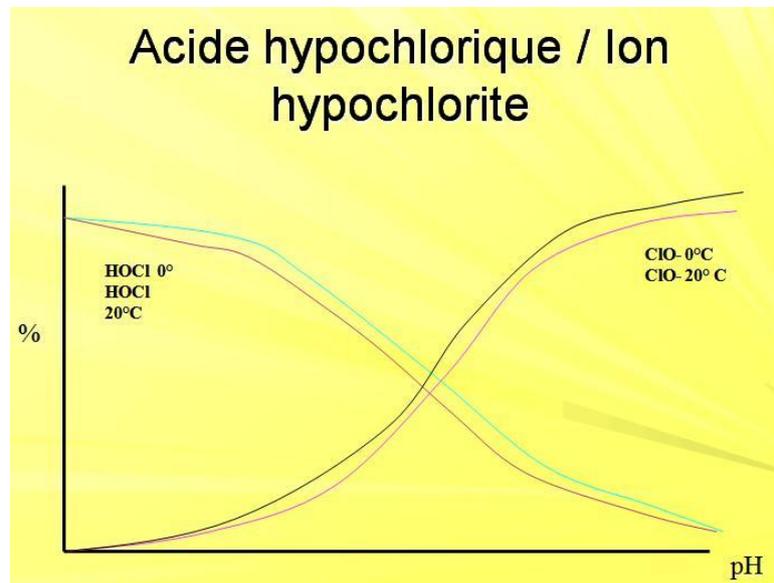
*Courbe 3 : en présence d'ammonium, il y a formation d'espèces combinées oxydantes qui se décomposent pour un taux de chlore (point critique) au-delà duquel on retrouve du chlore libre.*

Les paramètres influant sur la méthode de désinfection par le chlore sont:

- le pH
- la turbidité
- la température

Ainsi, la figure suivante illustre l'influence du pH et de la température sur la formation et la destruction de HOCl et ClO<sup>-</sup>.

**Figure 2 : Effet du pH et de la température de l'eau sur la formation d'acide hypochloreux (ou hypochlorique) et d'ion hypochlorite, d'après LE BRETON & SOURD (11)**



#### II-4.2 Avantages et inconvénients de la méthode de désinfection par le chlore

**Tableau 12 : Avantages et inconvénients de la méthode de désinfection par le chlore**

	Avantages	Inconvénients
Humains/Techniques	- longue expérience d'utilisation de cette méthode - facile à manipuler et à doser	- zone de pH optimal d'activité réduite - pas d'utilisation en continu - à manier avec précaution car irritants
Economiques	- peu coûteux	
Biologiques	- action rapide - bon désinfectant	- formation de sous produits (chlorophénols, composés organo-halogéniques) relativement stable donc nécessité de neutraliser les rejets

## II-4.3 Utilisation du chlore sous d'autres formes ou procédés

Le chlore est utilisable sous d'autres formes ou procédés :

- Chloramines
- Hypochlorite de sodium ou calcium
- Electrochloration
- Gaz chlorique
- Dioxyde de chlore

- Les chloramines

Elles sont formées à partir de la réaction entre un acide hypochlorique et un composé azoté ; ce sont donc des sous produits de la réaction de chloration mais ils conservent néanmoins un potentiel oxydant exploitable pour la désinfection.

- Hypochlorites de sodium et de calcium

On utilise une solution industrielle de chlore à 48° chlorométrique et qui contient 150g de chlore par litre de solution. La dose de traitement est de 0,5 g/m<sup>3</sup> à 1g/m<sup>3</sup>. Ce sont des solutions peu chères qui ont un spectre large et sont faciles d'usage. Comme tous les dérivés chlorés, ils sont neutralisés au thiosulfate de sodium et les résidus peuvent être toxiques.

Cependant, ces solutions sont peu efficaces à un pH inférieur à 8,5 ce qui rend leur utilisation difficile pour le traitement de l'eau.

- Electrochloration

On fabrique in situ de l'hypochlorite de sodium par électrolyse de solution de chlorure de sodium :



- Dioxyde de chlore

Tableau 13 : Comparatif dioxyde de chlore et chlore 0,08 mg de ClO<sub>2</sub> vs 0,25 mg/L de Cl<sub>2</sub>, d'après LE BRETON & SOURD (11)

	Dioxyde de chlore	Chlore
Acides humiques	Oxydation des acides humiques	Formation d'organochlorés
Phénols	Oxydation des phénols	Formation de chlorphénols

Amines	Pas de surconsommation de produit	Formation de chloramines Surconsommation de produit
pH	Optimum entre 6 et 10	Optimum entre 6,8 et 7,2 ; si pH>7,4, baisse de la partie active
Désinfection	Désorganisation de la membrane cellulaire	Pénétration, action sur les enzymes ayant fonction dans la respiration
Temps de contact	4 mn	20 mn

## II-5 Méthodes alternatives envisageables

D'après ARTHUR, BONDAD-REANTASO & SUBASINGUE (3) et LE BRETON & SOURD (11).

- Agents peroxydants :  $H_2O_2$ , acide peracétique

L'acide peracétique est un mélange d'acide acétique et de peroxyde d'hydrogène dans une solution aqueuse. Lorsqu'il est dissous dans l'eau, cela désintègre le peroxyde d'hydrogène et l'acide acétique, qui sont finalement dissociés en eau, en oxygène et en dioxyde de carbone.

Les produits issus de la dégradation de l'acide peracétique sont non toxiques et peuvent facilement être dissous dans l'eau.

Les agents peroxydants agissent en oxydant la membrane des organismes cibles, ce sont des produits très efficaces en théorie, cependant des tests ont été effectués sur des algues sont peu concluants.

De plus, leur efficacité est tributaire du pH et de la température, le pH optimum étant de 7. Pour exemple, à 15°C et pH=7, il faut 5 fois plus d'acide peracétique que à 35°C et à pH=7.

Ce sont donc pas des molécules de premier choix.

- Iodophores

***Tableau 14 : Avantages et inconvénients des iodophores***

	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
Economiques		-coûteux
Biologiques	-efficace vis-à-vis des bactéries, champignons et virus	-réagit trois fois moins vite que les hypochlorites avec les protéines -toxique pour les poissons -optimum d'utilisation pour un pH compris entre 2 et 5 ce qui rend son utilisation impossible pour traiter l'eau

Les conditions d'utilisation des iodophores sont incompatibles avec le traitement de l'eau : cette méthode est à rejeter.

- Autres méthodes peu adaptées

D'autres méthodes ou molécules telles que la dessiccation, la chaleur, les ammoniums quaternaires, les aldéhydes, les agents alcalinisants et les biguanides existent pour la désinfection des sols ou des matériaux mais ne sont pas applicables au milieu marin soit par leur infaisabilité technique (il est impensable de chauffer des bassins de plusieurs m<sup>3</sup> d'eau à 85°) ou leur incompatibilité technologique (pH non compatible, dégagement de fumées toxiques et cancérigènes, etc...).

## II-6 Bilan et perspectives

Le tableau suivant, réalisé à partir de ceux de la partie 1 de l'AQUAVETPLAN résume les spectres d'action des méthodes envisageables pour le traitement de l'eau :

**Tableau 15 : Spectres d'action des méthodes de traitement de l'eau**

Agent désinfectant	Virus	Champignon	Spores de protozoaire	Bactérie Gram-	Bactérie Gram +	Mycobactérie	Rickettsie	Spores de bactérie
Acide peracétique	++	++	+	++	++	++	++	++
Chlore	++	++	+/-	++	++	++	++	+
Dyoxide de chlore	++	++	+	++	++	++	++	+
Iodophores	+	++	+/- *	++	++	++	++	+
Ozone	++	+	+/-	++	++	++	++	+
Ultraviolet	+	+	?	++	++	+	++	?

### Méthodes de désinfection à retenir

\* : de hautes concentrations sont requises pour que la méthode de désinfection soit efficace

++: efficace à très efficace

+: efficace

+/- : efficacité fonction de l'espèce cible

-: pas efficace

Il convient de ne pas oublier qu' une écloserie est soumise aux conditions naturelles du milieu environnant et de connaître les agents pathogènes susceptibles d' être présents dans les eaux entrant dans l' écloserie et qui sont concernés par la réglementation. Il faut également connaître le statut sanitaire des animaux entrants pour ne pas introduire de maladies et surtout traiter les eaux en sortie contre les agents pathogènes visés par la réglementation afin de ne pas les disséminer dans l' environnement. Le risque en sortie d' écloserie réside aussi dans le rejet de gamètes ou de larves tétraploïdes dans l' environnement. C' est la connaissance des dangers auxquels l' écloserie est exposée et du danger potentiel qu' elle représente qui permettra de décider des méthodes de traitement de l' eau à mettre en place.

Même si certaines méthodes de désinfection de l' eau de mer sont plus usitées que d' autres, tels que les traitements par l' ozone, le chlore et les ultraviolets, leurs conditions d' utilisation et leur efficacité sont encore l' objet de nombreuses interrogations. En effet, si ces méthodes ont été largement étudiées et ont fait leurs preuves en eau douce, il y a de nombreux paramètres comme par exemple la turbidité ou la salinité de l' eau de mer qui peuvent influencer sur l' efficacité de ces méthodes en eau de mer. De plus, les résidus des traitements constituent également une limite à ces méthodes et sont à prendre en compte au même titre que les efficacités des traitements.

Il conviendrait de tester l' influence de ces paramètres sur l' efficacité de chaque méthode. On peut envisager l' évaluation de la flore totale persistant après traitement comme indicateur de référence ou tester plus précisément l' impact d' un paramètre sur l' élimination d' un agent pathogène donné après traitement.

## ANNEXES

### Annexe 1 : Liste des espèces vectrices éventuelles et des conditions dans lesquelles ces espèces sont considérées comme vectrices.

Maladies <sup>i</sup>	Vecteurs <sup>ii</sup>		
	Espèces considérées comme vectrices lorsque les colonnes 3 et 4 sont remplies	Conditions supplémentaires liées au lieu d'origine des animaux	Conditions supplémentaires liées au lieu de destination des animaux
<b>Syndrome ulcératif épizootique</b>	<p>Carpe à grosse tête <i>Aristichthys nobilis</i>, poisson rouge <i>Carassius auratus</i>, carassin <i>Carassius carassius</i>, carpe commune et carpe koi <i>Cyprinus carpio</i>, carpe argentée <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>, chevesnes <i>Leuciscus spp.</i>, gardon <i>Rutilus rutilus</i>, rotengle <i>Scardinius erythrophthalmus</i> et tanche <i>Tinca tinca</i>.</p> <p>Moule d'étang <i>Andonta cygnea</i>, écrevisse commune <i>Astacus astacus</i>, écrevisse signal <i>Pacifastacus leniusculus</i>, écrevisse de la Louisiane <i>Procambarus clarkii</i>.</p>	Aucune	Aucune
<b>Infection à Bonamia exitiosa</b>	Huître portugaise <i>Crassostrea angulata</i> , huître creuse du Pacifique <i>Crassostrea gigas</i> , huître creuse américaine <i>Crassostrea virginica</i> .	Les animaux ne sont considérés comme des vecteurs de la maladie que lorsqu'ils proviennent d'une ferme aquacole ou d'un parc à mollusques dans lesquels des espèces sensibles à ladite maladie sont présentes.	Les animaux ne sont considérés comme des vecteurs de la maladie que lorsqu'ils sont destinés à une ferme aquacole ou à un parc à mollusques détenant des espèces sensibles à ladite maladie.

<b>Infection à Perkinsus marinus</b>	Homard européen <i>Homarus gammarus</i> , brachyours <i>Brachyura spp.</i> , écrevisse de Murray <i>Cherax destructor</i> , bouquet géant <i>Macrobrachium rosenbergii</i> , langoustes <i>Palinurus spp.</i> , étrille commune <i>Portunus puber</i> , crabe de palétuviers <i>Scylla serrata</i> , crevette blanche des indes <i>Penaeus indicus</i> , crevette kuruma <i>Panaeus japonicus</i> , crevette caramote <i>Penaeus kerathurus</i> , crevette bleue <i>Panaeus stylirostris</i> , crevette à pattes blanches <i>Panaeus vannamei</i> .	Les animaux ne sont considérés comme des vecteurs de la maladie que lorsqu'ils proviennent d'une ferme aquacole ou d'un parc à mollusques dans lesquels des espèces sensibles à ladite maladie sont présentes.	Les animaux ne sont considérés comme des vecteurs de la maladie mentionnée que lorsqu'ils sont destinés à une ferme aquacole ou à un parc à mollusques détenant des espèces sensibles à ladite maladie.
<b>Infection à Microcytos mackini</b>	Néant	Sans objet	Sans objet
<b>Syndrome de Taura</b>	Jambonneaux de mer <i>Atrina spp.</i> , buccin <i>Buccinum undatum</i> , huître portugaise <i>Crassostrea angulata</i> , coque commune <i>Cerastoderma edule</i> , huître creuse du Pacifique <i>Crassostrea gigas</i> , huître creuse américaine <i>Crassostrea virginica</i> , flion tronqué <i>Donax trunculus</i> , ormeau nordique <i>Haliotis discus hannai</i> , ormeau tuberculeux <i>Haliotis tuberculata</i> , bigorneaux <i>Littorina littorea</i> , clam commun <i>Mercenaria mercenaria</i> , cythérée du Japon <i>Meretrix lusoria</i> , mye des sables <i>Mya arenaria</i> , moule commune <i>Mytilus edulis</i> , moule méditerranéenne <i>Mytilus galloprovincialis</i> , pieuvre <i>Octopus vulgaris</i> , huître plate européenne <i>Ostrea edulis</i> , coquille Saint-Jacques <i>Pecten maximus</i> , palourde croisée d'Europe <i>Ruditapes decussatus</i> ,	Les animaux ne sont considérés comme des vecteurs de la maladie que lorsqu'ils proviennent d'une ferme aquacole ou d'un parc à mollusques dans lesquels des espèces sensibles à ladite maladie sont présentes.	Les animaux ne sont considérés comme des vecteurs de la maladie mentionnée que lorsqu'ils sont destinés à une ferme aquacole ou à un parc à mollusques détenant des espèces sensibles à ladite maladie.

	<p>palourde japonaise <i>Ruditapes philippinarum</i>, seiche commune <i>Sepia officinalis</i>, strombes <i>Strombus spp</i>, palourde jaune <i>Venerupis aurea</i>, clovisse <i>Venerupis pullastra</i>, praire commune <i>Venus verrucosa</i>.</p> <p>Homard européen <i>Homarus gammarus</i>, brachyourses <i>Brachyura spp</i>, écrevisse de Murray <i>Cherax destructor</i>, bouquet géant <i>Macrobrachium rosenbergii</i>, langoustes <i>Palinurus spp</i>, étrille commune <i>Portunus puber</i>, crabe de palétuviers <i>Scylla serrata</i>, crevette blanche des indes <i>Penaeus indicus</i>, crevette kuruma <i>Panaeus japonicus</i>, crevette caramote <i>Penaeus kerathurus</i>.</p>		
<b>Maladie de la tête jaune</b>	<p>Jambonneaux de mer <i>Atrina spp</i>, buccin <i>Buccinum undatum</i>, huître portugaise <i>Crassostrea angulata</i>, coque commune <i>Cerastoderma edule</i>, huître creuse du Pacifique <i>Crassostrea gigas</i>, huître creuse américaine <i>Crassostrea virginica</i>, flion tronqué <i>Donax trunculus</i>, ormeau nordique <i>Haliotis discus hannai</i>, ormeau tuberculeux <i>Haliotis tuberculata</i>, bigorneaux <i>Littorina littorea</i>, clam commun <i>Mercenaria mercenaria</i>, cythérée du Japon <i>Meretrix lusoria</i>, mye des sables <i>Mya arenaria</i>, moule commune <i>Mytilus edulis</i>, moule méditerranéenne <i>Mytilus galloprovincialis</i>, pieuvre <i>Octopus vulgaris</i>, huître plate européenne <i>Ostrea edulis</i>, coquille Saint-Jacques <i>Pecten maximus</i>, palourde croisée d'Europe <i>Ruditapes decussatus</i>, palourde japonaise <i>Ruditapes philippinarum</i>, seiche commune <i>Sepia officinalis</i>, strombes <i>Strombus spp</i>, palourde jaune</p>	<p>Les animaux ne sont considérés comme des vecteurs de la maladie que lorsqu'ils proviennent d'une ferme aquacole ou d'un parc à mollusques dans lesquels des espèces sensibles à ladite maladie sont présentes.</p>	<p>Aucune condition supplémentaire liée au lieu de destination ne s'applique.</p>

	<i>Venerupis aurea</i> , clovisse <i>Venerupis pullastra</i> , praire commune <i>Venus verrucosa</i> .		
<b>Infection à Martellia refringens</b>	Coque commune <i>Cerastoderma edule</i> , flion tronqué <i>Donax trunculus</i> , mye des sables <i>Mya arenaria</i> , clam commun <i>Mercenaria mercenaria</i> , cythérée du Japon <i>Meretrix lusoria</i> , palourde croisée d' Europe <i>Ruditapes decussatus</i> , palourde japonaise <i>Ruditapes philippinarum</i> , palourde jaune <i>Venerupis aurea</i> , clovisse <i>Venerupis pullastra</i> , praire commune <i>Venus verrucosa</i> .	Les animaux ne sont considérés comme des vecteurs de la maladie que lorsqu'ils proviennent d' une ferme aquacole ou d'un parc à mollusques dans lesquels des espèces sensibles à ladite maladie sont présentes.	Les animaux ne sont considérés comme des vecteurs de la maladie mentionnée que lorsqu'ils sont destinés à une ferme aquacole ou à un parc à mollusques détenant des espèces sensibles à ladite maladie.
<b>Infection à Bonamia ostrea</b>	Coque commune <i>Cerastoderma edule</i> , flion tronqué <i>Donax trunculus</i> , mye des sables <i>Mya arenaria</i> , clam commun <i>Mercenaria mercenaria</i> , cythérée du Japon <i>Meretrix lusoria</i> , palourde croisée d' Europe <i>Ruditapes decussatus</i> , palourde japonaise <i>Ruditapes philippinarum</i> , palourde jaune <i>Venerupis aurea</i> , clovisse <i>Venerupis pullastra</i> , praire commune <i>Venus verrucosa</i> , coquille Saint-Jacques <i>Pecten maximus</i> .	Les animaux ne sont considérés comme des vecteurs de la maladie que lorsqu'ils proviennent d' une ferme aquacole ou d'un parc à mollusques dans lesquels des espèces sensibles à ladite maladie sont présentes.	Les animaux ne sont considérés comme des vecteurs de la maladie mentionnée que lorsqu'ils sont destinés à une ferme aquacole ou à un parc à mollusques détenant des espèces sensibles à ladite maladie.
<b>Maladie des points blancs</b>	Jambonneaux de mer <i>Atrina spp</i> , buccin <i>Buccinum undatum</i> , huître portugaise <i>Crassostrea angulata</i> , coque commune	Les animaux ne sont considérés comme des	Les animaux ne sont considérés comme des

	<p><i>Cerastoderma edule</i>, huître creuse du Pacifique <i>Crassostrea gigas</i>, huître creuse américaine <i>Crassostrea virginica</i>, flion tronqué <i>Donax trunculus</i>, ormeau nordique <i>Haliotis discus hannai</i>, ormeau tuberculeux <i>Haliotis tuberculata</i>, bigorneaux <i>Littorina littorea</i>, clam commun <i>Mercenaria mercenaria</i>, cythérée du Japon <i>Meretrix lusoria</i>, mye des sables <i>Mya arenaria</i>, moule commune <i>Mytilus edulis</i>, moule méditerranéenne <i>Mytilus galloprovincialis</i>, pieuvre <i>Octopus vulgaris</i>, huître plate européenne <i>Ostrea edulis</i>, coquille Saint-Jacques <i>Pecten maximus</i>, palourde croisée d'Europe <i>Ruditapes decussatus</i>, palourde japonaise <i>Ruditapes philippinarum</i>, seiche commune <i>Sepia officinalis</i>, strombes <i>Strombus spp.</i>, palourde jaune <i>Venerupis aurea</i>, clovisse <i>Venerupis pullastra</i>, praire commune <i>Venus verrucosa</i>.</p>	<p>vecteurs de la maladie que lorsqu'ils proviennent d'une ferme aquacole ou d'un parc à mollusques dans lesquels des espèces sensibles à ladite maladie sont présentes.</p>	<p>vecteurs de la maladie mentionnée que lorsqu'ils sont destinés à une ferme aquacole ou à un parc à mollusques détenant des espèces sensibles à ladite maladie.</p>
--	--	--	---

<sup>i</sup> Sont surlignées les maladies des mollusques. Les autres maladies ne sont pas des maladies des mollusques mais le mollusque peut être vecteur de cette maladie.

<sup>ii</sup> Sont surlignés les vecteurs de l'embranchement des mollusques

## Annexe 2 : Préconisations pour la construction d'un bassin de décantation.

Préconisations issues du site internet :

[www.interaide.org/pratiques/pages/eau/techniques/132bac.htm](http://www.interaide.org/pratiques/pages/eau/techniques/132bac.htm)

Il faut d'abord **évaluer la taille des particules** en suspension dans l'eau qui vont être amenées à décanter pour pouvoir évaluer la vitesse de décantation de ces particules.

Les données suivantes sont données pour illustration :

Particule	Diamètre	Vitesse de mise en suspension <sup>1</sup>	Vitesse de décantation <sup>2</sup>
Sable	1mm	1m/s	600 cm/mn
Sable fin	0,10 mm	0,5 à 1m/s	50 cm/mn
Limon	0,01 mm	0,1 à 0,2 m/s	1 cm/mn

<sup>1</sup>Vitesse de mise en suspension : vitesse horizontale minimale de l'eau pour permettre la mise en suspension des particules. Au dessus de cette vitesse, les particules sont mises en suspension alors qu'en dessous de cette vitesse elles peuvent décanter.

<sup>2</sup>Vitesse de décantation : vitesse verticale de la chute des particules dans l'eau au repos.

Pour dimensionner un décanteur il faut choisir un temps de séjour de l'eau qui permettent aux particules fines de se déposer au fond. On calcule cette durée de rétention à l'aide des vitesses de décantation ci-dessus. Par exemple pour du sable fin, on choisit un temps de séjour de 15 minutes pour une hauteur d'eau de 1,5m.

La **dimension** nécessaire du bac de rétention est fonction du débit de l'eau Q et de la durée de rétention de l'eau T.

$$\text{On a ainsi } C=Q \cdot X$$

C : Capacité en litres

Q : Débit en litres par seconde

T : Temps de rétention en seconde



## **BIBLIOGRAPHIE**

- (1) ABARNOU A, *Les rejets chlorés en mer - Aspects chimiques de la chloration des eaux et évaluation des nuisances pour le milieu*, Science et Pêche (0036-8350)(ISTPM), 1982, Vol.321, p1-11.
- (2) ARIEL E, ARZUL I, BONAMI J.P, DALSGAARD.I, HAENAN.O, BANG JENSEN.B *et al* , Panda, project no. SSPE-CT-20036502329, 2007, 108p.
- (3) ARTHUR J.R, BONDAD-REANTASO M.G, SUBASINGUE R.P, *Procedures for the quarantine of live aquatic animals*, a manual FAO, Fisheries Technical Paper, 2008, No 502, 74p.
- (4) AUSTRALIAN AQUATIC VETERINARY EMERGENCY PLAN, *Operational Procedures Manual Decontamination*, Version 1.0, 2008, 122p.
- (5) CAILLERES J.P, *Traitement de l'eau par les ultraviolets-application à la purification des coquillages*, Conférence Internationale sur la Purification des Coquillages, Rennes 6-8 avril 1992, 1992, 14p.
- (6) DECISION DE LA COMMISSION du 12 décembre 2008 portant application de la directive 2006/88/CE du conseil en ce qui concerne les exigences liées à la mise en quarantaine des animaux d'aquaculture.
- (7) DIRECTIVE 2006/88/CE DU CONSEIL du 24 octobre 2006 relative aux conditions de police sanitaire applicables aux animaux et aux produits d'aquaculture, et relative à la prévention de certaines maladies chez les animaux aquatiques et aux mesures de lutte contre ces maladies.
- (8) DIVE R, HUMPHRIES C, *Atlantium HOD-Ultraviolet disinfection with a difference*, 70<sup>th</sup> Annual Water Industry Engineers and Operator's Conference 4 to 6 September, 2007, 7p.

- (9) FAUVEL Y, LEGERON J.P, PONS.G, *Ozonation de l'eau de mer et épuration des coquillages*, Science et Pêche (0036-8350)(ISTPM), 1982, Vol.320, p1-16.
- (10) JOLY J.P, *Purification des coquillages, principes, procédés, limites de la décontamination biologique*, Editions Ifremer, Fiche Pratique n° 7, 1996, 8p.
- (11) LE BRETON.A, SOURD.P, *Traitement de l'eau et désinfection*, tiré d'un document power point de formation au centre Ifremer de la Tremblade du 3 février 2011.
- (12) OIE, *Code sanitaire pour les animaux aquatiques*, 13<sup>ème</sup> ed., 2010, 343p.
- (13) OIE, *Manuel of diagnostic tests for aquatic animals*, 12<sup>ème</sup> ed., 2009.
- (14) REGLEMENT (CE) N° 1251/2008 DE LA COMMISSION du 12 décembre 2008 portant application de la directive 2006/88/CE du conseil en ce qui concerne les conditions et les exigences de certification applicables à la mise sur le marché et à l'importation dans la Communauté d' animaux d' aquaculture et de produits issus de ces animaux et établissant une liste des espèces vectrices.