

# LIMITATION DU DÉVELOPPEMENT DES MACROALGUES EN MARAIS SALÉ

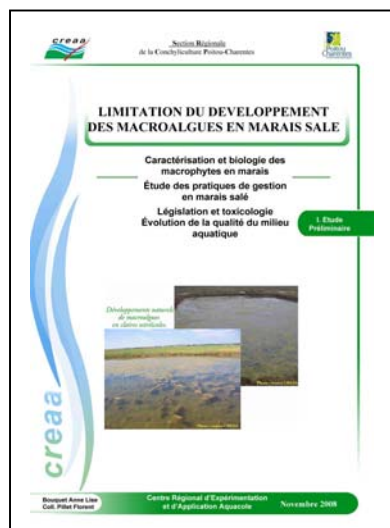
## Synthèse

### III. Rapport de synthèse



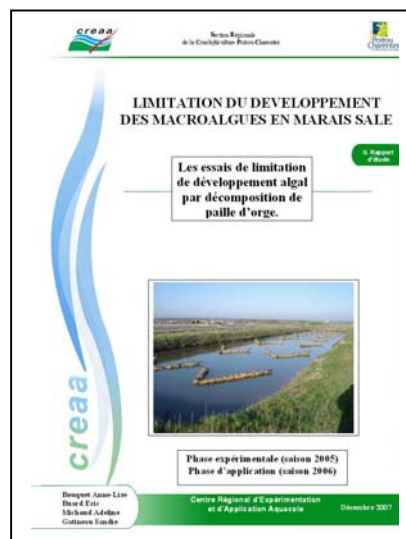
Synthèse du programme pluriannuel de 3 ans sur la limitation  
du développement des macroalgues en marais salé.

## Ce programme comprend :



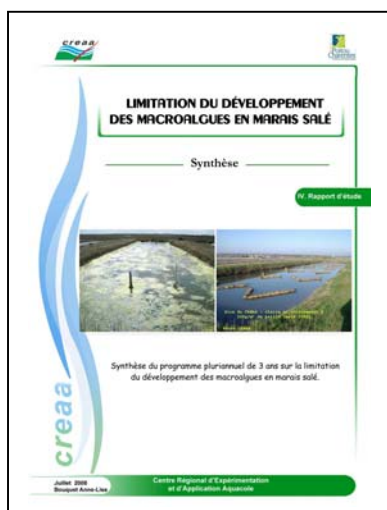
### Partie I : Saison 2004. Étude préliminaire

Caractérisation et biologie des macrophytes en marais ; Étude des pratiques de gestion en marais salé ;  
Législation et toxicologie  
Évolution de la qualité du milieu aquatique.  
Bouquet AL, Pillet F, 2008.



### Partie II : Saison 2005. Phase expérimentale

Les essais de limitation de développement algal par décomposition de paille d'orge.  
Phase expérimentale (saison 2005)  
Phase d'application (saison 2006).  
Bouquet AL., Buard E., Michoud A., Gatineau S., 2007.



### Partie III : Synthèse

Synthèse du programme pluriannuel de trois ans : limitation du développement des macroalgues en marais salé.  
Bouquet A.L., 2008.



### GUIDE TECHNIQUE

Gestion du marais : Limitation du développement des végétaux aquatiques en marais salé : macroalgues et ruppias.  
Bouquet A.L., Blachier P., 2008.

# Sommaire

<b>I. Introduction</b> .....	<b>4</b>
<b>II. Les principales algues rencontrées en marais salé</b> .....	<b>5</b>
<b>III. Les caractéristiques de l'eau</b> .....	<b>6</b>
A. Eau de la Seudre et de la Charente.....	6
B. Eau salée du bassin de Marennes-Oléron .....	7
<b>IV. Constats des professionnels (2004)</b> .....	<b>8</b>
<b>V. La législation</b> .....	<b>9</b>
<b>VI. Les moyens de luttés</b> .....	<b>10</b>
A. Techniques testées par les professionnels et leurs risques potentiels.....	10
B. Les dangers des produits utilisés :.....	11
C. Techniques sans risques pour l'environnement .....	12
1. <i>Action sur le sédiment et entretien</i> .....	12
2. <i>Action sur l'hydraulique</i> .....	13
3. <i>Action sur les algues : effet algistatique de la paille d'orge en décomposition</i> .....	14
<b>VII. Résultats des essais de limitation du développement des macroalgues en milieu salé avec la paille d'orge.</b> .....	<b>15</b>
A. Évaluation de la dégradation de la paille et effet algistatique.....	15
B. Test à de faibles densités de paille : 0 À 50 g/m <sup>2</sup> (2005).....	15
C. Test à des densités de 100 à 200 g/m <sup>2</sup> de paille (2006).....	16
D. Test à de fortes densités de paille : 400 g/m <sup>2</sup> (2006) <sup>12</sup> .....	17
<b>VIII. Conclusions</b> .....	<b>18</b>
<b>IX. Bibliographie</b> .....	<b>21</b>

# I. Introduction

Le développement massif de macroalgues est un phénomène fréquent le long des zones côtières estuariennes peu profondes, entraînant parfois une importante eutrophisation du milieu. Ces proliférations sont généralement dues à des algues vertes filamenteuses ou flottantes (Valiela *et al.*, 1997).

Avec ses 9063 ha<sup>1</sup> de marais salé et 40 à 60 000 T d'huîtres creuses affinées par an, le bassin de Marennes-Oléron est le premier bassin ostréicole d'Europe. L'affinage en claire est dépendante de la qualité du milieu naturel. Or, depuis les années 90, 75% des professionnels consultés<sup>2</sup> estiment qu'il y a une augmentation de la croissance des macroalgues dans le marais salé, avec un changement d'espèce dominante : s'ils observaient principalement des ulves dans les années 70, ce sont les algues filamenteuses qui sont majoritaires maintenant (CREAA, 2006). Ce phénomène implique des risques d'asphyxie et de diminution de la biomasse phytoplanctonique dans les bassins, induisant une baisse de production d'huîtres. Ce problème récurrent est une gêne pour les ostréiculteurs qui ne peuvent utiliser leur marais au maximum de son potentiel, certains sites n'étant plus exploités (Pillet, 2004).

Diverses méthodes sont utilisées par les professionnels, **sans obtenir** de résultats suffisamment satisfaisants. Aussi, le Centre Régional d'Expérimentation et d'Application Aquacole a-t-il été sollicité en 2003 afin de chercher une solution à ce problème.

Cofinancé par la Section Régionale de la Conchyliculture de Poitou-Charentes pour une durée de 3 ans, le programme "Limitation du développement des macroalgues en claires ostréicoles" a commencé en 2004 avec une étude préliminaire constituée d'une enquête chez les professionnels, un état des lieux sur la législation, une étude de la qualité de l'eau douce provenant des bassins versants et une phase de recherche bibliographique (Partie I).

Une technique écologique utilisée en routine dans les pays anglo-saxon dans les eaux douces semblait donner des résultats similaires en eau salée (Terlizzi *et al.*, 2002) sans avoir été validés en milieu naturel. Basée sur la décomposition de paille d'orge en eau oxygénée, cette méthode permettrait, par rejet de substances algistatiques, d'inhiber la croissance de nouvelles cellules algales (cf. Synthèse bibliographique, Partie II, 2005).

La phase expérimentale en claires et en petits volumes, menée en 2005 sur le site du CREAA, a aidé à mieux cerner les paramètres à tester et à adapter la technique au milieu spécifique du marais salé. Elle a permis d'affiner le protocole pour mettre en place la phase d'application du projet en 2006, réalisée chez cinq professionnels situés dans le marais de la Seudre, en complément du site du CREAA où les tests en claires et en petits volumes se sont poursuivis.

L'ensemble de ces résultats synthétisés dans ce document doivent permettre de mieux appréhender les moyens de lutte contre le développement des macroalgues.

---

<sup>1</sup> Source : CREAA, Filloux D., 2003.

<sup>2</sup> Source : CREAA, Bouquet et al, 2006.



## II. Les principales algues rencontrées en marais salé

La majorité des espèces rencontrées dans les marais sont des algues vertes (chlorophycées), de l'ordre des ulvales et des cladophorales.

### LES ULVALES



Photo 1 : *Ulva sp.*

- Thalle, ou « feuille » en forme de lame foliacée, Vert +/- clair
- Irrégulière, parfois lobée et découpée
- Consistance relativement ferme

Fixée au substrat par un petit disque

- Fixées au début de leur vie, elles peuvent vivre plusieurs mois en pleine eau
- Algues annuelles, avec succession de génération à vie courte
- Une trentaine d'espèces sur les côtes atlantiques européennes

Étymologie : latin → ulva signifie algues.



Photo 2 : *Enteromorpha sp.*

- Thalle, ou « feuille » en forme de tubes +/- ramifiés, aplaties, parfois rubanés
- Algues anciennement du genre des entéromorphes, classées maintenant dans le genre des ulves : supporte de très fortes dessalures.

### LES CLADOPHORALES



Photo 3 : *Cladophora sp.*

- **Filaments verts ramifiés**
- Cellules de grande taille, visibles à la loupe.
- Souvent annuelle, présente toute l'année.

- Une vingtaine d'espèces différentes de chaetomorphes et une trentaine d'espèces de cladophores sur les côtes européennes.

- Reconnaissance des espèces plutôt difficile, nécessitant une très bonne connaissance du genre



Photo 4 : *Chaetomorpha sp.*

- **Filaments épais non ramifiés (>100µm).**
- Cellules souvent de grande taille visibles parfois à l'œil nu, ou à la loupe.
- Allure **perlée**, aspects de crins rêches

**Le développement des algues** : elles se multiplient selon trois modalités :

- **La reproduction sexuée** : fécondation de gamètes mâle et femelle permettant de former un nouvel individu
- **La reproduction asexuée** selon deux modalités :
  - Multipliation végétative : un fragment d'algue permet d'obtenir un nouvel individu.
  - Sporulation : Certaines cellules du thalle se spécialisent pour former des spores qui, une fois libérées dans le milieu germent directement ou, lors de conditions défavorables, génèrent des formes de résistance par enkystement. Elles germeront quand le milieu présentera des conditions favorables.

### III. Les caractéristiques de l'eau<sup>3</sup>

#### A. EAU DE LA SEUDRE ET DE LA CHARENTE<sup>4</sup>

##### ➤ **En Seudre :**

- Les matières azotées ont globalement diminué depuis 1973. Les nitrites et l'ammonium ont fortement chuté depuis 1990, donnant une eau qualifiée de très bonne par l'agence de l'eau Adour Garonne. Les nitrates ont diminué mais en plus faible proportion que les deux éléments précédent, avec des concentrations encore trop élevées (20 à 30 mg/l), donnant une eau de qualité insuffisante pour ce paramètre.

- Les matières phosphorées ont considérablement diminué grâce à l'amélioration des traitements des eaux usées et des assainissements.

- Le rapport N/P, important pour l'équilibre écologique du milieu aquatique conditionnant le développement algal, est très fluctuant avec une tendance à diminuer. Cette variabilité est due aux teneurs trop élevées en nitrates. Le rapport N/P moyen en mer est de 16 (selon le rapport de Riedfield N/Si/P), équilibre favorisant le phytoplancton. S'il augmente comme c'est le cas en Seudre (souvent supérieur à 300), cela favorise le développement de macroalgues vertes.

Isabelle Auby (Ifremer Arcachon) a montré que le rapport N/P des divers effluents de rivière d'Arcachon se situaient en 1993 entre 118 et 643. La Seudre, avec 337 cette même année, est dans la moyenne des cours d'eau se rejetant en mer.

-L'évolution des produits phytosanitaires

##### ➤ **En Charente :**

- Les teneurs en nitrites et en ammonium très élevées jusqu'en 2000, se sont nettement améliorées, donnant une eau alternant entre bonne et très bonne pour les nitrites et passable à bonne pour l'ammonium. Ce paramètre est plus concentré qu'en Seudre, la Charente étant soumise à plus de rejets domestiques.

- Le phosphore a fortement diminué depuis 1998, avec des teneurs plus élevées qu'en Seudre.

- Le rapport N/P a augmenté dans le temps à cause des fortes teneurs en azote. Il chute lors de pics de pollution en phosphore. Le rapport plus faible qu'en Seudre (100 à 150) est très fluctuant.

---

<sup>3</sup> Détails de l'évolution des paramètres dans l'eau de la Seudre, de la Charente et du bassin de Marennes-Oléron : Partie I du programme sur le développement algal : Etude préliminaire, CREAA, Bouquet AL et al., 2008.

<sup>4</sup> Sources ; Agence de l'eau Adour-Garonne.

➤ **Produits phytosanitaires en Seudre et en Charente :**

- Amélioration de la qualité des deux fleuves : en 2005 le classement selon le Seq-Eau était de qualité « bonne » (2004 était de qualité « moyenne »).
- Cinq molécules sont recherchées : Simazine, Atrazine, Diuron, Trifluraline et le Lindane.
- Depuis 2002 : forte diminution des teneurs (inférieures à 0,1µg/l) dans les deux fleuves, sauf pour le Lindane en Charente (malgré l'interdiction en agriculture depuis 1998 : concentration proche de 0,25µg/l).

➤ **Conclusion :**

La qualité générale de la Charente est inférieure à celle de la Seudre. Le problème pour ces deux fleuves est la forte concentration en nitrates. Mais il faut relativiser ces données en rejets dans le milieu en fonction du débit du fleuve : la Seudre drainerait 31 fois moins de molécules que la Charente par unité de temps.

## **B. EAU SALÉE DU BASSIN DE MARENNES-OLÉRON<sup>5</sup>**

L'élévation de la température de l'eau du bassin de 1°C depuis 1977 est corrélée à une élévation de concentration d'azote ammoniacale proportionnelle aux fluctuations mesurées dans les fleuves. L'embouchure de la Seudre présente une pollution anormale depuis une dizaine d'années pouvant être liée aux rejets de la station d'épuration de la Tremblade (Faury et al., 1999). La concentration en nitrite, toujours relativement faible, est liée aux fluctuations des fleuves, notamment en Charente qui présente de plus fortes valeurs.

Les deux paramètres présentant une évolution spectaculaire dans le bassin sont les nitrates, en forte augmentation, notamment en embouchure de Charente, et les phosphates, en forte diminution, souvent déficitaires par rapport à la moyenne (sauf en Charente), impliquant un rapport N/P déséquilibré dans le bassin de Marennes-Oléron en faveur des nitrates.

Les éléments azote (N), silicium (Si) et phosphore (P) sont présents dans l'eau de mer dans des proportions N/Si/P égaux à 16/16/1 (appelé Rapport de Riedfield). Ce rapport permet de connaître les éléments limitant la production primaire phytoplanctonique, vitale dans le bassin au vu des quantités de mollusques en élevage.

Depuis 1977 les rapports N/P sont modifiés dans le bassin (Soletchnik P., 1998) à cause de l'augmentation des apports en nitrates provenant notamment de la Charente et de la diminution en apport en phosphore. Si l'azote a été longtemps un facteur limitant du développement du phytoplancton, il l'est de moins en moins depuis les années 80. Cette modification des rapports peut affecter la production primaire, source nutritionnelle pour les huîtres et expliquer les modifications de développement d'espèces macroalgales.

## **C. CONSÉQUENCES SUR LES MILIEUX AQUICOLES**

Le rapport N/P élevé dans les deux fleuves favorise le développement des macroalgues au dépend du phytoplancton. La présence de produits phytosanitaires peut agir sur les organismes aquatiques de par leur toxicité avérée, bien que la situation se soit fortement améliorée depuis 2003.

<sup>5</sup> Source : Réseau RAZLEC Ifremer.

## IV. Constats des professionnels (2004)

Une enquête réalisée en 2004<sup>6</sup> auprès de 49 entreprises aquacoles, représentant 537 ha de marais a permis de mieux comprendre les conditions de développements des macroalgues et leur impact sur l'entreprise. Le plus fort développement algal a été observé en 2003 pour 70% des professionnels. Pour 90% d'entre eux, ces algues étaient déjà présentes dans les années 70 avec des développements moins forts. Ils observent un changement d'espèce, avec une prédominance actuellement des algues filamenteuses. Autrefois les ulves prédominaient.

L'impact économique de ces développements sur les entreprises est important : c'est un frein à l'utilisation des claires. Pour 60% d'entre eux, le coût de main d'œuvre élevé pour le nettoyage des claires affecte leur utilisation et l'entretien du marais. Pour 54%, certaines claires ne sont plus utilisées et pour 31%, les algues ont un impact sur la qualité de la chair des huîtres.

### Typologie des bassins présentant des développements :

Suite aux analyses descriptives et statistiques réalisées<sup>6</sup>, il est possible de décrire une typologie de bassins sujets au développement algal.

Le développement algal est d'autant plus important que :

- ↗ Les claires sont situées en zones endiguées,
- ↗ Leur fond est dur
- ↗ L'entretien pluriannuel est peu réalisé : les curages sont trop espacés (plus de 15 ans), voire jamais réalisés, ce qui signifie un manque d'entretien,
- ↗ L'entretien pluriannuel réalisé trop souvent (intervalle inférieur à 5 ans), les sédiments n'ayant pas le temps de s'accumuler et le sol reste trop dur.
- ↗ L'entretien annuel n'est pas réalisé régulièrement et complètement :
  - Absence de nettoyage avec retrait des algues
  - Absence de douage limitant l'évacuation de l'eau et les assecs
  - Absence de rabalage qui permet de niveler le sol éliminant les flaques et recouvrant de sédiment les éventuels fragments d'algues laissés après nettoyage
- ↗ Absence d'asec annuel ou assec mal conduit, soit avec une remise en eau trop tôt empêchant la destruction des fragments d'algues par dessèchement, soit avec une remise en eau trop tardive favorisant un sol dur, source d'ancrage des algues, et le rejet dans l'eau de quantité d'azote en provenance du sédiment favorisant le développement des macroalgues au détriment du phytoplancton.

Ainsi pour limiter ces développements il **est important** de réaliser un **entretien annuel printanier** (mars à mai) comprenant un **nettoyage** des claires dès la vidange, avec évacuation des algues à l'extérieur du bassin, accompagné d'un douage et d'un rabalage, suivi d'un **asec** jusqu'au stade 2 (sol craquelé mais encore souple, avec cristallisation du

---

<sup>6</sup> Détails de l'enquête : Partie I du programme sur le développement algal : Étude préliminaire, CREAA, Bouquet A.L. et al., 2006.



sel en surface). Le sol des claires ne doit pas être dur. Ainsi un curage pluriannuel doit être réalisé dans un intervalle de temps pouvant aller de 5 à 15 ans selon la situation géographique et la vitesse d'accumulation des sédiments.

## V. La législation

L'arrêté du 25 février 1975 interdit tout traitement des points d'eau consommable par l'homme et les animaux, des bassins de pisciculture, conchyliculture, aquaculture, des rizières, des cours d'eau et canaux, des lacs, des étangs... sous réserve d'utiliser des produits conformes à la réglementation en vigueur pour ces usages particuliers.

Cette réglementation consiste en une homologation du produit qui fixe le type d'utilisation, les modalités (dosage, etc....) et prend en compte les risques de toxicité.

Ainsi tout produit qui n'est pas autorisé par homologation est interdit. À ce jour, il existe des produits homologués pour la destruction des plantes semi-aquatiques, et aquatiques en milieu fermé, mais aucun n'est homologué pour la destruction des algues en milieu ouvert.

L'arrêté du 13 mai 1975 relatifs aux conditions selon lesquelles les déversements et rejets sont exempts d'autorisation fixe également le cadre dans lequel on peut les effectuer dans le milieu aquatique. Le terme rejet est très général car il concerne tous déversements, écoulements ou jets (**article 1**). L'**article 5** explique que le rejet en mer ne doit pas contenir de substances inhibitrices de la vie et qu'il doit être effectué à plus de 1000 m d'un gisement de coquillages pour être non soumis à autorisation.

Le **Code de l'Environnement, article L. 216.6** prévoit une amende pour tout déversement dans les eaux superficielles et les eaux salées de produits pouvant être dommageables pour la faune ou la flore, sauf sous autorisation. L'**article L. 218.73** prévoit une amende pour tous déversements de produits « directement ou indirectement en mer ou dans la partie des cours d'eau, canaux ou plans d'eau où les eaux sont salées, des substances ou organismes nuisibles pour la conservation ou la reproduction » des végétaux notamment.

## VI. Les moyens de lutttes

### A. TECHNIQUES TESTÉES PAR LES PROFESSIONNELS ET LEURS RISQUES POTENTIELS

L'enquête réalisée en 2004 a mis en évidence l'utilisation de diverses techniques, avec des résultats variés.

➤ **Techniques testées en eau :**

- Le trouble de l'eau, mécaniquement ou avec des élevages associés (crevettes impériales ou mulets), permettant de limiter la photosynthèse : les résultats sont jugés moyens à bons.

- L'augmentation du renouvellement en eau ou du confinement : les résultats sont jugés bons.

- Quelques pratiques anecdotiques : installation d'une bâche sur le sol qui a certes détruit les algues mais aussi les huîtres, ou apport de bigorneaux sans résultats.

➤ **Techniques testées à sec :**

- Absence de nettoyage, passage de motoculteur, broyage des algues, sillons d'algues recouverts de vase : toutes ces méthodes favorisent la dissémination des fragments de thalles et la multiplication végétative.

- Nettoyage manuel ou mécanique : résultats en fonction du soin apporté dans le travail.

➤ **Utilisation de produits phytosanitaires en eau comme à sec :**

Ce sujet plutôt tabou pour la profession nécessite une réelle information afin d'éviter des pratiques abusives. Suite à l'enquête, il a été possible d'inventorier et de quantifier les produits utilisés par 86% des professionnels interrogés :

Sulfate de cuivre	Chaux	Sulfate de fer	Eau de Javel	Glyphosate	Ammoniaque	« Désogerme »
35%	29%	12%	9%	6%	3%	3%

Pourcentage de professionnels ayant testé au moins 1 fois un produit phytosanitaire.

Cela correspond souvent à une utilisation ponctuelle afin de tester le produit. Pour de nombreux professionnels l'efficacité est discutable et l'intérêt de les utiliser l'est encore plus, dans la mesure où ces produits n'ont pas d'effet dans la durée. Ils peuvent résoudre les problèmes d'algues ponctuellement sans empêcher leur retour. Aucun de ces produits n'est autorisé à l'emploi dans le milieu aquatique salé et présentent selon les cas des risques de toxicité plus ou moins important.

## B. LES DANGERS DES PRODUITS UTILISÉS :

- **Le sulfate de cuivre** est homologué comme fongicide et herbicide sur les cultures.

Son utilisation est à proscrire dans les claires car dangereux pour l'environnement et toxique pour les organismes aquatiques avec des effets néfastes à long terme.

Une dose inférieure à **1mg/l** élimine **50% d'algues planctoniques** (CEb50<sup>7</sup> sur *Skeletonema costatum*<sup>8</sup> : 0,34 mg/l, CEb50 sur *Navicula pelliculosa*<sup>7</sup> est **0,11mg/l**), **4 à 5g/m<sup>3</sup>** détruisent les végétaux immergés et des doses supérieures à **1g/m<sup>3</sup>** détruisent le zooplancton, de nombreux organismes benthiques (vers de vase, etc.) et les gastéropodes. La **CL50**<sup>9</sup> sur *Crassostrea gigas* (taille : 2,1 cm) est **2,5µg/l** sur 96h (J. Oceanol. Soc. Korea 13(1):35-43). Le cuivre est très toxique pour les poissons.

La toxicité augmente en présence d'autres métaux lourds (cadmium, zinc, mercure) ainsi qu'avec l'élévation de la température.

Le cuivre, comme tous les métaux lourds, s'accumule dans le sédiment sans être dégradé pendant de nombreuses années pouvant entraîner des concentrations de plus en plus fortes.

D'après les résultats de l'enquête, les **doses de sulfate de cuivre utilisées** seraient de l'ordre de **10 g/m<sup>2</sup>** pour une colonne d'eau de 50 cm à 1 m, soit **10 à 20 g/m<sup>3</sup>**.

C'est le produit le plus toxique, compte tenu des dosages utilisés, avec une efficacité aléatoire selon les conditions du milieu.

- **Chaux** : homologuée seulement pour la destruction de mousse.

Elle n'a pas de toxicité particulière mais de fortes doses peuvent présenter des risques de déstructuration du sol. Elle a été préconisée pour détruire les spores après nettoyage de bassin, par modification du pH.

- **Le sulfate de fer** est homologué pour la destruction des mousses et des lichens.

Même s'il n'y a pas de toxicité notifiée, son utilisation est interdite dans le cas des claires et son efficacité en tant qu'algicide n'est pas certaine.

- **Eau de Javel** (ou hypochlorite de sodium) : bactéricide, fongicide et virucide.

Elle présente un danger pour l'environnement<sup>10</sup> et ne doit pas être utilisée en claire car très toxique. Utilisable dans les bassins bétonnés comme désinfectant (molécules détruites par les UV) elle ne doit pas être utilisée en bassin en terre. Ce produit a un chlore libre qui réagit avec la matière organique dissoute formant des molécules (chloramines) qui se fixent sur le sédiment, composés toxiques pour les organismes marins avec rémanence.

Elle réduit la croissance du phytoplancton dès la dose de **0,1 mg/l** et dès **0,001 à 0,006 mg/l** elle est toxique pour les larves d'huîtres. Les huîtres adultes résistent à la chloration par fermeture de leurs coquilles mais les produits dérivés présentent un risque de bio-accumulation. Leur pouvoir mutagène entraîne des malformations et des altérations génétiques (D. Masson, 2001).

<sup>7</sup> CEb50 : concentration de la substance active qui entraîne une réduction de 50 % de la biomasse

<sup>8</sup> Source : AFSSA - AGRITOX (voir Bibliographie)

<sup>9</sup> CL50 : Concentration létale pour laquelle 50% des individus sont morts

<sup>10</sup>Danger pour l'environnement défini par le ministère de l'agriculture : catalogue des produits phytopharmaceutiques et de leur usage.

- **Le glyphosate** est un désherbant systémique : détruit les plantes supérieures par la diffusion de la matière active des feuilles vers les racines par l'intermédiaire de la sève. Il n'a aucune action algicide car les algues n'ont pas de racines.
- **L'ammoniaque** est homologuée pour la conservation de fourrages ensilés. Très toxique pour les organismes aquatiques, son rejet dans l'environnement est interdit.

Par exemple, pour une post-larve de Crevette Impériale (*Penaeus japonicus*) la **CL50** est de **32,5 µg/l** sur 24h, avec un minima de 23,8 µg/l et un maxima de 42,6 µg/l.

- **Le « Désogerme »** : bactéricide, fongicide et virucide, il est sans effet algicide.

### **Conclusion :**

Aucun produit algicide n'est homologué en France pour une utilisation en milieu aquatique. Par conséquent aucun des produits testés par les professionnels n'est autorisé. En plus de leur inefficacité sur les algues, la majorité est toxique pour le milieu aquatique et l'environnement.

## **C. TECHNIQUES SANS RISQUES POUR L'ENVIRONNEMENT**

### **ACTION SUR LE SÉDIMENT ET ENTRETIEN**

- **Nettoyage** : il peut être manuel à la fourche (19% des ostréiculteurs interrogés) ou réalisé à la pelle mécanique (81%). Ceci doit être réalisé dès la vidange du bassin, pour éviter le risque de fragmentation de thalles et de diffusion des algues.

Le nettoyage en eau au fur et à mesure de leur développement permet d'éviter une prolifération algale. Mais en cas de fort envahissement, celles-ci se reproduisant par bouturage lors de fragmentation de thalles, l'effet inverse peut être observé (dissémination des végétaux).

Par cette capacité de reproduction par bouturage, un marais non entretenu, riche en algues, sera une origine possible de contamination des marais voisins. Il ne faut donc pas considérer uniquement les claires comme des cas isolés mais le marais dans son ensemble. L'assec est la phase indispensable consécutif au nettoyage pour détruire les fragments restant.

- **Roublage et douage annuel** : le roublage consiste à niveler le sédiment du centre vers les bords. La couche supérieure du substrat contenant souvent des restes de thalles d'algues est extraite de la claire. Pour de nombreux ostréiculteurs c'est un travail du sol qui est très lié à la qualité du sédiment, mais il est de moins en moins pratiqué manuellement. Il est souvent effectué en même temps que le nettoyage à la pelleuse. Le douage permet de creuser une rigole autour de la claire facilitant l'évacuation de l'eau et les assecs. Bien que ces pratiques traditionnelles sont de moins en moins effectuées, 56% des professionnels le font principalement de façon mécanique car ils ont remarqué que cela limite le départ d'algues notamment sur les bords, zone préférentielle d'accroche.

- **Assec annuel** : l'assec, qui doit être annuel, doit faire suite au nettoyage.

Tous les professionnels enquêtés le pratiquent mais selon des méthodes différentes (nettoyage non systématique, durées variables, périodes variables). L'assec permet de détruire en surface les macrophytes et les compétiteurs. Il permet une oxydation et une minéralisation de la matière organique ainsi qu'un tassement du sédiment favorisant



le développement phytoplanctonique. Cependant, un assèchement trop important du sédiment entraînera le départ des macroalgues (rejets trop élevés de matières azotées et sites d'accroche des algues). Un assec trop court empêche la destruction des fragments de thalles et des spores d'algues encore présents, favorisant un redémarrage précoce des algues. Un stade où le sédiment est craquelé, avec le sel cristallisé en surface et encore souple<sup>11</sup> lors de la remise en eau, semble être le meilleur compromis. L'assec est meilleur avec un temps sec printanier, évitant un assec trop violent par de trop fortes chaleurs comme en été.

➤ **Recurage pluriannuel** : lors des renouvellements d'eau, des matières en suspension pénètrent dans les claires apportant matière organique et sels nutritifs nécessaires au développement du phytoplancton.

Selon la richesse des eaux entrant et selon l'entretien annuel effectué, le niveau du sol monte plus ou moins rapidement, nécessitant un entretien pluriannuel, dont la périodicité dépend du site et de son état d'envasement : c'est le « recurage » ou « repiquage ». L'année suivante le sol est alors plus dur pouvant favoriser le développement des algues.

### ACTION SUR L'HYDRAULIQUE

➤ **Turbidité** : le principe de la création de trouble dans l'eau permet de limiter la photosynthèse par réduction de la pénétration de la lumière dans la lame d'eau. Cela peut être réalisé par brassage mécanique du sédiment ou par la présence d'animaux en élevage.

-Le trouble mécanique est la technique la plus utilisée (58% des ostréiculteurs interrogés). La technique la plus simple est le passage d'une chaîne sur le fond ou d'un engin traînant tracté des deux bordures du bassin. Certains passent dans le bassin avec une embarcation : le moteur provoquant ce trouble.

-Le trouble par les animaux est principalement réalisé par l'élevage associé de crevettes impériales avec les huîtres en claires (17% des ostréiculteurs consultés). Quelques professionnels ont essayé de mettre des poissons en claires (mulet ou dorade).

➤ **Niveau d'eau** : si le renouvellement en eau est faible, les algues s'installeront plus facilement. Elles apparaissent d'abord dans les zones les plus confinées (fond de bassins ou dans les coins). On observe, en général, moins d'algues dans les bassins alimentés lors de coefficient de marée suffisamment faible (50 à 65), grâce à des ouvrages correctement dimensionnés. Certains ostréiculteurs décident, lors de réaménagement de marais, de recreuser des dérasses associées aux bondons pour augmenter l'apport en eau.

La profondeur permettant un niveau d'eau élevé affecte le développement algal par réduction de la pénétration de la lumière.

Le mode de gestion réalisé au CREAA, basé sur le principe de maintien d'un niveau maximum d'eau en mortes eaux suivi de renouvellement en vives eaux, permet de limiter le développement des algues au printemps et à l'automne. Dans les cas des périodes à risque (été) les bassins sans animaux sont maintenus à sec en mortes eaux et à un niveau maximum en vives eaux.

---

<sup>11</sup> Voir détail : CREAA, *Guide de bonnes pratiques de gestion du marais pour limiter le développement des algues*, 2007.

➤ **Varangage** : il permet une circulation optimisée de l'eau par les entrées et sorties naturelles de l'eau grâce aux phénomènes des marées. Ceci permet d'évacuer par vidanges successives les algues présentes. Le varangage ne peut être utile que si le niveau d'eau en mortes eaux est maintenu le plus haut possible, en fermant l'ouvrage d'alimentation, période où aucune nouvelle eau ne peut entrer dans le bassin, provoquant ainsi un confinement important.

### 3. ACTION SUR LES ALGUES : EFFET ALGISTATIQUE DE LA PAILLE D'ORGE EN DÉCOMPOSITION.

Cette technique anglo-saxonne a été validée seulement en eau douce. La recherche a montré l'effet algistatique provoqué par des composés dérivant de la décomposition de la paille d'orge qui inhiberaient la croissance des nouvelles cellules algales, sans tuer les cellules existantes (Gibson et al, 90, Newman et al, 93). Des molécules issues de la décomposition de la paille en milieu aérobie sont associés à l'effet inhibiteur de croissance des nouvelles cellules algales tels que des dérivés phénoliques oxydés, libérés lors de la solubilisation de la lignine, inactifs sur les cellules déjà en place qui meurent naturellement (Newman et al, 94, Barrett et al, 96, Ridge et Pillinger, 96, Everall et Lee, 97, Caffrey et Monahan, 99, Pillinger, Martin et Ridge, 99, Terlizzi et al, 02, William E. et Lynch Jr, 02). Ces inhibiteurs agissent contre les macroalgues et le phytoplancton. La paille est considérée non nocive pour la santé des poissons (Madden, Seale, 02, Alberta) et autres animaux, sans effets sur les plantes vasculaires, ni sur l'homme. La plupart des essais et utilisations sont réalisés en eau douce. L'application de la paille d'orge dans l'eau a été testée sur un grand nombre de situations, dans différents pays, avec succès en général **et** sans effets indésirables (Newman, 99).

#### Le principe :

Ce procédé ne produit pas de résultats rapides et visibles comme un algicide, c'est un algistatique (Caffrey et al, 99, Newman et al, 93, Gibson et al, 90). Il est recommandé de placer la paille avant d'importants développements d'algues, en fin d'hiver ou au printemps. Le mécanisme induisant ce contrôle des algues n'est pas totalement compris. Quelques composés issus de la décomposition de la paille ont été identifiés et sont non toxiques ou en trop faibles concentrations pour avoir un impact (Newman, 99). Les études étant contradictoires, on n'est pas certain de l'action sur toutes les algues. Ce procédé est cependant efficace dans la plupart des cas avec des effets variables selon les espèces. Le champ d'action est très large : filamenteuses, phytoplancton, cyanophycées, mais certaines diatomées cependant semblent résistantes à ce type d'inhibiteur (Newman et al, 94, Barrett et al. 96).

La paille en décomposition rejette une ou plusieurs substances semblent contrôler la croissance des algues. Il doit s'agir de produits de décomposition de la lignine (Ridge et Phillinger, 96), mais le mécanisme d'action est encore plutôt mal connu. Selon Carole A. Lembi, Université de Purdue, des études effectuées sur des lacs du Minnesota en 2000 et 2001 suggèreraient que la paille d'orge ne contrôlerait pas directement les algues mais qu'elle serait impliquée dans la diminution des concentrations en phosphore qui, au final, inhiberaient le développement algal.

## VII. Résultats des essais de limitation du développement des macroalgues en milieu salé avec la paille d'orge.

### A. ÉVALUATION DE LA DÉGRADATION DE LA PAILLE ET EFFET ALGISTATIQUE

L'analyse de la paille en décomposition en collaboration avec le laboratoire de l'INRA de Paris-Grignon en 2005,<sup>12</sup> a mis en évidence l'élimination de composés phénoliques.

En partant de l'hypothèse que la paille en se dégradant en milieu aérobie produit des composés phénoliques (Lembi, 2002), l'analyse, par Catherine Lapière, des lignines et de leur dégradation a permis de mettre en évidence la dégradation partielle des esters féruliques, molécules phénoliques associées aux lignines et facilement libérées des parois par des estérases bactériennes. Cette molécule bien connue comme substance allélopathique en agronomie (limitant la germination des graines) pourrait être considérée comme responsable de l'effet algistatique (limitant la multiplication cellulaire).

### B. TEST À DE FAIBLES DENSITÉS DE PAILLE : 0 À 50 G/M<sup>2</sup> (2005)<sup>13</sup>

La présence de paille de 0 à 50g/m<sup>2</sup> dans les claires testées, ainsi que dans les bacs de petits volumes à la salinité de 20 et 35‰, n'a pas eu d'effet significatif sur le développement algal, sur les macroalgues comme sur le phytoplancton (concentration cellulaire totale, proportion de diatomées et de dinophycées, teneur en chlorophylle a). Toutefois, la notation subjective du développement algal et la concentration finale d'algues (poids sec : g/m<sup>2</sup>) ont montré une tendance à la diminution du développement en présence de paille en bassins. Ceci a été montré en petits volumes, sans être significatif, à des doses plus élevées (100 et 200g/m<sup>2</sup>).

La décomposition de paille n'a pas eu d'influence sur les concentrations en sels nutritifs (azote, phosphore et silice) ainsi que sur le développement des huîtres en élevage (croissance, mortalité, qualité de chair) aussi bien sur les jeunes (18 mois) que sur des huîtres de 2 ans et demi (30g) ou de la garniture de « Pousse en claire ». De même il n'y a pas eu d'impact sur des huîtres en affinage en automne, triploïdes comme diploïdes.

Les résultats obtenus à des densités de 50g/m<sup>2</sup> en claires et en petits volumes avec des densités de paille allant jusqu'à 200 g/m<sup>2</sup>, sans être significatifs, ont permis d'envisager une phase d'application à cette forte densité chez des professionnels.

<sup>12</sup> Partenariat entre le CREAA et Catherine Lapière, Laboratoire de l'INRA, Paris Grignon.

<sup>13</sup> Détails des résultats : Buard E. et al. CREAA, *Suivi expérimental de la limitation du développement des macroalgues en marais salé par décomposition de la paille d'orge, Partie II (saison 2005)*, 2007.

### C. TEST À DES DENSITÉS DE 100 À 200 G/M<sup>2</sup> DE PAILLE (2006)<sup>14</sup>

Dans les claires munies de paille d'orge à 200g/m<sup>2</sup>, de légères modifications de milieu ont été observées telles qu'une baisse de la teneur en oxygène dissous en période chaude (mécanisme de respiration des micro-organismes de dégradation de la paille) et une diminution du pH (acidification par la libération d'acides fulviques et humiques lors de la décomposition de la paille). La biomasse phytoplanctonique n'est pas éliminée, la source potentielle de nourriture pour les huîtres est donc toujours présente. D'ailleurs il a été montré qu'il n'y a pas d'impact significatif sur le développement des mollusques. La limitation du développement des macroalgues dépend de la période et de la gestion du bassin.

- Lors de la phase d'activation de la paille (6 à 8 semaines au printemps à une température de 10 à 20°C) le développement algal est ralenti essentiellement dans les bassins en confinement. Lors de renouvellement d'eau, les algues vont se développer en cas de mauvaise préparation des bassins ou d'environnement riche en algues (bassins et canaux voisins). La préparation consiste en un nettoyage suivi d'un assec complet en février et mars.

- Lors de la phase active de la paille, la majorité des sites présentent un développement d'autant plus faible que la densité de paille est élevée, bien que cette différence ne soit pas significative. Toutefois, les développements sont hétérogènes au sein d'un même groupe de claires ayant la même densité de paille. Il semble que les conditions de milieu (état du sédiment, état des bassins et canaux environnant, teneurs en éléments nutritifs...) influencent ce développement algal malgré la présence de paille. Parmi les bassins du CREAA testés, certains habituellement sujets aux forts développements de macroalgues, traités avec la densité maximale de paille à raison de 200 g/m<sup>2</sup>, ont eu un faible développement algal.

Ceci montre que la dégradation de la paille en milieu salé avec renouvellement n'est pas aussi efficace qu'en eau douce pour limiter le développement algal. Le fait que certains filets aient présenté des moisissures suggère que le conditionnement de la paille peut être amélioré en utilisant des filets plus souples tels que ceux destinés aux sapins. Cette technique n'est pas satisfaisante car elle montre une tendance à la diminution du développement en macroalgues mais pas son élimination totale. De plus l'impact de l'environnement proche peut inverser la tendance.

Ainsi cette technique doit s'accompagner au préalable d'un nettoyage indispensable, suivi d'un assec complet sans durcissement trop important du sédiment. D'autant plus que la phase d'activation de la paille est longue en période froide. Le niveau d'eau doit être suffisamment important (supérieur à 70 cm) afin de limiter la photosynthèse lors de cette période. Un confinement des bassins est à recommander durant les huit premières semaines dans le but de limiter la fuite des molécules actives en cours de formation et de conserver la coloration jaune de l'eau provoquée par la décomposition de la paille limitant la photosynthèse.

<sup>14</sup> Détails des résultats : Bouquet A.L. et al. , CREAA, Partie III (saison 2006) : Phase d'application, 2007.



#### **D. TEST À DE FORTES DENSITÉS DE PAILLE : 400 G/M<sup>2</sup> (2006)<sup>12</sup>**

Cette variabilité dans les résultats a conduit à travailler dans des bacs de petits volumes afin de tester l'effet de forte densité de paille (400 g/m<sup>2</sup>) ainsi que l'impact de différentes salinités (20, 35 et 45‰) sur la décomposition de la paille et son effet sur les algues. L'acidification du milieu et la perte de matière sèche au niveau de la paille mettent en évidence sa dégradation d'autant plus importante que la température est supérieure à 20°C. En cas de température fraîche, la salinité influence la décomposition qui est meilleure en milieu dessalé (20‰). En eau chaude la décomposition est semblable dans tous les milieux.

À de très fortes densités (400 g/m<sup>2</sup>) l'effet sur le développement des macroalgues est visible sur les algues filamenteuses. Les ulves sont moins sensibles : leur croissance est similaire dans tous les milieux testés.

## VIII. Conclusions

Les expérimentations en milieu naturel ont démontré des différences dans la sensibilité des macroalgues à l'effet induit par la décomposition de la paille d'orge selon les sites. Il apparaît clairement que la prolifération algale est sous l'influence de différents paramètres dont les plus importants sont liés à la qualité de « l'écosystème claire », directement liée à l'entretien du marais et au renouvellement d'eau. Le conditionnement de la paille est aussi un facteur important : les filets utilisés ont favorisé l'accroche des thalles filamenteux, ce qui a parfois favorisé l'effet inverse de celui attendu. Toutefois, malgré cette colonisation des filets par les algues, certaines claires à fortes densités de paille d'orge sont restées propres (trois sites sur cinq et la série A du CREAA). Une alternative serait d'utiliser des filets en coton biodégradables, plus souples ou des filets à sapin en polyéthylène comme le recommande C. Lembi (*Aquatic Plant Management: Barley Straw for Algae Control*, 2001). Ces derniers sont par ailleurs moins coûteux. La paille devra également y être moins serrée permettant une meilleure circulation de l'eau et des conditions d'aérobies plus favorables à une bonne décomposition.

La présence de paille à raison de 200g/m<sup>2</sup> favorise une plus faible concentration d'oxygène dissous dans l'eau et acidifie le milieu d'autant plus rapidement que le confinement est important. Ceci correspond à l'émission d'acide humiques et fulviques liés à la dégradation de la paille (Lembi, 2002). Toutefois cela n'a aucun effet néfaste sur le développement des huîtres en élevage. En présence de paille, les teneurs en chlorophylle et les densités cellulaires étaient plus faibles que dans les bassins témoins, sans que cette différence soit significative. Le phytoplancton est donc toujours présent. La prédominance de diatomées met en évidence la préservation de nourriture potentielle pour les huîtres.

L'effet de la paille sur les macroalgues est hétérogène. Certaines claires dont l'eau est renouvelée ont montré des résultats contradictoires. Il s'est avéré qu'un « effet site » pouvait être prédominant malgré la forte densité de paille (200g/m<sup>2</sup>). L'effet algistatique des molécules peut être anéanti par un apport d'eau enrichie en macroalgues présentes dans les ruissons et bassins voisins, par une dilution trop importante des molécules actives et par un niveau d'eau trop faible (moins de 70 cm) favorisant la photosynthèse.

Seules les claires en confinement total, habituellement sujettes à de forts développements algaux, n'en n'ont pas présenté durant le printemps et le début d'été. Ceci montre que le confinement évite la perte de molécules actives ainsi que leur dilution par de nouvelles entrées d'eau, notamment lors de la phase critique d'activation. La coloration jaune-brun du premier mois liée à la décomposition de la paille favorise la limitation de la photosynthèse, au même titre que le principe de maintenir un niveau d'eau élevé supérieur à un mètre.

Grâce aux expérimentations en petits volumes (2006), des différences significatives sur la croissance des algues filamenteuses s'observent avec des doses beaucoup plus élevées : 400g/m<sup>2</sup> de paille, d'autant plus que la température est supérieure à 20°C. Les ulves semblent moins sensibles à cet effet algistatique.

Contrairement aux données bibliographiques obtenues en eau douce (3 à 50g/m<sup>2</sup> de paille), il s'avère que les doses de paille nécessaires en eau salée doivent être nettement plus élevées, de l'ordre de 400 g/m<sup>2</sup>. Ceci s'explique par la présence de sel et de matières en suspension qui ralentissent le mécanisme de dégradation de la paille et par conséquent son action algistatique (Lembi C, 2002). Pour des températures inférieures à 20°C, la décomposition est meilleure en milieu dessalé (20‰), mais au delà de 20°C, elle est semblable de 20 à 45‰. L'utilisation de paille d'orge pourrait être préconisée à des densités de 200 à 400 g/m<sup>2</sup> dans la phase d'entretien du marais (printemps-été), c'est-à-dire pour la préparation des claires avant la mise en affinage des huîtres en septembre.

Cependant de telles densités sont difficiles à mettre en place au niveau logistique. La paille devra être immergée après un nettoyage suivi d'un véritable assec des claires, durant huit semaines minimum avant le début des phénomènes de prolifération algale importante, soit en fin février ou début mars. Il est recommandé de confiner les bassins avec un niveau d'eau le plus élevé possible durant cette phase de pré-activation de six à huit semaines afin d'éviter la perte de matière active et de limiter la photosynthèse. Cette paille devra être renouvelée en juillet afin d'être active jusqu'à l'automne.

Cette technique n'a pas vocation à remplacer la gestion de l'eau et le nettoyage des bassins. Elle doit permettre une meilleure gestion du marais. Elle peut être recommandée en préparation de claires destinées à l'affinage ou à la pousse en claire, afin d'éviter la mise en place d'algues habituellement observées lorsque les claires sont laissées en varangage (mouvements libres de l'eau selon les marées), avec un faible niveau d'eau.

Économiquement, la méthode de la paille d'orge revient pour un professionnel au minimum à 154 € HT/ha hors main d'œuvre<sup>15</sup>. Une centaine d'heures de travail est à prévoir.

Il ressort que le principe du trouble de l'eau reste une solution efficace, que ce soit par le passage mécanique d'un engin ou grâce à l'élevage de crevettes. Il faut au minimum une crevette par m<sup>2</sup> dans des claires insubmersibles munies de bondons. Un élevage de crevettes représente un investissement de 720 €/ha sans les frais annexes (nourrissage, mailles filtrantes, matériel de pêche). Avec 20 000 post-larves (PL) mises à l'eau (36 €/1000 PL) il est possible d'obtenir 350 kg de crevettes commercialisables à 25 €HT/kg en moyenne au départ de l'établissement. Toutefois seuls les producteurs étant en règle avec la législation peuvent les commercialiser : installation de bâtiments aux normes et obtention d'un numéro sanitaire pour la vente à intermédiaire entre producteur et consommateur.

---

<sup>15</sup> Détail du bilan économique : Partie III : Phase d'application ; Bouquet et al, CREAA. décembre 2007, P33.

En conclusion, la méthode de la décomposition de paille d'orge est plus efficace avec une densité élevée de paille ( $400\text{g}/\text{m}^2$ ), en bassin confiné notamment lors des deux premiers mois, avec une hauteur d'eau de plus d'un mètre. Toutefois le coût économique est assez élevé, 308 €/ha et 100 heures de travail pour une dose à  $400\text{g}/\text{m}^2$ , ou 154€/ha pour une dose à  $200\text{g}/\text{m}^2$  pour des bassins en confinement.

La technique mérite d'être améliorée notamment au niveau du conditionnement (filets plus souples, meilleure oxygénation de la paille) qui devra être associée à une limitation des renouvellements d'eau, voire confinement complet, avec un niveau d'eau suffisamment élevé (proche d'un mètre) pour limiter la photosynthèse et éviter la perte en molécules actives. De plus, cette méthode devra s'accompagner d'une bonne gestion annuelle des marais qui sera présentée dans un "guide de bonnes pratiques de la gestion du marais" dont l'objectif sera de rappeler à chacun les bons gestes à réaliser.

Cette technique reste intéressante par son aspect écologique. En effet, elle s'inscrit dans les perspectives actuelles de développement durable nécessaires au maintien de la biodiversité et à la sauvegarde des écosystèmes riches que sont les zones humides littorales. Mais son efficacité ne peut être généralisée.



## IX. Bibliographie

- AFSSA - AGRITOX** : Base de données sur les propriétés physiques et chimiques, la toxicité, l'écotoxicité, le devenir dans l'environnement, les données réglementaires des substances actives phytopharmaceutiques. <http://www.dive.afssa.fr/agritox/index.php>
- AGENCE DE L'EAU ADOUR GARONNE** : <http://aeag1.eau-adour-garonne.fr>
- ARRETE du 13 mai 1975**, relatif aux conditions dans lesquelles certains déversements, jets et dépôts de nocivité négligeable sont exemptés de l'autorisation prévue par le décret n. 73-218 du 23/02/1973 portant application des articles 2 et 6 de la loi n. 64-1245 du 16/12/1964.
- ARRETE du 25 février 1975**, fixant les dispositions relatives à l'application des produits antiparasitaires à usage agricole
- AUBY I., MANAUD F., MAURER D., TRUT G.**, *Étude de la prolifération des algues vertes dans le bassin d'Arcachon*. 1994.
- BOUQUET A.L., BUARD E., GATINEAU S.**, *Le développement algal en marais salé; Partie III* (saison 2006) : Phase d'application ; Application d'une méthode écologique pour limiter le développement des macroalgues en marais salé par décomposition de paille d'orge immergée à forte densité. **CREAA**, 2007, 50p.
- BOUQUET A.L., PILLET F.**, *Le développement algal en marais salé; Partie I* (saison 2004) : Étude préliminaire. Caractérisation et biologie des macrophytes en marais ; Étude des pratiques de gestion en marais salé ; Législation et toxicologie ; Évolution de la qualité du milieu aquatique, **CREAA**, 2008, 73p.
- BOUQUET AL., HUSSENOT J.**, *Synthèse de la bibliographie sur le traitement des algues en bassins à l'aide de paille d'orge*, **CREAA**, 2005, 6p.
- BOUQUET AL., Blachier P.**, *Guide technique de gestion du marais pour limiter le développement des végétaux aquatiques en marais salé : macroalgues et ruppias*, **CREAA**, 2008, 52p.
- BUARD E., BOUQUET A.L., MICHOU D.**, *Le développement algal en marais salé; Partie II* (saison 2005) : Phase expérimentale ; Suivi expérimental de la limitation des macroalgues en marais salé par décomposition de la paille d'orge. **CREAA**, 2007, 65p.
- CAFFREY JM., MONAHAN C.**, *Central fisheries board, Dunlin, Ireland : Filamentous algal control using barley straw*, 1999.
- CODE DE L'ENVIRONNEMENT** : Partie législative, Livre II : Milieux physiques, Titre 1<sup>er</sup> : *Eau et milieux aquatiques*.
- FAURY N., GEAIRON P.**, *Hydrologie du bassin de Marennes-Oléron. Bulletins Annuels Base de données « RAZLEC » Années 1996, 1997, 1998 et 1999*, 2001.
- FAURY N., GEAIRON P.**, *Hydrologie du bassin de Marennes-Oléron. Bulletin Annuel Base de données « RAZLEC » Année 2000*, 2001.
- FAURY N., GEAIRON P.**, *Hydrologie du bassin de Marennes-Oléron. Bulletin Annuel Base de données « RAZLEC » Année 2001, 2002*.
- FAURY N., RAZET D., SOLETCHNIK P., GOULLETQUER P., RATISKOL J., GARNIER J.**, *Hydrologie du bassin de Marennes-Oléron. Analyse de la base de données « RAZLEC » 1977-1995*, 1999.
- FILLOUX D.**, *Étude préliminaire des fossés à poissons de Seudre ; Partie I ; Etude cadastrale*. **CREAA**, 2003, 159p.
- MADDEN S.**, AAFRD Agricultural Water Specialist, Seale Tracy, AESA Coordinator, Alberta, Canada: *Using barley straw ... for dugout / pond algae control*, 2002.
- MASSON D.**, Écho des cabanes n°35, juillet août 2005. *Information sur l'eau de javel*.
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE** : Catalogue des produits phytopharmaceutique et de leurs usages, des matières fertilisantes et des supports de culture homologués en France. <http://e-phy.agriculture.gouv.fr>
- NEWMAN J.**, *Centre for Aquatic Plant Management; Control of algae using straw*, 1999.
- SOLETCHNIK P., FAURY N., RAZET D., GOULLETQUER P.**, *Hydrobiology of the Marennes-Oléron bay. Seasonal indices and analysis of trends from 1978 to 1995*, 1998.

Ce programme de trois années a pu être réalisé grâce à la participation de nombreux partenaires, collectivités et organismes, scientifiques et professionnels, et plus particulièrement de **M Jérôme Hussonot**, d'IFREMER, dont les recherches bibliographiques sont à la base de ce travail.

**IFREMER** : M<sup>mes</sup> Auby Isabelle, Mornet Françoise et Rivet Florence, MM. Hussonot Jérôme, Le Moine Olivier, Masson Daniel, Paticat François.

**Le Forum des Marais Atlantiques**

**Les Affaires Maritimes de Marennes**

**CEVA** : M. Dion

**LEBHAM-IUEM-Technopôle Brest-Iroise** : M. Le Gall Yvan

**INRA** : Paris Grignon : M<sup>me</sup> Catherine Lapiere ; St Laurent de la Prée : M. Chevalier Claude

**DDA La Rochelle, Service Régional de Protection des Végétaux** : M. Fourré Dominique

**La Chambre d'Agriculture** : M<sup>me</sup> Marié Florence

**Professionnels conchyliculteurs** :

M<sup>mes</sup> Favier D., Gaurier I. et Grolleau N.,

MM. Aubier M., Auvrais J-F, Baron J., Bécaud V., Beau S., Bellamy L., Bertin S., Bon P., Bossis M., Bouquin S., Boyard P., Bucherie J-P., Cachelou F., Charrier T., Chauvet P., Conseil D., Daunas S., Delage Y.,

Demoustier J., Gazeau A., Herroneau D., Jamet T., Melinge D., Mineau J-P., Nicouleau B., Papin R., Papin Y., Pattedoie B, Poirier D., Quintard C., Perrault E., Rateau J-M., Suire J-P., Robert P., Sorlut D., Stephan E., Tafforet D., Tortillon W., Viaud G., Videau F.

**Agriculteurs** : MM. Baudry et Chagnaud

**Personnel du CREAA** : Buard Eric, Bouquet Anne Lise et toute l'équipe du CREAA.

**Stagiaires** : Pillet Florent, Michoud Adeline, Gatineau Sandie et Osborne Pierre.



Section Régionale de la Conchyliculture  
Poitou-Charentes



**CREAA** Prise de Terdoux  
17480 Le Château d'Oléron

Tel : 05 46 47 51 93 Fax : 05 46 47 53 15

Courriel : [Creaa@wanadoo.fr](mailto:Creaa@wanadoo.fr)

Site Internet : <http://www.creaa.fr>

**Centre Régional d'Expérimentation  
et d'Application Aquacole**

creaa