



## ***Indicateurs benthiques (macrophytes et macrofaune) en lagunes "oligohalines" dans le cadre de la DCE***

***Rapport d'étude sur « Propositions  
d'indicateurs pour l'évaluation des  
éléments de qualité macrophytes et  
invertébrés benthiques pour les lagunes  
oligohalines dans le cadre de la DCE »***

***Grillas Patrick, Tour du Valat – CEVA  
Derolez Valérie – Ifremer***

***Février 2012***

Les auteurs

---

**Patrick Grillas**  
Directeur du Programme  
[grillas@tourduvalat.org](mailto:grillas@tourduvalat.org)  
TOUR DU VALAT, le Sambuc – 13 200 Arles

**Valérie Derolez**  
Cadre d'études et de recherches  
[vderolez@ifremer.fr](mailto:vderolez@ifremer.fr)  
Ifremer LER-LR. Avenue Jean Monnet  
BP171 34203 SETE cedex

Les correspondants

---

**Onema** : Marie-Claude Ximénès, chargée de mission eaux littorales, [marie-claude.ximenes@onema.fr](mailto:marie-claude.ximenes@onema.fr)  
**Référence du document** :

**Partenaire** : Anaïs Giraud, AERM&C, [Anais.GIRAUD@eurmc.fr](mailto:Anais.GIRAUD@eurmc.fr)  
**Référence du document** :

**[Autres renseignements nécessaires à la mise sur le Portail « les documents techniques sur l'eau », à renseigner si possible]**

<b>Droits d'usage</b> :	<i>accès libre</i>
Couverture géographique :	<b>Bassin Rhône Méditerranée</b>
Niveau géographique [un seul choix] :	<b>National</b>
Niveau de lecture [plusieurs choix possibles] :	<b>Scolaires, citoyens, professionnels, experts</b>
Nature de la ressource [plusieurs choix possibles] :	<b>Document</b>

*PROPOSITIONS D'INDICATEURS POUR L'EVALUATION DE L'ELEMENT DE QUALITE MACROPHYTES POUR  
LES LAGUNES OLIGOHALINES DANS LE CADRE DE LA DCE*

**RAPPORT D'ACTIVITES 2011**

**PATRICK GRILLAS – VALERIE DEROLEZ**

SOMMAIRE

<b>Résumé .....</b>	<b>4</b>
<b>Abstracts .....</b>	<b>5</b>
<b>Synthèse pour l'action opérationnelle .....</b>	<b>6</b>
<b>Corps du document .....</b>	<b>7</b>

*PROPOSITIONS D'INDICATEURS POUR L'ÉVALUATION DE L'ÉLÉMENT DE QUALITÉ MACROPHYTES POUR  
LES LAGUNES OLIGOHALINES DANS LE CADRE DE LA DCE*

**PATRICK GRILLAS – VALERIE DEROLEZ**

## RESUME

### Résumé

---

Les macrophytes font partie des éléments de qualité biologique à renseigner dans les masses d'eau de transition lagunaires méditerranéennes dans le de contexte de la Directive Cadre sur l'Eau. Parmi les lagunes, les étangs peu salés, de la gamme oligo à mésohaline, sont caractérisés par des peuplements végétaux particuliers. L'objectif de l'étude menée en 2011 par la Tour du Valat en collaboration avec Ifremer, était de définir et tester un protocole d'évaluation de l'état des macrophytes des lagunes oligo et méso-halines.

Les mauvais diagnostics obtenus pour l'ensemble des lagunes oligo et mésohalines avec l'outil actuellement disponible pour évaluer l'état des macrophytes des lagunes dans le cadre de la DCE, soumises à des pressions anthropiques variées, posent question quant à la pertinence de l'outil de diagnostic macrophytes dans les lagunes peu salées. Cette situation peut être expliquée soit par une qualité globalement mauvaise des lagunes quel que soit le degré d'anthropisation, soit par une mauvaise réponse des indicateurs aux conditions particulières des lagunes oligo-halines. Les principes de l'indicateur macrophytes développé pour les lagunes marinisées, fondé sur la sensibilité des espèces à l'eutrophisation, sont probablement à redéfinir dans le cadre d'une application aux lagunes moins salées.

La poursuite des travaux sur la valeur indicatrice des macrophytes et la définition d'un indicateur macrophyte dans les lagunes méditerranéennes oligo et mesohalines nécessitent des travaux complémentaires visant à :

- comprendre les facteurs responsables de la turbidité dans ces lagunes et la contribution relative des effets de l'eutrophisation à la turbidité,
- mieux caractériser les exigences des espèces de macrophytes rencontrées et définir des espèces de référence et/ou leur attribuer une valeur indicatrice par rapport aux différentes variables de forçage (salinité, lumière, eutrophisation, ...).

La recherche de description d'états historiques des lagunes permettrait éventuellement de mieux caractériser leur(s) état(s) de référence.

### Mots clés (thématique et géographique)

---

Lagunes, oligohalin, mésohalin, macrophytes, DCE, Méditerranée

*PROPOSALS FOR INDICATORS TO EVALUATE THE MACROPHYTE QUALITY IN OLIGOHALINE LAGOONS IN THE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE CONTEXT*

**PATRICK GRILLAS – VALERIE DEROLEZ**

## ABSTRACTS

### ABSTRACT

The Water Framework Directive asks to monitor macrophytes in the Mediterranean lagoons. Oligo and mesohaline lagoons are characterized by specific macrophyte populations. The aim of this study of Tour du Valat and Ifremer, was to determine and to test a method to evaluate macrophyte quality in oligo and mesohaline lagoons.

All oligo and mesohaline lagoons investigated were characterized by macrophyte populations of bad quality, although they were submitted to different kind of anthropogenic pressures. This result questions the relevance of the application of the evaluation tool developed for more saline lagoons, to oligo and mesohaline lagoons. The principle of an indicator based on specie' sensitivity to eutrophication is questionable in such lagoons.

Following studies should focus on:

- analyses to discriminate the origin (anthropogenic or natural) of the high turbidity observed in oligo- and mesohaline lagoons,
- analyses of the literature to determine tolerance of macrophyte species to salinity light, eutrophication,... to identify reference species.

The description of historical reference states would allow to identify reference status.

### Key words (thematic and geographical area)

Lagoons, oligohaline, mesohaline, macrophytes, WFD, the Mediterranean sea

*PROPOSITIONS D'INDICATEURS POUR L'EVALUATION DE L'ELEMENT DE QUALITE MACROPHYTES POUR LES LAGUNES OLIGOHALINES DANS LE CADRE DE LA DCE*

**PATRICK GRILLAS**

SYNTHESE POUR L'ACTION OPERATIONNELLE

**[4 pages maximum]**

***[Il est très important que le rapport final des résultats des recherches, soit accompagné d'une synthèse présentant les principaux acquis transférables.***

***CETTE SYNTHÈSE PROPOSÉE PAR LES SCIENTIFIQUES PRODUCTEURS DE CES CONNAISSANCES (RESULTATS, METHODES, RECOMMANDATIONS...) FAIT L'OBJET D'UN TRAVAIL SPECIFIQUE ENTRE LES AUTEURS DU RAPPORT ET LES CHARGES DE MISSION DE L'ONEMA.]***

[La synthèse devra comporter :

- ° ***Contexte général (quelle situation, quels enjeux), objectifs généraux du projet (à quelles questions veut-on répondre) et quelques éléments de méthodologie***
- ° ***Principaux acquis transférables obtenus et implications pratiques, recommandations, réalisations pratiques, limites de l'utilisation***
- ° ***Pour en savoir plus : quelques références (dont les livrables, articles prévus...) ; adresse électronique et/ou site internet de(s) auteur(s)]***

***[Tous les articles scientifiques et techniques, communications scientifiques, doivent comporter la formule suivante sous forme de remerciements en fin de publication ou d'articles : « L'auteur (ou les auteurs) remercie(nt) l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (partenariat ONEMA – XXX 200X) pour sa participation ». Des adaptations peuvent être proposées au correspondant Onema.]***

*PROPOSITIONS D'INDICATEURS POUR L'ÉVALUATION DE L'ÉLÉMENT DE QUALITÉ MACROPHYTES POUR  
LES LAGUNES OLIGOHALINES DANS LE CADRE DE LA DCE*

**PATRICK GRILLAS – VALERIE DEROLEZ**

## **1. Introduction**

Les communautés de macrophytes sont des éléments de qualité biologique à renseigner pour l'évaluation de la qualité écologique des lagunes méditerranéennes au sens de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau. Du point de vue de la salinité et des conséquences de ce paramètre sur leur fonctionnement, les lagunes oligo et méso-halines (salinité <18) sont intermédiaires entre les lagunes saumâtres et les plans d'eau douce.

Afin de déterminer les éventuels ajustements des méthodes de suivi et de diagnostic des macrophytes disponibles (protocole Cemagref pour les plans d'eau douce et Ifremer pour les lagunes) dans les lagunes oligo et mésohalines, une étude a été mise en œuvre en 2010 et 2011 dans le cadre de la convention Ifremer/Onema, en collaboration avec la Tour du Valat, le Cemargref de Bordeaux et l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse (AERM&C). Dans ce cadre, un protocole de relevé de la végétation a été testé dans 4 lagunes en 2010 (Grillas & David 2010). Des difficultés dans l'utilisation des herbiers pour caractériser l'état des lagunes ont été mises en évidence, sans solution validée disponible. L'objectif de ce rapport est de faire le bilan des réflexions menées au sein du groupe de travail (IFREMER-CEMAGREF-ONEMA-Tour du Valat-AERM&C) notamment concernant l'utilisation de la végétation macrophytique comme indicateur dans le cadre de la DCE et du SDAGE 2010-2015 et de proposer des pistes pour surmonter les difficultés rencontrées pour développer un indicateur « macrophytes » pour les lagunes oligo- et méso-halines, caractérisées respectivement par des taux de salinité compris entre 0,5 et 5 PSU et entre 5 et 18 PSU.

## **2. Bilan du projet**

### **2.1. Objectifs**

L'objectif était de définir et tester un protocole d'évaluation de l'état des macrophytes des lagunes oligo et méso-halines, dans le contexte de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). Le protocole pour les macrophytes dans les lagunes oligo-et méso-halines devait être compatible avec ceux développés respectivement par l'IFREMER pour les lagunes salées et par le CEMAGREF (Bordeaux-Cestas) pour les plans d'eaux douces.

### **2.2. Méthodes**

Quatre lagunes ont été sélectionnées sur la côte méditerranéenne française de façon à couvrir une diversité de situations, notamment de pression anthropique : les étangs de Scamandre et de Charnier (appartenant à l'éco complexe fluvio-lacustre de Camargue gardoise), l'étang de la Grand Palun sur le domaine de la Palissade (Arles), et l'étang de Bolmon, au sud-est l'étang de Berre. L'étang de Bolmon est de loin le plus anthropisé et soumis à des apports constants de polluants (contamination chimique et biologique via la Cadière, le canal du Rove et la résurgence de la nappe phréatique de Marignane). La Grand Palun présente une anthropisation faible avec cependant une influence importante du Rhône. Les étangs de Scamandre et de Charnier présentent un degré d'anthropisation intermédiaire aux deux autres lagunes, et font l'objet d'une gestion des entrées et sorties d'eau, ce qui engendre des variations importantes et rapides des niveaux d'eau et de la salinité. Les quatre lagunes constituent donc une gamme variée de pressions anthropiques, sans contenir une lagune de référence, c'est-à-dire avec une influence faible à nulle des pressions anthropiques.

Un protocole a été développé, testé sur les 4 lagunes, combinant les approches du CEMAGREF sur les masses d'eau douce et celle de l'IFREMER sur les lagunes salées. Ce protocole était basé sur deux types de stations :

- des stations de pleine eau selon un échantillonnage systématique (grille) avec un nombre de points variable avec la surface de la lagune : 1 échantillon par 100 ha pour les grandes lagunes (>1000 ha) et 1 ech./50 ha pour les lagunes plus petites (<1000 ha).
- des stations littorales linéaires (transects) sélectionnées par une méthode d'échantillonnage aléatoire stratifié en fonction du type de rive (selon une typologie simplifiée à partir de celle du CEMAGREF) : rives totalement naturelles, rives faiblement anthropisées et végétalisées et rives fortement aménagées non végétalisées. Au moins 2 stations par type de rive sont nécessaires et au moins 4 stations littorales par lagune. Ces stations littorales comprennent (1) un transect de la berge vers le centre de la lagune et (2) une description de la végétation de la rive.

Sur chaque station (littorale ou de pleine eau), la végétation était mesurée au moyen d'un râteau sur 30 points distribués le long d'un transect. Sur chaque point l'abondance de chaque taxon était notée par un indice semi-quantitatif (entre 0 et 5).

Des indicateurs ont été calculés pour les stations de pleine eau et littorales : la richesse spécifique, la fréquence de contact (le recouvrement des macrophytes mesuré comme le pourcentage de points sur lesquels les macrophytes étaient présents), la diversité (Shannon) et l'équitabilité (ou équirépartition). Ont été également notés l'abondance maximum et minimum des macrophytes par station (abondance calculée comme la somme des abondances par point, soit pour 30 points par station une valeur maximale de 150).

## 2.3. Principaux résultats

### 2.3.1. Structure des communautés de macrophytes (stations de pleine eau)

Au total sept espèces de macrophytes ont été rencontrées dans les 4 lagunes avec une richesse par lagune comprise entre 2 et 4 espèces. Trois espèces seulement étaient dominantes ou co-dominantes (contribuaient à plus de 10% de l'abondance totale de la végétation) dans au moins une lagune : *Potamogeton pectinatus*, *Myriophyllum spicatum* et *Potamogeton crispus*. Les autres espèces avaient une fréquence et un recouvrement faible : *Ulva luctuca*, *Ceratophyllum demersum*, *Chaetomorpha linum* et *Chara aspera*.

Aucun des indicateurs ne montrait de patron clair et cohérent avec la pression d'anthropisation ou la qualité de l'eau des lagunes (analyses physico-chimiques).

- La richesse spécifique était très faible et peu différenciée entre les lagunes ; elle était comprise entre 1 et 3 espèces pour les stations de pleine eau et entre 3 et 4 espèces pour les stations littorales. La richesse était similaire entre le Bolmon, la lagune la plus dégradée et la Grand Palun a priori avec la meilleure qualité de l'eau.
- La fréquence de contact des macrophytes sur les stations de pleine eau était très variable entre lagunes et au sein de chaque lagune. Le recouvrement des macrophytes était très faible dans le Scamandre (7%), intermédiaire sur la Grand Palun et le Bolmon (28%) et plus forte sur le Charnier (64%). Les fréquences de contact étaient généralement plus fortes sur les stations littorales (entre 50 et 67%) sauf sur le Bolmon où elle était très faible (7%).
- Les abondances maximales par station (= 30 points de mesure) varient entre 11 et 51 pour les stations de pleine eau et entre 8 et 65 pour les stations littorales (pour une valeur maximale théorique de 150). Les abondances minimales varient entre 0 et 7 pour les stations de pleine eau et entre 0 et 27 pour les littorales. Ces abondances caractérisent des macrophytes jamais en peuplements denses et d'abondances variables dans l'espace. L'abondance des macrophytes par station était négativement corrélée à la profondeur de l'eau sur les étangs de Scamandre, de Charnier et de la Grand Palun.
- Les indices de Shannon et d'équirépartition donnent des résultats similaires et peu exploitables du fait des faibles richesses spécifiques. Ils ne montrent aucun patron clair aussi bien entre lagunes qu'entre les stations littorales et de pleine eau.



### 2.3.2. Valeur indicatrice des macrophytes de pleine eau

Sur les quatre lagunes étudiées, seules 3 espèces contribuaient pour plus de 10% à la végétation: *Potamogeton pectinatus* dominait dans 3 lagunes (Scamandre, Bolmon et Grande Palun), *Myriophyllum spicatum* dominait dans l'étang de Charnier et *Potamogeton crispus* était co-dominant sur le Scamandre. Ces trois espèces sont caractéristiques d'eau mésotrophes à eutrophes, *P. pectinatus* étant largement plus tolérant à la salinité que les deux autres espèces.

Les faibles abondances des autres taxons rencontrés rendent délicate leur interprétation. Cependant, *Ulva lactuca* et les tapis de cyanobactéries caractérisent bien une lagune hyper-eutrophe (Bolmon). *Chaetomorpha linum* est une caractéristique des lagunes saumâtres (Palun) tolérante à l'eutrophisation. *Chara aspera* caractérise des eaux riches en lumière : sa localisation en faible abondance exclusivement en périphérie du Scamandre et du Charnier est peu significative. De même la présence de *Ceratophyllum demersum*, une espèce des eaux eutrophes calmes est peu significative et suggère la proximité d'un canal d'eau douce.

Les espèces dominantes dans les quatre lagunes ont une faible valeur indicatrice pour la qualité de l'eau. Elles sont tolérantes à des niveaux trophiques élevés à très élevés mais se rencontrent également dans des milieux non ou faiblement anthropisés. Leur présence dans les lagunes oligo halines s'explique par leur grande tolérance à des eaux turbides, à la salinité (toutefois variable entre espèces) et aux fluctuations de ces facteurs dans le temps.

### 2.3.3. Structure de la végétation des berges

Au total 26 espèces ont été trouvées sur les berges des 4 lagunes avec un nombre par lagune variant de 6 (Palun) à 17 (Charnier). Les espèces sont principalement du cortège de la roselière avec *Phragmites australis* largement dominante (35 à 48% du recouvrement) accompagné par *Tamarix gallica* (6-17%), *Calystegia sepium* (0-17%), *Juncus maritimus* (0-20%). Les halophytes sont parfois présentes mais en faible abondance (*Arthrocnemum fruticosum* : 0-2% ; *Halimione portulacoides* 0-8%). Les espèces exotiques sont présentes surtout avec *Baccharis halimifolia* sur la Grand Palun (18%) et Charnier (5%) où elles représentent des menaces importantes de colonisation des marges de la lagune. Sont également présentes *Arundo donax* (Bolmon) et *Aster squamatus* (Scamandre).

Aucune relation n'a pu être établie entre la pression anthropique sur les lagunes et la structure ou la composition spécifique de la végétation des berges. La richesse est généralement faible avec une dominance des grandes hélrophytes et du roseau en particulier. Les espèces exotiques, souvent plus fréquentes ou plus abondantes sur les milieux perturbés, ne sont pas clairement associées à des perturbations sur les lagunes étudiées. *Baccharis halimifolia* est plus abondante à la Grand Palun, à proximité du foyer initial de colonisation (Fos/mer) et au Charnier où elle fait l'objet de mesures de contrôle de ses populations. Les autres espèces sont peu abondantes et témoignent essentiellement des caractéristiques pédo-édaphiques marquées par la salinité.

### 2.3.4. Application du diagnostic macrophytes aux lagunes oligo et mésohalines

L'outil de diagnostic des macrophytes élaboré pour répondre aux besoins de la Directive Cadre sur l'Eau (Voir Annexe) a été adapté à partir des méthodes de diagnostic de l'eutrophisation mises en œuvre dans le cadre du Réseau de Suivi Lagunaire (RSL) (Lauret *et al.*, 2011 ; Ifremer *et al.*, 2000 ; Andral et Sargian, 2010). Cet outil est pertinent pour les lagunes de la gamme poly- et euhaline (salinité > 18), mais montre ses limites d'applicabilité pour les lagunes de salinité plus faible. En particulier, la liste d'espèces de référence, qui constitue la base de l'indicateur de composition, a été construite pour des lagunes bien marinisées. L'espèce *Potamogeton pectinatus*, qui domine les peuplements dans la plupart des lagunes oligo- et mésohalines, n'est par exemple pas incluse dans la liste des espèces de référence car elle peut proliférer dans les milieux eutrophisés. Cette espèce serait cependant probablement abondante, voire dominante, dans une lagune oligo-haline de référence.

A titre illustratif, l'indicateur macrophytes a été appliqué sur les données recueillies dans 8 lagunes oligo- et mésohalines (Tableau 1). Les résultats indiquent un mauvais état des peuplements, expliqué par l'absence des espèces de référence dans la majorité des stations.

**Tableau 1:** Caractéristiques des peuplements de macrophytes des lagunes oligohalines et mésohalines observés (respectivement par la Tour du Valat et Ifremer/P2A) en 2007 et 2010. Valeurs des indicateurs d'abondance (EQR<sub>A</sub>), de composition (EQR<sub>C</sub>) et de l'indicateur macrophytes (EQR<sub>MAC</sub>). Liste des espèces rencontrées dans les stations de pleine eau (numéros) et les stations littorales (lettres) ; code couleur: bleu= très bon, vert= bon, jaune= moyen, orange= médiocre, rouge= mauvais. *M. spicatum*= *Myriophyllum spicatum* ; *P. pectinatus*= *Potamogeton pectinatus*, *P. crispus*= *Potamogeton crispus*, *P. australis*= *Phragmites australis*, *J. maritimus*= *Juncus maritimus*, *R. cirrhosa*= *Ruppia cirrhosa*, *C. aspera*= *Chara aspera*, *C. aerea*= *Chaetomorpha aerea*, *C. linum*= *Chaetomorpha linum*, *U. rigida* = *Ulva rigida*, *U. lactuca*= *Ulva lactuca*, *P. sertularioides*= *Polysiphonia sertularioides*

Code Masse d'eau	Nom lagune	Station n°	Année	prof (m)	nb d'espèces	Recouvrement Total	Recouvrement par les espèces de référence	EQR <sub>A</sub> Station	EQR <sub>C</sub> Station	EQR <sub>MAC</sub> station	espèce 1	espèce 2	espèce 3	espèce 4	espèce 5
FRDT13h	Charnier	1	2010	1,1	2	73%	9%	0,79	0,42	0,42	<i>M. spicatum</i>				
FRDT13h	Charnier	2	2010	1,3	1	60%	0%	0,68	0,1	0,1	<i>M. spicatum</i>				
FRDT13h	Charnier	3	2010	1,2	1	23%	0%	0,38	0,1	0,05	<i>M. spicatum</i>	<i>C. demersum</i>			
FRDT13h	Charnier	4	2010	1,2	1	60%	0%	0,68	0,1	0,1	<i>M. spicatum</i>				
FRDT13h	Charnier	5	2010	1,3	1	47%	0%	0,57	0,1	0,1	<i>M. spicatum</i>				
FRDT13h	Charnier	6	2010	0,9	2	93%	0%	0,95	0,1	0,1	<i>M. spicatum</i>	<i>P. pectinatus</i>			
FRDT13h	Charnier	7	2010	1,2	1	87%	0%	0,89	0,1	0,1	<i>M. spicatum</i>				
FRDT13h	Charnier	8	2010	1,2	1	70%	0%	0,76	0,1	0,1	<i>M. spicatum</i>				
FRDT13h	Charnier	l	2010	0	3						<i>M. spicatum</i>	<i>P. pectinatus</i>	<i>C. aspera</i>		
FRDT13h	Charnier	r	2010	0	1						<i>M. spicatum</i>				
FRDT13h	Charnier	e	2010	0	1						<i>M. spicatum</i>				
FRDT13h	Charnier	i	2010	0	3						<i>M. spicatum</i>	<i>P. pectinatus</i>	<i>C. aspera</i>		
FRDT13h	Charnier	n	2010	0	1						<i>M. spicatum</i>				
FRDT13h	Scamandre	2	2010	1,5	0	0%	0%	0	nd	0					
FRDT13h	Scamandre	3	2010	1,5	0	0%	0%	0	nd	0					
FRDT13h	Scamandre	4	2010	1,5	0	0%	0%	0	nd	0					
FRDT13h	Scamandre	6	2010	1,5	0	0%	0%	0	nd	0					
FRDT13h	Scamandre	7	2010	1,5	0	0%	0%	0	nd	0					
FRDT13h	Scamandre	8	2010	1,5	0	0%	0%	0	nd	0					
FRDT13h	Scamandre	11	2010	1,4	1	3%	0%	0,13	nd	0,07	<i>P. crispus</i>				
FRDT13h	Scamandre	12	2010	1,2	0	0%	0%	0	nd	0					
FRDT13h	Scamandre	1	2010	1,1	1	13%	0%	0,28	0,1	0,05	<i>P. pectinatus</i>				
FRDT13h	Scamandre	5	2010	1,3	1	23%	0%	0,38	0,1	0,05	<i>P. crispus</i>				
FRDT13h	Scamandre	9	2010	1,3	1	17%	0%	0,32	0,1	0,02					
FRDT13h	Scamandre	10	2010	1,4	2	13%	0%	0,28	0,1	0,05	<i>P. pectinatus</i>	<i>P. crispus</i>			
FRDT13h	Scamandre	f	2010	0	3						<i>P. pectinatus</i>	<i>P. crispus</i>	<i>C. aspera</i>		
FRDT13h	Scamandre	p	2010	0	2						<i>P. pectinatus</i>	<i>P. crispus</i>			
FRDT15c	Bolmon	2	2010	1,5	1	3%	0%	0,13	nd	0,07					
FRDT15c	Bolmon	3	2010	1,5	0	0%	0%	0	nd	0					
FRDT15c	Bolmon	5	2010	1,7	0	0%	0%	0	nd	0					
FRDT15c	Bolmon	6	2010	1,7	1	3%	0%	0,13	nd	0,07	<i>P. pectinatus</i>				
FRDT15c	Bolmon	8	2010	1,8	1	3%	0%	0,13	nd	0,07	<i>P. pectinatus</i>				
FRDT15c	Bolmon	9	2010	1,7	0	0%	0%	0	nd	0					
FRDT15c	Bolmon	10	2010	0,5	0	0%	0%	0	nd	0					
FRDT15c	Bolmon	1	2010	0,6	1	27%	0%	0,41	0,1	0,06	<i>P. pectinatus</i>				
FRDT15c	Bolmon	4	2010	1,3	1	13%	0%	0,28	0,1	0,05	<i>P. pectinatus</i>				
FRDT15c	Bolmon	7	2010	1,4	1	17%	0%	0,32	0,1	0,02	<i>P. pectinatus</i>				
FRDT15c	Bolmon	11	2010	1,5	1	40%	0%	0,52	0,1	0,09	<i>P. pectinatus</i>				
FRDT15c	Bolmon	12	2010	1,8	1	13%	0%	0,28	0,1	0,05	<i>P. pectinatus</i>				
FRDT15c	Bolmon	f	2010	0	0										
FRDT15c	Bolmon	x	2010	0	1						<i>P. australis</i>				
FRDT15c	Bolmon	l	2010	0	1						Cyanobacteria				
FRDT15c	Bolmon	s	2010	0	2						<i>P. australis</i>	<i>U. lactuca</i>			
FRDTR14f	La Palissade	1	2010	0,8	1	17%	0%	0,32	0,1	0,02	<i>P. pectinatus</i>				
FRDTR14f	La Palissade	2	2010	0,8	1	13%	0%	0,28	0,1	0,05	<i>P. pectinatus</i>				
FRDTR14f	La Palissade	3	2010	0,5	1	73%	0%	0,79	0,1	0,1	<i>P. pectinatus</i>				
FRDTR14f	La Palissade	4	2010	0,9	1	33%	0%	0,47	0,1	0,08	<i>P. pectinatus</i>				
FRDTR14f	La Palissade	5	2010	0,8	1	3%	0%	0,13	nd	0,07	<i>P. pectinatus</i>				
FRDTR14f	La Palissade	k	2010	0	2						<i>P. pectinatus</i>	<i>C. linum</i>			
FRDTR14f	La Palissade	d	2010	0	2						<i>P. pectinatus</i>	<i>P. australis</i>			
FRDTR14f	La Palissade	g	2010	0	4						<i>P. pectinatus</i>	<i>C. linum</i>	<i>P. australis</i>	<i>J. maritimus</i>	
FRDTR14f	La Palissade	m	2010	0	2						<i>P. pectinatus</i>	<i>P. australis</i>			
FRDT09	Grand Bagnas	2	2010	0,8	1	3%	0%	0,12	nd	0,06	<i>P. pectinatus</i>				
FRDT09	Grand Bagnas	4 bis	2010	0,5	1	1%	0%	0,04	nd	0,02	<i>P. pectinatus</i>				
FRDT09	Grand Bagnas	5	2010	0,9	1	100%	0%	1	0,1	0,1	<i>P. pectinatus</i>				
FRDT09	Grand Bagnas	6	2010	0,9	1	90%	0%	0,92	0,1	0,1	<i>P. pectinatus</i>				
FRDT08	Vendres	1	2010	0,4	0	0%	0%	0	nd	0					
FRDT08	Vendres	3	2010	0,5	0	0%	0%	0	nd	0					
FRDT08	Vendres	4	2010	0,45	0	0%	0%	0	nd	0					
FRDT08	Vendres	10	2010	0,75	0	0%	0%	0	nd	0					
FRDT08	Vendres	6	2010	0,55	1	50%	100%	0,6	1	1	<i>R. cirrhosa</i>				
FRDT08	Vendres	8	2010	0,5	1	13%	0%	0,28	0,1	0,05	<i>P. pectinatus</i>				
FRDT08	Vendres	2	2010	1,2	2	75%	0%	0,8	0,1	0,1	<i>P. pectinatus</i>	<i>U. intestinalis</i>			
FRDT08	Vendres	5	2010	0,7	1	30%	0%	0,44	0,1	0,07	<i>P. pectinatus</i>				
FRDT08	Vendres	7	2010	0,8	2	100%	0%	1	0,1	0,1	<i>P. pectinatus</i>	<i>C. aerea</i>			
FRDT08	Vendres	9	2010	0,8	1	25%	0%	0,4	0,1	0,06	<i>P. pectinatus</i>				
FRDT05b	Campignon	1	2010	0,6	5	50%	20%	0,6	0,47	0,47	<i>R. cirrhosa</i>	<i>C. aerea</i>	<i>G. gracilis</i>	<i>U. rigida</i>	<i>P. sertularioides</i>
FRDT05b	Campignon	2	2010	0,6	4	20%	10%	0,35	0,42	0,36	<i>R. cirrhosa</i>	<i>G. gracilis</i>	<i>C. aerea</i>	<i>U. rigida</i>	
FRDT05b	Campignon	3	2010	0,6	2	90%	0%	0,92	0,1	0,1	<i>P. pectinatus</i>	<i>C. aerea</i>			
FRDT05b	Campignon	4	2010	0,6	2	75%	0%	0,8	0,1	0,1	<i>C. aerea</i>	<i>G. gracilis</i>			
FRDT13e	Marette	2	2007	0,6	3	3%	0%	0,1	nd	0,05	<i>P. pectinatus</i>	<i>C. aerea</i>	<i>Ceramium sp.</i>		
FRDT13e	Marette	6	2007	0,65	2	3%	0%	0,1	nd	0,05	<i>P. pectinatus</i>	<i>C. aerea</i>			
FRDT13e	Marette	1	2007	0,6	3	25%	0%	0,4	0,2	0,16	<i>P. pectinatus</i>	<i>C. aerea</i>	<i>Ceramium sp.</i>		
FRDT13e	Marette	4	2007	0,6	4	63%	0%	0,7	0,2	0,2	<i>P. pectinatus</i>	<i>C. aerea</i>	<i>Monostroma</i>	<i>Ceramium sp.</i>	
FRDT13e	Marette	3	2007	0,6	2	20%	0%	0,35	0,1	0,04	<i>C. aerea</i>	<i>P. pectinatus</i>			
FRDT13e	Marette	5	2007	0,4	2	38%	0%	0,5	0,1	0,09	<i>P. pectinatus</i>	<i>Monostroma</i>			

### **2.3.5. Analyse des causes de la turbidité des eaux des lagunes oligo- et mesohalines**

Le Tableau 2 résume les informations collectées sur les 4 lagunes oligohalines dont les peuplements de macrophytes ont été investigués par la Tour du Valat et le Cemagref Bordeaux en 2010. Les données acquises sur la colonne d'eau sont interprétées grâce à la grille RSL pour évaluer l'état des lagunes vis-à-vis de l'eutrophisation (Ifremer et al., 2000).

Une analyse des données de turbidité existantes dans les bases de données de l'IFREMER sur les lagunes oligo et meso-halines a été réalisée. Elle a été réalisée avec 94 dates d'analyse concernant les quatre lagunes étudiées (2 à 4 chacune) dans ce travail ainsi que le Bagnas (12), la Marette (36), Campagnol (18), Vendres (15) et Crey (3). Les analyses visaient à expliquer la turbidité (NTU) par la biomasse de phytoplancton (concentration de chlorophylle *a*) et par la salinité.

Les résultats montrent que la turbidité est significativement corrélée négativement à la salinité (Spearman  $R = -0.268$ ,  $p = 0.006$ ) et positivement à la chl $a$  (Spearman  $R = 0.244$ ,  $p = 0.018$ ). Une analyse en régression multiple montre un effet significatif de la salinité et de la chlorophylle *a* sur la turbidité (Tableau 3).

Lorsqu'un effet site (lagune) est ajouté dans la corrélation multiple, l'analyse montre un fort effet site et aucun autre effet n'est significatif. Lorsque l'analyse est réalisée site par site (seulement les 4 lagunes avec le plus de données), les relations entre la turbidité et la salinité sont contrastées (Tableau 4). La turbidité est significativement corrélée à la salinité pour 3 lagunes mais cette corrélation est positive dans un cas (Bagnas) alors qu'elle est négative dans 2 situations (Campagnol et Marette). La turbidité n'est corrélée à la concentration en Chl $a$  que dans un cas (Bagnas).

**Tableau 2.** Comparaison de la qualité des eaux vis-à-vis de l'eutrophisation en 2005 et 2009 (grille RSL, Ifremer et al., 2000), des indicateurs de richesse, de fréquence et d'abondance de la végétation et de l'abondance relative des macrophytes submergés sur les stations de pleine eau des lagunes de la Grand Palun, du Scamandre, du Charnier et de Bolmon ; le code couleur RSL : bleu= très bon, vert= bon, jaune= moyen, orange= médiocre, rouge= mauvais. Pour l'Etang du Charnier, la teneur en Matière organique du sédiment (M.O. Sédiment) a été mesurée en 2005 (Aquascop 2006) et la salinité a été mesurée en juin 2011.

		Gde Palun			Scamandre			Charnier			Bolmon		
		2009			2005			2005			2009		
ÉTÉ		juin	juillet	août	juin	juillet	août	juin	juillet	août	juin	juillet	août
	O <sub>2</sub> sat	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Turbidité	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Chl <i>a</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Chl <i>a</i> + Pheo	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Etat colonne d'eau été		■			■			■			■		
Moyenne annuelle de salinité (2009)		3,4			0,94			2,5			6,57		
M.O. Sédiment (% PS)		1,5			7			8			14,8		
Profondeur moyenne		56			126			97			125		
Richesse totale		2			3			4			3		
Richesse macrophytes submergées		2			3			4			2		
Fréquence stations végétalisées (%)		100			50,0			100			63		
Fréquence végétation / point (%)		46			13			59			9		
Abondance végétation / point		0,88			0,18			0,88			0,19		
<b>Abondance relative / espèce (%)</b>													
<i>Chara aspera</i>					<1			4					
<i>Potamogeton pectinatus</i>		72			68			6			85		
<i>Potamogeton crispus</i>					31								
<i>Myriophyllum spicatum</i>								89					
<i>Ceratophyllum demersum</i>								1					
<i>Chaetomorpha linum</i>		4											
<i>Ulva lactuca</i>											8		
Cyanobactéries (tapis)											3		

**Tableau 3.** Effets de la salinité et de la teneur en chlorophylle *a* sur la turbidité des lagunes oligo- et mesohalines.

Effet	Somme carrés	d.d.l.	Carré moyen	F	P
Ord.					
Origine	25547,22	1	25547,22	55,64895	0,000000
Salinité	4532,95	1	4532,95	9,87403	0,002284
Chl <i>a</i>	2030,89	1	2030,89	4,42384	0,038295
Erreur	40398,88	88	459,08		

Ces résultats montrent que la turbidité de l'eau, et donc la lumière disponible pour les macrophytes, varie fortement entre les sites, avec un effet contrasté entre les sites. La turbidité n'est pas toujours expliquée par des niveaux élevés de chlorophylle *a* et donc par des états eutrophisés. D'autre part, la turbidité a tendance à augmenter avec des salinités basses. Ces résultats sont conformes à l'hypothèse selon laquelle des facteurs physiques, indépendants des apports trophiques, comme la teneur en matières en suspension (défloculation des argiles), pourraient être à l'origine des turbidités élevées dans les lagunes très peu salées.

**Tableau 4.** Corrélation entre la Turbidité de l'eau (NTU) pour quatre lagunes méditerranéennes et la salinité de l'eau et sa teneur en chlorophylle *a*.

	n	Salinité		Chla	
		R	p	R	p
Campagnol	18	-0,53	<b>&lt;0,05</b>	-0,27	n.s.
Bagnas	12	0,53	<b>0,05</b>	0,6	<b>&lt;0,05</b>
Marette	36	-0,69	<b>&lt;0,01</b>	0,08	n.s.
Vendres	15	0,03	n.s.	0,14	n.s.

### 3. Discussion et conclusions

Les mauvais diagnostics obtenus pour l'ensemble des lagunes oligo et mésosalines (Tableau 1) avec l'outil actuellement disponible pour évaluer l'état des macrophytes des lagunes dans le cadre de la DCE, soumises à des pressions anthropiques variées, posent question quant à la pertinence de l'outil de diagnostic macrophytes dans les lagunes peu salées. Il est notable que les caractéristiques physico-chimiques de la colonne d'eau en été (grilles RSL 2005 et 2009) ne reflètent pas non plus cette variété de pressions anthropiques (Tableau 2), avec une mauvaise qualité pour toutes les lagunes et toutes les dates. Cette situation peut être expliquée soit par une qualité globalement mauvaise des lagunes quel que soit le degré d'anthropisation, soit par une mauvaise réponse des indicateurs aux conditions particulières des lagunes oligo-halines. Cette dernière hypothèse semble la plus probable compte tenu de la variété des pressions anthropiques. Des travaux complémentaires sont nécessaires pour valider cette hypothèse et devraient considérer 2 dimensions dans les lagunes oligo et mésosalines : la valeur indicatrice des macrophytes et les facteurs physiques du milieu susceptibles de limiter leur abondance et diversité.

Les principes de l'indicateur macrophytes développé pour les lagunes marinisées, fondé sur la sensibilité des espèces à l'eutrophisation, sont probablement à redéfinir dans le cadre d'une application aux lagunes moins salées.

Plusieurs éléments sont à prendre en compte dans le développement de l'indicateur macrophytes pour les lagunes oligo- et méso halines : (1) la composition spécifique de la végétation varie rapidement avec la salinité au sein de chacun des types de lagunes (oligo-halines et méso-halines), dont plusieurs font l'objet d'une gestion des niveaux d'eau (Scamandre, Crey, Charnier, Bagnas, Vendres et Marette) (2) il y a très peu de taxons identifiés comme « espèce de référence » pour ces classes de salinité, (3) *Potamogeton pectinatus*, très tolérante à la pollution organique et considérée comme indicatrice de mauvaise qualité dans les lagunes salées, ne devrait probablement pas avoir le même statut dans les lagunes peu salées, (4) l'abondance et la distribution des macrophytes sont corrélées, au moins pour certaines lagunes, à la profondeur de l'eau malgré de faibles profondeurs, suggérant que la lumière est un facteur qui intervient significativement sur la distribution des espèces, (5) les indices d'abondance et de composition calculés pour les lagunes oligo et mésosalines varient peu, suggérant une faible valeur indicatrice de la végétation aquatique dans ce type de milieu.

Des travaux précédents (Charpentier *et al.* 2005) ont montré pour une lagune, le Vaccarès, une très forte variation de la turbidité de l'eau en fonction de la salinité. Cette turbidité était essentiellement causée par une défloculation des argiles à faible salinité. Cette réaction physique, indépendante de la pollution trophique, a des effets confondants avec ceux d'une biomasse élevée de phytoplancton, une conséquence classique de l'eutrophisation. Dans les lagunes étudiées, les relations négatives entre la salinité et la turbidité de l'eau suggèrent qu'une turbidité forte pourrait être une caractéristique intrinsèque des lagunes oligo-halines avec cependant des différences importantes entre sites.

La poursuite des travaux sur la valeur indicatrice des macrophytes et la définition d'un indicateur macrophyte dans les lagunes méditerranéennes oligo et mesohalines nécessitent des travaux complémentaires visant à :

- Comprendre les facteurs responsables de la turbidité dans ces lagunes et la contribution relative des effets de l'eutrophisation à la turbidité,
- Mieux caractériser les exigences des espèces de macrophytes rencontrées et définir des espèces de référence et/ ou leur attribuer une valeur indicatrice par rapport aux différentes variables de forçage (salinité, lumière, eutrophisation, ...).

La recherche de description d'états historiques des lagunes permettrait éventuellement de mieux caractériser leur(s) état(s) de référence. Compte tenu de la diversité des situations et des variables susceptibles d'influencer l'abondance et la distribution des macrophytes dans les lagunes, une augmentation du nombre de sites et un élargissement de la problématique aux lagunes mesohalines sont nécessaires.

#### **4. Perspectives**

Les actions à mettre en œuvre en 2012 dans le cadre de la poursuite de ces travaux (fiche Onema/Ifremer n°5) sont détaillées ci-dessous :

1. Compléter la liste d'espèces de macrophytes présentes dans les 7 lagunes oligo et mésohalines du bassin (Vendres, Bolmon, Scamandre/Crey/Charnier, Bagnas, Marette, Campagnol et Grande Palun), avec pour chaque espèce :
  - la valeur indicatrice par rapport à l'eutrophisation,
  - le caractère envahissant ou non,
  - les limites connues vis-à-vis de la salinité (yc fluctuations saisonnières), de la turbidité et de la profondeur,
  - toute autre information écologique pertinente relative à la qualification de l'état du compartiment « macrophytes ».
2. Déterminer l'occurrence de ces espèces dans les 7 masses d'eau oligo- et mésohalines du bassin, y compris grâce à des données historiques.
3. Identifier, d'une part en fonction de la salinité, de la turbidité et de la profondeur de chaque masse d'eau, et d'autre part des occurrences déterminées au point 2 ainsi que des pressions pertinentes pesant sur les macrophytes de ces masses d'eau, des conditions de référence à dire d'expert par masse d'eau, en terme de richesse spécifique et d'extension spatiale des macrophytes.
4. Identification des regroupements de masses d'eau possibles (références communes ?) et premières conclusions sur la nécessité de découper ou non les types oligo et mésohalins :
  - option 1 : appliquer la même méthode aux lagunes oligo et mésohalines
  - option 2 : séparer en deux types. Pour les mésohalines, on pourrait envisager de tester une adaptation des seuils RSL (adaptation de la liste des espèces caractéristiques, adaptation des seuils), en intégrant toutes les mésohalines échantillonnées dans le RSL, les pressions et le dire d'expert. Pour les oligohalines, on pourrait même appliquer les métriques et la grille « eau douce » éventuellement avec des seuils modifiés, ou déclarer la non pertinence des macrophytes, en attendant d'avoir plus de données, si toutefois le nombre de lagunes justifie un tel développement.
  - un argumentaire sera fait quant au choix de l'une des 2 options.
5. Propositions de métriques pertinentes pour évaluer l'état du compartiment macrophytes des lagunes oligo-mésohalines.

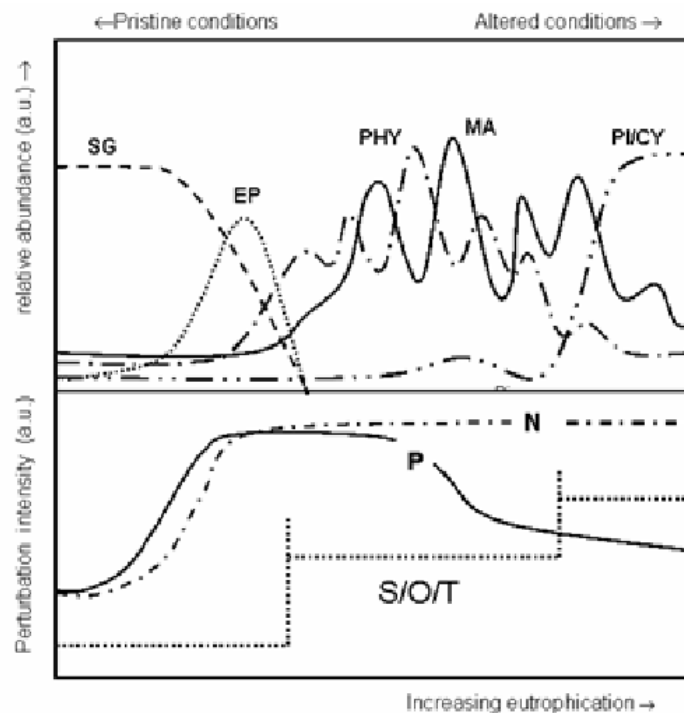


## Annexe. L'indicateur de diagnostic des macrophytes pour les lagunes dans le cadre de la DCE.

V. Derolez, T. Laugier

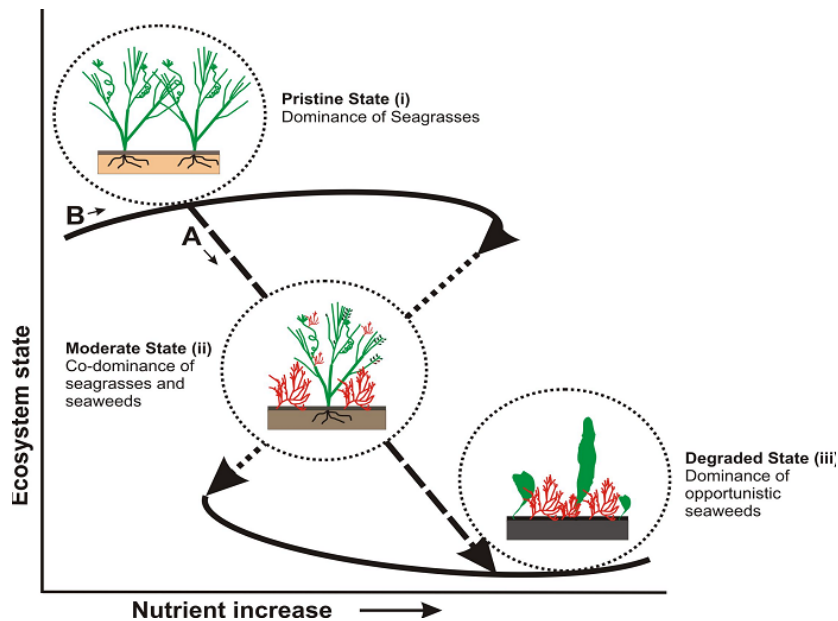
### 1. Principes de l'indicateur

La principale perturbation d'origine anthropique, qui répond généralement à des augmentations de concentration en nutriments dans les masses d'eau littorales, est l'eutrophisation (Nienhuis, 1992 ; Schramm, 1999). Le modèle théorique de Schramm montre l'importance d'un apport de nutriments pour favoriser le taux de croissance des macrophytes, quelle que soit l'espèce considérée (Figure 1).



**Figure 1** : Modèle théorique de présentation des changements caractéristiques des producteurs primaires et les paramètres structurel et fonctionnel associés (SG : Seagrass macrophytes, EP : Epiphytes, PHY : Phytoplankton, MA : Macroalgae, PI/CY : Picoplankton et cyanobactéries), au cours de la phase d'augmentation de l'eutrophisation (Viaroli et al. 2008, depuis Schramm, 1999 et Nilssen, 1978).

**La composition spécifique des peuplements de macrophytes apporte une information importante sur la qualité de la masse d'eau considérée, vis-vis de la principale pression mesurée, qui est la pression d'eutrophisation (Figure 2).**



**Figure 2** : Etat d'un écosystème en fonction de la concentration en nutriments dans le milieu et espèces de macrophytes correspondantes (Viaroli et al., 2008, depuis Orfanidis et al., 2005).

Les macrophytes de substrat meuble peuvent être séparés en deux groupes d'espèces, fondés sur leur forme de vie et sur la qualité du milieu associée :

- Les **phanérogames marines** (à l'exception de l'espèce *Potamogeton pectinatus* dans les lagunes oligo et mésahalines) et **algues polluo-sensibles** : peuplements souvent fixés, qui sont considérés comme des espèces de **peuplements de référence** ;
- Les **algues opportunistes**, sous forme de **peuplement dérivant**.

Les phanérogames, comme les zostères, les cymodocées, les Ruppia, représentant les espèces de l'équilibre maximal d'une lagune, sont qualifiées d'**espèces de référence**. Ce sont les espèces formant des peuplements de référence pour étudier la qualité du milieu.

L'évolution vers des écosystèmes dégradés se traduit par une succession de communautés de macrophytes, où les espèces de référence sont remplacées par des espèces opportunistes ou dérivantes, caractéristiques d'une perte de la qualité de l'écosystème. La disparition des espèces de référence peut témoigner d'une eutrophisation des eaux (enrichissement en éléments nutritifs), donc d'une pollution du milieu, et constitue un indicateur d'un mauvais état de la masse d'eau.

## 2. Indicateur de composition

### 2.1. Paramètres et valeur de référence

L'indicateur élaboré pour l'évaluation de la composition du compartiment macrophytes prend en compte le **pourcentage relatif de recouvrement des espèces de référence**, (liste des espèces dans le Tableau 5) **croisé avec la richesse spécifique**. Ce pourcentage est calculé pour l'ensemble des stations qui ont un recouvrement végétal total supérieur à 5%.



**Tableau 5:** Liste des espèces de référence.

Liste des espèces de référence	
Acetabularia acetabulum	Hypnea valentiae
Antithamnion cruciatum	Lamprothamnium papulosum
Bryopsis hypnoides	Laurencia microcladia
Bryopsis plumosa	Laurencia obtusa
Centroceras clavulatum	Lomentaria clavellosa
Ceramium ciliatum	Nitophyllum punctatum
Ceramium diaphanum	Osmundea pinnatifida
Ceramium gracillimum	Polysiphonia denudata
Ceramium tenerrimum	Polysiphonia mottei
Chondracanthus acicularis	Polysiphonia opaca
Chondria dasyphylla	Polysiphonia sertularioides
Chylocladia verticillata	Pterosiphonia parasitica
Cladostephus spongiosus	Pterosiphonia pennata
Cymodocea nodosa	Pterothamnion plumula
Cystoseira barbata	Ruppia cirrhosa
Cystoseira compressa	Ruppia maritima
Cystoseira fimbriata	Spyridia filamentosa
Dictyota dichotoma	Valonia aegagropila
Dictyota spiralis	Valonia utricularis
Gelidium crinale	Zostera marina
Gymnogongrus griffithsiae	Zostera noltii

**Nous considérons ici une composition de référence comme une communauté composée à 100% d'espèces de référence, à partir de quoi il est possible de définir une grille en fonction de l'écart à la référence.**

## 2.2. Grille d'évaluation

A partir des taux de recouvrement relatif déterminés sur le terrain et du nombre d'espèces présentes (richesse spécifique), il est possible de définir des classes de qualité pour l'indicateur de composition (Tableau 6.).

**Tableau 6.:** Grille de diagnostic de l'indicateur de composition pour les macrophytes.

Recouvrement relatif des espèces de référence (RR)		
$75\% \leq RR$	Très bon	
$50\% \leq RR < 75\%$	Bon	
$5\% \leq RR < 50\%$	Moyen	
$0 < RR < 5\%$	Médiocre	
Absence		Mauvais
Richesse Spécifique (RS)	$RS \geq 3$	$RS < 3$

**Etat Très bon** : les espèces de référence dominant, des proliférations d'algues opportunistes peuvent être présentes très localement. La diversité est satisfaisante.

**Etat Bon** : les espèces de référence dominant, les algues opportunistes prolifèrent localement avec possibilité de crises anoxiques exceptionnelles. La diversité est satisfaisante.

**Etat Moyen** : les espèces de référence ne dominant plus mais sont présentes, les espèces opportunistes prolifèrent localement avec des crises anoxiques locales mais récurrentes. La diversité est satisfaisante.

**Etat Médiocre** : les espèces de référence sont très faiblement représentées, les espèces opportunistes ne dominant pas constamment mais peuvent produire des anoxies générales. La diversité est réduite.

**Etat Mauvais** : les espèces de référence sont absentes, seules les espèces opportunistes peuvent proliférer avec des crises anoxiques générales et récurrentes. La diversité est faible.

Quand le recouvrement végétal total est inférieur à 5%, on considère que l'on ne peut pas faire le diagnostic de la composition du peuplement, celui-ci étant trop réduit pour être représentatif.

### 2.3. Ratio de Qualité Ecologique pour la composition (EQR<sub>c</sub>)

La Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE impose la mise en place pour chacun des Etats Membres de Ratio de Qualité Ecologique (EQR), prenant de valeurs de 0 à 1. Pour l'EQR lié à l'indicateur de composition, ainsi que pour les autres EQR, il a été défini un pas de valeur de 0.2, afin de couvrir les cinq classes de qualité imposées par la DCE, selon les encadrements fournis en Tableau 7.

**Tableau 7.:** Grille d'évaluation du Ratio de Qualité Ecologique EQR.

EQR	
$EQR \geq 0,8$	Très bon
$0,6 \leq EQR < 0,8$	Bon
$0,4 \leq EQR < 0,6$	Moyen
$0,2 \leq EQR < 0,4$	Médiocre
$EQR < 0,2$	Mauvais

Le passage de la grille de lecture à la valeur de l'EQR<sub>c</sub>, en respectant les critères d'encadrement des classes de qualité définies ci-dessus, s'effectue selon les formules suivantes :

Si  $RT < 0.05$   $EQR_C$  non défini (noté « nd »)

Si  $RT \geq 0.05$  et

si  $RR \geq 0.5$   $EQR_C = 0.8 RR + 0.2$

ou si  $0.05 \leq RR < 0.5$   $EQR_C = 0.444 RR + 0.378$

ou si  $0 < RR < 0.05$   $EQR_C = 0.4 RR + 0.2$

ou si  $RR = 0$  et  $RS \geq 3$   $EQR_C = 0.2$

ou si  $RR = 0$  et  $RS < 3$   $EQR_C = 0.1$

La valeur obtenue de  $EQR_C$  est arrondie à la seconde décimale

avec  $RT$  : recouvrement végétal total ;  $RR$  : recouvrement relatif espèces de références et  $RS$  : richesse spécifique

La formule sous tableur Excel s'écrit de la façon suivante :

=SI(RT<0,05;"nd";ARRONDI(SI(ET(RS<3;RR=0);0,1;SI(ET(OU(RS>3;RS=3);RR=0);0,2;SI(RR<0,05;0,4\*RR+0,2;SI(ET(OU(RR>0,05;RR=0,05);RR<0,5);0,444\*RR+0,378;0,8\*RR+0,2)))));2))

Ces formules de calcul peuvent être appliquées soit au niveau d'une station, soit au niveau d'une masse d'eau ou lagune. Dans ces derniers cas, ce sont les valeurs moyennes sur l'ensemble des stations des paramètres caractérisant les peuplements ( $RT$ ,  $RR$  et  $RS$ ) qui sont utilisées. **Pour la richesse spécifique, en cas de calcul de moyenne pour une lagune ou une masse d'eau, la valeur retenue est l'arrondi à l'entier le plus proche.**

### 3. Indicateur d'abondance

#### 3.1. Paramètres et valeur de référence

Etant données les faibles profondeurs des lagunes méditerranéennes, en l'absence de perturbations (état de référence), l'ensemble des substrats meubles des lagunes devraient voir se développer des communautés de macrophytes avec des recouvrements végétaux de 100%. Pour les zones les plus profondes (cas des lagunes de Thau, Berre, Diana et Urbino), la composition des communautés se modifie avec la profondeur (diminution de la quantité de lumière et modification de la qualité de la lumière) avec en règle générale un passage des herbiers de phanérogames (fortes exigences en terme de lumière) vers des peuplements d'espèces de macroalgues plus sciaphiles (rhodophyceae ou pheophyceae).

Le paramètre utilisé pour le calcul de l'indice d'abondance est le taux de recouvrement végétal total ( $RT$ ) qui s'applique à l'ensemble des stations d'échantillonnage, avec une valeur comprise entre 0 et 1 (0 à 100% de recouvrement végétal).

#### 3.2. Grille d'évaluation

La grille de lecture pour l'indicateur d'abondance est présentée dans le Tableau 8.

**Tableau 8.:** Grille de lecture de l'indicateur d'abondance des macrophytes.

Recouvrement végétal total (RT)	
$75\% \leq RT$	<b>Très bon</b>
$50\% \leq RT < 75\%$	<b>Bon</b>
$25\% \leq RT < 50\%$	<b>Moyen</b>
$5 \leq RT < 25\%$	<b>Médiocre</b>
$< 5\%$	<b>Mauvais</b>

### 3.3. Ratio de Qualité Ecologique pour l'abondance (EQR<sub>A</sub>)

Comme l'indicateur de composition, l'indicateur d'abondance a été défini selon des classes de qualité avec des pas non réguliers. Une fonction de transfert est nécessaire pour traduire le taux de recouvrement total des espèces végétales en EQR d'abondance, appelé EQR<sub>A</sub>. Les formules pour calculer l'EQR<sub>A</sub> sont les suivantes :

Si  $0.25 \leq RT < 1$   $EQR_A = 0.8 RT + 0.2$

Si  $0.05 \leq RT < 0.25$   $EQR_A = RT + 0.15$

Si  $RT < 0.05$   $EQR_A = 4 RT$

La valeur obtenue de EQR<sub>A</sub> est arrondie à la seconde décimale

avec RT : recouvrement végétal total

La formule sous tableur Excel s'écrit de la façon suivante :

=ARRONDI(SI(RT<0,05;RT\*4;SI(ET(OU(RT>0,5;RT=0,05);RT<0,25);RT+0,15;RT\*0,8+0,2));2)

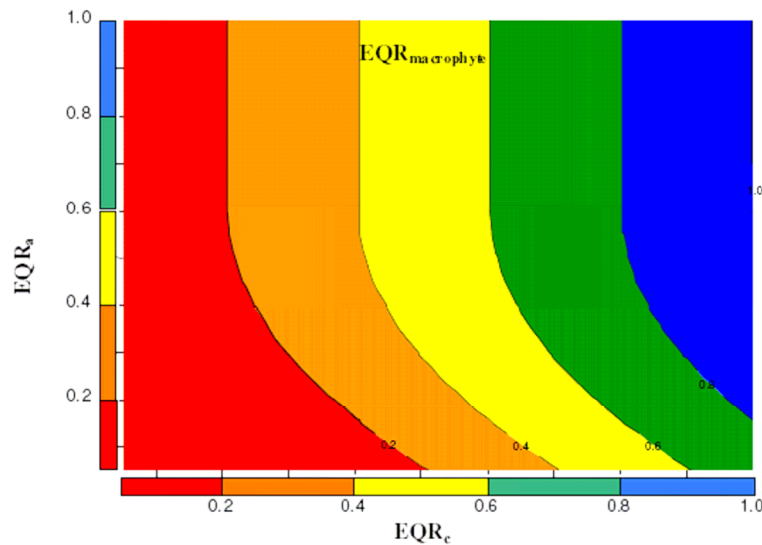
Ces formules de calcul peuvent être appliquées soit au niveau d'une station, soit au niveau d'une masse d'eau ou lagune. Dans ces derniers cas, ce sont les valeurs moyennes sur l'ensemble des stations des paramètres caractérisant les peuplements (RT) qui sont utilisées.

### 3.4. Elaboration d'un EQR macrophytes global (EQR<sub>MAC</sub>)

L'EQR macrophytes résulte de la combinaison de l'EQR de composition et de l'EQR d'abondance. Il est basé sur le principe suivant :

**C'est la présence d'espèces de référence, donc la composition, qui va définir essentiellement la qualité de la masse d'eau pour les macrophytes. Cette qualité sera d'autant plus fortement déclassée que l'abondance n'est pas satisfaisante (à partir de EQR<sub>A</sub> < 0.6 (recouvrement total <50%), soit à partir de la classe de qualité « moyen »).**

Le principe du déclassement de l'indice de composition par l'indice d'abondance fonctionne selon le graphe ci-dessous (Figure 3). Pour des EQR<sub>A</sub> supérieurs ou égaux à 0.6 (classe de qualité très bon et bon), la classe de qualité macrophytes est égale à celle de la composition (EQR<sub>MAC</sub> = EQR<sub>C</sub>). Pour des EQR<sub>A</sub> inférieurs à 0.6, il y a un effet de déclassement progressif et qui s'accroît (fonction polynomiale) au fur et à mesure que l'on s'écarte du seuil bon-moyen de l'EQR<sub>A</sub>.



**Figure 3** : Evolution de l'EQR<sub>MAC</sub> en fonction de l'EQR<sub>C</sub> et l'EQR<sub>A</sub>.

Les formules de calcul pour aboutir à l'EQR macrophytes sont les suivantes :

Si EQR<sub>C</sub> = « nd » EQR<sub>MAC</sub> = EQR<sub>A</sub> / 2

Sinon

Si EQR<sub>A</sub> ≥ 0.6 EQR<sub>MAC</sub> = EQR<sub>C</sub>

Sinon

Si  $(0.6 - \text{EQR}_A)^{1/2} \geq \text{EQR}_C$  EQR<sub>MAC</sub> = 0.05

Sinon EQR<sub>MAC</sub> = EQR<sub>C</sub> -  $(0.6 - \text{EQR}_A)^{1/2}$

La valeur obtenue de EQR<sub>C</sub> est arrondie à la seconde décimale

La formule sous tableur Excel s'écrit de la façon suivante :

```
=ARRONDI(SI(EQR_A="nd";EQR_C/2;SI(OU(EQR_C>0,6;EQR_C=0,6);EQR_A;SI(OU((0,6-EQR_C)^2>EQR_A;(0,6-EQR_C)^2=EQR_A);0,05;EQR_A-(0,6-EQR_C)^2)));2)
```

Ces formules de calcul peuvent être appliquées soit au niveau d'une station, soit au niveau d'une masse d'eau ou lagune, en utilisant les valeurs d'EQR<sub>A</sub> et EQR<sub>C</sub> obtenues pour les unités spatiales (station, lagunes ou masse d'eau) concernées.

## Références bibliographiques

- Andral B., Sargian P., 2010. Directive Cadre Eau. District Rhône et Côtiers Méditerranéens. Contrôles de surveillance/opérationnel. Campagne 2009, 127 p. Site web : <http://www.ifremer.fr/lerlr/surveillance/DCE.html>
- Charpentier A., Grillas P., Lescuyer F., Coulet E. and Auby I. 2005. Spatio-temporal dynamics of a *Zostera noltii* dominated community over a period of fluctuating salinity in a shallow lagoon, Southern France. Estuarine Coastal Shelf Science 64: 307-315.
- Grillas P. et T. David, 2010. Etude pilote pour une évaluation de l'état des macrophytes des lagunes méditerranéennes oligo et méso-halines. Rapport d'étude, ONEMA, IFREMER, 64p.,
- Ifremer, Créocéan, Université de Montpellier 2, 2000. Mise à jour d'indicateurs du niveau d'eutrophisation des milieux lagunaires méditerranéens. 236 p. Site web : <http://rsl.cepralmar.org/telecharger.html>
- Lauret M. Oheix J., Derolez V., Laugier T., 2011. Guide de reconnaissance et de suivi des macrophytes des lagunes du Languedoc-Roussillon. Réseau de Suivi Lagunaire (Ifremer, Cépralmar, Agence de l'Eau RM&C, Région Languedoc-Roussillon). 148 p. Site web : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00043/15416/>
- Nienhuis P.H., 1992. Ecology of coastal lagoons in the Netherlands (Veerse Meer and Grevelingen). Vie et Milieu 42, 59-72.
- Nilssen J.P., 1978. Eutrophication, minute algae and inefficient grazers. Memorie Istituto Italiano di Idrobiologia 36, 121-138.
- Orfanidis S., Stamatis N., Tsiagga E., 2005. Ecological status assessment of Delta Nestos Lagoons by using biological and chemical indicators in agreement to Water Framework Directive (WFD 2000/60). Proceedings 12th Panhellenic Congress of Ichthyologists, 245-248 (en grec avec résumé en anglais).
- Schramm W., 1999. Factors influencing seaweed responses to eutrophication: some results from EU-project EUMAC. Journal of Applied Phycology 11, 69-78.
- Viaroli P., Bartoli M., Giordani G., Naldi M., Orfanidis S., Zaldivar J.M., 2008. Community shifts, alternative stable states, biogeochemical controls and feedbacks in eutrophic coastal lagoons: a brief overview. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 956, 1-13.

**[Le bas de la 4 de couverture pour les documents papier, dernière page pour les documents électroniques]**

**Onema**  
**Hall C – Le Nadar**  
**5 square Félix Nadar**  
**94300 Vincennes**  
**01 45 14 36 00**  
**téléphone**  
[www.onema.fr](http://www.onema.fr)

**Partenaire**  
**Adresse**

**Numéro de**

**Site web**

*Titre court, auteur(s) [sur les pages sans en-tête]*