



MÉTHODE D'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DE CONSERVATION
 DE L'HABITAT D'INTERET COMMUNAUTAIRE PRIORITAIRE
1150-2* LAGUNES COTIERES MEDITERRANEENNES
 A L'ÉCHELLE DU SITE NATURA 2000

FICHES INDICATEURS



www.pole-lagunes.org



Méthode d'évaluation de l'état de conservation de l'habitat d'intérêt communautaire prioritaire **1150-2* Lagunes côtières méditerranéennes** à l'échelle du site Natura 2000

FICHES INDICATEURS

Maître d'ouvrage :



Partenaires :



Financier :



Mars 2014

Conservatoire d'espaces naturels du Languedoc-Roussillon
Parc club du Millénaire, Bât.31 – 1025 avenue Henri Becquerel - 34000 MONTPELLIER
Tél 04 67 02 21 28 / Fax 04 67 58 42 19 - Courriel : pole.lagunes.lr@cenlr.org

Pour plus d'informations, consultez le site du Pôle-relais lagunes méditerranéennes : www.pole-lagunes.org

Sommaire

Indicateur n°1 : Surface de la lagune	4
Indicateur n°2a : Macrophytes en lagune permanente marinisée	6
Indicateur n°2b : Macrophytes en lagune permanente peu salée.....	11
Indicateur n°2c : Macrophytes en lagunes temporaires	14
Indicateur n°3 : Surface des herbiers	19
Indicateur n°4 : Espèces végétales exotiques envahissantes	22
Indicateur n°5 : Invertébrés benthiques	25
Indicateur n°6 : Espèces Animales Exotiques Envahissantes (Cascaill)	30
Indicateur n°7 : Fonctionnement de la liaison à la mer	32
Indicateur n°8 : Intégrité des berges.....	35
indicateur n°9 : Fonctionnement hydrologique.....	39
Indicateur n°10 : Qualité de la colonne d'eau	41
Indicateur n°11 : Contaminants chimiques	43
Indicateur n°12 : Sédiments	45

Référence bibliographique du document

Pôle-relais lagunes méditerranéennes, 2014. Méthode d'évaluation de l'état de conservation de l'habitat d'intérêt communautaire prioritaire 1150-2* Lagunes côtières méditerranéennes à l'échelle du site Natura 2000. Fiches indicateurs. Mars 2014. Rapport Conservatoire d'espaces naturels du Languedoc-Roussillon, 46 pages.

Auteurs principaux

Guillaume Papuga, stagiaire en Master 2 IEGB à l'Université de Montpellier 2, promotion 2011-2012.

Ewen Morin, stagiaire ingénieur en agronomie spécialité Sciences et Génie de l'Environnement et le master Ingénierie du développement durable à l'ENSAIA, promotion 2012-2013.

Sonia Bertrand, Conservatoire d'espaces naturels du Languedoc-Roussillon, Chargée de mission LR du Pôle-relais lagunes méditerranéennes. Contact : pole.lagunes.lr@cenlr.org

Téléchargement

<http://www.pole-lagunes.org/en-action/etudes-et-projets-en-cours/contribution-la-methodologie-d-evaluation-de-l-etat-de-conserva>

Fiche Indicateur n°1 : Surface de la lagune

1) Présentation

La perte d'habitat représente la première cause de régression de la biodiversité à l'échelle mondiale (Noss 1996; Hassan et al. 2005; Hooper et al. 2012). C'est pourquoi la commission européenne a intégré, lors de la rédaction de la directive habitat, un volet « surface » dans la notion d'état de conservation (Union Européenne 1992). Ainsi, pour qu'un habitat soit déclaré en bon état de conservation, sa surface doit être stable ou en progression.

Cet indicateur permet d'évaluer l'évolution de la surface de l'habitat, afin de statuer sur le maintien à long terme de l'écosystème. Il est évalué indépendamment des indicateurs de structure et fonctions.

2) Pertinence par type de lagune

Type de lagune	Permanente marinisée	Permanente peu salée	Temporaire salée	Temporaire peu salée
Pertinence	x	x	x	x

Pour cet indicateur, la méthode est identique pour tous les types de lagunes.

3) Echantillonnage et fréquence des relevés

L'échantillonnage se fait de manière systématique sur toutes les pièces d'eau de la lagune y compris celles situées en dehors du périmètre du site Natura 2000.

L'opération est répétée au minimum à chaque évaluation de l'état de conservation (tous les 6 ans par exemple) mais un suivi plus précis (annuel) peut être mis en place.

4) Protocole

L'évaluation de la perte de surface est réalisée en comparant une surface observée à une surface de référence. Cette référence est définie par la surface identifiée dans le document d'objectifs, ou si ce n'est pas satisfaisant, par la surface fixée lors de la première évaluation de l'état de conservation, qui doit tenir compte de la surface totale de l'habitat y compris les surfaces de l'habitat non incluses dans le périmètre Natura 2000.

Deux méthodes de relevés peuvent être mises en place :

Méthode	Eléments à mesurer	Avantages	Inconvénients
Méthode SIG basée sur la photo-interprétation des données IGN (bd topo et bd ortho)	Surfaces perdues mesurées par SIG (m2 ou ha)	<ul style="list-style-type: none">• Standardisation et rapidité de mise en œuvre.• Possibilité de suivis très réguliers.• Précision du suivi.	<ul style="list-style-type: none">• Complexe et cher à mettre en place.
Méthode par relevé et caractérisation de la perte (anthropique ou naturel) sur le terrain par le gestionnaire.	Surfaces perdues relevées sur le terrain (m2 ou ha)	<ul style="list-style-type: none">• Facile et peu coûteux à mettre en place par les gestionnaires.	<ul style="list-style-type: none">• Nécessite de clarifier les pertes naturelles (comblement, etc.).• Nécessite de connaître tous les projets d'aménagement des communes.

Pour les deux méthodes, le relevé s'accompagne d'une cartographie de l'impact, qui permettra de mesurer précisément les surfaces.

5) Traitement des données

Modalité	Etat attribuée
Absence de pertes	Bon
Perte inférieure ou égale à 1% (lagune $\leq 10\,000\text{m}^2$) ou perte inférieure à 100m^2 (lagune $> 10\,000\text{m}^2$)	Altéré
Perte supérieure à 1% (lagune $\leq 10\,000\text{m}^2$) ou perte supérieure à 100m^2 (lagune $> 10\,000\text{m}^2$)	Dégradé

6) Disponibilité des données

Les données de cet indicateur ne sont pas disponibles et doivent être relevées par le gestionnaire.

La surface de référence est déterminée à partir du document d'objectif.

A noter qu'une méthode SIG a été développée par l'équipe de la Camargue Gardoise.

7) Commentaires

Note sur la surface de référence

La surface de référence est un élément fondamental de la mise en place de cet indicateur, dans la mesure où elle constitue le point de comparaison qui conditionne en partie la note finale. Des parties peuvent être exclues de la surface du Docob (ex : zone de conchyliculture de Salses Leucate). Ainsi, la surface réelle de la lagune peut différer de celle cartographiée comme « habitat naturel 1150* ».

Note sur l'échelle d'évaluation de cet indicateur

L'échelle de la pièce d'eau est remise en question par certains experts (com. pers. Nabila Hamza, DREAL, 2012 ; Farid Bensettiti, MNHN, 2012) : bien qu'elle semble pertinente pour l'évaluation, l'interprétation des pertes serait préférable au niveau du site N2000.

Note sur les travaux de l'agence de l'Eau

Nadine Bosc souligne le fait que des travaux visant à identifier les zones humides dans le cadre de Rhomeo sont en cours sur des bases de photo-interprétation. Cela permettrait notamment d'avoir une méthode homogène sur l'ensemble du bassin.

8) Traitement statistique

Redondance de l'indicateur :

Pour cet indicateur, il n'est pas nécessaire de tester la redondance étant donné le caractère indispensable de l'information qu'il fournit.

Fiche Indicateur n°2a :

Macrophytes en lagune permanente marinisée

1) Présentation

La flore des lagunes est composée de quelques hydrophytes ainsi que d'un grand nombre d'algues (Borum et al. 2004). De part leur caractère intégrateur, les communautés végétales traduisent finement les conditions du milieu. Ainsi, l'analyse de la composition et la diversité de ces groupes végétaux renseignent de précieuses indications sur l'écosystème et son fonctionnement (Borum et al. 2004). Les phénomènes d'eutrophisation illustrent parfaitement cela : le déclin des phanérogames, au profit d'une prolifération d'algues vertes, est lié à l'apport excessif dans la pièce d'eau d'éléments nutritifs azotés ou phosphatés (Laugier et al. 2006). Ceux-ci peuvent être issus de différentes sources, tels les rejets agricoles ou urbains.

L'objectif de cet indicateur est d'apporter une vue d'ensemble des communautés végétales de la lagune, afin de suivre deux objectifs :

- pouvoir interpréter la structure (composition et diversité) de la végétation et en déduire le fonctionnement de la pièce d'eau.
- pouvoir évaluer la persistance d'espèces caractéristiques de l'habitat 1150 lagunes côtières.

La méthode de cet indicateur est directement issue des démarches mises en place par la Directive Cadre sur l'Eau.

Cet indice, largement repris par les gestionnaires, a prouvé sa pertinence scientifique. Il est à noter que les données seront adaptées à l'échelle requise par l'évaluation.

2) Pertinence par type de lagune

Type de lagune	Permanente marinisée	Permanente peu salée	Temporaire salée	Temporaire peu salée
Pertinence	?			

Cet indicateur est valable uniquement pour les lagunes permanentes marinisées. Pour les indicateurs macrophytes sur lagune permanente peu salée et temporaires, voir les fiches correspondantes (fiches n°2b et 2c).

3) Echantillonnage et fréquence des relevés

« Un réseau de station est établi sur le principe d'un maillage régulier, à raison d'un point tous les 100 ha pour les lagunes de plus de 1000 ha et d'un point tous les 50 ha pour les lagunes plus petites. Au niveau de chaque station, une surface de 120 m² est explorée pour renseigner les métriques de l'indicateur macrophyte. » (Directive Cadre Eau Contrôle de surveillance/opérationnel Résultats de la campagne 2009, Andral et Sargian 2010  Suivi DCE 2009 dans la suite du document).

« Toutes les lagunes ne pouvant être suivies la même année pour des raisons de logistique, un roulement est opéré permettant de couvrir l'ensemble des masses d'eau deux fois par plan de gestion. » (Suivi DCE 2009)

4) Protocole

Cet indicateur macrophyte est donné sous forme d'un $EQR_{macrophyte}$ (ratio de qualités écologiques) qui résulte de la combinaison de deux ratios, un d'abondance (EQR_a) et l'autre de composition (EQR_c).

Sur le terrain, les métriques relevées sont :

- Le pourcentage de recouvrement végétal total (RV), qui renseigne sur l'abondance des macrophytes.
- Le pourcentage de recouvrement relatif par les espèces de référence (RR) (NB : cette métrique ne peut être utilisée que lorsque le taux de recouvrement total des végétaux de la station est supérieur à 5%).
- La richesse spécifique (RS). (Nombre d'espèces présentes)

A partir de ces métriques sont calculés les différents ratios comme expliqué dans le protocole du suivi DCE ci-dessous :

➤ EQR de composition : EQR_c

Il prend en compte le pourcentage relatif de recouvrement des espèces de référence (RR), croisé avec la richesse spécifique (RS). Ce pourcentage est calculé pour l'ensemble des stations qui ont un recouvrement végétal total supérieur à 5%. A partir des taux de recouvrement relatifs déterminés sur le terrain et du nombre d'espèces présentes (RS), il est possible de définir les différentes classes de qualité à partir de la grille de diagnostic de l'indice de composition suivante.

Recouvrement relatif des espèces de référence (RR)		
75% ≤ RR	Très bon	
50% ≤ RR < 75%	Bon	
5% ≤ RR < 50%	Moyen	
0 < RR < 5%	médiocre	
Absence	Mauvais	
Richesse spécifique	RS ≥ 3	RS < 3

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

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

Etat moyen : les espèces de référence ne dominent 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 dominent pas constamment mais peuvent produire des anoxies générales. La diversité est réduite.

Mauvais état : 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.

Afin de définir un EQR_c , il a été défini un pas de valeur de 0,2 afin de couvrir les cinq classes de qualités imposées par la DCE, selon les bornes présentées dans le tableau suivant.

	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
EQR_c	≥ 0,8	[0,6-0,8[	[0,4-0,6[	[0,2-0,4[	< 0,2

Pour calculer la valeur de l'EQR_c à partir de la grille de diagnostic de l'indice de composition, la formule suivante est employée, en respectant les critères d'encadrement des classes de qualité définies ci-dessus :

Cette formule de calcul peut être appliquée soit au niveau d'une station soit au niveau d'une masse d'eau ou d'une 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.

Si $RV < 0.05$	EQR _c non défini (noté « nd »)
Si $RV \geq 0.05$ 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	
<i>avec RV : recouvrement végétal total ; RR : recouvrement relatif espèces de références et RS : richesse spécifique</i>	
<i>La formule sous tableur Excel s'écrit de la façon suivante</i>	
<code>=SI(RV<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))</code>	

➤ EQR d'abondance : EQR_a

Le paramètre utilisé pour le calcul de l'indice d'abondance est le taux de recouvrement végétal total (RV) qui s'applique à l'ensemble des stations d'échantillonnage, avec une valeur comprise entre 0 et 1 (0 à 100% de recouvrement végétal). La grille de lecture pour l'indice d'abondance est présentée dans le tableau suivant.

Recouvrement végétal total (RV)	
$75\% \leq RV$	Très bon
$50\% \leq RV < 75\%$	Bon
$25\% \leq RV < 50\%$	Moyen
$5\% < RV < 25\%$	médiocre
$< 5\%$	Mauvais

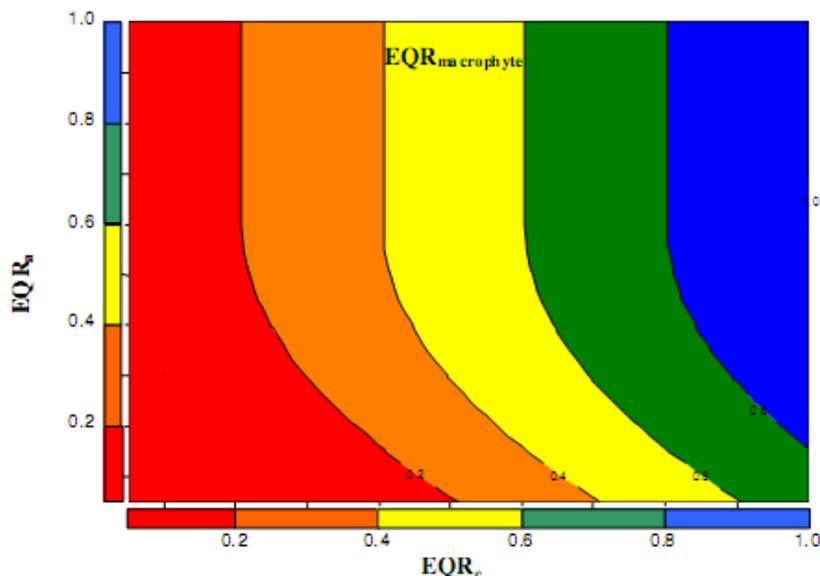
Comme l'indice de composition, l'indice d'abondance a été défini selon les 5 classes de qualité avec des pas non réguliers. Une fonction de transfert est nécessaire pour traduire le taux de recouvrement total des espèces végétales en EQR, appelé EQR_a. La formule l'EQR_a est la suivante :

Si $0.25 \leq RV < 1$	$EQR_a = 0.8 RV + 0.2$
Si $0.05 \leq RV < 0.25$	$EQR_a = RV + 0.15$
Si $RV < 0.05$	$EQR_a = 4 RV$
La valeur obtenue de EQR _a est arrondie à la seconde décimale	
<i>avec RV : recouvrement végétal total</i>	
<i>La formule sous tableur Excel s'écrit de la façon suivante</i>	
<code>=ARRONDI(SI(RV<0,05;RV*4;SI(ET(OU(RV>0,5;RV=0,05);RV<0,25);RV+0,15;RV*0,8+0,2)));2)</code>	

Cette formule de calcul peut être appliquée 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 (RV, RR et RS) qui sont utilisées.

➤ **EQR macrophyte : $EQR_{\text{macrophyte}}$**

L' $EQR_{\text{macrophyte}}$ résulte de la combinaison des EQR composition et abondance. Il est basé sur le principe suivant : c'est la présence des espèces de référence, donc la composition, qui va définir basiquement la qualité de la masse d'eau pour les macrophytes et qui sera d'autant plus fortement déclassée que l'abondance ne sera pas satisfaisante (à partir de $EQR_a < 0,6$, soit à partir de la classe de qualité "moyenne"). Le principe de déclassement de l'indice de composition par l'indice d'abondance fonctionne selon la grille de lecture qui suit.



Pour des $EQR_a \geq 0,6$ (classe de qualité "très bon" et "bon"), la classe de qualité pour l'indicateur macrophyte est égale à celle de la composition :

$EQR_{\text{macrophyte}} = EQR_c$. Pour des $EQR_a < 0,6$, il y a un effet déclassant progressif et qui s'accroît (fonction polynomiale) au fur et à mesure que l'on s'écarte du seuil "bon/moyen" pour l' EQR_a .

Les formules de calcul pour aboutir à l' $EQR_{\text{macrophyte}}$ sont les suivantes :

Si $EQR_c = \text{« nd »}$	$EQR_{\text{macrophyte}} = EQR_a / 2$
Sinon	
Si $EQR_a \geq 0,6$	$EQR_{\text{macrophyte}} = EQR_c$
Sinon	
Si $(0,6 - EQR_a)^{1/2} \geq EQR_c$	$EQR_{\text{macrophyte}} = 0,05$
Sinon	$EQR_{\text{macrophyte}} = EQR_c - (0,6 - EQR_a)^{1/2}$
La valeur obtenue de EQR_c est arrondie à la seconde décimale	
<i>La formule sous tableur Excel s'écrit de la façon suivante</i>	
=ARRONDI(SI(EQRa="nd";EQRc/2;SI(OU(EQRc>0,6;EQRc=0,6);EQRa;SI(OU((0,6- EQRc)^2>EQRa;(0,6- EQRc)^2=EQRa);0,05;EQRa-(0,6-EQRc)^2)));2)	

Guide officiel des règles d'évaluation DCE : Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2013). Guide relatif aux règles d'évaluation de l'état des eaux littorales (eaux côtières et eaux de transition) en vue de la mise à jour des états des lieux. 128 p.

Guide de reconnaissance des macrophytes : 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 Rhône Méditerranée et Corse, Région Languedoc-Roussillon. 148 p.

Disponible à l'adresse suivante : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00043/15416/>

5) Traitement des données

La prise de décision quant à la note de l'indicateur se fait suivant le tableau ci-dessous.

Les classes de la DCE pour l'EQR_{macrophyte} ont été reprises :

Modalité	Note
Indice EQR $\geq 0,8$	0
Indice EQR $< 0,8$ et $\geq 0,6$	-10
Indice EQR $< 0,6$ et $\geq 0,4$	-20
Indice EQR $< 0,4$ et $\geq 0,2$	-30
Indice EQR $< 0,2$	-40

6) Disponibilité des données

Les données relatives à la campagne DCE de 2012 sont à demander auprès de :

- l'Agence de l'eau (Nadine Bosc & Anais Giraud)
- l'Ifremer (Nathalie Malet & Valérie Dérolez)

7) Commentaires

Il existe des cas particuliers (ex : Etang de Berre) pour lesquels l'effort d'échantillonnage est différent. La surface et la profondeur de cette lagune ont amené à :

- cibler une grille de base 200ha
- éliminer les points dont la profondeur est supérieure à 6m (réputés sans herbiers)

Cet effort d'échantillonnage semble suffisant (com. pers. Guillaume Bernard, GIPREB).

8) Traitement Statistique

Une étude statistique doit être menée pour déterminer si la pression d'échantillonnage utilisée pour le suivi DCE est suffisante pour l'application à l'échelle de la pièce d'eau de la méthode.

Fiche Indicateur n°2b :

Macrophytes en lagune permanente peu salée

1) Présentation

Les herbiers de macrophytes sont des éléments structurants du milieu. Leur présence favorise la sédimentation, limite la re-suspension des sédiments et contribue à les aérer, et offre des habitats pour la faune aquatique. De plus, ils constituent (avec le phytoplancton) la base de la production primaire de la lagune, et offrent un support alimentaire aux oiseaux d'eau, poissons et invertébrés (Grillas et al., 2001). Il apparaît donc nécessaire d'évaluer ces éléments pour déterminer l'état de conservation des lagunes.

Un indicateur macrophyte pour les lagunes permanentes marinisées a été développé par l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer) en charge de l'évaluation écologique des eaux côtières et de transition. Mais cet indicateur présente des limites d'applicabilité pour les lagunes oligo- et méso-halines, d'où la nécessité de développer un nouvel indicateur.

Cet indicateur macrophyte en lagune permanente peu salée est en cours de développement à la tour du Valat en partenariat avec l'IFREMER. Il est développé dans le cadre de l'application de la Directive Cadre sur l'eau (DCE). Il sera repris tel quel dans la méthode d'évaluation de l'état de conservation. Il est à noter que cet indicateur est toujours en phase de validation.

2) Pertinence par type de lagune

Type de lagune	Permanente marinisée	Permanente peu salée	Temporaire salée	Temporaire peu salée
Pertinence		x		

3) Echantillonnage et fréquence des relevés

A développer : même pression que sur permanentes marinisées ?

4) Protocole

Il faut tout d'abord déterminer le recouvrement végétal total de la lagune, si celui-ci est inférieur à 5%, l'indicateur ne s'applique pas.

S'il est supérieur à 5%, on peut alors calculer le barycentre de la communauté à partir de l'abondance des espèces et la valeur des groupes indicateurs développés ci-dessous :

<u>GRUPE 1</u>	<u>GRUPE 2</u>	<u>GRUPE 3</u>	<u>GRUPE 4</u>	<u>GRUPE 5</u>
- <i>L. papulosum</i> - <i>C. aspera</i> - <i>C. baltica</i>	- <i>C. globularis</i> - <i>R. cirrhosa</i> - <i>P. pusillus</i>	- <i>P. pectinatus</i> - <i>M. spicatum</i> - <i>P. crispus</i> - <i>Ceramium</i> sp.	- <i>C. demersum</i> - <i>Gracilaria</i> sp. - <i>Chaetomorpha</i> sp.	- <i>Ulva</i> sp. - <i>Monostroma</i> sp. - <i>Cladophora</i> sp. - Cyanobactéries
<u>VALEUR 1</u>	<u>VALEUR 0.8</u>	<u>VALEUR 0.6</u>	<u>VALEUR 0.4</u>	<u>VALEUR 0.2</u>

Les groupes reflètent un gradient de tolérance croissante à la dégradation du milieu (similaire à celui de Viaroli et al., 2008).

Le barycentre représentant la structure de la communauté est calculé grâce à la formule suivante :

$$\text{Barycentre (Ba)} = \frac{\sum (\text{Abondance groupe} \times \text{Valeur de groupe})}{\sum \text{des abondances}}$$

Pour obtenir la note finale de l'indicateur, on applique deux pondérations à ce barycentre :

- Si la turbidité est corrélée à la chlorophylle-a dans la lagune et si le percentile 90 (P90) des valeurs de concentration de chlorophylle-a dépasse 20µg/L (donc il y a un développement important du phytoplancton), une pondération négative est appliquée au barycentre en fonction de la somme du recouvrement total des phanérogames et charophytes (RPC) dans la lagune comme suit :

SI:

Turbidité corrélée à Chl-a
et
P90[Chl-a] > 20 µg/L

$\left\{ \begin{array}{l} \Sigma \text{ RPC} < 10\% \text{ PONDÉRATION (Ba-0.2)} \\ 10\% < \Sigma \text{ RPC} < 25\% \text{ PONDÉRATION (Ba-0.1)} \\ \Sigma \text{ RPC} > 25\% \text{ SANS PONDÉRATION} \end{array} \right.$

- Si les valeurs du P90 de chlorophylle-a sont supérieures à 100 µg/L, une deuxième pondération négative (-0.1) est effectuée. Ce seuil a semblé opportun parce que les lagunes avec une valeur du P90>100 µg/L de chlorophylle-a indique un développement du phytoplancton très important et donc une dégradation forte du milieu.

Et SI:

$\left\{ \begin{array}{l} \text{P90 [Chl-a]} > 100 \mu\text{g/L PONDÉRATION (Ba-0.1)} \\ \text{P90 [Chl-a]} < 100 \mu\text{g/L SANS PONDÉRATION} \end{array} \right.$

5) Traitement des données

Il suffit ensuite de replacer la valeur de l'indicateur trouvé dans la grille ci-dessous pour obtenir la note associée :

Modalité	Note
≥0.8	0
[0.6-0.8[	-10
[0.4-0.6[	-20
[0.2-0.4[	-30
<0.2	-40

6) Disponibilité des données

Les données sont à développer par chaque gestionnaire à l'échelle du site. Pour information lors du développement de l'indicateur par la Tourdu Valat, plusieurs jeux de données ont été mis en place sur les lagunes suivantes : Bagnas, Campagnol, Vendres, Murette, Scamandre, Charnier, Crey, Grande Palun et Bolmon.

7) Commentaires

Cet indicateur est encore en phase de test et sera à valider ultérieurement.

Fiche Indicateur n°2c : Macrophytes en lagunes temporaires

1) Présentation

Les lagunes temporaires sont des milieux particuliers, dans lesquels une flore typique se développe (Verhoeven 1979). Les espèces rencontrées sont surtout constitutives des associations végétales du *Ruppion maritimae* et du *Charion canescentis*. Il s'agit d'associations vernalles, composées d'espèces annuelles, des eaux saumâtres, polysaumâtres à salées, peu profondes (< 1m) et temporaires. Ces deux associations sont fréquemment imbriquées. La principale caractéristique des espèces qui les constituent est de germer à des niveaux de salinités faibles (2 à 26g/l environ, optimum à moins de 10g/l) mais de se développer et de fructifier à des taux de salinité croissant graduellement au printemps, par concentration, pour dépasser passagèrement la salinité marine (Cook & Guo, 1990 ; Guerlesquin, 1992). Elles se caractérisent encore par leur capacité à entrer en dormance sur de longues périodes, sous forme de fruits, pour ne germer que lorsque les conditions d'inondation du milieu sont favorables (com. pers. JB. Mouronval, 2012).

En effet, les conditions extrêmes du milieu (sécheresse estivale, salinité variable et parfois très élevée) ont amené l'installation d'une végétation de spécialistes ne se développant pour la plupart que dans ces écosystèmes. Parmi ces espèces le genre *Ruppia* (avec *Ruppia maritima* et *Ruppia cirrhosa*) est quantitativement bien représenté, et peut représenter une ressource non négligeable pour les canards migrateurs (notamment les canards siffleurs) qui consomment leurs graines (Tallon 1957). Grâce à leur caractère intégrateur, les végétaux vont également renseigner sur le fonctionnement de la pièce d'eau, ainsi que sur la nature des troubles qui l'affecte.

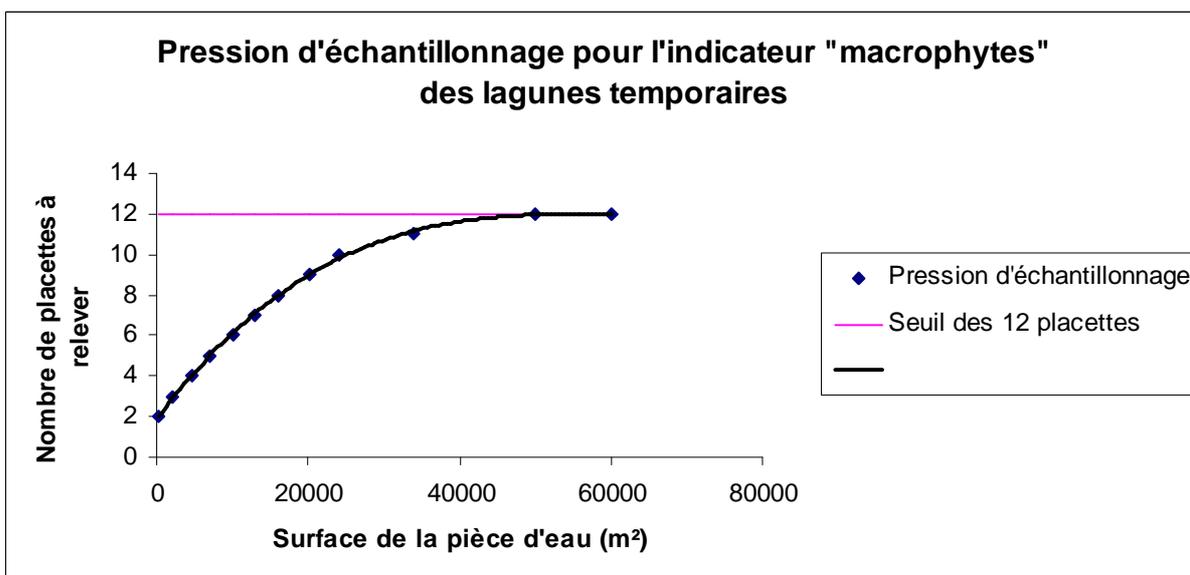
Cet indicateur permet d'évaluer l'état écologique des producteurs primaires, qui constituent la base de tous les réseaux trophiques lagunaires. Pour cela il est nécessaire d'avoir une vue globale des végétaux sur la pièce d'eau.

2) Pertinence par type de lagune

Type de lagune	Permanente marinisée	Permanente peu salée	Temporaire salée	Temporaire peu salée
Pertinence			x	x

3) Echantillonnage et fréquence des relevés

L'évaluation du cortège floristique se fait par plusieurs relevés par pièce d'eau (cercles de 2m de diamètre). La pression d'échantillonnage par pièce d'eau est définie par le graphique ci-dessous.



Fourchette de surface		Nombre de placettes
en m ²	en ha	
<1200	<0,12	2
1200<x<3400	0,12<x<0,34	3
3400<x<5700	0,34<x<0,57	4
5700<x<8200	0,57<x<0,82	5
8200<x<11000	0,82<x<1,1	6
11000<x<14200	1,1<x<1,42	7
14200<x<17800	1,42<x<1,78	8
17800<x<22200	1,78<x<2,22	9
22200<x<28000	2,22<x<2,8	10
28000<x<37500	2,8<x<3,75	11
>37500	>3,75	12

Les placettes sont ensuite réparties sur une grille, avec la possibilité de replacer 1/3 dans des zones d'herbier si aucune placette n'inventorie une végétation.

L'opération est répétée tous les 6 ans lors de l'évaluation de l'état de conservation dans la période du 20 mars au 20 avril (avant la mortalité estivale).

4) Protocole

Il est d'abord nécessaire pour chaque placette de déterminer le recouvrement total, cet indicateur ne s'appliquant pas dans le cas d'une flore nulle ou quasi-nulle.

Pour chaque placette on dresse ensuite la liste des espèces hydrophytes enracinées et des algues, ainsi que de leur recouvrement respectif.

Deux groupes floristiques ont été constitués pour chacun des sous-types de lagunes temporaires défini (flore de référence & indicatrice d'une dégradation).

Lagune temporaire	
Salée	Peu salée

Espèces de référence	<i>Ruppia maritima</i> <i>Ruppia cirrhosa</i> <i>Althenia filiformis</i> gr. <i>Tolypella</i> spp. <i>Lamprothamnium papulosum</i> <i>Chara aspera</i> <i>Chara baltica</i> <i>Chara galioides</i> <i>Chara canescens</i> <i>Riella helicophylla</i> Algues rhodophytes (Polysiphonia)	<i>Ruppia maritima</i> <i>Ruppia cirrhosa</i> <i>Althenia filiformis</i> gr. <i>Ranunculus peltatus / baudotii</i> <i>Tolypella</i> spp. <i>Chara aspera</i> <i>Chara baltica</i> <i>Chara galioides</i> <i>Chara canescens</i> <i>Riella helicophylla</i> Algues rhodophytes (Polysiphonia) <i>Potamogeton pectinatus</i> <i>Zannichellia</i> spp.
Espèce indicatrice d'une dégradation	<i>Potamogeton pectinatus</i> <i>Zannichellia</i> spp. <i>Ranunculus</i> spp. <i>Chara vulgaris</i> <i>Chara globularis</i> <i>Myriophyllum</i> spp. <i>Ceratophyllum</i> spp. <i>Monostroma</i> spp. <i>Ulva</i> spp. <i>Enteromorpha</i> spp. <i>Chaetomorpha</i> spp. <i>Cladophora</i> spp.	<i>Myriophyllum</i> spp. <i>Ceratophyllum</i> spp. <i>Monostroma</i> spp. <i>Ulva</i> spp. <i>Enteromorpha</i> spp. <i>Chaetomorpha</i> spp. <i>Cladophora</i> spp.

Avec cette liste, on détermine les deux paramètres déterminant pour cet indicateur, le recouvrement en espèces de référence et en espèces indicatrice d'une dégradation.

5) Traitement des données

On calcule les moyennes de recouvrement en espèces de référence et indicatrices de dégradation sur la pièce d'eau à partir des recouvrements par placette, que l'on replace dans la grille ci-dessous pour déterminer la note de l'indicateur.

Modalité	Note
Flore indicatrice d'une dégradation rare ou absente	0
Flore indicatrice d'une dégradation recouvrant moins de 10% ou 10 % de la pièce d'eau	-30
Flore indicatrice d'une dégradation recouvrant plus de 10% de la pièce d'eau	-60

6) Disponibilité des données

Les bases de données doivent être mises en place par chaque gestionnaire au niveau de leur site.

7) Commentaires

➤ Combien de temps prévoir pour faire ces relevés ?

Le tableau ci-dessous donne le temps nécessaire par pièce d'eau en fonction de la superficie. Ces temps de relevés ne comprennent pas les trajets pour se rendre sur le site.

Tableau 1: lien entre superficie de la lagune et temps de relevé de l'indicateur macrophytes

Superficie de la pièce d'eau (en m ²)	Nombre de placettes à relever	Temps de relevé approximatif
[0 ; 1200[	2	20 minutes
[1200 ; 11000[	[3 ; 6]	30 minutes
[11000 ; 28000[	[7 ; 10]	1 heure
[28000 ; 50000[	[10 ; 12]	1h30
[50000 ; 100000[	12	2h30
> 100000	12	Demi-journée

Pour exemple, le temps de relevés sur le site des étangs Palavasiens, comprenant 76 pièces d'eau temporaires cartographiées lagunes côtières, serait à peu près de 12 journées de 6 heures de travail effectif (afin de comptabiliser les temps de trajet).

➤ Quelles espèces rechercher lorsqu'une dégradation est connue ?

Lagunes temporaires salées	
Espèces indicatrices de pression	Type de pression
<i>Chara vulgaris</i> / <i>Chara globularis</i> / <i>Ranunculus</i> spp.	Adoucissement
<i>Potamogeton pectinatus</i> <i>Zannichellia</i> spp.	Adoucissement et souvent manque d'assec.
<i>Myriophyllum</i> spp. / <i>Ceratophyllum</i> spp.	Adoucissement important et généralement eutrophisation
<i>Monostroma</i> spp. / <i>Ulva</i> spp. / <i>Enteromorpha</i> spp. / <i>Chaetomorpha</i> spp. / <i>Cladophora</i> spp.	Eutrophisation

Lagunes temporaires peu salées	
Espèces indicatrices de pression	Type de pression
<i>Myriophyllum</i> spp. / <i>Ceratophyllum</i> spp.	Adoucissement important et généralement eutrophisation
<i>Monostroma</i> spp. / <i>Ulva</i> spp. / <i>Enteromorpha</i> spp. / <i>Chaetomorpha</i> spp. / <i>Cladophora</i> spp.	Eutrophisation

➤ Je rencontre des problèmes dans l'identification des espèces, que faire ?

Dans le cas où des difficultés seraient rencontrées, il est possible de se limiter à l'identification des espèces indicatrices d'une dégradation.

➤ **A quelle période je fais les relevés ?**

Il est proposé, lorsque cela est possible, d'effectuer trois passages au cours de la saison, un en avril, un fin mai et un dernier fin juin - début juillet. Ceci permettra d'avoir une meilleure vision du développement maximal des macrophytes au cours de la saison. Lorsque ces trois passages ne seraient pas envisageables, il est proposé de mettre en place une veille du gestionnaire qui pourra surveiller l'état du développement des macrophytes lors de ces passages sur le site pour d'autres suivis, et ce afin d'effectuer le relevé à une période la plus proche possible du développement maximal des cortèges.

Si l'année n'est pas une année favorable, il convient de reporter le relevé dans la mesure du possible, en effet l'évaluation s'effectuant tout les six ans, les relevés de l'indicateur macrophytes devraient se faire au cours d'une année « optimale ». Il est possible, en observant les précipitations hivernales et printanières, de déterminer si l'année sera propice au développement des macrophytes.

Dans le cas particulier des salins où les pièces d'eau sont très nombreuses et la variabilité réduite, il peut être envisagé de mettre en place un échantillonnage aléatoire au lieu de l'échantillonnage systématique si les temps nécessaires au relevé sont trop important. La pression d'échantillonnage devra être déterminée.

Fiche Indicateur n°3 : Surface des herbiers

1) Présentation

Les herbiers lagunaires sont des formations végétales, composées d'hydrophytes. Ils sont généralement dominés par les Zostères (*Zostera noltii* & *Zostera marina*) ainsi que la Ruppie spiralée (*Ruppia cirrhosa*). On retrouve cependant d'autres espèces (diverses algues, dont des Characeae), avec notamment la Cymodocée (*Cymodocea nodosa*) présente dans les lagunes Corses. Ce compartiment est extrêmement important pour le développement de la vie dans les lagunes, à travers la production primaire de biomasse (source de nourriture) mais également la création de micro habitats très favorables à de nombreux organismes (nurseries à poissons, caches pour crustacés, etc.) (Borum et al. 2004). D'autres fonctions, tel le stockage de carbone (Fourqurean et al. 2012) ou la réduction de l'érosion, dépassent le cadre strict de la lagune et peuvent impacter les écosystèmes voisins, voire l'ensemble de la biosphère (Borum et al. 2004). Ces formations ont fortement régressé au cours du 20e siècle, en raison de nombreuses pressions.

Plusieurs démarches visant à cartographier les herbiers de phanérogames des lagunes ont été menées dans différentes pièces d'eau du bassin méditerranéen français. Les cartes produites, souvent comparées avec des données historiques, ont amené l'idée d'un taux de développement effectif de l'herbier, en comparaison à son développement maximal. L'objectif de cet indicateur est d'essayer de formaliser un indice traduisant le développement de l'herbier en lien avec son niveau optimal. En effet, si il est impossible de mesurer le taux de développement de l'herbier nécessaire au maintien de l'écosystème sur le long terme, il est possible de construire une carte de colonisation potentielle en l'absence d'impact humain.

2) Pertinence par type de lagune

Type de lagune	Permanente marinisée	Permanente peu salée	Temporaire salée	Temporaire peu salée
Pertinence	x	x		

Cet indicateur ne s'applique pas aux lagunes temporaires, les herbiers n'étant pas permanents et évoluant au cours de l'année.

3) Echantillonnage et fréquence des relevés

On ne peut pas réellement parler d'échantillonnage pour cet indicateur puisque la méthode est basée sur une cartographie de la pièce d'eau dans son intégralité.

L'opération est à répéter tous les 6 ans, lors de l'évaluation de l'état de conservation.

4) Protocole

Cet indice est basé sur la création de deux cartes par pièce d'eau :

- une carte de **la surface colonisée** par l'herbier est créée par des relevés de terrain (à partir d'images issues de photos aériennes ou de prospection en plongée, à pied ou en kayak). Afin de lisser ces contours de façon homogène, une carte **de la surface concernée** (enveloppe globale) par l'herbier est réalisée. Le contour de chaque tache est redessiné avec une précision fixe (les zones dépourvues

d'herbier sont cartographiées « sans herbier » à partir d'une taille équivalente à un cercle de diamètre 20 m ; deux herbiers sont considérés comme distincts dès lors qu'ils sont séparés par une bande de 20 m ayant un recouvrement en phanérogames nul ou inférieur à 5%). La digitalisation s'effectue à une échelle de 1/10000.

➤ une carte **de la surface potentielle**, adaptée à chaque situation locale. Pour cela, il est nécessaire de soustraire à la surface totale de la lagune des « filtres » correspondant à des zones dépourvues d'herbier, afin de délimiter une zone constituant une référence de développement potentiel :

- le filtre de la profondeur, qui définit la profondeur maximale d'installation de l'herbier, grâce à des données actuelles (ex : investigation macrophytes DCE) et passées (données historiques). Cela permet d'éliminer les parties de la pièce d'eau dont la profondeur ne permet pas le développement des phanérogames.

- le filtre historique : des cartographies historiques des herbiers peuvent apporter des éléments sur la répartition des phanérogames à l'échelle d'une pièce d'eau. Des zones naturellement dépourvues d'herbiers peuvent ainsi être exclues de la cartographie potentielle (ex : berge battue par le vent). Il convient cependant de manier ces données avec précaution, en raison de la fréquente imprécision de ces cartes.

- le filtre du substrat : certains substrats ne permettent pas l'installation et le développement d'un herbier (ex : rochers).

- le filtre de stochasticité : certaines zones peuvent être naturellement soumises à de très fortes variations inter-annuelles du développement des herbiers, causées par des variables environnementales (vent, ensoleillement, etc.) indépendantes des pressions humaines. Il convient alors à l'expert de ne pas prendre en compte ces zones, puisque l'interprétation des résultats ne traduirait pas une modification de l'état de conservation de la lagune, mais un aléa climatique.

Ces filtres se superposent afin de former une zone dépourvue d'herbier, qui par contraste va délimiter la surface potentielle de développement de l'herbier.

5) Traitement des données

Les deux cartes obtenues permettent de calculer les surfaces concernées et potentielles des herbiers. On peut ainsi calculer le rapport :

$$\frac{\text{surface concernée par les herbiers}}{\text{surface potentielle colonisée par les herbiers}}$$

Ce dernier donne un indice de développement de l'herbier par rapport à son potentiel qui peut ensuite être replacé dans la grille ci-dessous pour obtenir la notation correspondante :

Modalité	Note
Rapport $\geq 0,7$ [l'herbier est développé à plus de 70% de son potentiel]	0
$0,7 < \text{Rapport} < 0,4$ [l'herbier est développé à plus de 40% de son potentiel]	-20
Rapport $\leq 0,4$ [l'herbier est développé à moins de 40% de son potentiel]	-40

6) Disponibilité des données

Chaque gestionnaire doit mettre en place sa porte cartographie à l'échelle de son site.

Pour information, un travail a déjà été effectué pour quatre lagunes : Berre, Canet, Leucate et Thau. Le travail sur ces données est disponible dans le rapport de stage de Guillaume Papuga. S'adresser auprès du Conservatoire des espaces naturels du Languedoc-Roussillon (CEN-LR).

7) Commentaires

Note sur la cartographie effective des herbiers :

Plusieurs moyens techniques peuvent être mis en place :

- le « ballon photo » : un appareil photo est porté en altitude à l'aide d'un ballon d'hélium, puis ces photos sont géolocalisées. Si ce procédé a l'avantage d'apporter une résolution très précise, la géolocalisation reste approximative.
- la photo aérienne par avion : un transect est suivi par un avion qui prend des photos, qui seront ensuite géolocalisées. La précision de résolution est légèrement inférieure à la méthode précédente, mais la géolocalisation est très précise. Les herbiers peuvent ainsi être détourés avec une précision de l'ordre de 30 à 50cm.
- la prospection de terrain à pied ou en kayak, à l'aide d'une lunette de Calfat et d'un GPS, permet de détourer le contour des herbiers d'une manière simple et précise. La précision est fonction de l'effort d'échantillonnage mis en place.

Il est à noter que dans le cas d'une photo-interprétation, une vérification de terrain est à réaliser (pointage GPS), ces méthodes devenant alors complémentaire avec le dernier point.

Note sur le type d'herbier :

Les distinctions entre les herbiers de Zostères et de Ruppies spiralées ne sont pas appliquées. Trop peu d'éléments concernant leur écologie sont connus. Cependant, les cartes mises en place distinguent les herbiers monospécifiques des herbiers plurispécifiques, ainsi que les espèces de phanérogames. Ces données pourront soutenir un suivi dans le futur.

Fiche Indicateur n°4 : « Espèces végétales exotiques envahissantes »

1) Présentation

Les « invasions biologiques » constituent une des causes majeures de perte de biodiversité à l'échelle mondiale (Van Dyke 2008). La terminologie associée à ces phénomènes est complexe et nécessite une mise au point (Pyšek et al. 2009; Cellier & Mandon Dalger 2011; Richardson et al. 2011) :

- **une espèce introduite** est une espèce dont la présence en dehors de son aire de répartition naturelle est imputable aux actions humaines.
- **une espèce exotique occasionnelle** est une espèce introduite qui se développe et se reproduit dans une aire donnée, mais ne forme pas de population stable et autosuffisante. Elles peuvent se maintenir sur une zone par le biais d'introductions répétées.
- **une espèce naturalisée** est une espèce introduite qui se reproduit et forme des populations sur de nombreuses générations sans interventions de l'Homme. La plante n'envahit pas forcément les écosystèmes dans lesquels elle se développe, qu'ils soient naturels, semi naturels ou anthropiques.
- **une espèce exotique envahissante (EEE)** est un cas particulier d'espèce naturalisée, qui grâce à de grandes capacités de reproduction et de dispersion, a le potentiel pour s'étendre très rapidement sur un grand territoire, et ainsi augmenter fortement leur aire de répartition. Les EEE sont souvent associées à des impacts significatifs sur le fonctionnement des écosystèmes, mais également sur la santé et les valeurs socio économiques.

Dans le cas des EEE, les impacts générés par ces espèces peuvent être considérables, avec des exemples

- en milieu continental terrestre, avec les Renouées (*Reynoutria* spp.) (Gerber et al. 2008; Andreu & Vilà 2010).
- en milieu continental dulçaquicole, avec les Jussies (*Ludwigia grandiflora* et *L. peploides*) (Andreu & Vilà 2010).
- en milieu marin avec la Caulerpe en racème (*Caulerpa racemosa*) (Ruitton et al. 2005)

Cependant, en dépit du grand nombre d'espèces naturalisées (Verlaque 2001), à l'heure actuelle seule l'algue *Valonia aegagropila* est ajoutée à la liste, celle-ci étant d'origine incertaine mais certainement non indigène et ayant un caractère envahissant. (Cesmat L., 2006).

Bien qu'aucune autre espèce végétale ne soit considérée comme « espèce exotique envahissante » dans les lagunes côtières méditerranéennes par la communauté scientifique, la mise en place d'un indicateur est importante pour des aspects de veille et d'anticipation de futures invasions.

2) Pertinence par type de lagune

Type de lagune	Permanente marinisée	Permanente peu salée	Temporaire salée	Temporaire peu salée
Pertinence	x	x	x	x

3) Echantillonnage et fréquence des relevés

On ne peut pas réellement parler d'échantillonnage pour cet indicateur puisque la méthode est basée sur un suivi de la pièce d'eau dans son intégralité.

L'opération est à répéter tous les 6 ans, lors de l'évaluation de l'état de conservation.

4) Protocole

Cet indicateur est basé sur un suivi du recouvrement d'hypothétiques espèces exotiques envahissantes par différents moyens (cartographie, photos aériennes).

Afin de cibler au mieux le développement de ces espèces, deux métriques sont à déterminer :

- la surface de la pièce d'eau colonisée par des végétaux exotiques envahissants.
- Le linéaire de berges colonisées.

Afin d'aider à la mesure de cet indicateur, deux listes d'espèces ont été créées :

- une liste grise, reprenant les espèces nécessitant une surveillance (mais ne sont pas prises en compte dans la méthodologie d'évaluation de l'état de conservation de l'habitat).
- une liste noire, regroupant les espèces à l'impact avéré, sur lesquels l'indicateur s'applique.

Espèces végétales exotiques envahissantes		
	Liste noire	Liste grise
Phanérogames	<i>Ludwigia spp.</i>	
	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	
	<i>Paspalum distichum</i>	
	<i>Lemna minuta</i>	
	<i>Heteranthera spp.</i>	
Ptéridophytes	<i>Azolla filiculoides</i>	
Algues	<i>Valonia aegagropila</i>	

5) Traitement des données

Une fois les surfaces colonisées relevées, on calcule le rapport entre la surface recouverte et la surface totale de la pièce d'eau ainsi que le rapport entre le linéaire de berges colonisées et le linéaire total que l'on confronte aux seuils dans la grille ci-dessous pour obtenir la note :

Modalité	Note
Moins de 1 % inclus du linéaire de berge ou de la surface est colonisé par une espèce végétale exotique envahissante	0
Entre 1 et 10 % inclus du linéaire de berge ou de la surface colonisé par une espèce végétale exotique envahissante	-5
Plus de 10 % du linéaire de berge ou de la surface est colonisé par une espèce végétale exotique envahissante	-10

6) Disponibilité des données

Le jeu de données est à développer par chaque gestionnaire au niveau de son site.

7) Commentaires

Cette approche a l'avantage d'inclure tous les types biologiques, notamment les hydrophytes flottantes, qui ne sont pas relevées par ailleurs.

Note protocole :

Une méthode alternative, se basant sur l'analyse des données de la DCE sous l'angle de la provenance des espèces et leur démographie, avait initialement été développée mais n'a pas été retenue dans l'indicateur final.

Fiche Indicateur n°5 : Invertébrés benthiques

1) Présentation

Les invertébrés benthiques sont des organismes qui, de part leur faible mobilité, sont extrêmement sensibles aux conditions de leur milieu. Ainsi, la composition des communautés permet, après analyse, d'apporter des éléments sur les conditions du milieu. Sur ce principe, un indice M-AMBI a été développé afin de caractériser l'enrichissement du substrat en lien avec les communautés d'invertébrés benthique présentes (Muxika et al. 2005; Forchino et al. 2011). Des liens existent également avec les phénomènes eutrophisation ou de pollutions.

L'objectif de cet indicateur est de permettre une évaluation représentative des communautés d'invertébrés benthiques afin de pouvoir identifier les potentielles sources de perturbation de la lagune. Il est mis en place dans les sites suivis par la DCE et est intégré tel quel dans la méthodologie.

2) Pertinence par type de lagune

Type de lagune	Permanente marinisée	Permanente peu salée	Temporaire salée	Temporaire peu salée
Pertinence	✘	✘	✘	✘

Cet indicateur ne s'applique pas sur les lagunes temporaires. La proposition d'étudier les invertébrés (branchiopodes, cladocères, etc.) des lagunes temporaires a été rejetée, pour plusieurs raisons cumulatives :

- une trop grande stochasticité démographique, nécessitant pour un échantillonnage pertinent une pression très forte, augmentant nettement le temps nécessaire à la démarche (et donc son coût).
- une technicité trop grande pour l'identification des espèces.
- le manque de bibliographie mettant en relation des cortèges d'invertébrés avec l'état de conservation du milieu (au sens de la Directive Habitat).

3) Echantillonnage et fréquence des relevés

Pour le suivi de la macrofaune benthique dans les lagunes méditerranéennes, une à trois stations sont suivies par masse d'eau, conduisant à un total de 30 stations échantillonnées.

Pour chaque station, trois sous-stations sont réalisées, espacées d'environ une dizaine de mètres pour une meilleure représentativité de la zone prospectée. Chaque sous-station se compose de quatre réplicats, séparés de quelques mètres l'un de l'autre. Les prélèvements sont réalisés à l'aide d'une benne Eckmann-Birge d'une surface de 0,0225 m². Chaque réplicat correspond à une benne. Ainsi, la surface totale échantillonnée est de 0,27 m² par station. (Synthèse DCE Rhône et côtiers méditerranéens, Andral et Sargian, 2010)

L'opération est répétée tous les 2 à 3 ans.

4) Protocole

Le protocole qui suit est issu directement du document : Synthèse DCE Rhône et côtiers méditerranéens, Andral et Sargian, 2010.

Les échantillons prélevés sont tamisés sur un tamis de vide de maille de 1 mm. Le refus du tamis contenant la faune benthique mélangée à des particules grossières, des débris coquilliers et autres fragments, est conditionné dans des sacs de congélation avec une solution aqueuse de formaldéhyde (32% dilué à environ 7% avec de l'eau des lagunes) et de Rose de Bengale.

En parallèle, et pour chaque station, un prélèvement complémentaire de sédiment est réalisé dans les mêmes conditions pour l'analyse de la qualité du substrat et de la structure des fonds.

Les échantillons faunistiques sont dénombrés et déterminés sous la loupe binoculaire jusqu'au niveau spécifique. Pour chaque espèce sont calculées l'abondance et la biomasse. Pour chaque échantillon sont déterminées :

- La richesse spécifique : le nombre d'espèces différentes présentes dans l'échantillon ;
- La densité : le nombre d'individus sur une surface donnée ;
- La biomasse : le poids en matière sèche prélevé par groupe trophique et embranchement.

A partir de ces données, il est possible de calculer plusieurs indices. Ainsi, l'équilibre écologique du peuplement est apprécié par le calcul de l'indice de Shannon-Weaver (H').

Indice de Shannon-Weaver (H')

L'indice de Shannon-Weaver (H') est un indice de diversité qui prend en compte à la fois la richesse spécifique et l'abondance relative de chaque espèce, permettant de caractériser l'équilibre écologique du peuplement d'un écosystème :

$$H' = \sum \left[\frac{N_i}{N} \times \log_2 \frac{N_i}{N} \right]$$

N_i : abondance de l'espèce i ;

N : abondance totale des espèces.

Cet indice est maximal (H' max) lorsque les espèces ont des abondances identiques et il tend vers 0 lorsqu'une espèce domine le peuplement. Cet indice est relativement sensible aux espèces de moyenne dominance mais insensible à la richesse spécifique donc très utile pour comparer les dominances potentielles entre échantillons. Ce résultat qui est souvent peu parlant, doit être rapporté à l'indice maximal théorique du peuplement (H' max) ou accompagné de l'indice d'équitabilité (J).

L'abondance relative par rapport au total d'une espèce i (N_i/N) varie de $\sim > 0$ pour les espèces représentées par un seul individu, à 1 pour un peuplement comportant une seule espèce ($N_i = N$).

H' sera le plus important pour des peuplements à richesse spécifique élevée avec une répartition équitable des espèces. Les valeurs les plus basses apparaissent pour les peuplements dominés par une seule espèce ou par un petit nombre d'espèces. Comparativement à la répartition des abondances, la richesse spécifique n'a qu'une influence secondaire sur le résultat.

L'indice AMBI permet une approche fonctionnelle sur la polluo-sensibilité des espèces.

AZTI Marine Biotic Index (AMBI)

L'AMBI (Borja *et al.* 2000), appelé aussi coefficient benthique (CB) est basé sur les successions écologiques (Pearson & Rosenberg 1978). Les groupes écologiques, au nombre de 5 (GI, GII, GIII, GIV et GV), sont basés sur la polluo-sensibilité des espèces :

$$\text{AMBI} = [(0 \times \%GI) + (1,5 \times \%GII) + (3 \times \%GIII) + (4,5 \times \%GIV) + (6 \times \%GV)] / 100$$

Avec %GI, %GII, %GIII, %GIV et %GV, les abondances relatives des différents groupes trophiques par rapport à l'abondance totale.

Le groupe I comprend les espèces les plus sensibles à l'hypertrophisation jusqu'au groupe V qui englobe les espèces opportunistes des sédiments réduits. Cet indice est lui aussi sensible à l'effort d'échantillonnage, un trop petit nombre de données donneront la même valeur moyenne mais avec un fort écart-type. Il présente l'avantage d'être applicable à tous les milieux puisque basé sur une liste unique d'espèces.

Les valeurs de l'AMBI sont comprises entre 0 et 6 : si cet indice est nul ou proche de 0, il traduit une bonne santé de l'écosystème. A l'inverse, une valeur élevée implique que l'état de santé est mauvais, une valeur de 6 représentant une pollution majeure précédant le stade azoïque.

Une communication de AZTI Marine, publiée dans la revue *Marine Pollution Bulletin* (Borja & Muxika, 2005) donne des recommandations pour l'utilisation de l'AMBI et précise que dans les situations où peu de taxa sont présents, dans des systèmes à faible salinité ou ayant un état perturbé naturel, l'outil risque d'être moins robuste. Il est précisé, qu'à plus de 20% d'espèces non assignées, l'indice n'est pas fiable. Dans des milieux lagunaires, les résultats de l'AMBI doivent être interprétés avec précaution et toujours en association avec d'autres informations.

Enfin, à partir de ces différents indices, un autre indice est calculé : le M-AMBI.

M-AMBI

Le M-AMBI a été mis au point par l'équipe de l'AZTI pour permettre de compléter les résultats obtenus avec l'AMBI. Le calcul de cet indice est dérivé, par analyse factorielle, de l'AMBI, de la richesse spécifique et de l'indice de Shannon (Muxika *et al.* 2007). Pour ce calcul, il est nécessaire de définir des stations théoriques ou réelles, considérées comme "station de référence haute" et "station de référence basse". La station de référence haute est une station théorique qui prend comme valeur la meilleure de chaque indice de l'ensemble des résultats obtenus lors des campagnes DCE sur les lagunes. La station de référence basse est aussi une station théorique correspondant aux pires résultats possibles.

Cependant, il faut faire attention à l'interprétation des résultats donnés par le M-AMBI. Si les valeurs des stations de référence haute et basse sont modifiées alors les résultats du M-AMBI vont varier. Ces résultats doivent être interprétés pour un "pool" de stations données. Pour comparer des stations entre elles, elles doivent avoir été calculées avec les mêmes "station de référence haute" et "station de référence basse".

Les 5 classes de qualité sont définies sur la différence entre ces deux stations.

Guide officiel des règles d'évaluation DCE : Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2013). Guide relatif aux règles d'évaluation de l'état des eaux littorales (eaux côtières et eaux de transition) en vue de la mise à jour des états des lieux. 128 p.

5) Traitement des données

Les données calculées par le suivi DCE sont à intégrer directement dans la grille ci-dessous pour obtenir la note de l'indicateur :

Modalité	Note
Note M AMBI $\geq 0,8$	0
Note M AMBI $< 0,8$ et $\geq 0,63$	-10
Note M AMBI $< 0,63$ et $\geq 0,4$	-20
Note M AMBI $< 0,4$ et $\geq 0,2$	-30
Note M AMBI $< 0,2$	-40

6) Disponibilité des données

Les données relatives à la campagne DCE de 2012 sont à demander auprès de :

- l'Agence de l'eau (Nadine Bosc & Anais Giraud)
- l'Ifremer (Nathalie Malet & Valérie Dérolez)

7) Commentaires

Note du groupe de travail :

Le groupe de travail a favorablement appuyé l'intégration de ces démarches dans la méthodologie d'évaluation de l'état de conservation. De plus, la dépendance envers les suivis DCE (qui peut apparaître comme une contrainte) est une force, puisque les services de l'Etat sont amenés à créer une synergie entre les politiques DHFF et DCE.

L'indicateur mis en place ne concerne que les lagunes poly-euhalines, et est en cours de validation/développement pour les lagunes oligo et mésahalines.

Note sur l'indicateur M-AMBI :

Fanny Lepareur souligne que cet indicateur est très discuté à l'échelle française, sa pertinence étant remise en question. Ceci est du principalement aux difficultés d'adaptation (ou à l'absence d'adaptation) des listes d'espèces entre les sites.

Note pression d'échantillonnage :

Il est à noter que la pression d'échantillonnage semble suffisante au regard des publications existantes sur cet indicateur :

- Influence of sample size on ecological status assessment using marine benthic Invertebrates-based indices. (Mavrič et al., 2012)
- Using M-AMBI in assessing benthic quality within the water framework Directive: Some remarks and recommendations. (Borja et al., 2008)
- Implementing European water framework directive: Uncertainty degree of metrics for macro invertebrates in transitional waters. (Caldararu et al., 2010)

8) Traitement statistique

Pression d'échantillonnage à tester pour déterminer si elle est suffisante pour l'évaluation de l'état de conservation.

Fiche Indicateur n°6 : Espèces Animales Exotiques Envahissantes (Cascail)

1) Présentation

Les espèces exotiques envahissantes constituent une des cinq plus importantes menaces pour la biodiversité à l'échelle mondiale (Van Dyke 2008). A une échelle locale, ces phénomènes peuvent modifier profondément les écosystèmes, et ainsi altérer leur état de conservation. Pour les lagunes, deux listes ont été définies:

- une liste grise, qui liste les espèces nécessitant un suivi particulier (mais ne sont pas prises en compte dans la méthodologie d'évaluation de l'état de conservation de l'habitat)
- une liste noire, dont les espèces impactent directement l'état de conservation de l'habitat, et sont donc prises en compte dans la méthodologie. Le seul exemple est celui du Cascail (*Ficopomatus enigmaticus*), dont la formation de récifs calcaires participe au comblement des pièces d'eau.

Animaux exotiques envahissants des lagunes	
Liste grise	Liste noire
Ragondin (<i>Myocastor coypus</i>) <i>Mnemiopsis leidyi</i>	Cascail (<i>Ficopomatus enigmaticus</i>)

Il convient donc de mettre en place un indicateur qui traduise la répartition du cascail à l'échelle de la pièce d'eau.

2) Pertinence par type de lagune

Type de lagune	Permanente marinisée	Permanente peu salée	Temporaire salée	Temporaire peu salée
Pertinence	x	x	x	x

3) Echantillonnage et fréquence des relevés

On ne peut pas réellement parler d'échantillonnage pour cet indicateur puisque la méthode est basée sur une cartographie de la pièce d'eau dans son intégralité.

L'opération est à répéter tous les 6 ans, lors de l'évaluation de l'état de conservation.

4) Protocole

Les surfaces et les densités de cascail sont recensées, afin d'évaluer spatialement le niveau de développement. Cela peut passer par une phase d'interprétation d'images aériennes avec des vérifications de terrain. Les résultats peuvent être présentés sur une carte : cette démarche peut être utile pour les grandes pièces d'eau.

5) Traitement des données

Les surfaces et les densités des massifs par pièce d'eau, l'importance de la localisation et leur impact sur le fonctionnement de l'écosystème participent au choix d'une des trois situations décrites dans le

tableau ci-dessous qui permet d'attribuer la note de l'indicateur. Il convient de justifier et de conserver les explications relatives à la décision.

Modalité	Note
Le Cascaïl est absent ou très rare sur la pièce d'eau.	0
La présence de Cascaïl est avérée, mais son impact s'avère peu significatif sur le fonctionnement de l'écosystème.	-5
Le Cascaïl est bien représenté sur la pièce d'eau et son développement perturbe le fonctionnement de l'écosystème.	-10

6) Disponibilité des données

La base de données est à développer par chaque gestionnaire à l'échelle de son site.

Note : Les données ont été relevées dans le cadre de prospection terrain sur les salines de Villeneuve, Leucate et Canet par Guillaume Papuga (stagiaire CEN-LR).

7) Commentaires

Note sur la grille de décision :

Il avait initialement été prévu une autre grille de décision qui peut s'avérer utile en cas de doute ou si le gestionnaire n'a pas d'expert à disposition pour prendre une décision :

	Bon	Altéré	Dégradé
Surface	0%	<1%	>1%
Densité	contact nul ou rare	<1contact/100ha	>1contact/100ha

Note méthode :

Il avait également été prévu une méthode alternative sur la base d'une mutualisation du travail avec l'IFREMER. Il s'agissait de proposer une observation « cascaïl » par les plongeurs lors des relevés macrophytes.

Note métrique :

Il a également été proposé de s'intéresser à la métrique volume en plus de la métrique surface.

Fiche Indicateur n°7 : Fonctionnement de la liaison à la mer

1) Présentation

Le lien avec la mer constitue un élément fondamental du fonctionnement d'une lagune. La libre circulation de l'eau permet son renouvellement, mais ces passages constituent également des portes pour la circulation des poissons (notamment des migrateurs) et invertébrés.

L'objectif de cet indicateur est de caractériser l'état de conservation de la liaison à la mer des lagunes.

2) Pertinence par type de lagune

Type de lagune	Permanente marinisée	Permanente peu salée	Temporaire salée	Temporaire peu salée
Pertinence	x	x	x	x

Cet indicateur ne s'applique que pour les pièces d'eau ayant naturellement ce lien : de nombreuses pièces d'eau, caractérisées comme habitat 1150* - « Lagunes méditerranéennes », ne possèdent pas de grau (ex : certaines lagunes temporaires).

3) Echantillonnage et fréquence des relevés

Il est nécessaire d'échantillonner de manière exhaustive les graus de toutes les pièces d'eaux du site. L'opération est répétée tous les 6 ans lors de l'évaluation de l'état de conservation.

4) Protocole

Pour chaque lagune, la liaison à la mer est expertisée sous deux angles :

- **L'état** de conservation propre : L'attention est portée sur la nature des berges, le degré d'artificialisation.
- **Le fonctionnement** de la liaison

5) Traitement des données

La description de la liaison à la mer permet de la placer dans la grille ci-dessous dans les deux catégories (état et fonctionnement) et d'obtenir deux notes qui s'additionnent pour donner la note de l'indicateur. Il convient de faire la moyenne des notes de tous les graus de la pièce d'eau (pour celles en possédant) pour obtenir la note de l'indicateur pour la pièce d'eau.

Modalité		Note
Et at	Grau naturel: La liaison à la mer n'est pas contrainte par des constructions humaines (béton, enrochement, digues, barrages, etc.). <u>ou</u> Liaison indirecte à la mer naturelle par le biais d'autres lagunes.	0
	Grau artificiel : La liaison à la mer existe, mais elle est contrainte par des constructions humaines (béton, enrochement, digues, barrages, pont, etc.).	-7
	Liaison à la mer indirecte artificialisée par le biais d'un canal ou d'une buse.	-10
	Le grau est obstrué par différents éléments (remblais, digue en rochers, etc.).	-15
		+
Fo nc tio nn e m en t	La liaison à la mer se maintient de manière naturelle , sans intervention de l'Homme ou ne nécessite pas de dragage récurrent . Les graus temporaires sont soumis à des dynamiques sédimentaires naturelles, se bouchent et se rouvrent au rythme des perturbations.	0
	Les dynamiques sédimentaires sont contraintes et nécessitent l'intervention de l'homme : la liaison à la mer ne fonctionne plus de manière autonome . Les graus permanents nécessitent un dragage. Pour les graus temporaires, les ouvertures et fermetures sont réalisées en tenant compte du fonctionnement de la lagune.	-7
	la liaison à la mer est insignifiante ou n'existe plus ; il existe des barrières qui limitent les migrations (ex: filets); le rythme des ouvertures/fermetures est contraint par des activités économiques ou touristiques qui ne tiennent pas compte du fonctionnement naturel de la lagune.	-15
Total		...

6) Disponibilité des données

Chaque base de donnée est à mettre en place par le gestionnaire à l'échelle de son site.

7) Commentaires

Note sur le fonctionnement de référence d'un grau :

La définition du fonctionnement de référence d'un grau va permettre de comparer le fonctionnement actuel avec une référence historique. Il faut définir au préalable si ce grau est temporaire (se ferme et s'ouvre au rythme des crues et entrées maritimes) ou permanent. Il convient de faire appel à des documents historiques, couplés à une connaissance détaillée du contexte local actuel.

Ex : un grau historiquement permanent qui se comble, en raison d'une modification du bassin versant, ne doit pas être considéré comme un grau temporaire mais comme un grau permanent nécessitant une intervention humaine pour garder un flux d'eau.

Note du groupe de travail :

Kattalin Fortuné, propose une réflexion sur l'importance de la prise en compte des graus dans leur ensemble (texte adapté).

L'aspect fonctionnel du grau est primordial à prendre en compte, cependant la « naturalité » (qui s'apparente à la « composition » et la « structure ») est également importante. En effet, le grau (comme les herbiers de macrophytes) est un compartiment de l'habitat 1150 lagunes côtières, ainsi son intégrité propre doit être prise en compte et influencer l'état de la lagune.

Il est cependant important pour certains experts (com. pers. Nabila Hamza, 2012) que les indicateurs soient conçus afin d'évaluer l'état de conservation de l'habitat lagunes côtières, indépendamment de la mise en valeur d'un type de lagune.

Nabila Hamza (com. pers. 2012) remet en question un mode de calcul basé sur une moyenne de notes des graus. Il semblerait plus pertinent de trouver un lien entre l'état des différents graus et une appréciation qualitative du fonctionnement de la liaison à la mer.

Nadine Bosc rappelle qu'une étude de l'Agence de l'eau va prendre en compte le fonctionnement de la liaison à la mer. Celle-ci démarre fin 2012.

8) Traitement statistique

La pondération des notes entre le caractère « Etat » et le caractère « fonctionnement » est à tester lors de la phase de terrain, en effet la question de la plus grande importance du caractère « fonctionnement » avait été soulevée lors des groupes de travail.

Fiche Indicateur n°8 : Intégrité des berges

1) Présentation

Les écotones sont des zones de transition entre deux écosystèmes, abritant le plus souvent une biodiversité importante (Van Dyke 2008). Pour les lagunes, elles sont dénommées berges et peuvent se présenter sous différentes formes. Plusieurs formations végétales peuvent se développer en bordure de lagune (sansouires, roselière, jonçaias, etc.) et la transition vers ces milieux constitue des zones importantes pour certaines espèces typiques des lagunes. Cependant, de nombreux aménagements (enrochements, etc.) sont venus renforcer ces zones afin de stabiliser les berges dans le cadre de projet d'urbanisme (route, etc.) : en détruisant ces zones, ces aménagements remettent en cause les flux biotiques (ex : circulation d'espèces) et abiotiques (ex : circulation de l'eau) entre la lagune et les milieux adjacents.

L'objectif est d'évaluer le niveau d'atteinte porté à la lagune par ces aménagements. Pour cela il est important de qualifier l'ensemble du linéaire de berge afin de déterminer la part détériorée.

2) Pertinence par type de lagune

Type de lagune	Permanente marinisée	Permanente peu salée	Temporaire salée	Temporaire peu salée
Pertinence	✗	✗	✗	✗

3) Echantillonnage et fréquence des relevés

On ne peut pas réellement parler d'échantillonnage dans ce cas, puisqu'il s'agit de prospecter tout le linéaire de berges de la pièce d'eau.

Les relevés sont à répéter tous les six ans lors de l'évaluation de l'état de conservation.

4) Protocole

Le principe est de relever le type de berges sur 5 mètres au-delà du niveau d'eau maximum normal selon les catégories suivantes :

- **Berges naturelles**, ce sont des transitions non modifiées entre la lagune et l'écosystème adjacent (sansouire, roselière, falaise, etc.). **ou « renaturées »**, ce sont des berges ayant subi une artificialisation par le passé mais ayant depuis retrouvé leur fonctionnalité d'écotone, c'est-à-dire ayant retrouvé une pente et une végétation compatible avec cette fonction.
- **Berges artificielles verticales ou enrochées** : ce sont les atteintes les plus lourdes que peuvent subir les berges. Elles regroupent les digues en béton, les constructions verticales en débris (pneus, palplanches, etc.), les enrochements, etc.

Il s'agit ensuite de définir le pourcentage du linéaire de berges occupé par les différentes catégories.

Afin d'effectuer les relevés, il est conseillé de faire une première étude d'ortho-photos sous QGIS afin de différencier et de cartographier les zones de berges fortement artificialisées des zones à vérifier sur le terrain. Les zones à vérifier devraient ensuite être prospectées à pied ou en voiture et les différents types de berges délimités grâce à l'utilisation d'un GPS.

5) Traitement des données

Il suffit ensuite de replacer les pourcentages calculés dans la grille ci-dessous pour obtenir la note de l'indicateur :

Modalité	Note
Plus de 85% inclus des berges sont naturelles ou renaturées, <u>et</u> moins de 10% inclus des berges sont figées par des rochers ou des constructions verticales	0
Entre 70% inclus et 85% des berges sont naturelles ou renaturées, <u>ou</u> entre 10% et 20% inclus des berges sont figées par des rochers ou des constructions verticales	-20
Moins de 70% de berges sont naturelles ou renaturées, <u>ou</u> plus de 20% des berges sont figées par des rochers ou des constructions verticales	-40

6) Disponibilité des données

Les jeux de données sont à développer par chaque gestionnaire à l'échelle de son site.

A noter que les données relatives aux lagunes de Canet, Leucate et Villeneuve les Maguelone ont été relevés lors du développement de cette méthode par Guillaume Papuga.

7) Commentaires

➤ Quel temps prévoir pour effectuer les relevés de cet indicateur ?

Il est très difficile de donner une estimation du temps nécessaire au relevé de cet indicateur, celui-ci dépendant notamment de la surface de la pièce d'eau mais également du degré d'artificialisation et donc de linéaire à prospecter sur le terrain. On peut tout de même faire le constat que le temps de relevé sur un site dépendra en grande partie du caractère morcelé de celui-ci.

➤ Le linéaire de berges du grau doit-il être pris en compte dans le relevé de cet indicateur ?

Non, l'artificialisation des graus n'est pas à prendre en compte dans le linéaire de berges artificialisées, cela l'étant déjà dans l'indicateur liaison à la mer.

➤ Comment prendre en compte le linéaire dans les ports et des pontons ?

Le linéaire artificialisé des diverticules d'un port, d'une marina ou de pontons ne doit être pris en compte que comme le linéaire réel de berges artificialisé et non comme le linéaire des diverticules.

➤ Comment reconnaître les catégories de berges ?

Les catégories de berges peuvent se déterminer par l'observation de deux paramètres principaux, la pente de la berge et la végétation colonisant cette dernière. Le tableau ci-dessous présente les cas généraux existant. Attention il existe des exceptions :

Pente de la berge	Substrat et végétation	Catégorie
Presque nulle	Substrat meuble généralement sableux, nu ou avec végétation halophile	Catégorie 1: berges naturelles ou renaturées
Intermédiaire: $\pm 45^\circ$	Substrat meuble et végétation halophile continue ou éboulis naturels à flanc de colline	
	Substrat meuble (parfois avec restes d'encrochements anciens) avec végétation d'espèces halophiles en cours de développement ou végétation continue mais artificialisation en arrière trop proche (route, mur,...)	Catégorie 2: berges en renaturation ou peu artificialisées
	Enrochée (à l'exception des éboulis naturels à flanc de colline), ou substrat meuble à nu	Catégorie 3: berges artificialisées
Verticale	Quel que soit le substrat ou la végétation (à l'exception des falaises naturelles qui rentrent dans la catégorie 1)	



A gauche, berge de catégorie 1 au Gourg de Maldormir.

A droite, berge de catégorie 2 (digue en cours de revégétalisation) à l'étang de Bolmon.



A gauche, berge de catégorie 1 (éboulement naturel à flanc de colline) à l'étang du Dou.

A droite, berge de catégorie 2 (état correct mais artificialisation trop proche en arrière) au Gourg de Maldormir.



A gauche, berge de catégorie 3 (Enrochement) à l'étang de Berre.

A droite, berge de catégorie 3 (berge verticalisée) à l'étang de Berre.

Note sur les catégories de berges :

Il peut être intéressant pour le gestionnaire d'apporter plus de détails quant à la dégradation de l'état des berges, afin d'affiner le suivi diachronique.

Initialement, 5 catégories de berges avaient été définies pour décrire le linéaire :

- **berges artificielles verticales** : ce groupe rassemble les berges artificielles au profil vertical, dont la structure empêche tout développement d'une flore et sa faune associée aux berges des lagunes. Celles-ci peuvent être constituées de béton, de pneus, de palplanche, de divers déchets stockés entre des grilles, etc. Le retour à une berge ayant un aspect naturel (= résilience de la berge) est indéfini. L'écotone est inexistant, il y a un passage direct de la pièce d'eau à l'écosystème adjacent. L'évolution spatiale de la berge est totalement bloquée.
- **berges enrochées** : ce groupe contient l'ensemble des berges constituées d'amas de gros rochers. A la différence du groupe précédent, celles-ci ne sont pas verticales et de part leur aspérité globale autorise la fixation d'une flore et d'une faune aquatique. Le temps de résilience reste très long, les berges figées et l'écotone inexistant.
- **berges de remblais & déchets ainsi que les berges en renaturation** : ce groupe relativement hétérogène constitue une transition entre les deux précédents et les berges créées sur des remblais de terre. En effet, le temps nécessaire à un retour à une berge naturelle est plus court que précédemment, et la végétation peut s'y développer plus facilement. La notion de déchets regroupe entre autre :
 - les objets de décharges (électroménager, etc.)
 - les restes de chantier (objets métalliques, plastique, etc.)
- **berges en remblais de terre** : ces berges sont constituées d'un substrat meuble favorable à l'installation de la végétation. Bien que la stabilisation de la berge bloque sa mobilité et limite sa fonction d'écotone, le temps de résilience de la berge est faible. Ces buttes peuvent être colonisées par des salicornes pérennes.
- **berges naturelles** : ces formations naturelles constituent l'état optimal des berges. Elles peuvent être nues, ou couvertes de végétation (sansouire, roselière, prés salé, ripisylve, etc.). L'écotone entre la pièce d'eau et les écosystèmes adjacents est préservé, et suivant sa position peut être recouvert d'une laisse d'étang bien développée. La berge est mobile et se déplace d'année en année. Ces indications ne sont pas à prendre en compte dans le cas d'une falaise naturelle.

Note méthode DCE :

Une méthodologie est en cours de développement dans le cadre de la DCE (Anais Giraud, comm. pers. 2012) : celle-ci prendra en compte les flux entre écosystèmes voisins. Une indexation de la méthode sur celle de la DCE pourra être envisagée lors de sa mise en place.

Note étude de l'agence de l'eau :

Nadine Bosc rappelle qu'une étude de l'Agence de l'eau va porter sur l'état des berges. Celle-ci démarre fin 2012.

8) Traitement statistique

Une étude statistique, basée sur la confrontation de l'indicateur aux dires d'experts, doit être menée pour déterminer la pertinence des seuils fixés dans la grille de notation.

Fiche indicateur n°9 : Fonctionnement hydrologique

1) Présentation

L'intégrité hydrologique des lagunes constitue un élément fondamental de leur fonctionnement, et conditionne en grande partie le fonctionnement de l'écosystème. Cela est particulièrement vrai pour les lagunes temporaires, dont la spécificité tient dans cet aspect temporaire. Ainsi, tout un groupe d'espèces est dépendant de ces assecs, et ne peut se développer si cette spécificité disparaît.

Cet indicateur traduit le fonctionnement de l'écosystème. Cette démarche est nouvelle puisque les indicateurs habituels sont basés sur la composition de l'écosystème, et non sur les processus qui l'animent. Avant d'envisager l'application de cet indicateur, il est très important de cibler le « **fonctionnement hydrologique normal** » de la lagune : cet élément doit permettre de définir objectivement le mode de fonctionnement d'une lagune. Il est pour cela nécessaire de se baser au maximum sur les références historiques (écrits, connaissances humaines historiques, expérience du gestionnaire, etc.) afin de séparer un fonctionnement temporaire ou permanent. Cet élément est souvent connu des gestionnaires et personnes référents sur la zone.

2) Pertinence par type de lagune

Type de lagune	Permanente marinisée	Permanente peu salée	Temporaire salée	Temporaire peu salée
Pertinence	✗	✗	✗	✗

Cet indicateur est valide pour tous les types de lagune, il s'agit simplement de bien déterminer le fonctionnement hydrologique normal au préalable.

Les références ci-dessous présentent les grandes lignes de l'hydrologie des lagunes et sont données à titre indicatif. Elles font référence au fonctionnement hydrologique non perturbé de l'habitat.

- a. **Les lagunes temporaires** sont des écosystèmes dont le niveau d'eau varie fortement au cours de la saison. Le remplissage atteint généralement son maximum à la fin de l'hiver, pour progressivement diminuer (à cause de l'évaporation) jusqu'aux mois d'été où un assec d'une durée variable peut avoir lieu. Il en résulte une augmentation graduelle de la salinité, de très faible en hiver jusqu'à la saturation avant l'assec. La mise en eau se fait durant l'automne et l'hiver, au gré des pluies et entrées maritimes.

Les principales perturbations observées correspondent à une mise en eau (douce ou salée) forcée, un assèchement trop précoce des pièces d'eau, le maintien en eaux permanentes (souvent trop douces), ou encore une salinité trop élevée à certaines périodes.

- b. **Les lagunes permanentes marinisées** sont des écosystèmes dont le niveau d'eau varie au cours de l'année, mais pour lesquelles le rapport entre l'ampleur des fluctuations et la profondeur maximale sont bien inférieures aux lagunes temporaires. Un assec n'est pas observé lors d'une année normale. La salinité varie autour de celle de la mer (polyhaline & euhaline), pour atteindre un maximum en été, lorsque l'évaporation tend à concentrer le sel. Une recharge en eau douce durant l'hiver (grâce aux précipitations automnales) fait baisser la salinité de manière significative.

Les principales perturbations observées consistent en un dérèglement de l'hydrologie par un apport massif d'eau douce durant l'été par l'agriculture du bassin versant.

- c. **Les lagunes permanentes peu salées** sont des milieux qualifiés de saumâtres, dont la salinité reste dans les gammes oligohalines et mésohalines, notamment par l'apport d'eau douce en aval de sources naturelles (souvent karstiques). L'évolution suit la même tendance que les lagunes marinisées, avec un maximum en été et un minimum en hiver.
- Les principales perturbations observées consistent en un dérèglement de l'hydrologie par un manque d'apport d'eau douce dû à des prélèvements en amont ou des connexions au bassin versant rompues.

3) Echantillonnage et fréquence des relevés

Il s'agit de prospecter toute la pièce d'eau à raison de trois passages sur un an (un en début de saison (mars-avril), un avant l'été (mai-juin) et un pendant l'été (juillet-août)).
L'opération est à répéter tous les 6 ans lors de l'évaluation de l'état de conservation.

4) Protocole

Le but est de déterminer si la pièce d'eau suit un fonctionnement hydrologique normal par rapport à son fonctionnement de référence.

Cela peut être fait soit par la présence d'un gestionnaire sur la zone soit grâce aux trois visites sur l'année. Deux mesures en particulier peuvent aider à cette détermination :

- La salinité
- La hauteur d'eau

5) Traitement des données

Une fois le fonctionnement hydrologique déterminé, il suffit de le replacer dans la grille ci-dessous pour déterminer la note de l'indicateur :

Modalité	Note
Fonctionnement hydrologique naturel ou assimilé	0
Fonctionnement hydrologique non naturel	-60

6) Disponibilité des données

Les données concernant la salinité et la hauteur d'eau sont relevés dans le cadre du réseau FIL MED. Les données sont disponibles avec identifiant sur le site : <http://www.cenlr.org/filmed/FilMed4/index.php>

7) Commentaires

Note liaison entre indicateurs :

Un lien avec les relevés flores pourrait être supposé. En effet, la présence de certaines espèces (notamment *Potamogeton pectinatus*) pourrait être assimilé à des situations d'apport d'eau douce important. Cependant, l'absence naturelle de flore dans certaines lagunes, ainsi que les connaissances fragmentaires sur l'écologie de certaines hydrophytes (notamment le genre *Ruppia*, (Oliver 2005)) pousse à une grande prudence et ainsi ne pas substituer ces deux indicateurs.

8) Traitement statistique

On peut envisager de tester statistiquement les notes attribuées par modalité.

Fiche Indicateur n°10 : Qualité de la colonne d'eau (eutrophisation)

1) Présentation

La qualité de l'eau des lagunes conditionne en grande partie le développement des biocénoses présentes. Ainsi, les substances dissoutes et en suspension dans l'eau vont constituer des apports nutritifs pour différents organismes. Ceux-ci vont également influencer la turbidité de l'eau, élément essentiel pour la diffusion de la lumière et donc le développement de la flore.

L'analyse de la colonne d'eau peut être complexe, or des démarches d'études existent déjà sur les lagunes du bassin méditerranéen. Le Réseau de Suivi Lagunaire a mis en place une démarche de suivi, repris dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau.

2) Pertinence par type de lagune

Type de lagune	Permanente marinisée	Permanente peu salée	Temporaire salée	Temporaire peu salée
Pertinence	x	x		

Cet indicateur ne s'applique pas aux lagunes temporaires, la colonne d'eau n'étant pas permanente et des suivis réguliers n'étant pas réalisés.

3) Echantillonnage et fréquence des relevés

L'échantillonnage est d'une station par pièce d'eau. Les mesures sont effectuées en sub-surface, à -1 mètre. Le suivi se fait tous les ans à raison de trois mesures par an (juin, juillet et août).

(Synthèse DCE Rhône et côtiers méditerranéens, Andral et Sargian, 2010)

4) Protocole

Les mesures sont effectuées, dans le cadre du suivi DCE, in-situ en sub-surface, à -1 mètre, simultanément avec les prélèvements d'eau destinés à l'analyse du phytoplancton.

(Synthèse DCE Rhône et côtiers méditerranéens, Andral et Sargian, 2010)

Voici, dans la grille ci-dessous, les données suivies dans le cadre de la DCE, ainsi que les seuils pour les états des différents paramètres :

	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
$|\Delta \% O_2 SAT|$	20	30	40	50	
TUR (NTU)	5	10	25	40	
PO_4^{3-} (μM)	0,3	1	1,5	4	
NID (μM)	2	6	10	20	
NO_2^- (μM)	0,3	0,5	0,75	1	
NO_3^- (μM)	1	3	5	10	
NH_4^+ (μM)	1	3	5	10	
NT (μM)	50	75	100	120	
PT (μM)	0,75	1,5	2,5	4,5	

$|\Delta \% O_2 SAT|$: écart par rapport à 100% de saturation

TUR : Turbidité

PO_4^{3-} : concentration en phosphates

NID : concentration en azote inorganique dissous

NO_2^- : concentration en nitrites

NO_3^- : concentration en nitrates

NH_4^+ : concentration en ammonium

NT : concentration en azote total

PT : concentration en phosphore total

Guide officiel des règles d'évaluation DCE : Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2013). Guide relatif aux règles d'évaluation de l'état des eaux littorales (eaux côtières et eaux de transition) en vue de la mise à jour des états des lieux. 128 p.

5) Traitement des données

Chaque grille conduit à un état général obtenu en retenant l'avant dernier état le plus déclassant. (Synthèse DCE Rhône et côtiers méditerranéens, Andral et Sargian, 2010)

Il suffit ensuite de placer cet état général dans la grille ci-dessous pour obtenir la note de l'indicateur.

Modalité	Note
Très bon état de la colonne d'eau	0
Bon état de la colonne d'eau	-5
Etat moyen de la colonne d'eau	-15
Etat médiocre de la colonne d'eau	-20
Mauvais état de la colonne d'eau	-30

6) Disponibilité des données

Les données relatives à la campagne DCE de 2009 sont à demander auprès de :

- l'Agence de l'eau (Nadine Bosc & Anais Giraud)
- l'Ifremer (Nathalie Malet & Valérie Dérolez)

7) Commentaires

Note de JB Mouronval :

Il est nécessaire de porter une grande attention aux périodes choisies pour ces prélèvements et analyses. En période d'activité biologique, les nutriments sont mobilisés par les organismes vivants (c'est d'ailleurs ce qui explique qu'on utilise le compartiment biologique pour évaluer l'état trophique...), on ne les retrouve habituellement qu'en faible quantité dans l'eau. Ne faut-il pas faire ces analyses avant le début de l'activité biologique, en mars ?

D'autre part, ne serait il pas pertinent d'ajouter le Carbone Organique Total et les MES

8) Traitement statistique

Il paraît intéressant de tester la redondance de cet indicateur avec les indicateurs biologiques (macrophytes, herbiers).

Fiche Indicateur n°11 : Contaminants chimiques

1) Présentation

Les contaminants chimiques impactent l'état de conservation de la lagune en altérant potentiellement le développement des organismes présents. Les impacts toxicologiques sur la santé des organismes sont susceptibles de diminuer significativement la croissance, la durée de vie des individus ou encore leur succès reproductif.

Le suivi de ce paramètre étant complexe et la démarche existant déjà dans le cadre du suivi de la DCE, l'indicateur sera intégré tel quel à la méthode d'évaluation de l'état de conservation. Le suivi se fait dans deux compartiments : l'eau et le biote.

2) Pertinence par type de lagune

Type de lagune	Permanente marinisée	Permanente peu salée	Temporaire salée	Temporaire peu salée
Pertinence	x			

Cet indicateur ne s'applique ni aux lagunes temporaires, ni aux lagunes permanentes peu salées, des suivis réguliers n'étant pas disponibles.

3) Echantillonnage et fréquence des relevés

Les relevés se font tous les six ans lors de l'évaluation de l'état de conservation.

Le protocole d'échantillonnage est complexe et varie en fonction du compartiment de relevé (eau ou biote) mais compte globalement une station par lagune étudiée.

4) Protocole

Les protocoles de relevés des deux compartiments étant complexes, ils ne seront pas détaillés dans cette fiche. Si toutefois ces données s'avéraient nécessaires, ces protocoles sont explicités dans le document suivant : Synthèse DCE Rhône et côtiers méditerranéens, Andral et Sargian, 2010

Notons simplement que ce protocole a pour but de déterminer si certaines substances dépassent les NQE (normes de qualité environnementale).

Ces NQE sont définies comme « la concentration en un polluant ou un groupe de polluants dans l'eau, le sédiment ou le biote qui ne doit pas être dépassée afin de protéger la santé humaine et l'environnement »(art.2 § 35 de la DCE).

Ces polluants testés sont au nombre de 41 dont voici, pour information, la liste (Synthèse DCE Rhône et côtiers méditerranéens, Andral et Sargian, 2010) :

Listing des 33 substances prioritaires de l'annexe X et des 8 substances de l'annexe IX de la DCE, et valeurs de leurs NQEs associées (issues de l'arrêté du 25 janvier 2010).

Nom de la substance prioritaire	NQE-MA ^a (µg.L ⁻¹)	NQE-CMA ^b (µg.L ⁻¹)	Nom de la substance prioritaire	NQE-MA ^a (µg.L ⁻¹)	NQE-CMA ^b (µg.L ⁻¹)
Alachlore	0,3	0,7	Plomb et ses composés	7,2	s.o.
Anthracène	0,1	0,4	Mercuré et ses composés	0,05	0,07
Atrazine	0,6	2	Naphthalène	1,2	s.o.
Benzène*	8	50	Nickel et ses composés	20	s.o.
Diphényléthers bromés	0,0002	s.o.	Nonylphénol (4-nonylphénol)	0,3	2
Cadmium	0,2		Octylphénol (4-(1,1',3,3'-tétraméthylbutyl)-phénol))	0,01	s.o.
Tétrachlorure de carbone	12	s.o.	Pentachlorobenzène	0,0007	s.o.
Chloroalcanes C10-C13	0,4	1,4	Pentachlorophénol	0,4	1
Chlorfenvinphos	0,1	0,3	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	s.o.	s.o.
Chlorpyrifos (éthylchlorpyrifos)	0,03	0,1	Benzo(a)pyrène	0,05	0,1
Pesticides cyclodiènes:			Benzo(b)fluoranthène	Σ = 0,03	s.o.
Aldrine	Σ = 0,005	s.o.	Benzo(k)fluoranthène		
Dieldrine					
Endrine					
Isodrine					
DDT total	0,025	s.o.	Benzo(g,h,i)perylène	Σ = 0,002	s.o.
para-para-DDT	0,01	s.o.	Indeno(1,2,3-cd)pyrène		
1,2-dichloroéthane*	10	s.o.	Simazine	1	4
Dichlorométhane*	20	s.o.	Tétrachloroéthylène	10	s.o.
Di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP)	1,3	s.o.	Trichloroéthylène	10	s.o.
Diuron	0,2	1,8	Composés du tributylétain (tributylétain-cation)	0,0002	0,0015
Endosulfan	0,0005	0,004	Trichlorobenzènes	0,4	s.o.
Fluoranthène	0,1	1	Trichlorométhane*	2,5	s.o.
Hexachlorobenzène	0,01	0,05	Trifluraline	0,03	s.o.
Hexachlorobutadiène	0,1	0,6			
Hexachlorocyclohexane (Lindane)	0,002	0,02			
Isoproturon	0,3	1			

* Substances volatiles, non pertinentes pour le milieu aquatique,

^aNQE exprimée en valeur moyenne annuelle, et, ^bNQE exprimée en concentration maximale admissible

Guide officiel des règles d'évaluation DCE : Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2013). Guide relatif aux règles d'évaluation de l'état des eaux littorales (eaux côtières et eaux de transition) en vue de la mise à jour des états des lieux. 128 p.

5) Traitement des données

La décision issue des suivis DCE est à reprendre directement et à placer dans la grille ci-dessous pour obtenir la note de l'indicateur.

Modalité	Note
Bon état [respect des NQE]	0
Mauvais état [non respect des NQE]	-30

6) Disponibilité des données

Les données relatives à la campagne DCE de 2012 sont à demander auprès de :

- l'Agence de l'eau (Nadine Bosc & Anais Giraud)
- l'Ifremer (Nathalie Malet & Valérie Dérolez)

Fiche Indicateur n°12 : Sédiments

1) Présentation

Le sédiment est un élément important du fonctionnement des lagunes. De part son caractère accumulateur, il conserve de nombreux éléments chimiques, qu'il s'agisse de polluants ou d'éléments azotés et phosphorés, responsables de l'eutrophisation des lagunes. Ses processus particuliers (accumulation et relargage) rendent ce compartiment complexe à intégrer dans une étude portant sur l'état de conservation, mais cependant riche en informations. Ses caractéristiques propres (granulométrie, substrat d'origine, taux de matière organique, etc.) conditionnent en partie le développement de la faune (principalement benthique) et la flore (hydrophytes enracinés, certaines algues, etc.).

Ce compartiment a déjà été étudié dans différents cadres au niveau méditerranéen. Ainsi la granulométrie, les matières organiques, l'azote et le phosphore, sont des éléments de mesure permettant de caractériser l'intégrité du substrat d'une lagune. Pour la méthode d'évaluation de l'état de conservation, nous retiendrons le protocole mis en place dans le cadre du suivi RSL.

2) Pertinence par type de lagune

Type de lagune	Permanente marinisée	Permanente peu salée	Temporaire salée	Temporaire peu salée
Pertinence	✘	✘	✘	✘

3) Echantillonnage et fréquence des relevés

L'échantillonnage suit une grille systématique pour une pression de :

- 1 point tous les 100ha pour les lagunes > 1000ha
- 1 point tous les 50ha si la zone est plus petite

Pour chaque station il y a prélèvement de 8 carottes de 20 cm de profondeur.

L'opération est répétée tous les 5 ans dans le cadre du diagnostic complet des lagunes du RSL.

4) Protocole

Pour chaque carotte sont relevés :

- La granulométrie du sédiment
- Le taux de matière organique (en %)
- La concentration d'azote (en g/Kg de poids sec)
- La concentration en phosphore (en mg/Kg de poids sec)

Le Réseau de Suivi Lagunaire a mis au point une grille d'analyse présentant les seuils.

Variable		Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Matière Organique	%		3,5	5	7,5	10
Azote total	g/kg de PS		1	2	3	4
Phosphore total	mg/kg de PS		400	500	600	700

*PS = poids sec

Pour chaque variable, on classe les valeurs par ordre croissant, et on retient la valeur correspondant au rang $0,8*N$ (ou N est le nombre total de placette).

Les différentes valeurs sont ensuite placées dans la grille et l'on retient la situation par la méthode du critère déclassant.

5) Traitement des données

Il suffit de replacer directement le résultat du suivi RSL dans la grille ci-dessous pour obtenir la note de l'indicateur.

Modalité	Note
Très bon état du sédiment	0
Bon état du sédiment	-5
Etat moyen du sédiment	-15
Etat médiocre du sédiment	-20
Mauvais état du sédiment	-30

6) Disponibilité des données

Les données relatives à la campagne RSL sont à récupérer dans les rapports IFREMER.

Note : ces mesures n'existent que pour les lagunes du Languedoc – Roussillon.

7) Commentaires

Note sur les modalités de mesure (JB Mouronval)

Il n'est pas précisé si cette analyse se fait sur la fraction solide ou liquide (eau interstitielle) du sédiment. L'eau interstitielle semble plus pertinente, puisqu'on y retrouve souvent plus de nutriments que dans la fraction solide. Dans tous les cas, il ne faut pas oublier de mesurer la teneur en eau et/ou la perte au feu et le carbone organique total (plutôt que la M.O ?). Il pourrait être intéressant de faire une mesure du PO₄ et du NH₄ en plus du P total et du N. La période de prélèvement doit être adéquate et standardisée : l'automne est sûrement le meilleur moment, après arrêt ou au moins ralentissement de l'activité biologique.

Dans le cas où une lagune ne serait suivie par aucun de ces deux programmes, il peut être envisagé la mise en place de relevés à l'échelle locale. Dans ce cas, il est préconisé de suivre la pression d'échantillonnage du RSL, c'est-à-dire un point tous les 50ha pour les lagunes de moins de 1000ha, (IFREMER Laboratoire DEL/ST, 2000), les lagunes plus grandes sont généralement suivies par la DCE. Les bordures de la lagune devraient être évitées. Les prélèvements sont à effectuer en juin. Le protocole RSL préconise le prélèvement de carottes de 8cm de diamètre et de 20 centimètres de long dont on extrait les 5 premiers centimètres avec un piston. Localement, il est envisageable d'utiliser une méthode simplifiée pour prélever la couche superficielle de sédiment. (Truelle pour une station à sec ou avec peu d'eau, tube PVC dans le cas d'une colonne d'eau allant jusqu'à une cinquantaine de centimètres. Au-delà, un peu plus de matériel sera nécessaire.) Les échantillons devraient ensuite être tamisés sur 2mm, homogénéisés et conservés au congélateur (-20°C) dans des sacs congélation. Les échantillons devront ensuite être confiés à un laboratoire pour analyses. A titre d'exemple, des analyses complètes (granulométrie, matières organiques, phosphore, azote, contaminants chimiques) effectuées dans le cadre de RhoMÉO sont revenues à 300 euros par échantillon pour 200 échantillons confiés.