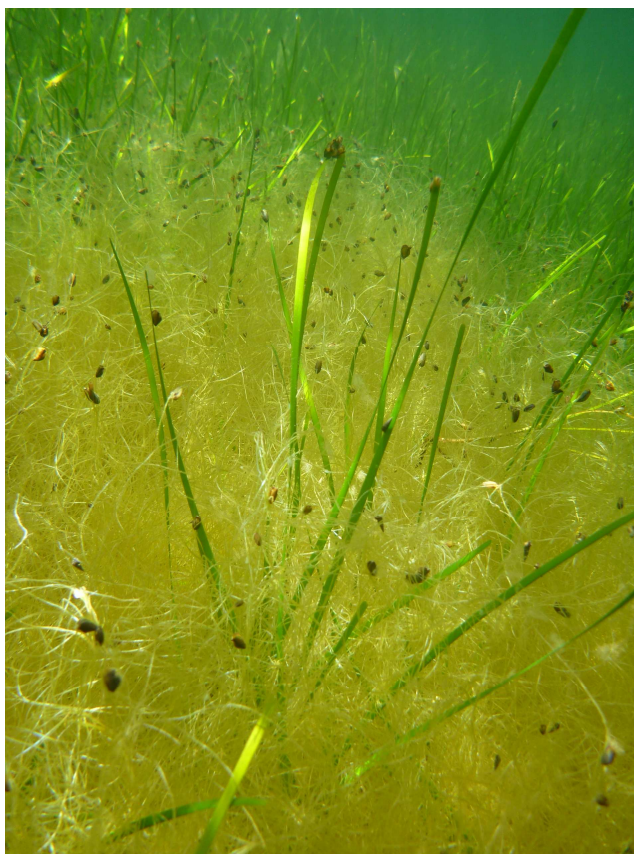


**Diagnostic de la qualité du compartiment  
macrophytes des lagunes profondes dans le  
contexte de la Directive Cadre sur l'Eau  
(bassin Rhône Méditerranée & Corse).  
Propositions d'évolution de la stratégie  
d'échantillonnage**



Herbier de cymodocée recouvert par *Chaetomorpha aerea* dans l'étang d'Urbino, 2012.  
Photo J. Oheix/Ifremer.



**Diagnostic de la qualité du compartiment  
macrophytes des lagunes profondes dans le  
contexte de la Directive Cadre sur l'Eau (bassin  
Rhône Méditerranée & Corse).  
Propositions d'évolution de la stratégie  
d'échantillonnage**

Valérie Derolez, Jocelyne Oheix

## Fiche documentaire

<b>Numéro d'identification du rapport :</b> <b>Diffusion :</b> libre : <input checked="" type="checkbox"/> restreinte : <input type="checkbox"/> interdite : <input type="checkbox"/> <b>Validé par :</b> Nathalie Malet Adresse électronique : vderolez@ifremer.fr	<b>date de publication :</b> Nov. 2012 <b>nombre de pages :</b> 23 <b>bibliographie :</b> Oui <b>illustration(s) :</b> Oui <b>langue du rapport :</b> F
<b>Titre :</b> Diagnostic de la qualité du compartiment macrophytes des lagunes profondes dans le contexte de la Directive Cadre sur l'Eau (bassin Rhône Méditerranée & Corse). Propositions d'évolution de la stratégie d'échantillonnage	
Rapport intermédiaire <input type="checkbox"/> Rapport définitif <input checked="" type="checkbox"/>	
Encadrement(s) : Valérie Derolez, Jocelyne Oheix	
<b>Résumé</b> Dans le contexte de la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) dans les lagunes méditerranéennes, un diagnostic de la qualité des peuplements de macrophytes est effectué tous les trois ans. Certaines lagunes du bassin Rhône Méditerranée et Corse sont caractérisées par des profondeurs importantes, qui peuvent constituer une limite naturelle au développement des espèces de référence, dont les herbiers de zostères et de cymodocées représentent la part la plus importante en terme de recouvrement. L'objectif de ce rapport est d'analyser les diagnostics des macrophytes et l'impact des stations profondes de plus de 5 mètres sur la qualité des diagnostics pour les étangs de Ponant, Diana, Urbino, Thau et Berre. Cette analyse est complétée par des références bibliographiques sur le recouvrement des herbiers dans ces lagunes. L'analyse des diagnostics DCE des macrophytes et des données issues de la bibliographie permet de proposer des évolutions dans la stratégie spatiale d'échantillonnage des macrophytes pour les étangs de Diana, Urbino et Berre.	
<b>Mots-clés :</b> DCE, lagunes, macrophytes, zostères.	

# sommaire

<b>1. CONTEXTE ET OBJECTIF .....</b>	<b>7</b>
<b>2. BILAN DES DIAGNOSTICS DU COMPARTIMENT MACROPHYTES DANS LE CADRE DU RSL ET DE LA DCE .....</b>	<b>7</b>
2.1. VEGETATION MACROPHYTIQUE DANS LES LAGUNES PROFONDES.....	7
2.2. IMPACT DES STATIONS PROFONDES SUR LES DIAGNOSTICS DE L'ETAT DES MACROPHYTES DANS LE CADRE DU RSL ET DE LA DCE .....	9
<b>3. REFERENCES HISTORIQUES SUR LA PRESENCE D'HERBIERS DE PHANEROGAMES... 10</b>	
3.1. LAGUNES CORSES .....	10
3.2. ETANG DE BERRE .....	11
<b>4. PROPOSITIONS D'EVOLUTIONS DE LA STRATEGIE SPATIALE .....</b>	<b>12</b>
4.1. ETANG DE DIANA .....	12
4.2. ETANG D'URBINO.....	14
4.3. ETANG DE BERRE .....	16
4.4. ETANG DE THAU ET ETANG DU PONANT .....	18
<b>5. CONCLUSIONS.....</b>	<b>18</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>19</b>
<b>ANNEXE 1 : METRIQUES ET GRILLES DE DIAGNOSTIC DES MACROPHYTES DANS LE CADRE DU RSL .....</b>	<b>21</b>
<b>ANNEXE 2 : METRIQUES ET GRILLES DE DIAGNOSTIC DES MACROPHYTES DANS LE CADRE DE LA DCE .....</b>	<b>22</b>



## 1. Contexte et objectif

Dans le contexte de la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) dans les lagunes méditerranéennes, un diagnostic de la qualité des peuplements de macrophytes est effectué tous les trois ans (Andral et Sargian, 2010). Le diagnostic s'appuie sur une estimation du nombre d'espèces, du recouvrement végétal par les macrophytes et de la part relative des espèces de référence, sensibles à l'eutrophisation, dans ce recouvrement (WISER, 2010). Les lagunes sont échantillonnées sur substrat meuble, selon un quadrillage régulier de points (une station pour 50 à 200 ha).

Certaines lagunes du bassin Rhône Méditerranée et Corse sont caractérisées par des profondeurs importantes, qui peuvent constituer une limite naturelle au développement des espèces de référence. Les zostères et les cymodocées font partie des principales espèces de référence car elles se développent sous forme d'herbiers et représentent donc des recouvrements importants.

L'objectif de ce rapport est d'analyser les diagnostics des macrophytes et l'impact des stations profondes de plus de 5 mètres sur la qualité des diagnostics pour les étangs de Ponant, Diana, Urbino, Thau et Berre. Cette analyse, complétée par des références bibliographiques sur l'historique du recouvrement des herbiers dans ces lagunes, permet de proposer des évolutions dans la stratégie spatiale d'échantillonnage des macrophytes dans le cadre des diagnostics DCE.

## 2. Bilan des diagnostics du compartiment macrophytes dans le cadre du RSL et de la DCE

### 2.1. Végétation macrophytique dans les lagunes profondes

Le Tableau 1.a. établit un bilan du nombre de stations suivies dans le cadre des diagnostics de l'état des macrophytes DCE des lagunes de Ponant, Diana, Urbino, Thau et Berre pour les années 2003 à 2011. La part des stations profondes de plus de 5 mètres dans les stations échantillonnées par lagune varie de 14% (1/7) pour Ponant à 68% (13/19) pour Berre.

Le pourcentage de stations profondes végétalisées (recouvrement total RT > 5%) s'étend de 0% pour Ponant et Diana à 96% (27/28) pour Thau. Parmi ces stations végétalisées, seules celles d'Urbino et de Thau sont caractérisées par la présence d'espèces de référence, avec des recouvrements relatifs (RR) allant de 14% (1/7) pour Urbino en 2009 à 100% (13/13) pour Thau en 2011.

Sur l'étang d'Urbino, les espèces de référence sont retrouvées jusqu'à 5,7 m en 2003 avec *Cymodocea nodosa* (station 13) et jusqu'à 7,6 m en 2009 avec *Spyridia*

*filamentosa* (station 8bis). Sur l'étang de Thau, les espèces de référence sont retrouvées jusqu'à 7,1 m en 2006 avec *Zostera marina*, jusqu'à 8,8 m en 2008 avec *Z. marina* et *Dictyota spiralis* et jusqu'à 8 m en 2011 avec *Zostera marina*, *Zostera noltii* et *Dictyota spiralis*.

**Tableau 1. Bilan des données macrophytes sur Ponant, Diana, Urbino, Thau et Berre :**

- a) végétation des stations profondes : nombre de stations profondes (>5 m). Nombre de stations profondes présentant un recouvrement végétal total (RT)  $\geq$  5% et un recouvrement relatif par les espèces de référence (RR)  $>$  0%,  
 b) impact des stations profondes sur le diagnostic RSL : pourcentage de recouvrement relatif par les espèces de référence (%RR) avec et sans les stations profondes,  
 c) impact des stations profondes sur le diagnostic DCE : ratio de qualité écologiques (EQR) des macrophytes avec et sans les stations profondes.

Lagune	Année	Nombre total de stations	a) Végétation des stations profondes			b) Impact des stations profondes sur le diagnostic RSL		c) Impact des stations profondes sur le diagnostic DCE	
			Nb stations > 5 m (prof max)	Nb stations > 5 m avec RT $\geq$ 5%	Nb stations > 5 m avec RR $>$ 0%	% RR avec stations > 5 m (*)	% RR sans stations > 5 m (*)	EQR avec stations > 5 m	EQR sans stations > 5 m
Ponant	2010	7	1 (5 m)	1	0	0% (7/7 stations)	0% (6/6 stations)	0.2	0.2
Diana	2003	16	7 (10.5 m)	0	0	44% (3/16 stations)	44% (3/9 stations)	0.36	0.46
	2006	13	6 (10 m)	0	0	29% (4/13 stations)	29% (4/7 stations)	0.32	0.41
	2009	9	2 (8.9 m)	0	0	99% (3/9 stations)	99% (3/7 stations)	0.45	0.53
Urbino	2003	18	9 (9.5 m)	7	1	41% (16/18 stations)	66% (9/9 stations)	0.54	0.73
	2009	16	8 (8 m)	4	1	37% (10/16 stations)	56% (7/8 stations)	0.48	0.56
Thau	2006	80	28 (8.7 m)	27	6	18% (77/80 stations)	25% (50/52 stations)	0.46	0.49
	2008	36	15 (9.2 m)	14	11	23% (33/36 stations)	23% (20/21 stations)	0.47	0.48
	2011	36	15 (8.1 m)	13	13	36% (33/36 stations)	35% (20/21 stations)	0.54	0.58
Berre	2009	19	13 (9.2 m)	7	0	0% (13/19 stations)	0%	0.04	0.19

Les couleurs représentent les niveaux de qualité : mauvais (rouge), médiocre (orange), moyen (jaune), bon (vert) et très bon (bleu). \* Le nombre de stations contribuant au diagnostic (RT $\geq$ 5%) est donné entre parenthèses.



## 2.2. Impact des stations profondes sur les diagnostics de l'état des macrophytes dans le cadre du RSL et de la DCE

Dans le cadre du Réseau de Suivi Lagunaire (RSL), l'état des macrophytes lagunaires vis-à-vis de l'eutrophisation s'appuie sur une estimation du nombre d'espèces (RS), et de la part relative des espèces de référence (RR), sensibles à l'eutrophisation (Lauret & Oheix *et al.*, 2011) (métriques et grilles de qualité détaillées en Annexe 1). La métrique RR est celle qui a le plus de poids dans le diagnostic. L'état des macrophytes vis-à-vis de l'eutrophisation passe de bon à moyen quand cette métrique est inférieure à 50%. L'impact de la prise en compte des stations profondes de plus de 5 mètres sur la valeur de la métrique RR est analysé dans le Tableau 1.b.

Le diagnostic de l'état des macrophytes dans le cadre de la DCE s'appuie sur une estimation du nombre d'espèces (RS), du recouvrement végétal par les macrophytes (RT) et de la part relative des espèces de référence (RR) (métriques et grilles de qualité détaillées en Annexe 2). C'est la présence d'espèces de référence, donc la métrique RR, qui contribue majoritairement à la définition de la qualité de la masse d'eau pour les macrophytes (ratio de qualité écologique – EQR). L'impact de la prise en compte des stations profondes de plus de 5 mètres sur la valeur de l'EQR est analysé dans le Tableau 1.c.

Pour Ponant, Diana et Berre, le fait de ne pas prendre en compte les stations profondes de plus de 5 m n'a pas de conséquences sur la métrique RR car ces stations sont caractérisées par l'absence d'espèces de référence. En revanche, leurs EQR sont plus élevés car le pourcentage moyen de recouvrement total par les macrophytes et/ou le nombre moyen d'espèces augmente lorsque seules les stations de moins de 5 m sont conservées. La classe de qualité est identique, sauf pour Diana en 2003 et 2006, où l'état donné par l'EQR passe de médiocre à moyen (seuil = 0,4). La limite entre l'état mauvais et l'état médiocre (seuil = 0,2) est presque atteinte pour l'étang de Berre.

Pour Urbino, lorsque l'on ôte les stations de plus de 5 m, la métrique RR passe de l'état moyen à l'état bon en 2003 et 2009, car la majorité des stations profondes sont caractérisées par l'absence d'espèces de référence. Les EQR augmentent également pour les deux années, mais la limite entre l'état moyen et bon (seuil = 0,6) n'est dépassée qu'en 2003.

Pour Thau, la métrique RR et l'EQR augmentent également lorsque l'on ne prend pas en compte les stations de plus de 5 m, mais l'augmentation est moins importante que pour Urbino car ces stations sont caractérisées par la présence significative d'espèces de référence.

## 3. Références historiques sur la présence d'herbiers de phanérogames

### 3.1. Lagunes corses

Dans les années 1970, de Casabianca *et al.* (1972-73) ne mentionnent pas la présence de végétation dans les zones centrales des étangs de Diana et de Urbino.

En 1999, les observations de Pergent-Martini *et al.* (2000) indiquent que des herbiers à cymodocées forment une ceinture discontinue sur le pourtour de l'étang de Diana. Ces herbiers occupent généralement une tranche bathymétrique comprise entre la surface et 3 m de profondeur. Toutefois, dans le secteur Ouest, ils peuvent atteindre localement 5 m de profondeur. Dans la partie Nord, la présence d'herbiers importants, localisés à la sortie du grau, est relevée. Les herbiers occupent une superficie de 21,2 ha, soit 4 % de l'étang.

En juin 2003, la plupart des points échantillonnés par Ifremer sont dépourvus de macrophytes (Orsoni et Laugier, 2003). Seules les stations D8bis et D13, qui possèdent un recouvrement végétal supérieur à 5%, peuvent être diagnostiquées. Au niveau de la station D13, se trouve un vaste herbier de cymodocées, le seul observé sur l'ensemble de la lagune. Au niveau de la station D8bis, une algue brune du genre *Cystoseira*, espèce de référence, est bien représentée. Elle est cependant envahie par l'algue verte opportuniste *Cladophora vagabunda*.

Dans l'étang d'Urbino, Agostini *et al.* (2003) montrent qu'en 1997, grâce à des photographies aériennes croisées à des observations de terrain, la limite inférieure des herbiers dépasse rarement 7 m. Dans les secteurs caractérisés par des influences marines, l'herbier est composé de *Cymodocea nodosa*, espèce dominante, mélangé à *Zostera noltii*. Dans les secteurs caractérisés par les apports d'eau douce, les herbiers sont dominés par *Ruppia cirrhosa*. La surface de l'herbier est estimée à 206 ha, soit 29% de la surface de l'étang. L'étang d'Urbino est dominé par des fonds vaseux qui occupent la partie centrale de l'étang à partir de 5 m de fond.

Sur la période 1998-1999, Pasqualini *et al.* (2006) rencontrent trois espèces de phanérogames dans l'étang d'Urbino : *Cymodocea nodosa*, *Zostera noltii* et *Ruppia cirrhosa*. L'herbier à *Cymodocea nodosa* est observé à des profondeurs de 0,4 m à 4,5 m, tandis que des populations de *Gracilaria dura* se trouvent de 4,7 à 5,5 m.

En 1999, Pergent-Martini *et al.* (2000) observent que les herbiers à *Cymodocea nodosa* sont présents sur tout le pourtour de l'étang d'Urbino, que ce soit sous forme d'herbiers monospécifiques ou d'herbiers mixtes, en association avec *Zostera noltii* ou *Ruppia maritima*.

En juin 2003, les observations d'Ifremer indiquent que les phanérogames ne sont représentées que par l'espèce *Cymodocea nodosa* dans l'étang d'Urbino (Orsoni et Laugier, 2003). Cette espèce est présente sur la moitié des stations échantillonnées et constitue l'espèce dominante pour 7 d'entre elles. Les herbiers qu'elle forme autour de l'étang s'observent parfois jusqu'à 4,6 m de profondeur. Des touffes éparses sont aussi

observées jusqu'à 5,7 m. Les herbiers de cymodocées sont présents au mêmes endroits que ceux répertoriés par Pergent *et al.* en 1999, mais avec des biomasses moindres. Les autres espèces de phanérogames décrites en 1999 par Pergent *et al.* (*Ruppia maritima* et *Zostera noltii*) ne sont pas relevées en 2003.

### 3.2. Etang de Berre

Les travaux de Guillaume Bernard, repris ci-dessous, font état des références historiques sur les peuplements de zostères dans l'étang de Berre (Bernard *et al.*, 2004 ; Bernard, 2007). A la fin du 19<sup>ème</sup> siècle et jusqu'au début du 20<sup>ème</sup> siècle, les herbiers mixtes à *Zostera marina* et *Z. noltii* occupent la majeure partie des fonds meubles de l'étang, de la surface à 6 ou 7 m de profondeur (Marion, 1887 ; Gourret, 1907 ; Chevalier, 1916) ; leur surface à l'époque est estimée à plus de 6000 ha.

La régression de la limite inférieure des herbiers de zostères est signalée dès 1938 (Mars, 1949). Au cours du temps, *Zostera noltii* semble avoir remplacé *Zostera marina*, cette dernière ayant finalement disparu au milieu des années 1970s.

En 1998, les herbiers de *Zostera noltii* ne couvrent plus que 1.5 ha et peuvent être considérés comme fonctionnellement éteints. L'étang de Berre a ainsi basculé, en cinquante ans, d'un système dominé par les herbiers de magniophytes à un état caractérisé par les fonds meubles dépourvus de végétation.

L'absence de recolonisation par *Zostera noltii* peut être liée à un contexte d'eutrophisation rémanent : rejets de nutriments encore trop importants, remobilisation des nutriments piégés dans les sédiments et remise en suspension des sédiments fins, elle-même facilitée par la diminution des surfaces d'herbiers, traduisant une possible hystérésis du système.

A la faveur de conditions hydrologiques plus propices, et en particulier une amélioration de la transparence de l'eau, un retour à l'état antérieur ne peut toutefois être exclu. Dans le contexte global de turbidité de l'étang de Berre en 2007, les 10% d'irradiance considérés comme le seuil minimal de lumière nécessaire au maintien de *Zostera noltii*, sont atteints entre 2,8 et 3,4 m de profondeur. La limite de la zone euphotique (1 % de l'irradiance de surface) est atteinte entre 6 et 7,5 m de profondeur.

## 4. Propositions d'évolutions de la stratégie spatiale

### 4.1. Etang de Diana

L'évolution des stratégies d'échantillonnage des macrophytes lors des diagnostics de 2003, 2006 et 2009 est représentée sur les cartes de la Figure 1 à la Figure 3.

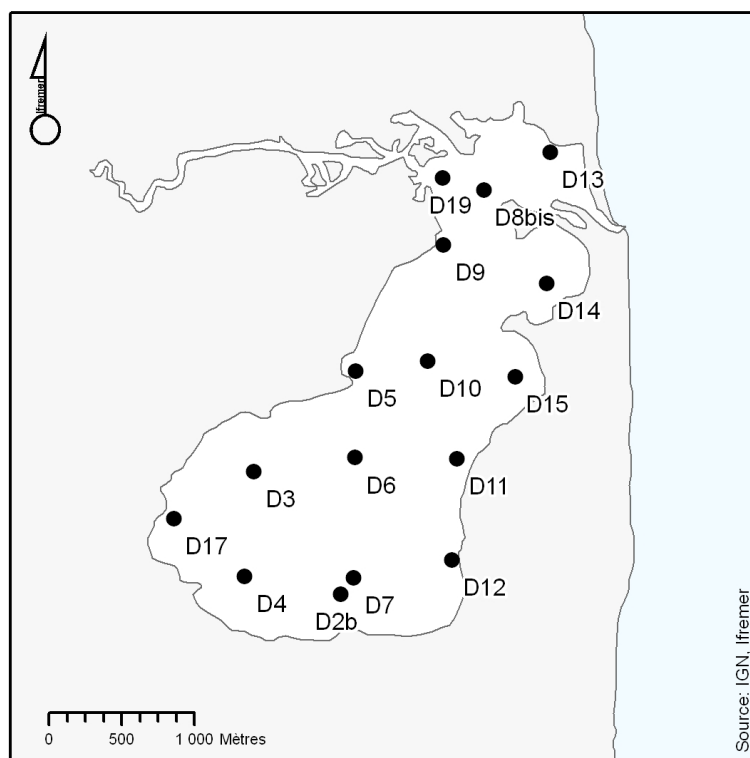


Figure 1. Localisation des 16 stations échantillonnées en 2003 dans l'étang de Diana.

D16 remplacé par coord de D19 = 9,541730034°E -42,14678033°N.

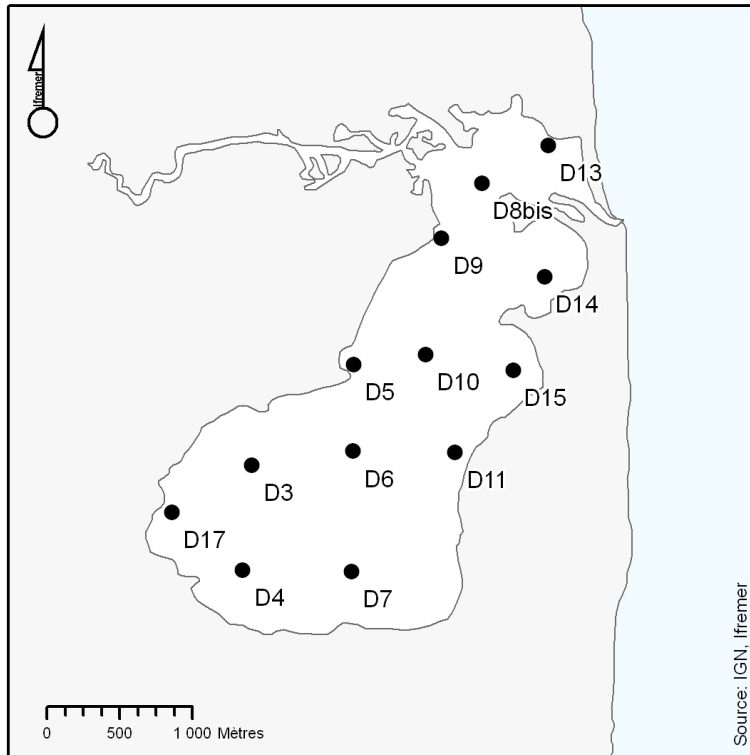


Figure 2. Localisation des 13 stations échantillonnées en 2006 dans l'étang de Diana. *Par rapport à 2003 : suppression des stations 19 (<1m), 2b (2,1 m) et 12 (1,7 m).*

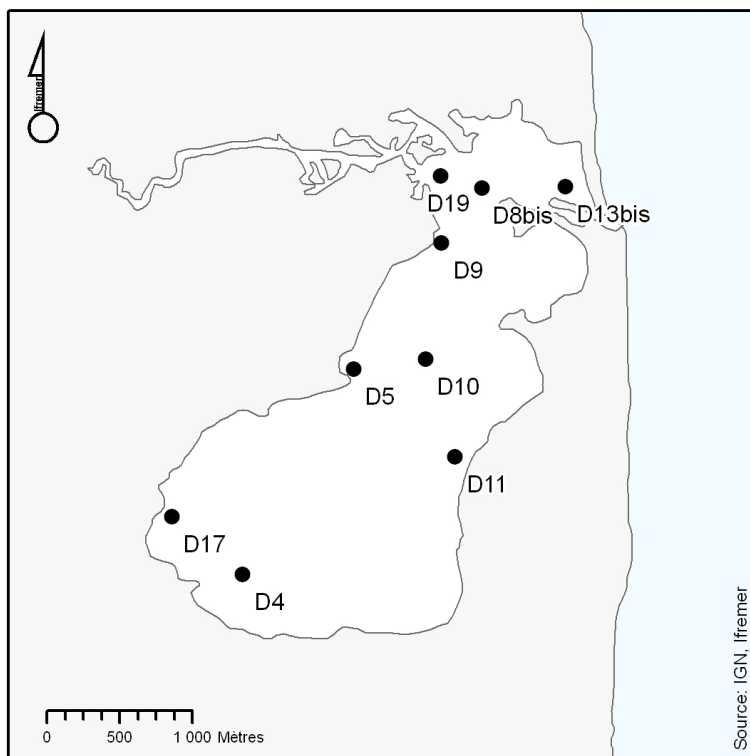


Figure 3. Localisation des 9 stations échantillonnées en 2009 dans l'étang de Diana. *Par rapport à 2006 : suppression des stations 3 (8 m), 6 (10 m), 7 (10 m), 14 (4,9 m) et 15 (9,4 m). Ajout de la station 19 (0,6 m). Station 13 inaccessible à cause de débris de feuilles de posidonies, remplacée par 13bis.*

Compte tenu des éléments trouvés dans la bibliographie (herbier observé jusqu'à 5 m), **il est proposé de ne conserver que les 10 stations situées à une profondeur inférieure à 5 m** (Figure 4). Par rapport à 2009, cela conduit à supprimer les stations 4 (7,3 m) et 10 (8,9 m). Les stations 14 (4,9 m), 2b (2,1 m) et 12 (1,7 m) sont ajoutées pour un meilleur suivi des macrophytes en bordure. Deux stations proches de 5 m de profondeur sont maintenues pour un suivi de la recolonisation des herbiers dans les zones profondes de bordure (stations 17 à 4,7 m, et 11 à 5.3 m).

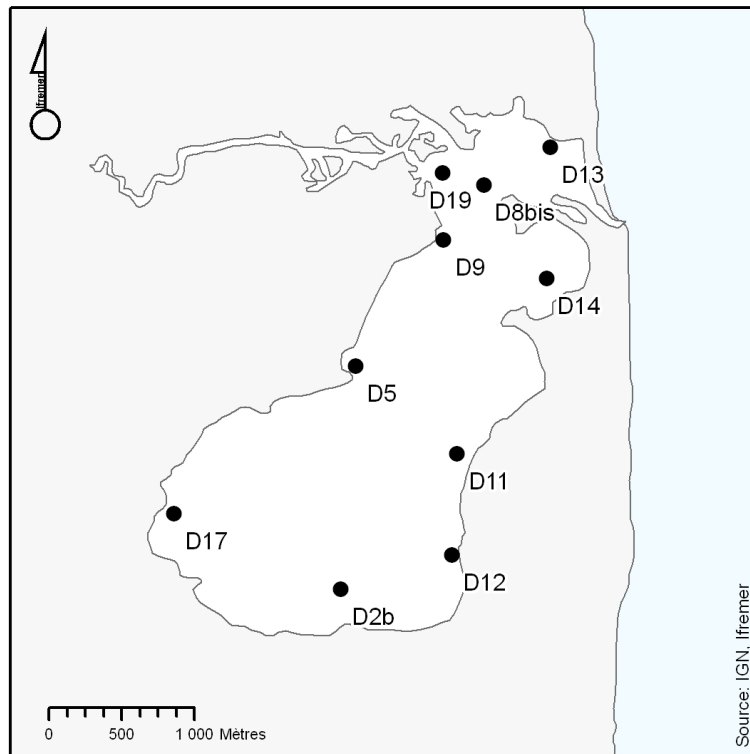


Figure 4. Proposition de grille d'échantillonnage des macrophytes pour l'étang de Diana.

## 4.2. Etang d'Urbino

L'évolution des stratégies d'échantillonnage des macrophytes lors des diagnostics de 2003 et 2009 est représentée sur les cartes de la Figure 5 et de la Figure 6.

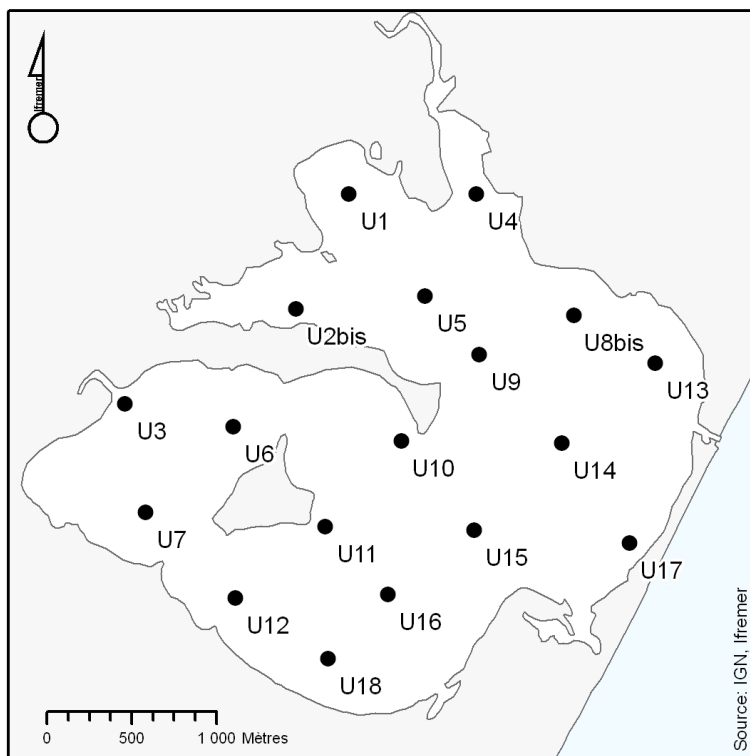


Figure 5. Localisation des 18 stations échantillonnées en 2003 dans l'étang d'Urbino.

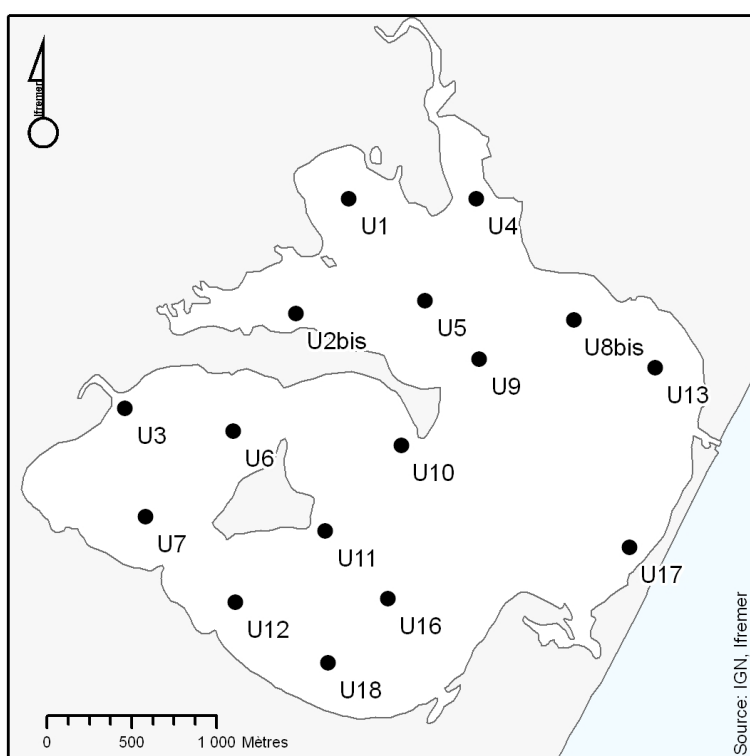


Figure 6. Localisation des 16 stations échantillonnées en 2009 dans l'étang d'Urbino. *Par rapport à 2003 : suppression des stations 14 (9,2 m) et 15 (9,5 m).*

Compte tenu des éléments trouvés dans la bibliographie (herbier observé jusqu'à 5.5 m en 1998 (Pasqualini *et al.*, 2006), et jusqu'à 7 m en 1997 (Agostini *et al.*, 2003)), **il est proposé de ne conserver que les 13 stations situées à une profondeur inférieure à 7 m, dans les zones sableuses** (Figure 7). Par rapport aux années précédentes, cela conduit à supprimer les stations 16 (8 m), 9 (8 m) et 5 (7,4 m). La station 8bis située à 7,6 m est conservée car elle est située à proximité du grau dans une zone sableuse, ce qui présente des conditions d'implantation d'herbier plus favorables.

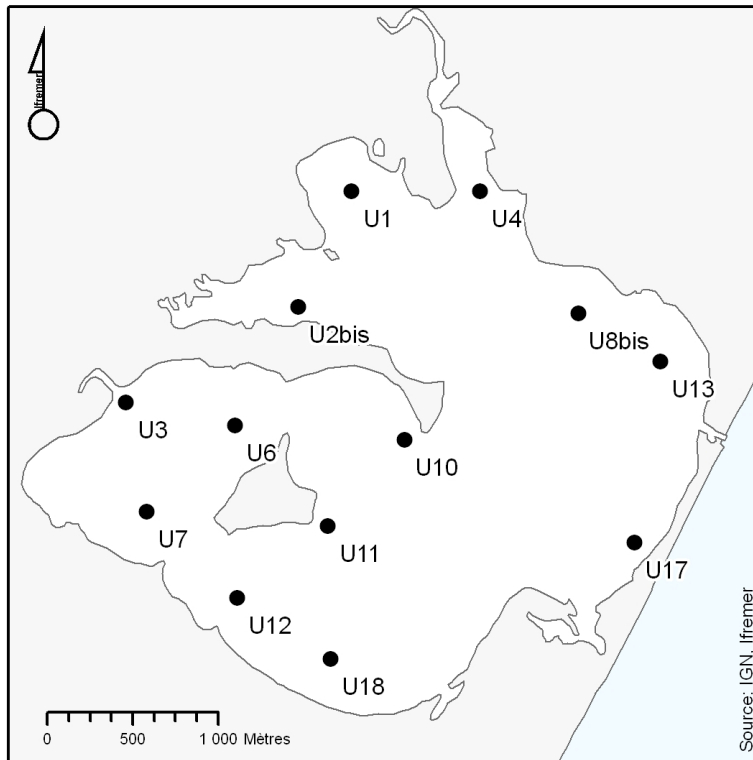


Figure 7. Proposition de stratégie d'échantillonnage des macrophytes pour l'étang d'Urbino.

### 4.3. Etang de Berre

La stratégie d'échantillonnage des macrophytes suivie lors du diagnostic de 2009 sur l'étang de Berre est représentée sur la Figure 8.



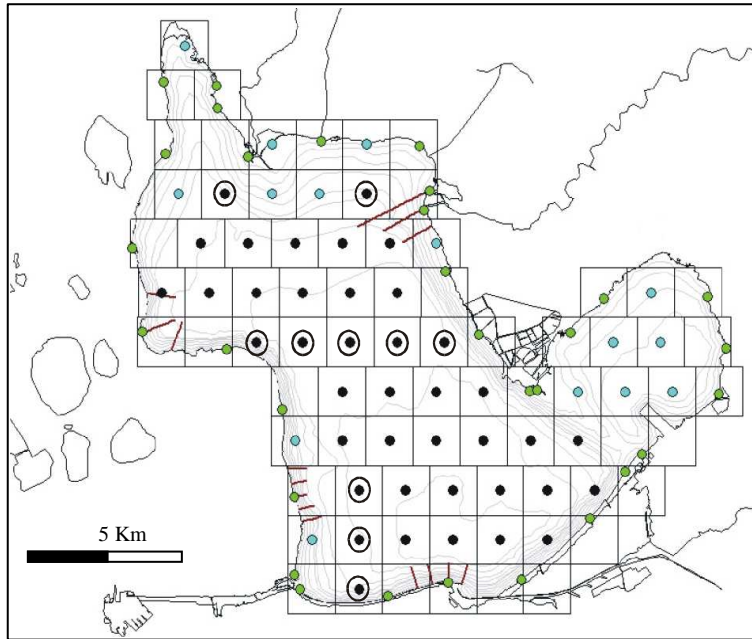


Figure 8. Localisation des 25 stations (19 dans Berre et 6 dans Vaïne) échantillonnées en 2009. En bleu : stations situées au-dessus de 5 m de profondeur ; en noir : stations situées au dessous de 5 m de profondeur. Les points noirs encadrés correspondent aux stations situées en dessous de 5 m de profondeur retenues pour l'échantillonnage.

Compte tenu des éléments trouvés dans la bibliographie (herbier observé jusqu'à 6-7 m par Chevalier en 1916), **il est proposé de ne conserver que les 52 stations situées à une profondeur inférieure à 6 m** (Figure 9). La localisation 52 stations respecte un quadrillage régulier de maillage de 200 ha.

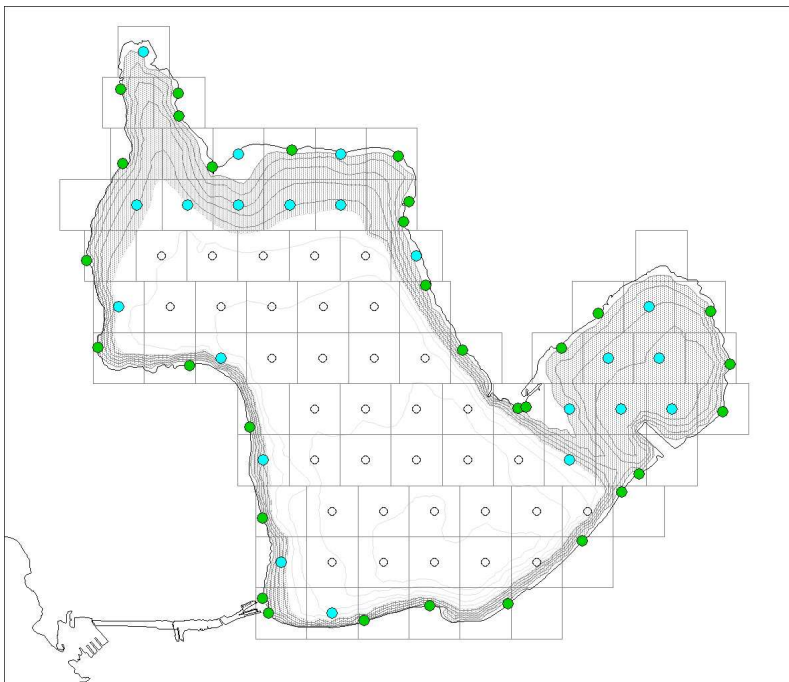


Figure 9. Proposition de stratégie d'échantillonnage des macrophytes pour l'étang de Berre. En vert : 31 stations de suivi GIPREB ; en bleu : 21 stations complémentaires.

## 4.4. Etang de Thau et étang du Ponant

Sur l'étang de Thau, les diagnostics des macrophytes réalisées de 2006 à 2011 font état de la présence de zostères jusqu'à plus de 8 m (§ 2). La profondeur n'apparaît pas un facteur limitant pour le développement des herbiers dans cet étang. Il est donc proposé de conserver la stratégie d'échantillonnage actuelle (35 stations).

Dans l'étang du Ponant, une seule station présente une profondeur supérieure à 5 m, il est proposé de conserver également la stratégie d'échantillonnage actuelle (7 stations).

## 5. Conclusions

L'analyse des peuplements de macrophytes des lagunes profondes du bassin Rhône Méditerranée et Corse a permis de montrer que la prise en compte des stations profondes de plus de 5 mètres pouvait pénaliser le résultat du diagnostic dans le cadre de la DCE pour les étangs de Diana, Urbino et Berre, à cause du faible recouvrement par les espèces de référence dans les secteurs profonds. Pour ces étangs, les références bibliographiques historiques (début du 20<sup>ème</sup> siècle pour Berre et années 1970-1990 pour Diane et Urbino) indiquent que la présence des herbiers de phanérogames, qui constituent la majorité des espèces de référence, est limitée par la profondeur.

Afin de prendre en compte la limitation naturelle de colonisation des fonds par herbiers, des propositions d'évolution de la stratégie spatiale d'échantillonnage des macrophytes sont faites pour les étangs de Diana, Urbino et Berre. Ces évolutions n'apparaissent pas nécessaires pour les étangs de Thau et du Ponant.

## Bibliographie

- Andral B., Sargian P., 2010. Directive Cadre Eau. District Rhône et Côtiers Méditerranéens. Contrôles de surveillance/opérationnel. Campagne 2009, 127 p.  
Site web : <http://www.ifremer.fr/lerlr/surveillance/DCE.htm>
- Agostini S., Capiomont A., Marchanda B., Pergent G., 2003. Distribution and estimation of basal area coverage of subtidal seagrass meadows in a Mediterranean coastal lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 56, 1021–1028.
- Bernard G., Bonhomme P., Bravo JR., Boudouresque CF., 2004. Système de surveillance des principales espèces de macrophytes dans les étangs de Berre et de Vaïne : Suivi 2004. Contrat GIS/Posidonie/GIPREB. Gis Posidonie publ., Marseille, Fr. : 1-47 + Annexes 1-2.
- Bernard G. Changements à long terme des peuplements de magnoliophytes d'un étang sous forte influence anthropique : l'étang de Berre (Méditerranée, France) Thèse de Doctorat, Université de la Méditerranée ( Aix-Marseille II) 2007 147p.
- Charpentier A., Grillas P., Lescuyer F., Coulet E., Auby I. 2005. Spatio-temporal dynamics of a *Zostera noltii* dominated community over a period of fluctuating salinity in a shallow lagoon, Southern France. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 64, 307-315.
- De Casabianca M.L., Kiener A., Huve H., 1972-73. Biotopes et biocénoses des étangs saumâtres corses : Biguglia, Diana, Urbino, Palo. *Vie Milieu*, 23(2C) : 187-227.
- 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.
- Orsoni V., Laugier T. 2004. Réseau de suivi Lagunaire Corse 2003 – Rapport final. R.INT.DEL/PAC/ 114p+annexes.
- Pasqualini V. *et al.*, 2006. Wetland monitoring: aquatic plant changes in two Corsican coastal lagoons ( Western Mediterranean Sea). *Aquatic conservation : Marine and Freshwater ecosystems* 16:43-60 (2006).
- Pergent-Martini C., Fernandez C., Pasqualini V., Pergent G., Segui C., Tomaszewski J.E., 2000. Les étangs littoraux de Corse : Cartographie des peuplements et types de fonds. Contrat Equipe Ecosystèmes Littoraux - Université de Corse & IFREMER, N° 99 3 514004 : 33 p.
- Vaquer A. et Heuteaux P. 1989. Modifications récentes de la végétation aquatique de l'étang du Vaccarès (Camargue, France) liées aux perturbations anthropiques. *Annls Limnol.* 25 (1) : 25-38.

WISER (2010). Method: Macrophytes quality of transitional waters bodies. Y. Denis, V. Derolez, T. Laugier, FR-MA-TR [id:263]. [http://www.wiser.eu/results/method-database/index.php?country\[\]=France&category\[\]=Transitional%20Waters&gig\[\]=Mediterranean&bqe\[\]=Angiosperms](http://www.wiser.eu/results/method-database/index.php?country[]=France&category[]=Transitional%20Waters&gig[]=Mediterranean&bqe[]=Angiosperms)

## Annexe 1 : métriques et grilles de diagnostic des macrophytes dans le cadre du RSL

Dans le cadre du RSL, le diagnostic de l'état des macrophytes vis-à-vis de l'eutrophisation prend en compte le pourcentage de recouvrement des espèces (RR) de référence et la richesse spécifique (RS) (Tableau 2).

Tableau 2 : Grille de diagnostic simplifié de l'eutrophisation par les macrophytes. Ce tableau peut être utilisé pour le diagnostic global d'une lagune ou d'un secteur lagunaire lorsque le taux de recouvrement végétal (RT)\* est supérieur ou égal à 5 %.

Recouvrement relatif des espèces de référence (RR)	Richesse spécifique (RS)	
	nb sp ≥ 3	nb sp < 3
RR > 75%	Très bon	
50% ≤ RR < 75%	Bon	
5% ≤ RR < 50%	Moyen	
0 < RR < 5%	Médiocre	Médiocre
Absentes		Mauvais

\*Remarque : en dessous de 5 % de recouvrement des macrophytes, le diagnostic n'est pas possible. Dans ce cas, la station, la lagune ou le secteur de lagune est symbolisé par la couleur noire.

## Annexe 2 : métriques et grilles de diagnostic des macrophytes dans le cadre de la DCE

### Métriques

Métrique 1. Richesse spécifique moyenne – RS (nb espèces)

Métrique 2. Recouvrement du fond par les espèces « de référence\* » (ou recouvrement relatif) - RR (%)

Métrique 3. Recouvrement du fond par les macrovégétaux (ou recouvrement total) – RT (%)

Lorsque le recouvrement total (métrique 3) est inférieur à 5%, on considère qu'on ne peut pas faire d'appréciation correcte de la composition du peuplement : la métrique 2 n'est pas calculée.

\* Les espèces de référence sont les algues et phanérogames présentes dans les conditions de référence et qui régressent avec l'eutrophisation : leur liste est indiquée ci-dessous.

<i>Acetabularia acetabulum</i>	<i>Lamprothamnium papulosum</i>
<i>Bryopsis hypnoides</i>	<i>Laurencia microcladia</i>
<i>Bryopsis plumosa</i>	<i>Laurencia obtusa</i>
<i>Centroceras clavulatum</i>	<i>Lomentaria clavellosa</i>
<i>Ceramium ciliatum</i>	<i>Osmundea pinnatifida</i>
<i>Ceramium diaphanum</i>	<i>Polysiphonia denudata</i>
<i>Ceramium gracilimum</i>	<i>Polysiphonia mottei</i>
<i>Ceramium tenerrimum</i>	<i>Polysiphoni opaca</i>
<i>Chondracanthus acicularis</i>	<i>Polysiphonia sertularioides</i>
<i>Chondria dasyphylla</i>	<i>Pterosiphonia parasitica</i>
<i>Chylocladia verticillata</i>	<i>Pterosiphonia pennata</i>
<i>Cladostephus spongiosus</i>	<i>Pterothamnion plumula</i>
<i>Cymodocea nodosa</i>	<i>Ruppia cirrhosa</i>
<i>Cystoseira barbata</i>	<i>Ruppia maritima</i>
<i>Cystoseira compressa</i>	<i>Spyridia filamentosa</i>
<i>Cystoseira fimbriata</i>	<i>Valonia aegagropila</i>
<i>Dictyota dichotoma</i>	<i>Valonia utricularis</i>
<i>Dictyota spiralis</i>	<i>Zostera marina</i>
<i>Gelidium crinale</i>	<i>Zostera noltii</i>
<i>Gymnogongrus griffithsiae</i>	

### Indicateur et grille de qualité

Pour chacune des 3 métriques, les valeurs de référence sont définies à dire d'expert et avec des données de lagunes « de référence », caractérisées par l'absence de pressions anthropiques significatives et où les apports en eau douce sont peu chargés en nutriments :

- métrique 1 :  $RS \geq 3$ ,
- métrique 2 :  $RR = 100\%$ ,
- métrique 3 :  $RT = 100\%$ .

Cela correspond à une couverture végétale de 100%, composée d'un peuplement *a minima* de 3 espèces, toutes faisant partie de la liste des espèces de référence. Dans les conditions de référence, les EQR composition, abondance et macrophyte sont égaux à 1.

Les **seuils des classes** sont ensuite définis à dire d'expert et les **EQR** correspondants sont définis par des classes d'amplitude égale (pas de 0,2).

Les métriques 1 et 2 sont combinées pour former un indice de composition, pendant que la métrique 3 constitue un indice d'abondance.

L'EQR de l'indice composition varie entre 0,1 et 1 ; l'EQR de l'indice d'abondance et l'EQR macrophyte varient entre 0 et 1.

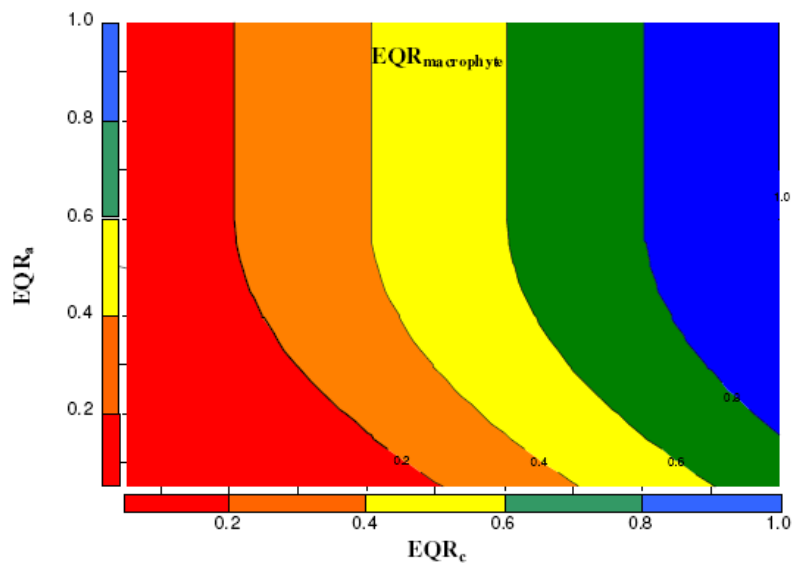
Indice Composition		EQR <sub>C</sub> Composition	Indice Abondance	EQR <sub>A</sub> Abondance	Classe
Métrique 1. RS	Métrique 2. RR %		Métrique 3. RT %		
≥ 3	[100 - 75]	[1 - 0,8]	[100 - 75]	[1 - 0,8]	Très Bon
	]75 - 50]	]0,8 - 0,6]	]75 - 50]	]0,8 - 0,6]	Bon
	]50 - 5]	]0,6 - 0,4]	]50 - 25]	]0,6 - 0,4]	Moyen
	]5 - 0]	]0,4 - 0,2]	]25 - 5]	]0,4 - 0,2]	Médiocre
< 3	0	0,1	]5 - 0]	]0,2 - 0]	Mauvais
≥ 3 ou < 3	Non défini (cas où RT < 5 %)	Non défini			

L'indicateur final pour les macrophytes (EQR<sub>MAC</sub>), résulte de la combinaison de l'EQR<sub>C</sub> de composition et de l'EQR<sub>A</sub> d'abondance. Il est basé sur le principe suivant :

**C'est la présence d'espèces de référence, donc la composition, qui va définir essentiellement la qualité de la masse d'eau pour les macrophytes. Cette qualité sera d'autant plus fortement déclassée que l'abondance n'est pas satisfaisante (à partir de EQR<sub>A</sub> < 0,6 (recouvrement total <50%), soit à partir de la classe de qualité « moyen »).**

Le principe du déclassement de l'indice de composition par l'indice d'abondance fonctionne selon le graphe ci-dessous. Pour des EQR<sub>A</sub> supérieurs ou égaux à 0,6 (classe de qualité très bon et bon), la classe de qualité macrophytes est égale à celle de la composition (EQR<sub>MAC</sub> = EQR<sub>C</sub>). Pour des EQR<sub>A</sub> inférieurs à 0,6, il y a un effet de déclassement progressif et qui s'accroît (fonction polynomiale) au fur et à mesure que l'on s'écarte du seuil bon-moyen de l'EQR<sub>A</sub> (voir ci-dessous les formules).

EQR <sub>MAC</sub> macrophytes	Classe
[1 - 0,8]	Très Bon
]0,8 - 0,6]	Bon
]0,6 - 0,4]	Moyen
]0,4 - 0,2]	Médiocre
]0,2 - 0]	Mauvais



Evolution de l'EQR<sub>MAC</sub> en fonction de l'EQR<sub>C</sub> et l'EQR<sub>A</sub>