



Master Ecologie & Biodiversité

<http://www.masters-biologie-ecologie.com/blog>



Parcours Ingénierie en Ecologie et en Gestion de la Biodiversité (IEGB)

<http://www.masters-biologie-ecologie.com/IEGB>

Rapport de stage 2^{ème} année – M2IEGB

5 mars – 5 octobre 2012

Papuga Guillaume

**Mise au point d'un indicateur de l'état de
conservation des lagunes côtières basé sur les
herbiers**

Pôle-relais Lagunes méditerranéennes,

hébergé administrativement par le Conservatoire des Espaces Naturels
du Languedoc-Roussillon (CEN L-R), Carré Montmorency 474 Allée
Henri 2 de Montmorency 34000 Montpellier

Bertrand Sonia, Directeur de stage

Chargé de mission au Pôle-relais, coordinatrice Languedoc Roussillon



<http://www.masters-biologie-ecologie.com/ARTIO/>

Remerciements

A travers ce stage, j'ai pu acquérir de nombreuses connaissances au grès des rencontres et échanges avec les collaborateurs du projet. Ainsi, je tiens à remercier...

... Claudie Houssard, directrice du CEN-LR, pour m'avoir accueilli dans sa structure.

.... Sonia Bertrand (CEN LR), ma maître de stage, pour son aide et ses conseils précieux, autour de l'organisation de projet et de la gestion de réunions. Je n'oublie pas le reste de l'équipe encadrante avec Nathalie Barré & Virginie Mauclet (Tour du Valat), Gwenaëlle Baldovino (OEC) et Fanny Lepareur (MNHN). Les discussions avec Manuelle Richeux, stagiaire au MNHN sur les lagunes Atlantiques, auront également été d'une grande richesse.

... Julie Deter et Fabien Leprieur, pour avoir accepté d'évaluer ce rapport.

... les structures ayant fourni des données relatives aux herbiers : le Syndicat Mixte du Bassin de Thau (Murielle Alexandre), le GIPREB (Guillaume Bernard), Rivage (Julien Robert) ainsi que la communauté de communes de Perpignan Méditerranée (Roland Mivière).

.... Mario Kleszczewski (CEN LR), pour les discussions toujours instructives sur les lagunes, mais également les méthodes et la philosophie de l'état de conservation d'un habitat.

... l'ensemble des membres du comité de pilotage, pour leur soutien et leur aide tout au long du projet, avec Nabila Hamza, Christine Rochat (DREAL), Farid Bensettiti (MNHN).

... le groupe de travail, dont le rôle fut déterminant pour la mise en place du projet. Mon rôle ne fut que de coordonner les idées, cette méthode est la vôtre : les gestionnaires Roland Mivière (Perpignan méditerranée), Julien Robert (Rivage), Kattalin Fortuné-Sans (PNR de la Narbonnaise en Méditerranée), Yannick Guennou (SMBVA), Julien Azema (Communauté d'agglomération Hérault Méditerranée), Mylène Filleux (RNN du Bagnas), Murielle Alexandre (Syndicat Mixte du Bassin de Thau), Sandrine Lafont (Syndicat mixte des étang littoraux), Eve le Pommelet (Syndicat mixte du bassin de l'Or), Lucie Labbé, Clarisse Brochier (Syndicat mixte de la Camargue Gardoise), Claire Tetrel, Jean Christophe Brissaud (Domaine de la Palissade), Alain Abba (Ville de Fréjus), Luc Brun (Sibojai) ; les experts Jean Baptiste Mouronval (ONCFS), Patrick Grillas (Tour du Valat), Olivier Argagnon (CBN Med), Eric Fabre (Seano), Nathalie Malet, Jocelyne Oheix, Valérie Dérolez (Ifremer) et Michel Lauret (ex UM2).

... à Alain Thierry (Université d'Aix Marseille), Alain Crivelli (Tour du Valat), Rutger de Wit (UM2), Christine Pergent Martini (Université de Corse), Julie Chaurand (Fédération des CBN).

.... Guillaume Bernard (GIPREB), Julien Robert (Rivage) pour leur aide au développement et la relecture du premier manuscrit. Merci également à Sonia et Mario pour les corrections... de dernière minute !

.... mes collègues du CEN L-R, les botanistes & assimilés Benj', Lionel, Rémy, Seb, les stagiaires, et tous les autres pour leur accueil, leur bonne humeur (au café) et leur aide respective. Une pensée spéciale pour Matthieu et Yoann, toujours disponibles malgré les demandes incessantes !

Je présente mes plus sincères excuses à ceux non mentionnés ici, votre aide m'aura, sur un plan professionnel & personnel, énormément apporté.

Table des matières

I. Introduction.....	2
I.A. Contexte de l'étude.....	2
I.A.1. Présentation générale des lagunes.....	2
I.A.2. Politique européenne Natura 2000 & état de conservation.....	2
I.A.3. Les projets d'évaluation de l'état de conservation en France.....	3
I.A.4. Le Pôle-relais lagunes méditerranéennes (PRL).....	4
I.A.5 Mise en place du projet.....	4
I.B. Un état de l'Art autour de l'état de conservation.....	5
I.B.1. Démarches d'évaluation de l'état de conservation Natura 2000 appliquées aux lagunes.....	5
I.B.2. Démarches en cours sur les lagunes méditerranéennes.....	5
I.B.3. L'échelle d'évaluation de l'état de conservation.....	6
I.B.4. Les systèmes de notation.....	6
I.C. La lagune, un écosystème original.....	7
I.C.1. Genèse des systèmes lagunaires.....	7
I.C.2. L'habitat d'intérêt communautaire prioritaire 1150* « lagune côtière »	7
I.D. Problématique.....	8
II. Matériel et méthodes.....	9
I.A. Les lagunes en France continentale méditerranéenne.....	9
II.A.1. Vers une typologie simplifiée des lagunes méditerranéennes.....	9
II.A.2. Les quatre lagunes étudiées.....	10
II.B. Les herbiers de macrophytes.....	10
II.B.1. Définition et contexte général.....	10
II.B.2. Les espèces qui les composent.....	11
II.C. La cartographie des herbiers.....	11
II.C.1. La cartographie effective des herbiers.....	12
II.C.2. La cartographie potentielle des herbiers.....	13
II.D. Corrélation avec d'autres indicateurs.....	14
II.F. Le calcul de la note attribuée à l'indicateur.....	14
III. Résultats.....	15
III.A. La cartographie.....	15
III.A.1. Résultat de la cartographie effective des herbiers (carte 4).....	15
III.A.3. Résultats de la cartographie potentielle des herbiers (carte 5).....	15
III.B. Niveau de développement des herbiers.....	16
III.C. Corrélation avec les autres indicateurs.....	16
IV. Discussion.....	17
IV.A. Dynamiques et développement des herbiers.....	17
IV.B. Eléments autour des résultats de l'étude.....	18
IV.C. Méthodologie.....	19
IV.D. Eléments de réflexions autour de l'état de conservation et sa déclinaison en indicateurs.....	20
V. Conclusion.....	21
VI. Bibliographie.....	22

I. Introduction

I.A. Contexte de l'étude

I.A.1. Présentation générale des lagunes

Les lagunes sont des retenues d'eau salées à saumâtres, séparées de la mer par une bande de terre comportant (ou non) des voies d'eau (dénommées « graus » dans le sud de la France). Cette définition, très intégrative, englobe de très nombreux écosystèmes, dont la perception peut être extrêmement variable selon l'interprétation que chacun en fait. Au delà de cette diversité, plusieurs éléments communs lient les lagunes entre elles.

- Les lagunes sont des écosystèmes paraliques (Guélorget & Perthuisot 1983), et constituent en ce sens un écotone entre les masses d'eau douce continentale et salée marine. Cette position induit une production de biomasse très forte, associée à une richesse exceptionnelle.
- Les lagunes méditerranéennes sont des écosystèmes (en grande majorité) associés à des pressions humaines intenses, qui ont souvent redéfini leur périmètre et leur fonctionnement (Soria Garcia & Sahuquilo Llinares 2009; Cañedo-Argüelles *et al.* 2011). Les activités du secteur primaire (extraction de sel, pêche, conchyliculture, etc.) y côtoient le domaine récréatif (voile, pêche amateur, etc.). La modification des liens à la mer et l'impact du bassin versant sur l'eau entrante constituent également des pressions anthropiques majeures.

Ces écosystèmes combinent ainsi richesse naturelle et pressions anthropiques dans un équilibre instable, et constituent des zones de conservation d'un intérêt majeur (Duarte 1999).

I.A.2. Politique européenne Natura 2000 & état de conservation

Le terme « état de conservation » apparaît dans la **Directive Habitat-Faune-Flore DHFF** (Commission Européenne 1992). En effet l'article 11 mentionne que "*les États membres assurent la surveillance de l'état de conservation des espèces et habitats naturels visés à l'article 2 [intérêt communautaire], en tenant particulièrement compte des types d'habitats naturels prioritaires et des espèces prioritaires*", cela dans un compte rendu publié tous les 6 ans.

L'état de conservation d'un habitat naturel est défini à l'article premier (point e) de la DHFF (Commission Européenne 1992) comme "*l'effet de l'ensemble des influences agissant sur un habitat naturel ainsi que les espèces typiques qu'il abrite, qui peuvent affecter à long terme sa*

répartition naturelle, sa structure et ses fonctions ainsi que la survie à long terme de ses espèces typiques sur le territoire visé à l'article 2".

La Commission européenne a ensuite étayé ce texte en précisant que :

*"L'état de conservation est jugé comme **favorable** lorsque :*

- son aire de répartition ainsi que les superficies qu'il couvre au sein de cette aire sont stables ou en extension,

et

- la structure et les fonctions spécifiques nécessaires à son maintien à long terme existent et sont susceptibles de perdurer dans un avenir prévisible,

et

*- l'état de conservation des espèces qui lui sont **typiques** est favorable."*

Cette définition envisage l'état de conservation d'un habitat comme une **probabilité de persistance** spatiale et temporelle des structures et fonctions qui lui permettent de se maintenir. L'aspect spécifique (Noss 1990) passe par le maintien de ses espèces typiques, bien qu'aucune liste officielle ne les définisse (Maciejewski 2010).

Cette définition peut être considérée comme une ligne directrice généraliste, puisqu'elle ne donne pas d'indications claires quant aux modalités d'évaluation propres à chaque écosystème.

I.A.3. Les projets d'évaluation de l'état de conservation en France

Pour combler l'absence de méthodologie associée au texte européen, certains pays ont développé des méthodologies nationales. Si la DHFF exige une évaluation à une échelle très large (biogéographique), il est rapidement apparu qu'une évaluation pertinente devait s'effectuer à une échelle plus fine (le site) afin de pouvoir statuer sur l'état de conservation des différents habitats dans les sites Natura 2000 désignés. Ces questions ont été formalisées lors de la transcription en droit français de la directive européenne, dans l'article R414-11 du Code de l'Environnement (modifié par le décret n°2006-922 du 26 juillet 2006 - art. 1 JORF 27 juillet 2006).

Ainsi, en France, le Muséum National d'Histoire Naturelle a élaboré plusieurs méthodologies portant sur différents habitats, tels que les forêts (Carnino 2009), les habitats marins côtiers (Lepareur 2011), les dunes (Goffe 2011) ou les prairies (Maciejewski 2012a, 2012b). Ces méthodologies nationales sont soumises à des évolutions constantes et sont susceptibles de devenir à terme les références françaises. Le Conservatoire d'espaces naturels du Languedoc-Roussillon (CEN L-R) a également engagé de nombreuses démarches concernant l'état de conservation des habitats, notamment en partenariat avec le Parc National des Cévennes, ou à l'échelle de la Lozère (CEN L-R 2011; Kleszczewski 2011).



Carte 1 : emprise territoriale du Pôle-relais Lagunes Méditerranéennes (source : Pôle-relais Lagunes Méditerranéennes)

CHARGES	montant	%	PRODUITS	montant	%
frais de personnel	12 225 €	41,00%	Etat MEDDTL	23 500,00 €	80,00%
dont salaire stagiaire	3 066,00 €	10,39%			
frais fixes (65€/jr)	2 405 €	8,00%			
frais missions	5 120 €	17,00%	Contributions volontaires	6 000,00 €	20,00%
Prestations/ conventions	3 750 €	13,00%			
Contributions volontaires	6 000,00 €	20,00%			
TOTAL	29 500,00 €	100,00%	TOTAL	29 500,00 €	100,00%

Tableau 1 : budget simplifié du projet (source : Pôle-relais Lagunes Méditerranéennes)

I.A.4. Le Pôle-relais lagunes méditerranéennes (PRL)

Le Pôle-relais lagunes méditerranéennes (PRL) est un des 5 Pôle-relais mis en place à la suite du premier Plan d'Action National en faveur des zones humides (carte 1). Ceux-ci ont pour but de susciter et d'accompagner les initiatives locales de gestion durable des zones humides. Le Pôle-relais lagunes étend son action aux régions Languedoc-Roussillon, Provence-Alpes-Côte d'Azur et Corse, en favorisant l'émergence de projet relatifs à la gestion durable de ces écosystèmes (Barral *et al.* 2007). Dans chaque région, une structure compétente porte le pôle (l'Office de l'Environnement Corse, la Tour du Valat en Paca et le Conservatoire des espaces naturels du Languedoc-Roussillon).

La création d'une méthodologie d'évaluation de l'état de conservation de l'habitat d'intérêt communautaire prioritaire 1150* « lagunes côtières » s'inscrit dans la dynamique des méthodologies mises au point par le Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris. Cependant, en raison de la multiplicité des caractéristiques des lagunes en région méditerranéenne, le PRL a été choisi pour fédérer les acteurs et mener à bien ce projet. En effet, au-delà de la méthode traditionnelle du Muséum (Carnino 2009), le projet méditerranéen requiert :

- une forte implication des gestionnaires de sites Natura 2000, afin de proposer une méthodologie en accord avec leurs attentes et applicable sur le terrain. Celle-ci passe par des **réunions et rencontres** régulières visant tant la validation des démarches par les acteurs, que leur implication dans le développement de la méthode.
- l'harmonisation et la coordination avec les études déjà existantes, avec une attention particulière pour l'articulation entre la Directive Cadre sur l'Eau (**DCE**) (Andral & Sargian 2009) et la Directive Habitat Faune Flore (**DHFF**).

Cette base centrée sur la coordination et la participation correspond aux axes de travail habituels du PRL. Aussi, sur la base de nombreuses sollicitations des gestionnaires, la démarche s'est construite autour de deux axes : avec une même méthodologie, le gestionnaire doit disposer d'un indicateur de gestion (pour un suivi syn- et diachronique) et d'une note globale de l'état de conservation de l'habitat lagune dans le site (pour un rapportage normalisé dans les Docob).

I.A.5 Mise en place du projet

Le projet s'est structuré autour d'un stage de Master 2 d'une durée de 7 mois, que j'ai effectué au sein du CEN L-R (tableau 1). J'ai pu ainsi porter et développer la méthode dans son intégralité, épaulé par ma maître de stage. Mes missions ont été diverses afin de produire une grille d'évaluation de l'état de conservation par type de lagune. En effet, la première étape fut de normaliser une

typologie des lagunes étudiées afin de former des groupes écologiques cohérents, sur lesquels appliquer une même méthode.

L'aspect participatif fut le fil conducteur de toutes mes démarches. J'ai ainsi organisé cinq groupes de travail, une quinzaine de réunions spécifiques et mis en place un système de participation en ligne à l'élaboration des indicateurs. Au final, j'ai pu proposer trois grilles contenant un total de 21 indicateurs d'état de conservation. Celles-ci seront soumises à des tests au cours de l'année 2013. Les annexes 4, 5 et 6 précisent ces éléments.

Au delà de l'acquisition de connaissances scientifiques et techniques relatives aux lagunes et à l'évaluation de l'état de conservation, ce stage m'a permis de développer des compétences solides en animation et gestion de projet. J'ai appris l'importance de la communication et de l'élaboration partagée pour assurer la réussite d'une méthode.

I.B. Un état de l'Art autour de l'état de conservation

I.B.1. Démarches d'évaluation de l'état de conservation Natura 2000 appliquées aux lagunes

Plusieurs pays ont déjà mis en place des démarches d'évaluation de l'état de conservation normalisées concernant l'habitat 1150* « Lagunes côtières » :

- sur la côte Atlantique (Dahl *et al.* 2004; Joint Nature Conservation Committee 2004; NPWS 2007; Krause *et al.* 2008)
- sur la côte méditerranéenne (Camacho *et al.* 2008; Soria Garcia & Sahuquilo Llinares 2009).

Ces différents protocoles tentent de répondre à la même question, tout en l'abordant selon des angles très différents : l'absence de cohérence européenne a ainsi permis l'émergence de nombreuses idées, au détriment d'une unité méthodologique .

I.B.2. Démarches en cours sur les lagunes méditerranéennes

Des programmes ayant trait à l'étude des lagunes en région méditerranéenne française ont été mis en place depuis de nombreuses années. Parmi eux, certains portent sur la qualification de l'état écologique des lagunes. Bien que l'angle d'approche soit différent selon les objectifs fixés (par exemple l'étude de la colonne d'eau), chaque programme apporte des réponses intéressantes dans le cadre du présent projet. De plus, l'expérience liée à ces démarches a permis d'élaborer des outils pertinents, dont il faut tenir compte pour mettre en place une démarche cohérente. Plusieurs d'entre elles sont présentées ci-dessous.

La **Directive Cadre sur l'Eau (DCE)** est une directive européenne qui cherche à

harmoniser la gestion des eaux à l'échelle de l'Europe, en assurant une cohérence législative. Elle se décline par bassin hydrographique, et fixe des objectifs de préservation et de restauration des eaux douces et côtières, superficielles et souterraines. Ses objectifs sont proches de ceux visés par la DHFF, c'est pourquoi l'articulation entre les deux textes constitue un point central du projet (Andral & Sargian 2009; Andersson *et al.* 2011).

Le **Réseau de Suivi Lagunaire** (RSL) est un programme mis en place au début des années 2000 par la région Languedoc-Roussillon, en association avec l'Agence de l'eau RM&C (partenaire financier), l'Ifremer (appui scientifique) et le Cépralmar (appui technique). Le RSL assure le suivi opérationnel de la qualité des eaux des étangs littoraux en région Languedoc Roussillon et de leur eutrophisation, et apporte un appui scientifique et technique aux gestionnaires .

Plusieurs démarches visant à **cartographier les herbiers de phanérogames** des lagunes ont été menées dans différentes pièces d'eau du bassin méditerranéen français, à l'initiative des gestionnaires ou d'organismes de recherche. Les cartes produites, ainsi que les suivis associés, ont permis d'évaluer l'état écologique de ces herbiers lagunaires, et ainsi d'apporter un nouveau regard sur l'état écologique du milieu (Agostini *et al.* 2003b; Bernard *et al.* 2007).

I.B.3. L'échelle d'évaluation de l'état de conservation

L'état de conservation d'un habitat peut s'évaluer à différentes échelles (Bensettiti *et al.* 2004, 2012; Kleszczewski *et al.* 2010) :

- Lors du rendu européen, c'est une échelle dite biogéographique qui constitue le cadre de travail. Celle ci consiste à se focaliser sur l'ensemble des lagunes de la façade méditerranéenne, et ne sera pas étudiée dans ce rapport (Bensettiti *et al.* 2006).
- La nécessité d'affiner ces évaluations a conduit à les décliner à l'échelle d'un site Natura 2000. Habitat par habitat, l'ensemble du site est ainsi évalué (Carnino 2009).
- Enfin, la perspective de lier l'état de conservation avec les mesures de gestions effectives sur le terrain a mené à une approche d'évaluation plus fine encore (Kleszczewski 2007). Cette démarche permet notamment de relever les facteurs dégradant sur de manière précise.

I.B.4. Les systèmes de notation

L'évaluation de l'état de conservation passe par la mise en place d'une série d'indicateurs qui fournissent chacun un résultat, qu'il convient d'agréger afin de n'obtenir qu'un état (ou une note) pour l'échelle d'étude envisagée. Cette méthode va influencer fortement le résultat final (Argagnon 2012); trois voies principales apparaissent dans la littérature :

- **La méthode du critère déclassant** consiste à retenir uniquement la plus mauvaise note d'une

série indicateurs (Andral & Sargian 2009; CEN L-R 2011; Ifremer 2011)CEN L-R 2011).

- Le MNHN, grâce aux travaux de Nathalie Carnino, a proposé une méthode de calcul basée sur **le système « du permis à point »** (Carnino 2009; Argagnon 2012). Partant d'un capital de 100 points, on soustrait ou ajoute des points suivant les résultats de chaque indicateur : ce calcul aboutit à une note finale que l'on compare à des seuils d'état de conservation (Goffe 2011; Lepareur 2011; Maciejewski 2012a)
- la méthode employée en pays germanophones (Allemagne, Autriche), consiste à agréger les notes des paramètres en calculant **une moyenne** (Soria Garcia & Sahuquilo Llinares 2009).

I.C. La lagune, un écosystème original

I.C.1. Genèse des systèmes lagunaires

La genèse des lagunes a commencé il y a environ 20 000 ans, avec le réchauffement consécutif au dernier maximum glaciaire du Würm (Guélorget & Perthuisot 1983) La hausse du niveau des mers put alors permettre l'accumulation de matériaux détritiques qui ont participé à l'isolement de poches d'eau salées, à l'interface entre mer et terre. Ce mode de formation sédimentaire est celui de nombreuses lagunes du Languedoc-Roussillon (par exemple Bages, Ingril, Leucate). Les plans d'eau sont généralement de faible profondeur (tout au plus quelques mètres) et leurs berges en pente douce (Bensettiti *et al.* 2004).

Cette remontée marine a également pu remplir des dépressions causées par des mouvements tectoniques. Ce second mode de formation aboutit à des lagunes plus profondes, souvent entourées en partie de berges plus abruptes (comme à l'étang de Thau, ou Berre).

Des formations deltaïques ou estuariennes (telles celles retrouvées en Camargue) permettent l'isolement de pièces d'eau qui peuvent être saumâtres à salées, et ainsi former des lagunes côtières plus ou moins isolées (comme par exemple au Domaine de la Palissade en Camargue).

Enfin, il ne faut pas négliger l'impact de l'Homme, qui par ses activités (salicoles, piscicoles, conchylicoles) a fortement contribué à modifier les lagunes (et notamment les mosaïques sansouires-lagunes). Ainsi, il a probablement contribué à augmenter l'étendue des écosystèmes lagunaires en faisant entrer de l'eau salée dans les terres et les marais doux (Guélorget & Perthuisot 1983); aujourd'hui, le phénomène inverse se produit par apport d'eau douce dans les lagunes (comm. pers. Mario Kleszczewski, 2012).

I.C.2. L'habitat d'intérêt communautaire prioritaire 1150* « lagune côtière »

Ce rapport s'inscrit dans un projet ayant trait à la politique Natura 2000. Ainsi, devant la

multitude d'interprétations possibles du terme *lagune*, il est important de rappeler que celui-ci est associé à l'habitat d'intérêt communautaire prioritaire 1150* « Lagune côtière ».

Définition officielle issue du manuel d'interprétation des habitats de l'Union Européenne (Commission Européenne 2005, 2007)

« Étendues d'eau salée côtières, peu profondes, de salinité et de volume d'eau variables, séparées de la mer par une barrière de sable, de galets ou plus rarement par une barrière rocheuse. La salinité peut varier, allant de l'eau saumâtre à l'hyper-salinité selon la pluviosité, l'évaporation et les apports d'eau marine fraîche lors des tempêtes, d'un envahissement temporaire par la mer en hiver ou à cause des marées. Avec ou sans une végétation des *Ruppia*, *maritima*, *Potamogeton*, *Zostera* ou *Chara* (Corine 91 : 23.21 ou 23.22).

● [...]

● Les bassins et étangs de salines peuvent être également considérés comme lagunes, dans la mesure où ils sont le résultat de la transformation d'une ancienne lagune naturelle ou d'un ancien marais salé et caractérisés par un impact mineur de l'activité d'exploitation. "Flads" et "gloes" seulement en Finlande et en Suède. »

I.D. Problématique

En dépit de pouvoir exposer la liste complète de **21 indicateurs**, ce rapport présente uniquement celui portant sur **les herbiers des lagunes permanentes marinisées**. En effet, ces herbiers sont des composants à part entière de l'écosystème lagunaire permanent. Leur bon état écologique conditionne une grande partie de l'expression des dynamiques biotiques et abiotiques de ces milieux (Duarte 1999).

Cependant, bien que leur rôle et leur dynamique soient connus et documentés (Auby & Labourg 1996; Laugier *et al.* 1999; Charpentier *et al.* 2005), **aucune étude** ne s'est concentrée sur la normalisation d'un indice. Leur répartition atypique, souvent en anneau en périphérie de la lagune, s'accorde mal avec les méthodes d'échantillonnage mises en place dans les programmes de suivi de la flore lagunaire (indices macrophyte du RSL et de la DCE).

Enfin, la **diversité des situations lagunaires**, en termes de caractéristiques intrinsèques (forme, profondeur, orientation, etc.) et climatique (jours de vent, température moyenne annuelle, etc.) fait émerger des situations écologiques différentes entre les sites (Creocean 2008; Pinte-Cruz *et al.* 2011). Il en résulte une forte variabilité dans l'expression des herbiers, à travers les espèces qui les composent et leur dynamique (Laugier *et al.* 1999).

Peut-on mettre en place un indicateur portant sur les herbiers qui serait **normalisable** (afin de permettre une comparaison inter-site) tout en étant **adapté à chaque situation lagunaire** ?

Afin de répondre à cette question, les objectifs définis consistent à :

- **normaliser** la production de cartes de répartition des herbiers qui intègrent les variabilités techniques (mesures) et la dynamique des herbiers (variations inter et intra-annuelles).
- normaliser la création d'une **surface référence par lagune (à l'échelle de la pièce d'eau)**,



Images 1 : quelques images de lagunes, de haut en bas : lagunes temporaires de Villeneuve-lès-Maguelones (CEN LR), lagune dessalée du Grand Bagnas (Renaud Dupuy de la Grandrive) et lagune permanente salée des étangs Palavasiens (CEN LR)

permettant de fixer un objectif de développement de l'herbier, auquel comparer la cartographie précédente. Celle-ci se basera sur l'ensemble des connaissances agrégées (historiques et contemporaines) sur les herbiers d'un site.

- traduire cet indice sous forme de note à intégrer dans la méthodologie générale d'évaluation de l'état de conservation.
- évaluer la pertinence de cet indicateur, ainsi que son caractère redondant avec les autres indicateurs de l'état de conservation, non présentés dans ce rapport (annexe 6).

II. Matériel et méthodes

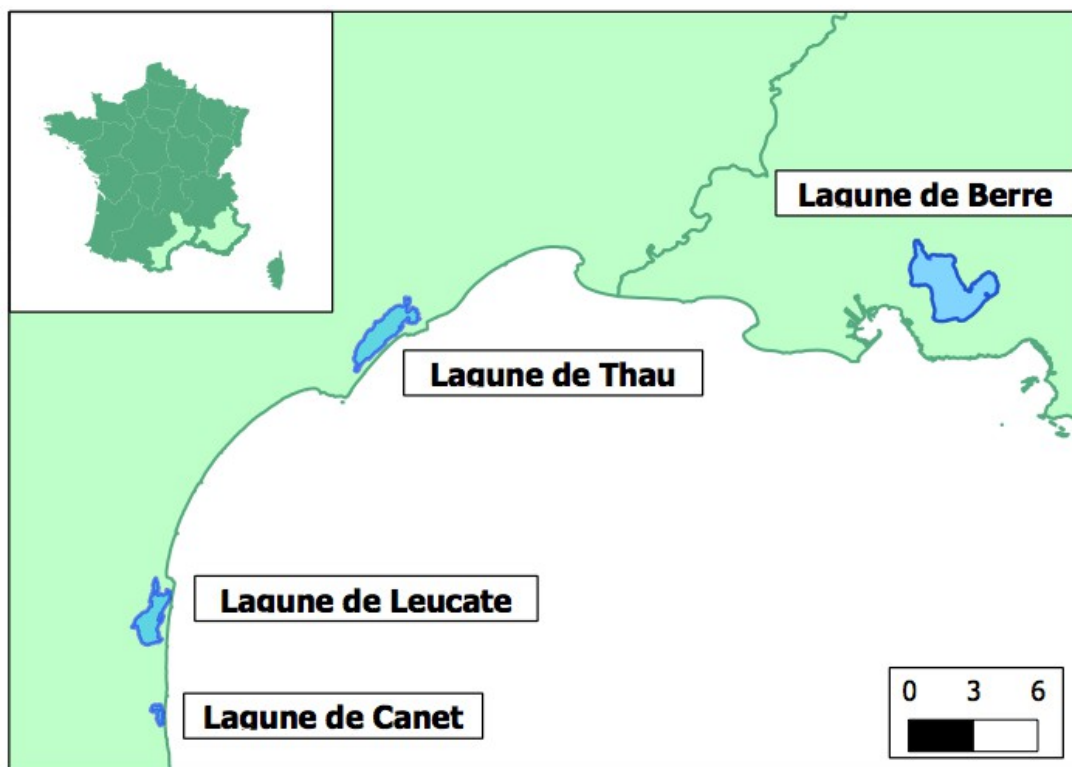
I.A. Les lagunes en France continentale méditerranéenne

II.A.1. Vers une typologie simplifiée des lagunes méditerranéennes

Devant la diversité des situations classées comme lagunes au sens **DHFF**, il a semblé important à l'équipe du projet de clarifier les différents types de lagune, afin de pouvoir proposer des indicateurs pertinents sur l'ensemble d'un sous-type lagunaire (Verhoeven 1979; Bensettiti *et al.* 2004; Creocean 2008)(image 1).

- les lagunes temporaires sont des écosystèmes dont la salinité varie de peu saumâtre en hiver (après les pluies) à hyper-halin à la suite de l'évaporation totale de l'eau. Un cortège animal et végétal original est lié à ce fonctionnement. Ces pièces d'eau ont pour la plupart été exploitées pour l'extraction du sel (ex : les Salines de Villeneuve-lès-Maguelone, 34).
- les lagunes permanentes salées sont pour la plupart des grandes pièces d'eau, à salinité relativement élevée (entre 20 et 35g/L) dont la fluctuation est beaucoup moins importante que pour le type précédent. Elles constituent les lagunes « types » dans l'inconscient collectif des acteurs du littoral (ex : Berre, Bages, Ingril, Biguglia, etc.).
- les lagunes permanentes dessalées sont des écosystèmes dont la salinité est relativement basse et stable (oscillant autour du seuil de 10g/L). Les biocénoses associées sont très différentes de celles présentées ci-dessus, avec une plus forte proportion d'organismes dulçaquicoles halo-tolérants (ex : étang de Bolmon-13, étang de Vendres, grand Bagnas-34).

Le présent rapport ne concerne que les herbiers des lagunes permanentes salées.



Carte 2 : répartition des 4 lagunes étudiées dans le bassin méditerranéen

II.A.2. Les quatre lagunes étudiées

Afin de développer cet indicateur, plusieurs lagunes ont été retenues, sur la base de la disponibilité des informations (cartographie des herbiers déjà réalisée, etc.) et de la diversité de situations (écologique, géographique, genèse, etc.). Quatre lagunes ont été retenues sur le pourtour méditerranéen français : 2 sont de formation tectonique, Berre (13) et Thau (34), et 2 sédimentaire, Leucate (11 et 66) et Canet (66) (carte 2).

- La lagune de Berre est une pièce d'eau de 15 500 ha, située dans la basse vallée du Rhône. C'est la plus grande lagune française. D'une profondeur maximale de 9 m, elle est reliée à la mer par deux canaux. Elle est particulièrement exposée au mistral, qui engendre des mouvements d'eau importants. Depuis la fin de la 19^{ème} siècle, l'étang de Berre est le lieu d'intenses activités industrielles (pétrochimie et production électrique).
- La lagune de Canet, d'une surface de 625ha, est le plus petit site des quatre. De formation sédimentaire, cette pièce d'eau est très peu profonde, et a pour particularité d'être alimenté par un bassin versant très grand (53 fois sa propre surface, Barral *et al.* 2007). Situé au sud-est de Perpignan (66), elle est soumise à un régime de vent très fort (la Tramontane).
- La lagune de Salses-Leucate est un plan d'eau de 4890ha, proche de la lagune de Canet. De formation sédimentaire, sa profondeur moyenne avoisine les 2 mètres. Elle communique avec la mer par l'intermédiaire de trois graus, et a pour particularité d'être alimentée en eau par deux résurgences karstiques, ce qui participe à la bonne qualité des eaux douces entrantes (Ifremer 2011).
- La lagune de Thau, d'une surface de 7500ha, est profonde en moyenne de 4,5m (pour un maximum de 32m). Elle communique avec la mer par deux graus (à Sète et Marseillan). Sa particularité tient dans l'importance des activités conchylicoles, qui en font un des sites majeurs de production d'huîtres et de moules en Méditerranée (Barral *et al.* 2007).

II.B. Les herbiers de macrophytes

II.B.1. Définition et contexte général

Les herbiers lagunaires sont des formations végétales, composées majoritairement d'hydrophytes enracinés (angiospermes), et assimilés à des prairies subaquatiques (Agostini *et al.* 2003a; Hily 2006; Bernard *et al.* 2007). Sur le bassin méditerranéen continental français, ils sont généralement dominés par les Zostères (*Zostera noltii* & *Zostera marina*) et la Ruppie spiralée (*Ruppia cirrhosa*) (Borum & Greve 2004). On retrouve cependant d'autres espèces associées (diverses algues compagnes, dont des *Characeae*), ainsi que la Cymodocée (*Cymodocea nodosa*)

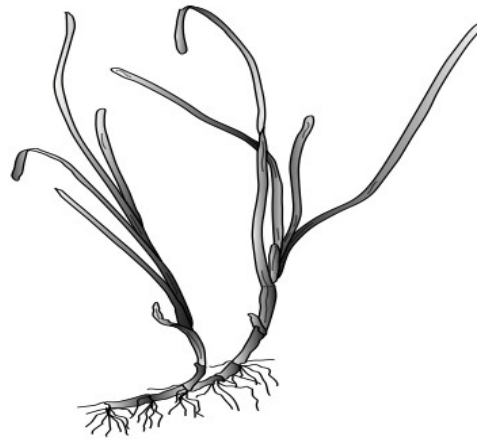


Image 1 : *Zostera marina* L., Photo: P.B. Christensen; dessin repris Dawes 1981 (Borum & Greve 2004)

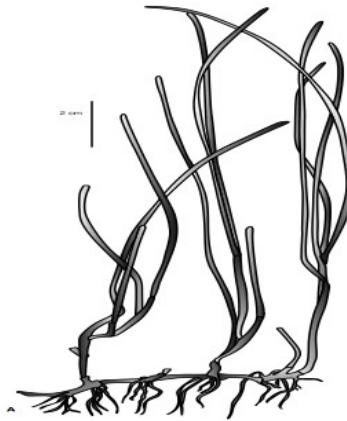


Image 2 : *Zostera noltii* Hornem., Photo & dessin: J. Borum (Borum & Greve 2004)



Image 3 : *Ruppia cirrhosa* (Petagna) Grande, photo Guillaume Papuga, illustration Flore de France (Coste 1990)

hydrophyte des lagunes Corses (Agostini *et al.* 2003d).

Ce compartiment est extrêmement important pour le développement de la vie dans les lagunes, à travers la production primaire de biomasse (source de nourriture), l'émission de dioxygène, mais également la création de micro-habitats très favorables à de nombreux organismes (nurseries à poissons, caches pour crustacés, etc.) (Borum 2004; Borum *et al.* 2004). D'autres fonctions, tel le stockage de carbone (Fourqurean *et al.* 2012) ou la modification des régimes sédimentaires (Mannino & Sarà 2006; Ganthy *et al.* 2011), dépassent le cadre strict de la lagune et peuvent impacter les écosystèmes voisins, voire l'ensemble de la biosphère.

Au delà du rôle fondamental pour le fonctionnement de l'écosystème, le maintien de l'intégrité des herbiers impacte également les activités humaines dépendantes, dont la pêche, mais aussi le tourisme (Hassan *et al.* 2005; Cañedo-Argüelles *et al.* 2011)

Ces formations végétales formant les biocénoses à la fois les plus répandues et les plus productives (Agostini *et al.* 2003a) des milieux côtiers, ont fortement régressé au cours du 20^e siècle (Duarte *et al.* 2004). Les raisons avancées sont nombreuses, mais la plupart sont cependant liées directement ou indirectement aux actions humaines (Hily 2006).

II.B.2. Les espèces qui les composent

Les herbiers étudiés sont majoritairement constitués de trois espèces (Borum & Greve 2004) (image 1, 2 et 3), qui forment des prairies mono- ou plurispécifiques plus ou moins denses :

- *Zostera marina* L. est une hydrophyte enracinée, formant des faisceaux de 3 à 7 feuilles longues de 30 à 60cm, mais pouvant atteindre 1,5m. Elle est présente sur toutes les côtes européennes.
- *Zostera noltii* Hornem. est une plante dont la répartition européenne s'étend des côtes sud de la Norvège jusqu'au pourtour du bassin méditerranéen. Elle forme des faisceaux de feuilles plus étroits (0,5 à 2mm) et moins longues (5 à 25cm) que *Zostera marina*.
- *Ruppia cirrhosa* (Petagna) Grande est une hydrophyte enracinée, présente sur l'ensemble de la zone côtière européenne. Vivace et très rameuse, elle forme des faisceaux allongés et fins.

II.C. La cartographie des herbiers

Dans le cadre de ce travail, un herbier est considéré comme tel dès lors qu'un recouvrement des phanérogames est supérieur ou égal à 5% sur une surface d'un mètre carré. Cette limite a été fixée arbitrairement par un groupe d'expert. Elle est cependant nécessaire pour normaliser les rendus cartographiques.

Comparaison du lissage des surfaces réelles de l'herbier (étang de Berre, 13)

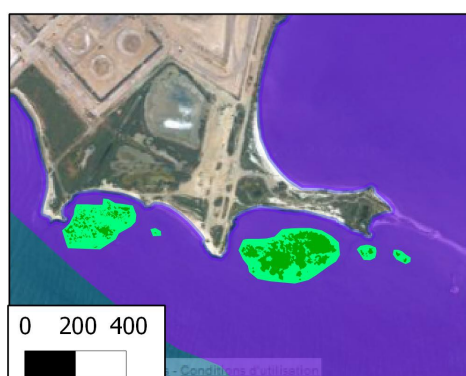
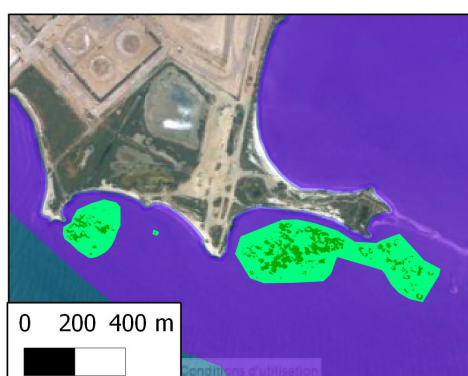
Légende

Surface colonisée
Surface concernée
Surface potentielle
Google Satellite

2009

2011

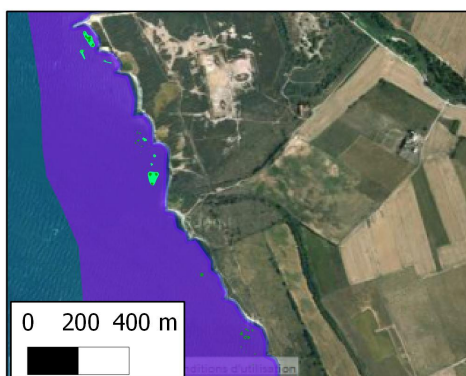
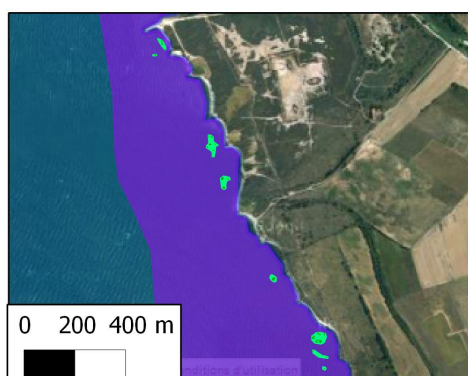
Pointe de Berre



Surface réelle colonisée : 3 644 m²
Surface réelle concernée : 20 148 m²

Surface réelle colonisée : 4 503 m²
Surface réelle concernée : 12 857 m²

Zone de l'Arc



Surface réelle colonisée : 600 m²
Surface réelle concernée : 4 868 m²

Surface réelle colonisée : 335 m²
Surface réelle concernée : 2 045 m²

Carte 3 : lissage de la carte des surfaces réelles occupées par l'herbier pour former une carte des surface réelles concernées par l'herbier, étang de Berre. Les image du bas correspondent à la zone de l'Arc, celles du haut à la pointe de Berre. Cartographie Guillaume Papuga, données transmises par le GIPREB.

II.C.1. La cartographie effective des herbiers

La carte effective des herbiers est un document daté, précisant le développement des herbiers sur une pièce d'eau. Plusieurs moyens techniques peuvent être utilisés pour sa réalisation :

1. le « ballon photo » : un appareil photo est porté en altitude à l'aide d'un ballon d'hélium, puis ces photos sont géolocalisées. Ce procédé a l'avantage d'apporter une résolution très fine, mais la géolocalisation reste approximative.
2. la photo aérienne par avion : un transect est suivi par un avion qui prend des photos, qui sont 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 50 cm (Bernard *et al.* 2007) [utilisé à l'étang de Berre].
3. la prospection de terrain en snorkeling, 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 de prospection mis en place et de la précision du GPS utilisé [mis en place sur les autres sites].

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 complémentaires avec la méthode 3.

Ces trois méthodes permettent de fournir des résultats très précis, et de créer une carte de **la surface colonisée par l'herbier**. A titre indicatif, la digitalisation peut s'effectuer à une échelle de 1/2000. Cependant, plusieurs études tendent à prouver que la dynamique de l'herbier varie au cours de l'année, sans pour autant être lié à une variation de l'état de conservation. Ainsi, afin de limiter les biais induit par la phénologie, une carte de **la surface concernée par l'herbier** est mise en place. Celle-ci *lisse* la carte précédente en redessinant le contour de chaque tache désignée comme herbier (carte 3). La digitalisation s'effectue à une échelle de 1/10000, et les zones dépourvues d'herbier sont prises en compte (cartographiées « sans herbier ») à partir d'une taille équivalente à un cercle de diamètre 20 m. De même, 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%. Ces seuils ont été définis lors des groupes de travail par plusieurs experts ayant réalisés des cartographies d'herbiers. L'annexe 3 regroupe l'ensemble de ces éléments.

Il est important de rappeler que cette méthode permet d'homogénéiser des données brutes réalisées selon des méthodologies différentes, mais également d'alléger l'effort mis en place pour détourer l'herbier. En effet, une digitalisation très précise (avec une précision de l'ordre de 30cm) de très grands herbiers prendrait un temps considérable.

II.C.2. La cartographie potentielle des herbiers

La cartographie potentielle des herbiers constitue un point important de la démarche : cette surface va constituer la « **référence** » à atteindre pour parvenir au bon état de l'indicateur. Elle va donc directement impacter la note puisqu'elle servira de dénominateur au rapport calculé (surface concernée par l'herbier/surface potentielle de l'herbier).

La délimitation d'une carte des surfaces potentielles ne peut pas être complètement normalisée, puisqu'elle doit s'adapter à chaque situation locale. Cependant, des éléments peuvent être fournis afin de guider le gestionnaire dans ses démarches. La méthode présentée consiste à 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 :

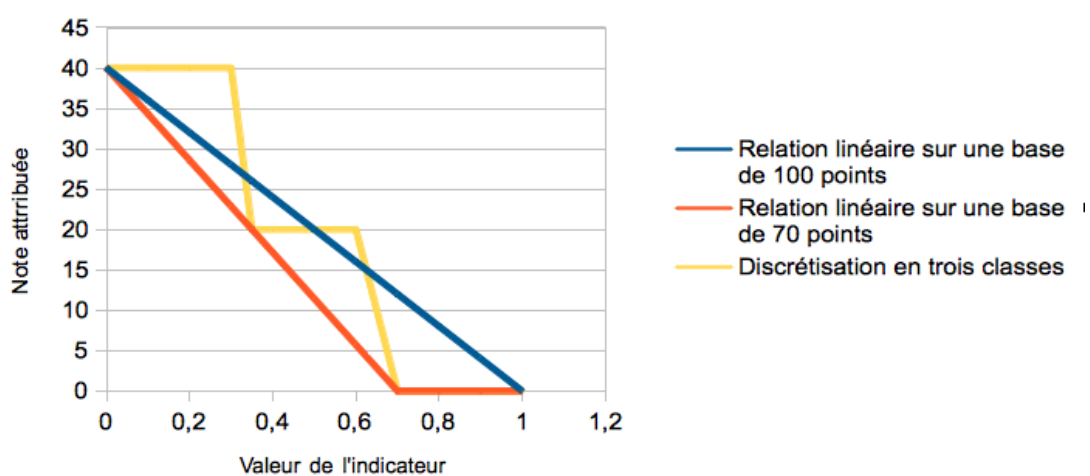
- le **filtre de la profondeur**. Cette première étape consiste à définir la profondeur maximale d'installation de l'herbier, grâce à des données actuelles (ex : investigation macrophytes DCE) et passées (données historiques). Cela permet, grâce aux données bathymétriques, d'éliminer les parties de la pièce d'eau dont la profondeur ne permet pas le développement des phanérogames.
- le **filtre historique** : des cartographies historiques des herbiers peuvent amener des éléments sur la répartition des phanérogames à l'échelle d'une pièce d'eau (ainsi que sur la profondeur « historique » de développement de l'herbier). 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. Cela peut être le cas de substrats rocheux par exemple.
- 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.

L'ensemble de ces filtres se superpose afin de former une zone dépourvue d'herbier, qui par contraste va délimiter la surface potentielle de développement de l'herbier.

Méthode		Rapport	surface concernée	
			surface potentielle	
		>70%	<70% et >35%	<35%
Critère déclassant	Etat	Bon	Moyen	Mauvais
Carnino	Note	0	-20	-40
Linéaire	Etat bon → mauvais			
	base de 100	nombre de points = (1-note) * 40		
	base de 70	nombre de points = (1-note*10/7) * 40		

Tableau 2 : calcul de la note pour l'indicateur herbier.

Comparaison graphique des trois systèmes de notation



Graphique 1 : comparaison de trois systèmes de notations pour l'indicateur

II.D. Corrélation avec d'autres indicateurs

Sur les quatre sites inventoriées, de nombreuses données qualifiant l'état écologique de la lagune ont été récupérées grâce aux programmes DCE et du RSL ayant lieu la même année. Le lien entre ces indicateurs est évalué à l'aide d'un cercle de corrélation issu d'une Analyse en Composantes Principales réalisée avec le logiciel R (scripts en annexe 2).

II.F. Le calcul de la note attribuée à l'indicateur

L'indicateur est évalué grâce à la mise en place d'un rapport permettant de calculer le développement effectif de l'herbier par rapport à son développement potentiel :

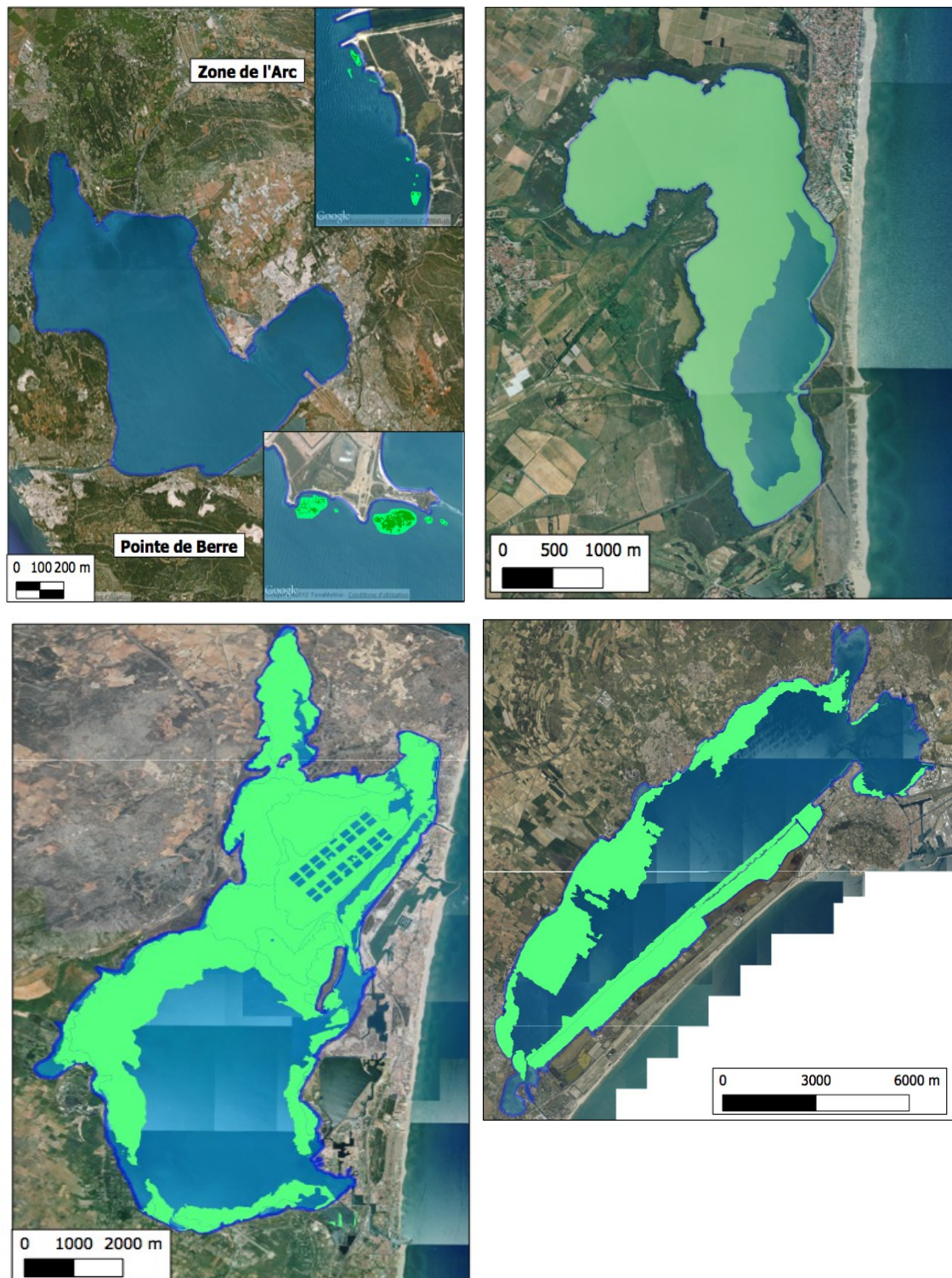
$$\text{Valeur de l'indicateur} = \frac{\text{surface concernée}}{\text{surface potentielle}}$$

Cette valeur doit être traduite en une note (ou un état) afin de pouvoir être agglomérée aux autres résultats. Dans le cadre de ce projet, c'est la méthode dite « Carnino » qui a été choisie, la portée de l'indicateur étant fixée sur une gamme de 40 points (Carnino 2009). Cependant, dans un souci d'exhaustivité, l'indicateur peut être utilisé pour un calcul de type déclassant (Argagnon 2012). Afin de transformer ce pourcentage en note (ou état) agglomérable, deux méthodes sont proposées :

- une discrétisation en trois classes : celle-ci consiste à définir arbitrairement trois catégories de valeur de l'indicateur, afin d'associer chaque rapport calculé à un nombre de points ou un état. Ces seuils correspondent au pourcentage de développement de l'herbier par rapport à sa surface potentielle (tableau 2).

- une transformation linéaire du recouvrement de l'herbier : celle-ci consiste à transformer la valeur de l'indicateur en une note sur 40 (0 correspond à un développement maximal, 40 à un développement nul), à soustraire aux 100 points de départ.

Certains experts ont proposé au cours des groupes de travail de se baser sur un rapport équivalant à 0,7 pour une note maximale, afin d'arriver à un état « bon » similaire à celui de la méthode de discrétisation. Ainsi, une seconde transformation linéaire a été effectuée pour recalibrer le calcul de la note (voire tableau 2 & graphique 1).



Carte 4 : surface concernée (en vert) par les herbiers pour les lagunes de Berre, Canet, Leucate et Thau (de g. à d., de h. en b.)

III. Résultats

III.A. La cartographie

III.A.1. Résultat de la cartographie effective des herbiers (carte 4)

● Berre (2009 & 2011) : les deux cartographies fournies par le GIPREB présentent en détail les zones colonisées par les herbiers (résolution de l'ordre de 50cm), ce sont des cartes de la surface colonisée. Une seule espèce est présente (*Zostera noltii*), il n'y a donc pas de distinction de composition ni de densité. Les tâches d'herbier sont localisées en deux zones (pointe de Berre & zone de l'Arc) disjointes, de taille extrêmement faible par rapport à la lagune (± 2 ha en cumulé). Un lissage permet de créer une carte des surfaces concernées par l'herbier (annexe 3).

● Canet (2011) : l'herbier, exclusivement composé de Ruppie (*Ruppia cirrhosa*) est très largement réparti dans l'étang, puisqu'il occupe 490 ha (soit plus des 3/4 de la surface totale). Le bureau d'étude ayant réalisé la cartographie a différencié trois classes de densité d'herbier, réunies ici en un groupe. La précision du travail correspond à une carte de la surface concernée par l'herbier.

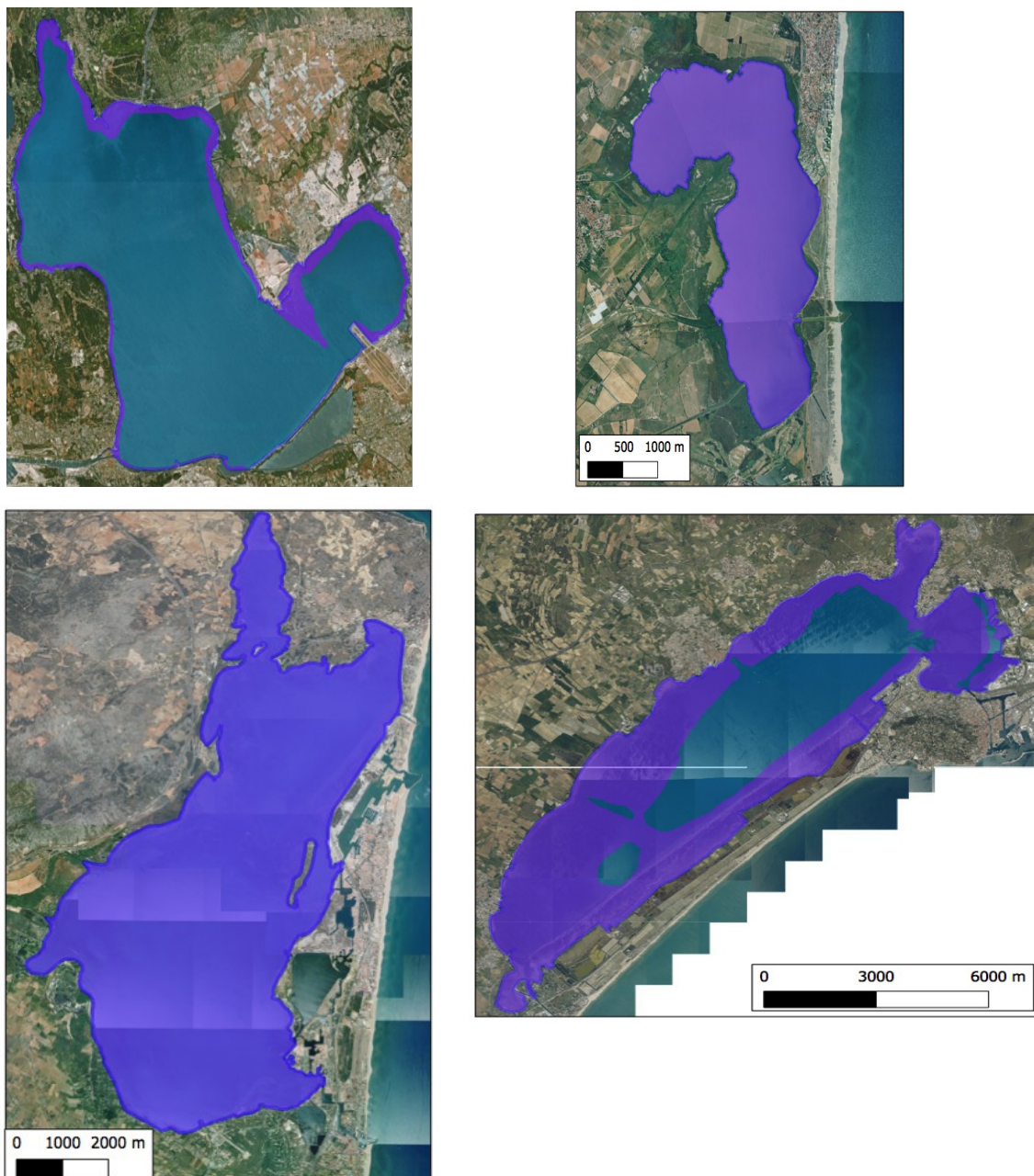
● Leucate (2010) : trois espèces composent les herbiers de l'étang de Salses-Leucate (*Ruppia cirrhosa*, *Zostera marina* et *Z. noltii*), largement dominés cependant par cette dernière. Ils sont bien réparti dans la pièce d'eau (2700 ha, soit près de la moitié de la surface totale). La carte fournie par le syndicat mixte RIVAGE (opérateur Natura 2000 du site) différencie les compositions des tâches d'herbiers, ainsi que leur densité, mais sont pour ce travail regroupées en un herbier.

● Thau (2009) : l'herbier de l'étang de Thau forme une ceinture constituée de trois espèces de macrophytes (*Ruppia cirrhosa*, *Zostera marina* et *Z. noltii*). Celles-ci sont présentées sous la forme d'un seul herbier. Cette ceinture présente des discontinuités, principalement situées sous les villes côtières. Les zones nord-est de l'étang (crique de l'Angle et étang des Eaux Blanches) sont également dépourvues d'herbier.

III.A.3. Résultats de la cartographie potentielle des herbiers (carte 5)

Les détails d'application relatifs à chaque filtre sont présentés dans le tableau ci-contre (tableau 9), le détail des cartes par filtre constitue l'annexe 1. Les situations sont très contrastées :

● Berre : le développement potentiel de l'herbier forme une ceinture quasi continue autour de l'étang. Le développement des herbiers de *Zostera noltii* jusqu'à 3 mètres de profondeur constitue un objectif institutionnel, inscrit dans les statuts du GIPREB, visant à assurer la restauration



Carte 5 : surface potentielle recouverte par les herbiers pour les lagunes de Berre, Canet, Leucate et Thau (de g. à d., de h. en b.)

	Valeur de l'indicateur	Calcul du nombre de points			
		Discrétisation en trois classes		Notation continue (note /40)	
		Note	Etat	Base 100%	Base 70%
Etang de Berre	0,08	40	mauvais	39,9	40,0
Etang de Canet	78,6	0	bon	8,6	-4,9
Etang de Leucate	54,9	20	moyen	18,0	8,6
Etang de Thau	53,6	20	moyen	18,6	9,4

Tableau 3 : présentation des différents résultats de l'indicateur herbier par lagune

fonctionnelle de l'étang après l'arrêt de la centrale hydroélectrique de Saint Chamas.

- Canet : l'étang de Canet, de par sa faible profondeur, pourrait potentiellement être entièrement couvert d'herbiers de *Ruppia spiralee*. Aucune donnée historique ne permet d'éliminer des zones naturellement dépourvue de ces formations végétales.

- Leucate : le développement potentiel de l'herbier peut s'étendre à l'ensemble de la pièce d'eau. Les données historiques indiquent une large présence dans le bassin de Salses, aujourd'hui bien moins colonisé que le bassin de Leucate (où la couverture est très forte).

- Thau : le développement potentiel de l'herbier forme un anneau, la partie centrale (plus de 6m de profondeur) étant dépourvue historiquement de phanérogames. Le filtre profondeur est très proche du développement historique maximal, ce qui tend à indiquer que la bathymétrie constitue le facteur limitant historiquement la colonisation des herbiers.

III.B. Niveau de développement des herbiers

Le niveau de développement correspond au taux de colonisation actuel (la surface concernée) par l'herbier de sa surface potentielle (tableau 3). Les quatre sites présentent une forte hétérogénéité dans le résultats obtenu. L'étang de Berre possède l'herbier le moins développé des 4 sites, avec une surface correspondant à moins de 1% de la surface potentielle. Seul la *Zostère naine* est présente de manière significative dans ces formations ; la *Zostère marine*, disparue depuis plusieurs années, a été revue en 2011, sans toutefois former d'herbier significatif. Les étangs de Leucate et de Thau possèdent tout deux des herbiers regroupant les trois espèces de phanérogames. Ceux-ci recouvrent environ la moitié de leur surface potentielle de développement. L'étang de Thau présente une ceinture fragmentée (avec une disparition des herbiers sous les villes de Marseillan et Mèze). L'étang de Leucate quand à lui présente une colonisation quasi totale du bassin nord (bassin de Leucate) et en ceinture dans le bassin de Salses (zone la plus profonde, au sud). Enfin, l'étang de Canet voit se développer un herbier qui, après avoir complètement disparu de la lagune jusqu'en 2009 (Ifremer 2011) colonise plus des deux tiers de sa surface potentielle.

III.C. Corrélation avec les autres indicateurs

En raison du peu de données disponibles, les résultats de l'ACP ne s'avèrent pas être stables statistiquement, ils sont donc présentés et discutés en annexe 2. Cependant, il est intéressant de noter la relative corrélation entre la note calculée par l'indicateur présenté, et l'indice macrophyte développé par la DCE. Cette relation doit être approfondie afin d'envisager la complémentarité des

indicateurs, qui peut être un point important de développement de la méthode d'évaluation de l'état de conservation (annexe 2).

IV. Discussion

Le contexte de travail étant large et novateur, il est apparu important de faire un choix hiérarchisé dans la discussion relative à l'indicateur « herbier ». Aussi, cette partie commence par une discussion autour de la variabilité de développement des herbiers. Ces éléments permettent d'appuyer l'interprétation des résultats, avant de discuter les difficultés liées à la méthodologie. Enfin, les biais, problèmes et innovations inhérents à ce projet sont repris dans une dernière partie.

IV.A. Dynamiques et développement des herbiers

L'étude des herbiers a permis de faire émerger de nombreux éléments sur les dynamiques inter-annuelles et saisonnières qui régissent les prairies de *Zostères* et *Ruppies* (Auby & Labourg 1996; Laugier *et al.* 1999; Charpentier *et al.* 2005; Pergent-Martini *et al.* 2005; Obrador & Pretus 2010).

Les variations inter-annuelles ont été largement étudiées, mettant en avant les capacités de résistance aux perturbations (Charpentier *et al.* 2005) et de résilience exceptionnelle de ces écosystèmes (Agostini *et al.* 2003b; Charpentier *et al.* 2005). Plusieurs cas de très fortes perturbations du fonctionnement de l'écosystème se sont soldés, après une disparition plus ou moins totale des populations, par un retour à l'état initial rapide. Cet aspect est présenté comme caractéristique des écosystèmes paraliques : selon Guélorget & Perthuisot (1992), les biocénoses des herbiers lagunaires sont capables de se maintenir dans un environnement instable du fait de leur forte résilience. Cette sensibilité aux conditions environnementales justifie l'utilisation des herbiers comme indicateur de l'état de la lagune tout entière.

Les variations saisonnières ont également été largement suivies. Si la biomasse endogée reste relativement stable tout au long de l'année (Philippart 1995a, 1995b), les variations de la biomasse épigée sont grandes et peuvent être reliées à plusieurs paramètres. La lumière semble constituer le facteur limitant (Philippart 1995a; Greve & Binzer 2004; Pergent-Martini *et al.* 2005; Obrador & Pretus 2008), mais l'impact de la température, des vagues (Obrador & Pretus 2010) ou du vent n'est pas négligeable. Cela engendre des différences entre les sites lagunaires (voire à l'intérieur d'une même lagune, Laugier *et al.* 1999) pour lesquels le climat local et la physionomie (forme, profondeur, substrat, etc.) vont profondément influencer la dynamique des populations de phanérogames des herbiers ainsi que leur stratégie de développement (Laugier *et al.* 1999). Les relations biotiques, et notamment l'abroustissement (van der Heide *et al.* 2012), sont importantes et

peuvent encore modifier les variations saisonnières. Ainsi, il est clair que chaque lagune dotée d'herbiers possède un fonctionnement original, qui empêche toute généralisation quand au fonctionnement de ces biocénoses.

Ainsi, le développement des herbiers est contraint par les conditions locales et les actions humaines. Afin que son niveau d'expression renseigne sur l'état de la lagune, il est fondamental de prendre en compte les contraintes locales régissant son développement potentiel.

IV.B. Eléments autour des résultats de l'étude

Il convient avant tout de noter que le manque de données relatif à cette étude n'a pas permis de tester cet indicateur statistiquement. L'objectif premier étant de mettre en place une méthodologie complète, le temps et les moyens furent des contraintes, limitant l'approfondissement de certaines parties. Cependant, il est à noter que cela pourra être réalisé dans le futur lors du test de la méthodologie. Le processus d'amélioration continue des méthodes (Maciejewski 2012a) sera alors nécessaire pour intégrer les avancées et approfondir l'élaboration des indicateurs.

Ainsi, il convient de discuter les résultats et leur interprétation au regard des contextes locaux. Le développement des herbiers, très contrasté, peut être expliqué par la diversité de lagunes, mais également par le poids des atteintes humaines.

La très faible note attribuée à l'étang de Berre (moins de 0,1% de la surface concernée) traduit une atteinte extrêmement forte aux herbiers subaquatiques. En fait, depuis 1998, ceux-ci sont même considérés comme fonctionnellement éteints (comm. pers. Guillaume Bernard, GIPREB, 2012). Cette quasi-disparition fait suite aux importants lâchers d'eau douce de la centrale hydroélectrique de Saint Chamas (Bernard *et al.* 2007) qui, pour la production d'électricité, a détourné le cours de la Durance et ainsi modifié profondément le système hydrologique de la lagune. Cette situation, expérimentée de manière ponctuelle dans de nombreux sites (Agostini *et al.* 2003c; Charpentier *et al.* 2005) sous l'action ou non de l'Homme, se traduit toujours à terme par une régression significative de l'herbier (et de sa biodiversité associée).

L'étang de Thau est affecté d'une note 0,54, correspondant à un recouvrement des herbiers à peine supérieur à la moitié de leur surface potentielle. En effet, l'herbier est largement développé en ceinture tout autour de l'étang, tout en ayant quasi disparu dans les zones profondes proches des villes de Marseillan et Mèze. Cette absence pourrait être mise en relation avec l'impact des rejets urbains sur ces formations (Cabaço *et al.* 2008). La zone de la crique de l'Angle (au nord) est souvent mise en avant pour son confinement et les problèmes d'eutrophisation associés, qui pourraient expliquer l'absence d'herbiers (Ifremer 2011).

L'herbier de l'étang de Leucate se voit attribuer une note de 0,55, ce qui correspond au même

seuil de développement que la situation précédente. Cependant, l'absence d'herbier au centre du bassin de Salses, pourtant historiquement bien couvert (cartes de 1975 de Boutière cité dans Dalias & Fabre (2011)) n'est pas actuellement reliée *directement* avec une cause anthropique. Il est possible qu'après une forte régression des herbiers, la recolonisation puisse prendre plus de temps (Krause-Jensen *et al.* 2003; Cunha *et al.* 2004) dans les zones profondes, plus sensibles au trouble de la lumière. La concurrence avec une algue formant des tapis denses (*Halopitys incurva*) pourrait également ralentir la résilience de ces prairies aquatiques (comm. pers. Julien Robert, Rivage, 2012). Ces éléments pourraient tempérer l'image de forte résilience attribuée aux herbiers, spécialement en zone profonde (comm. pers. Mario Kleszczewski, 2012).

Enfin, la forte expansion des herbiers de la lagune de Canet témoigne d'un temps de résilience très faible des formations de Ruppie sur ce site. Ces résultats, quelques peu étonnant, mériteraient un suivi annuel détaillé dans les années à venir.

A la vue de ces quatre résultats, il apparaît que l'indicateur mis au point traduit correctement l'état de l'herbier de manière qualitative. Cependant, seule une prise en compte d'un plus grand nombre de sites associée à des tests statistiques poussés permettra de valider définitivement l'importance et la pertinence de l'indicateur.

IV.C. Méthodologie

L'aspect méthodologique est au cœur de la démarche de mise au point d'un indicateur. Celui-ci nécessite d'être à la fois précis et rigoureux, tout en tenant compte des réalités de mise en place lui assurant une applicabilité. Plusieurs points techniques sont examinés ci dessous.

La définition opérationnelle des herbiers constitue un premier point de débat. En effet, il convient que celle-ci soit strictement définie afin d'assurer une normalisation des suivis entre opérateurs, et une homogénéisation des données en vue de comparaison inter-site. L'absence de distinction (pour le calcul de la valeur de l'indicateur) entre les herbiers de Zostères et de Ruppies spiralées est expliquée par un manque de bibliographie comparative permettant de différencier ou de hiérarchiser la dominance d'une espèce. Il est important de noter cependant que la notice cartographique incite à noter ces éléments, réutilisables dans le futur pour d'autres programmes. La définition d'un seuil de recouvrement inférieur de 5% et d'une marge de 20 m a été faite à dire d'experts : trop peu de retours nous informent sur la pertinence de ces seuils, qui seront discutés et réévalués dans le futur.

Enfin, la proposition de lissage, importante dans des cas « extrêmes » comme à l'étang de Berre (surface couverte très faible permettant un rendu très précis), est apparue peu nécessaire lors des tests sur des herbiers plus grands. En effet, les méthodes cartographiques utilisées produisent de

fait un rendu moins précis, est donc un lissage des fragmentations fines de l'herbier.

IV.D. Eléments de réflexions autour de l'état de conservation et sa déclinaison en indicateurs

Les discussions relatives à l'état de conservation animent le monde de l'écologie depuis maintenant plusieurs années, entre débats méthodologiques et implication dans les processus de gestion (Louette *et al.* 2011; Panitsa *et al.* 2011; Argagnon 2012). A la lecture du texte européen, l'état de conservation d'un habitat doit traduire **la probabilité de persistance spatiale et temporelle** d'un écosystème. Transposé au niveau de cet indicateur « herbier », cela signifie que la « surface objectif » est censée présenter la surface d'herbier nécessaire pour le maintien de ce compartiment de l'écosystème (et ses espèces associées) sur le long terme. Cette donnée est bien entendue impossible à quantifier dans l'absolu ; de plus, la capacité de résilience de ces écosystèmes (voir paragraphe IV.1) permet de très fortes réductions des herbiers sans pour autant affecter définitivement le potentiel de développement de ceux-ci. La définition d'un état de référence, question récurrente dans les méthodologies d'évaluation de l'état de conservation (Carnino 2009; Maciejewski 2010, 2012b) s'est donc posé tant pour sa définition que pour sa mise en place.

Afin de constituer l'état de référence pour l'indicateur « herbier », une réflexion s'est structurée tout au long de l'étude. Il a donc été proposé de se baser sur un système de référence historique « avant perturbations ». Deux raisons limitent fortement cette approche : l'absence de ces données pour la majorité des lagunes, et l'impossibilité d'atteindre cette surface dans le contexte écologique actuel (modification anthropique profonde de l'écosystème). L'absence d'une lagune de référence, dépourvue de toute pression (Soria Garcia & Sahuquilo Llinares 2009), ainsi qu'une trop grande variabilité inter-site a amené l'idée « référence adaptée ». La méthode par superposition de filtres permet de s'affranchir des différences inter-sites, tout en normalisant au maximum le calcul des surface : cela permet d'appliquer cet indicateur partout en espérant des résultats peu biaisés par les opérateurs.

Ce concept de « référence adaptée » est, à notre connaissance, **unique dans les méthodologies développées jusqu'à maintenant** (dans lesquels tous les indicateurs s'appliquent de manière identiques aux différents sites). Il ne peut cependant correctement s'appliquer que s'il est mis en place de bonne foi, et validé par un comité d'expert. En effet, une sous-évaluation de cette surface aboutirait à une surestimation de la note attribuée à l'indicateur, et donc masquerait un état de conservation plus faible. La mise en place d'un comité d'homogénéisation de la note au niveau méditerranéen est donc proposé, afin de réunir experts et gestionnaires et ainsi travailler avec une base cohérente.

V. Conclusion

La démarche d'évaluation de l'état de conservation se décline d'un niveau biogéographique, jusqu'à l'échelle de la pièce d'eau. La mise en place de méthodologie au niveau du site Natura 2000 permet de préciser l'état de chaque habitat jusqu'à une échelle très fine. C'est également une opportunité d'amener des éléments de réflexions afin d'alimenter l'évaluation des mesures de gestion.

Dans le cadre de la mise au point d'une méthodologie portant sur les lagunes, 21 indicateurs ont été développés par l'équipe du Pôle-relais lagunes. Parmi eux, l'indicateur herbier constitue un axe important et novateur de développement de la méthode. Celui-ci se base sur la comparaison entre une surface réelle concernée par l'herbier, et une surface potentielle de développement optimal de l'herbier dans le contexte actuel. Cette surface constitue le point central de la démarche, puisqu'il s'agit de normaliser la création d'une référence variable entre les sites. Pour cela, une application de quatre filtres (profondeur, substrat, historique, stochasticité) permet de restreindre la surface de la lagune en une surface optimale.

Bien qu'il nécessite d'être validé statistiquement grâce à d'autres investigations, les premières conclusions issues de son application sur quatre sites (Berre, Canet, Leucate, Thau) permettent d'évaluer qualitativement l'état d'un des compartiments biotique fondamental au bon fonctionnement des lagunes (Duarte 1999). Le soin apporté à sa normalisation ainsi que la traçabilité des méthodes mises en place permettra à terme d'alimenter les processus de réévaluation de l'indicateur, fondamentaux dans le cadre de la mise en place de protocoles sur le long terme.

Cet indicateur prend le parti de lier un objectif de gestion avec une référence d'état de conservation. Au-delà des biais possibles engendrés par ce processus (voir IV.3.), c'est un appel fort aux gestionnaires pour l'appropriation de ces méthodes, et leur intégration dans la gestion courante des espaces naturels. L'image du développement de l'herbier, à travers une carte synthétisant **ce qu'il est**, et **ce qu'il devrait être**, constitue un symbole de communication simple et pédagogique, qui peut être parlant pour les élus et décideurs.

Enfin, en plus de l'intérêt intrinsèque de l'indicateur, celui-ci peut amener une réelle dynamique autour de l'étude des herbiers des lagunes. La génération de bases de données et de cartographies normalisées pourrait permettre d'alimenter des études futures, car c'est aujourd'hui un compartiment nettement sous-prospecté. Or *on ne protège bien que ce que l'on connaît bien* suggère l'adage : il est donc primordial de comprendre l'écologie des herbiers si l'on veut assurer une gestion durable de ces écosystèmes.

VI. Bibliographie

- Agostini, S., Capiomont, A., Marchand, B. & Pergent, G. (2003a). Distribution and estimation of basal area coverage of subtidal seagrass meadows in a Mediterranean coastal lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56, 1021–1028.
- Agostini, S., Marchand, B. & Pergent, G. (2003b). Temporal and spatial changes of seagrasses meadows in a Mediterranean coastal lagoon. *Oceanologica Acta*, 25, 297–302.
- Agostini, S., Marchand, B. & Pergent, G. (2003c). Temporal and spatial changes of seagrass meadows in a Mediterranean coastal lagoon. *Oceanologica acta*, 297–302.
- Agostini, S., Pergent, G. & Marchand, B. (2003d). Growth and primary production of *Cymodocea nodosa* in a coastal lagoon. *Aquatic Botany*, 76, 185–193.
- Andersson, I., Petersson, M. & Jarsjö, J. (2011). Impact of the European Water Framework Directive on local-level water management: Case study Oxunda Catchment, Sweden. *Land Use Policy*.
- Andral, B. & Sargian, P. (2009). *Directive Cadre sur l'Eau, District Rhône et côtier méditerranéen, contrôle de surveillance/opérationnel*. Ifremer.
- Argagnon, O. (2012). *Note sur l'évaluation de l'état de conservation à l'échelle du site Natura 2000*. CBN Med, Montpellier.
- Auby, I. & Labourg, P.-J. (1996). Seasonal dynamics of *Zostera noltii* Hornem. in the bay of Arcachon (France). *Journal of Sea Research*, 35, 269–277.
- Barral, M., Sourribes, V.C., Bourgeois, E., Gavoty, E., Barré, N. & Tillier, C. (2007). *Vers une gestion intégrée des lagunes méditerranéennes*. Pôle relais Lagunes/Tour du Valat, Arles.
- Bensettiti, F., Bioret, F., Géhu, J. marie, Glémarec, M. & Bellan Santini, D. (2004). *Les cahiers d'habitats Natura 2000 : tome 2, habitats côtiers*. la Documentation française, Paris.
- Bensettiti, F., Combroux, I. & Daszkiewicz, P. (2006). *Evaluation de l'état de conservation des habitats et des espèces d'intérêt communautaire 2006-2007*. MNHN Service Patrimoine naturel, Paris.
- Bensettiti, F., Puissauve, R., Lepareur, F., Touroult, J. & Maciejewski, L. (2012). *Evaluation de l'état de conservation des habitats et des espèces d'intérêt communautaire – Guide*

méthodologique – DHFF article 17, 2007-2012. Version 1 – Février 2012. Service du patrimoine naturel, MNHN, Paris.

- Bernard, G., Boudouresque, C.F. & Picon, P. (2007). Long term changes in *Zostera* meadows in the Berre lagoon (Provence, Mediterranean Sea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73, 617–629.
- Borum, J. (2004). European seagrasses an introduction to monitoring and management [WWW Document]. URL <http://catalog.hathitrust.org/api/volumes/oclc/182539827.html>
- Borum, J., Duarte, C.M., Krause Jensen, D. & Greve, T.M. (2004). *European seagrasses : an introduction to monitoring and management*. EU project monitoring and managing of european seagrasses.
- Borum, J. & Greve, T.M. (2004). The four European seagrass species. In: *European seagrasses : an introduction to monitoring and management*. The M&MS prject, pp. 1–7.
- Cabaço, S., Machás, R., Vieira, V. & Santos, R. (2008). Impacts of urban wastewater discharge on seagrass meadows (*Zostera noltii*). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 78, 1–13.
- Camacho, A., Borja, Á., Valero-Garces, B., Sahuquillo Llinares, M., Cirujano, S., Soria Garcia, J.M., et al. (2008). 31. Aguas continentales retenidas. *Ecoistemas leniticos de interior*. En: *VV. AA., bases ecologicas preliminares para la conservacion de los tipos de habitat de interes cummunitario de Espana*. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio rural y Marino, Madrid.
- Cañedo-Argüelles, M., Rieradevall, M., Farrés-Corell, R. & Newton, A. (2011). Annual characterisation of four Mediterranean coastal lagoons subjected to intense human activity. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.
- Carnino, N. (2009). *Etat de conservation des habitats d'intérêt communautaire à l'échelle du site. Méthode d'évaluation des habitats forestiers*. MNHN/ONF, Paris.
- CEN L-R. (2011). *Evaluation de l'état de conservation des habitats naturels d'intérêt communautaires contractualisés en Lozère (échelle de l'habitat et de l'unité de gestion); guide méthodologique à l'usage des opérateurs*. CEN Lr, Montpellier.
- 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.

- Commission Européenne. (1992). *Directive 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages.*
- Commission Européenne. (2005). *Interpretation manual of european union habitats, Eur 15.*
- Commission Européenne. (2007). *Interpretation manual of european union habitats, Eur 27.*
- Creocean. (2008). *Vérification et ajustements (si nécessaire) de la typologie des eaux de transition (lagunes méditerranéennes) du bassin Rhône Méditerranée et Corse dans le cadre de la DCE.* Bureau d'étude Creocean, Montpellier.
- Cunha, A.H., Duarte, C.M. & Krause-Jensen, D. (2004). How long time does it take to recolonize seagrass beds? In: *European seagrasses : an introduction to monitoring and management.* The M&MS prject, pp. 72–76.
- Dahl, K., Larsen, M.M., Andersen, J.H., Rasmussen, M.B., Petersen, J.K., Josefson, A.B., *et al.* (2004). *Tool to asses the conservation status of marine Annex I habitats in Special areas of conservation. Phase 1: identification of potential indicators and available data.* (No. 488). NERI Technical Report. National Environmental Research Institute, Denmark.
- Dalias, N. & Fabre, E. (2011). *Cartographie et caractérisation des herbiers de magnoliophytes marines de l'étang de Salses Leucate. Projet Européen SUDOE Eco-Lagunes.* Contrat syndicat Rivage Salses-Leucate & OCEANIDE.
- Duarte, C.M. (1999). Seagrass ecology at the turn of the millenium : challenges for the new century. *Aquatic Botany*, 65, 7–20.
- Duarte, C.M., Marbà, N. & Santos, R. (2004). What may cause loss of seagrasses? In: *European seagrasses : an introduction to monitoring and management.* The M&MS prject, pp. 24–32.
- Fourqurean, J.W., Duarte, C.M., Kennedy, H., Marbà, N., Holmer, M., Mateo, M.A., *et al.* (2012). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature geoscience.*
- Ganthy, F., Sottolichio, A. & Verney, R. (2011). Seasonal modification of tidal flat sediment dynamics by seagrass meadows of *Zostera noltii* (Bassin d'Arcachon, France). *Journal of Marine Systems.*
- Goffe, L. (2011). *Etat de conservation des habitats d'intérêt communautaire des dunes non boisées du littoral atlantique. Méthode d'évaluation à l'échelle d'un site Natura 2000.* MNHN, Paris.

- Greve, T.M. & Binzer, T. (2004). Which factors regulate seagrass growth and distribution? In: *European seagrasses : an introduction to monitoring and management*. The M&MS prject, pp. 19–23.
- Guélorget, O. & Perthuisot, J.-P. (1983). *Le domaine paralique*. ENS. Paris.
- Guélorget, O. & Perthuisot, J.-P. (1992). Paralic ecosystems: biological organization and functioning. *Vie et milieu*, 7, 2–11.
- Hassan, R.M., Scholes, R. & Ash, N. (2005). *Ecosystems and human well-being: current state and trends: findings of the Condition and Trends Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment*. Island Pr.
- van der Heide, T., Eklöf, J.S., van Nes, E.H., van der Zee, E.M., Donadi, S., Weerman, E.J., *et al.* (2012). Ecosystem Engineering by Seagrasses Interacts with Grazing to Shape an Intertidal Landscape. *PLoS ONE*, 7, e42060.
- Hily, C. (2006). *Fiches de synthèse sur les biocénoses : les herbiers de Zostères marines (Zostera marina et Zostera noltii)*. CNRS LEMAR, Rennes.
- Ifremer. (2011). *Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon: bilan des résultats 2010*. Ifremer, Sète.
- Joint Nature Conservation Committee. (2004). *Common standards monitoring guidance for lagoons*. Joint Nature Conservation Committee, London.
- Kluszczewski, M. (2007). *Elaboration de critères d'évaluation de l'état de conservation du Parc National des Cévennes*. CEN L-R, Montpellier.
- Kluszczewski, M. (2011). Les Lozériens inventent leur méthode pour suivre l'état de conservation de la végétation. *Espaces Naturels*, 30–31.
- Kluszczewski, M., Barret, J., Baudot, C. & Fleury, J. (2010). Evaluer l'état de conservation des habitats naturels à l'échelle du terrain: approches dans le Languedoc Roussillon. *Revue forestière française*, 417-427.
- Krause, J., von Drachenfels, O., Ellwanger, G., Farke, H., Fleet, D.M., Gemperlein, J., *et al.* (2008). *Bewertungsschemata für die Meeres - und Küstenlebensraumtypen der FFH-Richtlinie - IIer Lebensraumtypen: Meeresgewässer und Gezeitenzonen -*. Deutschland.
- Krause-Jensen, D., Pedersen, M.F. & Jensen, C. (2003). Regulation of Eelgrass (*Zostera marina*)

- cover along depth gradients in Danish coastal waters. *Estuaries*, 26, 866–877.
- Laugier, T., Rigollet, V. & de Casabianca, M.-L. (1999). Seasonal dynamics in mixed eelgrass beds, *Zostera marina* L. and *Z. noltii* Hornem., in a Mediterranean coastal lagoon (Thau lagoon, France). *Aquatic Botany*, 63, 51–69.
- Lepareur, F. (2011). *Évaluation de l'état de conservation des habitats naturels marins à l'échelle d'un site Natura 2000 – Guide méthodologique - Version 1. Février 2011*. MNHN Service Patrimoine naturel, Paris.
- Louette, G., Adriaens, D., Adriaens, P., Anselin, A., Devos, K., Sannen, K., *et al.* (2011). Bridging the gap between the Natura 2000 regional conservation status and local conservation objectives. *Journal for Nature Conservation*.
- Maciejewski, L. (2010). *Méthodologie d'élaboration des listes d'espèces typiques pour des habitats forestiers d'intérêt communautaire en vue de l'évaluation de l'état de conservation*. MNHN, Paris.
- Maciejewski, L. (2012a). *État de conservation des habitats agropastoraux d'intérêt communautaires. Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Version 1 - Février 2012. Rapport SPN 2012-22*. MNHN Service Patrimoine naturel, Paris.
- Maciejewski, L. (2012b). *État de conservation des habitats agropastoraux d'intérêt communautaires. méthode d'évaluation à l'échelle d'un site. Rapport d'étude. Version 1 - Février 2012. Rapport SPN 2012-21*. MNHN Service Patrimoine naturel, Paris.
- Mannino, A.M. & Sarà, G. (2006). The effect of *Ruppia cirrhosa* features on macroalgae and suspended matter in a Mediterranean shallow system. *Marine Ecology*, 27, 350–360.
- Noss, R.F. (1990). Indicators for monitoring biodiversity : a hierarchical approach. *Conservation biology*, 4, 355–364.
- NPWS. (2007). *The status of EU protected habitats and species in Ireland* (No. 1). Backing Documents. National Park and Wildlife Service, Ireland.
- Obrador, B. & Pretus, J.L. (2008). Light regime and components of turbidity in a Mediterranean coastal lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 77, 123–133.
- Obrador, B. & Pretus, J.L. (2010). Spatiotemporal dynamics of submerged macrophytes in a Mediterranean coastal lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 87, 145–155.

- Panitsa, M., Koutsias, N., Tsiripidis, I., Zotos, A. & Dimopoulos, P. (2011). Species-based versus habitat-based evaluation for conservation status assessment of habitat types in the East Aegean islands (Greece). *Journal for Nature Conservation*, 269-275.
- Pergent-Martini, C., Pasqualini, V., Ferrat, L., Pergent, G. & Fernandez, C. (2005). Seasonal dynamics of *Zostera noltii* Hornem. in two Mediterranean lagoons. *Hydrobiologia*, 543, 233–243.
- Philippart, C.J.M. (1995a). Effects of shading on growth, biomass and population maintenance of the intertidal seagrass *Zostera noltii* Hornem. in the Dutch Wadden Sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 188, 199–213.
- Philippart, C.J.M. (1995b). Seasonal variation in growth and biomass of an intertidal *Zostera noltii* stand in the Dutch Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research*, 32, 205–218.
- Pinte-Cruz, C., Barbosa, A.M., Molina, J.A. & Esperito-Santo, M.D. (2011). Biotic and abiotic parameters that distinguish types of temporary ponds in a Portuguese Mediterranean ecosystem. *Ecological Indicators*, 1658-1663.
- Soria Garcia, J.M. & Sahuquillo Llinares, M. (2009). 1150 Lagunas costeras (*). In: *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Madrid, p. 303.
- Verhoeven, J.T.A. (1979). The ecology of *Ruppia*-dominated communities in Western Europe. I. Distribution of *Ruppia* representatives in relation to their autecology. *Aquatic Botany*, 197–268.

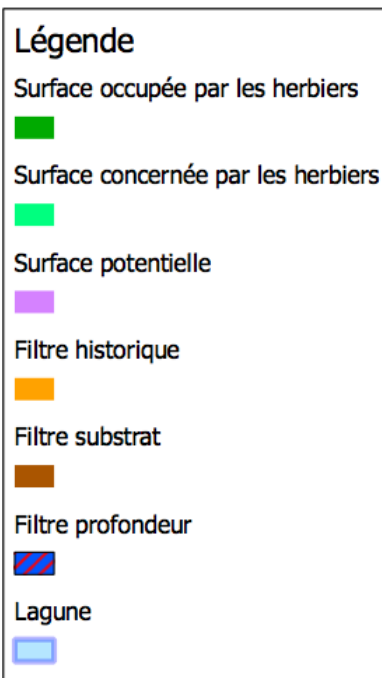
Annexe 1 : Cartographie des herbiers de 4 sites lagunaires méditerranéens (Berre, Canet, Leucate, Thau)

Afin de présenter les détails ayant permis l'élaboration des cartes de surface potentielle des herbiers, cette annexe regroupe :

- un tableau détaillant l'élaboration des filtres
- la légende des cartes
- les 4 filtres appliqués sur les 4 lagunes étudiées.

Les filtres ont été développés sur la base d'un travail collaboratif avec les différents gestionnaires des sites. Une homogénéisation des différentes approches a été réalisée par un comité d'experts.

		Lagune			
		Berre	Canet	Leucate	Thau
Filtre	Profondeur	Les profondeurs supérieures à 3m sont exclues de la surface potentielle. En effet, en l'état actuel des lieux (adoucissement de l'eau par les rejets de la centrale de Saint Chamas) ce seuil constitue l'objectif de colonisation fixé par le GIPREB.	La profondeur extrêmement faible de la lagune ne limite pas le développement de l'herbier	La profondeur de la lagune ne limite pas le développement de l'herbier, puisque des phanérogames peuvent (ou ont pu) se développer quasiment en tout point de l'étang de Leucate.	L'objectif de développement des herbiers est fixée à 6 mètres de profondeur. Cette profondeur est encore atteinte dans certains points de la lagune, et correspond à une répartition historique.
	Historique	La répartition historique des herbiers sur l'étang de Berre est extrêmement large, formant une ceinture dont la limite inférieure pouvait atteindre plus de 5m de profondeur. Cependant, la berge du Jaï (au sud) n'a jamais comporté d'herbiers, probablement du fait de son exposition aux vents dominants et de son substrat (elle a donc été exclue de cette carte).	En l'absence de données historiques, ce filtre n'est pas appliqué.	Les cartes de répartition historiques présentent un développement de l'herbier continu, dans les deux bassins (Salses et Leucate), au milieu des années 70. Il n'existe donc pas de zone historiquement dépourvue d'herbier.	Les cartes de répartition historiques présentent un développement de l'herbier en ceinture, avec une zone centrale non colonisée (de profondeur supérieure à 6 mètres).
	Substrat	La partie bétonnée de la berge sud n'est pas favorable à l'installation d'un herbier.	Le substrat, bien qu'hétérogène au sein de la lagune, ne semble pas contraindre l'installation des herbiers. Celui-ci se développe même sur les massifs de Cascaill.	Le substrat ne semble pas contraindre potentiellement le développement de l'herbier.	Le substrat ne semble pas contraindre potentiellement le développement de l'herbier.
	Stochasticité	Ce filtre n'est pas appliqué.	Ce filtre n'est pas appliqué.	Ce filtre n'est pas appliqué.	Ce filtre n'est pas appliqué.



Légende des cartes présentant les filtres.

Lagune de Berre (13)

Filtre "profondeur"



Filtre "substrat"



Filtre "stochasticité"



Filtre "historique"



Surface potentielle colonisable par l'herbier



Lagune de Canet (66)

Filtre "profondeur"



Filtre "substrat"



Filtre "stochasticité"



Filtre "historique"



Surface potentielle colonisable par l'herbier



Lagune de Leucate (11 & 66)

Filtre "profondeur"



Filtre "substrat"



Filtre "stochasticité"



Filtre "historique"

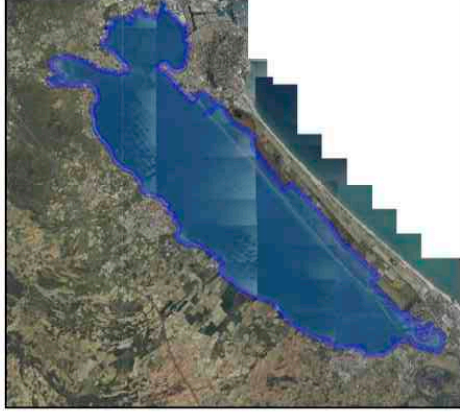


Surface potentielle colonisable par l'herbier

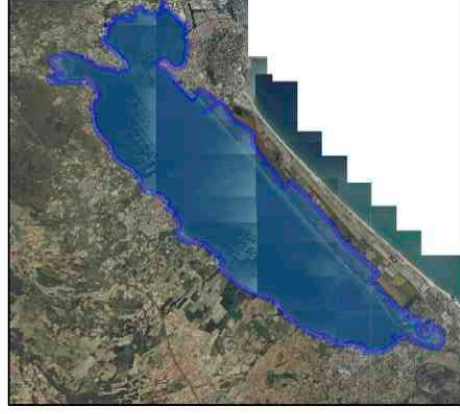


Lagune de Thau (34)

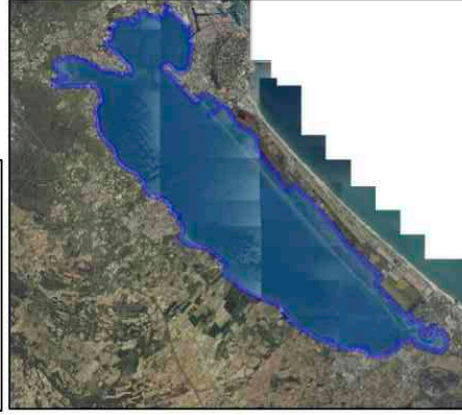
Filtre "profondeur"



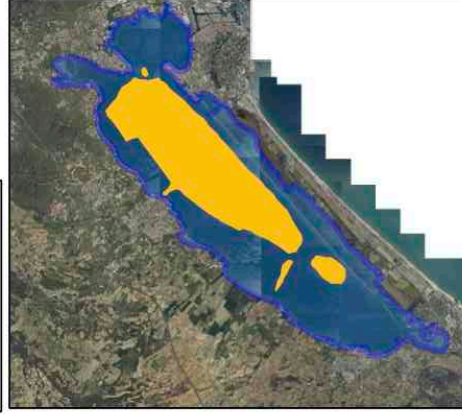
Filtre "substrat"



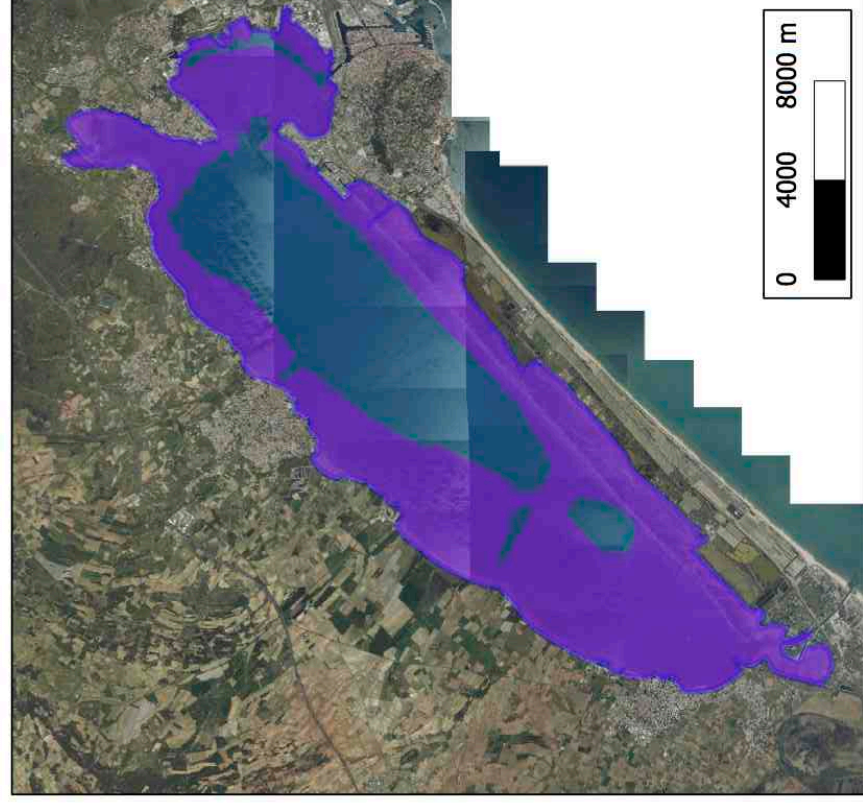
Filtre "stochasticité"



Filtre "historique"



Surface potentielle colonisable par l'herbier



Données brutes (en m³)							
Lagune		Herbier					
		Surface potentielle	Surface réelle		Surface concernée		
Surface réelle			2009	2011	2009	2011	
Etang de Berre	Total	155533073	18348665	4243	4838	25016	14902
	zone de l'Arc			600	335	4868	2045
	zone de Berre			3644	4503	20148	12857
Etang de Canet		6248715	6248715				4909574
Etang de Leucate		48941183	48941183			26882267	
Etang de Thau		68221323	44512628			23852060	

Annexe 2 : exploration statistique des résultats de l'indicateur herbier avec les données DCE/RSL qualifiant les masses d'eau.

Le développement d'une série d'indicateurs nécessite d'appliquer des tests de corrélations, afin d'évaluer si certains d'entre eux ne sont pas redondant (Carnino 2009). Cette démarche permet d'alléger la méthode, afin de faciliter son application.

Aussi, il est rapidement apparu important de tester l'indicateur développé avec d'autres déjà utilisés sur les lagunes, afin de pouvoir évaluer son importance et son intégration dans la méthode.

La faiblesse du jeu de donnée à disposition nous a cependant limité dans ces démarches : travailler sur 4 sites ne permet en aucun cas de produire des corrélations statistiquement significatives.

Il a cependant été décidé d'appliquer une méthodologie exploratoire sur ces données, pour deux raisons :

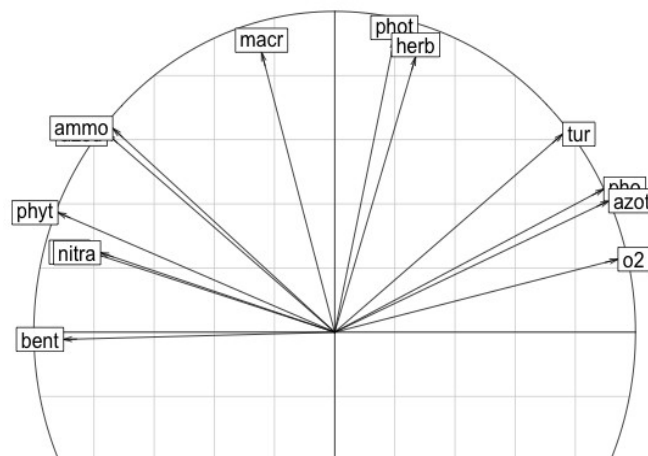
- proposer une méthode afin de tester les données acquises dans le futur sur les lagunes méditerranéennes.
- aborder la corrélation entre différents éléments (à la vue des connaissances actuelles) afin de repérer les liens entre indicateurs, et ainsi élaborer les hypothèses à tester dans le futur.

Les données à disposition sont celles issues des programmes de la DCE (Andral & Sargian 2009), avec l'abréviation entre crochets :

- l'écart par rapport à 100% de saturation en dioxygène, noté $IO_2 \text{ SAT } \Delta\%$ [o2]
- la turbidité, mesurée en NTU, [tur]
- la concentration en phosphates PO_4^{3-} , en μM , [pho]
- la concentration en azote inorganique dissous, [azo]
- la concentration en nitrites en μM , [nitri]
- la concentration en nitrates μM , [nitra]
- la concentration en ammonium en μM , [ammo]
- la concentration en azote total en μM , [azot]
- la concentration en phosphore total en μM , [phot]
- l'indice phytoplancton, nommé EQR phyto, [phyt]
- l'indice macrophyte, nommé EQR macro, [macro]
- l'indice invertébrés benthiques, nommé M-AMBI, [bent]

A cela s'ajoute la note brute calculée pour l'indicateur herbier, [herb].

Pour cela il a été choisi de mettre en place une méthode simple, basée sur les analyses multivariées. L'objectif de la méthode est d'évaluer la corrélation entre les indicateurs. Pour cela, il est nécessaire d'évaluer les valeurs des indicateurs par lagunes. Il a donc été choisi de réaliser une analyse en composante principale centrée réduite (ACP normée).



Graphique 1 : Cercle de corrélation issue de l'ACP normée.

Ce graphique présente le cercle des corrélations issu de l'ACP. Le premier élément d'analyse tient dans le lien entre l'indicateur macrophyte (DCE) et l'indicateur herbier. Ceux-ci semblent être positivement corrélés. Il est également intéressant de noter qu'aucune corrélation n'apparaît avec les éléments explicatifs présentés ci-dessus.

L'absence de lien entre les indicateurs basés sur la flore (*macr* et *herb*) et les variables explicatives est très probablement due au manque de données. En effet, il est vraisemblable que des liens existent entre ces variables (Borum et al. 2004), l'azote étant un des éléments majeurs à l'origine des crises de dystrophies des lagunes (Barral et al. 2007) dont l'impact sur les herbiers est très net (Duarte et al. 2004).

Le lien entre l'indicateur macrophytes DCE (*macr*) et l'indicateur herbier (*herb*) développé dans ce rapport **est à explorer de façon minutieuse**. En effet, au cours de la mise au point de la méthode d'évaluation de l'état de conservation des lagunes permanentes salées, il a été choisi d'intégrer certains suivis (dont l'indice macrophyte DCE) à la grille d'évaluation. Un problème est cependant rapidement apparu : de nombreuses lagunes ne sont pas intégrées dans les études associées et ne disposent donc pas de ces données.

Face à cette situation, deux solutions sont proposées : convaincre l'Agence de l'Eau d'étendre l'aire d'échantillonnage des suivis DCE à ces étangs, ou, de manière plus pragmatique, trouver une métrique capable de se substituer à l'indice macrophyte DCE. C'est en ce sens que la corrélation entre ces deux indices est importante.

Script R

```
#####
```

```
#Script correlation des données DCE (EC lagunes)
```

```
#Guillaume Papuga
```

```
#31/08/2012
```

```
#####
```

```
#Charger la table
```

```
dce=read.csv("DCE.csv",row.names=1, header = TRUE, sep = ";", quote="\"", dec=".", fill = TRUE)
```

```
dce=t(dce)
```

```
dce=as.data.frame(dce)
```

```
# Attacher les nom des colonnes et lignes
```

```
attach(dce)

# Package
require(ade4)

# Faire ACP
dudi.dce=dudi.pca(dce)

s.corcircle(dudi.dce$co, lab = names(dce),full = FALSE)
```

Bibliographie

- Andral, B. & Sargian, P. (2009). *Directive Cadre sur l'Eau, District Rhône et cotier méditerranéen, contrôle de surveillance/opérationnel*. Ifremer.
- Barral, M., Sourribes, V.C., Bourgeois, E., Gavoty, E., Barré, N. & Tillier, C. (2007). *Vers une gestion intégrée des lagunes méditerranéennes*. Pôle relais Lagunes/Tour du Valat, Montpellier.
- Borum, J., Duarte, C.M., Krause Jensen, D. & Greve, T.M. (2004). *European seagrasses : an introduction to monitoring and management*. EU project monitoring and managing of european seagrasses.
- Carnino, N. (2009). *Etat de conservation des habitats d'intérêt communautaire à l'échelle du site. Méthode d'évaluation des habitats forestiers*. MNHN/ONF, Paris.
- Duarte, C.M., Marbà, N. & Santos, R. (2004). What may cause loss of seagrasses? In: *European seagrasses : an introduction to monitoring and management*. The M&MS prject, pp. 24–32.

Annexe 3 : discussion autour du procédé de lissage des données

La mise en place d'un indicateur portant sur la surface des herbiers s'appuie sur de nombreux travaux (réalisés par des universitaires ou des gestionnaires) réalisés au cours de ces dernières années sur les lagunes méditerranéennes françaises.

Ces cartes se présentent sur des formes relativement hétérogènes, d'un point de vue :

- **qualitatif** ; le niveau de précision de la description du cortège végétal nommé « herbier » est extrêmement variable (espèces, recouvrement relatifs, etc.)
- **quantitatif** ; le niveau de précision du détournement des herbiers variable (d'une résolution inférieur à un mètre à quelques mètres).

Les recherches bibliographiques effectuées tendent à prouver que la dynamique des herbiers induit des fluctuations au cours d'une année, ce qui peut potentiellement modifier les cartes mises en places.

Afin d'éliminer ces problèmes et d'homogénéiser le rendu des cartes, il a été proposé de mettre en place un lissage des cartes afin de passer d'une carte des surfaces occupées par l'herbier à une surface concernée. Cette démarche a été réalisée sur l'étang de Berre.

Comparaison du lissage des surfaces réelles de l'herbier (étang de Berre, 13)

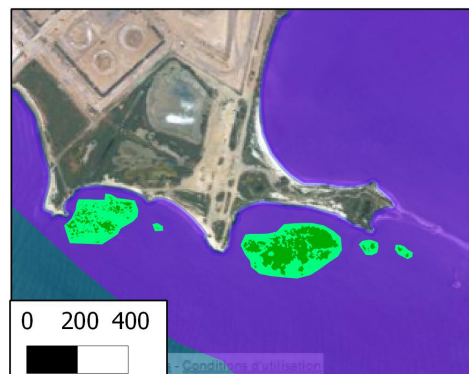
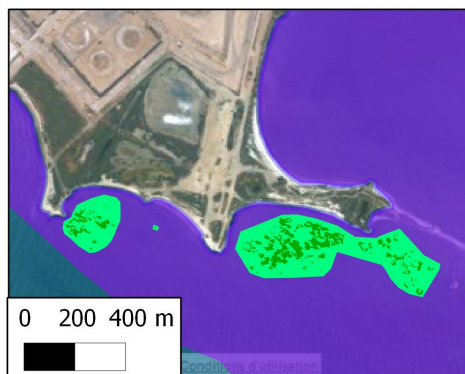
Légende

Surface colonisée
Surface concernée
Surface potentielle
Google Satellite

2009

2011

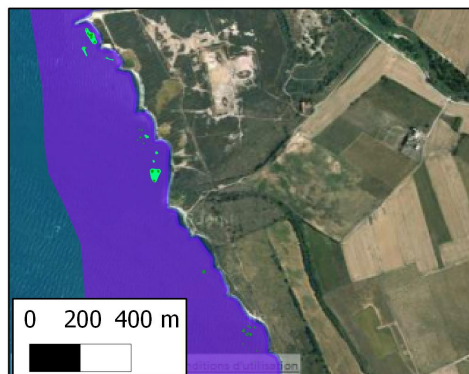
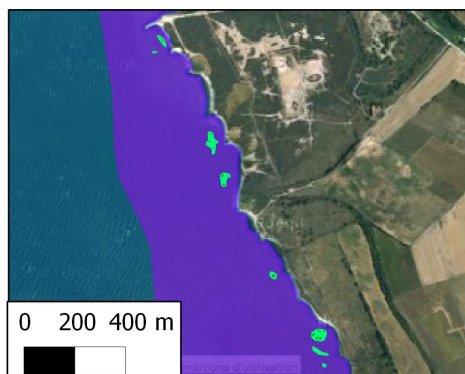
Pointe de Berre



Surface réelle colonisée : 3 644 m²
Surface réelle concernée : 20 148 m²

Surface réelle colonisée : 4 503 m²
Surface réelle concernée : 12 857 m²

Zone de l'Arc



Surface réelle colonisée : 600 m²
Surface réelle concernée : 4 868 m²

Surface réelle colonisée : 335 m²
Surface réelle concernée : 2 045 m²

Carte de développement des herbiers sur l'étang de Berre. Comparaison des surfaces concernées et occupées

Les deux zones présentées ci dessus sont les dernières tâches d'herbier de l'étang, suivies de manière très précise depuis plus de 10 ans par le GIPREB.

Le cas de la pointe de Berre est très intéressant vis à vis de la problématique envisagée ici. En effet, entre 2009 et 2010, l'herbier a augmenté sa surface occupée d'un peu moins de 1 000 m², soit 25% de sa surface de départ. Cependant, dans le même temps, sa surface concernée a diminué de 7 000 m².

Si ce constat peut paraître contradictoire, on s'aperçoit en observant la carte que l'herbier s'est densifié en son cœur, alors que la partie la plus à l'ouest s'est très fortement fragmentée. Ainsi, lors du lissage, la densification du cœur n'a pas amené de changement de la surface concernée, contrairement à la fragmentation qui ne permet plus de considérer cet ensemble comme un seul herbier fonctionnel (dans sa partie ouest). Il en résulte une perte significative de surface concernée. Il est très intéressant de voir que la prise en compte de cette nouvelle métrique (surface concernée) permet attirer l'attention sur la fragmentation d'une zone.

Cependant, ces résultats sont directement liés au niveau de précision défini par le lissage, qui, fixé par un comité d'expert, n'a pas de réalité scientifique. Il serait intéressant de pouvoir tester plusieurs degrés de lissage afin de définir un seuil de précision argumenté.

Il est important de noter que lors de la densification de l'herbier (zone est), la limite inférieure n'a pas progressé vers des fonds plus importants. Cette observation est régulièrement faite par Guillaume Bernard qui assure les suivis pour le GIPREB. Cela tendrait à confirmer que les dynamiques internes (par exemple, une augmentation de la surface occupée) ne traduit pas forcément une expansion de l'herbier. En revanche cette limite a diminué dans la zone plus fragmentée, à l'Est.

Cette démarche est donc extrêmement importante pour le projet, et nécessiterait d'être testée par différents opérateurs selon deux modalités :

- sur une multitude de sites, reproduire le lissage par différents opérateurs avec une précision fixe permettrait de valider ou non la méthode.
- sur plusieurs sites, tester différentes précisions de lissage permettrait, en comparant avec la survie des herbiers, de mettre en évidence la précision la plus pertinente.

Annexe 4 : note à propos du contexte de mon stage

Au cours de mon stage de 7 mois, j'ai pu réalisé de nombreuses tâches dans le cadre de la mise en place de la méthodologie d'évaluation de l'état de conservation. Ne pouvant présenter les documents produits dans ce rapport, j'ai choisi de me concentrer uniquement sur un des élément produit qui me semble particulièrement innovant. Aussi, je m'aperçois au terme de ce rapport que le travail présenté ne constitue qu'une infime partie de ce que j'ai pu faire et apprendre durant ces 7 mois.

J'ai choisi de vous présenter mon travail selon deux axes : ce que j'ai fait, et ce que ce stage m'a apporté.

● Ce que j'ai fait

Le projet de mise en place d'une méthodologie d'évaluation de l'état de conservation des lagunes s'est construit autour de mon stage. J'ai ainsi entièrement porté le projet, bien qu'épaulé par ma maitre de stage dans les moments compliqués. Ainsi j'ai pu entre autre :

- réaliser un travail bibliographique portant sur les lagunes et l'état de conservation.
- organiser 5 groupes de travail, au cours desquels des experts scientifiques, gestionnaires et partenaires institutionnels (DREAL, Agence de l'Eau) se sont réunis pour travailler ensemble sur ces thématiques. Au delà de l'organisation des réunions, j'ai animé les débats, et produit les restitutions écrites de toutes les rencontres. J'ai également organisé un grand nombres de réunions spécifiques avec des spécialistes, afin de pouvoir faire le lien entre les questions des groupes de travail et les solutions à adopter.
- mettre au point un système participatif d'élaboration en ligne des fiches indicateurs. Ce fut une réussite qui suscita un engouement autour du projet de la part de nombreux acteurs.
- assurer la coordination entre les différents programmes et études potentiellement intéressantes dans le cadre de l'évaluation de l'état de conservation.
- produire des grilles & fiches indicateurs mettant à jour les méthodologies mises au point lors des rencontres en groupes de travail.

● Ce que ce stage m'a apporté

Ce stage m'a apporté de nombreuses compétences sur les thématiques d'évaluation de l'état de conservation, notamment en termes d'échelle d'évaluation, de notation, d'agrégation des notes et de proposition de rendus. J'ai également pu m'immerger complètement dans le monde de l'écologie des lagunes, à la croisé du monde marin et continental.

Mais le point central de mon apprentissage s'est fait en me confrontant à la gestion de projet. Cela m'a permis d'apprendre à organiser un projet & à gérer des réunions. En développant ma capacité d'écoute et de synthèse, j'ai pu (après quelques échecs) tirer parti de la plupart des interventions faites par les collaborateurs du projet. Ainsi, j'ai compris a quel point cela était fondamental pour mettre en place un protocole qui soit adapté, et surtout adopté par les collaborateurs.

Annexe 5 : Budget détaillé du projet

évaluation EC lagunes côtières	CEN L-R						TDV	OEC	Total Euros
	Directrice	Chargée de projet Pôle	Expert CEN	stagiaire	Frais mission	contrib. Volont.			
coût de journée (Frais de personnel + frais fixes)	370	300	320	420	Euros	400	430	320	Euros
	Nombre de jour			mois		Nb de jour	Nb de jour	Nb de jour	
bibliographie									
analyse des retours d'expérience et des questions des gestionnaires locaux (DO-COB, ...)		4		1	200		1	1	2570
recensement des études en cours sur cette question ou des travaux connexes pouvant contribuer à la réflexion (ex. programme RHOMEO)		4		1			1	1	2370
synthèse et analyse bibliographique approfondie		4		1					2040
groupe de travail									
Animation du groupe de travail gestionnaires-experts-DREAL-MNHN (3 réunions)		9	3	1	250		2	2	5830
Déplacements experts (forfait 10p.*400€)					4000				4000
Test terrain									
Test terrain du jeu d'indicateurs et de protocole possible sur un ou plusieurs site(s)		3	2	2	250				2630
propositions									
analyse, synthèse et restitution des propositions		5		2	200		1	1	3290
coordination globale de l'action									
échanges avec Dreal et MNHN		1			220				520
suit administratif et financier	1	1							670
Contributions volontaires									
bénévolet valorisé						15			6000
	1	31	5	8	5120	15	5	5	29500
	370	9300	1600	3360	5120	15	2150	1600	

Annexe 6 : grilles d'évaluation de l'état de conservation

Les deux grilles présentées dans cette annexe sont les grilles provisoires d'évaluation de l'état de conservation au 21 septembre 2012.

La première correspond aux lagunes temporaires, la seconde aux lagunes permanentes. Un rapport vient soutenir ces deux grilles, expliquant les modalités de notation.

● Grille d'évaluation de l'état de conservation des lagunes temporaires

Indicateurs	Métriques reléevées		Modalités : ----- du bon vers le dégradé ----->		
1. Surface	Suivi de l'ensemble des pertes de surface		Surface stable ou en augmentation	Perte de surface <100m²	Perte de surface >100m²
2. Macrophytes	Absence de flore (recouvrement <5%)		Indicateur non applicable		
	Flore développée (recouvrement total =%)	de référence	présence		
		dulçaquicole	rare ou absente	rec. total <20%	rec. total >20%
		eutrophile	rare ou absente	rec. total <10%	rec. total >10%
		exotique envahissante	absence	rec. total <10%	rec. total >10%
9. Espèce animale exotique envahissante (le Cascaill)	Massif de cascaill	Surface	0%	<1%	>1%
		Densité	contact nul ou rare	<1contact/100ha	>1contact/100ha
11. Fonctionnement de la liaison à la mer	Etat	Situation	Grau naturel	Grau artificialisé	Grau bouché artificiellement
		Description	La liaison à la mer n'est pas contrainte par des constructions humaines (béton, enrochement, digues, barrages, etc.).	La liaison à la mer existe, mais est canalisée selon différents procédés (digue en pierres, béton, voir la construction d'un port).	Le grau est obstrué par différents éléments (remblais, digue en rochers, etc.).
	Fonctionnement		Bon fonctionnement du grau	Fonctionnement anthropisé	Fonctionnement dégradé
		Intermittent	Le grau est soumis à des dynamiques sédimentaires naturelles, se bouche et se rouvre au rythme des perturbations ou les ouvertures et fermetures du grau sont conditionnées par l'action de l'homme, mais réalisées en tenant compte du fonctionnement de la lagune.		Rythme des ouvertures/fermetures contraint par des activités économiques, touristiques, etc. Celles-ci ne tiennent pas compte du fonctionnement naturel de la lagune.
		Permanent	Le grau se maintient de manière naturelle, sans intervention de l'Homme	Les dynamiques sédimentaires sont contraintes et peuvent nécessiter l'intervention de l'homme (pour draguer le fond par exemple).	La liaison à la mer n'existe plus, ou est insignifiante à l'échelle de la lagune et du fonctionnement historique du grau.
13. Intégrité des berges	Berge artificielle	Berge artificielle verticale	Moins de 3% de berge artificielle verticale	<10% de berge artificielle verticale	>10% de berge artificielle verticale
		Enrochée	Moins de 3% de berge enrochée	<15% de berge enrochée	>15% de berge enrochée
		Remblais et déchets & berges artificielles en renaturation	Moins de 3% de berge remblayée avec des déchets ou en renaturation	<20% de berge remblayée avec des déchets ou en renaturation	>20% de berge remblayée avec des déchets ou en renaturation
		Remblais de terre	Moins de 3% de berge remblayée avec de la terre	<25% de berge remblayées avec de la terre	>25% de berge remblayées avec de la terre
	Berge naturelle		Moins de 3% de berges naturelles		
14. Evolution du niveau d'eau	Cycle annuel d'évolution du niveau d'eau		Fonctionnement hydrologique naturel ou assimilé	Fonctionnement hydrologique non naturel (mise en eau forcée ou assec trop précoce)	

● Grille d'évaluation de l'état de conservation des lagunes permanentes

3. Schéma d'évaluation de l'état de conservation des lagunes permanentes							
Indicateurs	Métriques relevées		Modalités : ---- du bon vers le dégradé ---->				
1. Surface	Suivi de l'ensemble des pertes de surface		Surface stable ou en augmentation		Perte de surface <100m² ou <1%		Perte de surface >100m² ou >1%
2. Macrophytes	Indice EQR			>0,75	>0,6	>0,4	>0,25
3. Vitalité des herbiers de macrophytes			L'utilisation de cet indicateur est à voir en groupe de travail.				
4. surface des herbiers	Le rapport surface colonisée sur surface potentielle		>0,7 [l'herbier est développé à plus de 70% de son potentiel]		>0,4 [l'herbier est développé à plus de 40% de son potentiel]		<0,4 [l'herbier est développé à moins de 40% de son potentiel]
5. Espèce végétale exotique envahissante	Etat de colonisation par des végétaux envahissant est de		0%		<10%		>10%
6. Invertébrés benthiques	Note M AMBI			>0,8	>0,63	>0,4	>0,2
9. Espèce animale exotique envahissante (le Cascaill)	Massif de cascaill	Surface	0%		<1%		>1%
		Densité	contact nul ou rare		<1contact/100ha		>1contact/100ha
10. Apport d'eau du bassin versant			L'utilisation de cet indicateur est à voir en groupe de travail.				
11. Fonctionnement de la liaison à la mer	Etat	Situation	Grau naturel		Grau artificialisé		Grau bouché artificiellement
		Description	La liaison à la mer n'est pas contrainte par des construction humaines (beton, enrochement, digues, barrages, etc.).		La liaison à la mer existe, mais est canalisée selon différents procédés (digues en pierres, béton, voir la construction d'un port).		Le grau est obstrué par différents éléments (remblais, digue en rochers, etc.).
	Fonctionnement	Intermittent	Bon fonctionnement du grau		Fonctionnement anthropisé		Fonctionnement dégradé
		Permanent	Le grau est soumis à des dynamiques sédimentaires naturelles, se bouche et se rouvre au rythme des perturbations ou les ouvertures et fermetures du grau sont conditionnées par l'action de l'homme, mais réalisées en tenant compte du fonctionnement de la lagune.				Rythme des ouvertures/fermetures contraint par des activités économiques, touristiques, etc. Celles-ci ne tiennent pas compte du fonctionnement naturel de la lagune.
13. Intégrité des berges	Berge artificielle	Berge artificielle verticale	Moins de 3% de berge artificielle verticale		<10% de berge artificielle verticale		>10% de berge artificielle verticale
		Enrochée	Moins de 3% de berge enrochée		<15% de berge enrochée		>15% de berge enrochée
		Remblais et déchets & berges artificielles en renaturation	Moins de 3% de berge remblayée avec des déchets ou en renaturation		<20% de berge remblayée avec des déchets ou en renaturation		>20% de berge remblayée avec des déchets ou en renaturation
		Remblais de terre	Moins de 3% de berge remblayée avec de la terre		<25% de berge remblayées avec de la terre		>25% de berge remblayées avec de la terre
	Berge naturelle		Moins de 3% de berges naturelles				
14. Evolution du niveau d'eau	Cycle annuel d'évolution du niveau d'eau		Fonctionnement hydrologique naturel ou assimilé			Fonctionnement hydrologique non naturel (mise en eau forcée ou assec trop précoce)	
14'. Evolution de la salinité	Cycle annuel d'évolution de la salinité		Evolution de la salinité suit un cycle naturel ou assimilé			Evolution de la salinité suit un cycle non naturel	
15. Sédiments	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
16. Colonne d'eau	I%Δ O2 SATI			<20	<30	<40	<50
	Turbidité (NTU)			<5	<10	<25	<40
	Concentration en phosphates PO43- (µM)			<0,3	<1	<1,5	<4
	Concentration en azote inorganique dissous NID			<2	<6	<10	<20
	Concentration en nitrites NITRI (µM)			<0,3	<0,5	<0,75	<1
	Concentration en nitrates NITRA (µM)			<1	<3	<5	<10
	Concentration en ammonium AMMO (µM)			<1	<3	<5	<10
	Concentration en chlorophylle a CHL-A (µg/l)			<5	<7	<10	<20
	Concentration en chl a + phéophytine-a Chlaphe (µg/l)			<7	<10	<15	<25
	Concentration en azote total NT (µM)			<50	<75	<100	<120
Concentration en phosphore total PT (µM)			<0,8	<1,5	<2,5	<4,5	
19. Contaminants chimiques	Etat des contaminant chimiques		Bon état [respect des NQE]			Mauvais état [non respect des NQE]	

Résumé

○ Contexte : la Directive européenne Habitat-Faune-Flore a permis l'émergence du concept d'état de conservation des espèces et des habitats. Afin de l'évaluer à l'échelle du site Natura 2000, une série de méthodes se développent à travers l'Europe. La mise en place d'un guide portant sur les lagunes méditerranéennes est réalisée par le Pôle-relais Lagune, en partenariat avec le Muséum National d'Histoire Naturelle qui encadre ces démarches au niveau national.

○ Objectifs : ce rapport présente le développement d'un indicateur d'état de conservation portant sur les herbiers des lagunes permanentes marinisées, qui serait normalisable (afin de permettre une comparaison inter-site) tout en étant adapté à chaque situation lagunaire.

○ Matériels et méthodes : 4 sites lagunaires ont été choisis (Berre, Canet, Leucate, Thau) en raison de leur diversité et de la disponibilité de données cartographiques des herbiers. La première étape consiste à créer une carte de répartition des surfaces réelles concernées par l'herbier. Dans un second temps, une carte de la surface potentielle colonisable est produite, en appliquant différents filtres (de profondeur, historique, de substrat et de stochasticité) empêchant potentiellement le développement de l'herbier. La valeur de l'indicateur est calculée par le rapport des deux surfaces, et transformée en un nombre de points intégrés dans la méthode finale.

○ Résultats : en raison du jeu de données limité, les résultats n'ont qu'une portée qualitative. Cependant, les résultats sont correctement corrélés à plusieurs autres mesures effectuées sur les lagunes. Le lien entre les notes et le contexte local est réalisé.

○ Conclusion : le développement de l'indicateur herbier constitue **une avancée méthodologique conséquente pour l'évaluation de l'état de conservation**. L'adaptation normalisée de l'indicateur à chaque situation permet une réelle pertinence locale, tout en autorisant les comparaisons inter-sites relatives aux démarches d'évaluation de l'état de conservation.

○ Mots clés : état de conservation ; 1150 ; lagunes côtières ; herbiers ; *Zostera* ; *Ruppia* ; Méditerranée

Summary

○ Context : the european Habitats Directive has brought up the conservation status' concept, for species and habitats. In order to evaluate it at a Natura 2000 site scale, different methods have been developed throughout Europe. The « Pôle-relais lagunes » is creating one for coastal lagoons, in association with the National Museum of Natural History, which coordinates these programs in France.

○ Objective : this report focus on setting up an indicator based on seagrass meadows for permanent salty lagoons. It has to be normalized (to allow inter-site comparison) and yet fit to all the different lagoon situations.

○ Materials and methods : 4 lagoons are tested (Berre, Canet, Leucate, Thau) because of their diversity and the disponibility of updated seagrass meadows maps. A first step consist in re-drawing a meadow-concerned area. Then, a potential developpement map is drawn by cutting out 4 « filter maps » from the whole lagoon (depth filter, historical filter, substrat filter and stochastic filter). The indicator's value corresponds in the 2 map ratio, and is then integrated into the whole evaluation.

○ Results : despite the limited dataset, the indicator brings important qualitative results. Those are linked with the lagoon context and different parameters measured.

○ Conclusion : the indicator developed represents a **huge methodological breakthrough** to qualify conservation status. The site adaptation provides a local reliability, although it still allows inter-site comparisons.

○ Mots clés : conservation status ; 1150 ; coastal lagoon ; seagrass meadow ; *Zostera* ; *Ruppia* ; Mediterranean