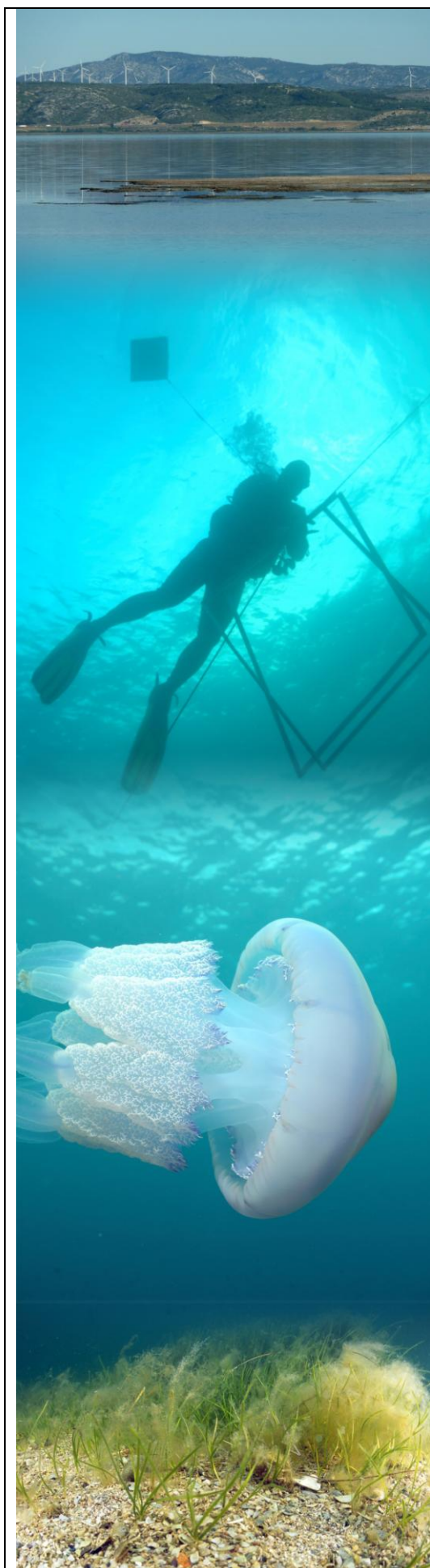




Etude réalisée dans le cadre du projet européen SUDOE Eco-Lagunes



Cartographie et caractérisation des herbiers de Magnoliophytes marines de l'étang de Salses-Leucate

2011



Cartographie et caractérisation des herbiers de Magnoliophytes marines de l'étang de Salses-Leucate

Maître d'ouvrage :

Syndicat Mixte RIVAGE Salses-Leucate
Monsieur Michel PY

Monsieur Le Maire
Hôtel de Ville
Mairie de Leucate – rue du Dr Sidras
11370 Leucate

Maître d'œuvre :

OCEANIDE
Agence Atlantique – Siège social
65 Rue du Lieutenant Lumo
40000 MONT DE MARSAN
FRANCE
Tél. / Fax : (00 33) 05 58 75 96 77
Mobile : (00 33) 06 76 09 03 95
Courriel : contact@oceanide.eu
www.oceanide.eu

OCEANIDE
Agence Méditerranée
7 Rue de Turenne
66000 PERPIGNAN
France
Tél : (33) 4 68 34 54 81
Mobile : (33) 6 20 11 58 75
Courriel : nicolas.dalias@oceanide.eu
www.oceanide.eu

Responsables de l'étude :
Nicolas Dalias (OCEANIDE).

Participants aux missions de terrain :
Nicolas Dalias, Eric Fabre, Anne Tessier, Reda Neveu

Crédits photographiques :
Nicolas Dalias, Eric Fabre, Mathieu Foulquié (les photos illustrant le présent rapport ne doivent être ni transformées ni diffusées sans l'accord préalable des auteurs).

Avertissement : Les documents rendus par OCEANIDE dans le cadre de cette étude, engage sa responsabilité et sa crédibilité scientifique. Ils ne peuvent, pour cette raison être modifiés sans leur accord.

Ce document doit être cité sous la forme suivante :

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. OCEANIDE publ. Fr. : 98 pages.

Remerciements

Cette étude a été réalisée grâce au concours technique et financier du projet SUDOE Eco-Lagunes et du Syndicat Mixte RIVAGE Salses-Leucate. Nous profitons donc de ce court paragraphe de remerciements pour saluer l'intérêt de cet établissement public pour les problèmes de gestion écologique de la zone côtière.

OCEANIDE tient à remercier tous les représentants des organismes et services publics ou privés et les experts qui ont apporté leur concours à la réalisation du présent rapport, par les informations qu'ils ont bien voulu communiquer, par les avis qu'ils ont formulés, par les soutiens techniques qu'ils ont apportés.

Table des matières

1	Contexte et objectifs de l'étude	6
1.1	Etang de Salses-Leucate	6
1.2	Syndicat Mixte RIVAGE Salses-Leucate	9
1.3	Contexte	10
1.4	Périmètre de l'étude	11
1.5	Données existantes	12
1.6	Objectifs de l'étude	12
2	Cartographie des herbiers de Magnoliophytes marines	13
2.1	Méthodologie	13
2.2	Résultats	16
2.3	Discussion	27
3	Définition des zones à enjeux	38
3.1	Méthodologie	38
3.2	Résultats	40
3.3	Discussion	45
4	Caractérisation des herbiers de Magnoliophytes marines	46
4.1	Méthodologie	46
4.2	Résultats	48
4.3	Discussion	70
5	Conclusion	77
6	Bibliographie	79
7	Annexes	83

Liste des figures

Figure 1 : Carte de l'étang de Salses-Leucate et sa bathymétrie.	6
Figure 2 : Localisation du « Complexe lagunaire de Salses ».	8
Figure 3 : Localisation du « Complexe lagunaire de Salses-Leucate ».	8
Figure 4 : <i>Zostera noltii</i> ; <i>Zostera marina</i> ; <i>Ruppia cirrhosa</i>	9
Figure 5 : Etang de Salses-Leucate et ses zones portuaires.	11
Figure 6 : Repérage des zones profondes de l'étang de Salses-Leucate.	15
Figure 7 : Cartographie de la répartition des herbiers de Magnoliophytes marines dans l'étang de Salses-Leucate.	17
Figure 8 : Cartographie de <i>Zostera noltii</i> dans l'étang de Salses-Leucate.	18
Figure 9 : Cartographie de <i>Zostera marina</i> dans l'étang de Salses-Leucate.	19
Figure 10 : Cartographie de <i>Ruppia cirrhosa</i> dans l'étang de Salses-Leucate.	20
Figure 11 : Cartographie de la distribution et des associations des espèces de Magnoliophytes marines.	21
Figure 12 : Couvert algal de <i>Chaetomorpha</i> spp.	22
Figure 13 : Accumulation de végétation.	22
Figure 14 : Substrat nu sableux.	22
Figure 15 : Cartographie et caractérisation des zones non colonisées par les Magnoliophytes dans l'étang de Salses-Leucate.	23
Figure 16 : Emplacement des limites d'herbier par rapport à la bathymétrie de l'étang de Salses-Leucate.	27
Figure 17 : Comparaison entre des cartographies anciennes des herbiers de l'étang de Salses-Leucate de 1975 (d'après Boutiere et Mizoule, 1975), 1980 (d'après Boutiere et al., 1982) et la carte obtenue en 2010 lors cette étude.	30
Figure 18 : Comparaison entre la cartographie par krigeage de <i>Zostera marina</i> , de <i>Zostera noltii</i> de 2009 (d'après Ifremer, 2010), et les cartes de <i>Zostera marina</i> et de <i>Zostera noltii</i> obtenues en 2010 lors de cette étude.	32
Figure 19 : Comparaison entre des cartographies ZADA des herbiers de l'étang de Salses-Leucate (d'après Fabre, 2010) et les résultats obtenus en 2010 lors de cette étude.	34
Figure 20 : Fond recouvert d' <i>Halopitys incurva</i> dans le centre du bassin de Salses.	35
Figure 21 : Répartition des zones à enjeux.	40
Figure 22 : Mise en place du transect permanent et des stations de caractérisation.	46
Figure 23 : Localisation des transects permanents et des stations de caractérisation.	48
Figure 24 : Localisation du transect permanent et des stations de caractérisation de la zone à enjeux de l'Anse du Paurel.	49
Figure 25: Localisation du transect permanent et des stations de caractérisation de la zone à enjeux de Port-Fitou à l'Anse de Leucate.	51
Figure 26 : Localisation du transect permanent et des stations de caractérisation de la zone à enjeux des Dosses.	53
Figure 27 : Localisation du transect permanent et des stations de caractérisation de la zone à enjeux du terrain militaire.	55
Figure 28 : Localisation du transect permanent et des stations de caractérisation de la zone à enjeux de Saint-Hippolyte.	57
Figure 29 : Localisation du transect permanent et des stations de caractérisation de la zone à enjeux de l'Anse de la Roquette à Port-Fitou.	59
Figure 30: Localisation du transect permanent et des stations de caractérisation de la zone à enjeux du seuil central.	61
Figure 31 : Prolifération d' <i>H. incurva</i> dans la zone à enjeux de Saint-Hippolyte.	73
Figure 32 : Herbier paraissant « étouffé » sous le tapis d' <i>H. incurva</i>	74
Figure 33 : Les effets du piétinement sur les herbiers.	75

Liste des tableaux

Tableau 1 : Eléments relevés à chaque prise d'un point GPS le long d'une limite d'herbier.	14
Tableau 2 : Eléments renseignés pendant les prospections terrain.	16
Tableau 3: Surfaces colonisées et non colonisées par l'herbier dans l'étang de Salses-Leucate.	24
Tableau 4 : Proportions de classes d'herbier dans l'étang de Salses-Leucate.	24
Tableau 5 : Surface occupée et proportion de chaque espèce et de chaque classe de recouvrement.	24
Tableau 6 : Caractéristiques de la limite supérieure des herbiers.	25
Tableau 7 : Caractéristiques de la limite inférieure des herbiers.	25
Tableau 8 : Eléments importants rencontrés sur le terrain.	26
Tableau 9 : Sensibilité de chaque zone à enjeux.	41
Tableau 10 : Risque de chaque zone à enjeux.	42
Tableau 11 : Synthèse de la sensibilité et du risque pour chaque zone à enjeux.	43
Tableau 12 : Mesures effectuées sur chaque station.	47
Tableau 13 : Résultats de la caractérisation des Magnoliophytes de la zone à enjeux de l'Anse du Paurel. ..	50
Tableau 14 : Résultats de la caractérisation des Magnoliophytes de la zone à enjeux de Port-Fitou à l'Anse de Leucate.	52
Tableau 15 : Résultat de la caractérisation des Magnoliophytes de la zone à enjeux des Dosses.	54
Tableau 16 : Résultats de la caractérisation des Magnoliophytes de la zone à enjeux du terrain militaire.	56
Tableau 17 : Résultats de la caractérisation des Magnoliophytes de la zone à enjeux de Saint-Hippolyte.	58
Tableau 18 : Résultats de la caractérisation des Magnoliophytes de la zone à enjeux de l'Anse de la Roquette à Port-Fitou.	60
Tableau 19 : Résultats de la caractérisation des Magnoliophytes de la zone à enjeux du seuil central.	62
Tableau 20 : Coordonnées des limites d'herbier et des stations de caractérisation.	63
Tableau 21 : Comparaison des données de cartographie et de caractérisation sur la zone à enjeux du Paurel.	64
Tableau 22 : Comparaison des données de cartographie et de caractérisation sur la zone à enjeux de port-Fitou à l'anse de Leucate.	64
Tableau 23: Comparaison des données de cartographie et de caractérisation sur la zone à enjeux des Dosses.	65
Tableau 24 : Comparaison des données de cartographie et de caractérisation sur la zone à enjeux du terrain militaire.	66
Tableau 25: Comparaison des données de cartographie et de caractérisation sur la zone à enjeux de Saint-Hippolyte.	66
Tableau 26: Comparaison des données de cartographie et de caractérisation sur la zone à enjeux de l'anse de la Roquette à Port-Fitou.	67
Tableau 27: Comparaison des données de cartographie et de caractérisation sur la zone à enjeux du seuil central.	68
Tableau 28 : Analyse de l'évolution des limites des herbiers de l'étang de Salses-Leucate.	68
Tableau 29 : Comparaison des classes d'herbier entre la cartographie (T0) et la caractérisation (T1)	69
Tableau 30 : Comparaison des profondeurs moyennes des limites inférieures des herbiers de Magnoliophytes dans les étangs de Salses-Leucate et de Thau.	76
Tableau 31 : Comparaison des caractéristiques de <i>Zostera noltii</i> dans les étangs de Salses-Leucate et de Thau.	76
Tableau 32 : Comparaison des caractéristiques de <i>Zostera marina</i> de l'étang de Salses-Leucate avec les données disponibles de l'étang de Thau.	76

1 Contexte et objectifs de l'étude

1.1 Etang de Salses-Leucate

L'étang de Salses-Leucate est long d'environ 14 km, sa largeur maximale atteint 6,5 km et sa superficie, environ 5300 ha. L'étang est en réalité composé de deux bassins séparés par des hauts fonds. Ce seuil, caractérisé par la présence des îlots de la Rascasse et de Vy, marque la frontière entre les départements de l'Aude et des Pyrénées-Orientales. Ainsi, il concrétise sur le plan administratif, l'existence de deux bassins, celui de Leucate au Nord et celui de Salses au Sud (Arnaud et Rimbault, 1969) (Figure 1).

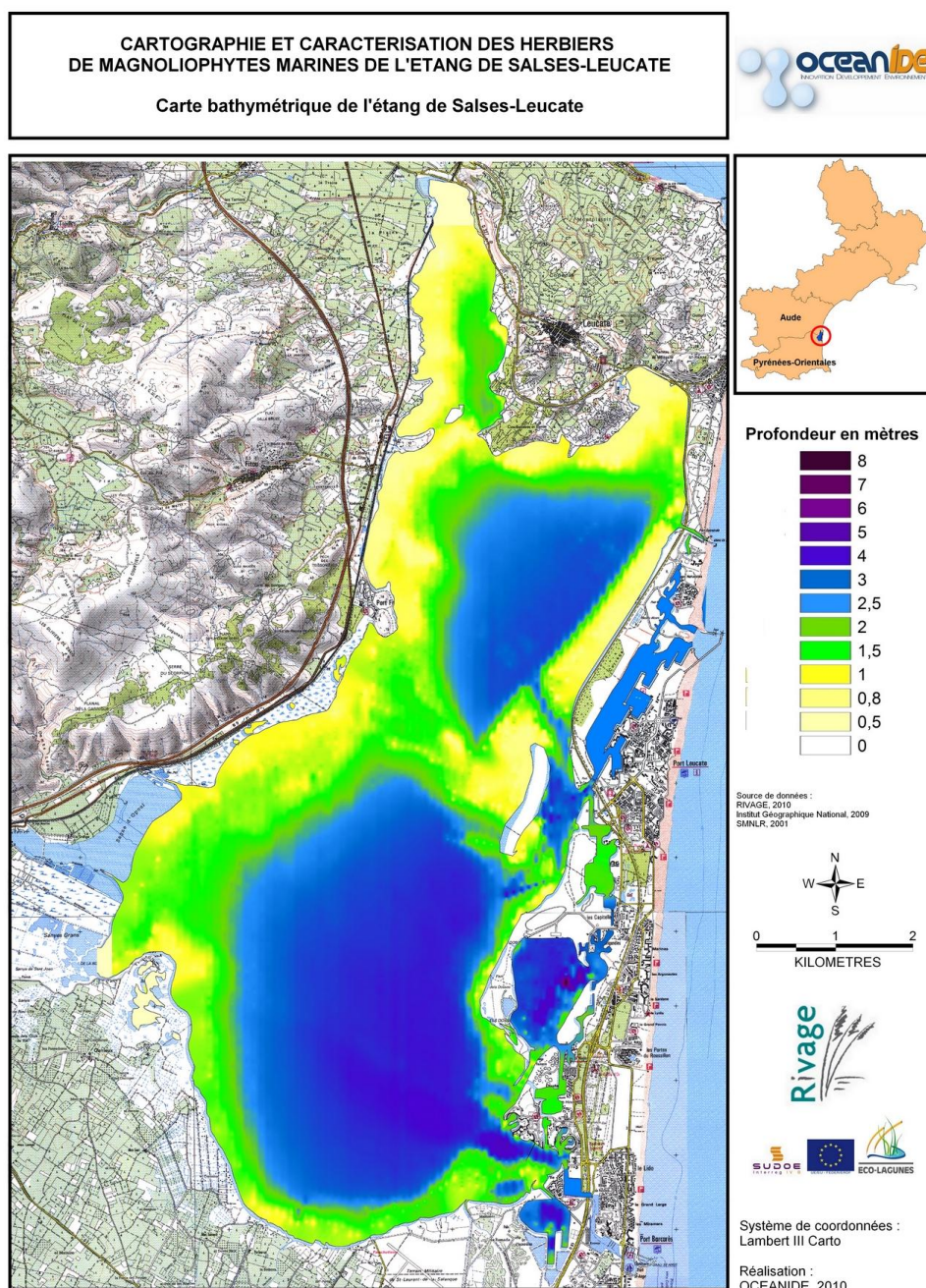


Figure 1 : Carte de l'étang de Salses-Leucate et sa bathymétrie.

La profondeur moyenne de l'étang est d'environ 2,10 m pour le bassin de Salses et de 1,50 m pour celui de Leucate, avec un volume global estimé à 90 millions de m³ (Boutiere *et al.*, 1982). La profondeur maximale naturelle est de 4 m pour le bassin de Salses et de 3,4 m pour le bassin de Leucate (Catala-Cottini et Midoux, 2001). La répartition des profondeurs de l'étang est particulière. En effet, sur les rives occidentales la pente est douce, alors que la remontée du côté oriental est abrupte. Cette dissymétrie est due à l'activité des vents dominants de secteur Nord Nord-Ouest (Riviere et Vernet, 1956 ; Riviere et Vernet, 1958).

L'étang est relié à la mer par trois graus navigables :

- Au Nord, le grau de Leucate ;
- Au centre, le grau de Port Leucate ;
- Au Sud, le grau Saint-Ange.

Trois grandes entités géomorphologiques encadrent l'étang (Arnaud, 1967) :

- A l'Est, le lido sableux séparant la mer de l'étang ;
- Au Sud, la plaine alluvionnaire de la Salanque composée d'argiles et de molasse ;
- Au Nord et à l'Ouest, les Corbières formées de calcaires secondaires.

Le réseau karstique complexe des Corbières (Salvayre, 1977) constitue l'essentiel des apports d'eau douce. Deux résurgences, Font Estramar et Font Dame, alimentent deux rivières qui traversent les marécages du Sud-ouest et se jettent dans la lagune (Arnaud, 1967). Il existe également un grand nombre d'émergences sous-lagunaires, du karst noyé et du karst littoral (Laugier, 2000). Les autres apports terrestres viennent des eaux d'infiltration de la plaine alluvionnaire de la Salanque, au Sud de la Lagune (Got, 1965).

Le climat de l'étang de Salses-Leucate est méditerranéen et est caractérisé par un régime de vents fréquents et violents (Cianzig, 1987). L'hydrodynamisme engendré par ces vents, remet en suspension des sédiments fins et fait de l'étang de Salses-Leucate, un milieu trois fois plus turbide en moyenne que la mer (Wilke, 1998).

Dans le passé, trois évènements majeurs ont modifié les caractéristiques de l'étang et sa macroflore benthique :

- L'ouverture de trois graus artificiels dans les années 1960 et la marinisation de l'étang ;
- Le transfert d'huîtres entraînant l'introduction de nouvelles espèces ;
- La crise dystrophique entre 1979 et 1980 par prolifération de la microalgue brune *Nanochloris* sp. (Knoepffler et Gros, 1980).

L'étang de Salses-Leucate présente un grand intérêt patrimonial. Il possède une diversité remarquable qui est expliquée par sa grande superficie, son caractère marin et une pollution relativement faible. La lagune et ses alentours constituent un Site d'Intérêt Communautaire au titre de la Directive « Habitat » et une Zone de Protection Spéciale au titre de la Directive « Oiseaux ». Il fait donc partie du réseau Natura 2000 :

- En 1998, comme Zone Spéciale de Conservation ou ZSC (FR9101463) « Complexe lagunaire de Salses » pour la présence d'une douzaine d'habitats naturels et d'une dizaine d'espèce de faune d'intérêt communautaire (Figure 2).

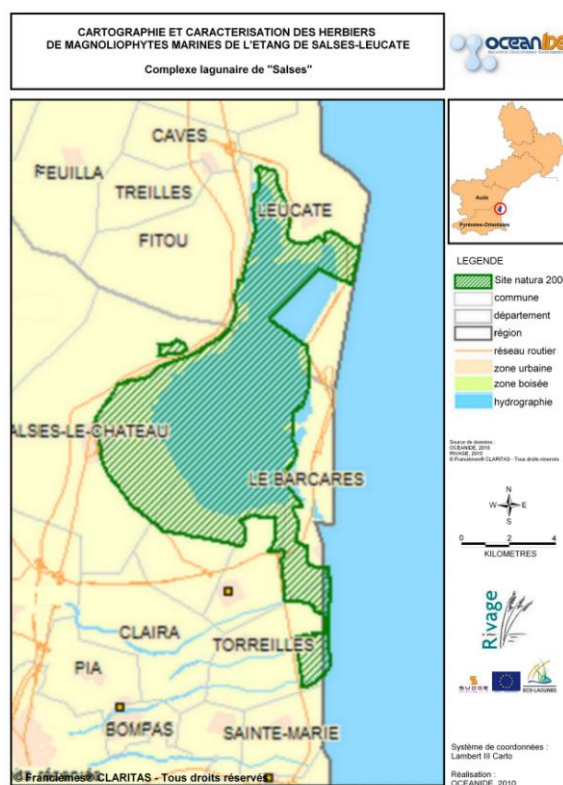


Figure 2 : Localisation du « Complexe lagunaire de Salses ».

- En 2006, comme Zones de Protection Spéciale ou ZPS (FR9112005) « Complexe lagunaire de Salses-Leucate » pour les nombreux oiseaux qui fréquentent la lagune et ses abords : sur les 280 oiseaux recensés, une trentaine d'espèces sont d'intérêt communautaire



Figure 3 : Localisation du « Complexe lagunaire de Salses-Leucate ».

Les herbiers de Magnoliophytes marines présents dans l'étang de Salses-Leucate sont constitués de *Zostera marina* (Linnaeus), *Zostera noltii* (Hornemann) et *Ruppia cirrhosa* (Petagna) Grande. Ces herbiers présentent un fort intérêt écologique, patrimonial (Larkum *et al.*, 2006) et économique (Davison et Hughes, 1998). Ils abritent une biodiversité importante et jouent un rôle majeur dans la reproduction et l'alimentation de nombreuses espèces de poissons, de crustacés et d'oiseaux. En outre, les herbiers favorisent la stabilisation du substrat et contribuent à réduire l'érosion (Davison et Hughes, 1998). Les herbiers contribuent également à oxygéner un milieu abrité où le flux d'eau est assez faible (Hily, 2006) (Figure 4).



Figure 4 : *Zostera noltii* ; *Zostera marina* ; *Ruppia cirrhosa*.

Les herbiers de Magnoliophytes marines sont sensibles aux perturbations qui modifient leur environnement (Short et Wyllie-Echeverria, 1996), ce qui influence fortement leur répartition (Hily, 2006). Certaines activités anthropiques font courir un risque sur ces herbiers (Hily et Den Hartog, 1997). Par exemple, l'augmentation de la turbidité provoquée par les extractions portuaires, les dragages ou l'eutrophisation, réduit l'accès des feuilles à la lumière et ainsi, limite l'aire de répartition des herbiers (Hily et Le Hir, 2002). Cette grande sensibilité des herbiers en fait d'excellents indicateurs des pressions qui s'exercent sur l'écosystème, depuis l'échelle locale jusqu'à l'échelle globale (Hily, 2006).

Aujourd'hui, une grande partie des zones les moins profondes de l'étang de Salses-Leucate est colonisée par les Magnoliophytes (Fabre, 2010 ; Ifremer, 2010). Mais elles sont soumises à des pressions qui peuvent causer leur déclin. Parmi les causes identifiées, la prolifération d'algues envahissantes et les crises anoxiques, qui peuvent entraîner une perte de biodiversité, une perturbation environnementale, ou encore une perte de production de l'aquaculture et de la pêche.

1.2 Syndicat Mixte RIVAGE Salses-Leucate

Le Syndicat Mixte RIVAGE Salses-Leucate (Regroupement Intercommunal de Valorisation, d'Aménagement et de Gestion de l'Etang de Salses-Leucate), créé en 2004, est né de la volonté des communes de Caves, Fitou, Leucate, Opoul-Périllos, Salses-le-Château, et Toreilles et les communes de Le Barcarès, Saint-Laurent-de-la-Salanque et Saint-Hippolyte représentées par la Communauté d'Agglomération Perpignan Méditerranée, de valoriser leur territoire. Il a pour mission principale la gestion concertée et l'aménagement intégré de l'étang et des zones humides situées sur le périmètre du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de l'étang de Salses-Leucate. Le périmètre d'action du Syndicat correspond au périmètre du SAGE de l'étang de Salses-Leucate. Le Syndicat Mixte RIVAGE a pour objet statutaire :

- L'animation et la coordination des actions engagées dans le cadre de la mise en œuvre du SAGE et du contrat d'étang de l'étang de Salses-Leucate ;
- La gestion et l'aide à l'aménagement de l'étang et des zones humides ;
- L'organisation de la concertation relative à la gestion des activités sur l'étang, les zones humides et les bordures de l'étang.

Plus récemment, le Syndicat RIVAGE s'est chargé d'une nouvelle mission. En effet, suite à la délibération du Comité de pilotage Natura 2000 en mars 2007, il a été désigné opérateur en charge de l'élaboration du DocOb pour les sites Natura 2000 « Complexe lagunaire de Salses-Leucate ».

1.3 Contexte

Cette étude est réalisée dans le cadre du projet européen SUDOE ECO-LAGUNES qui est mis en œuvre sur différents sites Natura 2000 de l'espace Sud-Ouest Européen.

1.3.1 Projet européen SUDOE ECOLAGUNES

L'étude « cartographie et de caractérisation des herbiers de Magnoliophytes marines de l'étang de Salses-Leucate » est financée par le programme de coopération territoriale de l'espace Sud-Ouest européen SUDOE. Le SUDOE soutient le développement régional à travers le cofinancement de projets transnationaux par le biais du FEDER (Fonds européen de développement régional). Les acteurs publics des régions espagnoles, françaises, portugaises et britanniques (Gibraltar) peuvent contribuer à la croissance et au développement durable de cet espace Sud-Ouest européen en développant des projets de coopération transnationale en matière d'innovation, d'environnement, de nouvelles technologies de l'information et de développement urbain durable. Agissant ensemble, ces acteurs régionaux contribueront à ce que le Sud-Ouest européen atteigne les stratégies de l'Union européenne en matière de croissance, d'emplois et de développement durable.

Un des projets du programme SUDOE, s'appelle ECO-LAGUNES. Ses objectifs sont de répondre aux questions liées à l'augmentation des espèces envahissantes et des crises anoxiques, et de montrer que leur élimination a des effets positifs sur la reconstitution du milieu. Le but ultime est de démontrer que par la préservation de la biodiversité et la gestion des habitats aquatiques de l'étang, il est possible d'assurer un développement économique durable des activités (Anonyme, 2008).

Plusieurs objectifs à moyen terme sont fixés :

- Harmoniser les outils sur le suivi de la croissance des herbiers de Magnoliophytes marines ;
- Développer un outil de gestion sur la collecte des espèces envahissantes afin de faciliter le développement des Magnoliophytes marines qui sont des espèces emblématiques ;
- Démontrer que le développement des herbiers permet d'avoir une grande biodiversité ;
- Démontrer qu'un milieu biodiversifié aide à maintenir un environnement plus stable écologiquement ;
- Démontrer qu'un herbier en bon état de conservation permet de limiter la croissance du phytoplancton toxique *Alexandrium catenella* (Whedon & Kofoid) (Balech 1985).

Le projet SUDOE ECOLAGUNES est porté par un regroupement de collectivités, d'organismes de recherche et d'un organisme représentant les sociétés de pêche. Le Syndicat Mixte RIVAGE Salses-Leucate, maître d'ouvrage de cette étude, est un des bénéficiaires de ce projet

1.3.2 Réseau européen Natura 2000

Natura 2000 est un réseau européen qui contribue à préserver, maintenir ou restaurer les habitats et les espèces d'intérêt communautaire des sites européens les plus remarquables. L'objectif de chaque site Natura 2000 est de concilier les activités humaines et les engager pour la biodiversité

dans une synergie faisant appel aux principes d'un développement durable. Ces actions visent à assurer le maintien ou le rétablissement d'un état favorable de conservation des habitats naturels et des habitats d'espèces sauvages d'intérêt communautaire.

La présente étude est centrée sur l'inventaire cartographique des herbiers de Magnoliophytes sur la lagune de Salses-Leucate. Il s'agit de disposer d'un état des lieux initial (état zéro) de ces herbiers, et de suivre leur évolution en vue d'actions de gestion durable. L'élaboration d'une cartographie des Magnoliophytes de la lagune de Salses-Leucate s'inscrit donc également dans le cadre du DocOb Natura 2000 du complexe lagunaire de l'étang de Salses-Leucate, élaboré par le Syndicat Mixte RIVAGE Salses-Leucate.

1.4 Périmètre de l'étude

La présente étude s'étend sur toute la surface de l'étang de Salses-Leucate excepté les zones portuaires. La surface d'étude concerne environ 48 km² (Figure 5).

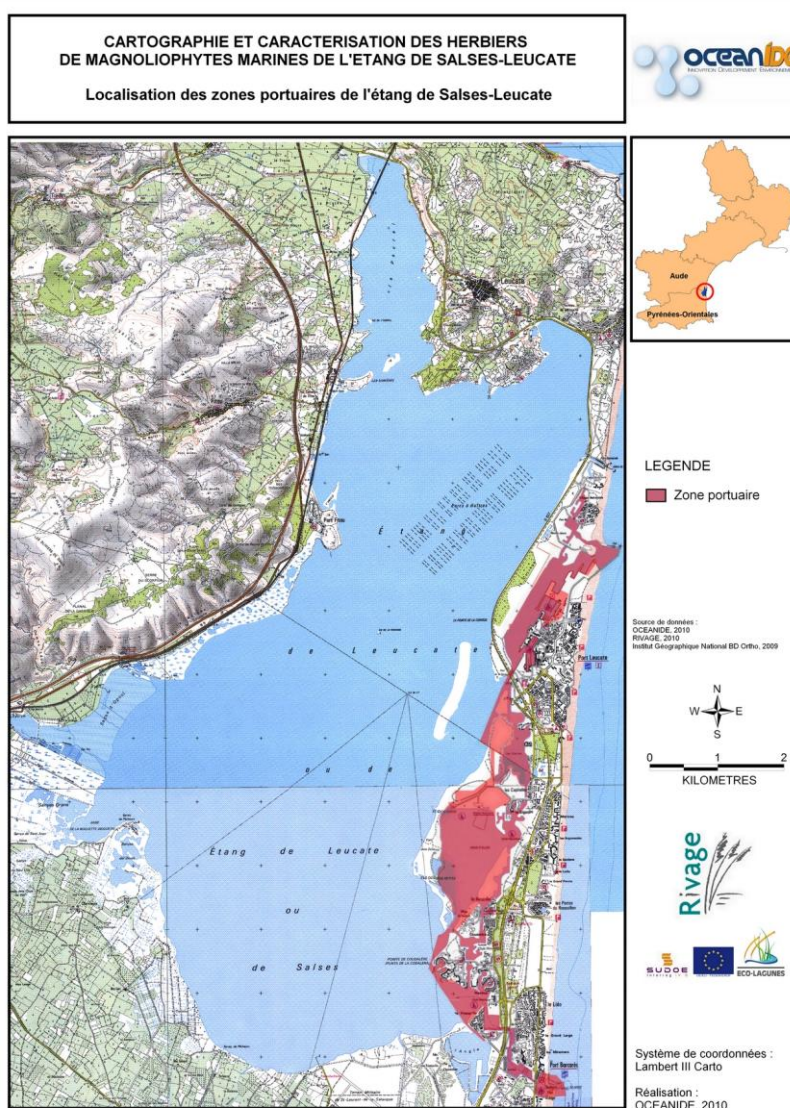


Figure 5 : Etang de Salses-Leucate et ses zones portuaires.

1.5 Données existantes

Les premières cartographies de Magnoliophytes marines de l'étang de Salses-Leucate ont été réalisées par Boutiere et Mizoule (1975) in Boutiere *et al.* (1982), puis Herve (1978), avant la crise dystrophique de 1980. L'étude comparative entre ces premières cartographies et une autre réalisée après la crise, montre que les herbiers qui recouvraient une grande partie de l'étang, ont disparu des parties profondes (Boutiere *et al.*, 1982). Plus récemment, la récession des herbiers de Zostères au profit de *Valonia aegagropila* (C. Agardh) a été suivie par Clanzig (1987) dans l'anse du Paurel.

Actuellement, plus de 77 espèces de macrophytes ont été répertoriées (38 Rhodophytes, 11 Chromophytes, 14 Chlorophytes et trois Magnoliophytes) dont près de 15 % sont introduites (Verlaque, 2000). Le peuplement dominant de Magnoliophytes est constitué de *Zostera noltii* et de *Ruppia cirrhosa*, tandis que *Zostera marina* est présente en quantités plus restreintes (Boutiere *et al.*, 1982 ; Laugier, 2000).

Plus récemment, le Réseau de Suivi Lagunaire (RSL) opéré par l'Ifremer a établi un inventaire spécifique, qualitatif et quantitatif des macrophytes (Laugier, 2000 ; Ifremer, 2005c; Ifremer, 2010). Ces données acquises dans le but d'une estimation de l'état de la lagune vis-à-vis de l'eutrophisation permettent d'apprécier la répartition globale des Zostères dans l'étang. Vu la disposition selon un quadrillage à maille large des stations, les analyses ainsi effectuées ne permettent pas d'avoir une vision fine des limites de l'herbier. De plus, dans le cadre du RSL, les caractéristiques relevées ne concernent que le recouvrement et la biomasse.

Enfin, une cartographie de Zonage A Dire d'Acteurs (ZADA) des herbiers de Zostères a été réalisée par le Syndicat Mixte RIVAGE Salses-Leucate en s'appuyant sur les connaissances des acteurs de l'étang (chasseurs sous-marins et pêcheurs professionnels) (Fabre, 2010). La cartographie ZADA permet d'avoir un aperçu global sur la répartition des herbiers de Magnoliophytes. Cependant, au même titre que les cartes du RSL, cette méthode ne permet pas d'avoir une vision fine des limites de l'herbier.

Les macrophytes sont présentes sur la quasi-totalité des fonds de l'étang avec des biomasses importantes. Cependant, les parties profondes sont moins occupées. Excepté les Magnoliophytes, la végétation benthique est dominée par *Valonia aegagropila* dans le bassin de Leucate, et par une association de Rhodophytes lagunaires (*Alsidium corallinum* (C. Agardh), *Gracilaria gracilis* ((Stackhouse) M.Steentoft, L.M.Irvine & W.F.Farnham) et *Halopitys incurva* (Hudson)) dans le bassin de Salses. Quelques foyers « d'algues opportunistes » proliférantes (Ulves, Chaetomorphes, Entéromorphes, etc.) sont présents près des rejets de stations d'épuration et de piscicultures (Laugier, 2000).

1.6 Objectifs de l'étude

Les objectifs de l'étude sont de réaliser :

- La cartographie précise des herbiers de Magnoliophytes marines sur toute la surface de prospection de l'étang, pour définir un état initial de référence de leur répartition spatiale ;
- La définition de zones à enjeux sur l'étang, en vue de choisir les zones où sera effectué un suivi des caractéristiques des Magnoliophytes dans le temps ;
- La caractérisation des Magnoliophytes, sur plusieurs transects permanents dans l'étang de Salses-Leucate, dans un but de définir l'état de conservation des herbiers.

2 Cartographie des herbiers de Magnoliophytes marines

2.1 Méthodologie

Cette phase de l'étude s'appuie essentiellement sur un travail de prospection des herbiers de Magnoliophytes marines. La méthode de cartographie utilisée dans cette étude se base sur les travaux réalisés sur les herbiers de Zostères de la côte Atlantique française dans le cadre du projet REBENT (Alloncle *et al.*, 2005). Les herbiers présentant des morphologies différentes en fonction de leur recouvrement, des classes peuvent être définies (De Jong, 2004). Ces classes de morphologie sont estimées visuellement à l'aide d'exemples types (Kendall *et al.*, 2001). Chaque herbier rencontré est ainsi renseigné sur son taux de couverture. Il existe trois classes de recouvrement selon la typologie des herbiers du littoral français (Alloncle *et al.*, 2005). La méthode de prospection des herbiers est caractérisée par quatre étapes distinctes.

2.1.1 Etape 1 : délimitation globale des zones colonisées

Cette étape permet de délimiter l'enveloppe globale des herbiers (limites supérieures et inférieures). La délimitation des zones colonisées est effectuée par cheminement le long des limites des herbiers. Des points GPS sont placés le long de l'interface « zone colonisée par des Magnoliophytes » et « zone dépourvue de Magnoliophytes ». Le GPS utilisé doit avoir une précision d'au moins 3 mètres. Les points GPS sont accompagnés des métadonnées qui permettent de réaliser les cartes (Tableau 1). La méthode employée pour détourner les limites dépend des caractéristiques propres de l'herbier. Pendant cette étude, la méthode préconisée a été adaptée pour détourner de manière précise les limites supérieures et inférieures des herbiers.

Délimitation de la limite supérieure

Les points GPS sur la limite supérieure sont placés tous les 10 m environ. Le déplacement se fait en kayak biplace ou, si la profondeur est trop faible, à pied. L'observation des herbiers est faite directement depuis la surface à l'aide d'une lunette de calfat. Si la profondeur est trop importante, l'observation en nage palmée peut s'avérer nécessaire.

Délimitation de la limite inférieure

Sur la limite inférieure, les points GPS ont été placés tous les 10 à 100 m à l'aplomb de la limite. Cette variation d'espacement entre les points GPS dépend de l'aspect morcelé de l'herbier près de sa limite inférieure et donc de la difficulté à suivre cette limite précisément. De même, si la limite inférieure est rectiligne, les points GPS peuvent être plus espacés. Le déplacement se fait en kayak biplace. L'observation des herbiers est faite soit à l'aide d'une lunette de calfat si la clarté de l'eau le permet, soit en nage palmée.

En vue de réaliser l'étape suivante dans des conditions optimales, les futures limites secondaires, c'est-à-dire les limites entre différentes classes d'herbier ou entre des herbiers jointifs d'espèces ou d'associations d'espèces différentes, sont repérées.

2.1.2 Etape 2 : délimitation des limites secondaires

Cette étape se fait sur les zones où les limites secondaires ont été repérées pendant l'étape 1. Elle permet de délimiter les herbiers de classe de recouvrement différentes et / ou de proportions d'espèces différentes (Tableau 1). La méthode de détournage est la même que celle de l'étape 1. L'espacement entre les points GPS dépend de l'aspect morcelé et / ou diffus de la limite secondaire. L'espacement entre les points GPS peut varier entre 10 et 60 m.

Tableau 1 : Eléments relevés à chaque prise d'un point GPS le long d'une limite d'herbier.

Type de limite	Limite supérieure : limite la moins profonde d'une zone d'herbier différencié. Limite inférieure : limite la plus profonde d'une zone d'herbier différencié.			
Classe d'herbier (Taux de recouvrement du substrat)	 = 0% Substrat nu ou algal Absence d'herbier	 <25% Herbier clairsemé Taches disséminées ou pieds dispersés en faible densité	 25 – 75% Herbier discontinu Alternance de taches recouvertes et non recouvertes	 >75% Herbier dense Couverture foliaire forte et homogène
Proportion de chaque espèce	Espèce présente à moins de 25% Espèce clairsemée		Espèce présente de 25 à 75% Espèce discontinue	Espèce présente à plus de 75% Espèce dense
Substrat	Roche, galets/graviers, sable, sablo-vaseux, vaseux ; débris coquillés			
Hauteur d'eau	Hauteur d'eau sur le point GPS, mesurée avec une sonde graduée tous les 10 cm			
Éléments importants	Présence d'espèces remarquables ou protégées, invasives, opportunistes ; pollution ; herbier dégradé par une activité anthropique ; herbier mort ; malaïgue ; etc.			
Photographie	Des photographies sous-marines géolocalisées permettent d'apprécier le recouvrement et les espèces rencontrées sur les différents herbiers.			

2.1.3 Etape 3 : délimitation des cas particuliers

Cette étape de la cartographie permet de délimiter des taches isolées dont les caractéristiques se démarquent par rapport au reste de la zone. Un cas particulier peut être :

- Une tache localisée d'une autre espèce de Magnoliophyte ;
- Une tache d'herbier dense au milieu d'un herbier clairsemé ;
- Une tache d'herbier isolée au milieu d'une zone de substrat nu.

Pour être définie comme cas particulier, une tache isolée doit avoir une superficie de plus de 100 m² (10 m de diamètre environ). Dans le cas contraire, la tache n'est pas prise en compte. En outre, si des taches sont regroupées ou espacées de moins de 30 m entre elles, elles sont définies

comme un seul herbier en « mosaïque ». Cet herbier en mosaïque peut ainsi apparaître sur les cartes comme un herbier dense, discontinu ou clairsemé.

Du fait de leur petite taille, les cas particuliers, sont généralement délimités immédiatement suite à leur découverte. Le protocole de délimitation est le même que pour les autres étapes.

2.1.4 Etape 4 : repérage des zones profondes

Cette étape permet de repérer les éventuels herbiers, normalement absents dans les zones profondes, au centre des bassins de Salses et de Leucate.

Le repérage des zones profondes a été réalisé à la fin de la cartographie. En effet, les zones profondes à explorer apparaissent plus clairement une fois les limites d'herbiers localisées. Pour ce repérage, des transects d'exploration (Strindberg et Buckland, 2002), ponctués de points d'observation affinée en plongée, sont effectués. Les transects préliminaires et les points d'observation affinée sont placés selon un trajet repéré précisément par des points GPS. Les transects d'exploration sont espacés d'environ 400 m entre eux, ils ont une orientation Ouest-Est et sont ponctués tous les 500 m par un point d'observation affinée :

- Le long des transects d'exploration, l'observation depuis la surface à l'aide d'une lunette de calfat, permet de vérifier l'absence ou la présence d'herbier ;
- Sur les points d'observation affinée, des plongées sous-marines permettent de déterminer la nature des substrats et les espèces présentes sur la zone. Des prises de vues photographiques (numériques) de très haute résolution (macro et grand-angle) sont effectuées pour apprécier l'aspect des macrophytes et des éventuels herbiers rencontrés dans ces zones profondes (Figure 6).

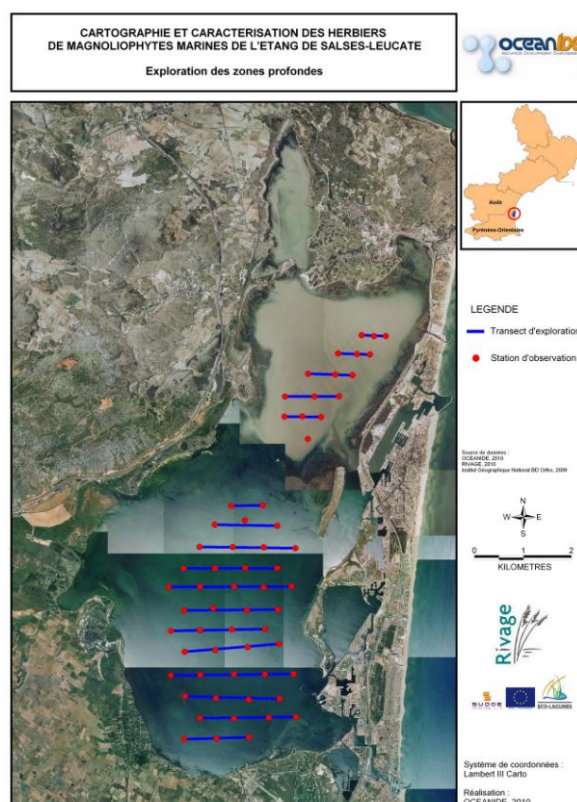


Figure 6 : Repérage des zones profondes de l'étang de Salses-Leucate.

2.1.5 Recueil de données

Sur le terrain, les données sont recueillies sur des fiches dans lesquelles plusieurs paramètres sont renseignés. Ils permettront de réaliser une cartographie fiable et précise (Tableau 2).

Tableau 2 : Eléments renseignés pendant les prospections terrain.

N° Point GPS	Type de limite	Substrat	Hauteur d'eau	Classe Herbier	Z. <i>noltii</i>	Z. <i>marina</i>	R. <i>cirrrosa</i>	N° Photo	Substrat nu ou algal	Eléments importants
1 à n	S ou I	R, G, S, SV, V, C	en cm	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3	1 à n	Caractéristiques des zones non colonisées	Eléments importants observés

Légende
 S = Supérieure ; I = Inférieure
 R = Rocheux ; G = Galets/Graviers ; S = Sableux ; SV = Sablo-vaseux ; V = Vaseux ; C = Débris coquillés.
 0 = Pas d'herbier ; 1 = Herbier de classe clairsemé ; 2 = Herbier de classe discontinu ; 3 = Herbier de classe dense

2.1.6 Traitement des données

Les points GPS sont reliés entre eux sur SIG pour former des polygones. Chaque polygone ainsi créé représente un herbier différencié, avec une classe de recouvrement et une proportion d'espèces qui lui sont propres. D'autres polygones correspondent à des zones non colonisées par l'herbier (substrat nu ou algal) et où sont renseignées la ou les espèces de macrophytes dominantes. Les cartes réalisées par analyse thématique et présentées dans ce rapport sont :

- Carte sur la répartition des herbiers de Magnoliophytes en fonction du recouvrement global ;
- Cartes sur la distribution de chaque espèce en fonction du recouvrement ;
- Carte sur la répartition des espèces et leurs associations en herbier mixte ;
- Carte sur les zones non colonisées par l'herbier.

2.2 Résultats

2.2.1 Cartographie des herbiers de Magnoliophytes marines

Les résultats obtenus lors de cette cartographie montrent que les herbiers forment une « ceinture » plus dense dans les zones les moins profondes de l'étang. Cependant, la partie Ouest et le seuil central sont plus colonisés que la partie Est de l'étang. La partie Sud du bassin de Salses est la zone où les herbiers paraissent les plus dégradés, en particulier entre la Foun del Port et le Sud des Sanyes del Deves.

L'exploration des zones profondes a montré que la partie profonde du bassin de Salses n'est pas colonisée par les herbiers. En revanche, la partie profonde du bassin de Leucate est colonisée par un herbier clairsemé (Figure 7).

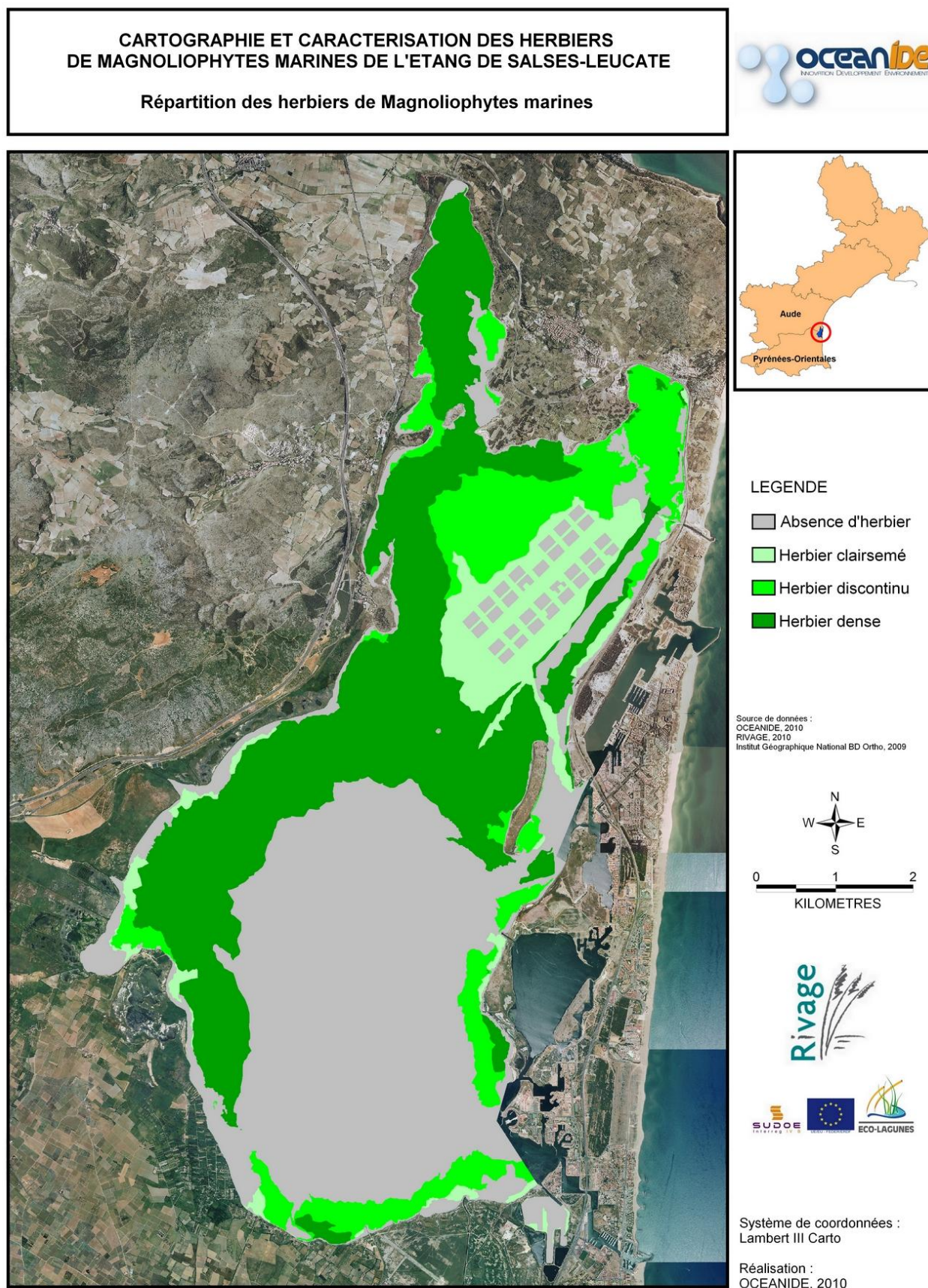


Figure 7 : Cartographie de la répartition des herbiers de Magnoliophytes marines dans l'étang de Salses-Leucate.

2.2.2 Cartographie de *Zostera noltii*

Les résultats obtenus montrent que *Zostera noltii* est présente sur la majeure partie des zones colonisées par les herbiers. La partie Ouest du bassin de Leucate et l'anse du Paurel sont les zones où cette espèce semble présente en plus grandes quantités, souvent en classe « dense » (Figure 8).

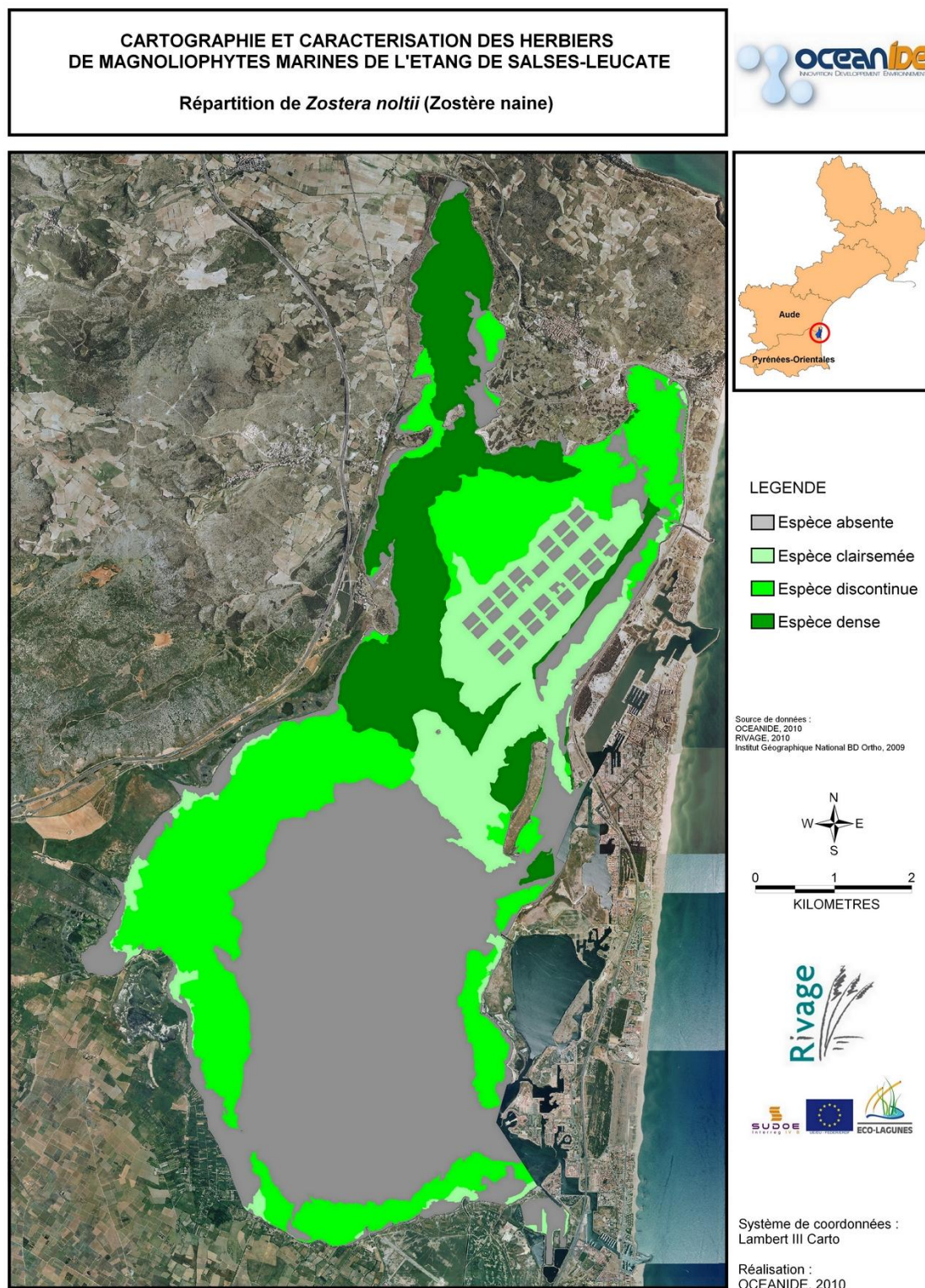


Figure 8 : Cartographie de *Zostera noltii* dans l'étang de Salses-Leucate.

2.2.3 Cartographie de *Zostera marina*

Dans l'étang de Salses-Leucate, *Zostera marina* est moins fréquente que *Zostera noltii*. Elle est présente surtout à l'Ouest du bassin de Salses et à l'Est de l'île aux Oiseaux. Lorsqu'elle est clairsemée, *Z. marina* se présente souvent en mélange homogène avec d'autres Magnoliophytes. Quand l'espèce est discontinue, elle se présente plutôt en mosaïque régulière alternant des taches de *Z. marina*, des taches d'autres espèces de Magnoliophytes et des taches de substrat nu ou algal. En revanche, les herbiers denses et homogènes de *Z. marina* sont très rares dans l'étang de Salses-Leucate (Figure 9).

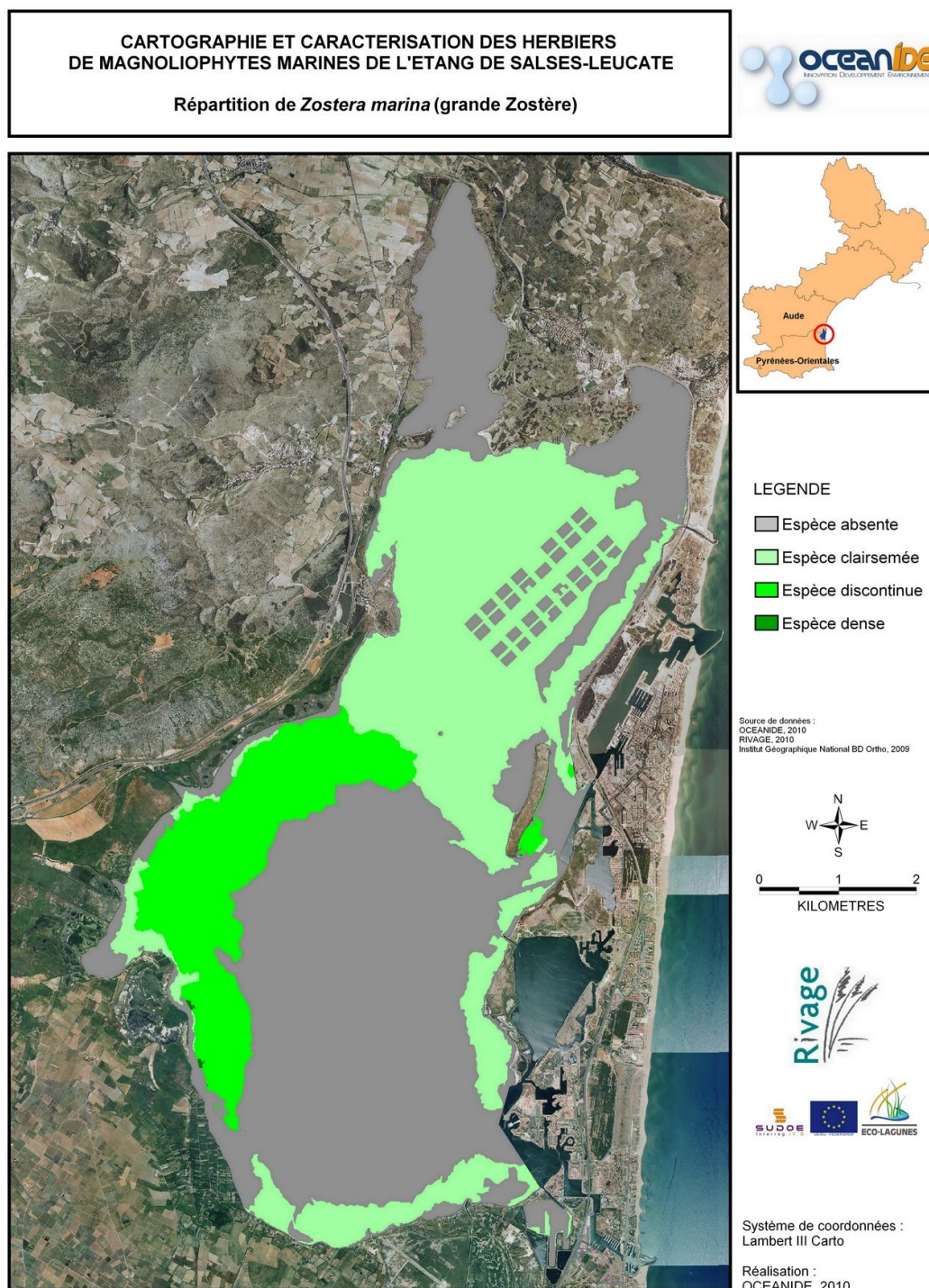


Figure 9 : Cartographie de *Zostera marina* dans l'étang de Salses-Leucate.

2.2.4 Cartographie de *Ruppia cirrhosa*

Ruppia cirrhosa est relativement peu fréquente dans la lagune. Mais contrairement à *Zostera marina*, la classe « dense » peut se rencontrer, surtout sur le seuil central et le long du banc de sable de la Corrège. La classe « clairsemée » a également été observée et mêlée aux autres espèces dans les zones les moins profondes du bassin de Leucate. Dans le bassin de Salses, cette espèce est rarement rencontrée et se rencontre sur des hauts fonds, en particulier, au Nord de Coudalère et à l'Est de la Foun del Port (Figure 10).

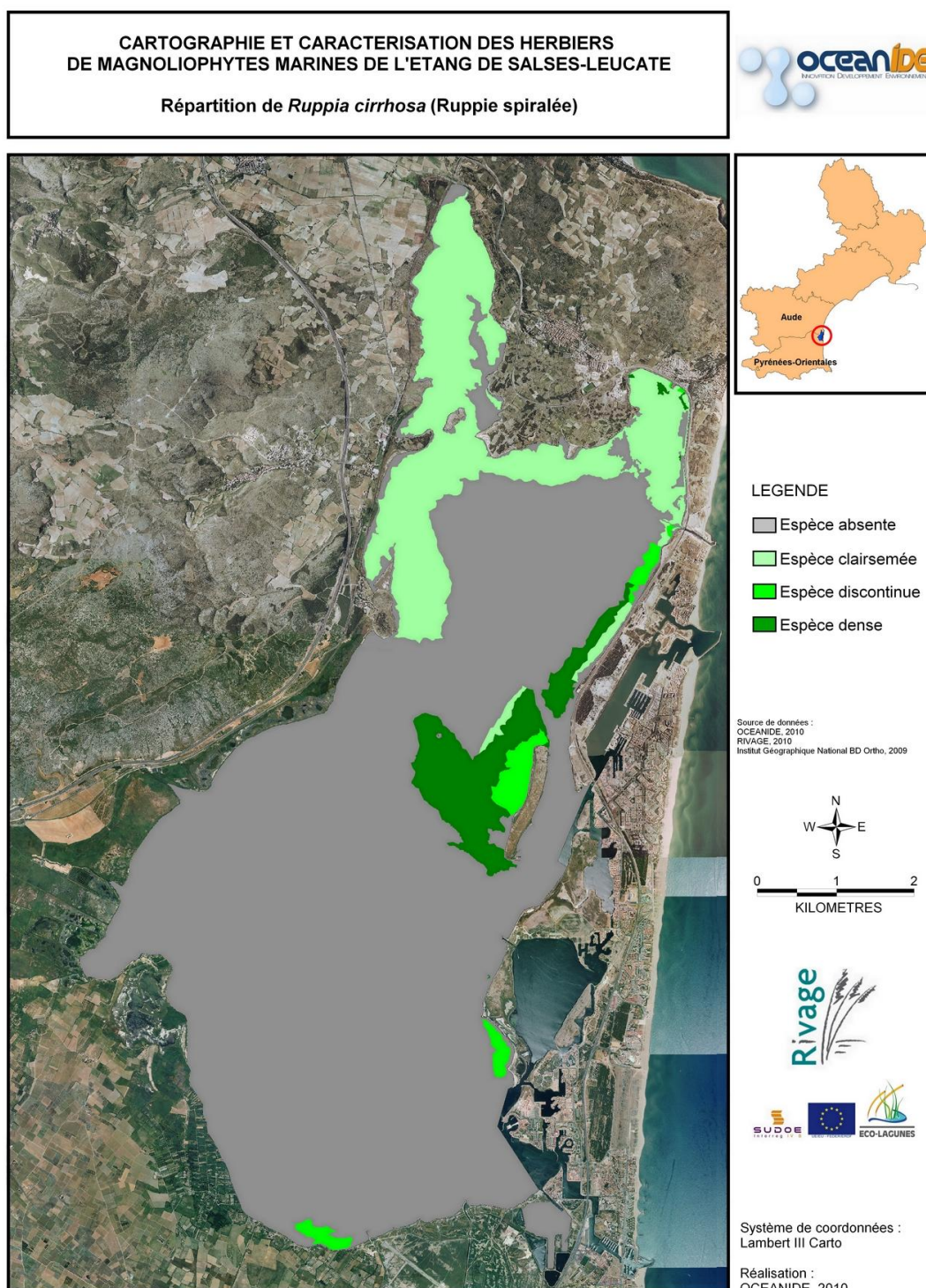


Figure 10 : Cartographie de *Ruppia cirrhosa* dans l'étang de Salses-Leucate.

2.2.5 Cartographie des associations d'espèces de Magnoliophytes marines

Cette carte permet d'apprécier la répartition des espèces de Magnoliophytes ainsi que leurs associations en herbier mixte. L'association la plus fréquente est celle entre *Zostera noltii* et *Zostera marina*. L'association entre *Zostera noltii* et *Ruppia cirrhosa* est surtout rencontrée dans les anses du Paurel et de Leucate. L'association entre les trois espèces simultanément n'est pas rare et elle s'observe surtout dans le bassin de Leucate et sur le seuil central. A l'inverse, les herbiers monospécifiques sont rares. Enfin, l'association entre *Zostera marina* et *Ruppia cirrhosa* n'a pas été observée (Figure 11).

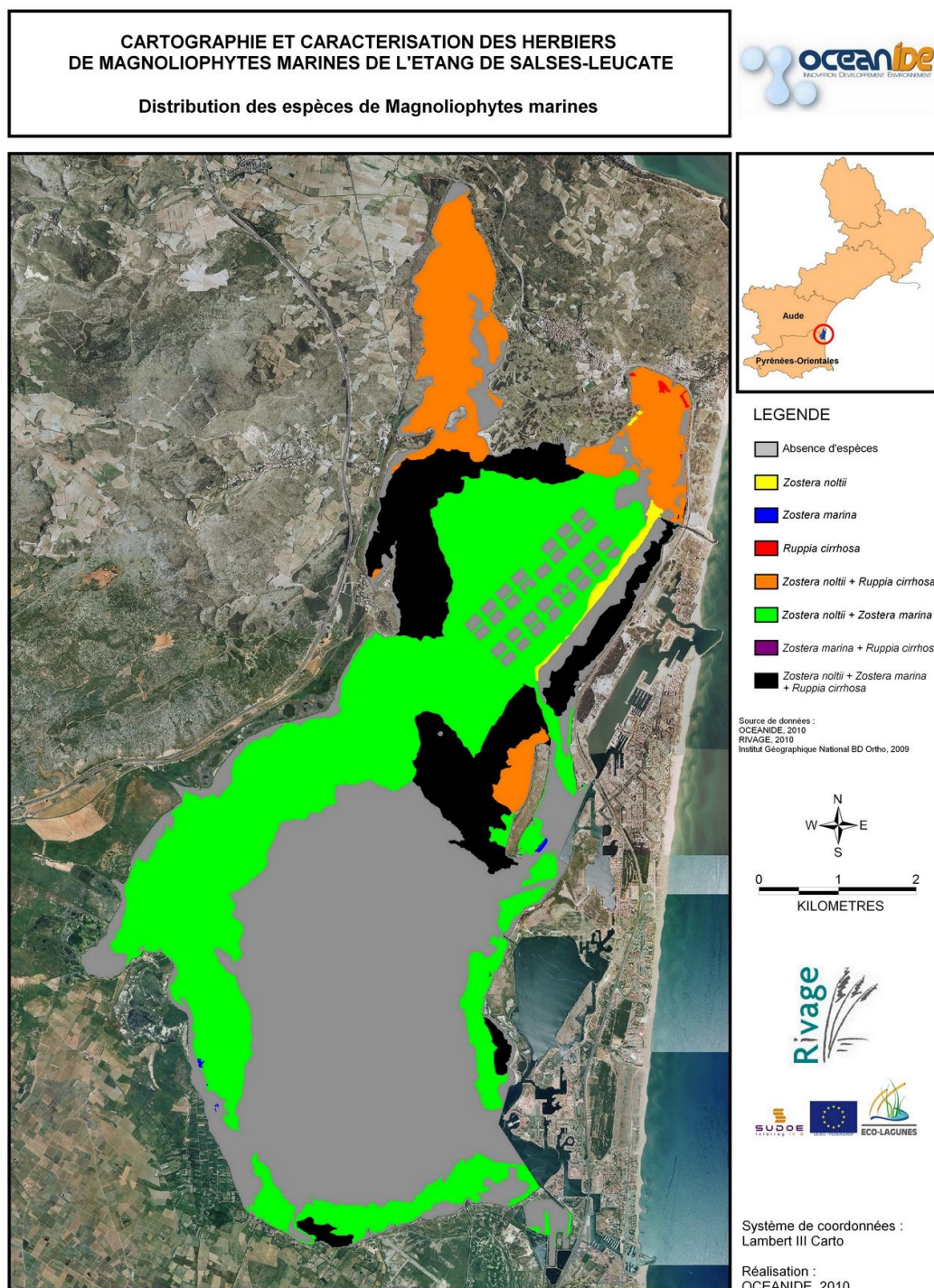


Figure 11 : Cartographie de la distribution et des associations des espèces de Magnoliophytes marines.

2.2.6 Cartographie des zones non colonisées par l'herbier

Cette carte permet de définir quelles sont les caractéristiques des zones où l'herbier est absent. Les résultats obtenus montrent que les zones non colonisées par les herbiers sont souvent colonisées par d'autres macrophytes. Sur les zones peu profondes, il s'agit en général :

- D'espèces opportunistes (*Ulva* spp., *Chaetomorpha* spp.) sur la partie Ouest de l'étang (Figure 14) ;



Figure 12 : Couvert algal de *Chaetomorpha* spp.

- De végétation morte (accumulation de débris végétaux) sur la partie Est (Figure 12) ;



Figure 13 : Accumulation de végétation.

- Et plus rarement de substrat nu (sable, gravier, galets ou vase.) (Figure 13).



Figure 14 : Substrat nu sableux.

Dans les zones profondes, au-delà de la limite inférieure des herbiers, *Halopitys incurva* est l'espèce dominante dans le bassin de Salses, tandis que *Valonia aegagropila* est l'espèce la plus fréquente dans les zones non colonisées du bassin de Leucate (Figure 15).

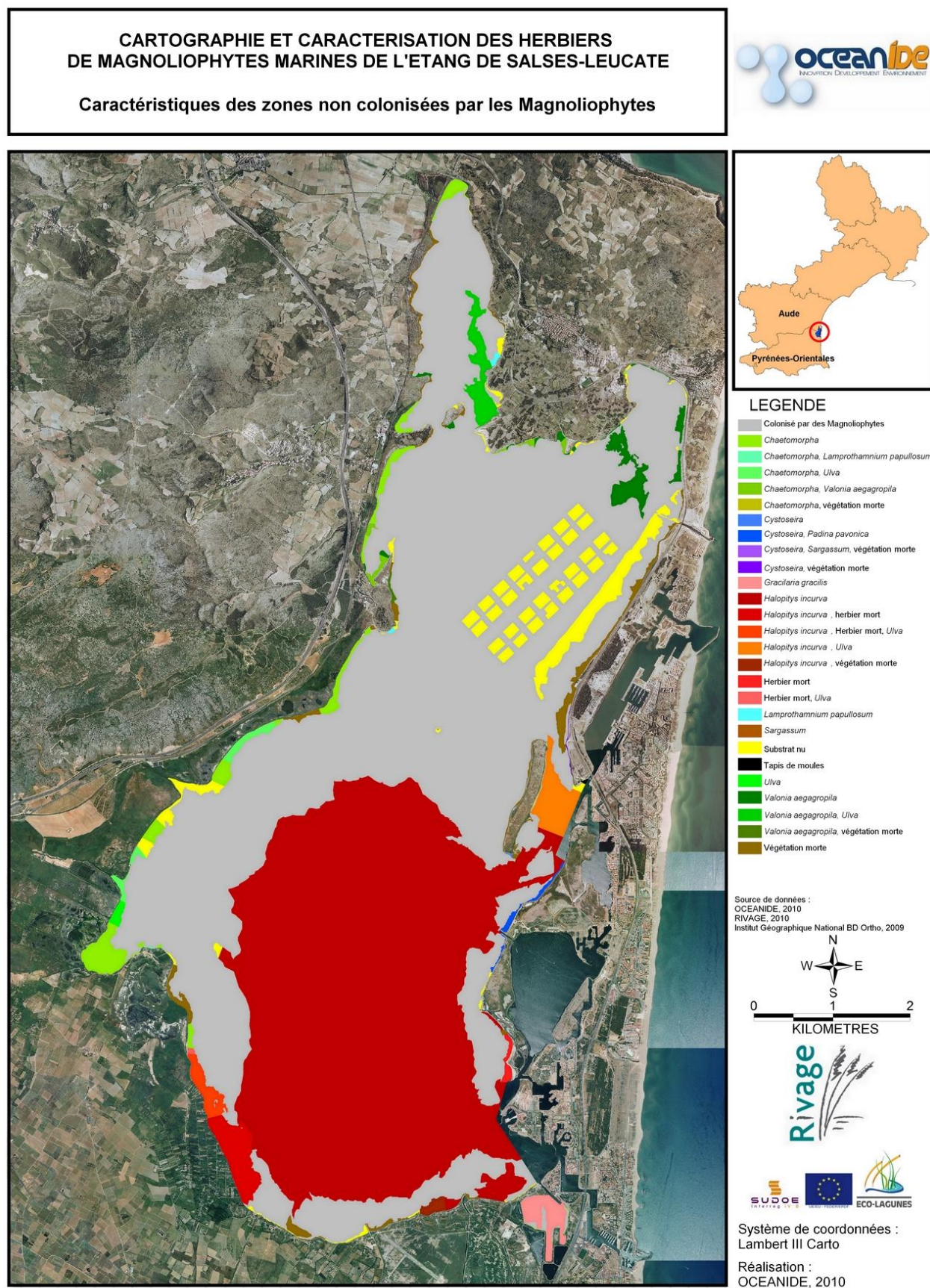


Figure 15 : Cartographie et caractérisation des zones non colonisées par les Magnoliophytes dans l'étang de Salses-Leucate.

2.2.7 Surface colonisée par l'herbier

Les résultats montrent que les herbiers recouvrent plus de la moitié de la superficie de l'étang de Salses-Leucate (Tableau 3), dont la majeure partie est constituée d'herbier dense (Tableau 4). Le reste est constitué de substrat nu ou d'un couvert algal avec diverses espèces de macrophytes.

Tableau 3: Surfaces colonisées et non colonisées par l'herbier dans l'étang de Salses-Leucate.

	Superficie (km ²)	Proportion (%)
Etang de Salses-Leucate	48,84	100
Colonisé par l'herbier	26,78	54,83
Substrat nu ou algal	22,06	45,17

Tableau 4 : Proportions de classes d'herbier dans l'étang de Salses-Leucate.

	Superficie (km ²)	Proportion (%)
Herbier dense	16,23	60,6
Herbier discontinu	6,57	24,53
Herbier clairsemé	3,98	14,86

Zostera noltii est présente dans la quasi-totalité des herbiers de Magnoliophytes marines de l'étang de Salses-Leucate (Tableau 5). Près de la moitié des herbiers de *Zostera noltii* sont de classe discontinue. *Zostera marina* occupe aussi une surface importante, cependant la majorité des herbiers de cette espèce sont clairsemés. Enfin, *Ruppia cirrhosa* recouvre une superficie plus réduite comparée aux deux autres espèces. De plus, la majorité des herbiers de *Ruppia cirrhosa* sont de classe clairsemée.

Les zones non colonisées par les Magnoliophytes, sont en majorité recouvertes par *Halopitys incurva*, qui recouvre à elle seule 81 % des zones non colonisées par les Magnoliophytes. Excepté ces zones à *H. incurva*, les autres zones sont nues ou colonisées par les algues opportunistes (*Ulva* spp. et *Chaetomorpha* spp.) et dans une moindre mesure par *Valonia aegagropila*.

Tableau 5 : Surface occupée et proportion de chaque espèce et de chaque classe de recouvrement.

	Superficie (km ²)	Proportion par rapport à la surface colonisée par l'espèce (%)	Proportion par rapport à la surface colonisée par l'herbier (%)
<i>Zostera noltii</i>	26,73		99,81
Clairsemé	6,25	23,38	23,34
Discontinu	13,08	48,93	48,84
Dense	7,4	27,54	27,63
<i>Ruppia cirrhosa</i>	9,83		36,67
Clairsemé	6,75	68,67	25,21
Discontinu	0,78	7,93	2,91
Dense	2,29	23,3	8,55
<i>Zostera marina</i>	22,10		82,53
Clairsemé	15,72	71,13	58,7
Discontinu	6,37	28,82	23,79
Dense	0,01	0,04	0,04
Substrat nu ou algal	22,06		
<i>Halopitys incurva</i>	17,86	81	
<i>Valonia aegagropila</i>	0,79	3,58	
Algues opportunistes	1,79	8,11	
Substrat nu	1,69	7,66	
Autres	0,26	1,18	

2.2.8 Caractéristiques des limites des herbiers

La limite supérieure

La limite supérieure des herbiers dans l'étang de Salses-Leucate, se situe généralement assez près du rivage dans une profondeur moyenne de 60 cm (Tableau 6).

Tableau 6 : Caractéristiques de la limite supérieure des herbiers.

	Bassin de Leucate (cm)	Bassin de Salses (cm)				Etang de Salses-Leucate (cm)
		Bassin total	St-Hippolyte	Salses	Bassin total – (St-Hippolyte + Salses)	
Limite supérieure (Moyenne)	40	70	150	80	40	60
Ecart type	28	48	34	33	30	44

Dans le bassin de Salses, la limite supérieure est globalement plus profonde que dans le bassin de Leucate. Les observations sur le terrain montrent que la zone située entre la Foun del Port et le Sud des Sanyes del Devès (Commune de Saint Hippolyte) est colonisée par un herbier très dégradé et mort dans sa partie supérieure. Dans cette zone, la limite supérieure actuelle des herbiers se situe donc au-delà de cette zone morte, dans des profondeurs d'environ 1,5 m.

Entre la Roquette et Port Fitou (Commune de Salses), la zone peu profonde du rivage est souvent colonisée par des macrophytes opportunistes (*Chaetomorpha* spp., *Ulva* spp.) qui ont parfois un comportement proliférant. Dans cette zone, la limite supérieure est souvent plus profonde que la moyenne, à environ 80 cm.

Excepté ces deux zones dégradées, la profondeur moyenne de la limite supérieure du bassin de Salses est d'environ 40 cm, soit une profondeur moyenne semblable à celle du bassin de Leucate.

La limite inférieure

La profondeur moyenne de la limite inférieure du bassin de Salses est d'environ 2,1 m (Tableau 7). L'écart type important signifie que la profondeur de la limite inférieure varie beaucoup sur les points GPS.

Tableau 7 : Caractéristiques de la limite inférieure des herbiers.

	Bassin de Leucate (cm)	Bassin de Salses (cm)			Etang de Salses-Leucate (cm)
		Bassin total	Etang de l'Angle	Bassin total – Etang de l'Angle	
Limite inférieure (Moyenne)	√	210	100	240	√
Ecart type	√	72	24	58	√

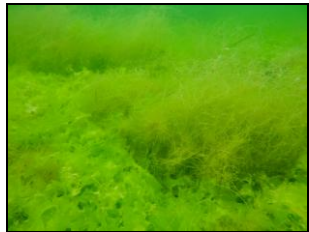
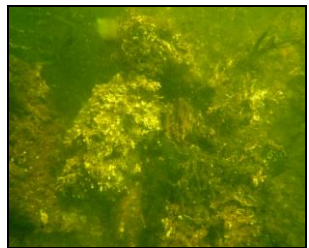
Lors des prospections sur le terrain, une zone s'est démarquée par rapport au reste de l'étang. L'étang de l'Angle, situé dans le bassin de Salses, est colonisé par un herbier très dégradé, avec une limite inférieure située à peine à 1 m environ. Excepté cette zone, la profondeur moyenne de la limite inférieure du bassin de Salses atteint environ 2,4 m et un écart type moindre.

Dans le bassin de Leucate, les zones les plus profondes qui se trouvent à plus de 3 m, sont toujours colonisées par les herbiers, y compris dans la zone des parcs conchylicoles. La limite inférieure est de ce fait, inexistante dans ce bassin. Les Magnoliophytes marines se développent donc plus profondément dans le bassin de Leucate que dans le bassin de Salses.

2.2.9 Eléments importants observés

Lors de la cartographie, les éléments les plus importants sont au nombre de six (Tableau 8).

Tableau 8 : Eléments importants rencontrés sur le terrain.

Eléments importants	Illustration
<i>Halopitys incurva</i> est une Rhodophyte présente en quantités importantes dans le bassin de Salses. Elle présente dans certains secteurs (Coudalère en particulier) un comportement proliférant (accumulations excessives, recouvrement des Magnoliophytes, zones de putréfaction, etc.). Cette espèce est constamment présente, mêlée aux herbiers ou en tapis continu dans tout le bassin de Salses.	
Entre le Sud des Sanyes del Devès et la Foun del Port (commune de Saint Hippolyte), toute la partie supérieure des herbiers est morte. Les feuilles mortes (surtout constituées de <i>Zostera marina</i>) encore fixées à leurs rhizomes laissent présumer un évènement récent.	
La zone peu profonde à l'Ouest du bassin de Salses est caractérisée par sa présence massive d'algues opportunistes (<i>Ulva</i> spp., <i>Chaetomorpha</i> spp.), qui sont des espèces indicatrices d'un excès en éléments nutritifs dans le milieu. Dans certains secteurs, ces algues ont un comportement proliférant (accumulations excessives, recouvrement des Magnoliophytes, etc.).	
L'étang de l'Angle est caractérisé par la présence de <i>Ficopomatus enigmatus</i> (Fauvel, 1923). Cette espèce est indicatrice d'un milieu excessivement enrichi en matière organique et en éléments nutritifs. Dans cette même zone, des algues opportunistes (<i>Chaetomorpha</i> spp.) sont également rencontrées en grandes quantités ; elles sont aussi des espèces indicatrices d'un milieu enrichi en excès.	
A proximité des trois graus de l'étang, des peuplements de <i>Pinna nobilis</i> ont été observées, parfois en forte densité. C'est une espèce protégée emblématique de la faune de Méditerranée. Par conséquent, elle mérite d'être signalée en tant qu'élément important.	
<i>Valonia aegagropila</i> est une Chlorophyte présente en grandes quantités dans le bassin de Leucate. Cette espèce se rencontre souvent mêlée aux brins de Magnoliophytes marines, en taches formant des mosaïques, ou plus rarement, en tapis continu. Son comportement est parfois proliférant (accumulations excessives, étouffement des herbiers, etc.), par conséquent <i>Valonia aegagropila</i> est signalée en tant qu'élément important.	

2.3 Discussion

2.3.1 Cartographie des herbiers de Magnoliophytes marines

Aujourd'hui, dans l'étang de Salses-Leucate, les herbiers semblent se développer plus profondément qu'en 2000 où ils ne s'étendaient pas au-delà de 1,5 m (Laugier, 2000). Cette première constatation peut être le signe d'une hausse de la vitalité des herbiers. De plus, la présence d'herbier clairsemé dans la partie profonde du bassin de Leucate, à plus de 3 m de profondeur, confirme cette hypothèse (Figure 16).

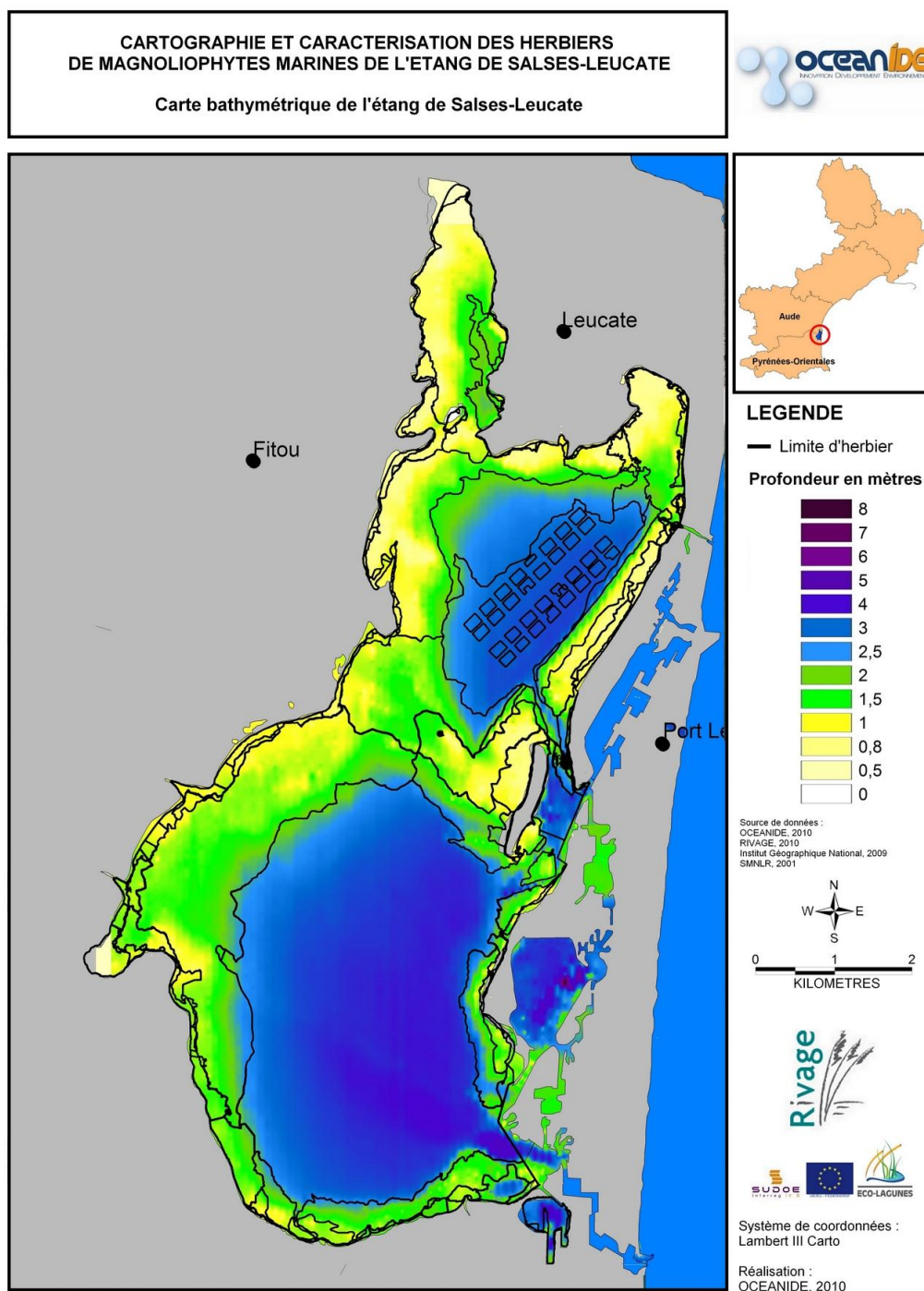


Figure 16 : Emplacement des limites d'herbier par rapport à la bathymétrie de l'étang de Salses-Leucate.

Les résultats actuels sur la répartition des herbiers de Magnoliophytes montrent qu'ils sont surtout de classe « dense » (recouvrement du substrat supérieure à 75 %). Généralement, la présence d'herbier de ce type signifie que le milieu dans lequel il se développe est en bonne santé. En effet, plus un herbier est dense (feuilles et rhizomes), plus son rôle écologique évoqué précédemment est remarquable. Dans une zone à herbier dense, la qualité écologique du milieu est par conséquent considérablement augmentée (Hily, 2006).

Les résultats actuels montrent que dans l'étang de Salses-Leucate, trois espèces de Magnoliophytes sont présentes. Il s'agit de *Zostera noltii*, *Zostera marina* et *Ruppia cirrhosa*, qui sont des espèces caractéristiques des eaux saumâtres (Verhoeven, 1979 ; Davison et Hughes, 1998). Cependant, *Zostera noltii* est l'espèce dominante de la lagune. Cette espèce est considérée comme pionnière et a une préférence pour les milieux à fortes contraintes hydrodynamiques et pauvres en matière organique. Au contraire, *Zostera marina* préfère les milieux plus stables (Laugier *et al.*, 1999), abrités et riches en matière organique. Ces éléments peuvent signifier que les herbiers de l'étang de Salses-Leucate ne bénéficient pas de conditions hydrodynamiques suffisamment calmes, et que le milieu n'est pas assez riche en matière organique pour voir s'y développer *Zostera marina* en quantités importantes. Les seules zones de l'étang où *Zostera marina* est totalement absente, sont les anses de Leucate et du Paurel. Pour l'Anse de Leucate, une hypothèse avait été émise sur cette absence (Fabre, 2010). La présence d'une eau constamment saumâtre pourrait freiner le développement de *Zostera marina* (Davison et Hughes, 1998). L'eau douce, nécessaire pour constituer cette eau saumâtre, peut arriver par des émergences sous-lagunaires (Laugier, 2000). Ces émergences sont parfois révélées par la présence de deux couches d'eau de turbidité différentes. En effet, deux eaux à salinités différentes, et donc de densité différentes, ont du mal à se mélanger s'il n'y a pas assez de turbulences (Aminot et Kerouel, 2004). Ce phénomène a été observé dans l'anse de Leucate (Fabre, 2010), mais aussi dans l'anse du Paurel lors de la présente étude. L'absence de *Zostera marina* dans les anses du Paurel et de Leucate peut donc être due aux conditions physicochimiques défavorables qui y règnent.

La carte sur la répartition de *Ruppia cirrhosa* montre qu'elle se développe en grandes quantités sur une dizaine de zones parfois localisées. Toutes ces zones ont une particularité commune. Elles correspondent à des remontées, des hauts fonds, des bancs de sables, c'est-à-dire des zones éloignées du rivage et où la profondeur y est faible. Dans les autres zones où *Ruppia cirrhosa* est présente, ces particularités sont absentes, mais l'espèce n'y est pas présente en quantités aussi importantes. Il est donc possible que les zones peu profondes, telles que les hauts fonds et les bancs de sable, favorisent le développement d'herbiers denses de *Ruppia cirrhosa*. Cependant, la relative faiblesse des connaissances scientifiques sur cette espèce ne permet pas de tirer des conclusions probantes.

2.3.2 Comparaison avec la cartographie ancienne des herbiers de Magnoliophytes marines

Suite à la crise dystrophique de 1980 (Boutiere *et al.*, 1982), les vastes herbiers qui colonisaient l'étang en 1975 (Figure 17) ont fortement régressé. Ils n'étaient plus présents en grandes quantités qu'à l'Ouest de la lagune (Figure 17). La comparaison entre la carte la plus ancienne (1975) et celle d'aujourd'hui, montre que les herbiers ont une forme totalement différente. Les éléments de comparaison les plus remarquables sont les suivants :

- Signes de régression :
 - En 1975, les herbiers s'étendaient dans la zone profonde du bassin de Salses et ne présentaient pas une forme de « ceinture » autour des bassins. Aujourd'hui, la partie profonde du bassin de Salses est dépourvue d'herbier ;
 - Les parties Sud et Sud-Est du bassin de Salses semblent aujourd'hui moins colonisées qu'en 1975.
- Signes de progression :
 - Les parties Est du bassin de Leucate et du seuil central semblent aujourd'hui plus colonisées qu'en 1975 ;
 - Les anses du Paurel et de Leucate semblent plus colonisées qu'en 1975 ;
 - La partie profonde du bassin de Leucate aujourd'hui colonisée par un herbier clairsemé, n'était pas colonisée par les Magnoliophytes en 1975.

Ces différences montrent que par rapport à 1975, les herbiers semblent avoir perdu en vitalité dans le bassin de Salses et gagné en vitalité dans le bassin de Leucate.

La comparaison avec la carte de 1980 (Figure 17) montre une forme globale des herbiers qui s'apparente plus à la carte actuelle. Les éléments de comparaison les plus remarquables sont les suivants :

- Signes de régression :
 - Dans la totalité de l'étang de Salses-Leucate, il n'y a pas de signe de régression significatif entre la carte de 1980 et la carte actuelle.
- Signes de progression :
 - Les herbiers dans les parties Est et Sud-Est du bassin de Salses semblent avoir progressé par rapport à 1980 ;
 - La zone du seuil central semble également plus colonisée qu'en 1980 ;
 - Dans le bassin de Leucate, les herbiers sont globalement identiques, excepté sur la partie Est, où aujourd'hui, ils semblent être présents en plus grandes quantités ;
 - La partie profonde du bassin de Leucate était partiellement colonisée par un herbier clairsemé, mais aujourd'hui, cet herbier clairsemé colonise totalement cette même partie profonde.

Cette analyse comparative montre que par rapport à 1980, les herbiers ont progressé, surtout dans le bassin de Salses.

Ces grandes variations de répartitions des herbiers de Magnoliophytes, entre 1975 et 1980 s'expliquent par les effets destructeurs de la crise dystrophique de 1980 (Boutiere *et al.*, 1982). Entre les cartes de 1975, 1980 et la carte actuelle, de grandes différences de répartition peuvent également s'observer. Ces variations peuvent s'expliquer par la grande dynamique des herbiers de Zostères (Hily, 2006) et leur fort potentiel de recolonisation (Plus *et al.*, 2003). Cependant, cette différence est plus visible sur la carte de 1975 que sur celle de 1980. En effet, entre la carte actuelle et celle de 1980, la forme globale des herbiers est sensiblement la même, bien qu'il ait légèrement progressé sur certaines zones. Il se peut donc que depuis 1980, les herbiers aient gardé les traces de la crise dystrophique de 1980, même si l'essentiel des zones semblent en cours de recolonisation.

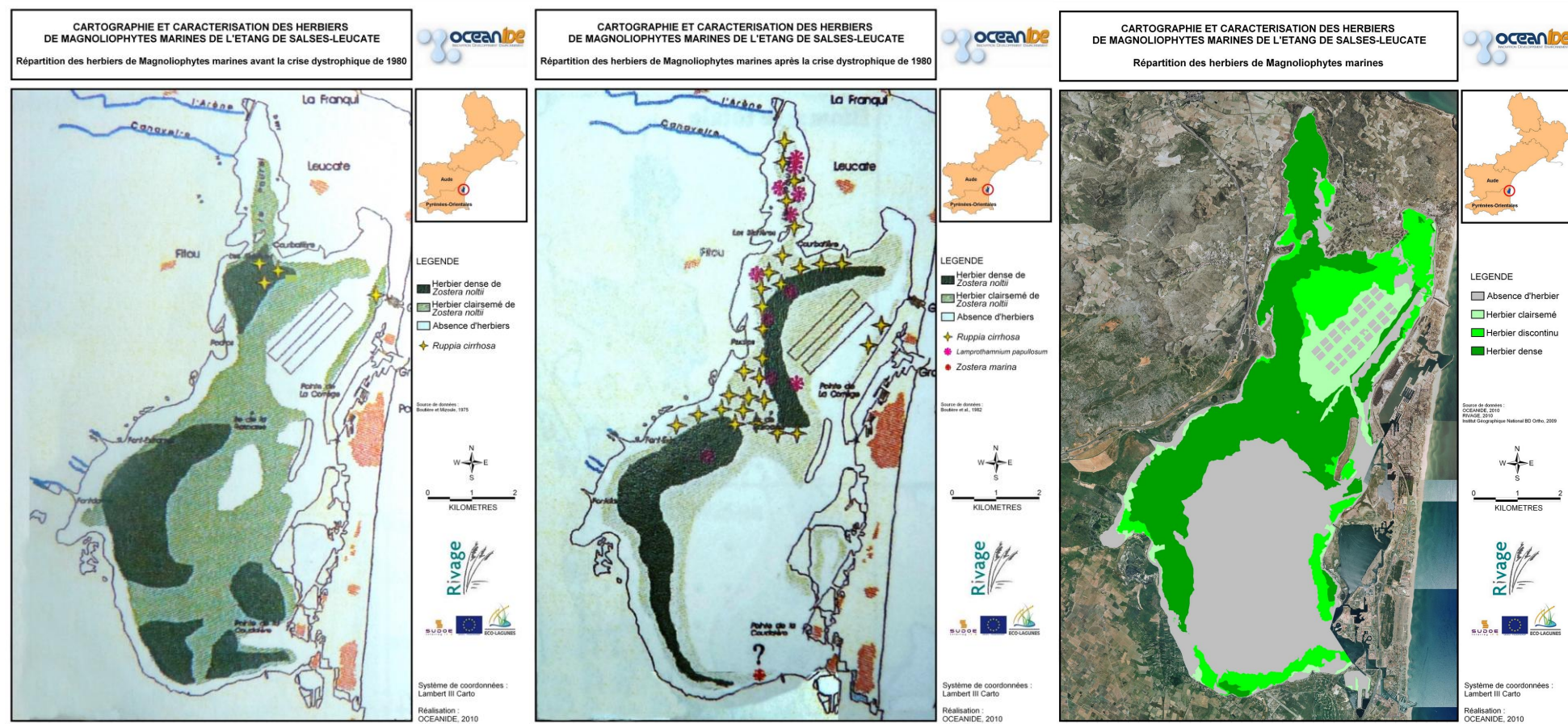


Figure 17 : Comparaison entre des cartographies anciennes des herbiers de l'étang de Salses-Leucate de 1975 (d'après Boutiere et Mizoule, 1975), 1980 (d'après Boutiere et al., 1982) et la carte obtenue en 2010 lors cette étude.

2.3.3 Comparaison avec la cartographie du Réseau de Suivi Lagunaire

La comparaison entre la carte de *Zostera marina* du RSL et la carte actuelle de *Zostera marina* (Figure 18), montre que la répartition globale de cette espèce n'a pas beaucoup changé en une année, excepté dans le bassin de Salses :

- Signes de régression :
 - La surface colonisée par *Zostera marina* semble avoir diminué dans la zone profonde du bassin de Salses.
- Signes de progression :
 - La partie Sud du bassin de Salses qui n'était apparemment pas colonisée par *Z. marina* en 2009, est aujourd'hui colonisée par un herbier clairsemé.

Ces différences montrent que par rapport à 2009, les herbiers de *Zostera marina* ont surtout régressé dans la zone centrale du bassin de Salses, mais ils ont progressé au Sud du bassin de Salses.

La comparaison entre la carte de *Zostera noltii* du RSL et la carte actuelle de *Zostera noltii* (Figure 18), montre que la répartition globale de cette espèce n'a pas beaucoup changé, excepté dans le bassin de Salses :

- Signes de régression :
 - La surface colonisée par *Zostera noltii* semble avoir diminué dans la zone profonde du bassin de Salses.
- Signes de progression :
 - La partie Sud du bassin de Salses qui n'était pas colonisée par *Z. noltii* en 2009, est aujourd'hui colonisée par un herbier discontinu.

Cette analyse comparative montre que les zones ayant le plus évolué entre 2009 et 2010 sont la zone centrale du bassin de Salses, où l'herbier a régressé et le Sud du bassin de Salses, où l'herbier a progressé.

Cependant, l'absence de cartographie de *Ruppia cirrhosa* en 2009, une espèce de Magnoliophytes pourtant bien présente dans la lagune, ne permet pas de préciser les conclusions sur cette comparaison.

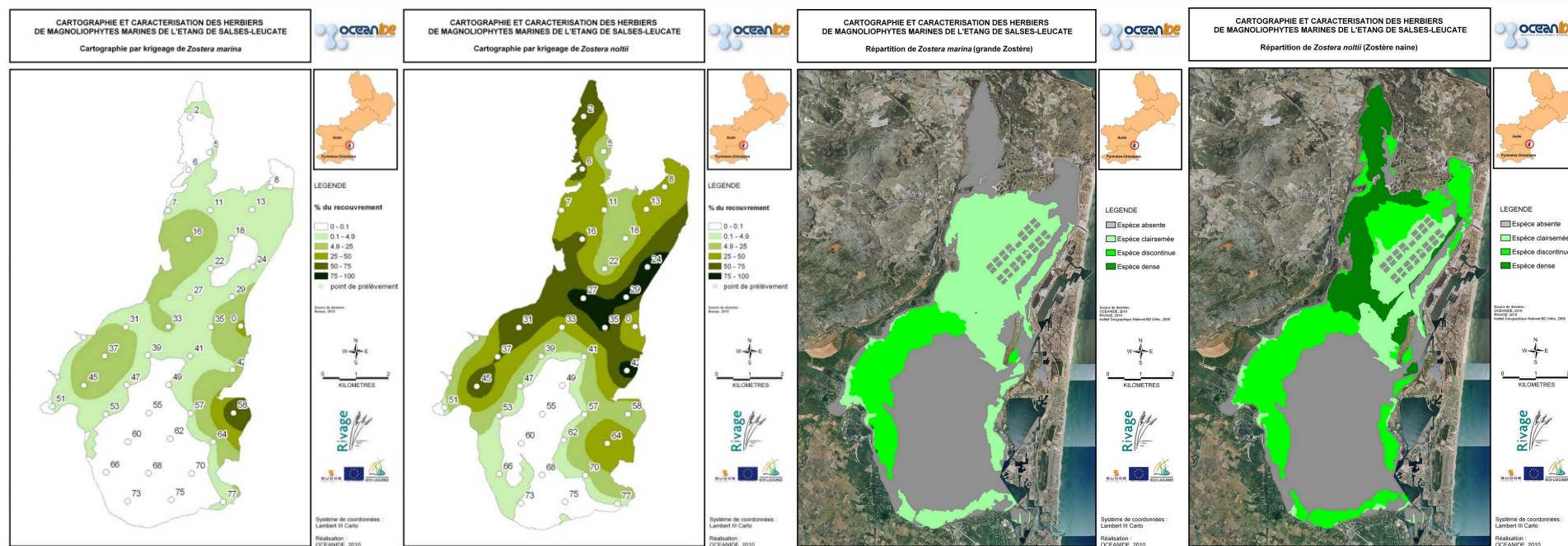


Figure 18 : Comparaison entre la cartographie par krigeage de *Zostera marina*, de *Zostera noltii* de 2009 (d'après Ifremer, 2010), et les cartes de *Zostera marina* et de *Zostera noltii* obtenues en 2010 lors de cette étude.

2.3.4 Comparaison avec la cartographie ZADA

La comparaison entre les cartes ZADA et la carte actuelle montre que la forme des herbiers est semblable, excepté sur quelques zones. Les éléments comparatifs les plus remarquables, par rapport à la carte ZADA des chasseurs sous-marins (Figure 19) sont les suivants :

- Signes de régression :
 - L'herbier de la partie Sud du bassin de Salses semble montrer des signes de régression.
- Signes de progression :
 - La zone profonde du bassin de Leucate, décrite comme dépourvue d'herbier est aujourd'hui colonisée par un herbier clairsemé ;
 - La partie Est du bassin de Leucate semble aujourd'hui plus colonisée que sur la carte ZADA ;
 - L'essentiel des herbiers décrits comme « discontinus » dans la carte ZADA sont aujourd'hui essentiellement de classe « dense ».

Cette analyse comparative montre que globalement, les herbiers de l'étang de Salses-Leucate ont progressé, excepté dans le Sud du bassin de Salses, où ils ont fortement régressé.

Les éléments de comparaison les plus remarquables, par rapport à la carte ZADA du pêcheur professionnel de la Prud'homie de Saint-Laurent-de-la-Salanque (Figure 19) sont les suivants :

- Signes de régression :
 - L'herbier de la partie Sud du bassin de Salses semble montrer des signes de régression ;
 - La zone centrale du bassin de Salses signalée comme colonisée par un herbier clairsemé n'est aujourd'hui pas colonisée par les herbiers.
- Signes de progression :
 - La zone profonde du bassin de Leucate signalée comme dépourvue d'herbiers est aujourd'hui colonisée par un herbier clairsemé ;
 - La partie Est du bassin de Leucate est aujourd'hui colonisée alors que la carte ZADA ne signale pas d'herbier ;
 - L'essentiel des herbiers décrits comme « discontinus » dans la carte ZADA sont aujourd'hui essentiellement de classe « dense ».

Cette analyse comparative montre que les herbiers ont globalement progressé, excepté dans le Sud et au centre du bassin de Salses.

La comparaison avec les cartes ZADA montre une progression générale des herbiers (passage de la classe « discontinu » à la classe « dense »). Cette progression est la plus remarquable dans le bassin de Leucate. A l'inverse, dans le Sud et le centre du bassin de Salses, les herbiers semblent avoir régressé. Cette régression pourrait être due à la prolifération d'*Halopitys incurva*, qui s'est installée progressivement depuis quelques années (Laugier, 2000 ; Ifremer, 2005c ; Ifremer, 2010). Aujourd'hui, cette macrophyte recouvre toute la partie profonde du bassin de Salses en un tapis épais et homogène et est constamment observée mêlée aux herbiers. Il est donc possible qu'il y ait un effet compétiteur empêchant le développement des herbiers dans toute cette zone.

Enfin, dans la partie Sud du bassin de Salses, les herbiers morts observés lors de la cartographie pourraient signifier un événement récent, survenu après l'observation des acteurs. En effet, les cartes ZADA ne montrent pas de signe de dégradation des herbiers au Sud du bassin de Salses.

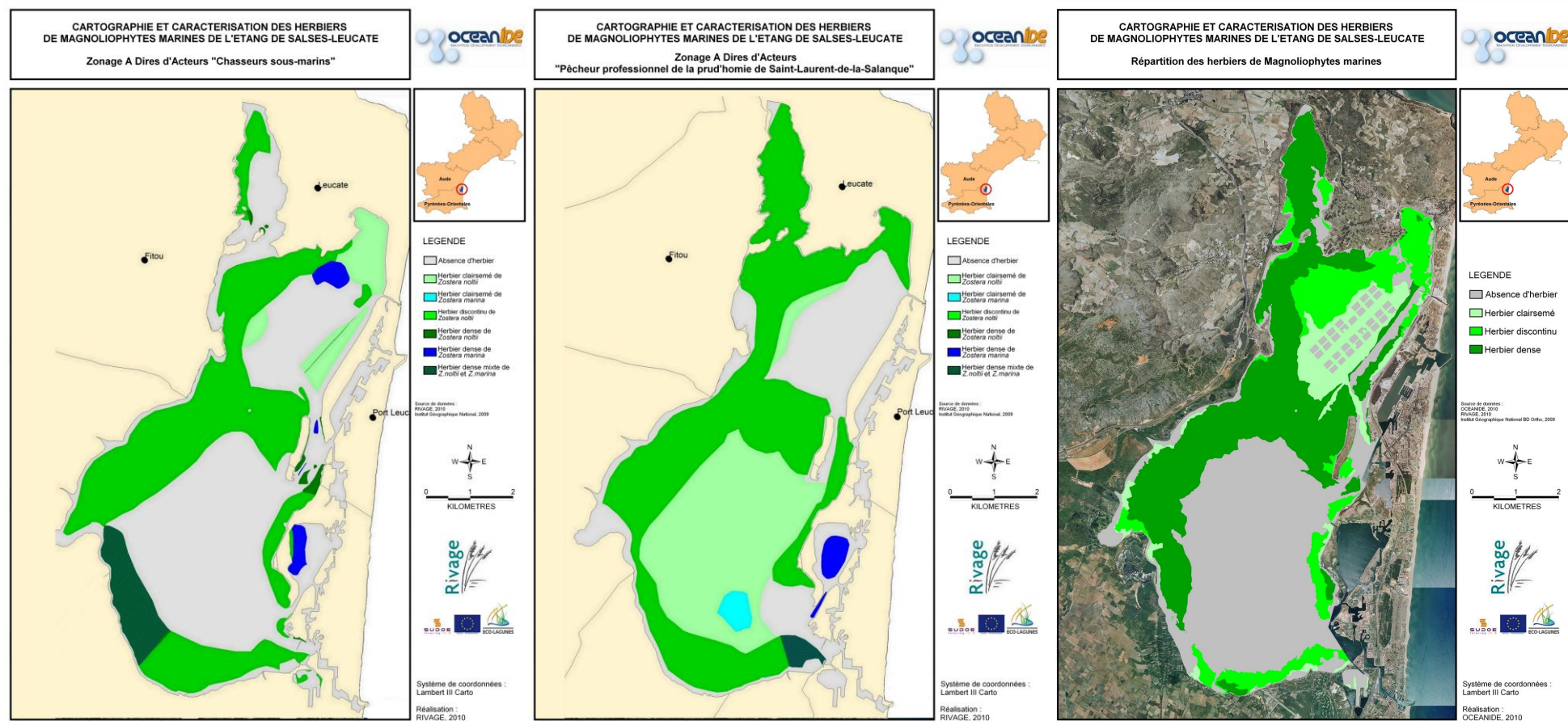


Figure 19 : Comparaison entre des cartographies ZADA des herbiers de l'étang de Salses-Leucate (d'après Fabre, 2010) et les résultats obtenus en 2010 lors de cette étude.

Les comparaisons avec les cartes anciennes, montrent dans l'ensemble, une progression des herbiers dans le bassin de Leucate et une régression dans le Sud et le centre du bassin de Salses. Ces comparaisons montrent également que les herbiers peuvent voir leur répartition varier de façon assez conséquente. En effet, les espèces constituant les herbiers de l'étang de Salses-Leucate, en particulier *Zostera noltii* et *Zostera marina* sont très dynamiques (Hily, 2006), elles peuvent disparaître rapidement d'une zone à la suite d'une mortalité, mais aussi recoloniser en quelques mois une zone complètement nue, grâce à leur potentiel de recolonisation élevé (Plus *et al.*, 2003).

2.3.5 Eléments importants

La mortalité d'herbiers dans la zone de Saint Hippolyte

La zone entre la Foun del Port et le Sud des Sanyes del Devès est concernée par une mortalité d'herbier. Une mortalité totale sur une zone peut être la conséquence de plusieurs événements. Une crise anoxique peut priver les organismes d'oxygène, y compris les plantes aquatiques et ainsi provoquer leur mort (Plus *et al.*, 2003). En milieu lagunaire, les crises anoxiques les plus fréquemment observées sont les malaïgues. Elles sont la conséquence d'une consommation trop importante de l'oxygène dissous, souvent à cause de la température élevée (accélération des métabolismes) (Ifremer, 2010). La turbidité anormale constatée lors du passage sur cette zone peut être le signe d'une malaïgue. En effet, lors des crises anoxiques, la turbidité est importante à cause de la prolifération de bactéries et d'organismes planctoniques (Ifremer, 2010). Enfin, comme tout être vivant, les Magnoliophytes sont sensibles à la contamination des eaux et des sédiments par des molécules inorganiques (métaux) et organiques (hydrocarbures, pesticides). La contamination chimique est souvent évoquée pour expliquer la disparition des herbiers dans les zones côtières (Anonyme, 2010). La présence de certains biocides dans l'eau, et donc d'une pollution locale pourrait aussi être responsable de cette mortalité.

Si l'évènement est ponctuel ou accidentel, le fort potentiel de recolonisation (reproduction sexuée) des Zostères (Plus *et al.*, 2003) permet souvent de reconstituer un herbier dense en quelques mois. En revanche, si l'évènement se reproduit, la capacité de recolonisation des Zostères diminue fortement. Si cet évènement se reproduit dans le futur, la cause doit donc être identifiée et éliminée ou réduite.

La prolifération d'*Halopitys incurva*

La Rhodophyte, *Halopitys incurva* colonise actuellement la totalité de la zone centrale du bassin de Salses (Figure 20). Elle a tendance à s'installer depuis quelques années (Laugier, 2000 ; Ifremer, 2005c ; Ifremer, 2010). Elle se présente comme un tapis épais et homogène pouvant avoir un comportement compétitif avec d'autres macrophytes.



Figure 20 : Fond recouvert d'*Halopitys incurva* dans le centre du bassin de Salses.

Cette espèce est caractéristique des milieux lagunaires à caractère marin très prononcé, où elle peut se développer à plus de 3 m de profondeur. L'association à *Halopitys incurva* est sensible aux variations de salinité, d'oxygénation des eaux, aux apports de polluants et de matériaux fins. Elle exige une bonne circulation entre la lagune et la mer ouverte et ne supporte pas la fermeture des graus (Bellant-Santini *et al.*, 2007). La prolifération actuelle pourrait être due à un relargage de nutriments accumulés dans les sédiments. Cette prolifération pourrait également être la résultante de la sécheresse des années précédentes (Lauret, comm. pers.). La diminution de l'apport en éléments nutritifs pourrait donc être une solution pour voir diminuer la population de cette espèce sur le long terme.

Les biomasses importantes présentes dans l'étang de Salses-Leucate pourraient, en outre permettre de valoriser cette espèce. En effet, *Halopitys incurva* contient un composé chimique susceptible d'être utilisé comme alternative naturelle aux antibiotiques vendus actuellement sur le marché. *Halopitys incurva* a en plus, la particularité d'avoir un réel potentiel avec de bons rendements (Bouhlal *et al.*, 2010).

La présence de *Valonia aegagropila*

Le comportement proliférant et compétiteur de *Valonia aegagropila* a été signalé pour la première fois en 1980 (Gadel *et al.*, 1984). Il existe malheureusement peu de connaissances scientifiques sur l'écophysiologie de *Valonia aegagropila*. Elle semble apprécier les milieux plutôt oligotrophes. Dans la partie de l'étang où elle se développe, il paraît certain que les Magnoliophytes et *Valonia aegagropila* sont en compétition directe pour l'occupation de ces secteurs (Cesmat, 2006). La production de biomasse annuelle de cette algue dépend des apports nutritifs hivernaux liés à la pluviométrie sur cette période. L'algue reconstitue d'importants stocks d'azote et de phosphore au cours de l'hiver qui serviront à une augmentation de biomasse le printemps suivant. Cependant, aujourd'hui, le risque de voir cette espèce s'étendre au-delà de son aire de répartition, l'Ouest et le Nord du bassin de Leucate, est relativement faible (Cesmat, 2006).

La prolifération d'algues opportunistes

La zone entre l'anse de la Roquette et le Nord des Sanyes d'Opoul est concernée par une prolifération d'algues opportunistes. Ces algues (*Ulva* spp., *Chaetomorpha* spp., etc.) se développent quand l'eau de la lagune est riche en éléments nutritifs (nitrates et phosphate) (Laugier, 2000). Lorsque ces algues prolifèrent de façon excessive, elles limitent le développement des herbiers et une compétition pour la lumière, l'espace et les éléments nutritifs s'instaure alors entre les Magnoliophytes et ces algues opportunistes (Denet, 2010). Il est donc possible de soupçonner un enrichissement en nitrates et phosphates trop important dans la zone concernée. La source de ces éléments nutritifs devrait être localisée et réduite afin de voir une éventuelle diminution de la quantité d'algues opportunistes et ainsi, une hausse de la vitalité de l'herbier.

La présence de *Ficopomatus enigmatus* dans l'étang de l'Angle

Le ver marin tubicole *Ficopomatus enigmatus* ou « cascaïl » s'installe dans les zones où l'eau est chargée en matière organique. En milieu lagunaire, cette espèce est indicatrice d'un milieu très riche en éléments nutritifs et en matière organique. De plus, elle contribue au comblement des lagunes. Les zones lagunaires où le cascaïl prolifère sont généralement en mauvais état écologique (Ifremer, 2010). L'étang de l'Angle recevrait donc une trop grande quantité d'éléments nutritifs et de matière organique. Cet apport devrait être diminué ou stoppé afin de voir une augmentation de la vitalité de l'herbier.

La présence de *Pinna nobilis* près des trois graus de l'étang de Salses-Leucate

L'espèce protégée, *Pinna nobilis* n'a jamais été signalée dans le passé dans l'étang de Salses-Leucate. La bibliographie n'indique pas qu'elle est présente dans les autres lagunes du Languedoc-Roussillon. En revanche, *Pinna nobilis* se développe dans d'autres lagunes comme l'étang de Diana en Corse (De Gaulejac *et al.*, 2005), la lagune de Bizerte en Tunisie (Lotfi *et al.*, 2008) ou encore la lagune de Mar Menor en Espagne (Da Cruz, 2003). L'étang de Salses-Leucate serait donc la seule lagune du littoral de France continentale à offrir des conditions favorables au bon développement de cette espèce emblématique de Méditerranée.

3 Définition des zones à enjeux

3.1 Méthodologie

Les objectifs sont d'établir un classement des différents habitats et des espèces importantes rencontrées, et de réaliser une expertise fine des éléments constitutifs du site. Les habitats et les espèces identifiés présentent des caractéristiques qui leur sont propres, compte tenu des conditions qui les entourent (Dalias, 2004). Ces habitats sont aussi soumis à des agressions (Augier et Boudouresque, 1970). Il est donc possible de hiérarchiser et d'évaluer un degré de vulnérabilité sur chaque zone en analysant :

- D'une part, de la sensibilité intrinsèque de l'habitat au vu des conditions de milieu qui régissent leur structure et leur fonctionnement (Velimirov, 1984) ;
- D'autre part, des risques ou des facteurs d'altération en tant que formes d'agressions agissant sur les habitats (Augier et Boudouresque, 1970).

Sur chaque zone, il est proposé des moyens à mettre en œuvre pour maintenir ou rétablir un état de conservation favorable.

La démarche consiste à renseigner les champs de sensibilité et de risque au moyen de descripteurs pertinents adaptés à la thématique « herbiers de Magnoliophytes marines » et au contexte local.

3.1.1 Sensibilité des herbiers dans la zone

La sélection des critères de sensibilité a été menée sur la base du travail de cartographie. Cette sélection a été faite en fonction du niveau de vitalité des herbiers, des autres habitats rencontrés dans la lagune, ainsi que de la présence d'espèces protégées. Les critères de sensibilité sont :

- Herbier dans un bon état de conservation : observation d'herbier particulièrement dense, avec un aspect continu sans taches de substrat nu ou algal sur une surface importante ;
- Herbier dense : présence d'herbier dense avec moins de 25 % de zones sans herbier (mosaïque avec de rares taches de substrat nu ou algal) ;
- Herbier discontinu : présence d'un herbier légèrement dégradé avec 25 à 75 % de zones sans herbier (mosaïque de taches d'herbier et de taches de substrat nu ou algal) ;
- Herbier clairsemé : observation de brins épars, ou d'herbier dégradé qui a du mal à se développer lui donnant un aspect morcelé, avec plus de 75 % de zones de substrat nu ou algal ;
- Substrat nu ou algal : observation de zones non colonisées par l'herbier et recouvertes de substrat nu ou de macrophytes autres que les Magnoliophytes. Les zones de substrat nu ou algal observées dans un herbier en mosaïque sont prises en compte.
- Présence de *Pinna nobilis* : la seule espèce marine protégée observée dans les herbiers de l'étang de Salses-Leucate.

3.1.2 Risques et facteurs d'altération dans la zone

La sélection des critères de risque est faite sur la base des travaux de cartographie. Tout élément semblant limiter ou stopper le développement des herbiers, ou toute espèce entrant en compétition avec les herbiers, est classé comme facteur d'altération des herbiers de Magnoliophytes. Ces critères peuvent être d'origine anthropique ou naturelle :

- Aménagement littoral : observation d'ouvrages ou d'aménagements (digues, chenaux dragués, balisages, bétonnage, enrochements, etc.) et ayant pour effet visible, une diminution de l'aire de répartition des herbiers ;
- Activités anthropiques : niveaux de fréquentation de la zone et en périphérie de la zone (littoral). Plus ce niveau est élevé, plus le risque de dégradation des herbiers est important (navigation, tourisme, sports aquatiques, camping, cabanisation, pêche, etc.) ;
- Compétition avec d'autres macrophytes : observation d'une ou plusieurs espèces ayant un effet compétiteur avec les Magnoliophytes (*Halopitys incurva*, *Valonia aegagropila*, etc.) ;
- Mortalité d'herbier : observation de zones où l'herbier n'est plus vivant, ou observation de restes d'herbiers (rhizomes) laissant supposer une mortalité plus ancienne ;
- Espèces indicatrices d'un milieu trop enrichi : observation d'espèces végétales opportunistes (*Ulva* spp., *Chaetomorpha* spp.) indicatrices d'un apport excessif d'éléments nutritifs souvent d'origine anthropique ou observation d'espèces animales (*Ficopomatus enigmatus*) indicatrices d'un apport excessif d'éléments nutritifs et de matière organique.

3.1.3 Evaluation de chaque zone

Les travaux menés sur le terrain pour la cartographie permettent de découper l'étang en plusieurs zones possédant un degré de vulnérabilité différent.

L'évaluation de cette vulnérabilité s'opère selon trois niveaux de valeurs par critère :

- Pour la sensibilité : faible (1), bonne (2) et élevée (3) ;
- Pour le risque : faible (1), moyen (2), et élevé (3).

Le rapport sensibilité / risque obtenu pour chaque secteur définit une situation donnée, pouvant osciller entre deux extrêmes :

- Situation la moins préoccupante (vulnérabilité minimale) pour les zones à faible sensibilité et exposées à des risques faibles ;
- Situation la plus préoccupante (vulnérabilité maximale) pour les zones à sensibilité élevée et exposées à des risques élevés.

Toutes les situations intermédiaires peuvent être rencontrées, selon les divers gradients de sensibilité et de risque.

3.2 Résultats

3.2.1 Découpage spatial des zones à enjeux

Un découpage de l'étang en zones à enjeux a été opéré (Figure 21). Dans une même zone à enjeux, les critères de sensibilité et de risques sont semblables. Sur la base du croisement des critères, 15 zones à enjeux ont été identifiées :

- L'anse du Paurel (1) ;
- Port-Fitou – Anse de Leucate (2) ;
- Parcs à huitres (3) ;
- Corrège – Grau des ostréiculteurs (4) ;
- Corrège Nord (5) ;
- Corrège Sud (6) ;
- Dosses (7) ;
- Coudalère (8) ;
- Etang de l'Angle (9) ;
- Terrain militaire (10) ;
- Saint Hippolyte (11) ;
- Sanyes del Devès (12) ;
- Anse de la Roquette – Sanyes d'Opoul (13) ;
- Centre du bassin de Salses (14) ;
- Seuil central (15) (Figure 21).

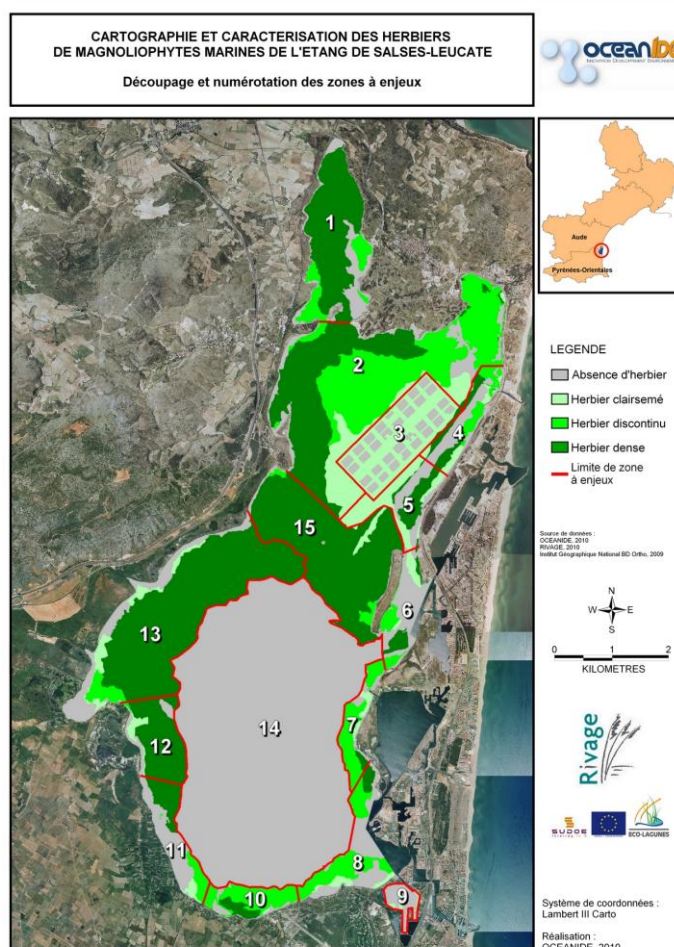


Figure 21 : Répartition des zones à enjeux.

3.2.2 Analyse des critères de sensibilité et de risque sur chaque zone à enjeux

Les informations acquises lors de la phase de cartographie des herbiers sont résumées sur chaque zone afin de l'exprimer en termes de sensibilité et de risque. Cette évaluation permet de mettre en relation les caractéristiques actuelles des herbiers présents dans chaque zone à enjeux. La résultante est obtenue par sommation des valeurs respectives atteintes dans chaque zone. Les valeurs résultantes sont à leur tour classées selon trois niveaux afin de donner à chaque zone à enjeux un degré de sensibilité et un degré de risque.

Evaluation de la sensibilité sur chaque zone à enjeux

Les zones 1, 4, 6, 8, et 15 présentent une sensibilité élevée. Sur les zones 1 et 15, elle est due à l'état de conservation des herbiers particulièrement bon. Pour les zones 4, 6 et 8, elle est due à la grande diversité des habitats et à la présence de l'espèce protégée *Pinna nobilis*.

Les zones 2, 3, 5, 7, 10, 12 et 13 abritent des herbiers plus altérés, bien qu'ils soient parfois denses. Les habitats de ces zones sont également moins diversifiés. De ce fait, ces zones possèdent une sensibilité qualifiée de « bonne » au regard des zones à enjeux précédentes.

Les zones 9, 11 et 14 présentent une sensibilité faible, à cause d'une faible diversité des habitats et / ou de la faible occupation par les herbiers. Les zones 9 et 11 abritent des herbiers très altérés et dégradés. La zone 14 est la seule à être totalement dépourvue d'herbier (Tableau 9).

Tableau 9 : Sensibilité de chaque zone à enjeux.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Herbier dans un bon état de conservation	2	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3
Herbier dense	3	2	0	2	1	1	1	1	0	1	1	3	3	0	3
Herbier discontinu	2	2	0	2	0	1	3	2	0	3	1	0	1	0	1
Herbier dégradé (ou clairsemé)	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Herbier en zone profonde	0	1	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Présence de <i>Pinna nobilis</i>	0	0	1	3	1	3	1	3	0	0	0	0	0	0	1
Substrat nu ou algal	2	2	3	3	2	3	2	3	3	2	2	2	2	3	1
Total	10	9	8	13	9	10	8	10	4	8	5	6	7	3	10
Sensibilité	3	2	2	3	2	3	2	3	1	2	1	2	2	1	3

Evaluation du risque pour chaque zone à enjeux

Les zones 6 et 8 sont les plus aménagées et les plus fréquentées de la lagune. De plus, elles abritent également de grandes quantités d'*Halopitys incurva*, espèce pouvant limiter le développement des herbiers. Ces deux zones présentent un niveau de risque maximal. La zone 9 est également très aménagée et artificialisée (bassin artificiel). En outre, elle abrite des espèces indicatrices d'un milieu excessivement enrichi (*Chaetomorpha* spp. et *Ficopomatus enigmatus*). La zone 11, qui présente une importante mortalité d'herbier, fait augmenter son niveau de risque. De plus, elle abrite des espèces d'algues opportunistes, indicatrices d'un enrichissement excessif et *Halopitys incurva*, qui peut limiter le développement des herbiers en profondeur.

Les zones 1, 2, 3, 4, 5, 10, 13 et 14, présentent des risques modérés. Il s'agit généralement de zones modérément ou peu aménagées et/ou fréquentées. En revanche, la compétition avec d'autres espèces peut y être importante, c'est notamment le cas de la zone 2 avec *Valonia aegagropila* et de la zone 14 avec *Halopitys incurva*. Enfin, la zone 3 est un cas particulier. En effet, bien que très aménagée et fréquentée (exploitation ostréicole), la compétition avec d'autres espèces et l'enrichissement du milieu y semblent relativement faibles, ce qui fait diminuer le niveau de risque.

Sur les zones 7, 12 et 15, les effets de dégradation d'herbier ont paru relativement peu nombreux. Les espèces compétitrices (*Valonia aegagropila* et *Halopitys incurva*) sont présentes en faibles quantités et montrent aucun signe de prolifération ou de compétition. De plus l'aménagement littoral et la fréquentation y sont faibles, voire absents (Tableau 10).

Tableau 10 : Risque de chaque zone à enjeux.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Aménagement littoral	1	1	3	2	2	3	1	3	3	2	3	1	1	1	0
Activités anthropiques	2	2	3	2	2	3	1	3	2	2	2	1	1	1	1
Compétition <i>Halopitys incurva</i> , <i>Valonia aegagropila</i>	1	3	1	1	1	3	2	3	3	2	3	2	2	3	2
Mortalité d'herbier	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0
Espèces indicatrices d'un milieu trop enrichi	2	1	1	1	1	2	0	1	3	1	2	1	3	1	0
Total	6	7	8	6	6	11	4	11	11	7	13	5	7	6	3
Risque	2	2	2	2	2	3	1	3	3	2	3	1	2	2	1

3.2.3 Zones à enjeux et caractérisation des Magnoliophytes

Le classement des zones à enjeux selon leur niveau de sensibilité et de risque, permet de définir plusieurs groupes de zones ayant des degrés de vulnérabilité semblables (Tableau 11). Ce classement permet d'obtenir cinq classes. Dans chacune d'elle, une ou plusieurs zones à enjeux pourront être désignées pour la caractérisation des Magnoliophytes marines.

Tableau 11 : Synthèse de la sensibilité et du risque pour chaque zone à enjeux.

Localisation zone	Sensibilité	Risque	Commentaires	Classes	Transect
15 - Seuil central	3	1	Secteur de sensibilité forte, exposé à des risques faibles (faible pression anthropique). L'herbier de ce secteur est en excellent état de conservation, il peut être défini comme herbier de référence. Ce type de situation laisse entrevoir des perspectives de maintien de la valeur biologique de l'habitat.	1	√
1 - Anse du Paurel	3	2	Secteur de sensibilité forte, exposé à des risques moyens (faible compétition avec les algues opportunistes et <i>Valonia aegagropila</i> , faible pression anthropique). L'herbier de ce secteur est en excellent état de conservation, il peut être défini comme herbier de référence. Ce type de situation laisse entrevoir des perspectives de maintien voire d'amélioration de la valeur biologique de l'habitat.	2	√
4 - Corrège – Grau des ostréiculteurs	3	2	Secteur de sensibilité forte (<i>Pinna nobilis</i>), exposé à des risques moyens (anthropisation). Un tel secteur se doit de pouvoir préserver ses richesses actuelles. Une gestion du site peut être mise en place dans le cadre d'une politique de développement durable.		
6 - Corrège Sud	3	3	Secteur de sensibilité forte (<i>Pinna nobilis</i>), exposé à des risques forts (anthropisation, algues opportunistes, <i>Halopitys incurva</i>). Les perspectives à envisager seraient de contenir voire de diminuer les effets de l'anthropisation, des algues opportunistes et d' <i>Halopitys incurva</i> . L'espèce protégée <i>Pinna nobilis</i> peut être suivie.		
8 - Coudalère	3	3	Secteur de sensibilité forte (<i>Pinna nobilis</i>) et exposé à des risques forts (anthropisation importante, <i>Halopitys incurva</i>). Les perspectives à envisager seraient de contenir voire de diminuer les effets de l'anthropisation, des algues opportunistes et d' <i>Halopitys incurva</i> . L'espèce protégée <i>Pinna nobilis</i> peut être suivie.		
7 - Dosses	2	1	Secteur de sensibilité bonne, exposé à des risques faibles (faible compétition avec <i>Halopitys incurva</i>). Dans ce secteur, les activités anthropiques sont faibles. La compétition entre les herbiers et <i>Halopitys incurva</i> peut être suivie.	3	√
12 - Sanyes del Deves	2	1	Secteur de sensibilité bonne et exposé à des risques faibles (faible compétition avec <i>Halopitys incurva</i>). Dans ce secteur, les activités anthropiques sont faibles. La compétition entre les herbiers et <i>Halopitys incurva</i> peut être suivie.		

Localisation zone	Sensibilité	Risque	Commentaires	Classes	Transect
2 - Port-Fitou / Anse de Leucate	2	2	Secteur de sensibilité bonne et exposé à des risques moyens (compétition avec <i>Valonia aegagropila</i>). Dans ce secteur, les activités anthropiques sont faibles. La compétition entre les herbiers et <i>Valonia aegagropila</i> peut être suivie.	4	
3 - Parcs à huîtres	2	2	Secteur de sensibilité bonne (présence d'herbier dans une zone profonde), exposé à des risques moyens (présence d'algues opportunistes, herbier dégradé). Une surveillance de l'herbier présent dans cette zone profonde peut être effectuée.		
5 - Corrége Nord	2	2	Secteur de sensibilité bonne et exposé à des risques moyens (anthropisation). Dans ce secteur, il n'y a pas de compétition avec d'autres macrophytes. Ce type de situation laisse entrevoir des perspectives de maintien voire d'amélioration de la valeur biologique de l'habitat.		
10 - Terrain militaire	2	2	Secteur de sensibilité bonne, exposé à des risques moyens (compétition avec <i>Halopitys incurva</i>). Dans ce secteur, les activités anthropiques sont faibles. La compétition entre les herbiers et <i>Halopitys incurva</i> peut être suivie.		√
13 - Anse de la Roquette, Sanyes d'Opoul	2	2	Secteur de sensibilité bonne soumis à des risques forts (prolifération d'algues opportunistes en limite supérieure et compétition avec <i>Halopitys incurva</i> en limite inférieure). Les perspectives à envisager seraient de contenir voire de diminuer les éléments responsables de cette prolifération.		√
14 - Centre du bassin de Salses	1	2	Secteur de sensibilité faible et exposé à un risque fort (prolifération d' <i>Halopitys incurva</i>). Les perspectives à envisager seraient de contenir voire de diminuer les éléments responsables de cette prolifération. De plus, le caractère dérivant d' <i>Halopitys incurva</i> expose toutes les zones périphériques à un risque de recouvrement des herbiers.	5	
9 - Etang de l'angle	1	3	Secteur de sensibilité faible, soumis à un risque fort (algues opportunistes, <i>Gracilaria gracilis</i> , <i>Ficopomatus enigmatus</i>). Ces espèces indiquent que le milieu est trop enrichi. Les perspectives à envisager seraient de contenir, voire de diminuer les effets et les impacts de cet enrichissement excessif.		
11 - Saint-Hippolyte	1	3	Secteur de sensibilité faible soumis à un risque fort (algues opportunistes, présence d'herbier mort, <i>Halopitys incurva</i> , aménagement littoral). Les perspectives à envisager seraient de contenir voire de diminuer les éléments responsables de l'état particulièrement dégradé de l'herbier dans cette zone.		√

3.3 Discussion

L'élément le plus important et préoccupant, est la prolifération d'*Halopitys incurva* dans le bassin de Salses. Un suivi de l'évolution d'*Halopitys incurva*, en tant qu'espèce à caractère proliférant devrait être envisagé. En effet, cette espèce pourrait sérieusement réduire le niveau de vitalité des herbiers dans tout le bassin de Salses. Des moyens de lutte et de valorisation, proposés précédemment, pourraient également être envisagés. Le suivi de l'évolution de cette espèce proliférante peut être effectué sur toutes les stations situées dans le bassin de Salses.

La zone de Saint-Hippolyte, siège d'une mortalité d'herbier devrait être surveillée dans le futur, pour vérifier une récurrence éventuelle de cet événement. Cette zone a la particularité d'être fortement cabanisée. Ainsi, il faudrait veiller à vérifier la présence d'éventuels rejets d'eaux usées mal traitées, ou l'emploi excessif de produits phytosanitaires pouvant se retrouver dans l'étang après infiltration dans le sol. Cette zone faisant partie du périmètre Natura 2000 « Complexe lagunaire de Salses-Leucate », il serait possible de passer un contrat Natura 2000 avec les propriétaires des cabanes, afin de les encourager à des modes de gestion respectueux de l'environnement.

Il faudrait également suivre l'évolution de la zone située entre la Roquette et Port-Fitou, où des espèces opportunistes sont installées (*Chaetomorpha* spp. et *Ulva* spp.). Si les sources de l'enrichissement excessif, probablement à l'origine de cette prolifération sont identifiées, il convient de les réduire ou de les stopper. La diminution de l'apport en éléments nutritifs et par conséquent, de la quantité d'algues opportunistes, peut permettre une hausse progressive du niveau de vitalité des herbiers et du milieu environnant.

Dans le bassin de Leucate, il faudrait suivre l'évolution de *Valonia aegagropila*, en tant qu'espèce ayant un comportement compétiteur avec les Magnoliophytes. Même si la conquête d'autres zones de la lagune par cette espèce semble peu probable (Cesmat, 2006), son suivi permettra néanmoins de surveiller une éventuelle évolution.

Enfin, les herbiers des zones du seuil central et du Paurel pourraient être suivis en tant qu'herbiers de référence ou écosystème de référence, vu leur état de conservation remarquable. Un écosystème de référence peut servir de modèle pour planifier un projet de restauration et plus tard pour l'évaluation de ce projet. Typiquement, la référence représente un point d'évolution avancé qui se situe quelque part le long de la trajectoire de restauration attendue (Aronsson, 2004).

4 Caractérisation des herbiers de Magnoliophytes marines

4.1 Méthodologie

4.1.1 Mise en place des transects permanents et des stations de caractérisation

La méthode de caractérisation des Magnoliophytes marines fait référence à celle utilisée pour les Zostères sur la côte Atlantique française (Ifremer, 2005a ; Ifremer, 2005b). Sur chaque zone à enjeux retenue pour la caractérisation des Magnoliophytes, un transect permanent est installé. Puis, sur chaque transect permanent, au moins trois stations de caractérisation sont installées. La caractérisation des Magnoliophytes est faite sur chaque station de caractérisation.

Mise en place du transect permanent

Le transect permanent est une ligne perpendiculaire à la bathymétrie de l'herbier. Il le traverse dans le sens de la largeur, de sa limite supérieure jusqu'à sa limite inférieure. Le choix de son emplacement est capital, il doit pouvoir donner une représentation des caractéristiques de la zone à enjeux et de l'herbier.

Pour retrouver le transect permanent à chaque campagne de caractérisation, une borne FENO est placée sur la limite supérieure et une autre sur la limite inférieure (Figure 22). Ces bornes sont géolocalisées par GPS, mais aussi repérables sous l'eau à l'aide d'une balise située au dessus de la borne. Les bornes FENO sont installées si le substrat est favorable (sableux, dur). En cas de substrat trop meuble, seuls les points GPS permettent de localiser les extrémités du transect permanent. Le transect permanent permet d'observer et de mesurer la progression ou la régression des limites de l'herbier au fil des campagnes de caractérisation des Magnoliophytes.

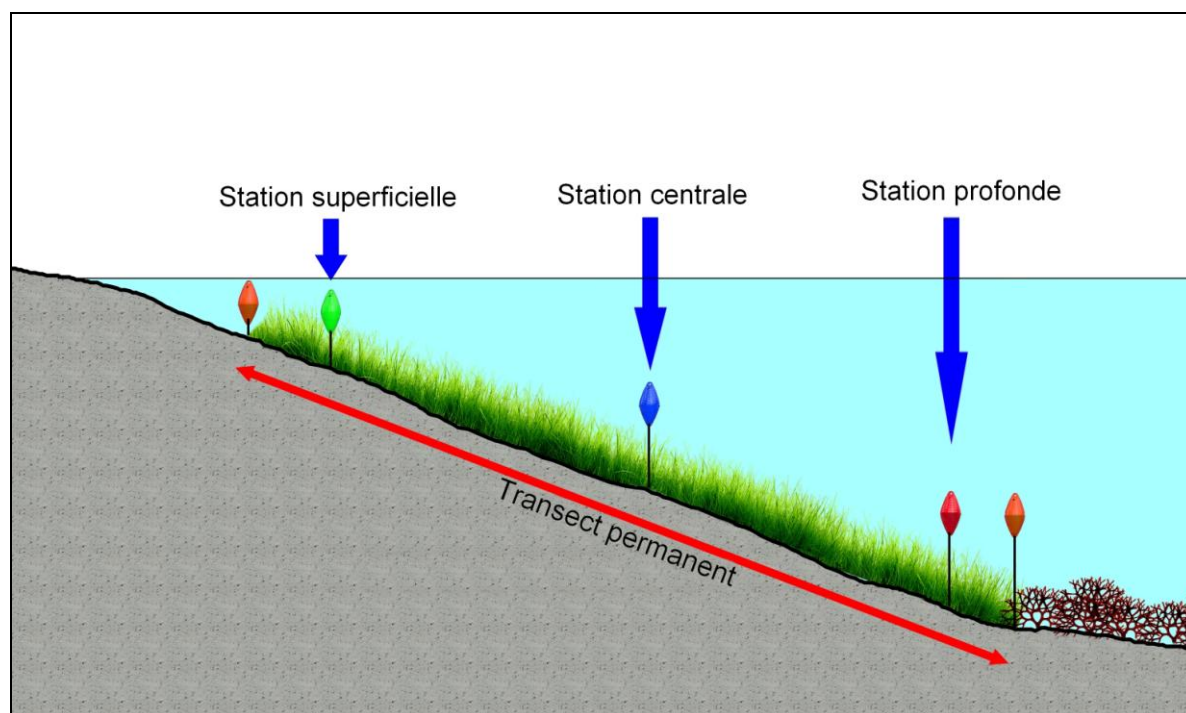


Figure 22 : Mise en place du transect permanent et des stations de caractérisation.

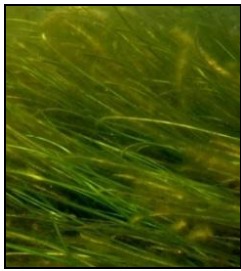
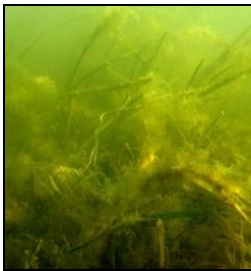
Mise en place des stations de caractérisation

Le long du transect permanent, au moins trois stations de caractérisation, géolocalisées et repérables sous l'eau sont placées. Elles sont installées dans des zones homogènes et suffisamment stables pour être suivies au cours du temps. De ce fait, les zones proches des limites supérieures et inférieures, souvent plus dégradées et instables que le restant de l'herbier doivent être évitées (Ifremer, 2005a ; Ifremer 2005b). Les stations proches des limites supérieures et inférieures sont donc éloignées d'environ 20 à 30 mètres afin de correspondre à des zones plus stables. Idéalement, une station est placée en zone superficielle, une au centre de l'herbier, et une troisième dans la partie profonde.

4.1.2 Caractérisation des herbiers

Lors de chaque campagne de caractérisation, l'évolution des limites supérieures et inférieures de l'herbier est mesurée. Des mesures sont ensuite effectuées sur chaque station de caractérisation. Dans un rayon de 5 m autour de chaque station, quatre quadrats de 0.1 m² (31,6 cm de côté) sont placés au hasard. Dans chaque quadrat, plusieurs paramètres sont mesurés (Tableau 12).

Tableau 12 : Mesures effectuées sur chaque station.

Paramètres mesurés			
Caractérisation des Magnoliophytes	– Taux de recouvrement, toutes espèces confondues (Estimation grâce à une photographie sous marine prise à la verticale du quadrat si possible) ; – Densité : comptage du nombre de faisceaux (par espèce) pour connaître la densité (faisceaux/m²) et la proportion de chaque espèce ; – Mesure de la hauteur moyenne de la canopée (par espèce). Remarque : Les 4 quadrats doivent présenter au total au moins 30 faisceaux pour assurer la validité statistique des résultats.		
Estimation visuelle du taux d'épiphytisme	Epiphytisme faible 	Epiphytisme moyen 	Epiphytisme fort 
Caractérisation de la végétation associée	Analyse des macrophytes associées à l'herbier. Mesures à effectuer dans le quadrat (Taux de recouvrement en %). Les espèces les plus importantes sont : Chlorophytes : <i>Valonia aegagropila</i> ; <i>Ulva</i> spp. ; <i>Chaetomorpha</i> spp. ; etc. Rhodophytes : <i>Halopitys incurva</i> ; <i>Gracilaria gracilis</i> ; etc.		
Caractérisation de la faune associée	Densité d'individus dans le rayon d'emprise des quadrats (5 m). Les espèces les plus importantes sont : <i>Ficopomatus enigmatus</i> ; Hippocampes ; Oursins ; <i>Pinna nobilis</i> ; etc.		
Paramètres environnementaux	– Substrat (roche ; galets/graviers ; sableux ; sablo-vaseux ; vaseux ; débris coquillés) – Teneurs en azote, phosphore et matière organique (Réseau de Suivi Lagunaire). – Paramètres climatiques : température, turbidité, pluviométrie, point sur les événements climatiques exceptionnels.		

4.2 Résultats

L'emplacement des transects permanents a été validé suite à une réunion et à une concertation avec le comité de pilotage. Sur chaque zone à enjeux retenue, un transect permanent est installé. Sur la zone à enjeux n°13, un transect secondaire a été dirigé dans l'axe de l'anse de la Roquette. Ce dernier permettra d'étudier l'évolution de la limite supérieure des herbiers la colonisant (Figure 23).

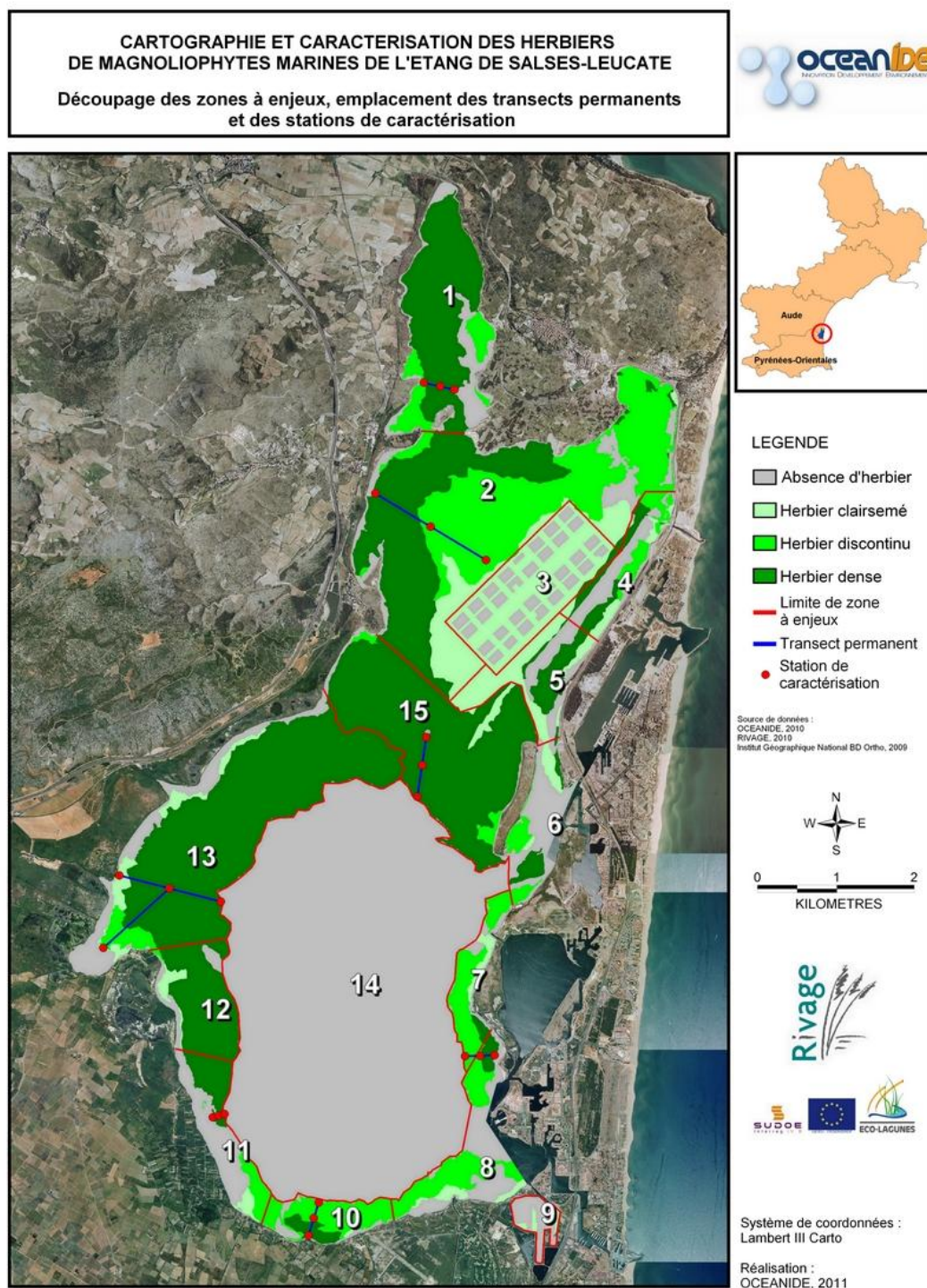


Figure 23 : Localisation des transects permanents et des stations de caractérisation.

4.2.1 Anse du Paurel

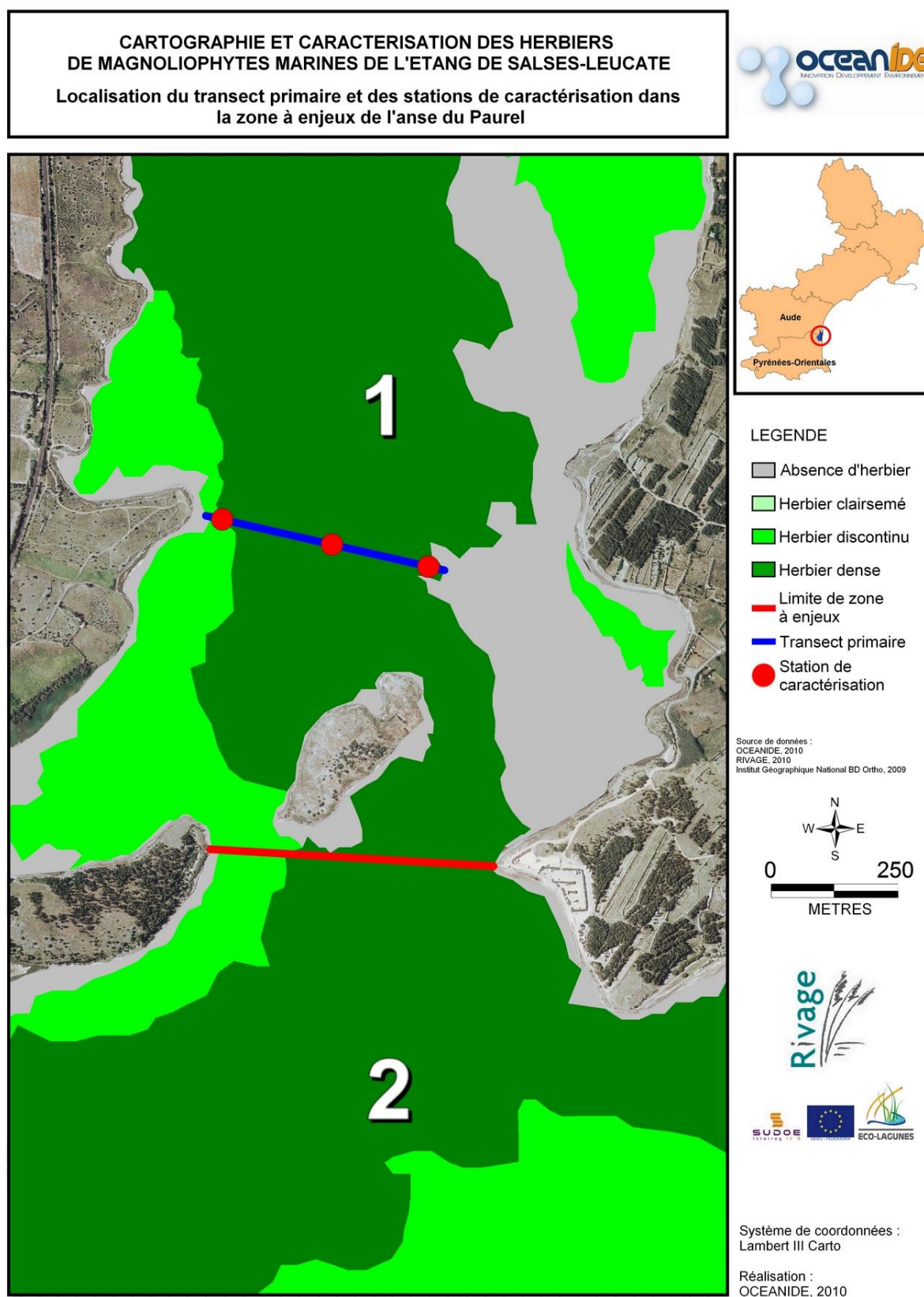


Figure 24 : Localisation du transect permanent et des stations de caractérisation de la zone à enjeux de l'Anse du Paurel.

Tableau 13 : Résultats de la caractérisation des Magnoliophytes de la zone à enjeux de l'Anse du Paurel.

N° Zone à enjeux : 1	Date : 02/05/2011											
	Station supérieure				Station centrale				Station profonde			
Profondeur (cm)	50				140				215			
N° de quadrat	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Taux de recouvrement (%)	5	90	80	95	85	90	80	95	90	90	90	40
Densité de <i>Z. noltii</i> (fsx / m²)	3120	2280	1840	3960	2650	2390	1830	358	1650	1950	1780	1620
Densité de <i>Z. marina</i> (fsx / m²)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Densité de <i>R. cirrhosa</i> (fsx / m²)	0	0	0	0	90	50	40	2	0	0	0	0
Densité herbier (fsx / m²)	3120	2280	1840	3960	2740	2440	1870	3600	1650	1950	1780	1620
Proportion <i>Z. noltii</i> (%)	100	100	100	100	96,7	98	98	99	100	100	100	100
Proportion <i>Z. marina</i> (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Proportion <i>R. cirrhosa</i> (%)	0	0	0	0	3,3	2	2	1	0	0	0	0
Hauteur canopée <i>Z. noltii</i> (cm)	20	20	15	22	18	17	16	26	34	29	36	14
Hauteur canopée <i>Z. marina</i> (cm)	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-
Hauteur canopée <i>R. cirrhosa</i> (cm)	-	-	-	-	55	38	36	20	-	-	-	-
Taux d'épiphytage	faible	faible	faible	faible	faible	faible	faible	faible	faible	faible	faible	faible
Type de substrat	vase	vase	vase	vase	vase	vase	vase	vase	vase	vase	vase	vase
Aspect de l'herbier lors de la caractérisation	Herbier dense : <i>Z. noltii</i> = dense				Herbier dense : <i>Z. noltii</i> = dense Très rares faisceaux de <i>Z. marina</i> , disséminés dans cette zone (trop espacés entre eux pour être qualifié d'herbier).				Herbier dense : <i>Z. noltii</i> = dense très rares faisceaux de <i>Z. marina</i> .			
Macrophytes associées (recouvrement%)	/				Q2 : <i>Chaetomorpha</i> = 15% Q3 : <i>Valonia aegagropila</i> = 5%				Q1 : <i>Ulva</i> = 15% Q2 : <i>Valonia aegagropila</i> = 3% Q4 : <i>Valonia aegagropila</i> = 25%			
Faune associée (nombre d'individus)	/				/				/			
Evolution de la limite supérieure (m)	Evolution positive de 10 mètres. Profondeur = 30 cm.											
Evolution de la limite inférieure (m)	Pas d'évolution apparente. Profondeur = 215 cm.											
Paramètres climatiques	Vent de Nord-Ouest fort. Turbidité importante.				Beau temps. Eau limpide.				Beau temps. Turbidité modérée.			
Remarques diverses	Zone d'emprise des quadrats présentant quelques traces de piétinement. (Q3 : trace de piétinement). Absence de <i>R.cirrhosa</i> . Au-delà de la limite supérieure : tapis de végétation morte constitué de feuilles mortes de Zostères et de <i>V.aegagropila</i> .				<i>V.aegagropila</i> associée aux Zostères et ne présentant pas de caractère proliférant. <i>Ruppia cirrhosa</i> absente (faisceaux vieux et « secs »).				Q4 : Faible recouvrement mais densité élevée. Explication : faisceaux denses, mais feuilles courtes et peu nombreuses. Au-delà de la limite inférieure, présence de <i>Valonia aegagropila</i> (70%) et <i>Ulva</i> (30%).			

4.2.2 Port-Fitou à l'anse de Leucate

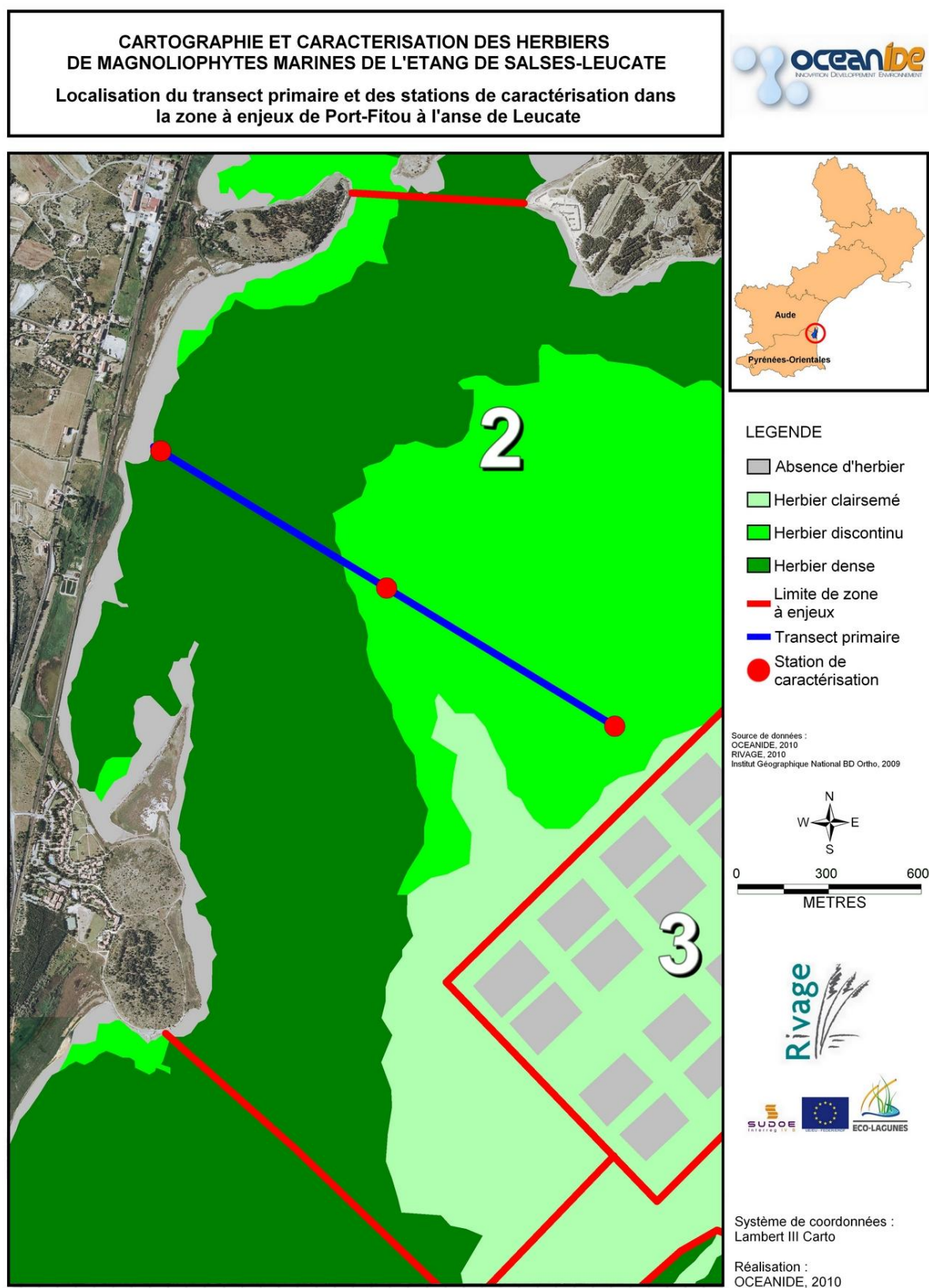


Figure 25: Localisation du transect permanent et des stations de caractérisation de la zone à enjeux de Port-Fitou à l'Anse de Leucate.

Tableau 14 : Résultats de la caractérisation des Magnoliophytes de la zone à enjeux de Port-Fitou à l'Anse de Leucate.

N° Zone à enjeux : 2	Date : 02/05/2011											
	Station supérieure				Station centrale				Station profonde			
Profondeur (cm)	80				210				300			
N° de quadrat	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Taux de recouvrement (%)	20	15	95	95	25	15	75	30	35	60	30	75
Densité de <i>Z. noltii</i> (fsx / m²)	360	0	2720	2080	560	0	1720	710	720	1130	520	980
Densité de <i>Z. marina</i> (fsx / m²)	0	50	0	0	0	80	0	0	0	0	10	30
Densité de <i>R. cirrhosa</i> (fsx / m²)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Densité herbier (faisceaux / m²)	360	50	2720	2080	560	80	1720	710	720	1130	530	1010
Proportion en <i>Z. noltii</i> (%)	100	0	100	100	100	0	100	100	100	100	98	97
Proportion en <i>Z. marina</i> (%)	0	100	0	0	0	100	0	0	0	0	2	3
Proportion en <i>R. cirrhosa</i> (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hauteur canopée <i>Z. noltii</i> (cm)	28	-	33	38	17	-	28	13	20	25	34	28
Hauteur canopée <i>Z. marina</i>	-	55	-	-	-	60	-	-	-	-	50	80
Hauteur canopée <i>R. cirrhosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Taux d'épiphytage	faible	moyen	faible	moyen	faible	faible	faible	faible	faible	faible	faible	faible
Type de substrat	V+C	V+C	V+C	V+C	V+C	V+C	V+C	V+C	V	V	V	V
Aspect de l'herbier lors de la caractérisation	Herbier discontinu : <i>Z. noltii</i> = discontinu <i>Z. marina</i> = clairsemé				Herbier discontinu : <i>Z. noltii</i> = discontinu <i>Z. marina</i> = clairsemé				Herbier discontinu : <i>Z. noltii</i> = discontinu <i>Z. marina</i> = clairsemé			
Macrophytes associées (recouvrement%)	Q1 : <i>L. papulosum</i> = 40% ; <i>Chaetomorpha</i> = 15% ; <i>Ulva</i> = 3% Q2 : <i>Chaetomorpha</i> = 50% ; <i>Ulva</i> = 25% Q3 : <i>Chaetomorpha</i> = 2%				Q2 : <i>V. aegagropila</i> = 35% Q3 : <i>V. aegagropila</i> = 20% Q4 : <i>V.aegagropila</i> = 10% ; <i>Ulva</i> = 5%				Q1 : <i>V. aegagropila</i> = 30% ; <i>Ulva</i> = 15% Q2 : <i>V. aegagropila</i> = 20% ; <i>Ulva</i> = 5%. Q3 : <i>V.aegagropila</i> = 75% ; <i>Ulva</i> = 10%			
Faune associée (nombre d'individus)	1 Hippocampe observé.				/				/			
Evolution de la limite	Evolution positive de 15 mètres. Profondeur = 80 cm.											
Evolution de la limite	Pas de limite inférieure dans le bassin de Leucate. Profondeur = 200 cm.											
Paramètres climatiques	Vent de Nord-Ouest fort. Turbidité modérée.				Beau temps. Turbidité modérée.				Beau temps. Turbidité modérée.			
Remarques diverses	Absence de <i>Ruppia cirrhosa</i> (restes vieux et « secs »). Au-delà de la limite supérieure : important tapis de <i>Chaetomorpha</i> .				Mosaïque alternant, taches d'herbier, taches de <i>V. aegagropila</i> et taches d' <i>Ulva</i> .				Mosaïque alternant, taches d'herbier, taches de <i>V. aegagropila</i> et taches d' <i>Ulva</i> .			

4.2.3 Les Dosses

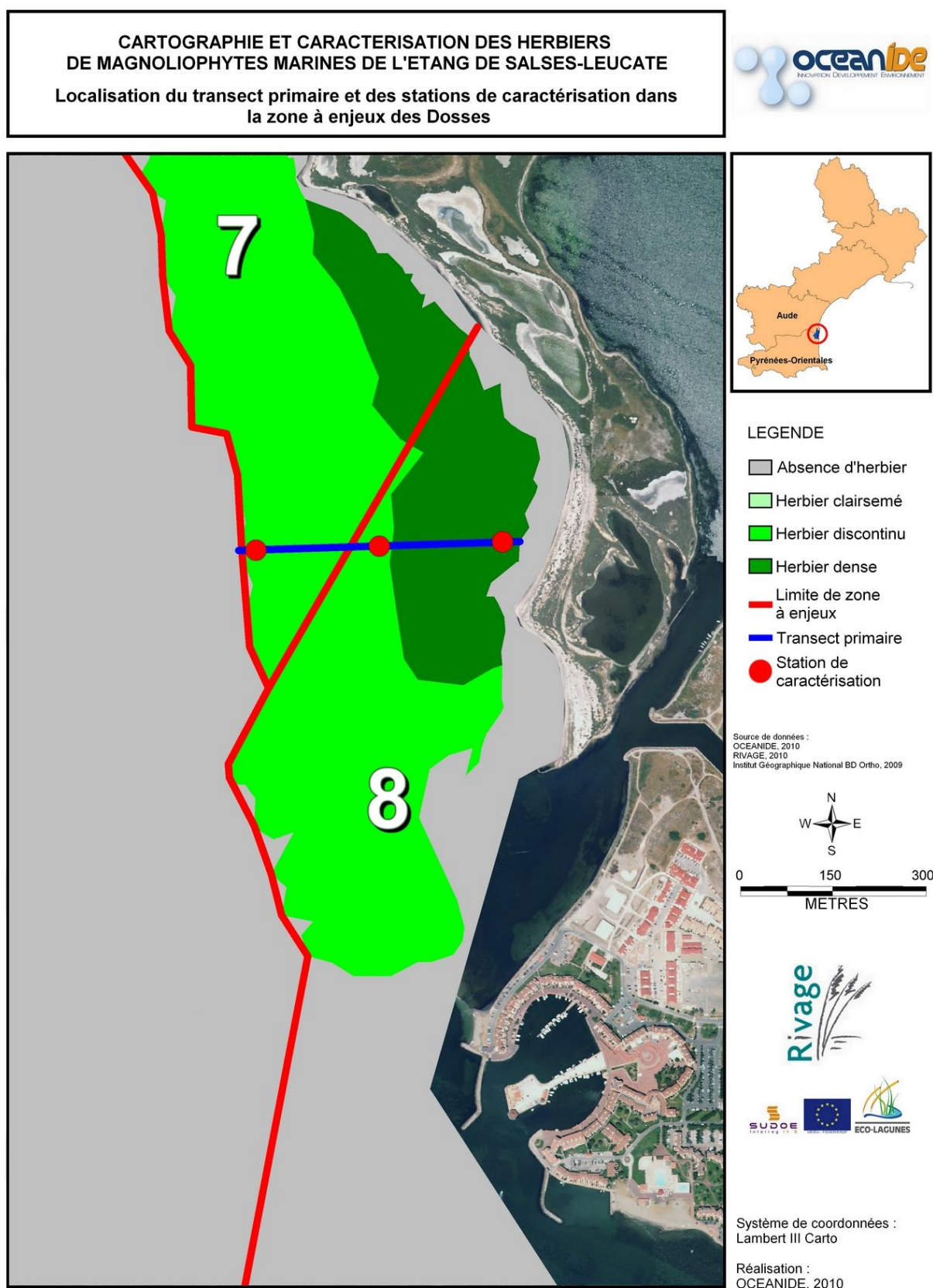


Figure 26 : Localisation du transect permanent et des stations de caractérisation de la zone à enjeux des Dosses.

Tableau 15 : Résultat de la caractérisation des Magnoliophytes de la zone à enjeux des Dosses.

N° Zone à enjeux : 7	Date : 29/04/11											
	Station supérieure				Station centrale				Station profonde			
Profondeur (cm)	80				196				260			
N° de quadrat	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Taux de recouvrement (%)	25	75	70	10	95	90	95	40	90	80	65	30
Densité de <i>Z. noltii</i> (fsx / m²)	430	2330	2210	290	1950	2780	2190	970	1140	1410	430	410
Densité de <i>Z. marina</i> (fsx / m²)	0	30	90	0	110	0	60	0	0	0	70	0
Densité de <i>R. cirrhosa</i> (fsx / m²)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Densité herbier (faisceaux / m²)	430	2360	2300	290	2060	2780	2250	970	1140	1410	500	410
Proportion en <i>Z. noltii</i> (%)	100	99	96	100	95	100	97	100	100	100	86	100
Proportion en <i>Z. marina</i> (%)	0	1	4	0	5	0	3	0	0	0	14	0
Proportion en <i>R. cirrhosa</i> (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hauteur canopée <i>Z. noltii</i> (cm)	12	16	17	12	26	26	28	16	40	30	20	25
Hauteur canopée <i>Z. marina</i>	-	28	34	-	68	-	93	-	-	-	35	-
Hauteur canopée <i>R. cirrhosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Taux d'épiphytage	faible	moyen	moyen	faible	faible	faible	moyen	faible	faible	faible	faible	faible
Type de substrat	S	S	S	S	S+V+ G	S+V+ G	S+V+ G	S+V+ G	S+V+ G	S+V+ G	S+V+ G	S+V+ G
Aspect de l'herbier lors de la caractérisation	Herbier discontinu : <i>Z. noltii</i> = discontinu <i>Z. marina</i> = clairsemé				Herbier dense : <i>Z. noltii</i> = dense <i>Z. marina</i> = clairsemé Herbier sur mattes surélevées				Herbier discontinu : <i>Z. noltii</i> = discontinu <i>Z. marina</i> = clairsemé Herbier sur mattes surélevées			
Macrophytes associées (recouvrement%)	Q1 : <i>L. papulosum</i> = 1% Q2 : <i>H. incurva</i> = 15% ; <i>Cystoseira</i> = 25% Q3 : <i>H. incurva</i> = 10%				Q1 : <i>H. incurva</i> = 20% ; <i>Cystoseira</i> = 20% Q2 : <i>H. incruva</i> = 30% ; <i>Cystoseira</i> = 5% Q3 : <i>Cystoseira</i> = 3% Q4 : <i>Cystoseira</i> = 1%				Q3 : <i>H. incurva</i> = 15% Q4 : <i>H. incurva</i> = 5%			
Faune associée (nombre d'individus)	/				/				/			
Evolution de la limite	Evolution positive de 20 mètres.											
Evolution de la limite	Pas d'évolution apparente. Profondeur = 260 cm.											
Paramètres climatiques	Beau temps. Eau limpide.				Beau temps. Eau limpide.				Vent d'Est violent. Turbidité modérée.			
Remarques diverses	Présence de nombreux faisceaux courts et fins de <i>Z. noltii</i> , au-delà de l'ancienne limite supérieure. Absence de <i>R. cirrhosa</i> . Au-delà de la limite supérieure : substrat nu.				/				Au-delà de la limite inférieure : substrat coquiller nu.			

4.2.4 Terrain militaire

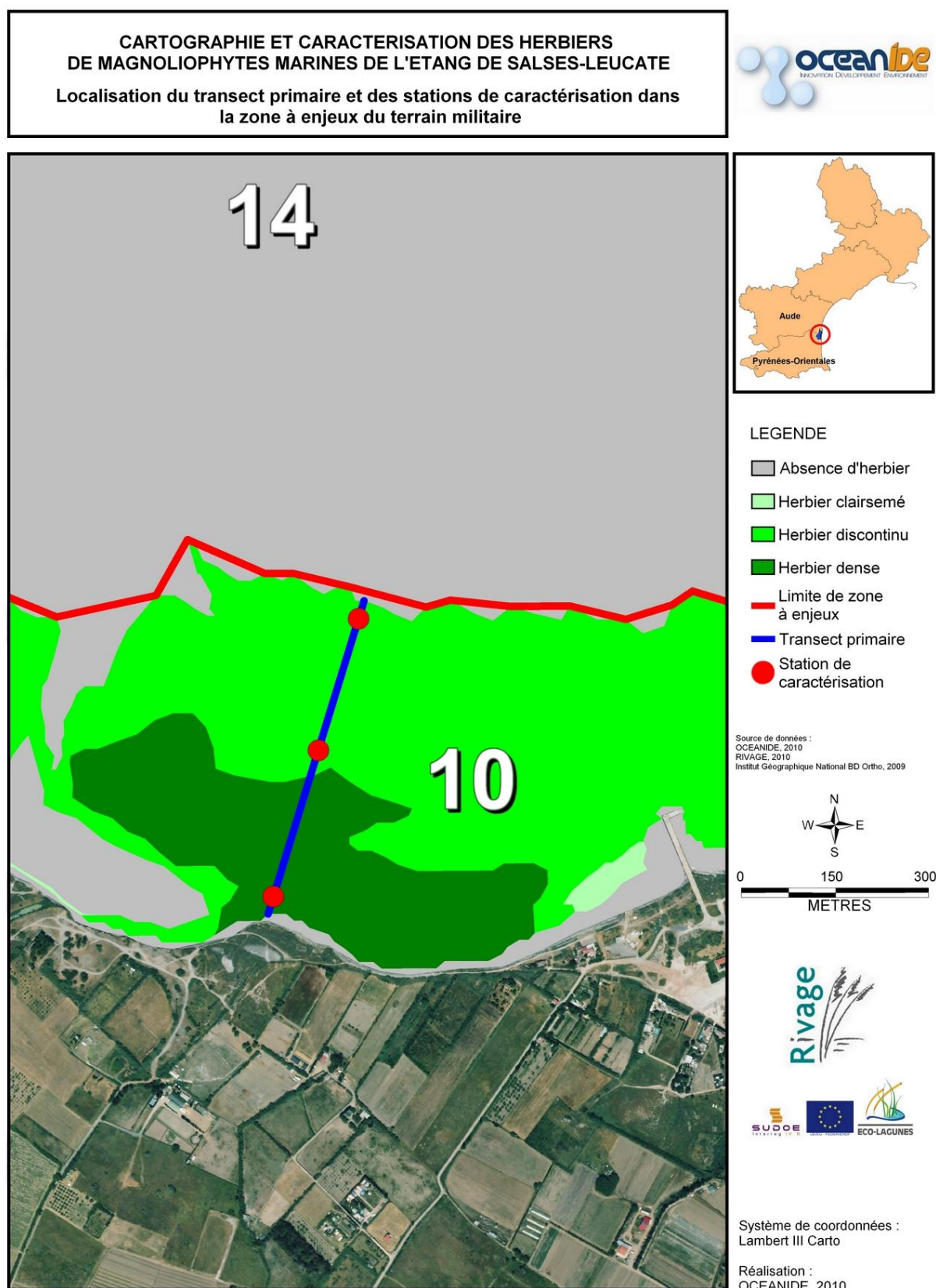


Figure 27 : Localisation du transect permanent et des stations de caractérisation de la zone à enjeux du terrain militaire.

Tableau 16 : Résultats de la caractérisation des Magnoliophytes de la zone à enjeux du terrain militaire.

N° Zone à enjeux : 10	Date : 26/04/2011											
	Station supérieure				Station centrale				Station profonde			
Profondeur (cm)	40				166				288			
N° de quadrat	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Taux de recouvrement (%)	85	95	85	30	95	90	90	100	15	10	5	30
Densité de <i>Z. noltii</i> (fsx / m²)	1330	2260	1120	510	1340	2020	1290	1630	530	280	130	790
Densité de <i>Z. marina</i> (fsx / m²)	100	0	50	0	0	10	20	90	0	0	0	0
Densité de <i>R. cirrhosa</i> (fsx / m²)	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
Densité herbier (faisceaux / m²)	1430	2260	1170	510	1350	2030	1310	1720	530	280	130	790
Proportion en <i>Z. noltii</i> (%)	93	100	96	100	99	99.5	98	94.8	100	100	100	100
Proportion en <i>Z. marina</i> (%)	7	0	4	0	0	0.5	2	5.2	0	0	0	0
Proportion en <i>R. cirrhosa</i> (%)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Hauteur canopée <i>Z. noltii</i> (cm)	28	32	33	12	17	16	9	25	9	11	8	19
Hauteur canopée <i>Z. marina</i> (cm)	45	-	43	-	-	49	21	67	-	-	-	-
Hauteur canopée <i>R. cirrhosa</i> (cm)	-	-	-	-	36	-	-	-	-	-	-	-
Taux d'épiphytase	moyen	moyen	moyen	faible	faible	moyen	faible	faible	faible	faible	faible	faible
Type de substrat	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Aspect de l'herbier lors de la caractérisation	Herbier discontinu : <i>Z. noltii</i> = discontinu <i>Z. marina</i> = clairsemé				Herbier dense : <i>Z. noltii</i> = discontinu <i>Z. marina</i> = clairsemé Rares brins de <i>R. cirrhosa</i>				Herbier clairsemé : <i>Z. noltii</i> = clairsemé			
Macrophytes associées (recouvrement%)	Q2 : <i>Sargassum</i> = 15% ; <i>Ulva</i> = 5% Q3 : <i>Chaetomorpha</i> = 5% ; <i>Ulva</i> = 25% Q4 : <i>Ulva</i> = 30%				Q1 : <i>H. incurva</i> = 50% Q3 : <i>H. incurva</i> = 50% Q4 : <i>H. incurva</i> = 50%				Q1 : <i>H. incurva</i> = 5% Q2 : <i>H. incurva</i> = 5% Q3 : <i>H. incurva</i> = 5% Q4 : <i>H. incurva</i> = 50%			
Faune associée (nombre d'individus)	/				/				/			
Evolution de la limite	Evolution positive de 28 mètres environ. Profondeur = 40 cm.											
Evolution de la limite inférieure	Evolution positive de 50 mètres environ. Profondeur = 300 cm.											
Paramètres climatiques	Vent de Nord-Ouest fort Eau limpide.				Beau temps. Eau limpide.				Beau temps. Eau limpide.			
Remarques diverses	Absence de <i>R. cirrhosa</i> (restes vieux et « secs »). Prolifération d' <i>Ulva</i> au-delà de la limite supérieure.				Très peu de <i>R. cirrhosa</i> (restes « secs » dissociés du substrat).				Au-delà de l'ancienne limite inférieure identifiée lors de la cartographie, il y a aujourd'hui un herbier clairsemé de <i>Z.noltii</i> . Dans cette zone, <i>H.incurva</i> est présente en quantité plus réduites par rapport à la cartographie. Au-delà de cette nouvelle limite inférieure : substrat nu parsemé de touffes isolées d' <i>H. incurva</i> .			

4.2.5 Saint-Hippolyte

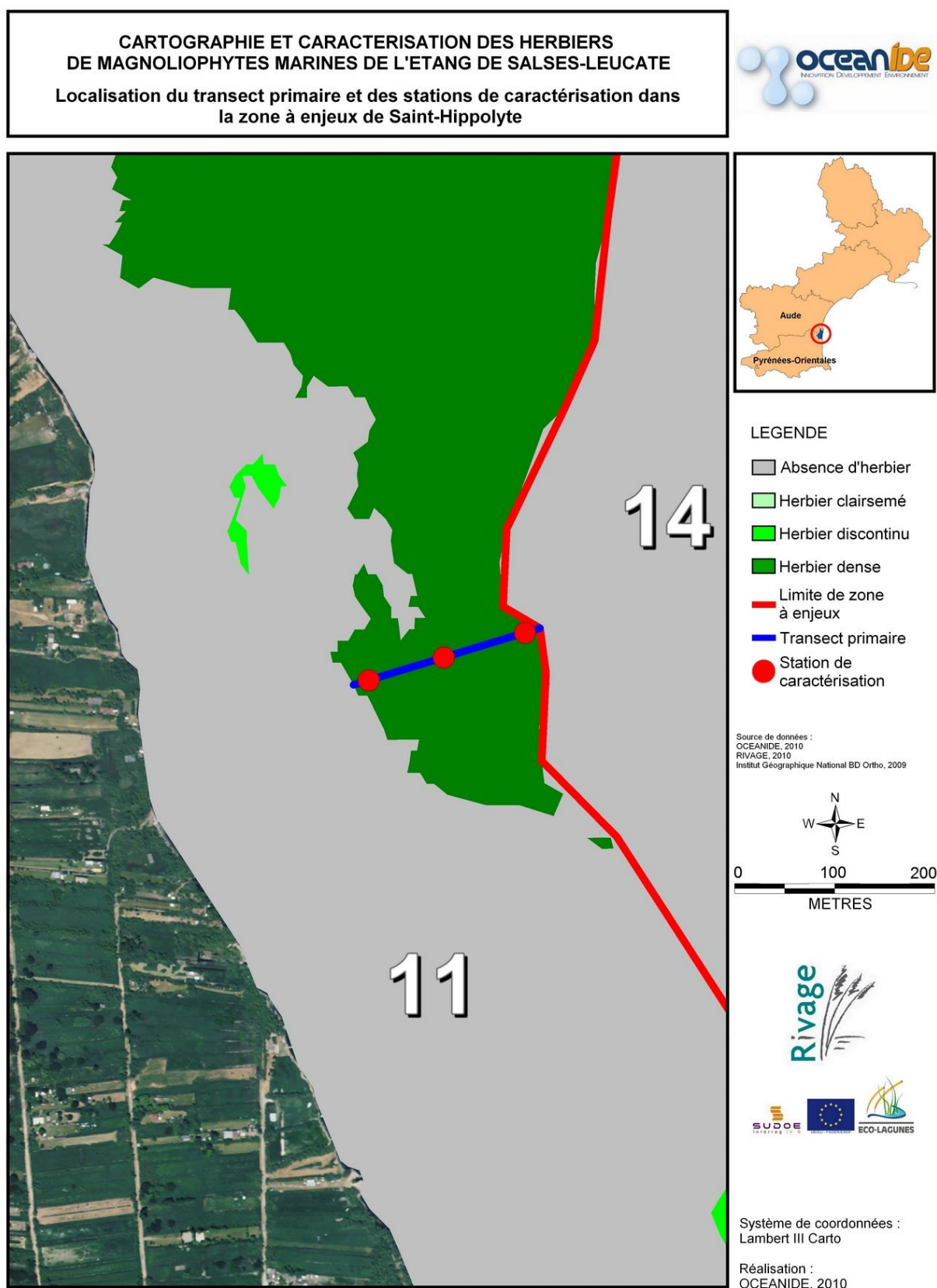


Figure 28 : Localisation du transect permanent et des stations de caractérisation de la zone à enjeux de Saint-Hippolyte.

Tableau 17 : Résultats de la caractérisation des Magnoliophytes de la zone à enjeux de Saint-Hippolyte.

N° Zone à enjeux : 11	Date : 06/05/2011											
	Station supérieure				Station centrale				Station profonde			
Profondeur (cm)	165				190				210			
N° de quadrat	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Taux de recouvrement (%)	5	3	1	40	15	90	90	0	50	10	25	0
Densité de <i>Z. noltii</i> (fsx / m²)	0	0	0	0	0	0	1250	0	210	80	430	0
Densité de <i>Z. marina</i> (fsx / m²)	40	10	10	120	50	180	50	0	50	20	30	0
Densité de <i>R. cirrhosa</i> (fsx / m²)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Densité de l'herbier (faisceaux / m²)	40	10	10	120	50	180	1300	0	260	100	460	0
Proportion en <i>Z. noltii</i> (%)	0	0	0	0	0	0	96	0	81	80	93,5	0
Proportion en <i>Z. marina</i> (%)	100	100	100	100	100	100	4	0	19	20	6.5	0
Proportion en <i>R. cirrhosa</i> (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hauteur canopée <i>Z. noltii</i> (cm)	-	-	-	-	-	-	30	-	34	34	35	-
Hauteur canopée <i>Z. marina</i> (cm)	60	75	50	120	50	100	70	-	73	40	60	-
Hauteur canopée <i>R. cirrhosa</i> (cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Taux d'épiphytage	faible	faible	faible	faible	faible	faible	moyen	-	moyen	faible	faible	-
Type de substrat	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Aspect de l'herbier lors de la caractérisation	Herbier clairsemé très dégradé : <i>Z. marina</i> = clairsemée <i>Z. noltii</i> = morte récemment				Herbier discontinu : <i>Z. noltii</i> = clairsemée (taches mortes) <i>Z. marina</i> = clairsemée				Herbier clairsemé : <i>Z. noltii</i> = clairsemée (taches mortes) <i>Z. marina</i> = clairsemée			
Macrophytes associées (recouvrement%)	Q1 à Q4 : <i>H. incurva</i> = 100% ; <i>Ulva</i> = 100% Epaisseur du tapis de macrophytes = 30 à 40 cm				Q1 et Q2 : <i>H. incurva</i> = 100% ; <i>Ulva</i> = 100% Q3 : <i>H. incurva</i> = 40% Q4 : <i>H. incurva</i> = 100% ; <i>Ulva</i> = 50% ; <i>Chaetomorpha</i> = 10% Epaisseur du tapis de macrophytes = 30 à 40 cm				Q1 : <i>H. incurva</i> = 100% ; <i>Ulva</i> = 15% Q2 : <i>H. incurva</i> = 100% ; <i>Ulva</i> = 50% ; <i>Chaetomorpha</i> = 20%. Q3 : <i>H. incurva</i> = 100% ; <i>Ulva</i> = 10% Q4 : <i>H. incurva</i> = 100% ; <i>Ulva</i> = 40%. Epaisseur du tapis de macrophytes = 30 à 40 cm			
Faune associée (nombre d'individus)	/				/				/			
Evolution de la limite supérieure (m)	Pas d'évolution apparente. Profondeur = 165 cm.											
Evolution de la limite inférieure (m)	Régression d'environ 45 mètres. Profondeur = 210 cm.											
Paramètres climatiques	Vent d'Est fort. Turbidité importante.				Vent d'Est fort. Turbidité modérée.				Vent d'Est fort. Turbidité modérée.			
Remarques diverses	Forte dégradation de l'herbier. <i>Z. noltii</i> morte sous le tapis de macrophytes. Fort développement d' <i>Ulva</i> et d' <i>H. incurva</i> . Au-delà de la limite supérieure : tapis épais d' <i>Ulva</i> et d' <i>H.incurva</i> .				Dégradation de l'herbier. <i>Z. noltii</i> morte sous le tapis de macrophytes. Fort recouvrement d' <i>Ulva</i> , d' <i>H. incurva</i> et de <i>Chaetomorpha</i> .				Dégradation de l'herbier. <i>Z. noltii</i> morte sous le tapis de macrophytes. Fort recouvrement d' <i>Ulva</i> , d' <i>H. incurva</i> et de <i>Chaetomorpha</i> . Au-delà de la limite inférieure : tapis homogène et épais d' <i>H. incurva</i> .			

4.2.6 Anse de la Roquette à Port-Fitou

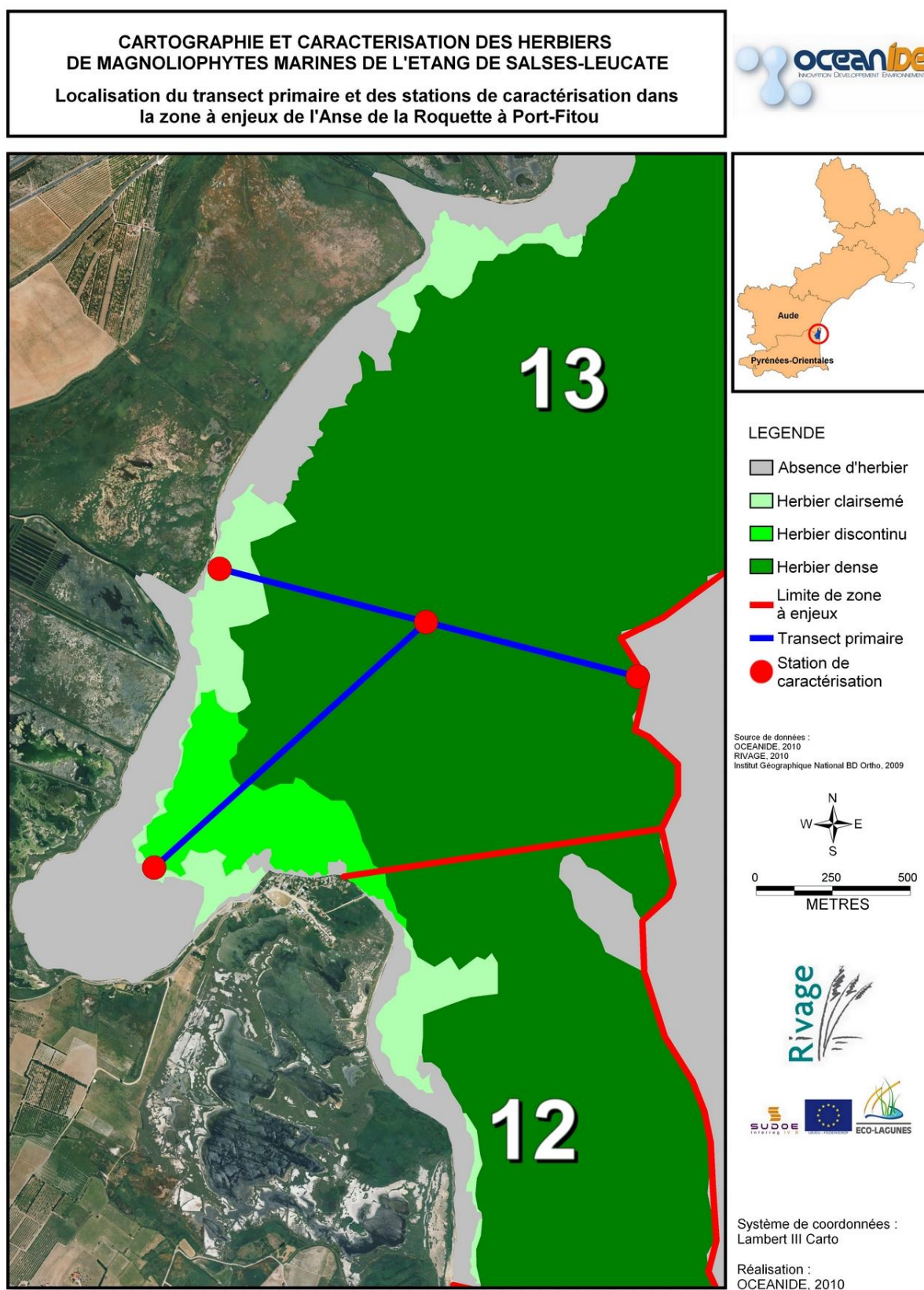


Figure 29 : Localisation du transect permanent et des stations de caractérisation de la zone à enjeux de l'Anse de la Roquette à Port-Fitou.

Tableau 18 : Résultats de la caractérisation des Magnoliophytes de la zone à enjeux de l'Anse de la Roquette à Port-Fitou.

N° Zone à enjeux : 13	Date : 29/04/2011															
	Station supérieure (Font Dame)				Station supérieure (Roquette)				Station centrale				Station profonde			
Profondeur (cm)	80				130				174				230			
N° de quadrat	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Taux de recouvrement (%)	10	30	25	3	20	80	25	5	100	100	100	80	30	40	100	20
Densité de <i>Z. noltii</i> (fsx / m²)	630	480	50	210	30	187	420	60	630	294	184	186	150	880	700	90
Densité de <i>Z. marina</i> (fsx / m²)	40	0	40	0	130	0	60	0	220	0	90	70	120	70	110	60
Densité de <i>R.cirrhosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Densité herbier (fsx / m²)	670	480	90	210	160	187	480	60	850	294	193	193	270	950	810	150
Proportion en <i>Z. noltii</i> (%)	94	100	55.5	100	19	100	87.5	100	74	100	95	96	56	93	86	60
Proportion en <i>Z. marina</i> (%)	6	0	44.5	0	81	0	12.5	0	26	0	5	4	44	7	14	40
Proportion en <i>R. cirrhosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hauteur canopée <i>Z. noltii</i>	34	25	25	23	20	28	20	12	35	33	39	36	25	35	35	18
Hauteur canopée <i>Z. marina</i>	38	-	43	-	60	-	53	-	78	-	87	85	60	60	80	60
Hauteur canopée <i>R. cirrhosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Taux d'épiphytage	moyen	moyen	moyen	moyen	faible	moyen	moyen	faible	moyen	moyen	moyen	moyen	faible	faible	faible	faible
Type de substrat	V	V	V	V	V+C	V+C	V+C	V+C	V	V	V	V	V	V	V	V
Aspect de l'herbier lors de la caractérisation	Herbier clairsemé : <i>Z. noltii</i> = clairsemé <i>Z. marina</i> = clairsemé				Herbier discontinu : <i>Z. noltii</i> = clairsemé <i>Z. marina</i> = clairsemé				Herbier dense : <i>Z. noltii</i> = discontinu <i>Z. marina</i> = discontinu				Herbier discontinu : <i>Z. noltii</i> = discontinue <i>Z. marina</i> = discontinue			
Macrophytes associées (recouvrement%)	Q1 : <i>Chaetomorpha</i> = 90% Q2 : <i>Chaetomorpha</i> = 70% ; <i>Ulva</i> = 30% Q3 : <i>Ulva</i> = 90% ; <i>Chaetomorpha</i> = 10% Q4 : <i>Ulva</i> = 95% ; <i>Chaetomorpha</i> = 20%				Q4 : <i>L. papulosum</i> = 5%				Q1 : <i>H. incurva</i> = 25% Q2 : <i>H. incurva</i> = 10% Q4 : <i>H. incurva</i> = 75%				Q1, Q3, Q4 : <i>H. incurva</i> = 100% Q2 : <i>H. incurva</i> = 40%			
Faune associée (nombre d'individus)																
Evolution limite supérieure (Roquette)	Evolution positive d'environ 35 mètres. Profondeur = 130 cm.															
Evolution limite supérieure (Font Dame)	Pas d'évolution apparente. Profondeur = 80 cm.															
Evolution de la limite inférieure (m)	Pas d'évolution apparente. Profondeur = 230 cm.															
Paramètres climatiques	Beau temps Eau turbide				Beau temps Eau turbide				Beau temps Eau limpide				Vent fort de Nord-Est Eau limpide			
Remarques diverses	Prolifération d' <i>Ulva</i> et de <i>Chaetomorpha</i> au-delà de la limite supérieure. Turbidité très importante sur toute la zone. Elle n'est pas due à l'hydrodynamisme, ni aux arrivées d'eau douce.				Présence de faisceaux courts et fins au delà de l'ancienne limite supérieure. Turbidité très importante sur toute la zone, qui n'est pas due à l'hydrodynamisme, ni aux arrivées d'eau douce. Au-delà de la limite supérieure : substrat coquiller nu.				Présence d'herbier vivant sous les <i>H. incurva</i> (Q4).				Au-delà de la limite inférieure : tapis homogène et épais d' <i>H. incurva</i> .			

4.2.7 Seuil central

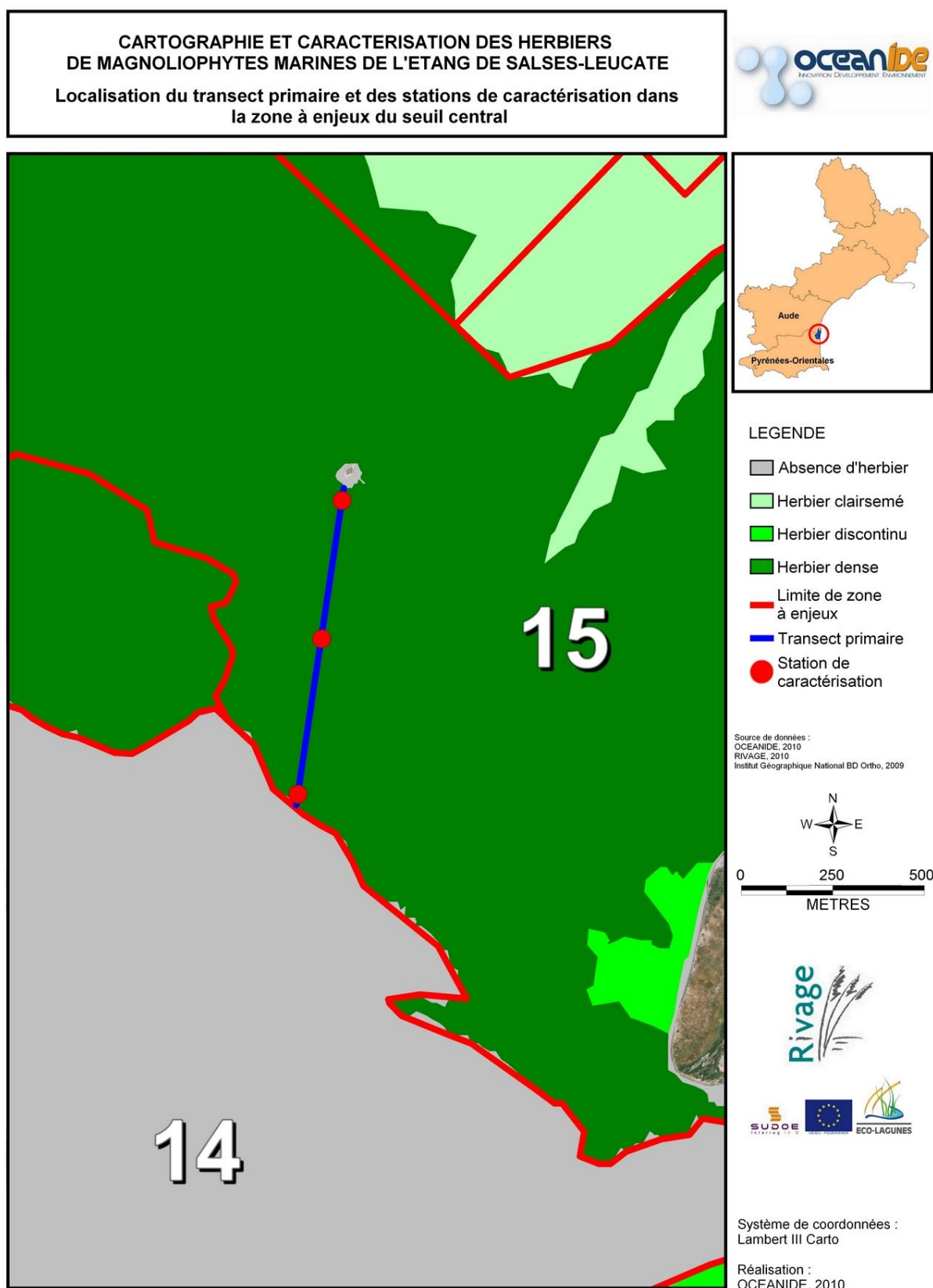


Figure 30: Localisation du transect permanent et des stations de caractérisation de la zone à enjeux du seuil central.

Tableau 19 : Résultats de la caractérisation des Magnoliophytes de la zone à enjeux du seuil central.

N° Zone à enjeux : 15	Date : 29/04/2011											
	Station supérieure				Station centrale				Station profonde			
Profondeur (cm)	80				178				240			
N° de quadrat	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Taux de recouvrement (%)	85	85	30	90	100	100	100	100	100	100	100	100
Densité de <i>Z.noltii</i> (fsx / m²)	1880	1750	980	1530	1580	2190	2480	1860	3900	2900	3600	0
Densité de <i>Z. marina</i> (fsx /	30	40	0	90	110	60	0	80	0	3	0	320
Densité de <i>R. cirrhosa</i> (fsx /	120	140	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0
Densité herbier (faisceaux /	2030	1930	980	1660	1690	2250	2480	1940	3900	2930	3600	320
Proportion en <i>Z. noltii</i> (%)	93	91	100	92	93.5	97	100	96	100	99	100	0
Proportion en <i>Z. marina</i> (%)	1	2	0	5.5	6.5	3	0	4	0	1	0	100
Proportion en <i>R. cirrhosa</i> (%)	6	7	0	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0
Hauteur canopée <i>Z. noltii</i>	19	17	8	22	28	22	24	28	36	50	45	-
Hauteur canopée <i>Z. marina</i>	23	40		38	92	71	-	74	-	45	-	50
Hauteur canopée <i>R. cirrhosa</i>	39	22		19	-	-	-	-	-	-	-	-
Taux d'épiphytage	faible	faible	moyen	faible	moyen	moyen	moyen	moyen	faible	faible	faible	faible
Type de substrat	V+C+ G	V+C+ G	V+C+ G	V+C+ G	V	V	V	V	V+G	V+G	V+G	V+G
Aspect de l'herbier lors de la caractérisation	Herbier discontinu : <i>Z. noltii</i> = discontinu <i>Z. marina</i> = clairsemé <i>R. cirrhosa</i> = clairsemé				Herbier dense : <i>Z. noltii</i> = dense <i>Z. marina</i> = discontinu				Herbier dense : <i>Z. noltii</i> = dense <i>Z. marina</i> = clairsemée			
Macrophytes associées (recouvrement%)	Q4 : <i>H. incurva</i> = 15%				Q1 : <i>H. incurva</i> = 10% Q2 : <i>H. incurva</i> = 5% Q3 : <i>H. incurva</i> = 20%				Q4 : <i>H. incurva</i> = 50%			
Faune associée (nombre d'individus)												
Evolution de la limite	Evolution positive d'environ 18 mètres. Profondeur = 20 cm.											
Evolution de la limite	Pas d'évolution apparente. Profondeur = 250 cm.											
Paramètres climatiques	Beau temps Eau limpide				Beau temps Eau limpide				Beau temps Turbidité importante en surface Eau limpide au fond			
Remarques diverses	Piétinement localisé et peu intense (Q 3). <i>R. cirrhosa</i> peu abondante, avec faisceaux « secs » et dissociés du substrat. Au-delà de la limite supérieure : substrat nu.				Absence de <i>R. cirrhosa</i> (faisceaux « secs » dissociés du substrat).				Herbier très dense sur matte. Au-delà de la limite inférieure, présence de faisceaux de <i>Z. noltii</i> et <i>Z. marina</i> isolés, courts et très fins. Trop rares pour être qualifiés d'herbier. Egalement présence d' <i>H.incurva</i> en quantités très faibles par rapport à la cartographie.			

4.2.8 Coordonnées des stations

Lors de la campagne de caractérisation des herbiers, les emplacements des limites supérieures et inférieures, et les stations de caractérisation sont géolocalisées par GPS (Tableau 20). Lorsque les conditions de substrats le permettaient (substrat dur ou sableux), des bornes FENO ont été installées afin de faciliter un repérage visuel en plongée en plongée sous-marine (coordonnées en gras dans le Tableau 20).

Tableau 20 : Coordonnées des limites d'herbier et des stations de caractérisation.

Zone à enjeux	Limite supérieure (WGS-84)	Limite inférieure (WGS-84)	Station supérieure (WGS-84)	Station centrale (WGS-84)	Station profonde (WGS-84)
1 : Paurel	N42.90379 E3.00708	N42.90290 E3.01263	N42.90380 E3.00729	N42.90337 E3.00990	N42.90297 E3.01224
2 : Port-Fitou à Anse de Leucate	N42.89054 E2.99899	/	N42.89050 E2.99930	N42.88640 E3.00815	N42.88230 E3.01722
7 : Dosses	N42.82244 E3.01868	N42.82220 E3.01275	N42.82247 E3.01842	N42.82225 E3.01553	N42.82220 E3.01309
10 : Terrain militaire	N42.80039 E2.98720	N42.80524 E2.98945	N42.80071 E2.98706	N42.80275 E2.98813	N42.80515 E2.98934
11 : Saint-Hippolyte	N42.81500 E2.97153	N42.81531 E2.97334	N42.81504 E2.97172	N42.81524 E2.97264	N42.81525 E2.97308
13 : Anse Roquette à Port-Fitou	N42.84450 E2.95631	N42.84443 E2.95667	N42.84282 E2.96489	N42.84282 E2.96489	N42.84117 E2.97332
13 : Anse de la Roquette	N42.83538 E2.95330	/	N42.83555 E2.95366	/	/
15 : Seuil central	N42.86136 E3.00733	N42.85340 E3.00557	N42.86110 E3.00723	N42.85749 E3.00647	N42.85367 E3.00563

4.2.9 Analyse des résultats et comparaison avec la cartographie des herbiers

Cette campagne de caractérisation des herbiers est la première réalisée sur l'étang de Salses-Leucate. Aucune comparaison ne peut donc être faite avec des résultats plus anciens. Néanmoins, certains paramètres peuvent être comparés avec les résultats obtenus lors de la cartographie, réalisée quelques mois auparavant :

- Densité ayant permis la définition des classes d'herbier :
 - Herbier dense : recouvrement de plus de 75% ;
 - Herbier discontinu : recouvrement compris entre 25% et 75% ;
 - Herbier clairsemé : recouvrement inférieur à 25% ;
 - Absence d'herbier : recouvrement nul.
- Proportion d'espèces de Magnoliophytes ;
- Observation des communautés de macrophytes.

Zone à enjeux n°1 « Le Paurel »

Lors de la cartographie, cette zone a été identifiée comme un herbier de référence, du fait de son excellent état de conservation. Il était constitué essentiellement de *Zostera noltii* dense, parsemée de quelques brins de *Ruppia cirrhosa*.

Pour les stations superficielles et centrales, la caractérisation montre que les Magnoliophytes ont un taux de recouvrement et une densité caractéristiques d'un herbier dense.

Sur la station profonde, les valeurs plus faibles sont compensées par une canopée plus élevée.

La différence la plus significative concerne la disparition des feuilles de *Ruppia cirrhosa*. Seulement quelques restes « desséchés » ont été observées sur le transect lors de la caractérisation (Tableau 21).

Tableau 21 : Comparaison des données de cartographie et de caractérisation sur la zone à enjeux du Paurel.

	Station superficielle Moyenne $\pm$ ES	Station centrale Moyenne $\pm$ ES	Station profonde Moyenne $\pm$ ES
Données de cartographie			
Classe d'herbier	Dense	Dense	Dense
Classe <i>Z.noltii</i>	Dense	Dense	Dense
Classe <i>Z.marina</i>	Absent	Absent	Absent
Classe <i>R.cirrrosa</i>	Clairsemé	Clairsemé	Clairsemé
Données de caractérisation			
Taux recouvrement (%)	90 $\pm$ 3,5	87,5 $\pm$ 3,2	77,5 $\pm$ 12,5
Densité (N.m⁻²)	2800 $\pm$ 469	2662,5 $\pm$ 360,8	1750 $\pm$ 75,2
Proportion <i>Z.noltii</i> (%)	100	97,9 $\pm$ 0,4	100
Proportion <i>Z.marina</i> (%)	0	0	0
Proportion <i>R.cirrrosa</i> (%)	0	2,1 $\pm$ 0,5	0
Canopée <i>Z.noltii</i> (cm)	19,3 $\pm$ 1,5	19,3 $\pm$ 2,3	28,3 $\pm$ 4,9

La zone à enjeux n°2 « Port-Fitou à l'anse de Leucate »

Lors de la cartographie, cette zone a été identifiée comme un herbier dense en zone superficielle, associant les trois espèces de Magnoliophytes. Au centre et en zone profonde, il s'agissait d'herbier discontinu de *Z. noltii* et *Z. marina*.

Suite à la caractérisation, quelques changements ont été mis en évidence. Comme sur le transect du Paurel, les feuilles de *Ruppia cirrhosa* ont disparu sur cette zone à enjeux.

La station superficielle, placée sur un herbier dense d'après la cartographie, présente des caractéristiques d'un herbier discontinu.

Sur les stations centrales et profondes, les caractéristiques sont proches de celles relevées lors de la cartographie (Tableau 22).

Tableau 22 : Comparaison des données de cartographie et de caractérisation sur la zone à enjeux de port-Fitou à l'anse de Leucate.

	Station superficielle Moyenne $\pm$ ES	Station centrale Moyenne $\pm$ ES	Station profonde Moyenne $\pm$ ES
Données de cartographie			
Classe d'herbier	Dense	Discontinu	Discontinu
Classe <i>Z.noltii</i>	Dense	Discontinu	Discontinu
Classe <i>Z.marina</i>	Clairsemé	Clairsemé	Clairsemé
Classe <i>R.cirrrosa</i>	Clairsemé	Absent	Absent
Données de caractérisation			
Taux recouvrement (%)	56,25 $\pm$ 22,4	36,25 $\pm$ 13,3	50 $\pm$ 10,6
Densité (N.m⁻²)	1302,5 $\pm$ 650,1	767,5 $\pm$ 344,8	847,5 $\pm$ 136,4
Proportion <i>Z.noltii</i>	75 $\pm$ 25	75 $\pm$ 25	98,8 $\pm$ 0,8
Proportion <i>Z.marina</i>	25 $\pm$ 25	25 $\pm$ 25	1,3 $\pm$ 0,8
Proportion <i>R.cirrrosa</i>	0	0	0
Canopée <i>Z.noltii</i> (cm)	33 $\pm$ 2,9	19,3 $\pm$ 4,5	26,8 $\pm$ 2,9
Canopée <i>Z.marina</i> (cm)	55	60	65 $\pm$ 15

La zone à enjeux n°7 « Les Dosses »

Lors de la cartographie, cette zone a été identifiée comme un herbier dense en zone superficielle, puis discontinu en zone centrale et profonde.

La caractérisation a permis également de constater la disparition des feuilles de *Ruppia cirrhosa*.

La station superficielle a été placée sur une zone où l'herbier était mort lors de la cartographie. En effet, la limite supérieure s'est déplacée de plusieurs mètres vers le bord. Les caractéristiques de cette nouvelle zone colonisée sont celles d'un herbier discontinu.

La station centrale présente désormais les caractéristiques d'un herbier dense (recouvrement important et densité importante).

Enfin, la station profonde a gardé les caractéristiques d'un herbier discontinu (Tableau 23).

Tableau 23: Comparaison des données de cartographie et de caractérisation sur la zone à enjeux des Dosses.

	Station superficielle Moyenne ± ES	Station centrale Moyenne ± ES	Station profonde Moyenne ± ES
Données de cartographie			
Classe d'herbier	Dense	Discontinu	Discontinu
Classe <i>Z.noltii</i>	Discontinu	Discontinu	Discontinu
Classe <i>Z.marina</i>	Clairsemé	Clairsemé	Clairsemé
Classe <i>R.cirrhosa</i>	Discontinu	Absent	Absent
Données de caractérisation			
Taux recouvrement (%)	45 ± 16,2	80 ± 13,4	66,25 ± 13,1
Densité (N.m⁻²)	1345 ± 569,5	2015 ± 380,2	865 ± 243,7
Proportion <i>Z.noltii</i>	98,8 ± 0,9	98 ± 1,2	96,5 ± 3,5
Proportion <i>Z.marina</i>	1,3 ± 0,9	2 ± 1,2	3,5 ± 3,5
Proportion <i>R.cirrhosa</i>	0	0	0
Canopée <i>Z.noltii</i> (cm)	14,25 ± 1,3	24 ± 2,7	28,8 ± 4,3
Canopée <i>Z.marina</i> (cm)	31 ± 3	80,5 ± 12,5	35

La zone à enjeux n°10 « Terrain militaire »

Lors de la cartographie, cette zone a été identifiée comme un herbier dense en zone superficielle, puis discontinu en zone centrale et profonde.

La caractérisation a permis également de constater la quasi-disparition des feuilles de *Ruppia cirrhosa* sur la station superficielle. Cette espèce occupait une importante part dans l'herbier lors de la cartographie. Aujourd'hui, l'herbier de la zone superficielle possède des caractéristiques d'herbier discontinu.

La station centrale possède des caractéristiques d'un herbier dense, alors qu'il avait été identifié comme herbier discontinu pendant la cartographie.

Une des particularités de cette zone est l'apparition de faisceaux de *Z.noltii* au-delà de l'ancienne limite inférieure. Cette nouvelle zone d'herbier présente un taux de recouvrement faible et des feuilles relativement courtes, caractéristiques d'un herbier clairsemé (Tableau 24).

Tableau 24 : Comparaison des données de cartographie et de caractérisation sur la zone à enjeux du terrain militaire.

	Station superficielle Moyenne $\pm$ ES	Station centrale Moyenne $\pm$ ES	Station profonde Moyenne $\pm$ ES
Données de cartographie			
Classe d'herbier	Dense	Discontinu	Absent
Classe <i>Z.noltii</i>	Discontinu	Discontinu	Absent
Classe <i>Z.marina</i>	Clairsemé	Clairsemé	Absent
Classe <i>R.cirrrosa</i>	Discontinu	Absent	Absent
Données de caractérisation			
Taux recouvrement (%)	73,8 $\pm$ 14,8	93,8 $\pm$ 2,4	15 $\pm$ 5,4
Densité (N.m⁻²)	1342,5 $\pm$ 362	1602,5 $\pm$ 169,8	432,5 $\pm$ 144,9
Proportion <i>Z.noltii</i>	97,3 $\pm$ 1,7	97,8 $\pm$ 1,1	100
Proportion <i>Z.marina</i>	2,8 $\pm$ 1,7	1,9 $\pm$ 1,2	0
Proportion <i>R.cirrrosa</i>	0	0,3 $\pm$ 0,3	0
Canopée <i>Z.noltii</i> (cm)	26,5 $\pm$ 4,9	16,75 $\pm$ 3,3	11,8 $\pm$ 2,5
Canopée <i>Z.marina</i> (cm)	44 $\pm$ 1	45,7 $\pm$ 13,4	/
Canopée <i>R.cirrrosa</i> (cm)	/	36	/

La zone à enjeux n°11 « Saint-Hippolyte »

Lors de la cartographie, l'herbier de cette zone a été identifié comme un herbier dense, mais dégradé au niveau des limites.

Lors de la caractérisation, l'état de conservation de cet herbier a beaucoup diminué.

En effet, le taux de recouvrement est relativement faible sur les stations superficielles et profondes, avec des caractéristiques d'herbier clairsemé.

Sur la station centrale, les caractéristiques sont celles d'un herbier discontinu (Tableau 25).

Tableau 25: Comparaison des données de cartographie et de caractérisation sur la zone à enjeux de Saint-Hippolyte.

	Station superficielle Moyenne $\pm$ ES	Station centrale Moyenne $\pm$ ES	Station profonde Moyenne $\pm$ ES
Données de cartographie			
Classe d'herbier	Dense	Dense	Dense
Classe <i>Z.noltii</i>	Discontinu	Discontinu	Discontinu
Classe <i>Z.marina</i>	Discontinu	Discontinu	Discontinu
Classe <i>R.cirrrosa</i>	Absent	Absent	Absent
Données de caractérisation			
Taux recouvrement (%)	12,3 $\pm$ 9,3	48,8 $\pm$ 24	21,3 $\pm$ 10,9
Densité (N.m⁻²)	45 $\pm$ 26	382,5 $\pm$ 308,2	205 $\pm$ 100,5
Proportion <i>Z.noltii</i>	0	68 $\pm$ 32	63,6 $\pm$ 21,4
Proportion <i>Z.marina</i>	100	24 $\pm$ 24	11,4 $\pm$ 4,9
Proportion <i>R.cirrrosa</i>	0	0	0
Canopée <i>Z.noltii</i> (cm)	/	30	34,3 $\pm$ 0,3
Canopée <i>Z.marina</i> (cm)	76,3 $\pm$ 15,5	73,3 $\pm$ 14,5	57,7 $\pm$ 9,6

La zone à enjeux n°13 « Anse de la Roquette à Port-Fitou »

Lors de la cartographie, cet herbier a été identifié comme un herbier clairsemé en partie superficielle (Roquette et Font Dame) et dense en zone centrale et profonde.

La caractérisation a permis de constater quelques différences.

La station superficielle de la Roquette a été placée sur une zone où il n'y avait pas d'herbier lors de la cartographie. En effet, la limite supérieure s'est déplacée de plusieurs mètres vers le fond de l'anse. Les caractéristiques de cette nouvelle zone colonisée sont celles d'un herbier discontinu.

Les stations superficielles de Font Dame, et centrale, présentent des caractéristiques inchangées depuis la cartographie (herbier clairsemé pour Font Dame et dense pour la station centrale).

Enfin, la station profonde, présente des caractéristiques d'un herbier discontinu, alors qu'il avait été identifié comme dense pendant la cartographie (Tableau 26).

Tableau 26: Comparaison des données de cartographie et de caractérisation sur la zone à enjeux de l'anse de la Roquette à Port-Fitou.

	Station Sup Font dame Moyenne ± ES	Station Sup Roquette Moyenne ± ES	Station centrale Moyenne ± ES	Station profonde Moyenne ± ES
Données de cartographie				
Classe d'herbier	Clairsemé	Absent	Dense	Dense
Classe <i>Z.noltii</i>	Clairsemé	Absent	Discontinu	Discontinu
Classe <i>Z.marina</i>	Clairsemé	Absent	Discontinu	Discontinu
Classe <i>R.cirrhosa</i>	Absent	Absent	Absent	Absent
Données de caractérisation				
Recouvrement (%)	17 ± 6,3	32,5 ± 16,4	95 ± 5	47,5 ± 18
Densité (N.m⁻²)	362,5 ± 131	642,5 ± 418,9	1912,5 ± 426,7	545 ± 197
Proportion <i>Z.noltii</i>	87,4 ± 10,7	76,6 ± 19,4	91,3 ± 5,9	73,8 ± 9,2
Proportion <i>Z.marina</i>	12,6 ± 10,7	23,4 ± 19,4	8,8 ± 5,9	26,3 ± 9,2
Proportion <i>R.cirrhosa</i>	0	0	0	0
Canopée <i>Z.noltii</i> (cm)	26,8 ± 2,5	20 ± 3,3	35,8 ± 4,97	28,3 ± 4,2
Canopée <i>Z.marina</i> (cm)	40,5 ± 2,5	56,5 ± 3,5	83,3 ± 2,7	65 ± 5

La zone à enjeux n°15 « Seuil central »

Lors de la cartographie, cet herbier a été identifié comme un herbier dense, avec une prédominance de *Ruppia cirrhosa*.

Lors de la caractérisation, l'élément le plus important est la quasi-absence de feuilles de *Ruppia cirrhosa*. Comme sur les autres zones, quelques restes « secs » subsistent seulement.

Sur la station superficielle, l'herbier possède désormais les caractéristiques d'un herbier discontinu. De plus, il est important de signaler que cette zone est soumise à un piétinement intense.

Les caractéristiques des autres stations restent inchangées (herbier dense), mais avec une large prédominance de *Z. noltii*.

La zone à enjeux du seuil central possède des caractéristiques remarquables. Comme la zone à enjeux du Paurel, l'herbier est en excellent état de conservation (herbier de référence), avec un taux de recouvrement important et une densité en faisceaux, en moyenne plus élevée que sur les autres zones à enjeux. Au-delà de la limite inférieure franche, il existe un fond de substrat nu parsemé de rares faisceaux de *Z. noltii* et *Z. marina*, courts et fins, trop isolés pour être qualifiés d'herbier. Cette situation était identique lors de la cartographie (Tableau 27).

Tableau 27: Comparaison des données de cartographie et de caractérisation sur la zone à enjeux du seuil central.

	Station superficielle Moyenne ± ES	Station centrale Moyenne ± ES	Station profonde Moyenne ± ES
Données de cartographie			
Classe d'herbier	Dense	Dense	Dense
Classe <i>Z.noltii</i>	Discontinu	Discontinu	Discontinu
Classe <i>Z.marina</i>	Discontinu	Discontinu	Discontinu
Classe <i>R.cirrrosa</i>	Absent	Absent	Absent
Données de caractérisation			
Taux recouvrement (%)	72,5 ± 14,2	100	100
Densité (N.m⁻²)	1650 ± 236,6	2090 ± 173,5	2687,5 ± 814,8
Proportion <i>Z.noltii</i>	94,2 ± 2	96,6 ± 1,3	74,8 ± 24,9
Proportion <i>Z.marina</i>	2,1 ± 1,2	3,4 ± 1,3	25,3 ± 24,9
Proportion <i>R.cirrrosa</i>	3,9 ± 1,6	0	0
Canopée <i>Z.noltii</i> (cm)	16,5 ± 3	25,5 ± 1,5	43,7 ± 4,1
Canopée <i>Z.marina</i> (cm)	33,7 ± 5,4	79 ± 6,6	47,5 ± 2,5
Canopée <i>R.cirrrosa</i> (cm)	26,7 ± 6,2	/	/

4.2.10 Analyse de l'évolution des limites d'herbier

Les limites identifiées pendant la cartographie sont comparées à l'emplacement des limites observées lors de la caractérisation. La grande dynamique des herbiers de Zostères a ainsi pu être mise en évidence, quelques mois séparant la cartographie de la caractérisation. La vitalité des Magnoliophytes est également évaluée. En effet, un herbier qui occupe du terrain sur une zone non colonisée, est un herbier possédant une bonne vitalité. A l'inverse, un herbier en régression peut être en perte de vitalité (Hily, 2006).

Dans la majorité des cas, les limites supérieures ont progressé de plusieurs mètres. Seules les limites supérieures des transects de Saint-Hippolyte et de Font Dame n'ont pas progressé. Néanmoins, ces dernières sont stationnaires. Contrairement aux limites supérieures, les limites inférieures semblent montrer des fluctuations moins fréquentes, excepté sur deux transects. La limite inférieure du transect du terrain militaire a progressé alors que la limite du transect de Saint-Hippolyte a régressé (Tableau 28).

Tableau 28 : Analyse de l'évolution des limites des herbiers de l'étang de Salses-Leucate

N° Zone à enjeux	Evolution limite supérieure (mètres)	Evolution limite inférieure (mètres)
1 - Le Paurel	+10	0
2 - Port-Fitou à l'anse de Leucate	+15	-
7 - Les Dosses	+20	0
10 - Terrain militaire	+28	+50
11 - Saint-Hippolyte	0	-45
13 - Anse de la Roquette à Port-Fitou	0	0
13 - Roquette	+35	
15 - Seuil central	+18	0

4.2.11 Analyse de l'évolution des classes d'herbier

L'analyse de l'évolution des classes d'herbier permet de mettre en évidence l'évolution de la vitalité des herbiers entre les campagnes de cartographie (T0) et de caractérisation (T1) (Tableau 29) :

- Substrat nu ou algal : Absence d'herbier (0%) ;
- Herbier clairsemé : Taches disséminées ou pieds dispersés en faible densité (<25%) ;
- Herbier discontinu : Alternance de taches recouvertes et non recouvertes (25 – 75%) ;
- Herbier dense : Couverture foliaire forte et homogène (>75%).

Plus l'herbier est dense, plus celui-ci a un niveau de vitalité élevée (Hily, 2006).

Seule la zone à enjeux du Paurel présente des caractéristiques stables en termes de classes d'herbier.

3 transects sur 7 ont au moins une station présentant une progression d'une à deux classes d'herbier, c'est-à-dire, une augmentation de la vitalité des herbiers sur leur station respective.

5 transects sur 7 ont au moins une station présentant une diminution d'une à deux classes d'herbier, c'est-à-dire, une dégradation des herbiers sur leur station respective.

Néanmoins, la zone à enjeux de Saint-Hippolyte semble se démarquer des autres, avec un état de dégradation intégral. Cette zone, déjà identifiée lors de la cartographie comme sérieusement dégradée par rapport aux autres, semble donc toujours en cours de dégradation. Une diminution de deux classes d'herbier est observée sur les stations superficielles et profondes, et une diminution d'une classe d'herbier sur la station centrale.

Tableau 29 : Comparaison des classes d'herbier entre la cartographie (T0) et la caractérisation (T1)

N° Zone à enjeux	Zone superficielle			Zone centrale			Zone profonde		
	T0	T1	Evolution	T0	T1	Evolution	T0	T1	Evolution
1 - Le Paurel	Dense	Dense	↔	Dense	Dense	↔	Dense	Dense	↔
2 - Port-Fitou à l'anse de Leucate	Dense	Discontinu	↓	Discontinu	Discontinu	↔	Discontinu	Discontinu	↔
7 - Les Dosses	Herbier mort	Discontinu	↑	Discontinu	Dense	↑	Discontinu	Discontinu	↔
10 - Terrain militaire	Dense	Discontinu	↓	Discontinu	Dense	↑	<i>H.incurva</i>	Clairsemé	↑
11 - Saint-Hippolyte	Dense	Clairsemé	↓	Dense	Discontinu	↓	Dense	Clairsemé	↓
13 - Anse de la Roquette à Port-Fitou	Clairsemé	Clairsemé	↔	Dense	Dense	↔	Dense	Discontinu	↓
13 - Roquette	Nu / algal	Discontinu	↑						
15 - Seuil central	Dense	Discontinu	↓	Dense	Dense	↔	Dense	Dense	↔

4.3 Discussion

4.3.1 La dynamique des herbiers

Cette première campagne de caractérisation a permis de mettre en évidence les variations parfois importantes des caractéristiques des herbiers. Ces variations ont eu lieu pendant les quelques mois séparant les campagnes de cartographie et de caractérisation.

Les changements observés sont principalement dus à la grande dynamique des herbiers constitués de *Zostères* (Plus *et al.*, 2003 ; Hily, 2006). En effet, des zones non colonisées lors de la cartographie ont été recouvertes d'herbier lors de la caractérisation et inversement. Des variations de classes d'herbier ont aussi été fréquemment observées.

Cette dynamique pourrait avoir une origine saisonnière. Dans les milieux lagunaires méditerranéens, la densité de *Z. noltii* peut varier de plusieurs milliers de faisceaux par m² au cours d'une même année. La température et la turbidité sont d'importants facteurs environnementaux influençant les variations temporelles observées dans les prairies *Z. noltii*. Ces facteurs environnementaux ont également une influence sur la longueur des feuilles, et donc sur la hauteur de la canopée (Pergent-Martini *et al.*, 2005). Les changements de classe d'herbier pourraient donc être la résultante de ces changements saisonniers.

D'autres variations importantes ont concerné *Ruppia cirrhosa*. Elle était quasiment absente sur des zones parfois fortement colonisées lors de la campagne de cartographie. Cette espèce peut être annuelle si la saison hivernale n'est pas favorable, la plante entre alors en « sommeil » jusqu'au printemps suivant (Pergent *et al.*, 2006 ; Pergent-Martini et Le Ravallec, 2007). Sa disparition pourrait donc n'être que saisonnière. Néanmoins, cette hypothèse devra être vérifiée par des observations *in situ* au cours des prochains mois.

Il paraît donc important de réaliser les prochaines campagnes de cartographie et de caractérisation à des périodes fixes de l'année, et surtout durant une saison où *Ruppia cirrhosa* est présente afin de ne pas être confronté à cette dynamique saisonnière.

4.3.2 L'état de conservation des herbiers

Les conditions environnementales différentes de chaque zone à enjeux ne permettent pas une comparaison des caractéristiques des herbiers les colonisant. Seules les caractéristiques des Magnoliophytes d'une même zone à enjeux pourront être comparées au cours du temps. Il sera donc important de toujours réaliser les campagnes de caractérisation à la même période.

La zone à enjeux du Paurel

Secteur de sensibilité forte, exposé à des risques moyens (faible compétition avec les algues opportunistes et *Valonia aegagropila*, faible pression anthropique). L'herbier de ce secteur est en excellent état de conservation, il a été défini comme herbier de référence. Ce type de situation laisse entrevoir des perspectives de maintien voire d'amélioration de la valeur biologique de l'habitat.

La caractérisation a montré que l'état de conservation de l'herbier de cette zone semble effectivement excellent.

En revanche, en zone superficielle, l'herbier est soumis à un piétinement modéré. Ce phénomène peut avoir un effet significatif sur la vitalité des herbiers de Zostères du fait de la grande fragilité des faisceaux et des rhizomes (Davison et Hughes, 1998). L'origine de ce piétinement pourrait donc être identifiée et éventuellement réduit ou stoppé afin d'observer une éventuelle restauration de la vitalité des Magnoliophytes.

En zone profonde, *V. aegagropila* et *Ulva* sont présentes en faibles quantités. De plus, elles ne semblent pas avoir un comportement proliférant ni entrer en compétition avec les herbiers. Les prochaines caractérisations devraient permettre de réaliser un suivi régulier de ces deux espèces et de confirmer le maintien de cet état plutôt stable.

La zone à enjeux de Port-Fitou à l'anse de Leucate

Secteur de sensibilité bonne et exposé à des risques moyens (compétition avec *Valonia aegagropila*). Dans ce secteur, les activités anthropiques sont faibles. La compétition entre les herbiers et *Valonia aegagropila* peut être suivie.

La caractérisation a montré une diminution de la vitalité des herbiers sur la station superficielle. En effet, celle-ci était colonisée par une grande quantité de *Chaetomorpha*. Cette espèce peut proliférer lorsque l'eau est riche en éléments nutritifs (nitrates et phosphates) (Laugier, 2000). Elle entre alors en compétition avec les herbiers et en limite le développement (Denet, 2010). Il est donc possible que cette espèce soit à l'origine de cette diminution de vitalité.

Il est également possible de soupçonner un enrichissement en nitrates et phosphates trop important dans cette zone. La source de ces éléments nutritifs devrait être localisée et réduite afin d'observer une éventuelle diminution de la quantité d'algues opportunistes et ainsi, une hausse de la vitalité de l'herbier.

La caractérisation des autres stations a montré une présence récurrente de *V. aegagropila* au sein des herbiers. Dans les zones où elle se développe, les Magnoliophytes et *V. aegagropila* sont en compétition directe pour l'occupation de ces stations. Cependant, le risque de voir cette espèce s'étendre au-delà de son aire de répartition est relativement faible (Cesmat, 2006). Un suivi régulier de cette espèce pourrait néanmoins être réalisé afin de vérifier sa relative stabilité au cours du temps.

La zone à enjeux des Dosses

Secteur de sensibilité bonne, exposé à des risques faibles (faible compétition avec *Halopitys incurva*). Dans ce secteur, les activités anthropiques sont faibles. La compétition entre les herbiers et *Halopitys incurva* peut être suivie.

La caractérisation a montré que l'herbier de cette zone à enjeux était dans un état de conservation plutôt bon. Aucune compétition avec d'autres espèces n'a été constatée. Depuis la cartographie, l'état de conservation de l'herbier de cette zone à enjeux semble relativement stable.

Il est important de signaler une recolonisation d'une zone d'herbier, observé mort lors de la campagne de cartographie. Cette rapide recolonisation met en évidence la forte dynamique des Zostères.

La zone à enjeux du terrain militaire

Secteur de sensibilité bonne, exposé à des risques moyens (compétition avec *Halopitys incurva*). Dans ce secteur, les activités anthropiques sont faibles. La compétition entre les herbiers et *Halopitys incurva* peut être suivie.

La caractérisation a montré que l'herbier de cette zone à enjeux avait évolué.

En partie supérieure, l'état de conservation des Magnoliophytes a diminué. Cette zone était colonisée par une grande quantité d'algues opportunistes de type *Ulva*. Cette espèce peut proliférer dans les milieux riches en nitrates et phosphates (Laugier, 2000). Elles entrent alors en compétition avec les herbiers et en limite le développement (Denet, 2010). Il est donc possible que cette espèce soit à l'origine de cette diminution de vitalité des herbiers en zone supérieure.

Un enrichissement en nitrates et phosphates d'origine anthropique pourrait être à l'origine de ce développement d'*Ulva*. La source en éléments nutritifs pourrait par conséquent être localisée et réduite afin de voir une éventuelle diminution de la quantité d'algues opportunistes et ainsi, une hausse de la vitalité de l'herbier.

A l'inverse, la station centrale semble avoir progressé en vitalité. *H. incurva*, présente sur la station, ne montre pas de signes de prolifération, ni de compétition avec les Magnoliophytes. Un suivi régulier de cette espèce devrait cependant être réalisé, au cours des prochaines caractérisations. Cette espèce est en effet en cours de progression dans le bassin de Salses (Laugier, 2000 ; Ifremer, 2005c ; Ifremer, 2010). De plus, elle est à l'origine de la dégradation des herbiers dans d'autres zones à enjeux.

Enfin, la station profonde est située sur une zone nouvellement colonisée par les herbiers et anciennement recouverte d'*H. incurva*. Cette station devra donc faire l'objet d'un suivi attentif afin d'étudier l'éventuelle progression de l'herbier vers la partie profonde du bassin de Salses, et donc sa vitalité.

La zone à enjeux de Saint-Hippolyte

Secteur de sensibilité faible soumis à un risque fort (algues opportunistes, présence d'herbier mort, *Halopitys incurva*, aménagement littoral). Les perspectives à envisager seraient de contenir voire de diminuer les éléments responsables de l'état particulièrement dégradé de l'herbier dans cette zone.

Cette zone à enjeux est la plus préoccupante. En effet, sur toute la longueur du transect, il a été observé une forte dégradation de l'herbier, déjà dégradé lors de la cartographie. A l'époque, une grande partie de la zone superficielle était occupée par un herbier récemment mort. Lors de la caractérisation, cette même zone était recouverte d'un tapis d'*Ulva* et d'*Halopitys incurva*.

L'observation de faisceaux de *Z. noltii* « noircis » sous la couche d'*H. incurva* laisse supposer un étouffement de ces Magnoliophytes. Les faisceaux de *Z. marina*, plus longs, émergent à travers la couche d'*H. incurva*, et peuvent apparemment survivre.

Plusieurs évènements peuvent être à l'origine de cette dégradation (enrichissement excessif, pollution accidentelle ou chronique, crise dystrophique, etc.).

La Rhodophyte, *Halopitys incurva*, colonise une grande partie de la zone à enjeux de Saint-Hippolyte (Figure 31).



Figure 31 : Prolifération d'*H. incurva* dans la zone à enjeux de Saint-Hippolyte.

Halopitys incurva a en effet tendance à s'installer depuis quelques années dans l'étang de Salses-Leucate (Laugier, 2000 ; Ifremer, 2005c ; Ifremer, 2010). Elle se présente comme un tapis épais et homogène, pouvant entrer en compétition avec les Magnoliophytes. La prolifération de cette espèce pourrait être due à un relargage de nutriments accumulés dans les sédiments, ou encore être la résultante de la sécheresse des années passées (Lauret, comm. pers.). La diminution de l'apport en éléments nutritifs pourrait donc être une solution afin d'observer une éventuelle diminution de la population de cette espèce sur le long terme.

Il a également été observé une forte présence d'*Ulva*, et dans une moindre mesure de *Chaetomorpha*. Ces espèces se développent lorsque l'eau de la lagune est riche en éléments nutritifs (nitrates et phosphate) (Laugier, 2000). En proliférant de façon excessive, elles entrent en compétition avec les herbiers et en limitent le développement (Denet, 2010). Il est donc envisageable de soupçonner un enrichissement en nitrates et phosphates trop important dans la zone à enjeux de Saint-Hippolyte. La source de ces éléments nutritifs devrait être localisée et réduite afin d'observer une éventuelle diminution de la quantité d'algues opportunistes et ainsi, une restauration de la vitalité de l'herbier.

La zone à enjeux de l'anse de la Roquette à Port-Fitou

Secteur de sensibilité bonne soumis à des risques forts (prolifération d'algues opportunistes en limite supérieure et compétition avec *Halopitys incurva* en limite inférieure). Les perspectives à envisager seraient de contenir voire de diminuer les éléments responsables de cette prolifération.

La caractérisation a montré que l'herbier de cette zone à enjeux a évolué.

Sur la station supérieure de l'anse de la Roquette, l'herbier a progressé, preuve d'un regain de vitalité. De plus, cette zone colonisée par de grandes quantités d'algues opportunistes lors de la cartographie ne l'était plus lors de la caractérisation. Cette première caractérisation met donc en évidence une éventuelle amélioration des conditions pour les Magnoliophytes dans l'anse de la Roquette. Un suivi régulier des caractéristiques de la station devra tout de même être réalisé afin de confirmer cette tendance.

A l'inverse, la station supérieure située près de l'embouchure de Font Dame, présente des signes de dégradation importants. Cette zone est fortement colonisée par des algues opportunistes (*Ulva* et *Chaetomorpha*). Ces algues, déjà signalées lors de la campagne de cartographie, indiquent un enrichissement excessif en nitrates et phosphates. La source de ces éléments nutritifs devrait donc être localisée et réduite afin d'observer une éventuelle diminution de la quantité d'algues opportunistes et ainsi, une hausse de la vitalité de l'herbier.

La vitalité des herbiers de la station centrale est excellente et ne semble pas avoir évolué depuis la cartographie.

Enfin, la station profonde montre des signes de dégradation. Ils pourraient être dus à un éventuel effet de compétition avec *H. incurva*. Le fort recouvrement de cette espèce sur la station peut provoquer un effet d'étouffement, comme cela a été constaté sur la zone à enjeux de Saint-Hippolyte (Figure 32). Seul un suivi régulier de cette Macrophyte pourrait permettre de vérifier si elle est toujours en phase de progression.

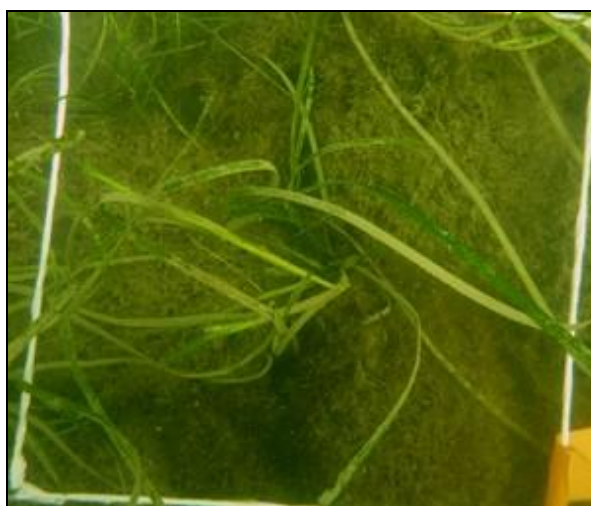


Figure 32 : Herbier paraissant « étouffé » sous le tapis d'*H. incurva*.

La zone à enjeux du seuil central

Secteur de sensibilité forte, exposé à des risques faibles (faible pression anthropique). L'herbier de ce secteur est en excellent état de conservation, il a été défini comme herbier de référence. Ce type de situation laisse entrevoir des perspectives de maintien de la valeur biologique de l'habitat.

La caractérisation a montré que l'état de conservation de l'herbier de cette zone à enjeux avait peu évolué, sauf au niveau la station supérieure.

La station supérieure présentait des signes de dégradation, dus principalement au piétinement (Figure 33). Les effets dus au piétinement peuvent avoir des conséquences non négligeables sur la vitalité des Magnoliophytes. En effet, les rhizomes et les faisceaux très fragiles peuvent être facilement détruits lorsque le piétinement est intense (Davison et Hughes, 1998). Seule une diminution de ce phénomène pourrait permettre une éventuelle restauration de la vitalité des Magnoliophytes.

Les autres stations de caractérisation n'ont pas montré d'évolution significative. L'état de conservation des Magnoliophytes y est excellent, comme cela avait été constaté lors de la cartographie.



Figure 33 : Les effets du piétinement sur les herbiers.

4.3.3 Comparaison des résultats avec l'étang de Thau

L'étang de Thau, situé dans le département de l'Hérault, a bénéficié d'études similaires (Louarit, 2009 ; Pfleger, 2009 ; SMBT, 2010). Cet étang présente des caractéristiques proches de celles de l'étang de Salses-Leucate (profondeur relativement importante, caractère marin prononcé, pollution faible et présence de grands herbiers de Zostères).

Dans l'étang de Salses-Leucate, *Zostera noltii* est l'espèce dominante (espèce pionnière, préférant les milieux pauvres en matière organique et assez agités ; Laugier *et al.*, 1999). Dans l'étang de Thau, *Zostera marina* constitue l'essentiel des herbiers (espèce inféodée aux milieux calmes, riches et peu perturbés ; Laugier *et al.*, 1999). L'étang de Thau pourrait donc éventuellement être un milieu plus calme, plus stable et plus riche en matière organique que l'étang de Salses-Leucate.

Les limites inférieures des herbiers de l'étang de Thau sont plus profondes que celles de l'étang de Salses-Leucate, surtout pour *Zostera marina* (Tableau 30). Une différence de transparence de l'eau pourrait expliquer ces observations. En effet, une eau chargée en particules (particules sédimentaires, planctoniques, etc.) bloquerait plus le passage de la lumière, réduisant ainsi les possibilités des herbiers à se développer en profondeur. La colonne d'eau de l'étang de Thau pourrait donc éventuellement être plus transparente que celle de l'étang de Salses-Leucate.

Tableau 30 : Comparaison des profondeurs moyennes des limites inférieures des herbiers de Magnoliophytes dans les étangs de Salses-Leucate et de Thau.

Caractéristiques	Bassin de Salses	Bassin de Leucate	Etang de Thau
Profondeur moyenne de la limite inférieure de développement de <i>Z.noltii</i>	2,1 m	+ de 3 m	3 m
Profondeur moyenne de la limite inférieure de <i>Z.marina</i>	2,1 m	+ de 3 m	5 m

Les caractéristiques de *Zostera noltii* sont différentes dans les deux étangs (Tableau 31). Dans l'étang de Salses-Leucate, la densité maximale observée est beaucoup plus importante que celle de l'étang de Thau. En revanche, les hauteurs de canopée sont plus importantes dans l'étang de Thau. Ces grandes différences de caractéristiques morphologiques pourraient avoir plusieurs origines, comme des différences de conditions climatiques, de courantologie ou encore de salinité (Cardoso *et al.*, 2008 ; Widdows *et al.*, 2008). De plus, les caractéristiques morphologiques des Magnoliophytes peuvent varier considérablement en fonction de la saison (Pergent-Martini *et al.*, 2005). Ainsi, si la caractérisation des Magnoliophytes n'a pas été effectuée durant la même période sur les deux lagunes, la comparaison de ces résultats ne pourrait pas être cohérente. Cette comparaison est donc donnée qu'à titre indicatif.

Tableau 31 : Comparaison des caractéristiques de *Zostera noltii* dans les étangs de Salses-Leucate et de Thau.

Caractéristiques	Etang de Salses-Leucate	Etang de Thau
Densité maximale (faisceaux / m ²)	3960	1666
Densité moyenne (faisceaux / m ²)	1378	Donnée non disponible
Hauteur de canopée maximale (cm)	50	63
Hauteur de canopée minimale (cm)	8	11
Hauteur de canopée moyenne (cm)	24,6	39

Les caractéristiques morphologiques de *Zostera marina* sont au contraire relativement semblables sur les deux étangs (Tableau 32). Les zones de l'étang de Salses-Leucate, où *Z. marina* se développe, pourraient éventuellement posséder des conditions semblables à l'étang de Thau, vis-à-vis des exigences de cette espèce.

Tableau 32 : Comparaison des caractéristiques de *Zostera marina* de l'étang de Salses-Leucate avec les données disponibles de l'étang de Thau.

Caractéristiques	Etang de Salses-Leucate	Etang de Thau
Densité maximale (faisceaux / m ²)	320	375
Densité moyenne (faisceaux / m ²)	35	Donnée non disponible
Hauteur de canopée maximale (cm)	120	125
Hauteur de canopée minimale (cm)	21	29
Hauteur de canopée moyenne (cm)	59,6	62

Pour *Ruppia cirrhosa*, l'étude menée sur Thau ne semble pas signaler sa présence.

5 Conclusion

La présente étude a porté sur la cartographie et de caractérisation des herbiers de Magnoliophytes marines dans l'étang de Salses-Leucate.

L'analyse des résultats obtenus à l'issue de cette étude, montre que les herbiers colonisent une grande partie des zones peu profondes de l'étang de Salses-Leucate.

Cependant, certaines zones plus profondes, comme le centre du bassin de Leucate sont également colonisées par un herbier clairsemé. La surface colonisée par les herbiers de Magnoliophytes marines de l'étang de Salses-Leucate semble plus grande par rapport aux cartes anciennes. Cette augmentation est surtout visible dans le bassin de Leucate. De plus, l'essentiel des herbiers sont de classe « dense ». Les seules zones où les herbiers semblent avoir reculé significativement sont le sud et le centre du bassin de Salses.

L'espèce actuellement dominante dans l'étang est *Zostera noltii*. Elle est présente sur la quasi-totalité des herbiers de la lagune. En revanche, *Zostera marina* et *Ruppia cirrhosa* sont moins abondantes et sont seulement présentes en grandes quantités dans des zones localisées.

Le principal élément influençant actuellement la répartition des herbiers est *Halopitys incurva*, qui semble freiner considérablement le bon développement des Magnoliophytes, surtout dans la zone profonde du bassin de Salses. De plus, cette même espèce peut limiter le développement des herbiers dans leur partie supérieure, quand elle s'accumule sous l'effet des vents dominants.

La Chlorophyte, *Valonia aegagropila*, semble elle aussi sérieusement limiter le développement des herbiers dans l'Ouest du bassin de Leucate et dans l'anse de Leucate. Cependant, contrairement à *Halopitys incurva*, son expansion semble aujourd'hui ralentir.

Les autres éléments pouvant réduire l'aire de répartition des herbiers sont la présence d'algues opportunistes à l'Ouest du bassin de Salses et d'une zone où l'herbier a disparu suite à une mortalité récente dans le territoire communal de Saint-Hippolyte. Pour cette dernière zone, l'origine de cette mortalité est à ce jour inconnue.

La méthode de cartographie utilisée durant cette étude a montré son efficacité et sa fiabilité. Elle permet d'obtenir des cartes homogènes et précises sur la répartition des herbiers en fonction du recouvrement, des espèces de Magnoliophytes, des associations entre ces espèces et même sur la répartition d'autres espèces protégées comme *Pinna nobilis* ou d'espèces proliférantes comme *Halopitys incurva* ou *Valonia aegagropila*. Cependant, un travail conséquent sur le terrain est nécessaire pour généraliser la cartographie sur toute une lagune. Si un suivi spatio-temporel des herbiers de Magnoliophytes est envisagé, il faudra veiller à utiliser des méthodes stables, car le mélange des supports ou des méthodes risquerait de fausser les conclusions. L'uniformisation des indicateurs de l'état de conservation des herbiers serait également nécessaire pour pouvoir comparer plusieurs lagunes.

La caractérisation des Magnoliophytes a été opérée plusieurs mois après la cartographie. Elle a permis d'analyser les caractéristiques générales des herbiers et des espèces résidentes.

Tout comme la cartographie, cette première campagne de caractérisation des Magnoliophytes pourra servir d'état initial. Lors des futures caractérisations, effectuées sur les mêmes zones, des comparaisons pourront être réalisées afin d'évaluer l'évolution de l'état de conservation des herbiers de l'étang de Salses-Leucate.

La caractérisation des herbiers a permis de dégager quelques tendances. Les herbiers de Magnoliophytes, constitués de *Zostera noltii* et de *Ruppia cirrhosa*, ont une dynamique saisonnière et de colonisation élevées. En effet, en quelques mois, certaines zones non colonisées étaient recouvertes de Zostères, et inversement. De plus, la presque totalité des feuilles de *Ruppia cirrhosa*, espèce parfois annuelle si les conditions climatiques ne sont pas bonnes, avait disparu. Il conviendra donc de réaliser la caractérisation des Magnoliophytes pendant la saison estivale et à la même période afin d'étudier éventuellement cette espèce qui occupe une part importante des herbiers de l'étang de Salses-Leucate.

Enfin, au-delà des objectifs opérationnels et de gestion, il est bien évident que la cartographie et la caractérisation des herbiers de Magnoliophytes marines de l'étang de Salses-Leucate, participe à la surveillance globale de la qualité des eaux lagunaires, mise en oeuvre dans le cadre des différents réseaux existants (RSL, DCE, etc.).

6 Bibliographie

Alloncle N., Guillaumont L., Leveque L., 2005. Cartographie des herbiers de zostères. Fiche technique. Projet REBENT. Ifremer publ : 1 - 14.

Aminot A., Kerouel R., 2004. Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Ifremer publ. : 1 - 316.

Anonyme, 2008. SUDOE Programme de coopération territoriale. <http://www.interreg-sudoe.eu> novembre 2010.

Anonyme, 2010. Bassin d'Arcachon Syndicat intercommunal. <http://siba-bassin-arcachon.fr/> Novembre 2010.

Arnaud P., 1967. Les salinités des l'étang de Salses-Leucate et le régime des eaux souterraines. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 31(2) : 109 - 116.

Arnaud P., Raimbault R., 1969. L'étang de Salses-Leucate ses principaux caractères physico-chimiques et leurs variations (en 1955-1956 et de 1960 à 1968). *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.*, 33(4) : 335 - 443.

Aronsson J., 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. Tucson, Arizona 85701 USA. 1 - 13.

Augier H., Boudouresque C.F., 1970. Végétation marine de l'île de Port-Cros (Parc National). V : La baie de Port-Man et le problème de la régression de l'herbier de Posidonies. *Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille*, T. XXX : 144 - 167.

Bellan-Santini D., Bellan G., Harmelin J. G. 2007. Liste de référence des types d'habitats marins pour la sélection des sites à inclure dans les Inventaires Nationaux de Sites Naturels d'Intérêt pour la Conservation. 1 - 199.

Bouhlal R., Riadi H., Martinez J., Bourgougnon N., 2010. The antibacterial potential of the seaweeds (Rhodophyceae) of the Strait of Gibraltar and the Mediterranean Coast of Morocco. Université européenne de Bretagne (UEB), Laboratoire de Biotechnologie et Chimie Marines (LBCM), Centre de recherche Yves Coppens, Univ. Vannes, Fr. Laboratoire de Diversité et Conservation de Systèmes Biologiques (LDICOSYB), Univ. Tétouan, Maroc. Laboratory of Microbiology, Univ. Grenade, Spain. *African Journal of Biotechnology*. 9(38) : 6365 - 6372.

Boutière H., De Bovee F., Dellile D., Fiala M., Gros C., Jacques G., Knoepffler M., Labat J.P., Panouse M., Soyer J., 1982. Effet d'une crise dystrophique dans l'étang de Salses-Leucate. *Oceanologica Acta*, n°sp. LASSERRE P., POSTMA H. edit. : 231 - 242.

Boutière H., Mizoule R., 1975. Préliminaire à l'étude de l'étang de Salses-Leucate après son remaniement général. *Doc. Lab. Arago*. 1 - 8.

Cardoso P.G., Raffaelli D. & Pardal M.A., 2008. The impact of extreme weather events on the seagrass *Zostera noltii* and related *Hydrobia ulvae* population. *Marine Pollution Bulletin* 56, 483 – 492.

Catala-Cottini B., Midoux J.L., 2001. Etang de Salses-Leucate. Plan bathymétrique général. SMNLR. : 1 - 8 + Carte.

Cesmat L., 2006. *Etudes des processus écophysologiques et hydrodynamiques de la dynamique de l'algue invasive Valonia aegagropila (C.Agardh) dans la lagune de Salses-Leucate*. Thèse de doctorat, Univ. Montpellier II, Fr. : 1 - 197 + Ann.

Clanzig S., 1987. *Inventaire des invertébrés d'une lagune méditerranéenne des côtes de France, biocénose et confinement : l'étang de Salses-Leucate (Roussillon)*. Thèse de doctorat, Ecole pratique des hautes études Sciences de la vie et de la terre. Paris, Fr. : 1 - 460.

Da Cruz H., 2003. Programme for the integrated management of the Mar Menor coastline and its area of influence (Camp Mar Menor) Feasibility study. The Regional Ministry of Agriculture, Water and Environment of Murcia. 1 - 116.

Dalias N., 2004. *Etude de la vulnérabilité du site Natura 2000 « Posidonies de la côte des Albères » proposition de mesures de gestion*. Rapp stage Master 2 « Environnements Méditerranéens et Développement Durable ». Univ. Perpignan, Fr. 1 - 27.

Davison D.M., Hughes D.J., 1998. Zostera biotopes. An overview of dynamics and sensitivity characteristics for conservation management of marine SACs. Scottish Association for Marine Science (UK Marine SACs Project), 1 : 1 - 95.

De Gaulejac B., Roux M., Poizat C., Vicente N., 2005. Cadre sédimentaire et méiofaunal de *Pinna nobilis* Linné, 1758 de l'étang de Diana, Corse, France. Sedimentary and meiofauna environment of *Pinna nobilis* Linné, 1758 in the Diana Lagoon, Corsica, France. Institut océanographique Paul Ricard, Marseille, Fr. 15 (1-2) : 51 - 61.

De Jong D.J., 2004. Water Framework Directive: determination of the Reference condition and Potential-REF/Potential-GES and formulation of indices for plants in the coastal waters CW-NEA3 (K1), CW-NEA4 (K2), CW-NEA1 (K3), transitional waters, TW-NEA11 (O2), and large saline lakes, NEA26 (M32), in The Netherlands. *Working document RIKZ/OS/2004* : 1 - 832.

Denet A., 2010. Pôle relais Lagunes méditerranéennes. <http://www.pole-lagunes.org> Novembre 2010.

Fabre E., 2010. Préparation et mise en œuvre d'une campagne de cartographie et de caractérisation des herbiers de Magnoliophytes marines dans l'étang de Salses-Leucate. Rapp. Stage, Master 2 Gestion Intégrée du Littoral et des Ecosystèmes, Univ. Corse, Fr. : 1 - 32 + ann.

Gadel F., Buscail R., Monaco A., 1984. Aspects sédimentologiques et géochimiques de quelques lagunes du Languedoc-Roussillon (Golfe du Lion). *Vie et Milieu*, 34(4) : 161 - 172.

Got H., 1965. Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de la région de Feuillea-Fitou (Corbières) et de la Salanque (Roussillon). Thèse de doctorat, CERGH, Institut de géologie, Univ. Montpellier II, Fr. : 1 - 158 + Ann.

Herve P., 1978. *Ichtyofaunes comparées de deux étangs littoraux du Roussillon : Canet-Saint Nazaire et Salses-Leucate*. Thèse de doctorat, Univ. Pierre et Marie CURIE, Paris, Fr. : 1 - 253.

Hily C., 2006. Fiche de synthèse sur les biocénoses : Les herbiers de Zostères marines (*Zostera marina* et *Zostera noltii*). Ifremer publ. : 1 - 6.

Hily C., Den Hartog C., 1997. Les herbiers de zostères. In DAUVIN J.C., (Ed.), « *Les Biocénoses Marines et Littorales Françaises des Côtes Atlantiques, Manche et mer du nord: Synthèse, Menaces et Perspectives.* » MNHN, Paris, 28 : 140 - 143.

Hily C., Le Hir M. 2002. The use of sedimentary intertidal system as recreational hand fishing area and its impacts on eelgrass beds (*Zostera marina*). In West Brittany, France. Seminar « *The Intertidal System* ». Royal Irish Academy National Committee for Biology, Dublin Ireland.

Ifremer, 2005a. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Recommandations concernant le benthos. *Fiche technique n°6 : Angiospermes – Herbiers à Zostera marina.* : 1 - 4.

Ifremer, 2005b. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Recommandations concernant le benthos. *Fiche technique n°7 : Angiospermes – Herbiers à Zostera noltii.* : 1 - 4.

Ifremer, 2005c. Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2004. *Rapport RSL-05/2005.* : 1 - 434.

Ifremer, 2010. Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2009. *Rapport RSL-10/2010* : 1 - 321.

Kendall M.S., Monaco M.E., Buja K.R., Christensen J.D., Kruer C.R., Finkbeiner M., Warner R.A., 2001. Methods Used to Map the Benthic Habitats of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. National Oceanic and Atmospheric Administration : 1 - 45.

Knoepffler M., GROS C., 1980. Les eaux brunes de l'étang de Salses-Leucate. *Lab. Arago* :1 - 8.

Larkum A., Orth W.D., Robert J., Duarte F., Carlos M. 2006. Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation. Springer publ. : 1 - 691.

Laugier T., 2000. Bilan écologique et diagnostic de l'étang de Salses-Leucate. Contrat pour l'étang de Salses-leucate Volet II.B. Ifremer publ. : 1 - 109.

Laugier T., Rigollet V., De Casabianca M.L. 1999. Seasonal dynamics in mixed eelgrass beds, *Zostera marina* L. And *Zostera noltii* Hornem., in a Mediterranean coastal lagoon (Thau lagoon, France). *Aquat. Bot.*, 63 : 51 - 69.

Lotfi R., SABIHA Tlig Z., OUM Kalthoum Ben H., 2008. Two species of Crustacea (Decapoda) associated with the fan mussel, *pinna nobilis* Linnaeus, 1758 (Mollusca, Bivalvia). *Crustaceana*. University Campus, El Manar 2092, Tunis, Tunisia. 81 (4) : 433 - 446.

Louarit A., 2009. Cartographie des herbiers de zostères sur le bassin de Thau. UMR TETIS AgroParisTech- Cemagref – CIRAD. 4-29.

Pergent, G., Pasqualini, V., Pergent-Martini, C., Ferrat, L. & Fernandez, C., 2006. Variability of *Ruppia cirrhosa* in two coastal lagoons with differing anthropogenic stresses. *Botanica Marina* 49: 103-110.

Pergent-Martini C., Pasqualini V., Ferrat L., Pergent G., Fernandez C., 2005. Seasonal dynamics of *Zostera noltii* Hornem. in two Mediterranean lagoons. *Hydrobiologia*. 543 (1) : 233-243.

Pergent-Martini C., Le Ravallec C., 2007. Lignes directrices pour les études d'impacts sur les herbiers marins. Programme des Nations Unies pour l'Environnement ; Plan d'Action Méditerranéen ; Centre d'Activités Régional pour les Aires Spécialement Protégées (CAR/ASP). 1-39.

Pfleger C., 2009. Mise en place d'une méthode d'inventaire cartographique et de caractérisation des herbiers de zostères de la lagune de Thau dans le cadre du diagnostic écologique Natura 2000. Rapp. Stage, Master 2 BCE Milieux Aquatiques, Université de Perpignan Via Domitia. 1-30.

Plus M., Deslous-Paoli J.M., Dagault T F., 2003. Seagrass (*Zostera marina* L.) bed recolonisation after anoxia-induced full mortality. *Aquatic Botany* 77 (2003) Elsevier publ. :121 - 134.

Riviere A., Verhnet S., 1956. Observations sédimentologiques sur l'étang de Leucate. C.R. Acad. Sci. Paris, 243(16) : 1134 - 7.

Riviere A., Verhnet S., 1958. Evolution de la rive orientale de l'étang de Leucate-Salses. C.R Acad.Sci Paris. 246(12) : 1851 - 1894.

Salvayre H., 1977. Spéléologie et hydrogéologie des massifs calcaires des Pyrénées-Orientales. *Revue Conflent*, 86, 87, 90 : 1 - 249.

Short FT., Wyllie-Echeverria S., 1996. Natural and human induced disturbance of seagrasses. *Environ Conserv.*, 23 : 17 - 27.

Strindberg S., Buckland T., 2002. Zigzag Survey Designs in Line Transect Sampling. American Statistical Association and the International Biometric Society. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 9(4) : 443 - 461.

Velimirov, 1984. Grazing of *Sarpa salpa* L. on *Posidonia oceanica* and utilization of soluble compounds. International workshop *Posidonia oceanica* beds, Boudouresque C.F, Jeudi De Grissac A., Olivier J., edit. GIS Posidonie publ. Fr., 1 : 381 - 387.

Verhoeven J T A., 1979. The ecology of *Ruppia*-dominated communities in western Europe. Distribution of *Ruppia* representatives in relation to their autecology. *Aquatic Botany*, 6 : 197 - 267.

Verlaque M., 2000. Actualisation de la flore des macrophytes des étangs de Thau (Hérault) et de Salses-Leucate (Aude – Pyrénées-Orientales). Programme national d'océanographie côtière (2ème phase) pnec - lagunes méditerranéennes. Thème 1 : Le compartiment 'MACROPHYTES' UMR-6540 DIMAR COM CNRS : 1 - 63 + ann.

Widdows J., Pope N.D., Brinsley M.D., Asmus H., Asmus R.M., 2008- Effects of seagrass beds (*Zostera noltii* and *Z. marina*) on near-bed hydrodynamics and sediment resuspension. *Mar Ecol Prog Ser* (358) : 125-136.

Wilke M., 1998. Spatio-temporal dynamics of physico-chemical and chemical factors in the water of a heavily transformed Mediterranean coastal lagoon, the Etang de Salses-Leucate (France). *Vie et Milieu*, 49(2-3) : 177 - 191.

7 Annexes

Annexe 1 : Fiches descriptives des espèces de Magnoliophytes présentes dans les herbiers de l'étang de Salses-Leucate

***Zostera noltii* (Zostère naine)**
Hornemann 1832

Classification

Empire : Eukaryota
Règne : Plantae
Sous-règne : Viridaeplantae
Phylum : Magnoliophyta
Classe : Monocotylédones
Ordre : Potamogetonales
Famille : Zosteraceae
Genre : *Zostera*



Herbier à *Zostera noltii* dans l'étang de Salses-Leucate.

Description

Feuilles :

- Longueur : 4 à 20 cm.
- Largeur : 0,5 à 1,5 mm.

Tige : Pas de ramifications.

Fleur : Spadices sur un pédoncule spiralé portant 3 à 12 fleurs unisexuées; période de floraison a lieu entre avril et juin.

Fruit : Ovaux, arrondis à la base, brunâtres et lisses ; de 2 mm de long et 1 mm de large.

Multiplication : Asexuée (rhizome) ou sexuée (graines) (cette espèce est monoïque).

Racine : Grêles et regroupées par 2 ou 3.

Rhizomes : Très grêles ; émet des feuilles au niveau de ses nœuds.

Distribution : De la Mauritanie au Sud jusqu'à la Norvège méridionale au Nord ; Mer Méditerranée (fonds de baies et lagunes) ; Mer Noire ; Mer Caspienne ; Mer d'Aral.

Habitat : Eaux marines et saumâtres dans des faibles profondeurs (0,1 à 1,5 m) sur sédiment de texture grossière et pauvre en matière organique. L'espèce est vivace.

***Zostera marina* (Grande Zostère)**
Linnaeus, C. (1753)

Classification

Empire : Eukaryota
Règne : Plantae
Sous-règne : Viridaeplantae
Phylum : Magnoliophyta
Classe : Monocotylédones
Ordre : Potamogetonales
Famille : Zosteraceae
Genre : *Zostera*



Herbier à *Zostera marina* dans l'étang de Salses-Leucate.

Description

Feuilles :

- Longueur : de 30 à 120 cm
- Largeur : 3 à 12 mm

Tige : Souvent ramifiée.

Fleur : Unisexuées. Petits épis verts, aplatis, cachés dans la gaine à la base des feuilles portant de 1 à 20 fleurs de chaque sexe ; floraison de mars à septembre.

Fruit : Ovoïde ou ellipsoïdale, blanchâtre, de 2 à 5 mm de long, surmonté d'un style de 1 à 3 mm.

Racine : Grêles, regroupées par 5 à 20 par nœud.

Rhizomes : 2 à 6 mm d'épaisseur, enfoui.

Multiplication : Asexuée, par bourgeonnement des rhizomes ; sexuée par des graines (espèce monoïque).

Distribution : Eaux froides ou tempérées de l'hémisphère nord (Mer Méditerranée, Océan Atlantique, Manche, Mer du Nord, Mer Baltique), dans les zones et mers bordant l'Atlantique et le Pacifique.

Habitat : Sur substrat sableux ou vaseux des littoraux abrités, des lagunes ou des estuaires ; dans des zones rarement exondées, jusqu'à 11 m de profondeur. L'espèce est vivace.

***Ruppia cirrhosa* (Ruppie spiralée)**
(Petagna) Grande 1918

Classification

Empire : Eukaryota
Règne : Plantae
Sous-règne : Viridaeplantae
Phylum : Magnoliophyta
Classe : Monocotylédones
Ordre : Potamogetonales
Famille : Ruppiaceae
Genre : Ruppia



Herbier à *Ruppia cirrhosa* en fleurs dans l'étang de Salses-Leucate.

Description

Feuilles :

- Longueur : moins de 7cm
- Largeur : moins de 1mm

Tige : Beaucoup de ramification, jusqu'à 50cm de long.

Fleur : Minuscules (3-5 mm de diamètre), absence de pétales et sépales, et se produisent par paires sur des tiges. Parfois les fleurs peuvent s'étaler à la surface de l'eau. La pollinisation se produit souvent sous l'eau ou à la surface des eaux.

Fruit : Akène de 1,5 à 2 mm de long de couleur foncée en forme de poire. Chaque fruit est sur des tiges individuelles et connectées au pédoncule floral.

Multiplication : Asexuée, par bourgeonnement des rhizomes ; sexuée par des graines (espèce hermaphrodite.)

Racine : Fibreuse et peu profondément enfouis sous les rhizomes.

Rhizome : 2 à 6 mm d'épaisseur, enfoui.

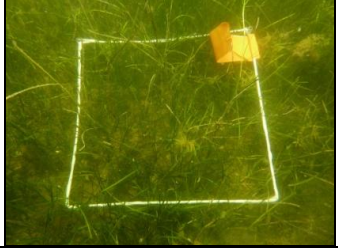
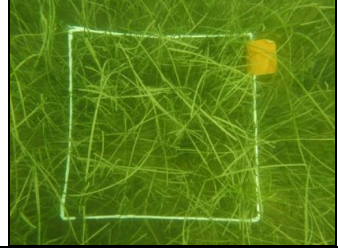
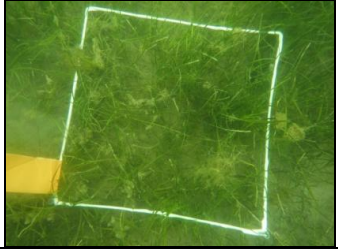
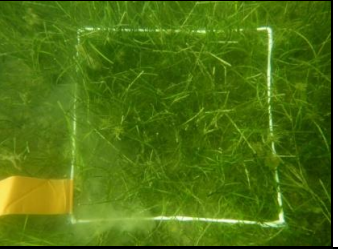
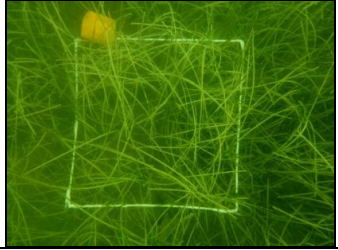
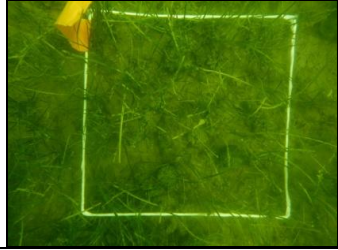
Distribution : Dans le monde.

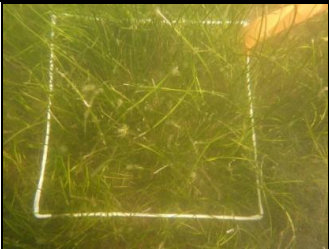
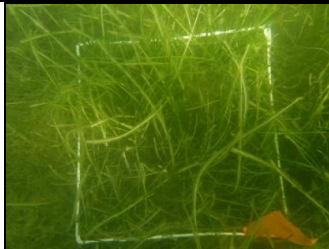
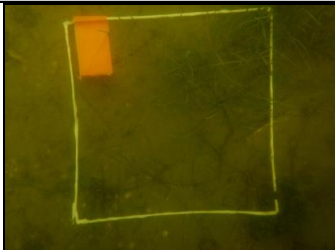
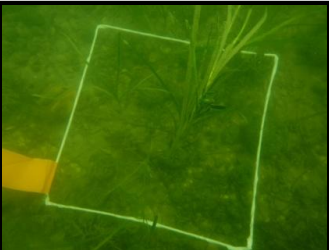
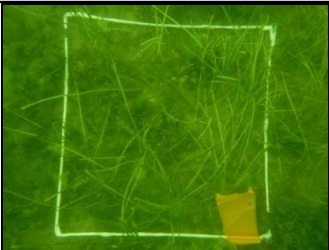
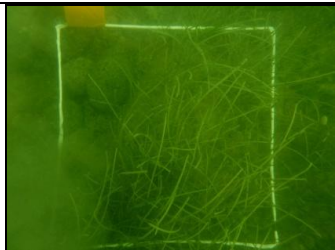
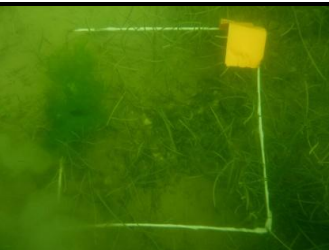
Habitat : Eaux saumâtre. Peut supporter de grands changements de salinité. La plante est vivace ou annuelle selon les conditions environnementales.

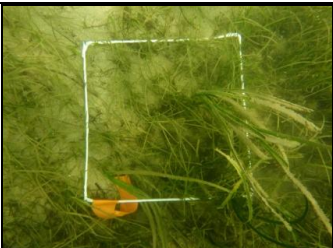
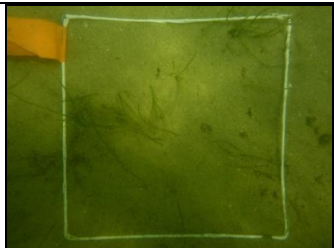
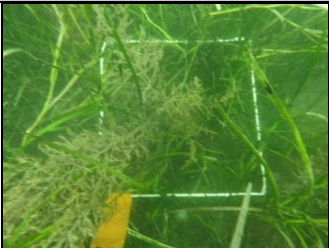
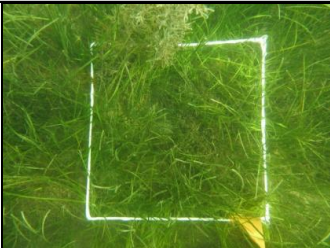
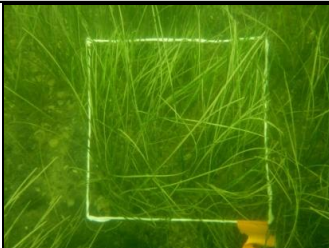
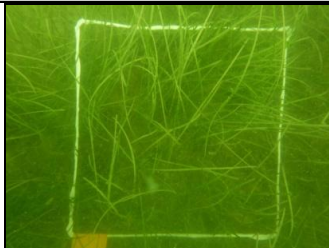
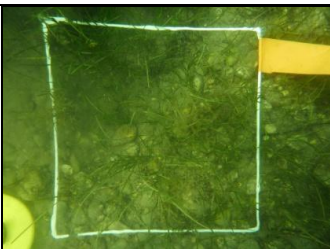
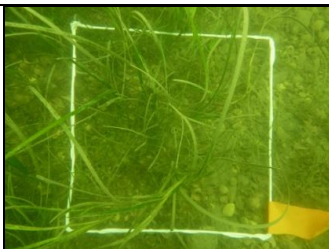
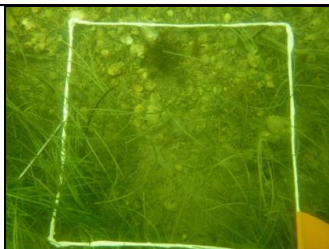
**Annexe 2 : Photographies sous-marines des quadrats de caractérisation des
Magnoliophytes**

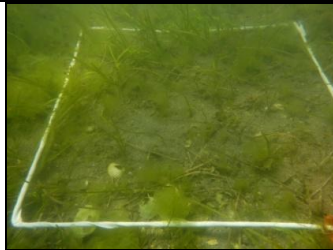
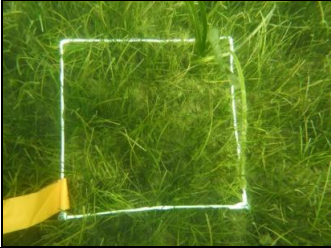
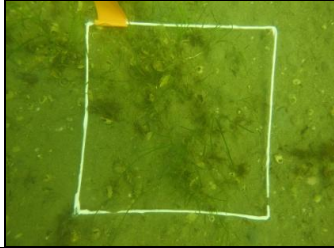
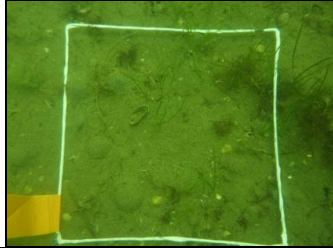
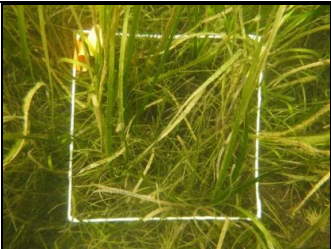
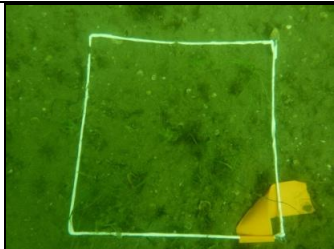
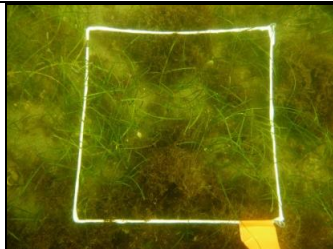
Légende

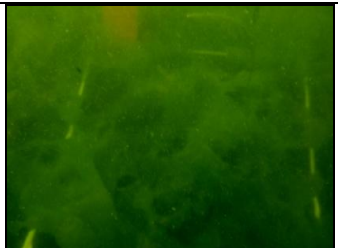
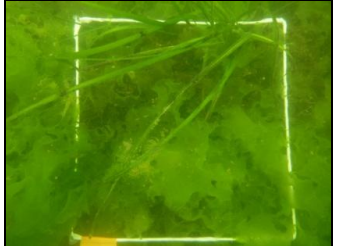
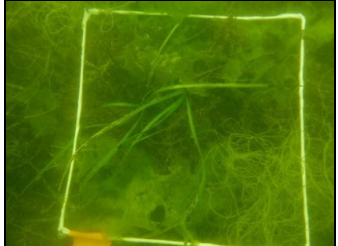
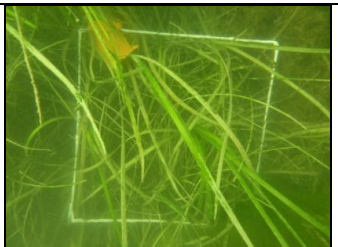
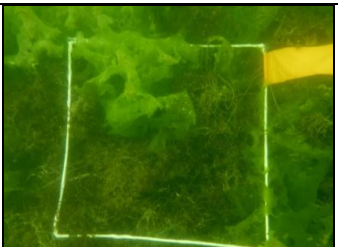
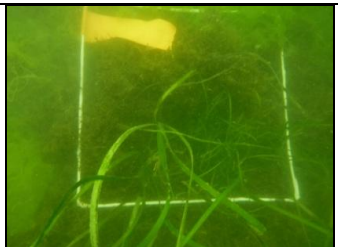
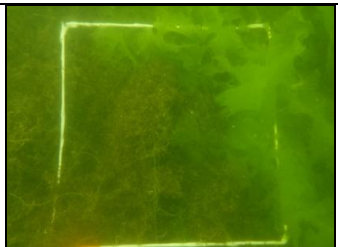
Nom de la station de caractérisation	
Quadrat 1	Quadrat 2
Quadrat 3	Quadrat 4

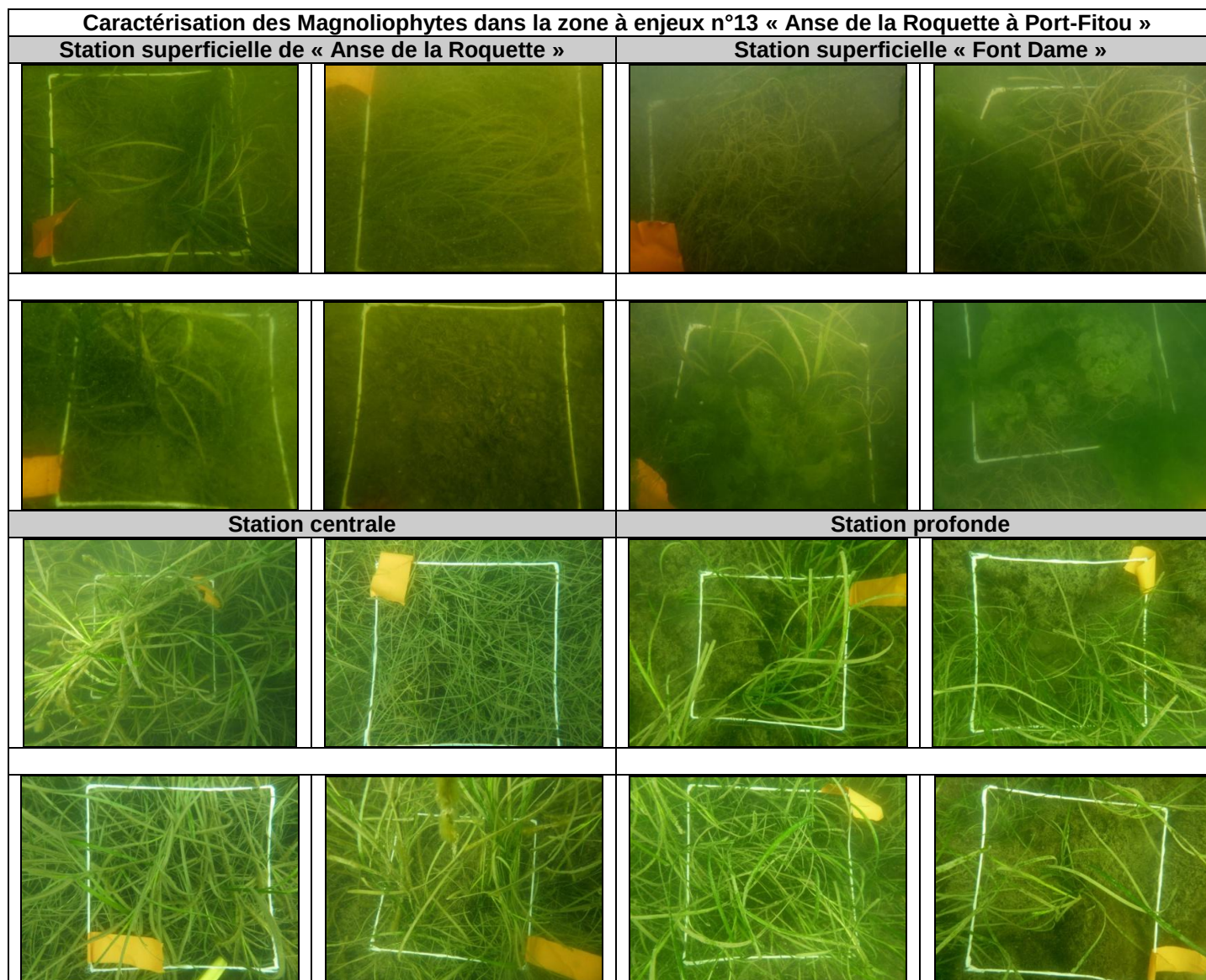
Caractérisation des Magnoliophytes dans la zone à enjeux n°1 « Paurel »				Station superficielle	
					
					
Station centrale				Station profonde	
					
					

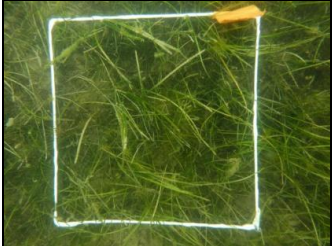
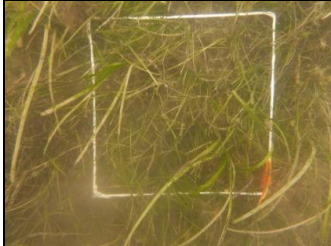
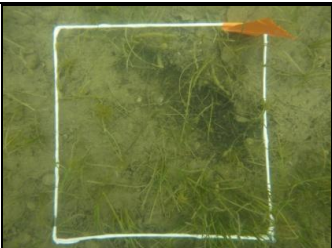
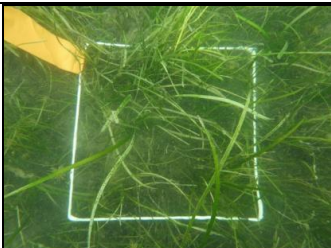
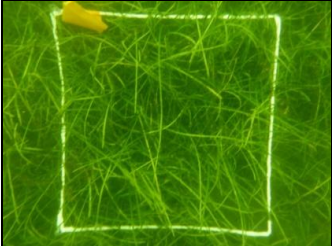
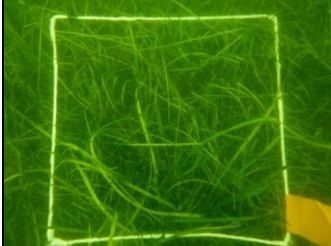
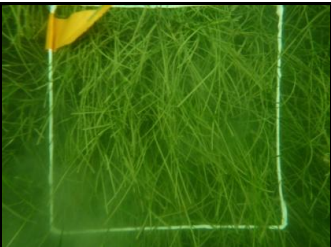
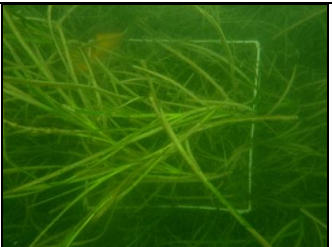
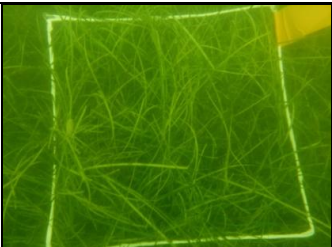
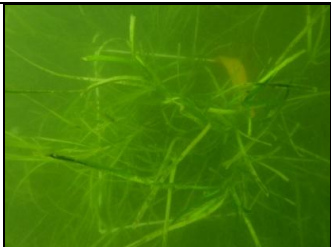
Caractérisation des Magnoliophytes dans la zone à enjeux n°2 « Port-Fitou à l'Anse de Leucate »						Station superficielle	
							
							
Station centrale						Station profonde	
							
							

Caractérisation des Magnoliophytes dans la zone à enjeux n°7 « Les Dosses »					Station superficielle	
						
						
					Station profonde	
Station centrale						
						
						

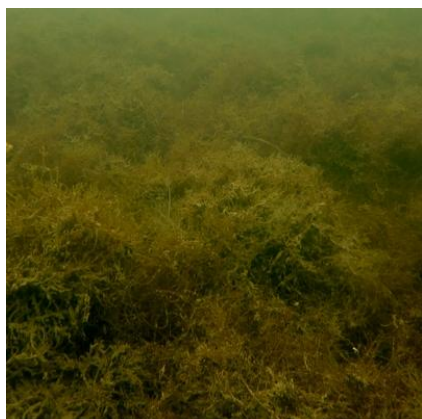
Caractérisation des Magnoliophytes dans la zone à enjeux n°10 « Terrain militaire »					Station superficielle	
						
						
					Station profonde	
Station centrale						
						
						

Caractérisation des Magnoliophytes dans la zone à enjeux n°11 « Saint-Hippolyte »					Station superficielle	
						
						
Station centrale					Station profonde	
						
						



					Station superficielle	
Caractérisation des Magnoliophytes dans la zone à enjeux n°15 « Seuil central »						
						
Station centrale					Station profonde	
						
						

Annexe 3 : Description des espèces de macrophytes dominantes observées lors de la cartographie et de la caractérisation de l'étang de Salses-Leucate



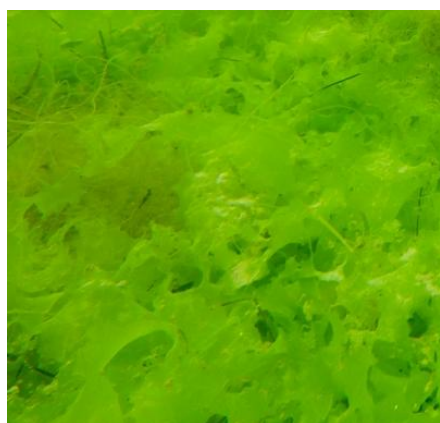
Halopitys incurva



Valonia aegagropila



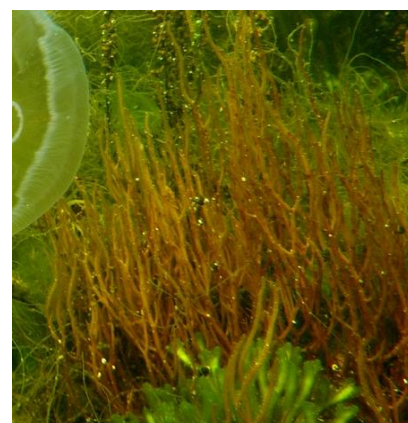
Chaetomorpha sp.



Ulva sp.



Cystoseira sp.



Gracilaria gracilis



Lamprothamnium papulosum



Sargassum sp.



Padina pavonica

