

# » Inventaire

Rapport définitif - Novembre 2012

FR 9301592

## Inventaires biologiques et analyse écologique des habitats marins patrimoniaux du lot Natura 2000 (FR930 1592) Camargue







**Inventaires biologiques et analyse écologique des habitats marins  
patrimoniaux sur le lot Natura 2000 en mer  
FR 930 1592 « Camargue »**



**RAPPORT DEFINITIF**



**Novembre 2012**

### Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable : en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des indications et énonciations de *In Vivo* ne saurait engager la responsabilité de celle-ci.

Crédit photographique : In Vivo (sauf mention particulière)

### Référent scientifique

Bellan Gérard                      Directeur de recherche CNRS

### Auteurs

Labadie Florian                      Océanologue, chargé d'études  
Evans Trebaut                        Chargé d'études, Cartographe

**IN VIVO ENVIRONNEMENT**  
ZA La grande Halte  
29940 La FORET FOUESNANT  
Tel : 02.98.51.41.75  
Fax : 02.98.51.41.55



**IN VIVO MÉDITERRANÉE**  
ZA Les Castors  
lot 128, Le Beau Vézé  
83320 Carqueiranne  
Tel : +33 (0)4 94 00 40 20  
Fax : +33 (0)4 94 00 40 22

mail : [info@invivo-environnement.com](mailto:info@invivo-environnement.com)  
Site web : [www.invivo-environnement.com](http://www.invivo-environnement.com)

# Table des matières

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>9</b>
1.1	CONTEXTE .....	9
1.2	ZONE D'ETUDE .....	9
<b>PARTIE 1 : DONNEES SOURCE.....</b>		<b>11</b>
<b>1</b>	<b>CONTEXTE.....</b>	<b>12</b>
1.1	NATURA 2000 ET CAHIERS D'HABITATS.....	12
1.2	HISTORIQUE DES TRAVAUX BIBLIOGRAPHIQUES .....	13
1.2.1	<i>La zone émergée (= plage)</i> .....	14
1.2.2	<i>La zone immergée</i> .....	18
1.3	BIBLIOGRAPHIE RECENTE DES ETUDES REALISEES .....	22
1.3.1	<i>Golfe de Beauduc</i> .....	22
1.3.2	<i>Embouchure du Rhône</i> .....	26
1.3.3	<i>Zone ouest (Anse de Carteau, They de la Gracieuse)</i> .....	27
1.4	CONCLUSION .....	29
<b>PARTIE 2 : METHODOLOGIE.....</b>		<b>31</b>
<b>1</b>	<b>METHODOLOGIE DES PROSPECTIONS ET TRAITEMENT DES DONNEES.....</b>	<b>32</b>
1.1	INTRODUCTION .....	32
1.2	PROSPECTIONS A LA BENNE .....	32
1.3	PROSPECTIONS AU CHALUT A PERCHE .....	34
1.3.1	<i>Prélèvements au chalut à perche</i> .....	34
1.4	TRAITEMENT DES DONNEES.....	36
1.5	PROSPECTIONS EN PLONGEE SOUS-MARINE .....	36
1.5.1	<i>Méthodologie</i> .....	37
1.5.2	<i>Conclusion</i> .....	40
1.6	PROSPECTIONS EN QUAD DE LA ZONE EMERGEE .....	41
1.6.1	<i>Contexte</i> .....	41
1.6.2	<i>Méthodologie</i> .....	41
1.6.3	<i>Conclusion</i> .....	44
<b>2</b>	<b>PLAN D'ECHANTILLONNAGE.....</b>	<b>45</b>
2.1	INTRODUCTION .....	45
2.2	PLAN D'ECHANTILLONNAGE GENERAL .....	45
2.2.1	<i>Zone marine</i> .....	45
2.2.2	<i>Zone émergée</i> .....	54
2.2.3	<i>Conclusion</i> .....	56
<b>3</b>	<b>METHODOLOGIE DE CARTOGRAPHIE.....</b>	<b>57</b>
3.1	INTRODUCTION .....	57
3.2	BIOCENOSSES DE SUBSTRATS MEUBLES .....	57
3.3	LA ZONE EXONDABLE .....	59
3.4	BIOCENOSSES DE SUBSTRATS ROCHEUX .....	59
3.5	CONCLUSION .....	60
<b>PARTIE 3 : RESULTATS.....</b>		<b>61</b>
<b>4</b>	<b>RESULTATS BIO SEDIMENTAIRES .....</b>	<b>62</b>
4.1	RESULTATS GRANULOMETRIQUES .....	62
4.2	LES PRINCIPAUX ENSEMBLES MORPHO-SEDIMENTAIRES MEUBLES.....	63
4.2.1	<i>Substrats vaseux</i> .....	63
4.2.2	<i>Substrats sableux envasés</i> .....	64

4.2.3	<i>Substrats sableux propres</i> .....	64
4.2.4	<i>Conclusion</i> .....	65
4.3	LES PRINCIPALES UNITES DE PEUPEMENTS DE SUBSTRATS MEUBLES.....	66
4.3.1	<i>Traits dominants de la macrofaune</i> .....	66
4.3.2	<i>Identification des principales unités de peuplements</i> .....	67
4.3.3	<i>Caractérisation des principaux peuplements</i> .....	69
4.3.4	<i>Justification du détournement des peuplements de substrats meubles</i> .....	76
4.3.5	<i>Conclusion</i> .....	78
4.4	LA ZONE EMERGEE ET LES LAISSES DE MER.....	80
4.5	SUBSTRATS ROCHEUX.....	81
4.5.1	<i>Introduction</i> .....	81
4.5.2	<i>Les récifs artificiels</i> .....	82
4.5.3	<i>L'épave du Bartolo</i> .....	86
4.5.4	<i>Conclusion sur les structures artificielles</i> .....	90
4.5.5	<i>Les Herbiers de Zostères</i> .....	92
4.5.6	<i>Conclusion sur les herbiers de phanérogames marines</i> .....	104
4.6	SYNTHESE.....	106
<b>PARTIE 4 : EVALUATION DE L'ETAT DE CONSERVATION</b> .....		<b>109</b>
<b>1</b>	<b>ETAT DE CONSERVATION DES PEUPEMENTS DE SUBSTRATS MEUBLES</b> .....	<b>110</b>
1.1	METHODOLOGIE.....	110
1.1.1	<i>Indices de diversité</i> .....	110
1.1.2	<i>Indices basés sur les groupes écologiques</i> .....	111
1.1.3	<i>Espèces « Sentinelles »</i> .....	115
1.1.4	<i>Espèces benthiques sensibles/opportunistes aux perturbations physiques</i> .....	116
1.2	RESULTATS.....	119
1.2.1	<i>AMBI/BENTIX</i> .....	119
1.2.2	<i>« Espèces sentinelles d'instabilité »</i> .....	124
1.2.3	<i>Sensibilité des communautés benthiques aux perturbations physiques</i> .....	127
1.2.4	<i>Fonctionnalité de la zone d'étude</i> .....	129
1.2.5	<i>Conclusion</i> .....	136
<b>2</b>	<b>ETAT DE CONSERVATION DES HERBIERS DE ZOSTERES</b> .....	<b>139</b>
2.1	RAPPEL DES DESCRIPTEURS CHOISIS.....	139
2.2	RESULTATS.....	139
2.2.1	<i>Anse de Carteau</i> .....	139
2.2.2	<i>Herbier du Grau de la Dent</i> .....	140
2.2.3	<i>Herbier de Beauduc</i> .....	142
2.3	CONCLUSION.....	143
<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....		<b>144</b>
<b>PARTIE 5 : BIBLIOGRAPHIE</b> .....		<b>145</b>
<b>PARTIE 6 : ANNEXES</b> .....		<b>157</b>
<b>FICHE SIGNALÉTIQUE ET DOCUMENTAIRE</b> .....		<b>158</b>

## Liste des figures

Figure 1 : Illustration du périmètre du lot Natura 2000 FR9301592 « Camargue » .....	10
Figure 2 : Cellules littorales du delta du Rhône (Sabatier, 2001) .....	14
Figure 3 : Illustration de laisses de mer en Camargue (In Vivo, 2012) .....	15
Figure 4 : Localisation des transects et des zones (PNR Camargue, 2004) .....	16
Figure 5 : Bloc diagramme précisant la localisation des invertébrés (Bellan-Santini, Picard, Roman, 1984) .....	17
Figure 6 : Carte sédimentologique du Golfe du Lion (Aloisi, 1973 in Labrune, 2006) .....	19
Figure 7 : Illustration d'une « lauze » .....	20
Figure 8 : Carte des fonds marins du golfe de Beauduc (Sémantic TS, 2008) .....	23
Figure 9 : Carte des 375 stations utilisées dans la base de données (Labrune, 2006) .....	24
Figure 10 : Assemblage des polychètes dans le Golfe du Lion (Labrune et al., 2006) .....	25
Figure 11 : Position des sites de suivi entre 1993 et 1996 (Salen-Picard, 2003) .....	27
Figure 12 : Cartographie des biocénoses marines du golfe de Fos (Astruch et al, 2008) .....	28
Figure 13 : Localisation des herbiers de <i>Zostera noltii</i> (PNR Camargue) .....	29
Figure 14 : Mobilisation de la benne Day-Grab .....	33
Figure 15 : Plan d'échantillonnage des prélèvements à la benne .....	33
Figure 16 : Mise en œuvre du chalut à perche .....	35
Figure 17 : Plan d'échantillonnage des traits de chalut à perche .....	35
Figure 18 : Tri des espèces récoltées dans le chalut à perche (droite : poulpe) .....	36
Figure 19 : Photographies réalisées d' <i>Hypselodoris elegans</i> (gauche) et de spongiaires (droite) .....	37
Figure 20 : Plan d'échantillonnage des prospections en plongée sous-marine sur les substrats rocheux .....	38
Figure 21 : Plan d'échantillonnage des prospections en plongée sur les herbiers de phanérogames marines .....	39
Figure 22 : Illustration de la prospection sur la plage .....	42
Figure 23 : Plan d'échantillonnage de la prospection en quad .....	42
Figure 24 : Illustration des différentes observations .....	43
Figure 25 : Prélèvements de sédiment à l'aide d'un carottier à main .....	43
Figure 26 : Plan d'échantillonnage des prélèvements au carottier à main .....	44
Figure 27 : Plan d'échantillonnage global .....	46
Figure 28 : Plan d'échantillonnage sur la zone du « Petit Rhône » .....	48
Figure 29 : Plan d'échantillonnage sur la zone du Golfe de Beauduc .....	49
Figure 30 : Illustration des biocénoses de récifs artificiels (In Vivo, 2011) .....	50
Figure 31 : Cartographie des herbiers de zostères (PNR Camargue) .....	50
Figure 32 : Plan d'échantillonnage sur la zone des Salins du Midi .....	51
Figure 33 : Cartographie des herbiers de zostères du Grau de la dent (PNR Camargue) .....	52
Figure 34 : Plan d'échantillonnage sur la zone de l'embouchure du Grand Rhône – Golfe de Fos .....	53
Figure 35 : Plan d'échantillonnage sur le linéaire côtier (violet) sur le littoral de Camargue .....	55
Figure 36 : Observation de la plage depuis le bateau .....	55
Figure 37 : Logigramme de traitement des données .....	58
Figure 38 : Représentation des fractions granulométriques sur chaque station .....	62
Figure 39 : Interpolation de la bathymétrie par krigeage (In Vivo, 2012) .....	63
Figure 40 : Illustration d'échantillons bruts de sédiments vaseux .....	64
Figure 41 : Illustration d'échantillons bruts de sables envasés .....	64
Figure 42 : Illustration d'échantillons bruts de sables fins à moyens propres médiolittoraux .....	65
Figure 43 : Illustration d'échantillons bruts de sables fins infralittoraux .....	65
Figure 44 : Répartition de la richesse spécifique des principaux groupes taxonomiques .....	66
Figure 45 : Répartition de l'abondance des principaux groupes taxonomiques .....	66
Figure 46 : Classification Ascendante Hiérarchique sur la granulométrie par station .....	68
Figure 47 : <i>Ophelia bicomis</i> (gauche) et <i>Eurydice affinis</i> (droite) .....	70
Figure 48 : <i>Donax trunculus</i> (gauche), <i>Onuphis eremita</i> (centre), <i>Bathyporeia guilliamsoniana</i> (droite) .....	70
Figure 49 : <i>Acteon tomatis</i> (gauche), <i>Liocarcinus</i> sp. centre), <i>Lumbrineris lairelli</i> (droite) .....	71
Figure 50 : Illustration de l'épifaune de la biocénose des Sables Fins Bien Calibrés .....	72
Figure 51 : <i>Stemapsis scutata</i> (gauche), <i>Notomastus latericeus</i> (centre), <i>Turitella communis</i> (droite) .....	73
Figure 52 : Illustration de l'épifaune de la biocénose des Vases terrigènes Côtiers (VTC) .....	74
Figure 53 : <i>Hyalinoecia tubicola</i> (gauche), <i>Harpinia crenulata</i> (centre) et un spionidae (droite) .....	75
Figure 54 : Illustration de l'épifaune de la biocénose du Détritique Envasé (droite : <i>Corystes cassivelaunus</i> ) ....	75

Figure 55 : Illustration d'une fiche de synthèse stationnelle .....	79
Figure 56 : Zoom cartographique des plages de Camargue .....	80
Figure 57 : Position des sites prospectés en plongée sous-marine .....	82
Figure 58 : Illustration d'un récif artificiel de type Searock .....	83
Figure 59 : Haut (gauche) et base (droite) de la structure Searock .....	84
Figure 60 : <i>Parablennius pilicornis</i> (gauche), <i>Epizoanthus paxi</i> (centre) et <i>Spirographis spoallanzanii</i> (droite) ..	84
Figure 61 : Illustration des espèces du récif artificiel n°2 .....	85
Figure 62 : <i>Parablennius pilicornis</i> (gauche) et Tubes d'amphipodes (droite) .....	86
Figure 63 : <i>Veretillum cynomorium</i> (gauche) et <i>Cerianthus membranaceus</i> (droite) .....	86
Figure 64 : Filets de pêche recouvrant l'épave du Bartolo .....	87
Figure 65 : <i>Corynactis viridis</i> (gauche) et <i>Dysidea avara</i> (droite) .....	88
Figure 66 : Illustration des espèces sessiles .....	88
Figure 67 : <i>Hypselodoris elegans</i> (gauche) et <i>Dondice banyulensis</i> (droite) .....	89
Figure 68 : Illustration des espèces de poissons de l'épave du Bartolo .....	89
Figure 69 : Illustration d'une fiche de synthèse stationnelle sur récifs .....	91
Figure 70 : Localisation de la prairie mixte (GIS Posidonies, 2008) .....	92
Figure 71 : Proportion des différentes fractions granulométriques sur 2 points de prélèvements .....	93
Figure 72 : Nombre de faisceaux de cymodocées et de zostères naines par réplicat sur les stations Carreau 3 et 4 .....	95
Figure 73 : Localisation et illustration de l'herbier du Grau de la Dent .....	96
Figure 74 : Illustration des fonds marins de l'herbier du Grau de la Dent .....	96
Figure 75 : Proportion des différentes fractions granulométriques .....	97
Figure 76 : Illustration de l'herbier de la pointe de Beauduc .....	98
Figure 77 : Illustration de l'herbier n°1 de Beauduc .....	98
Figure 78 : Illustration de l'herbier n°2 de Beauduc .....	99
Figure 79 : Proportion des différentes fractions granulométriques sur 2 points de prélèvements .....	99
Figure 80 : Densité de faisceaux sur les 5 stations .....	102
Figure 81 : Largeur moyenne des feuilles sur les 5 stations .....	102
Figure 82 : Longueur maximale des feuilles sur les 5 stations .....	103
Figure 83 : Nombre de feuilles par pied sur les 5 stations .....	103
Figure 84 : Biomasse foliaire sur les 5 stations .....	104
Figure 85 : Illustration d'une fiche de synthèse stationnelle sur herbiers de phanérogames .....	105
Figure 86 : Cartographie des biocénoses du fond du Golfe de Fos (Ruitton et al., 2008) .....	107
Figure 87 : base écologique de l'indice AMBI (Borja et al., 2000) .....	112
Figure 88 : Modèle de dégradation de l'état de santé des communautés benthiques .....	114
Figure 89 : Pêche à la drague (gauche) et au chalut de fond (droite) (Source : Ifremer) .....	116
Figure 90 : Liste de 128 espèces indicatrices de perturbations physiques (Source : Tyler-Walters et al., 2009) ..	117
Figure 91 : Valeurs de l'AMBI sur les stations de prélèvements 1/2 .....	119
Figure 92 : Valeurs de l'AMBI sur les stations de prélèvements 2/2 .....	120
Figure 93 : Valeurs du BENTIX sur les stations de prélèvements .....	121
Figure 94 : Valeur d'AMBI sur 250 échantillons (Labruno et al., 2006) .....	123
Figure 95 : Cartographie stationnelle des proportions d'espèces opportunistes .....	125
Figure 96 : Position des récifs et des traces de chalut (Semantic TS, 2008) .....	126
Figure 97 : Illustration des abondances relatives des espèces sensibles (vert) par rapport aux espèces favorisées par les perturbations physiques (rouge) .....	128
Figure 98 : Interpolation de la richesse spécifique (haut) et de la densité (bas) totale .....	130
Figure 99 : Interpolation de la richesse spécifique totale (données chalut à perche) .....	131
Figure 99 : Interpolation de la densité totale (données chalut à perche) .....	132
Figure 100 : Interpolation de la richesse spécifique en poissons .....	133
Figure 101 : Interpolation de la densité en poissons (nb. Individus/ha) .....	133
Figure 102 : Interpolation de la densité d' <i>Amoglossus laterna</i> (gauche) et <i>Buglossidium luteum</i> (droite) .....	135
Figure 103 : Interpolation de la densité de <i>Callionymus risso</i> (gauche) et <i>Pomatoschistus</i> spp. (droite) .....	135
Figure 104 : Abondance de <i>Hippocampus hippocampus</i> et <i>Anguilla anguilla</i> .....	136
Figure 105 : Prairie mixte de magnoliophytes marines (gauche) et <i>Anemonia viridis</i> (centre) .....	139
Figure 106 : <i>Mytilus galloprovincialis</i> (gauche et centre) et vue sous les pontons (droite) .....	141
Figure 107 : Illustration de l'endofaune de l'herbier du Grau de la Dent .....	141
Figure 108 : <i>Sepia officinalis</i> (gauche), juvéniles de poissons (centre) et <i>Diplodus</i> sp. (droite) .....	142
Figure 109 : <i>Mytilus galloprovincialis</i> (gauche), <i>Microcosmus sabatieri</i> (centre) et <i>Bispira volutacomis</i> (droite) .....	143

## Liste des tableaux

<i>Tableau 1 : Contribution des principales espèces aux différents groupes identifiés (La brune et al., 2006) .....</i>	<i>26</i>
<i>Tableau 2: Synthèse du protocole à la benne .....</i>	<i>34</i>
<i>Tableau 3: Regroupements identifiés par CAH et leur typologie sédimentaire correspondante .....</i>	<i>67</i>
<i>Tableau 4 : Richesse spécifique, abondance et indices de diversité par entité .....</i>	<i>69</i>
<i>Tableau 5: Tableau récapitulatif des différentes biocénoses .....</i>	<i>76</i>
<i>Tableau 6: Synthèse des emprises biocénoses de substrats meubles.....</i>	<i>78</i>
<i>Tableau 7: Emprise des différents habitats rocheux sur la zone d'étude.....</i>	<i>90</i>
<i>Tableau 8: Synthèse des mesures sur quadrats sur la station Carteau 3 .....</i>	<i>94</i>
<i>Tableau 9: Synthèse des mesures sur quadrats sur la station Carteau 4 .....</i>	<i>94</i>
<i>Tableau 12: Biomasse des phanérogames prélevées sur quadrats sur les stations Carteau 3 et Carteau 4 .....</i>	<i>95</i>
<i>Tableau 13 : Synthèse des mesures sur quadrats sur la station Grau de la Dent.....</i>	<i>97</i>
<i>Tableau 15: Biomasse des phanérogames prélevées sur quadrats sur la station Grau de la Dent .....</i>	<i>98</i>
<i>Tableau 16: Synthèse des mesures sur quadrats sur les stations de l'herbier 1 (haut) et l'herbier 2 (bas).....</i>	<i>100</i>
<i>Tableau 19: Biomasse des phanérogames prélevées sur quadrats sur les stations de Beauduc.....</i>	<i>101</i>
<i>Tableau 20: Emprise des différents herbiers sur la zone d'étude .....</i>	<i>104</i>
<i>Tableau 21 : Emprise des différentes biocénoses sur la zone d'étude .....</i>	<i>106</i>
<i>Tableau 22: Equivalence entre les valeurs de l'AMBI et les différents états écologiques de la DCE.....</i>	<i>113</i>
<i>Tableau 23: Synthèse des valeurs de l'EcoQ pour l'indice de Shannon, de l'AMBI et du M-AMBI.....</i>	<i>113</i>
<i>Tableau 24: Equivalence entre les valeurs du BENTIX et les différents états écologiques de la DCE.....</i>	<i>114</i>
<i>Tableau 25: Résultats AMBI et équivalences avec les statuts écologiques de la DCE (EcoQ) .....</i>	<i>120</i>
<i>Tableau 26 : Résultats BENTIX et équivalences avec les statuts écologiques de la DCE (EcoQ) .....</i>	<i>122</i>
<i>Tableau 27 : Proportion des espèces sensibles/favorisées en fonction de l'habitat.....</i>	<i>128</i>
<i>Tableau 28 : Comparaison côte/large de la richesse et de la densité en poissons.....</i>	<i>134</i>
<i>Tableau 29 : Comparaison côte/large de la richesse et de la densité en poissons.....</i>	<i>134</i>
<i>Tableau 30: Synthèse des descripteurs écologiques sur les campagnes de prélèvements ½.....</i>	<i>137</i>
<i>Tableau 31: Synthèse des descripteurs écologiques sur les campagnes de prélèvements ½.....</i>	<i>138</i>

## Liste des planches

<i>Planche 1 : Carte synthétique des données historiques (données biologiques) 1/2.....</i>	<i>29</i>
<i>Planche 2 : Carte synthétique des données historiques (données sonar) 2/2.....</i>	<i>29</i>
<i>Planche 3 : Mise en œuvre des prélèvements à la benne .....</i>	<i>33</i>
<i>Planche 4 : Mise en œuvre des analyses biosédimentaires au laboratoire .....</i>	<i>34</i>
<i>Planche 5 : Cartographie des observations terrain en Camargue .....</i>	<i>56</i>
<i>Planche 6 : Illustration des espèces caractéristiques du récif artificiel n°1.....</i>	<i>84</i>
<i>Planche 7 : Illustration des espèces caractéristiques du récif artificiel n°2.....</i>	<i>86</i>
<i>Planche 8 : Illustration des espèces caractéristiques de l'épave .....</i>	<i>90</i>
<i>Planche 9 : Cartographie des zostères .....</i>	<i>92</i>
<i>Planche 10 : Synthèse des résultats granulométriques sur la station CARTEAU 3 .....</i>	<i>93</i>
<i>Planche 11 : Synthèse des résultats granulométriques sur la station CARTEAU 4 .....</i>	<i>93</i>
<i>Planche 12 : Synthèse des résultats granulométriques sur la station Grau de la Dent.....</i>	<i>97</i>
<i>Planche 13 : Synthèse des résultats granulométriques sur la station Herbier n°1 .....</i>	<i>100</i>
<i>Planche 14 : Synthèse des résultats granulométriques sur la station Herbier n°2 .....</i>	<i>100</i>
<i>Planche 15 : Cartographie des statuts des habitats .....</i>	<i>108</i>
<i>Planche 16 : Cartographie des habitats selon la typologie EUR 25.....</i>	<i>108</i>
<i>Planche 17 : Cartographie des habitats selon la typologie Cahiers d'Habitats 2004 .....</i>	<i>108</i>
<i>Planche 18 : Liste des espèces sensibles aux perturbations physiques .....</i>	<i>118</i>



# 1 INTRODUCTION

## 1.1 C O N T E X T E

La politique européenne de préservation de la biodiversité s'appuie sur les deux directives européennes « Oiseaux » (CE 79/409) et « Habitats » (92/43). Elle repose essentiellement sur la mise en place d'un réseau de sites dont l'intérêt est de niveau européen et qui seront gérés durablement : le réseau Natura 2000 qui comprend les Zones de Protection Spéciale (ZPS) et les Zones Spéciales de Conservation (ZSC). Ce réseau Natura 2000 représente un véritable enjeu de développement durable pour des espaces remarquables afin de concilier sauvegarde de la biodiversité et maintien des activités humaines au sein de chaque site.

L'objectif de la France est donc de contribuer à la création de ce réseau de sites et d'y garantir le maintien ou la restauration du bon état de conservation des habitats marins et des espèces marines des directives « Habitats » et « Oiseaux ». Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire de promouvoir une gestion durable de ces zones.

La France, au travers de l'Agence des Aires Marines Protégées (AAMP) a lancé un marché auprès de bureaux d'études, associations et institutions pour cartographier les habitats marins sur l'ensemble du littoral français. Dans ce cadre, IN VIVO a été mandaté pour identifier et cartographier les biocénoses benthiques marines sur le lot FR9301592 « CAMARGUE ».

## 1.2 Z O N E D ' E T U D E

Le périmètre du lot Natura 2000 en « Camargue » est basé en grande partie sur les limites terrestres du Parc Naturel Régional de Camargue avec une extension marine au droit du Parc jusqu'à 3 miles nautiques, ainsi que dans le Golfe de Fos, secteur de l'anse de Carteau. Le périmètre correspond à la Zone Spéciale de Conservation « Camargue » (la ZPS couvre la zone marine au droit du parc jusqu'à 12 miles marins). Dans le cadre de ce marché, il a été spécifié que seule la partie marine et la plage feraient l'objet de prospection et d'une caractérisation des biocénoses.

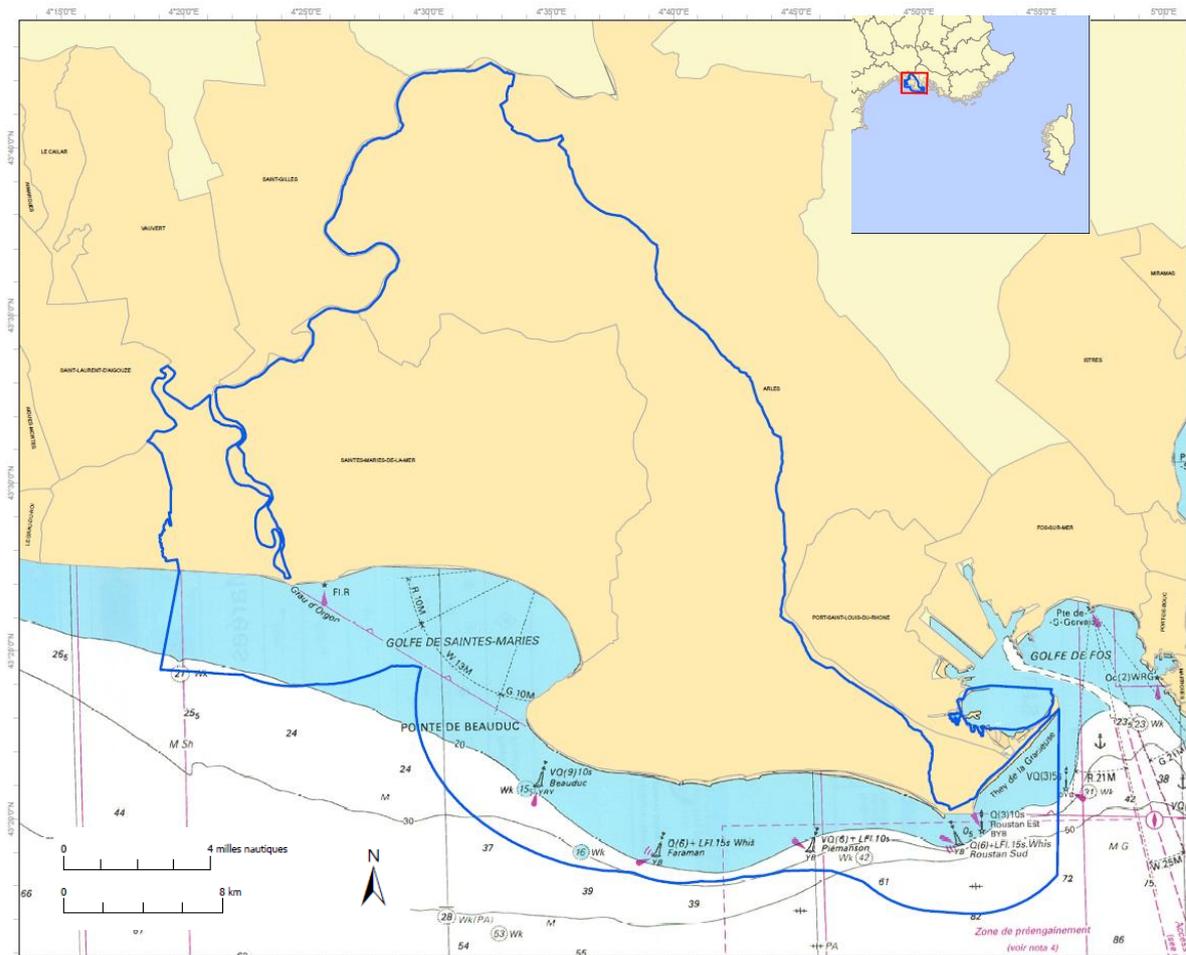


Figure 1 : Illustration du périmètre du lot Natura 2000 FR9301592 « Camargue »

Dans un premier chapitre, une synthèse bibliographique de l'ensemble des données disponibles est présentée. Elle s'efforce d'être la plus exhaustive possible et relèvera les manques observés.

Dans un second chapitre, sont présentés la méthodologie et des moyens mis en œuvre pour la prospection en mer, ainsi que la méthodologie adaptée pour la cartographie.

Le troisième chapitre est consacré aux résultats de l'ensemble des entités biosédimentaires rencontrées. Un quatrième chapitre est orienté sur la qualification de l'état de conservation des peuplements de substrats meubles et rocheux.

Enfin, la dernière partie fournit une bibliographie de l'ensemble des documents utilisés dans le cadre de ce rapport.



## PARTIE 1 : DONNEES SOURCE

# 1 CONTEXTE

## 1.1 NATURA 2000 ET CAHIERS D'HABITATS

Les annexes I et II de la directive 92/43/CEE du 21 mai 1992 dite directive « Habitats Faune Flore » ainsi que l'annexe I de la directive 79/409/CEE du 2 avril 1979 dite directive « Oiseaux » comportent respectivement les listes des habitats, des espèces animales et végétales et de certaines espèces d'oiseaux dont la conservation nécessite la désignation de sites Natura 2000, avec l'indication, pour la directive « Habitats Faune Flore », des habitats et espèces prioritaires.

Neuf types d'habitats marins<sup>1</sup> et 6 types d'habitats mixtes de l'annexe I et 13 espèces de l'annexe II de la directive « Habitats Faune Flore » peuvent justifier la désignation de Zones Spéciales de Conservation en France.

La typologie Natura 2000 (EUR 27) est la description des habitats d'intérêt communautaire de l'Union européenne.

Les Cahiers d'Habitats sont la transcription française de la typologie EUR 27, réalisés en 2004 (Bensettiti et al., 2004). Ces cahiers ont pour objectif, en référence à la directive n° 92/43/CEE dite « Habitats », de faire l'état des connaissances scientifiques et techniques, sur chaque habitat (annexe I) et espèce (annexe II) pour lesquels la France est concernée. Ils servent de référence pour le travail effectué.

Pour les habitats non communautaires, les références pour la Méditerranée sont celles issues de la réunion du Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées (CAR/ASP). La classification des biocénoses benthiques marines de la région méditerranéenne a été élaborée dans le cadre de la Convention de Barcelone (PNUE, PAM, CAR/ASP, 2006 et 2007)

En 2011, une liste de référence française des biocénoses, faciès et associations présents en Méditerranée a été définie. Elle a été élaborée en synthétisant et en actualisant les typologies existantes se rapportant aux habitats benthiques méditerranéens avec notamment :

- La déclinaison française des habitats d'intérêt communautaire élaborée dans le cadre de Natura 2000 (Glémarec et Bellan-Santini in Bensettiti (coord.) *et al.*, 2004)
- La classification des biocénoses benthiques marines méditerranéennes dans le cadre de la Convention de Barcelone (PNUE, PAM, CAR/AP, 2006 et 2007) ;
- La liste des biocénoses de Méditerranée de l'inventaire Znieff en PACA (Bellan-Santini *et al.*, 2003).



Cette typologie est structurée en quatre niveaux. Le premier niveau correspond à l'étagement et le deuxième aux substrats. Le troisième niveau fait apparaître les biocénoses, le niveau quatre les faciès et associations de ces biocénoses. L'échelle de description de l'habitat (identifié par sa biocénose) correspond à l'échelle des habitats occupés par les macrophytes et la macrofaune benthique. Les faciès et associations peuvent présenter un caractère saisonnier ou géographiquement localisé et ne constituent pas un niveau distinct mais un aspect particulier de la biocénose.

Concernant la zone Natura 2000 en mer, les biocénoses potentielles présentes sont les suivantes [Code EUR 25 (Habitat générique) ; Code Cahiers d'Habitats (Habitat élémentaire) ; Code CAR/ASP (pour les Habitats non communautaires)] :

- Habitats Communautaires :
  - Bancs de sables à faible couverture permanente d'eau marine (Code EUR 25 :1110) :
    - Sables fins de Haut Niveau (Méditerranée) - 1110-5.
    - Sables Fins Bien Calibrés (Méditerranée) - 1110-6.
    - Biocénose des Sables Grossiers et fins graviers sous influence des courants de fond (Méditerranée) - 1110-7.
  - Replats boueux ou sableux exondés à marée basse (Code EUR 25 : 1140) :
    - Sables supralittoraux avec ou sans laisses à dessiccation rapide (Méditerranée) - 1140-7.
    - Sables médiolittoraux - 1140-9.
  - Lagunes côtières (Code EUR 25 : 1150\*)
  - Grandes criques et baies peu profondes (Code EUR 25 : 1160)
    - Sables Vaseux de mode calme (Méditerranée) - 1160-3.
- Habitats non Communautaires :
  - Biocénose des Vases Terrigènes Côtières (Code CAR/ASP : IV.1.2).
  - Biocénose des fonds détritiques envasés (Code CAR/ASP : IV.2.1).
  - Biocénose du Détritique Côtier (Code CAR/ASP : IV.2.2).

## 1.2 HISTORIQUE DES TRAVAUX BIBLIOGRAPHIQUES

---

Il est important dans le cadre de ce travail de distinguer dans le Domaine Public Maritime (DPM) :

- La partie **émergée de manière plus ou moins longue** (= plage dans le vocabulaire courant) : le Supralittoral, le Médiolittoral et une petite partie de l'Infralittoral.
- La partie **toujours immergée** : l'Infralittoral et le Circalittoral ;

## 1.2.1 LA ZONE EMERGEE (= PLAGE)

### 1.2.1.1 LE TRAIT DE COTE

Le trait de côte est une composante très étudiée avec de nombreux travaux concernant son évolution et sa mobilité (Vella, 1999 ; Sabatier, 2001). La Camargue est une zone deltaïque littorale, fortement soumise aux événements marins extrêmes associés aux tempêtes. Il a été ainsi montré, sur une longue période, qu'une forte relation existait entre la pression atmosphérique et les niveaux marins extrêmes au niveau du Grau de la Dent (Ullman *et* Moron, *in* XIX<sup>e</sup> colloque international de Climatologie, 2006).

Sur une échelle de temps plus courte, les variabilités inter-annuelles de saisonnalité, entraînent des mouvements physiques visibles d'érosion/engraissement des plages. En Camargue, il a été démontré que la plage doit disposer de plus de 100 m de battement latéral entre la mer et la dune pour amortir efficacement les houles hivernales, faute de quoi, le versant marin des dunes est érodé et le cordon littoral est irrémédiablement dégradé (Picon, 2002).

Le delta du Rhône est donc caractérisé par de nombreuses zones d'érosion et d'accrétion, comme l'illustre la Figure 2.

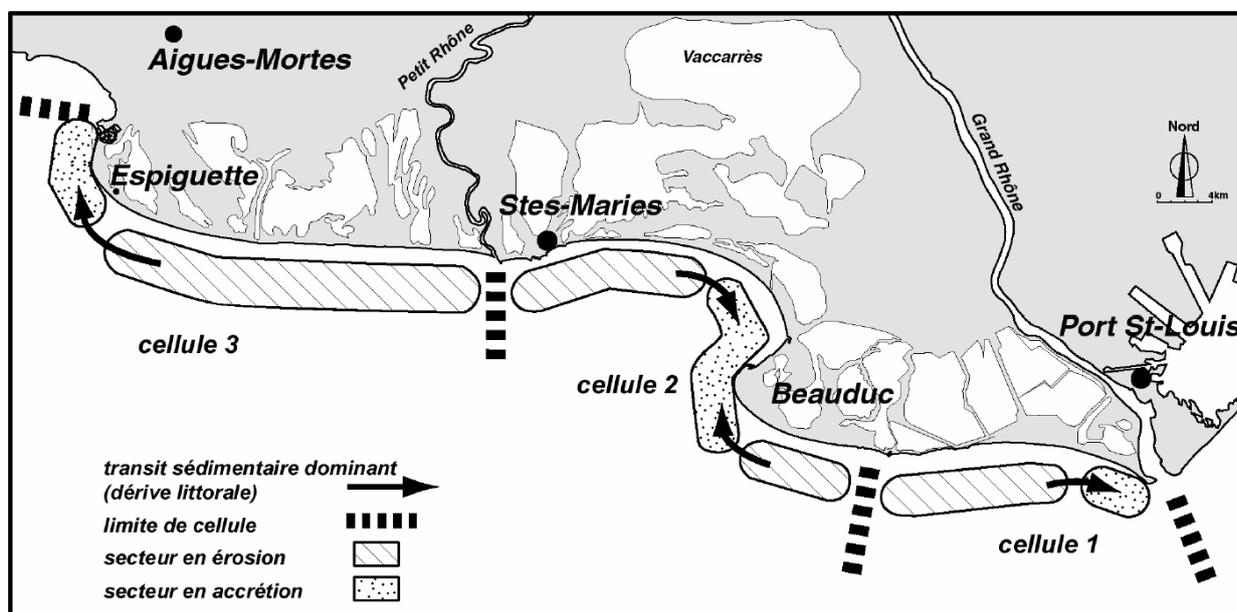


Figure 2 : Cellules littorales du delta du Rhône (Sabatier, 2001)

De manière globale, la réduction des apports alluviaux du Grand Rhône, combinée à la montée du niveau marin (2 mm/an au Grau de la Dent, Suanez, 1997 *in* Picon, 2002), entraîne un déficit du bilan sédimentaire du littoral côtier depuis 50 ans avec un recul moyen de 4m/an du linéaire côtier.

Localement, les équipements de protection côtière ont eu des effets perturbateurs, aggravant l'érosion des plages. En Petite Camargue et à Faraman, par exemple, les épis perpendiculaires à la côte bloquent le transit longitudinal, induisant un déficit sur les secteurs situés en aval-dérive (Salins d'Aigues-Mortes, digue de Véran). Ils engendrent en outre des courants de retour vers le large, qui exportent les sables et déstabilisent les structures (Sabatier, 2001).

Bien que l'objectif de ce travail soit principalement tourné vers la partie marine (infralittoral et circalittoral) du PNR de Camargue, la zone exondable sera aussi abordée dans cette étude, notamment au travers des laisses de mer.

### 1.2.1.2 LES LAISSES DE MER

La laisse de mer est une accumulation par la mer de débris naturels (débris végétaux, bois, débris coquilliers, algues) et/ou d'origine anthropiques, déposés à la limite supérieure des flots, sur les plages.

D'un point de vue écologique, il a été démontré son quadruple intérêt fonctionnel :

- un biotope aux conditions environnementales spécifiques ;
- une zone d'alimentation pour de nombreuses espèces d'oiseaux (bergeronnettes, courlis, bécasseaux, etc.) ;
- une source de nutriments pour de nombreuses espèces végétales (plantes halophiles notamment) ;
- un frein naturel à l'érosion du littoral par piégeage du sédiment (banquettes à posidonies par exemple) et formation de dune embryonnaire.



Figure 3 : Illustration de laisses de mer en Camargue (In Vivo, 2012)

Selon la typologie EUR 25, cet habitat est rattaché à l'habitat générique 1140, « Replats boueux ou exondés à marée basse ». Il est décrit dans les Cahiers d'Habitats Côtiers (Bensettiti, 2001) sous deux habitats élémentaires :

- Sables supralittoraux avec ou sans laisses à dessiccation lente (Méditerranée) 1140-7
- Laisses à dessiccation lente dans l'étage supralittoral (Méditerranée) 11140-8.

Au vu de la problématique récurrente d'érosion en Camargue, ainsi que la forte fréquentation d'oiseaux limicoles dans le Parc Naturel de Camargue, il apparaît qu'une gestion adaptée des laisses de mer peut être un enjeu important. La caractérisation d'un état initial de la répartition et de la nature des laisses de mer est donc nécessaire.

Un premier travail spécifique aux laisses de mer a été mené par le PNR de Camargue et l'ENSAT afin d'améliorer la connaissance sur ce sujet. Le littoral du Parc a donc été sectorisé en huit zones, aux particularités propres (dynamique sédimentaire, influence de fleuves, protection contre l'érosion, etc.)

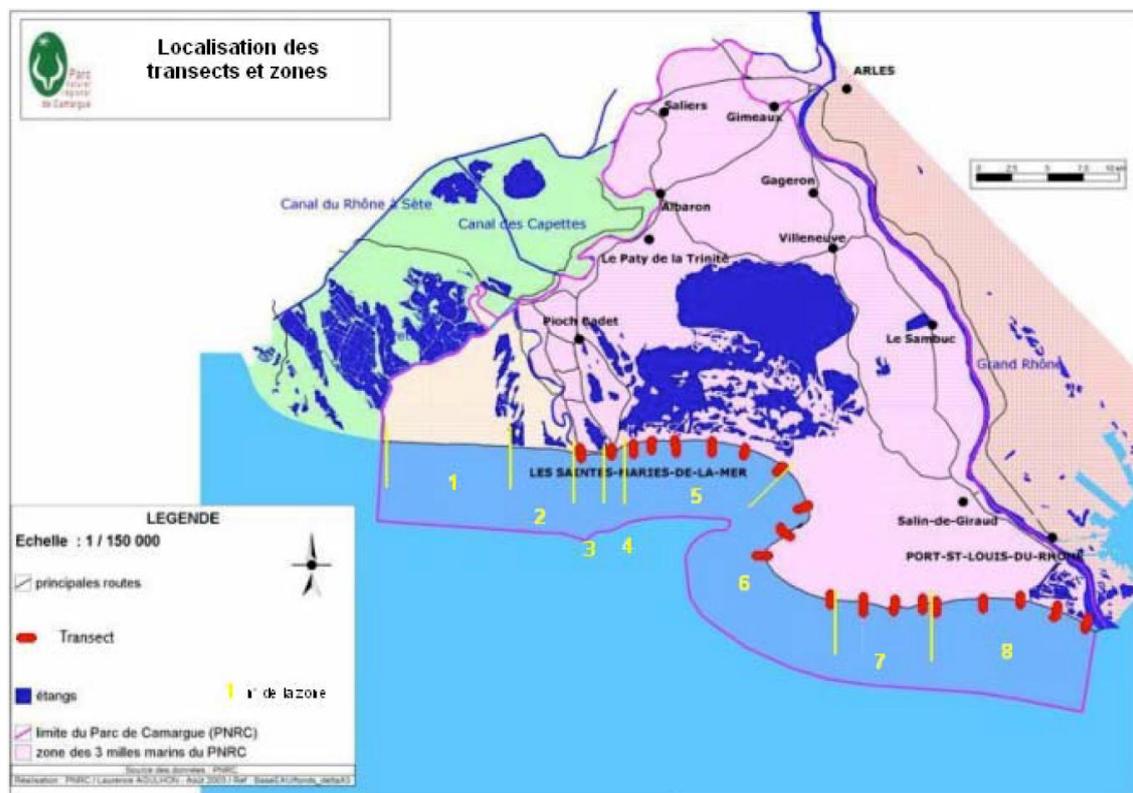


Figure 4 : Localisation des transects et des zones (PNR Camargue, 2004)

Cette étude a mis en évidence l'importance du bois flotté et des macro-déchets plastiques dans les laisses de mer du littoral camarguais, ainsi qu'une répartition variable selon les plages et plus particulièrement un gradient de concentration dont l'intensité décroît du Rhône vers l'extrémité opposée du littoral. En effet, le Rhône est une source importante de production de laisses de mer qui se répartissent suivant un gradient décroissant d'Est en Ouest du fait de la dominance des vents orientés Est-ouest. Selon les auteurs, la pointe de Beauduc apparaît comme une zone-limite de concentration plus importante en laisses de mer.

Ce travail, bien qu'intéressant pour une première approche de caractérisation des laisses de mer, est insuffisant pour réaliser une cartographie globale des laisses de mer sur la zone d'étude. Il mérite d'être réactualisé régulièrement et complété.

### 1.2.1.3 LES PEUPELEMENTS BENTHIQUES

En 1984, Bellan-Santini, Picard et Roman ont caractérisé la distribution écologique des crustacés en fonction des étages sur les plages de sables fins du delta du Rhône (figure 5).

Concernant l'étage médiolittoral, les sables à *Ophelia bicornis* (annélide polychète) sont colonisés par une seule espèce d'isopode : *Eurydice affinis*, qui peut être très abondant. Pour l'étage infralittoral, les auteurs ont observé 11 espèces principales de crustacés : *Philocheras monacanthus*, *Portumnus latipes*, *Gastrosaccus mediterraneus*, *Gastrosaccus spinifer*, *Bathyporeia sp.*, *Parachiridotea panousei*, *Pontocrates altamarinus*, *Pontocrates arenarius* et *Eurydice spinigera*.

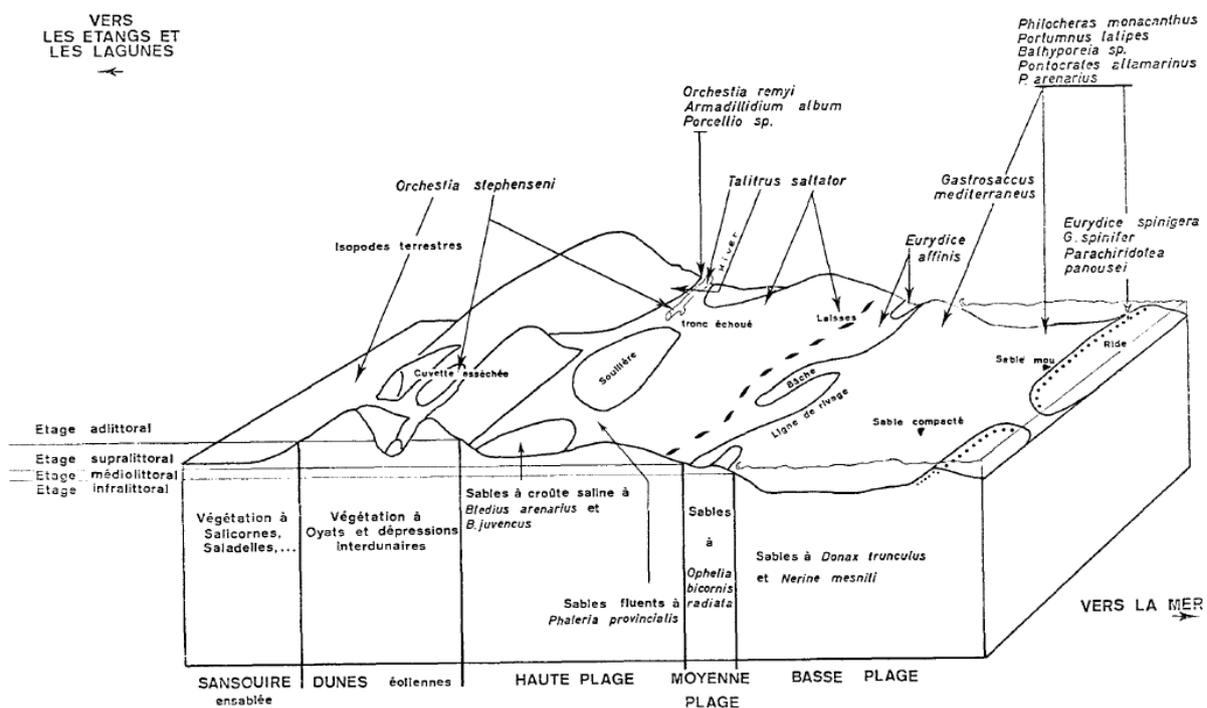


Figure 5 : Bloc diagramme précisant la localisation des invertébrés (Bellan-Santini et al., 1984)

### 1.2.1.4 CONCLUSION

Les étages du Supralittoral, du Médiolittoral et la partie supérieure de l'Infralittoral ont été décrites de manière générale mais peu d'étude biologique (hormis celle de Bellan-Santini et al., 1984) se sont

penchés sur la répartition des peuplements benthiques sur les plages camargaises. L'aspect hydrosédimentaire (érosion de plage, engraissement), au vu des forts enjeux économiques, est un paramètre suivi de manière plus approfondie.

## 1.2.2 LA ZONE IMMERGEE

### 1.2.2.1 INTRODUCTION

La zone marine, continuellement immergée, au large du Parc Naturel Régional (PNR) de Camargue a fait l'objet de peu de travaux à l'échelle du Parc au niveau sédimentologique et au niveau des peuplements benthiques.

### 1.2.2.2 SEDIMENTOLOGIE

Concernant la sédimentologie au droit du delta du Rhône, les travaux engagés ont été réalisés à l'échelle du Golfe du Lion entre la frontière espagnole et Marseille. Il apparaît que les substrats meubles occupent la majeure partie du littoral du Languedoc-Roussillon. La carte de nature des fonds (Aloisi, 1973) délimite trois zones principales :

1. Le cordon infralittoral caractérisé par des sables fins bien calibrés et entrecoupés ponctuellement de sédiments envasés ;
2. Les sédiments hétérogènes correspondant à du sédiment grossier ;
3. Les vases circalittorales composées de sables vaseux, vases sableuses ou vases plus ou moins pures.

Le delta du Rhône est soumis de façon très importante aux apports du fleuve. Cette zone possède donc un taux de sédimentation très important dans le Golfe du Lion. Le dépôt de matière organique y est maximal surtout entre les fonds de 30-50m de profondeur (Darnaude, 2003).

Il existe donc un gradient d'envasement côte-large, corrélé avec la profondeur des fonds marins du fait de la proximité de la bordure interne du plateau continental.

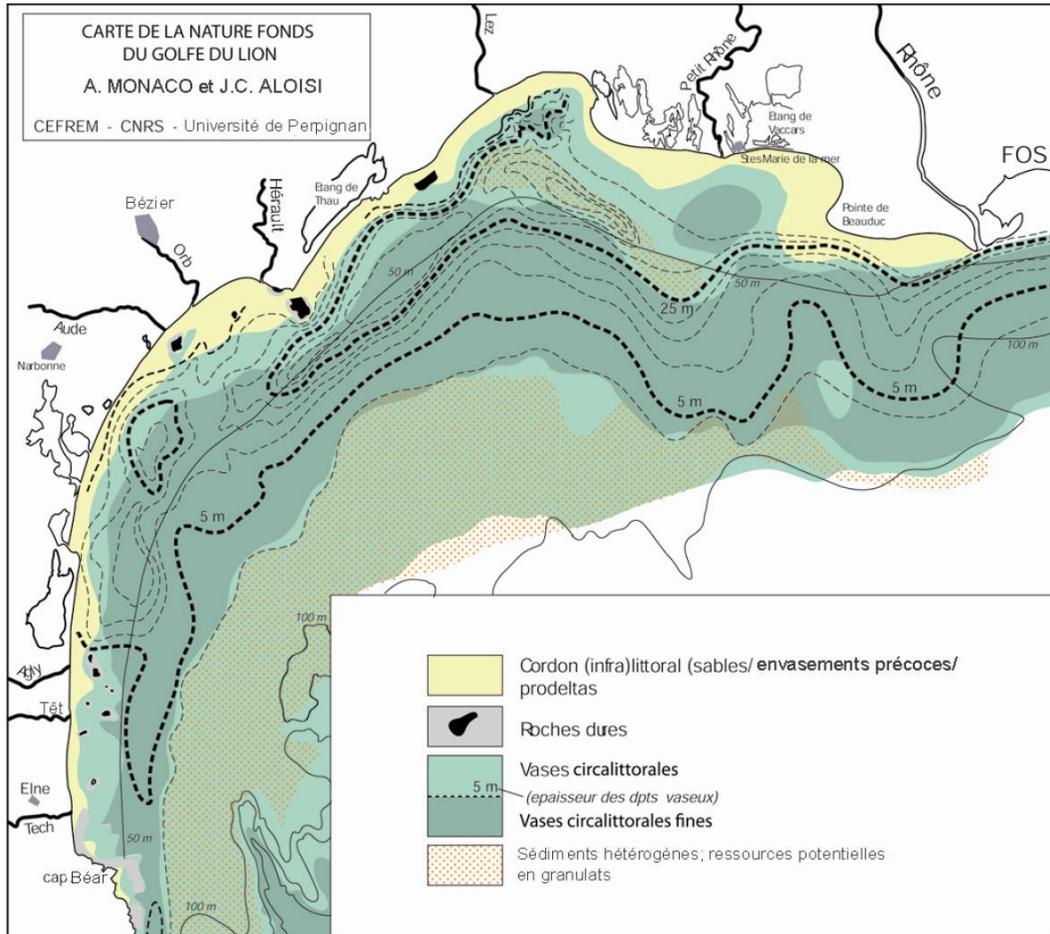


Figure 6 : Carte sédimentologique du Golfe du Lion (Aloisi, 1973 in Labrune, 2006)

Au vu de cette carte, il semble que la majorité du littoral de la zone d'étude soit constitué de sables avec un envasement surtout à proximité de l'embouchure du Grand Rhône. Des prospections faites en 2003 par le Bureau d'études CREOCEAN, entre les Saintes-Maries-de-la-Mer et la pointe de Beauduc ont montré que les fonds étaient majoritairement constitués de sable fin et d'une fraction de vase.

Localement, le bureau d'études CREOCEAN décrit des « zones à lauzes » en face des Saintes-Maries de la Mer, sur des fonds de sables vaseux. Il s'agit selon les auteurs, généralement de pierres plates de schiste ou de calcaire dont la surface est importante par rapport à l'épaisseur. En tant que seules zones naturelles de substrats durs, elles créent un biotope potentiellement intéressant pour des peuplements sessiles. Toutefois, dans la zone, ces « lauzes » sont très souvent fractionnées en petits morceaux, faiblement colonisées et généralement enfouies dans le sédiment. Selon les auteurs, ces pierres ne constituent pas, dans l'état actuel, un habitat intéressant.



Figure 7 : Illustration d'une « lauze »

Il y a donc une couverture sableuse entre la partie médiolittorale et 10 mètres de profondeur. Plus au large, le pourcentage de vase dans le sédiment augmente pour atteindre 74% à 20 mètres, ce qui délimite la zone d'extension des vases terrigènes côtières. Les fonds vaseux s'étendent entre 20 et 100m de profondeur et ceux-ci sont composés d'une vase fluide réduite riche en eau, avec une fine couche oxydée à l'interface eau-sédiment (Blanc, 1974).

Actuellement, aucune carte morpho-sédimentaire n'a été réalisée à l'échelle du delta du Rhône. Dans le cadre de cette étude, nous nous baserons donc sur la carte d'Aloisi (1973) en attente de données plus récentes et plus complètes.

### 1.2.2.3 PEUPELEMENTS BENTHIQUES ET BIOCENOSES

#### 1.2.2.3.1. Généralités

En 1964, J.M. Pérès et J. Picard publient le « Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée » dont l'objectif est une connaissance qualitative suffisante des biocénoses marines benthiques (substrats meubles et durs) de la Méditerranée avec la notion fondamentale d'étagement des formations benthiques. Ce travail constitue donc la référence en matière de description des biocénoses benthiques et des espèces associées, caractéristiques de chacune d'entre elles.

Par ailleurs ces travaux ont servi notamment à la réalisation de la liste de référence des types d'habitats marins en Méditerranée CAR/ASP et son manuel d'interprétation (Glémarec et Bellan-Santini *in* Bensettiti, 2001).

#### 1.2.2.3.2. Spécificités du Delta du Rhône

La région de Marseille fut particulièrement étudiée par les chercheurs de la station marine d'Endoume puis du Centre d'Océanologie de Marseille qui s'intéressait principalement aux les effets de la pollution

des eaux côtières sur les peuplements benthiques de substrats meubles à proximité de l'émissaire de Cortiou. Bellan, depuis 1958, a contribué à l'amélioration de la connaissance de la bionomie benthique des annélides polychètes de la Méditerranée et notamment près de Marseille. L'observation des modifications des peuplements à proximité de l'estuaire a permis en partie la mise en place d'indicateurs benthiques, au travers d'espèces « sensibles », « tolérantes », « opportunistes ».

De nombreux travaux ont aussi été menés sur les peuplements du Golfe de Fos dont la première étude bionomique a été réalisée par Gautier en 1957. Il a ainsi été montré que la totalité des fonds au-dessous de 10 m de profondeur est occupée par la biocénose de la Vase Terrigène Côtière (VTC). Plus au large, la biocénose de la Vase Profonde Bathyale domine.

Par la suite, les premiers travaux d'aménagement du port de Fos en 1966 ont entraîné la création de zones de dépôt de dragage au large du Golfe de Fos, entre 40 et 60m de profondeur. Ces travaux ont eu pour conséquence la mise en place de suivis à court, moyen et long termes de l'évolution des peuplements benthiques.

Sur le reste du Golfe du Lion, les premiers travaux remontent à 1894 avec des campagnes de chalutage par Pruvot au large de Banyuls. Comme l'a précisé Labruno (2006), la plupart des travaux académiques ont été réalisés soit sur la côte catalane (Guille, 1970 ; Amouroux, 1974 ; Grémare, 1998) par l'Observatoire de Banyuls, soit sur la côte provençale avec la station marine d'Endoume (Picard, 1965 ; Massé, 1972 ; Salen-Picard, 1981 ; Salen-Picard *et al.*, 1997 ; Massé, 2000 ; Salen-Picard & Arlhac, 2002 ; Salen-Picard *et al.*, 2002 ; Salen-Picard *et al.*, 2003).

Les travaux réalisés au niveau de la Camargue sont limités à deux zones :

- Les sables fins infralittoraux (3 stations) sur le méridien du phare de Faraman (Massé, 1972) ;
- Les plages de sables fins du delta du Rhône (Bellan-Santini *et al.*, 1984 ; ).

En 1972, Massé a travaillé sur la caractérisation de la macrofaune des peuplements des sables fins infralittoraux des côtes de Provence sur cinq zones dont la côte de Camargue, au droit du phare de Faraman. Sur cette zone, une radiale de trois stations (-5m, -6m et -7m) a été prospectée régulièrement entre juin 1966 et octobre 1968. Une caractérisation granulométrique et biologique a été effectuée.

Les résultats montrent qu'aux trois stations, le sédiment est un sable très homogène, pur, d'origine terrigène avec des teneurs en calcaire de l'ordre de 25% (Massé, 1972). Les résultats biologiques montrent une augmentation de la densité avec la profondeur, tandis que la biomasse diminue. Il apparaît que la proportion de polychètes augmente régulièrement avec la profondeur ainsi que celle des échinodermes alors que celle de mollusques diminue. Bien qu'il y ait une légère modification de la répartition des espèces entre les stations, on retrouve les mêmes espèces caractéristiques : les amphipodes *Urothoe pulchella*, *Urothoe grimaldi*, *Ampelisca brevicornis*, *Bathyporeia guilliamsoniana*, les annélides polychètes *Magelona mirabilis*, *Owenia fusiformis*, *Nephtys hombergii*, *Lumbriconereis impatiens*, les mollusques

*Tellina tenuis*, *Spisula subtruncata* et *Donax semistriatus* et *D. venustus* et l'échinoderme *Acrocrida brachiata*.

Ce travail a été complété par des observations complémentaires sur les espèces les plus abondantes et l'écologie de celles-ci.

La partie centrale du Golfe du Lion a par conséquent été très largement négligée. Par ailleurs, les études s'avèrent souvent anciennes et basées sur des procédures d'échantillonnage non strictement quantitatif (Péres, 1965 ; Péres et Picard, 1967) ce qui limite les possibilités d'analyse statistique.

### 1.3 BIBLIOGRAPHIE RECENTE DES ETUDES REALISEES

Dans le cadre de la gestion du Parc Naturel de Camargue, un certain nombre d'études ont été réalisées afin d'améliorer la connaissance du milieu marin :

- Cartographie des fonds marins de Beauduc (Semantic, 2008) ;
- Premières investigations sur la structure spatiale et saisonnière des peuplements de poissons des fonds meubles du golfe de Beauduc (Vacquier, Marobin-Louche, 2008) ;
- Diagnostic préalable pour une gestion halieutique dans la zone marine du Parc Naturel Régional de Camargue (BRL Ingénierie, 2004) ;
- Inventaire de la macrofaune benthique du golfe de Beauduc en vue de l'élaboration d'un protocole (Vacquier, 2007) ;
- Etude globale sur la telline *Donax trunculus* en Camargue (P2A, 2007) ;
- Inventaire qualitatif des mollusques du PNR de Camargue (P2A, 2006) ;
- Carte de synthèse et enquêtes de suivi biologique du littoral marin du PNR de Camargue (2007) (Créocéan et BRL Ingénierie, 2004) ;
- Etude de faisabilité d'une AMP dans la zone marine du PNR (Heloin, 2005) ;
- Richesse biologique de la zone marine du Parc Naturel Régional de Camargue : compilation de résultats obtenus entre 1955 et 2004 (Heloin, 2005) ;
- Pré-inventaire qualitatif de la dynamique des poissons du Golfe de Beauduc (Heloin, 2004).

#### 1.3.1 GOLFE DE BEAUDUC

Concernant la macrofaune benthique, les travaux réalisés se sont principalement concentrés, soit sur l'épifaune vagile des substrats meubles (poissons, crabes, crevettes, oursins) par des prélèvements au chalut à perche (Vacquier *et al*, 2008 ; Vacquier, 2007 ; Héloin, 2004), soit sur les structures rocheuses (épaves et récifs artificiels) en plongée sous-marine (inventaire qualitatif). Il apparaît que la structuration des peuplements macrobenthiques est définie par une composante spatiale (profondeur et orientation)

tandis que les peuplements de poissons sont plutôt régis par des paramètres liés à la saisonnalité (recrutement de juvéniles en été).

Quelques prélèvements à la benne Van Veen et à la drague ont été réalisés par Créocéan en 2004 en vue d'un diagnostic de gestion halieutique. Ceux-ci ont fourni des informations sur la nature du sédiment et les espèces épi-gées échantillonnées.

Concernant la cartographie des fonds marins du Golfe de Beauduc (Sémantic TS, 2008), celle-ci apporte de manière claire des précisions sur la répartition des sédiments superficiels mais ne renseigne que très partiellement sur les peuplements benthiques en présence.

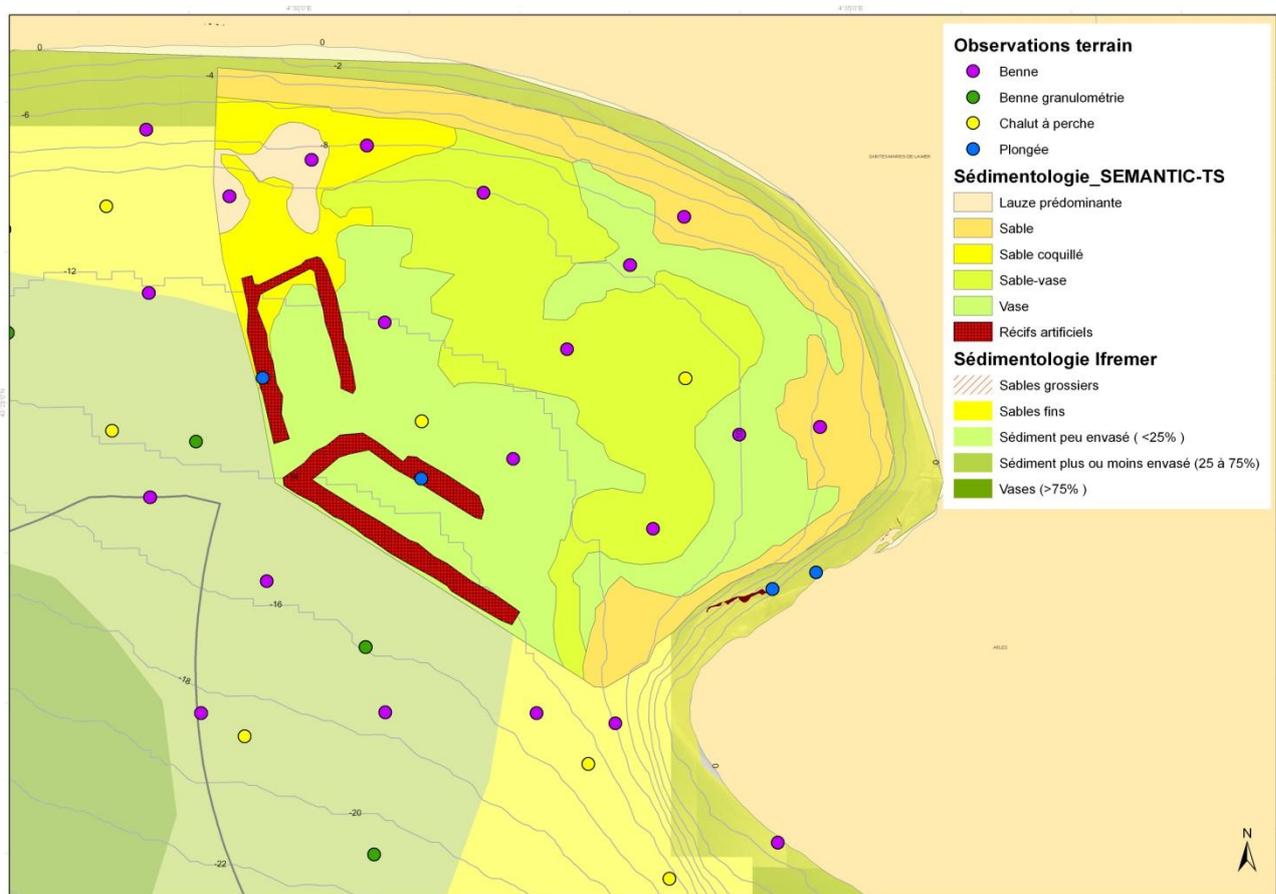


Figure 8 : Carte des fonds marins du golfe de Beauduc (Sémantic TS, 2008)

Dans le cadre de sa thèse, Labrune (2006) a synthétisé, via la création d'une base de données, les informations relatives à la composition du macrobenthos de substrats meubles d'une large zone entre Banyuls et l'embouchure du Rhône. La Figure 9 synthétise l'ensemble des stations inventoriées dans la base de données. La campagne REDITE I (2001) rassemble à elle seule la majorité des stations de prélèvements. Les cinq dernières radiales à l'est sont situées au niveau de notre zone d'étude. Suite à une convention avec le laboratoire Arago de Banyuls, les données brutes d'abondances d'espèces ainsi que la

granulométrie ont été obtenues pour 16 stations. Ces résultats seront donc un complément utile pour la réalisation des cartes de peuplements.

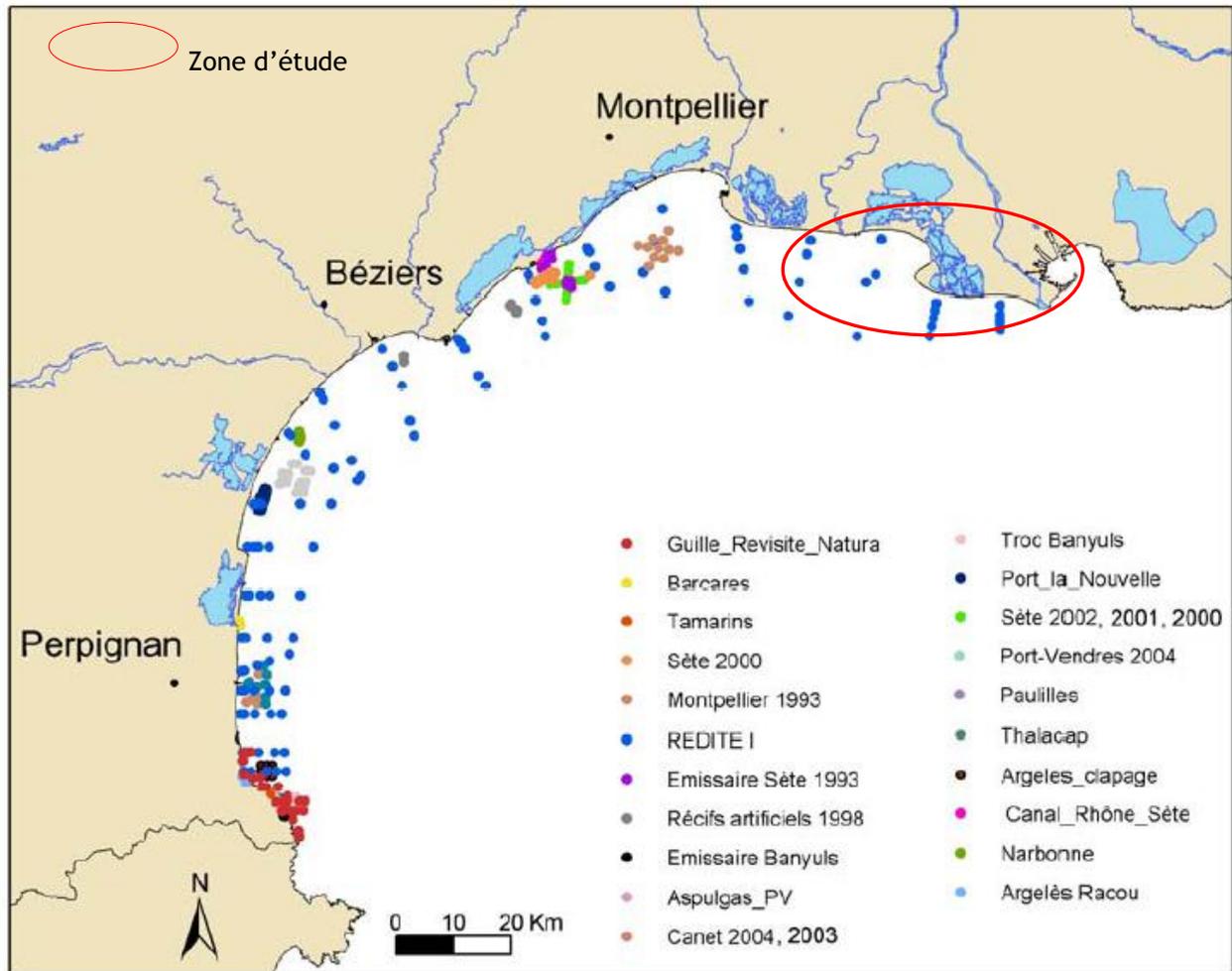


Figure 9 : Carte des 375 stations utilisées dans la base de données (Labrune, 2006)

Au sein de la zone Natura 2000 en mer « Camargue », trois communautés de polychètes sont représentés (Labrune *et al*, 2007) :

- Peuplement infralittoral des sables fins littoraux ;
- Peuplement infralittoral des sables vaseux ;
- Peuplement circalittoral des vases terrigènes côtières.

Selon Labrune (2007), le premier assemblage (cluster I) est observé un peu partout dans le Golfe du Lion et il est caractérisé par une forte abondance et une forte biomasse dues à la présence d'un large nombre d'individus de *Ditrupa arietina*. Les autres espèces majoritaires sont les annélides polychètes *Owenia fusiformis*, *Chone dunerii*, *Aponuphis bilineata*, *Glycera unicornis* et *Nephtys hombergii*.

Le 2<sup>ème</sup> assemblage (cluster IIb) est observé plus profondément, majoritairement dans des fonds généralement de 30 m et la communauté est associée avec du sédiment fin. Cet assemblage est dominé

majoritairement par le ver lumbrinériidé *Lumbrineris latreilli*. Les autres espèces sont *Notomastus sp.*, *Sternapsis scutata* et *Glycera unicornis*.

Le dernier peuplement (cluster III) est caractérisé par des vases terrigènes côtières à profondeurs élevées (40-50 m de profondeur), avec la présence dominante du ver polychète *Sternapsis scutata*. Les autres espèces dominantes sont *Lumbrineris latreilli*, *Nephtys incisa*, *Heteromastus filiformis* et *Heteromastus filiformis*. La synthèse de ces assemblages est présentée dans le Tableau 1 : Contribution des principales espèces aux différents groupes identifiés (Labrune et al., 2006)

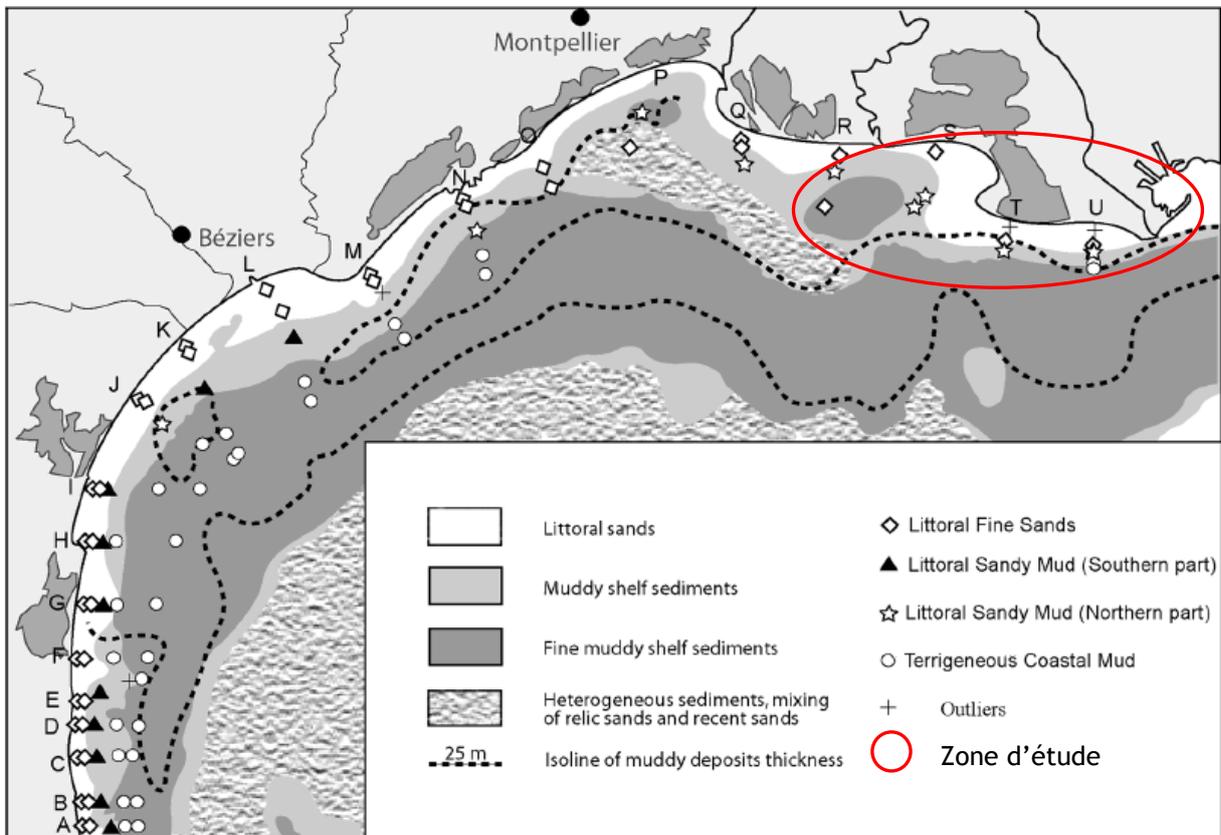


Figure 10 : Assemblage des polychètes dans le Golfe du Lion (Labrune et al., 2006)

	Species	Contribution (%)	Cumulative contribution (%)
Cluster I	<i>Ditrupa arietina</i>	24.29	24.29
	<i>Owenia fusiformis</i>	15.43	39.72
	<i>Chone dumeri</i>	7.28	46.99
	<i>Aponuphis bilineata</i>	7.15	54.14
	<i>Glycera unicornis</i>	7.00	61.15
	<i>Nephtys hombergii</i>	6.36	67.50
Cluster IIa	<i>Lumbrineris latreilli</i>	22.60	22.60
	<i>Scoletoma impatiens</i>	11.88	34.48
	<i>Ditrupa arietina</i>	9.88	44.36
	<i>Goniada spp.</i>	8.90	53.26
	<i>Lumbrineris gracilis</i>	7.48	60.74
	<i>Laonice bahusiensis</i>	5.01	65.75
Cluster IIb	<i>Lumbrineris latreilli</i>	47.29	47.29
	<i>Notomastus sp.</i>	15.57	62.86
	<i>Sternaspis scutata</i>	8.44	71.30
	<i>Glycera unicornis</i>	5.62	76.91
Cluster III	<i>Sternaspis scutata</i>	18.72	18.72
	<i>Lumbrineris latreilli</i>	16.27	34.99
	<i>Nephtys incisa</i>	11.75	46.74
	<i>Heteromastus filiformis</i>	6.59	53.33
	<i>Scoletoma emandibulata mabii</i>	5.82	59.14
	<i>Glycera unicornis</i>	5.19	64.34

Tableau 1 : Contribution des principales espèces aux différents groupes identifiés (Labruno et al., 2006)

### 1.3.2 EMBOUCHURE DU RHONE

Au niveau du Centre d'Océanologie de Marseille (COM), C. Salen-Picard et M. Harmelin-Vivien, ont travaillé avec leurs élèves sur les peuplements de poissons plats au large de l'embouchure du Rhône (Darnaude, 2003 ; Darnaude *et al.*, 2004 ; Darnaude, 2005 ; Ferraton *et al.*, 2007 ; Bautista-Vega, 2008). L'étude des peuplements ichtyologiques a été réalisée à partir notamment de l'analyse des proies de poissons plats ; ainsi certains vers polychètes constituent des proies préférentielles de certains poissons plats (sole notamment).

D'après Darnaude (2003), les fonds sableux (0-20 m de profondeur) correspondent à un peuplement macrobenthique riche en invertébrés suspensivores et dépositivores de surface, avec majoritairement des mollusques bivalves. Le peuplement plus au large (10-20 m de profondeur) est modifié du fait de l'envasement important du sédiment : augmentation des échinodermes, fortes densités d'ophiures. Au niveau ichtyologique, environ trente espèces de poissons ont été dénombrées avec principalement des gobiidés (*Pomatoschistus minutus* et *P. marmoratus*). En fonction de la saison, de nombreux juvéniles de poissons plats sont présents dans la bande côtière sableuse.

Les fonds vaseux (>20 m de profondeur) se caractérisent par la biocénose de Vases Terrigènes Côtières avec 88% d'espèces vasicoles essentiellement des annélides polychètes dépositivores de surface ou sub-surface. Les mollusques sont nombreux en termes d'abondance et d'espèces entre 30 et 50 mètres mais sont remplacés par les crustacés et les échinodermes après 70 m de profondeur.

Salen-Picard s'est intéressé à l'évolution d'un site au large de l'embouchure du Rhône, à 70 m de profondeur, entre 1993 et 1996 (Salen-Picard, Arlhac et Alliot, 2003). Seul le site R est situé dans la zone d'étude. Il s'est avéré que la station se caractérise par une biocénose de Vase Terrigène Côtière (VTC) avec une faible richesse spécifique, une dominance d'annélides polychètes dont les plus caractéristiques sont *Sternapsis scutata* et *Laonice cirrata*, *Cossura sp.*, *Heteromastus filiformis* et *Lumbrineris latreilli*.

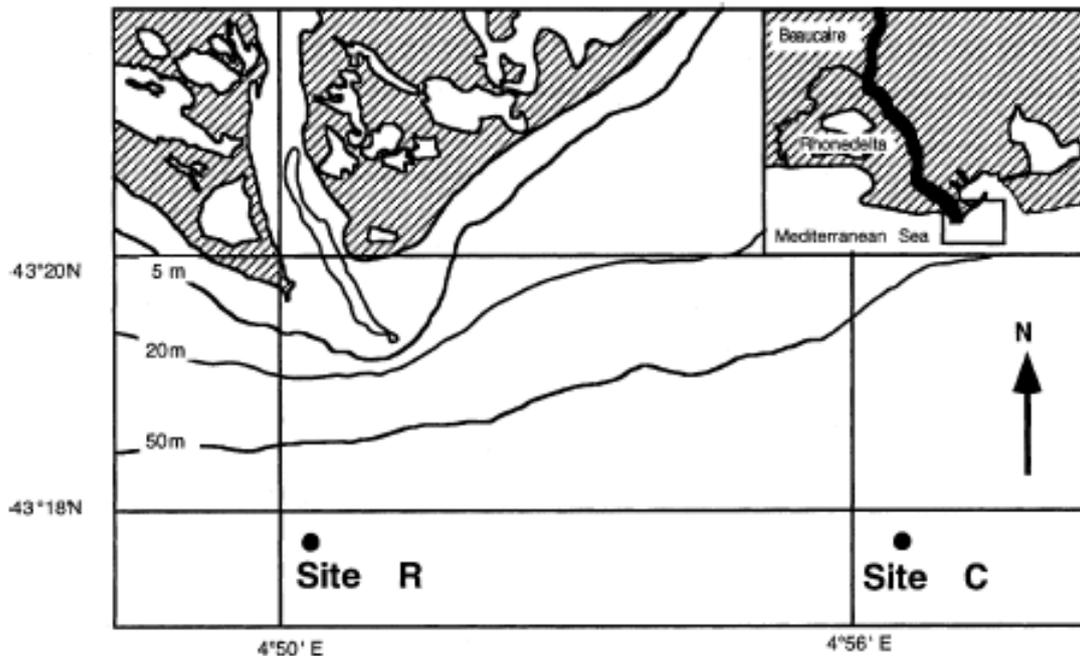


Figure 11 : Position des sites de suivi entre 1993 et 1996 (Salen-Picard, 2003)

### 1.3.3 ZONE OUEST (ANSE DE CARTEAU, THEY DE LA GRACIEUSE)

Dans le cadre d'un contrat avec le Port Autonome de Marseille, le GIS Posidonie, Copetech-SM et HydroConsult ont réalisé, en 2008, un atlas cartographique des biocénoses marines du Golfe de Fos (Astruch et al., 2008).

Bien qu'une seule petite partie de cette cartographie soit incluse dans le périmètre d'étude de la zone Natura 2000, ce travail permet d'avoir une cartographie très fine au niveau de l'anse de Carteau et du They de la Gracieuse. Dans l'Anse de Carteau, un vaste herbier a été identifié comme une prairie mixte à *Zostera noltii* et *Cymodocea nodosa* sur 560 hectares. A proximité directe, se trouvent les derniers herbiers de *Zostera marina* subsistant en mer ouverte sur le littoral méditerranéen français. Ils sont situés à l'ouest de la prairie mixte précédemment décrite, en sortie du canal Saint-Antoine. Cet habitat est d'intérêt communautaire prioritaire à l'échelle du territoire.

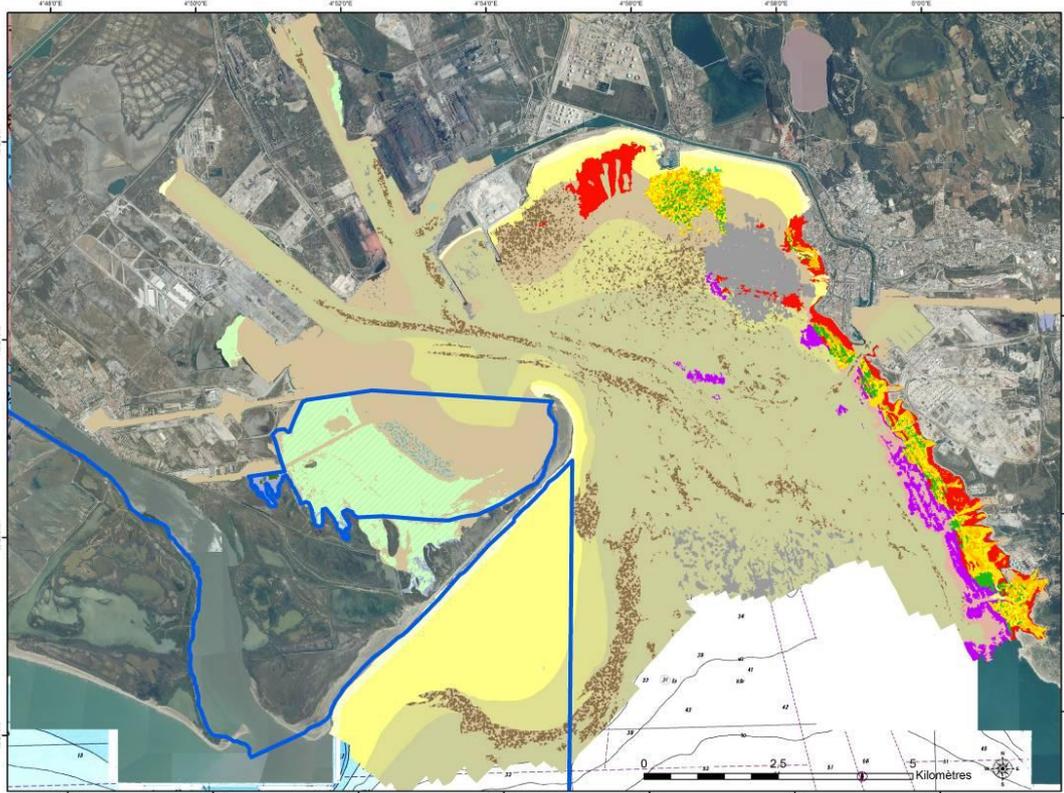


Figure 12 : Cartographie des biocénoses marines du golfe de Fos (Astruch et al, 2008)

Au niveau du They de la Gracieuse, on retrouve une stratification « classique » des sédiments avec une augmentation de la teneur en fines au fur et à mesure que la profondeur augmente. Ainsi, au niveau de l'étage infralittoral supérieur, les Sables Fins de Haut Niveau (SFHN) dominent, puis les Sables Fins Bien Calibrés (SFBC) apparaissent, avant d'être remplacés par la biocénose de la Vase Terrigène Côtière (VTC). Notons aussi la présence de substrat enduré (galets de Crau würmien de Miramas et cailloutis envasés) entre -10 m et -30 m de profondeur faisant suite à la biocénose de Sables Fins Bien Calibrés (SFBC).

Enfin, il est important de citer aussi les herbiers de magnoliophytes marines et notamment l'habitat remarquable « Associations à *Zostera noltii* » dont le code d'identification CAR/ASP est III.2.3.5 (Glémarec et Bellan-Santini, 2004). L'association de la phanérogame *Zostera noltii* constitue une pelouse dans des zones où le dépôt de matériel est actif. Présent donc sur des sables vaseux en mode calme, il s'agit d'un milieu fragile faisant partie des zones humides importantes pour le nourrissage des oiseaux et une zone de nurserie importante pour *Sparus aurata*. Deux herbiers ont été identifiés dans l'emprise du Parc : l'un de 931 m<sup>2</sup> à proximité de la pointe de Beauduc et l'autre, plus important (9630 m<sup>2</sup>) au niveau de la Grau-du-Dent.

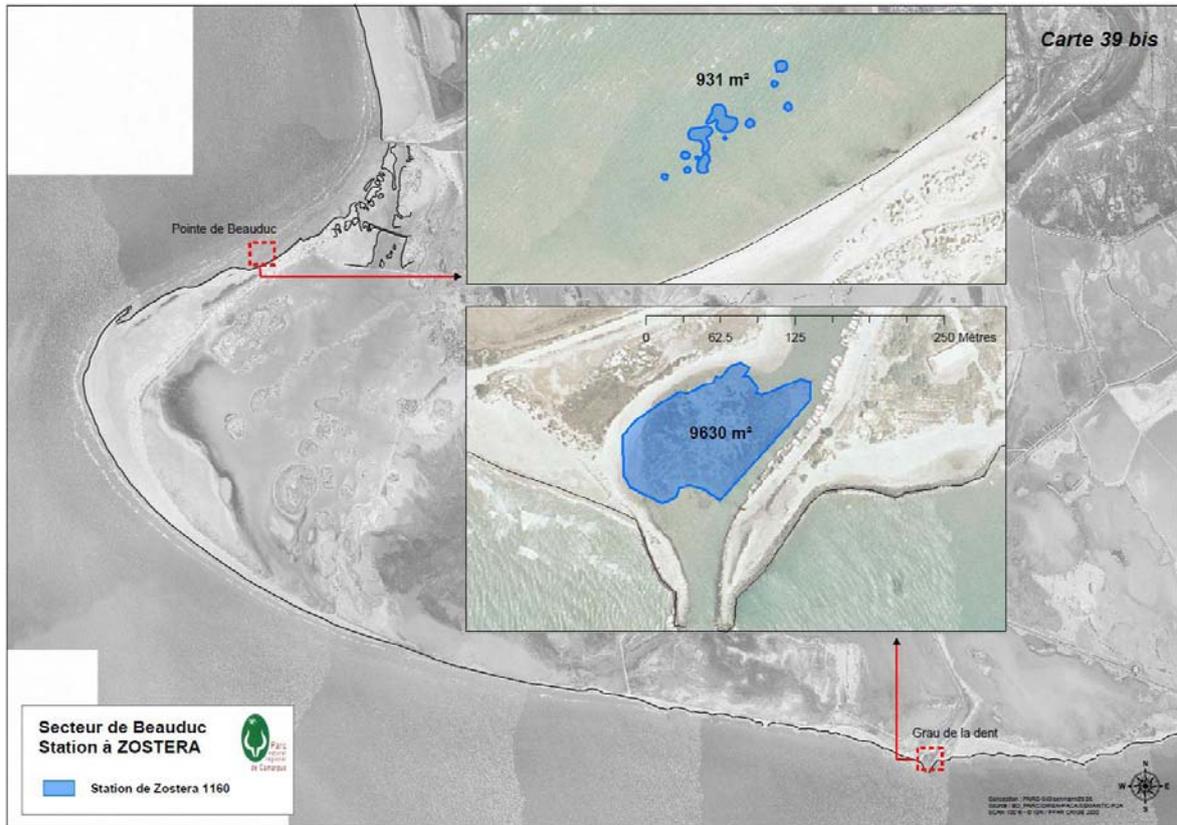


Figure 13 : Localisation des herbiers de *Zostera noltii* (PNR Camargue)

#### 1.4 CONCLUSION

En conclusion, la zone est définie comme riche du point de vue faunistique et abrite une riche communauté ichtyologique, avec beaucoup d'espèces démersales. Parmi elles, on compte de nombreux poissons plats pour lesquels les fonds sableux côtiers constituent une importante zone de nurserie et de nourrissage.

Au niveau des communautés macrobenthiques de substrats meubles, les résultats sont plus éparés et moins nombreux. Si des études importantes ont été réalisées pour suivre l'évolution d'un peuplement sur une échelle temporelle importante, peu d'informations existent pour décrire de manière globale la répartition des biocénoses benthiques en Camargue.

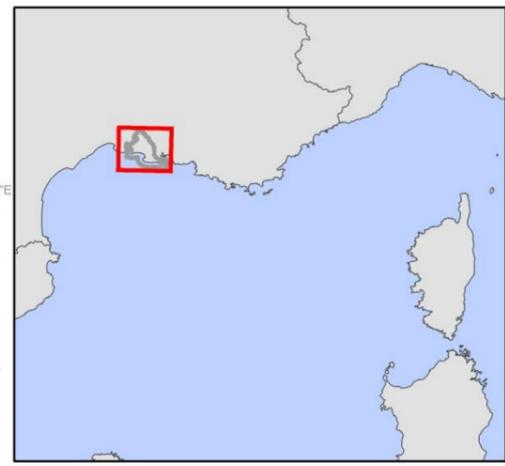
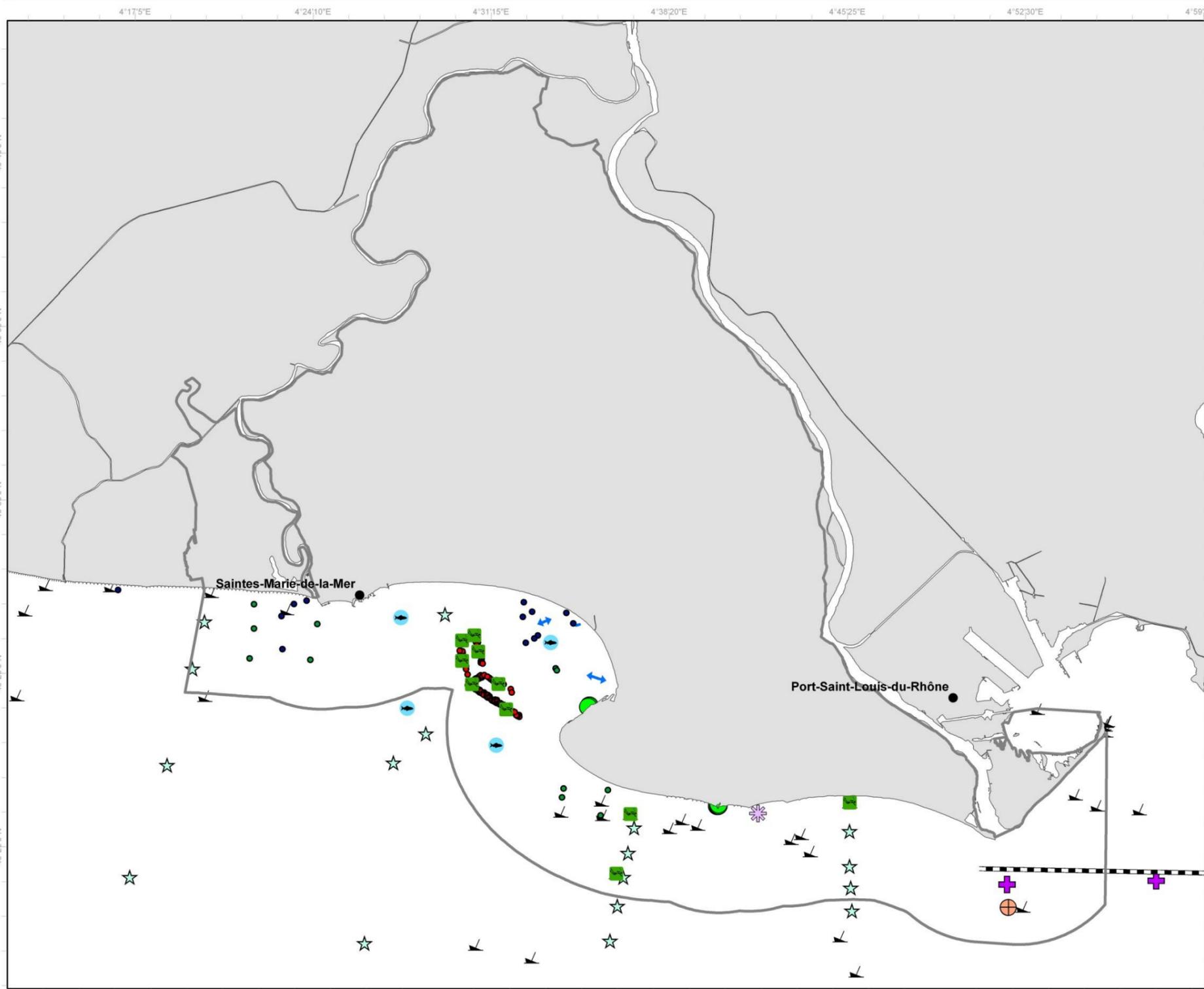
La synthèse des données sources est présentée dans les planches ci-dessous.

*Planche 1 : Carte synthétique des données historiques (données biologiques) 1/2*

*Planche 2 : Carte synthétique des données historiques (données sonar) 2/2*



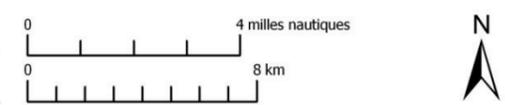
INVENTAIRES BIOLOGIQUES ET ANALYSE ECOLOGIQUE DES HABITATS MARINS PATRIMONIAUX 2010-2012  
 CARTOGRAPHIE DES DONNÉES HISTORIQUES (1/2)  
 SITE FR9301592 - CAMARGUE



- Données historiques**
- PNR (2011)
  - P2A, MORANCY (2008)
  - SEMANTIC TS (2008)
  - ⊙ Vacquier C (2008)
  - ⊙ Hermand R (2008)
  - ⊙ Hermand R (2008)
  - ☆ Labrune C - REDITE I (2006)
  - ↔ Heloin (2004)
  - CREOCEAN (2003)
  - CREOCEAN (2003)
  - + Salen-Picard (2003)
  - ✱ Masse H (1972)
  - ✱ SHOM
  - Site Natura 2000

sources des données :

- AAMP, 2010 (site Natura 2000)
- SHOM/IGN, (trait de côte Histobitt v1)
- EuroGeographics, 2006 (Pays)
- PNR, 2011 (Cartographie des herbiers de zostères)
- P2A, MORANCY Conseil Environnement, 2008 (Plongées d'observation et inventaires qualitatifs sur des épaves, récifs artificiels et herbiers de zostères naines)
- SEMANTIC TS, 2008 (Cartographie des fonds marins du golfe de Beauduc et plongées d'interprétations)
- Vacquier C, 2008 (Premières investigations sur la structure spatiale et saisonnière des peuplements de poissons des fonds meubles du Golfe de Beauduc)
- Hermand R, 2008 (Réponses d'une communauté macrobenthique méditerranéenne soumise à des apports sédimentaires allochtones naturels ou anthropiques)
- Hermand R, 2008 (Macrofaune density, biomass and composition of estuarine sediments and their relationship to the river plume of the Rhône river)
- Labrune, C., Grémare, A., Amoureux, J.-M., Sarda, R., Gil, J., Taboada, S., 2006 (Diversity of polychaete fauna in the Gulf of Lions (NW Mediterranean)) Vie et Milieu 56, 315-326
- CREOCEAN, 2003 (Diagnostic préalable pour une gestion halieutique dans la zone marine du PNR de Camargue)
- Salen-Picard C, 2003 (Responses of Mediterranean soft bottom community to short term (1993-1996) hydrological changes in the Rhône river)
- Masse H, 1972 (Quantitative investigations of sand-bottom macrofauna along the mediterranean north-west coast)
- Heloin, 2004 (Préinventaire qualitatif sur la dynamique des poissons du Golfe de Beauduc)
- Labrune C., Grémare A., Amoureux J.-M., Sarda R., Gil J., Taboada S., 2007 (Assessment of soft-bottom polychaete assemblages in the Gulf of Lions (NW Mediterranean) based on a mesoscale survey. Estuar Coast Shelf Sci 71, 133-147)
- Labrune C., Grémare A., Amoureux J.-M., Sarda R., Gil J., Taboada S., 2008 (Structure and diversity of shallow soft-bottom benthic macrofauna in the Gulf of Lions (NW Mediterranean). Helgolander Marine Research 62, 201-214)

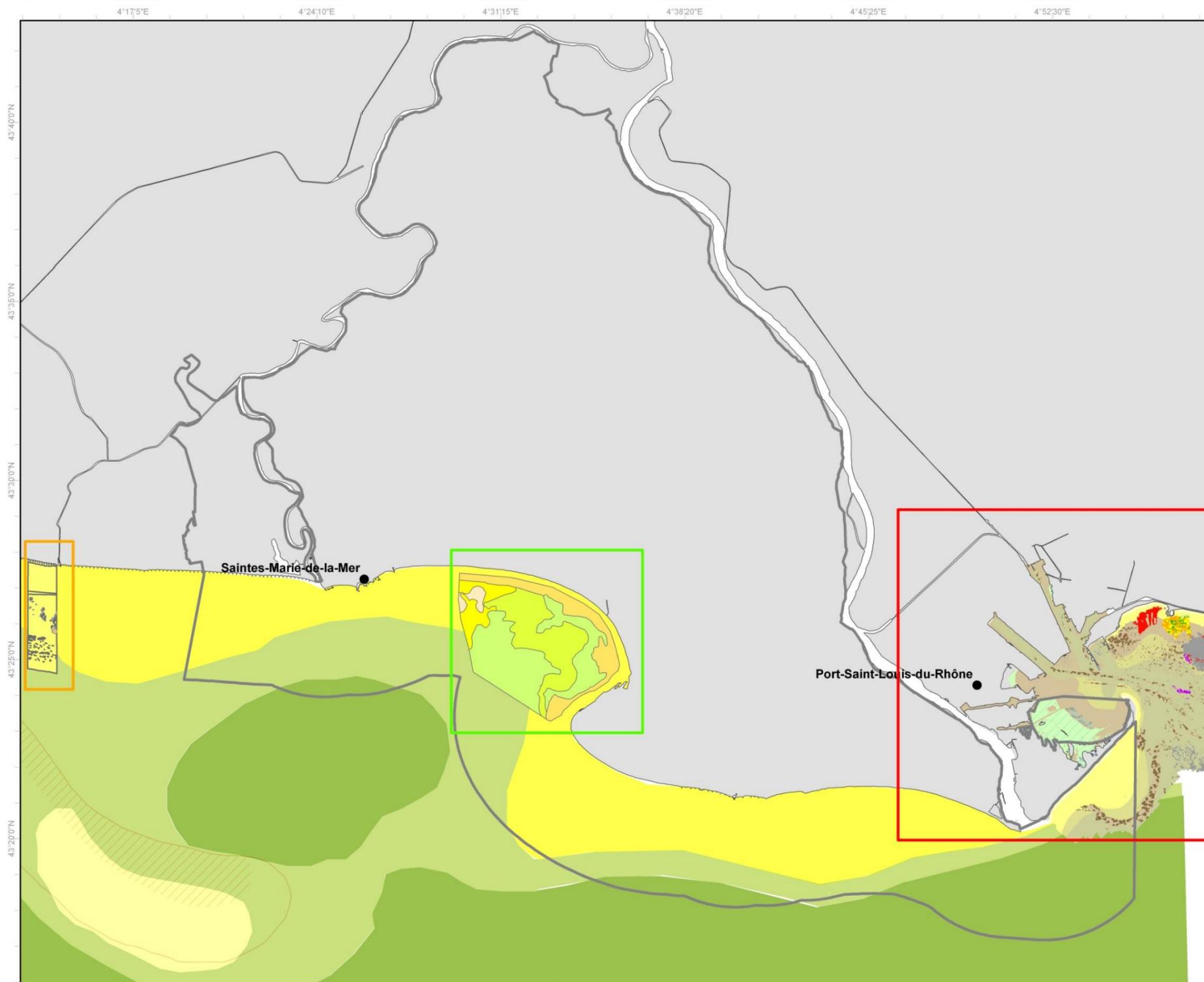






INVENTAIRES BIOLOGIQUES ET ANALYSE ECOLOGIQUE DES HABITATS MARINS PATRIMONIAUX 2010-2012

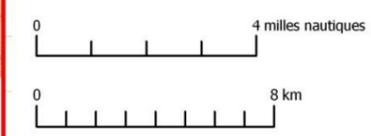
CARTOGRAPHIE DES DONNEES HISTORIQUES (2/2)  
 SITE FR9301592 - CAMARGUE



**Données historiques**

- ANDROMEDE OCEANOLOGY (2012)
- SEMANTIC TS (2008)
- GIS POSIDONIE (2008)
- SITE NATURA 2000

sources des données :  
 - AAMP, 2010 (site Natura 2000)  
 - SHOM/IGN, (trait de côte Histolitt v1)  
 - EuroGeographics, 2006 (Pays)  
 - ANDROMEDE OCEANOLOGY, 2012 (Inventaire Natura 2000 en mer)  
 - SEMANTIC TS, 2008 (Cartographie des fonds marins du golfe de Beauduc et plongées d'interprétation)  
 - GIS POSIDONIE - Copetech-SM-HydroConsult, 2008 (Etude et cartographie des biocénoses marines remarquables du Golfe de Fos)



système de coordonnées :  
 Lambert 93 / RGF Lambert 93 / IAG GRS 1980  
 MED\_N2000\_DHFF\_FR9301592\_DonneesHistSurfacique\_A3pa\_20121109  
 réalisation :  
 IN VIVO marché natura 2000 - Novembre 2012

Sources : IN VIVO Environnement - Novembre 2012





## PARTIE 2 : METHODOLOGIE

# 1 METHODOLOGIE DES PROSPECTIONS ET TRAITEMENT DES DONNEES

## 1.1 INTRODUCTION

---

Les prospections-terrain ont pour double objectif de :

- Définir et cartographier les peuplements benthiques sur la zone d'étude ;
- D'évaluer l'état de conservation ou au moins de définir un état initial lorsque les descripteurs d'évaluation n'existent pas.

Les prospections à la benne et au chalut à perche permettent de caractériser les zones de substrats meubles infralittoraux et circalittoraux (granulométrie, endofaune, épifaune). Bien que destructrices, ces méthodes sont les seules qui permettent un travail fiable et des mesures sont prises pour les rendre les moins impactantes possible.

Les prospections en plongée sous-marine permettent de caractériser les zones de substrats rocheux et définir un état initial sur les herbiers de phanérogames marines.

Les prospections sur les zones émergées en quad permettent de caractériser les laisses de mer.

## 1.2 PROSPECTIONS A LA BENNE

---

Les prélèvements ont été réalisés au moyen d'une benne Day Grab (de type Van Veen). Elle permet l'échantillonnage de 0,1 m<sup>2</sup> de sédiment à chaque coup de benne correspondant à la surface « normée » dans les protocoles de prélèvement du macrobenthos. Quatre prélèvements ont été réalisés sur chaque station pour la détermination du macrobenthos. Un prélèvement supplémentaire a été réalisé pour les analyses granulométriques et la détermination du carbone organique total (COT).



Figure 14 : Mobilisation de la benne Day-Grab

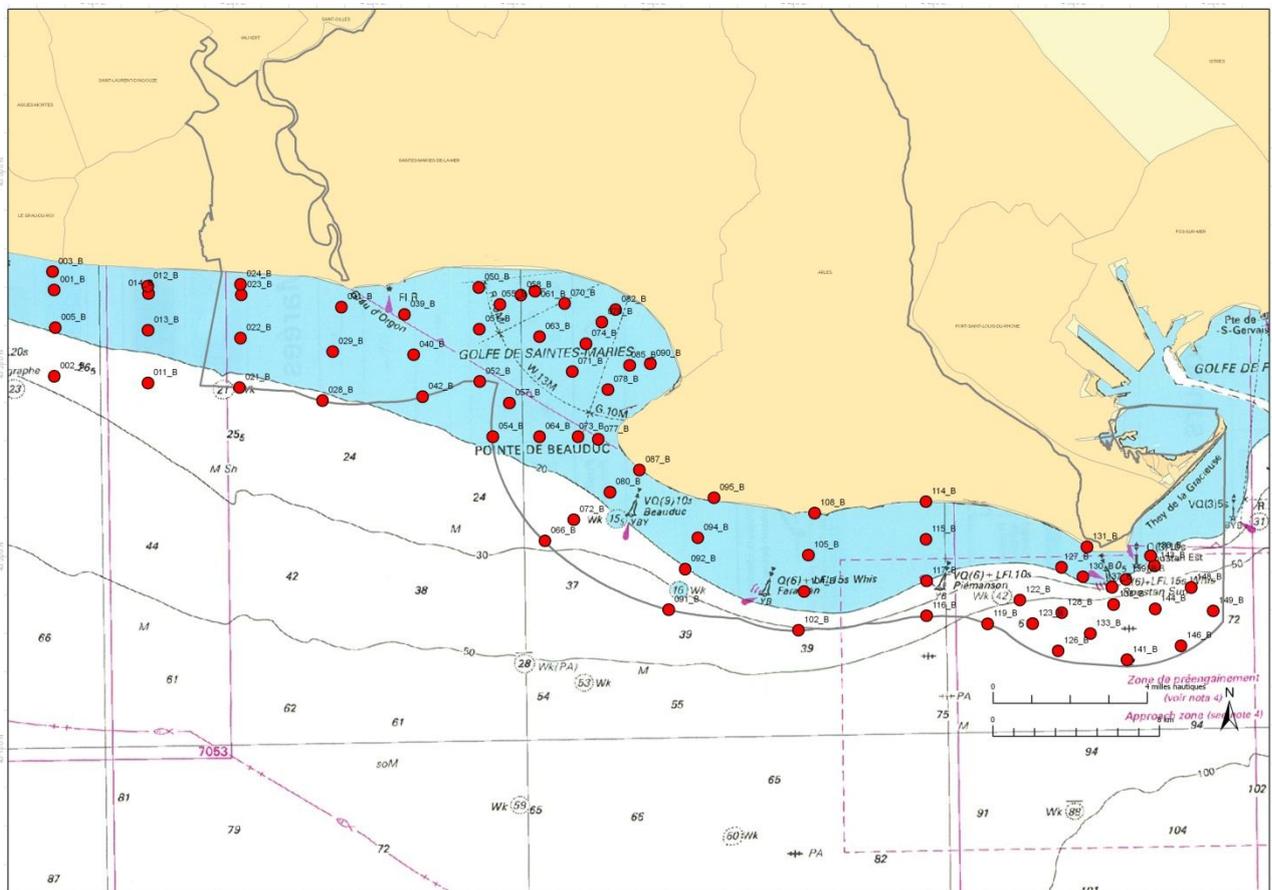


Figure 15 : Plan d'échantillonnage des prélèvements à la benne

Planche 3 : Mise en œuvre des prélèvements à la benne

L'échantillon récolté est ensuite tamisé sur un tamis de maille carrée de 1 mm, cette taille permettant de ne sélectionner que la macrofaune du sédiment (conformément à la norme ISO 16665 et aux protocoles

REBENT). La méiofaune (passant sur le tamis de 1 mm et restant sur le tamis de 40  $\mu\text{m}$ ) est écartée, car elle n'est pas retenue dans le protocole des études des travaux de routine sur les peuplements des substrats meubles défini par les scientifiques (Dauvin, 1989). Les organismes vivants ont ensuite été récupérés puis conservés dans l'alcool à 70°, pour être identifiés sous loupe binoculaire.

Engins	Nombre de prélèvements par station	Surface unitaire	Surface totale	Profondeur de pénétration
Benne DAY GRAB	4	1/10 m <sup>2</sup>	4/10 m <sup>2</sup>	30 cm

Tableau 2: Synthèse du protocole à la benne

*Planche 4 : Mise en œuvre des analyses biosédimentaires au laboratoire*

### 1.3 PROSPECTIONS AU CHALUT A PERCHE

#### 1.3.1 PRELEVEMENTS AU CHALUT A PERCHE

##### 1.3.1.1 INTRODUCTION

Le chalut à perche est particulièrement bien adapté à l'échantillonnage de l'épi-macrofaune benthique, souvent sur-dispersée et mal échantillonnée par les autres types de bennes à prélèvements. En effet, les individus de l'épi-macrofaune benthique ne sont pas présents en nombre suffisant dans le milieu pour être échantillonnés de manière satisfaisante par une benne à prélèvement classique. Toutefois, ces individus constituent une unité de peuplement à part entière et doivent être échantillonnés afin de décrire le milieu de la façon la plus fine qu'il soit. La vidéo tractée, que nous mettons également en œuvre, est une des solutions pour pouvoir apprécier les peuplements de la zone mais ne permet pas l'identification des individus au niveau de l'espèce. La seule alternative pour appréhender au mieux le milieu est l'utilisation de ce chalut.

##### 1.3.1.2 METHODOLOGIE

La mise en œuvre de cet engin consiste à le faire traîner sur le fond, posé sur ses patins. Des chaînes permettent de décoller du fond la couche supérieure du sédiment (comme un rabot épi-benthique) et les espèces en présence sont emprisonnées dans le « cul » du chalut.

Le filet mis en œuvre est composé de mailles de 10 mm en entrée de chalut et de 5 mm dans le « cul » du chalut. Ces dimensions sont de 2 m de large pour 35 cm d'ouverture.

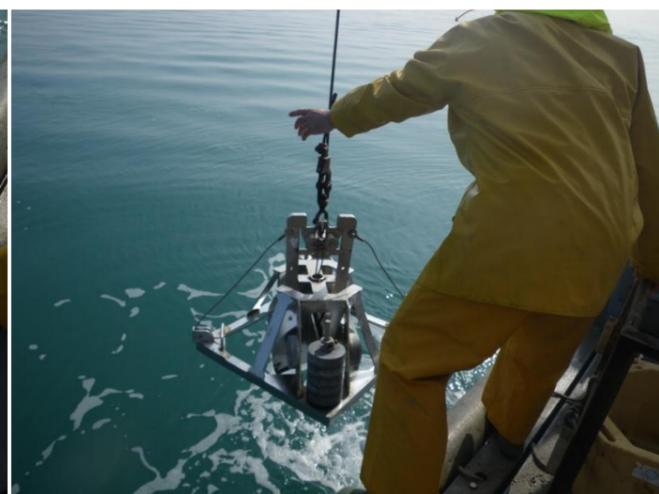
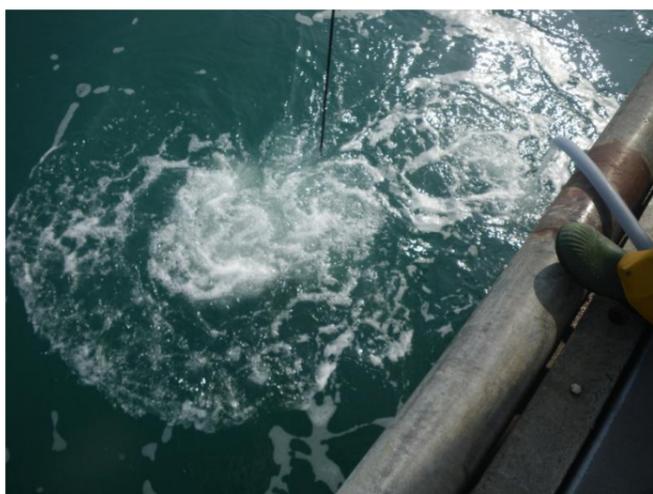




Engin de prélèvement : la benne Day Grab



Débordement de la benne et descente jusqu'au fond où le godet récolte 0,1 m<sup>2</sup> de sédiments sur environ 30 cm



Remontée de la benne, retour à bord et récupération de l'intégralité du matériel échantillonné



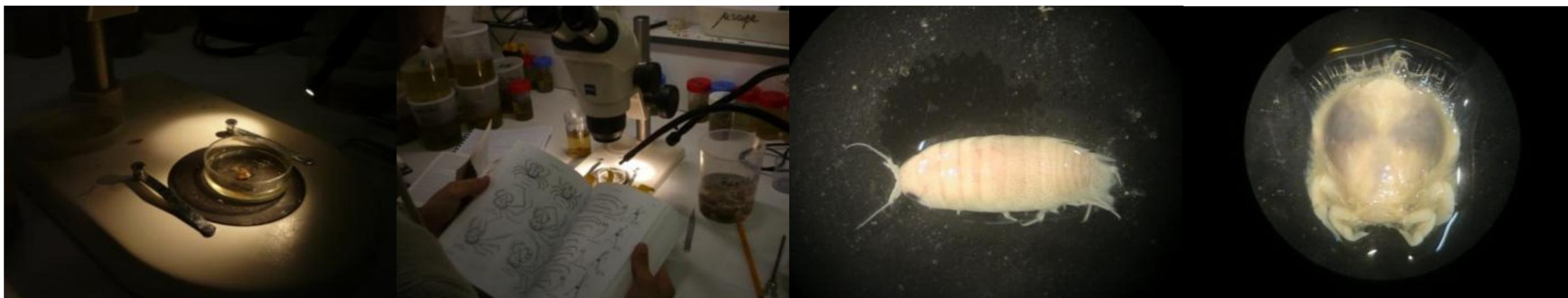
Tamisage du sédiment récolté sur maille carrée de 1 mm, fixation du refus de tamis dans l'alcool et numérotation des échantillons





Tri du refus de tamis, isolement du matériel biologique et fixation dans l'alcool

Loupe binoculaire



Identification des espèces sous loupe binoculaire avec les ouvrages de référence

Photographie des espèces d'intérêt



Analyse granulométrique : séchage des sédiments à l'étuve et tamisage sur colonne

Pesée des différentes fractions

Photographie de chaque fraction





Figure 16 : Mise en œuvre du chalut à perche

Une trentaine de traits de chaluts a été réalisée sur la zone d'étude. Leur répartition est homogène sur la zone et le plan de positionnement est détaillé sur la figure suivante. Leur durée de traînée est de cinq minutes. La position de début et de fin de trait permet de connaître la distance parcourue et donc la surface investiguée.

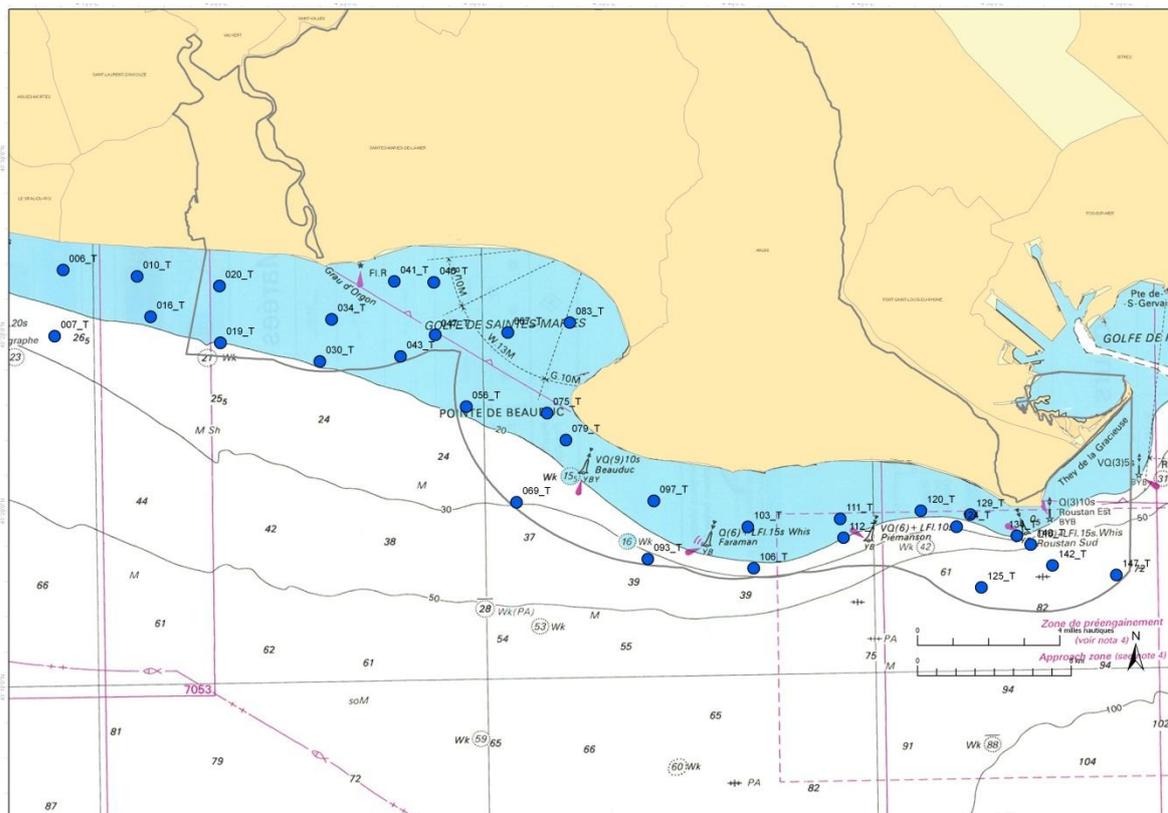


Figure 17 : Plan d'échantillonnage des traits de chalut à perche

Après la remontée du chalut à bord du bateau, le contenu du chalut est vidé et les espèces sont dénombrées et identifiées. Les individus non-identifiés sont conservés dans l'alcool à 70° et identifiés au laboratoire dans nos locaux de La Forêt-Fouesnant. Les espèces connues sont dénombrées et rejetées aussitôt.



Figure 18 : Tri des espèces récoltées dans le chalut à perche (droite : poulpe)

#### 1.4 TRAITEMENT DES DONNEES

Les données acquises à la benne permettent la caractérisation des peuplements de substrats meubles et ainsi la réalisation de la cartographie des habitats. De plus, les listes d'espèces et d'abondances permettent le calcul de différents indices de santé des peuplements de substrats meubles (cf. Chapitre 4 « Etat de Conservation »).

Une liste des espèces et des abondances est réalisée pour chaque trait de chalut. Cette liste spécifique permet d'identifier le type de peuplement de l'épi-macrofaune benthique. La description du peuplement est donc complétée et une mise en relation avec les typologies en vigueur (Cahier d'Habitats 2004 et CAR/ASP) est réalisée. Cette liste d'espèces permettra d'autre part la réalisation d'un indicateur de perturbations physiques (cf. Chapitre « Etat de Conservation »).

#### 1.5 PROSPECTIONS EN PLONGEE SOUS-MARINE

La plongée sous-marine apparaît comme la technique la plus adaptée pour caractériser les biocénoses rocheuses du fait de la difficulté de prélèvements (risque de casse, méthode fortement destructive, etc.).

### 1.5.1 METHODOLOGIE

Sur chaque station l'investigation en plongée permet de valider :

- La description et l'architecture du site prospecté ;
- La détermination des principales espèces benthiques en présence ;
- La description des microhabitats rencontrés dans chaque niveau ainsi que les espèces associées ;
- L'état de conservation de l'habitat et/ou la présence-absence de macrodéchets.

Les prospections en plongée sous-marine se sont faites à l'aide d'un semi-rigide de 6,2 m. Celui-ci, équipé d'un traceur-GPS et d'un sondeur, permet de se positionner de manière précise sur les sites de plongée.

L'équipe est composée de deux plongeurs biologistes d'IN VIVO pour la réalisation des inventaires et des prélèvements. L'équipe est complétée par deux plongeurs photographes/vidéastes professionnels afin de réaliser des vues de qualité : photos d'ambiance au grand angle, vidéo HD, macrophotographies pour les sujets de petite taille. Ces photos permettent de répondre aux attentes de l'AAMP quant à la réalisation d'illustrations de qualité.

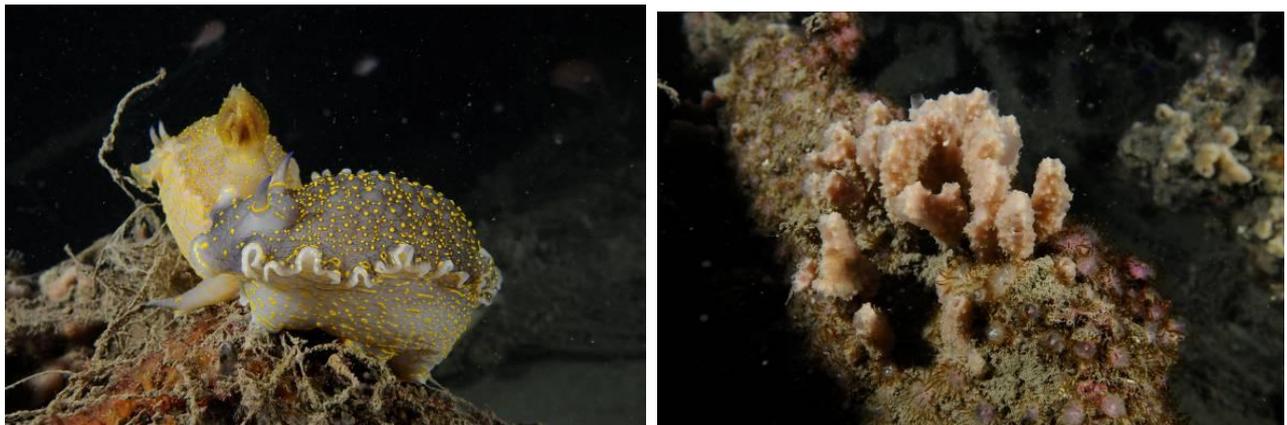


Figure 19 : Photographies réalisées d'*Hypselodoris elegans* (gauche) et de spongiaires (droite)

#### 1.5.1.1 HABITATS ROCHUEUX

##### 1.5.1.1.1. Introduction

Les biocénoses marines de substrats rocheux sur le littoral camarguais sont peu nombreuses et uniquement de nature artificielle. Elles présentent d'autre part, une spécificité très particulière en fonction de leur profondeur.

Ainsi, nous avons choisi de réaliser des prospections sur des substrats durs de petits fonds (récifs artificiels du golfe de Beauduc, 13 m de profondeur) mais aussi plus profondes (épave du Bartolo, 28 m de profondeur).

L'épave du Bartolo a été choisie du fait de sa profondeur mais aussi du fait qu'elle a été prospectée en 2008 par le bureau d'études P2A Développement. L'objectif était, à l'époque, d'évaluer la conformité et/ou l'état physique des structures, de caractériser les peuplements de poissons et d'invertébrés et d'illustrer la faune observée. Cette étude a été commandée par le Parc Régional de Camargue.

Comme P2A Développement, un inventaire qualitatif a été réalisé avec une description des faciès, un descriptif de l'état de colonisation et de la structure ainsi qu'une liste des espèces observées (sessiles et pélagiques). Ces inventaires sont accompagnés de photographies et de vidéographies.

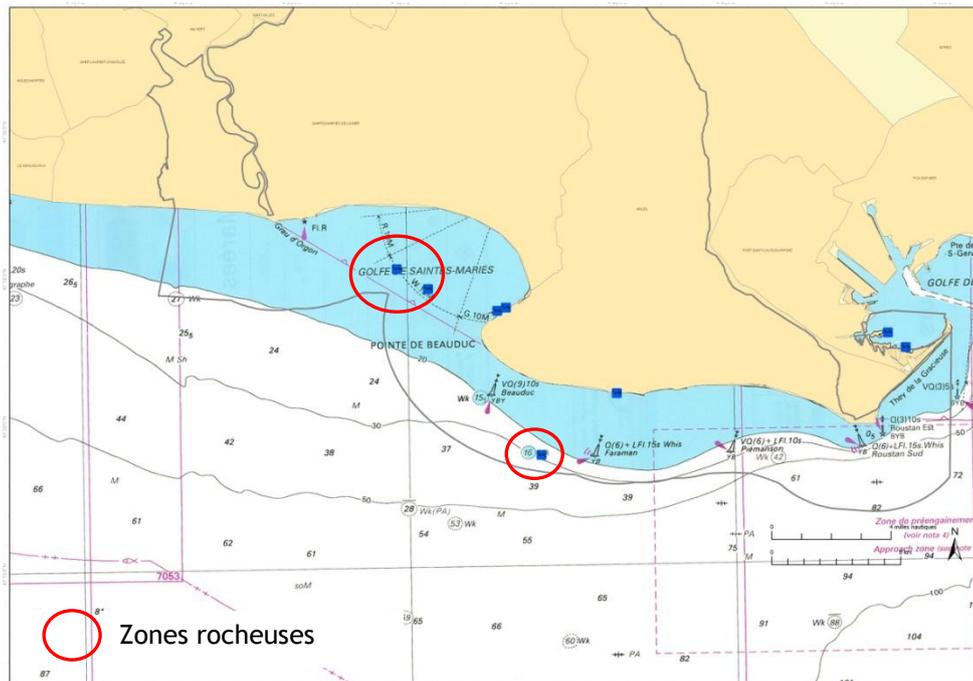


Figure 20 : Plan d'échantillonnage des prospections en plongée sous-marine sur les substrats rocheux

### 1.5.1.2 HERBIERS DE MAGNOLIOPHYTES MARINES

Le protocole a été établi en concertation avec Christian Hily, de l'Université de Bretagne Occidentale et spécialiste des zostères au sein du programme REBENT. L'objectif de ce travail est d'évaluer l'état de santé (ou état de conservation) des herbiers de zostères et non de les cartographier.

La méthode employée doit être simple à mettre en œuvre au vu du temps imparti mais suffisamment complète pour pouvoir évaluer correctement l'état de conservation. Selon les préconisations de Christian Hily, il a été réalisé :

- Une station sur chaque herbier (concernant l'Anse de Carteau, au vu de la superficie, deux stations ont été réalisées) ;
- Sur chaque station, trois points de mesure (espacés minimum de 30 m) ;

- Sur chaque point de mesure, trois comptages sur quadrat (0,25m<sup>2</sup>) et un prélèvement sur un quadrat.
- Les comptages effectués sont : la densité de faisceaux des phanérogames marines et l'évaluation de la proportion d'algues recouvrant le substrat (distinguer algues vertes des autres algues).
- Le prélèvement consiste à prélever tous les faisceaux sur un quadrat pour mesurer la longueur de toutes les feuilles (depuis l'extérieur vers l'intérieur), le nombre de faisceaux récoltés, la biomasse de phanérogames et des algues (poids sec après passage à l'étuve).
- Sur chaque station (donc chaque herbier), quinze faisceaux sont prélevés aléatoirement sur l'herbier pour réaliser le Wasting Disease Index (Indicateur de Stress) :
  - Longueur de gaine ;
  - Longueur totale ;
  - Longueur moyenne des feuilles
- Sur chaque herbier, un prélèvement pour analyse granulométrique et Carbone Organique Total (COT) a été réalisé.
- Sur chaque herbier, trois transects de 25 m<sup>2</sup> ont été réalisés pour inventorier la mégafaune vagile et sessile. Lorsque ce n'était pas possible (hauteur d'eau insuffisante, herbier trop dense), un déplacement aléatoire a été effectué pour repérer la faune associée.

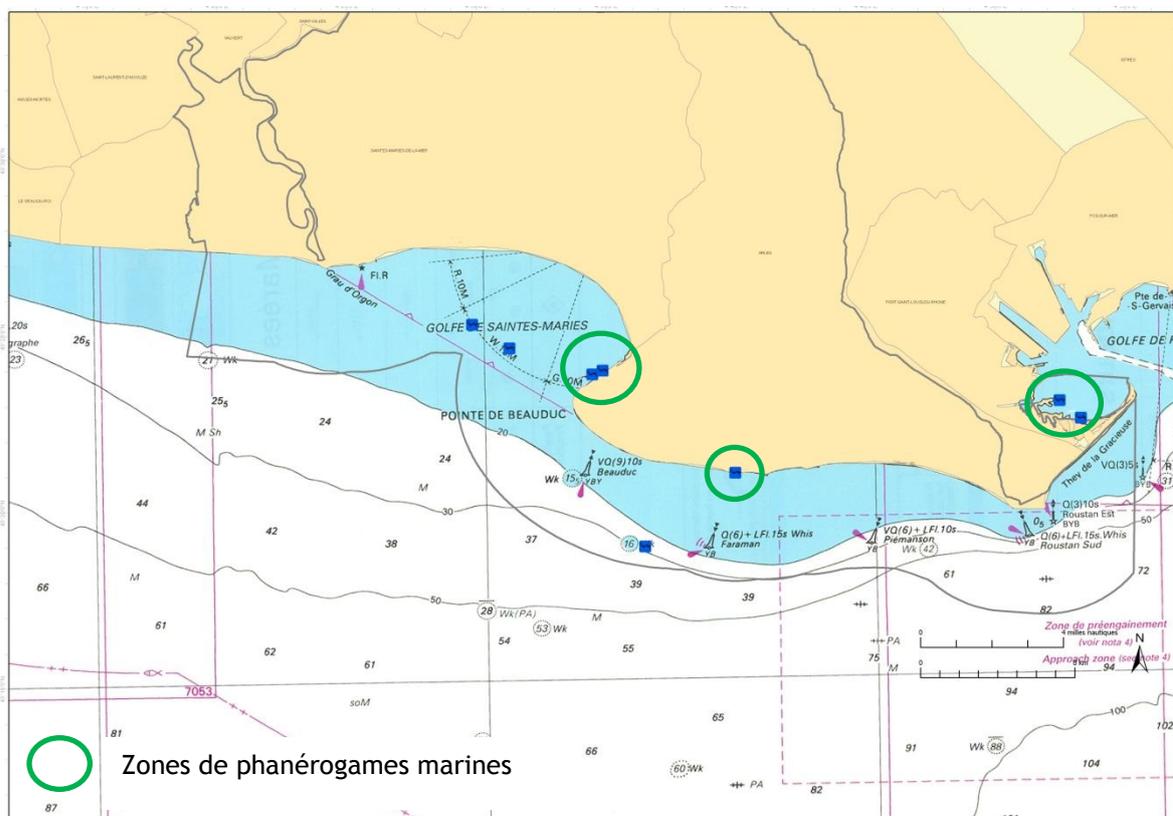


Figure 21 : Plan d'échantillonnage des prospections en plongée sur les herbiers de phanérogames marines

### Synthèse :

- Un prélèvement pour analyse granulométrique et COT ;
- Trois transects de 25 m<sup>2</sup> pour évaluation de la mégafaune ;
- Neuf (3x3) quadrats pour évaluation du pourcentage d'algues recouvrant substrat et densité faisceaux ;
- Un prélèvement sur un quadrat pour l'évaluation de longueur moyenne des feuilles, biomasse et densité de faisceaux ;

### 1.5.2 CONCLUSION

Les prospections en plongée sous-marine sur les structures artificielles (récifs ou épaves) permettent d'observer la faune sessile et les peuplements ichtyologiques associés et de dresser un inventaire relativement exhaustif des espèces en présence.

Les prospections en plongée sous-marine sur les herbiers de phanérogames marines n'ont pas pour but une cartographie de ceux-ci (déjà réalisés régulièrement) mais, d'une part, d'améliorer les connaissances sur les espèces associées à ces faciès et d'autre part, de réaliser un état initial de ces herbiers en vue d'un suivi régulier par la suite.

## 1.6 PROSPECTIONS EN QUAD DE LA ZONE EMERGEE

### 1.6.1 CONTEXTE

L'étage supralittoral et Médiolittoral représentent la transition entre le milieu terrestre et marin mais il est surtout le lieu de nombreuses fonctionnalités écologiques (zone de nourrissage pour certaines espèces d'oiseaux, zone de dépôt de laisses de mer, zone d'engraissement/érosion). Or, la « plage » est un lieu à très fort enjeu humain, notamment durant la période estivale, avec de très nombreuses activités.

A la demande du Parc Naturel Régional de Camargue, les objectifs sont :

- Observer et décrire les laisses de mer (nature) ainsi que les échouages observés sur le Supralittoral et le médiolittoral ;
- Caractériser l'étage médiolittoral par des prélèvements sédimentaires ;
- Caractériser les macrodéchets en présence ;
- Caractériser les perturbations et les activités anthropiques recensées.

### 1.6.2 METHODOLOGIE

Du fait de la difficulté d'accès à ces zones (propriétés privées, peu de chemins d'accès, souvent en mauvais état) et du linéaire côtier important à couvrir (environ 50 km), il a été choisi de prospecter la plage à l'aide d'un quad, équipé d'un système de géo-référencement.

Le géo-référencement des observations a été assuré grâce à un kit de terrain Trimble composé de quatre éléments principaux :

- Une antenne GPS de type Zéphyr permettant d'observer la constellation des satellites ;
- Un récepteur Trimble 5700 pour effectuer le calcul de la position ;
- Un carnet de terrain TSC2, fonctionnant avec le logiciel d'acquisition Trimble Survey Controller, servant d'interface de paramétrage du levé, de communication avec le récepteur, de visualisation et d'enregistrement des données ;
- Et d'une batterie Trimble 12V, en plus des batteries internes du récepteur et du carnet de terrain, assurant l'alimentation de l'ensemble.

La précision de ce système dans lequel un récepteur Trimble fonctionne en GPS dit naturel (mesure en autonome, c.à.d. sans base de référence positionnée sur un point côté à terre) est de l'ordre de un à cinq mètres.



Figure 22 : Illustration de la prospection sur la plage

Cette mission a permis de cartographier de manière relativement exhaustive l'ensemble des « laisses de mer » recensées sur les plages (dont la surface est suffisamment importante pour être cartographiée). Initialement, il était prévu que seules les laisses de mer dont la surface est supérieure à 50 m<sup>2</sup> soit cartographiée. Toutefois, une fois sur place, nous nous sommes rendus compte que celles-ci étaient beaucoup plus réduites et donc l'ensemble des laisses de mer supérieures à 10 m<sup>2</sup> ont été inventoriées. Les troncs d'arbres échoués ponctuellement ont aussi fait l'objet d'une cartographie, puisqu'ils sont considérés comme laisses de mer.

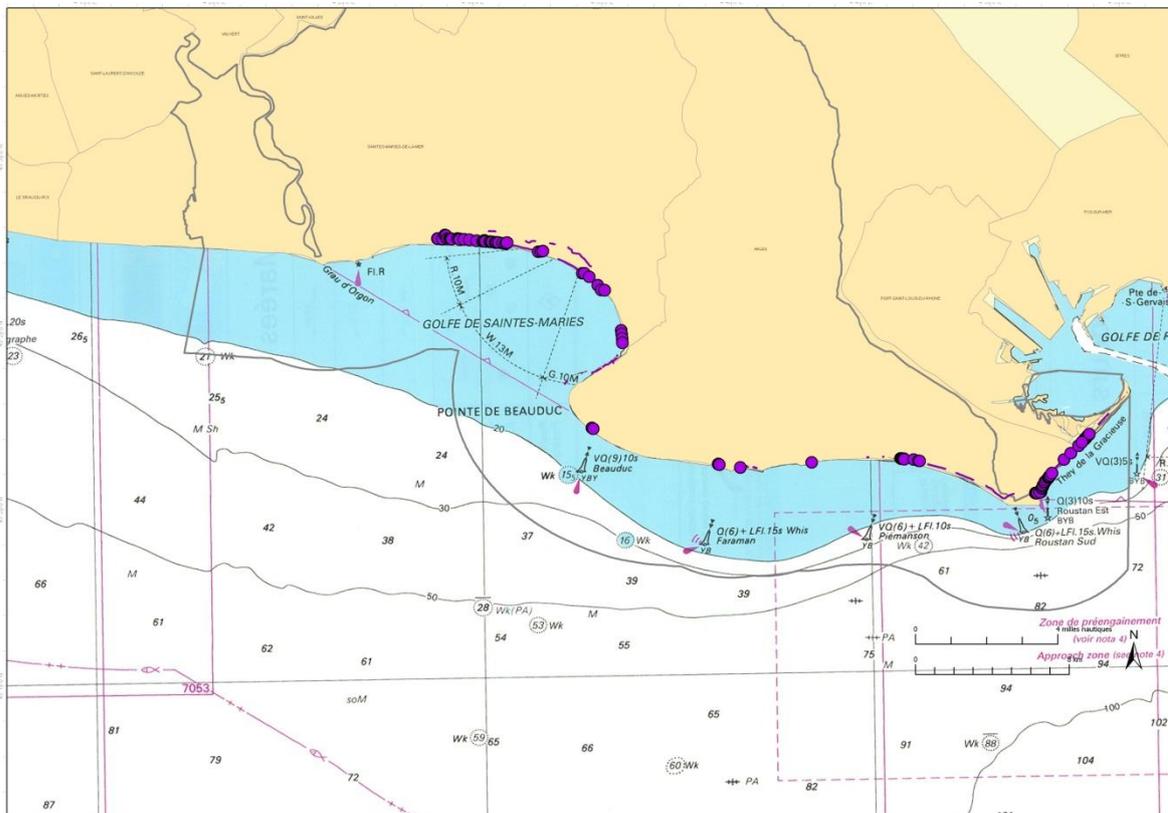


Figure 23 : Plan d'échantillonnage de la prospection en quad

A cela s'ajoutent les macro-déchets importants (filets abandonnés, tonneaux rouillés, etc.), les infrastructures présentes (barricades de protection sur la plage de Plémanson) et les activités recensées (camping, kite-surf, etc.). Pour ces dernières, le faible nombre d'observations n'est pas révélateur de la pression estivale, puisque la campagne a eu lieu en avril.



Figure 24 : Illustration des différentes observations

La cartographie de l'ensemble des données terrain a été accompagnée d'une photothèque d'environ 450 photographies, associées aux cartographies de laisses de mer, troncs d'arbres échoués et macro-déchets.

La campagne de prospection en quad a été l'occasion de réaliser des prélèvements de sédiments sur les plages, dans le prolongement des radiales en mer. Ainsi, à l'aide d'un carottier à main, des carottes de sédiments ont été réalisées pour caractériser la granulométrie du sédiment et les espèces benthiques associées.



Figure 25 : Prélèvements de sédiment à l'aide d'un carottier à main

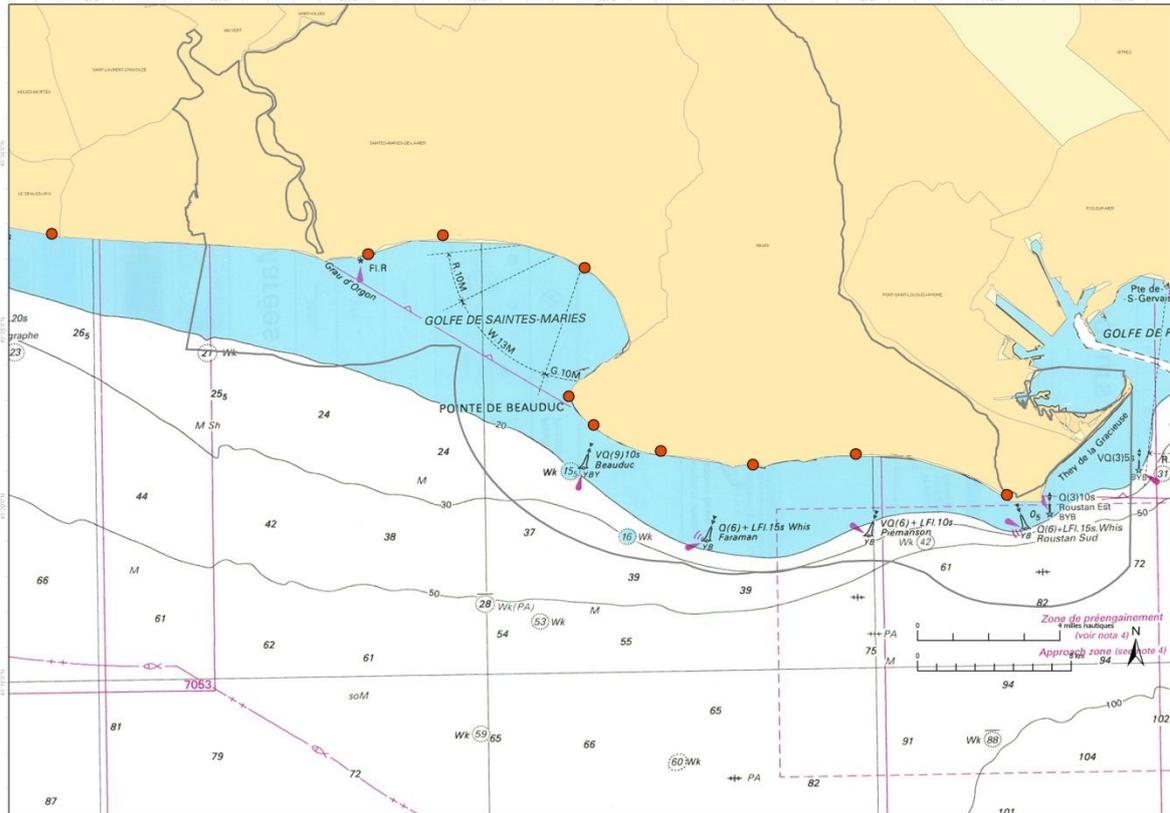


Figure 26 : Plan d'échantillonnage des prélèvements au carottier à main

### 1.6.3 CONCLUSION

Les prospections en quad sur les zones Supralittorale et Médiolittorale permettent d'améliorer la caractérisation des laisses de mer (nature, positionnement) mais aussi des macrodéchets observés et des activités anthropiques. De plus, les prélèvements associés au carottier à main permettent de caractériser la granulométrie et les espèces d'endofaune observées.

## 2 PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

### 2.1 INTRODUCTION

Le plan d'échantillonnage des prélèvements en mer a été construit en prenant en compte la logique sédimentaire, l'hydrologie locale et la courantologie. Ainsi, l'observation attentive de la carte sédimentaire réalisée par Aloisi (1973) révèle une structuration du faciès sédimentaire parallèle à la côte. De plus, la zone marine du delta du Rhône se caractérise par une dominance de sédiments sableux dans la zone littorale et d'un envasement des sédiments vers le large. A cette diversité de faciès sédimentaires sont donc associés des peuplements aux spécificités propres.

Ainsi, il nous a semblé pertinent de réaliser des radiales d'échantillonnage perpendiculaires à la côte afin de :

- Décrire le plus exhaustivement possible l'ensemble des faciès et peuplements associés sur la zone ;
- Prendre en compte la dynamique sédimentaire ;
- Observer l'évolution de celles-ci sur une échelle spatio-temporelle ;
- Observer un gradient côte-large, dépendant de la bathymétrie ;
- Observer l'évolution des peuplements en fonction de la profondeur.

### 2.2 PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE GÉNÉRAL

#### 2.2.1 ZONE MARINE

Comme cela est précisé précédemment, la réalisation de radiales perpendiculaires à la côte (et aux formations sédimentaires) permet une couverture relativement exhaustive des faciès sédimentaires et des peuplements associés. Ces radiales sont constituées de stations à quatre coups de benne, alternant avec des stations de vérification (un seul coup de benne).

Le périmètre du site Natura 2000 en mer s'étendait initialement depuis la limite administrative de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) à l'Ouest jusqu'à l'Anse de Carteau dans le Golfe de Fos à l'Est. Afin d'assurer une continuité dans la prospection faite à l'ouest sur la Pointe de l'Espiguette par un autre bureau d'étude, nous avons agrandi notre zone de 8 km à l'ouest (Figure 27).

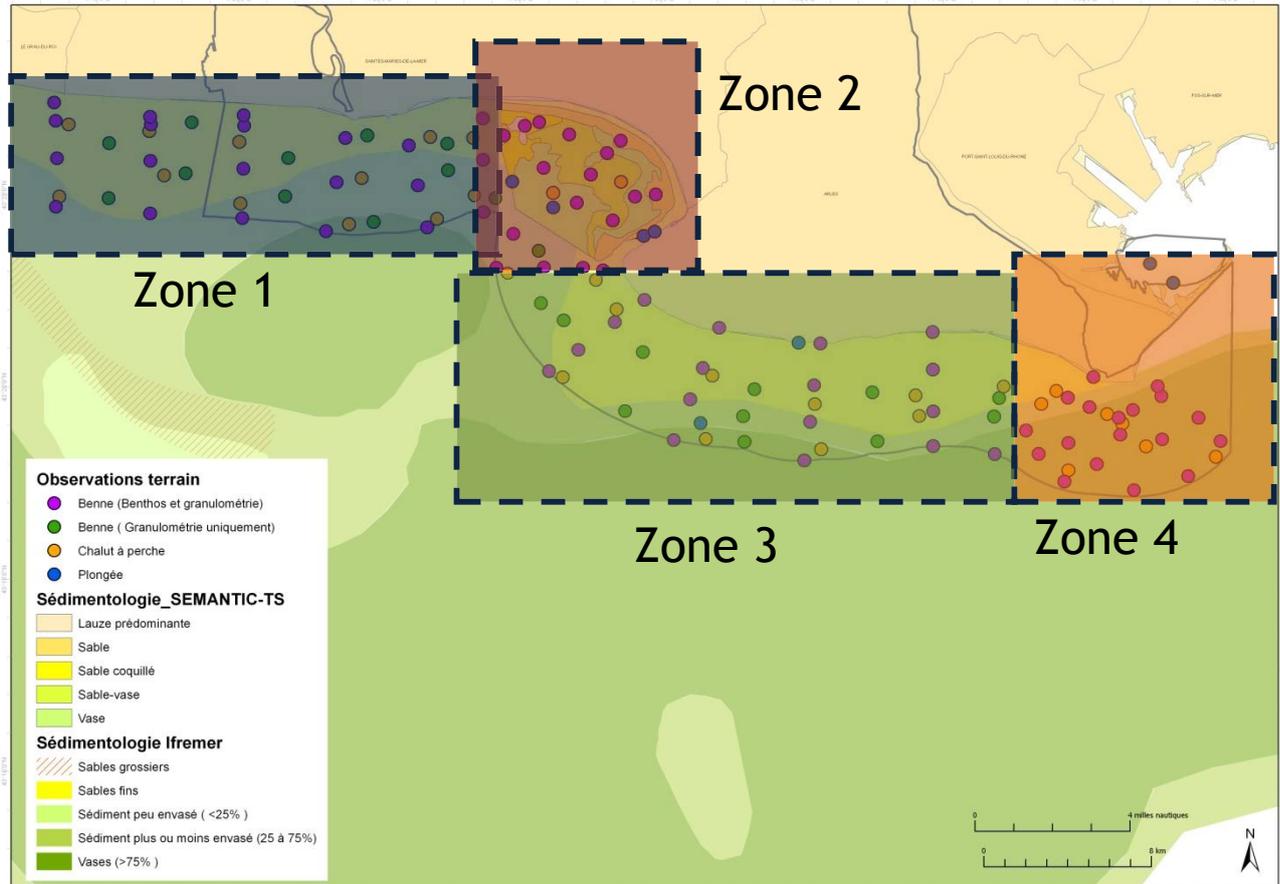


Figure 27 : Plan d'échantillonnage global

Les stations à quatre coups de benne permettent de caractériser les peuplements benthiques grâce à trois réplicats (trois coups de benne) et de caractériser la granulométrie du sédiment (un coup de benne).

Les stations à un coup de benne permettent uniquement de caractériser la granulométrie du sédiment. Comme l'effort d'échantillonnage est limité, nous partons du postulat que si deux stations très proches spatialement présentent une granulométrie similaire alors le peuplement est similaire du fait de la très forte interdépendance entre granulométrie et peuplements.

La grande surface d'étude (environ 55 km de long dans la bande des 3 milles nautiques) nécessite un maillage de prospection suffisamment fin pour être le plus précis possible. Afin de réaliser un nombre de radiales d'échantillonnage suffisant sans que ce soit au détriment du nombre de stations par radiale, il nous est apparu que le bon compromis d'échantillonnage est de réaliser quinze radiales (perpendiculaires à la côte) avec, pour douze d'entre elles, quatre stations de prélèvement/radiale. Les radiales à l'embouchure des estuaires (Petit et Grand Rhône) sont plus courtes (trois stations/radiale) car limitées à la zone côtière.

Concernant les traicts de chalut à perche, nous les avons répartis sur toute la zone d'étude. Ainsi, douze radiales côte/large ont été positionnés sur l'ensemble du lot. Sur chacune d'entre elles, quatre stations à quatre coups de benne et deux traicts de chalut à perche ont été réalisés depuis la côte jusqu'en limite extérieure du périmètre. Enfin, des stations de vérification granulométrique (à un coup de benne) ont été positionnées entre chaque radiale afin d'améliorer par la suite l'interprétation des résultats.

Concernant l'embouchure du Grand Rhône, nous avons ajouté trois radiales avec trois stations de prélèvements par radiale à la côte.

Pour une meilleure compréhension et une meilleure lisibilité du plan d'échantillonnage, la carte a été découpée en quatre grands secteurs d'étude :

1. « *Zone du Petit Rhône* » qui s'étend depuis l'extrémité ouest de la zone d'étude (radiale n°1) jusqu'à l'entrée du golfe de Beauduc (radiale n°6) ;
2. « *Golfe de Beauduc* » qui s'étend entre les radiales n°6 et n°7 ;
3. « *Zone des Salins du Midi* », entre la pointe de Beauduc et l'embouchure du Rhône ;
4. « *Zone du Grand Rhône-Golfe de Fos* » qui s'étend de l'embouchure du grand Rhône jusqu'à l'anse de Carreau.

#### 2.2.1.1 ZONE « PETIT RHONE »

Dans cette zone, l'étude de la carte morpho-bathymétrique d'Ifremer (2002) montre une homogénéité de la répartition des sédiments avec une dominance de sables à la côte et un envasement progressif vers le large.

Les six radiales sont constituées de quatre stations à quatre coups de benne. Les radiales sont positionnées de manière homogène sur le périmètre d'étude et l'une d'entre elles en sortie du Petit Rhône dont les apports particuliers doivent modifier le peuplement en présence.

Deux stations de vérification granulométrique (un coup de benne) ont été positionnées entre chaque radiale afin de valider plus précisément la sédimentologie.

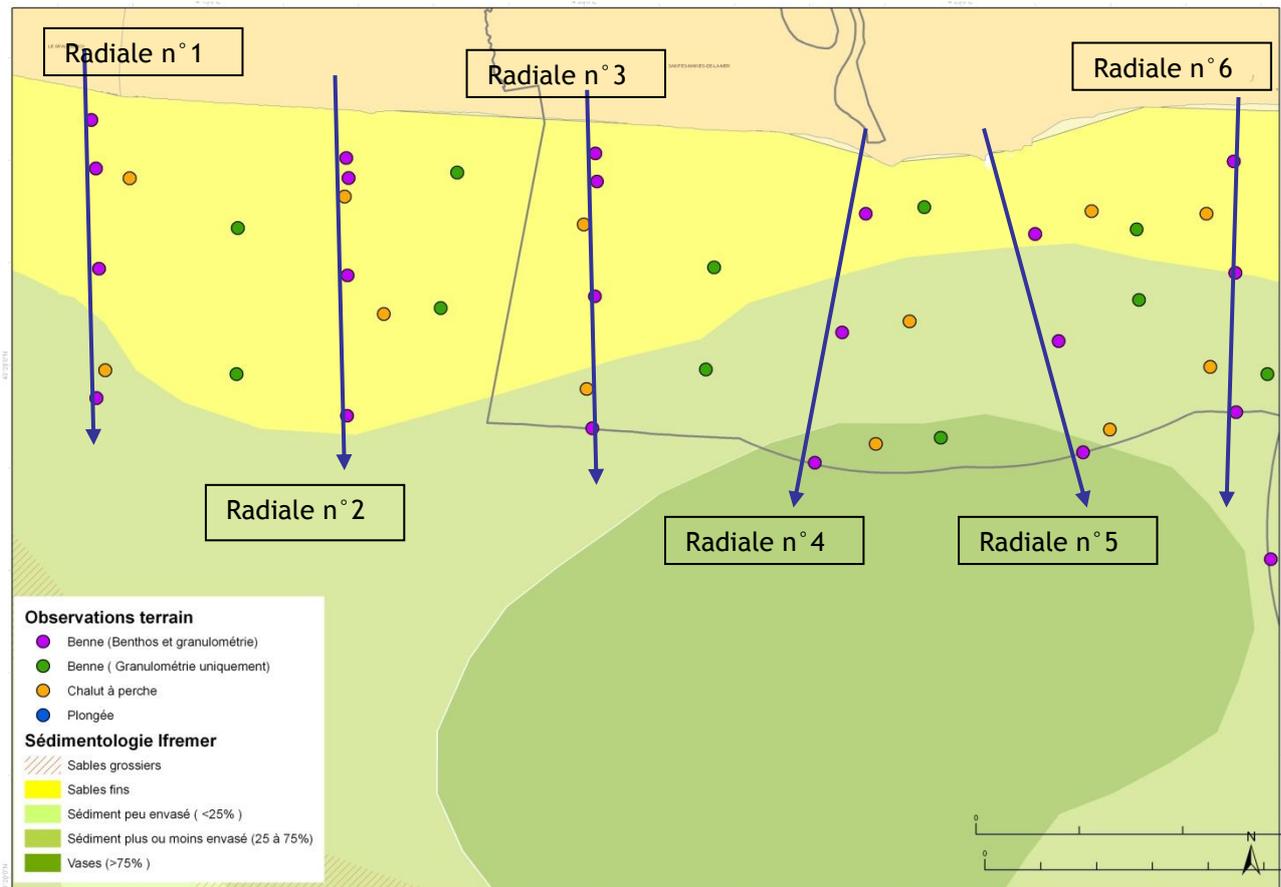


Figure 28 : Plan d'échantillonnage sur la zone du « Petit Rhône »

Effort d'échantillonnage total zone « Petit Rhône » :

22 stations à quatre coups de benne

10 stations à un coup de benne

12 traicts de chalut à perche

### 2.2.1.2 ZONE DU GOLFE DE BEAUDUC

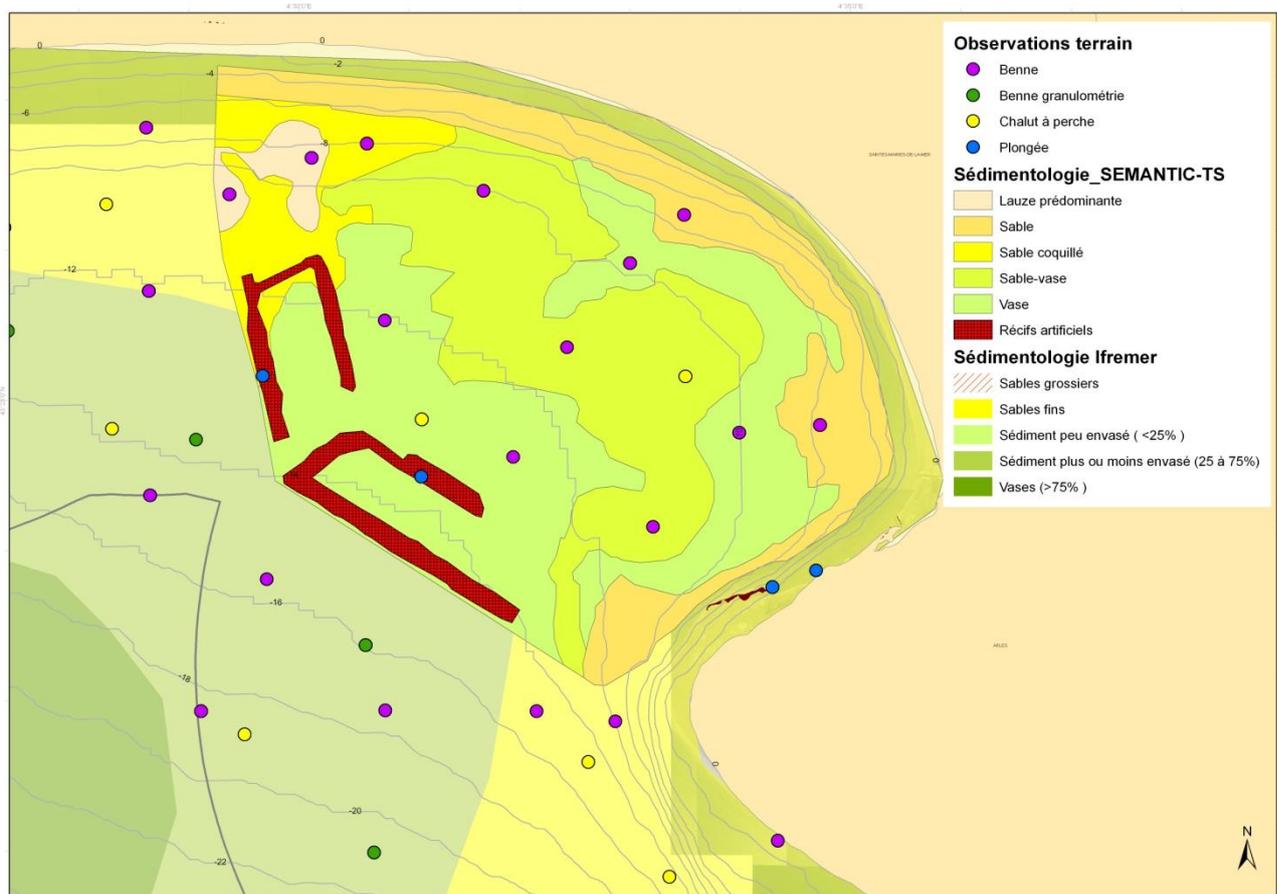


Figure 29 : Plan d'échantillonnage sur la zone du Golfe de Beauduc

Cette zone n'a pas fait l'objet d'une prospection aussi régulière que la précédente. En effet, dans le cadre de l'amélioration des connaissances des biocénoses du PNR, ce dernier avait commandé auprès de SEMANTIC TS, une cartographie des fonds marins du golfe de Beauduc. Celle-ci a été réalisée en 2008 et a consisté en un levé cartographique au sonar latéral de 4500 hectares. La cartographie produite par SEMANTIC TS a été intégrée à notre plan d'échantillonnage. Comme une délimitation des faciès sédimentaires a été faite de manière précise et récemment, il a été opportun de nous baser sur ce travail et de le compléter par quelques stations à quatre coups de benne pour déterminer les peuplements macrobenthiques en présence.

Les prélèvements ont donc été positionnés sur chaque faciès afin de les caractériser du point de vue biologique et non seulement géologique/sédimentologique. Concernant les peuplements ichtyologiques, ceux-ci ont été échantillonnés à plusieurs reprises (Heloin, 2004 ; Vacquier *et al.*, 2008 ) et un inventaire des espèces a été réalisé récemment. Seuls deux traicts de chalut à perche ont été réalisés sur la zone pour apporter des informations supplémentaires.

Le golfe de Beauduc se caractérise d'autre part par la présence de nombreux récifs artificiels (en rouge sur la carte) anti-chalutage. Des prospections en plongée sous-marines ont été réalisées par P2A Développement et Morancy Conseil Environnement en 2008 sur sept récifs artificiels. Cette étude apporte des informations qualitatives sur les peuplements de substrats rocheux en présence. Une journée de prospections (deux plongées) a été faite sur deux récifs (points bleus sur la carte précédente), pour mettre à jour les données de P2A.



Figure 30 : Illustration des biocénoses de récifs artificiels (In Vivo, 2011)

Enfin, la présence d'un herbier de phanérogames marines *Zostera noltii* a été décrite et cartographiée par le Parc Naturel de Camargue. Il ne nous a pas semblé justifié de réaliser une nouvelle cartographie car celle-ci a été faite récemment et l'herbier est suivi régulièrement. Par contre, nous nous sommes proposés de décrire les peuplements associés à cet herbier par des inventaires en plongée sous-marine (une journée) auxquels sont associées des photographies et vidéographies.



Figure 31 : Cartographie des herbiers de zostères (PNR Camargue)

**Effort d'échantillonnage total zone « Golfe de Beauduc » :**

Deux journées de prospections en plongée sous-marine

Treize stations à quatre coups de benne

Deux stations à un coup de benne

Deux traicts de chalut à perche

### 2.2.1.3 ZONE DES SALINS DU MIDI

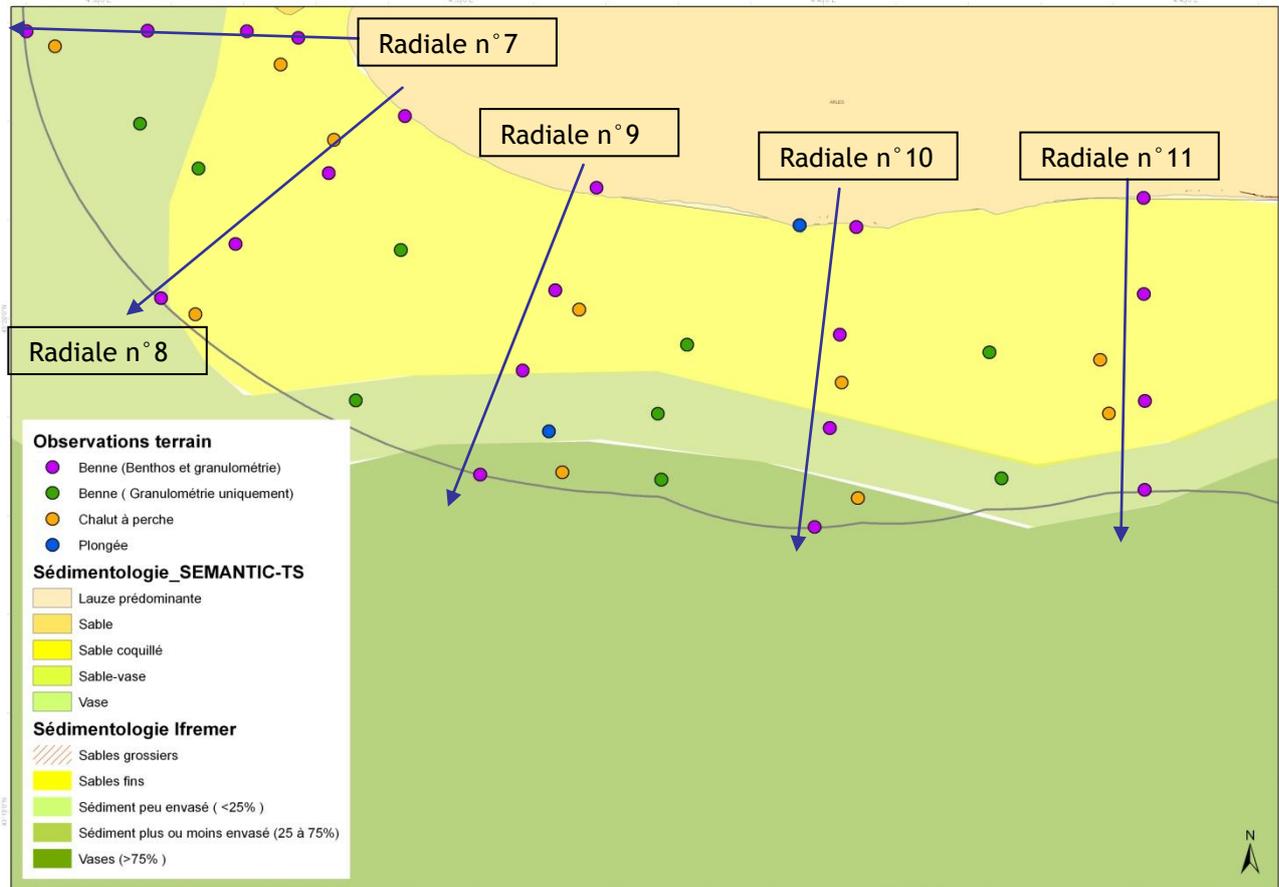


Figure 32 : Plan d'échantillonnage sur la zone des Salins du Midi

Celle-ci s'étend de la pointe de Beauduc jusqu'à l'embouchure du Rhône (zone ouest).

Comme sur la zone du Petit Rhône, la logique sédimentaire nous a obligés à adopter un plan d'échantillonnage similaire avec la mise en place de radiales de travail.

Six radiales perpendiculaires à la côte ont été positionnées sur toute la zone d'étude. Comme précédemment, celles-ci sont constituées de quatre stations à quatre coups de benne et de deux traicts de chalut à perche. Deux stations de validation granulométrique (stations à un coup de benne) ont été placées entre chaque radiale afin d'améliorer encore une fois la validité de nos données en vue d'une interpolation des résultats.

Enfin, un herbier de phanérogames marines *Zostera noltii* est présent au niveau du port du Grau de la Dent. Il ne nous semble pas justifier de réaliser une nouvelle cartographie car celle-ci a été faite récemment (2009 et 2011) et l'herbier est suivi régulièrement par l'équipe du Parc Naturel Régional de

Camargue. Comme pour l'herbier de Beauduc, nous avons réalisé des inventaires en plongée sous-marine (une journée) auxquels seront associées des photographies.

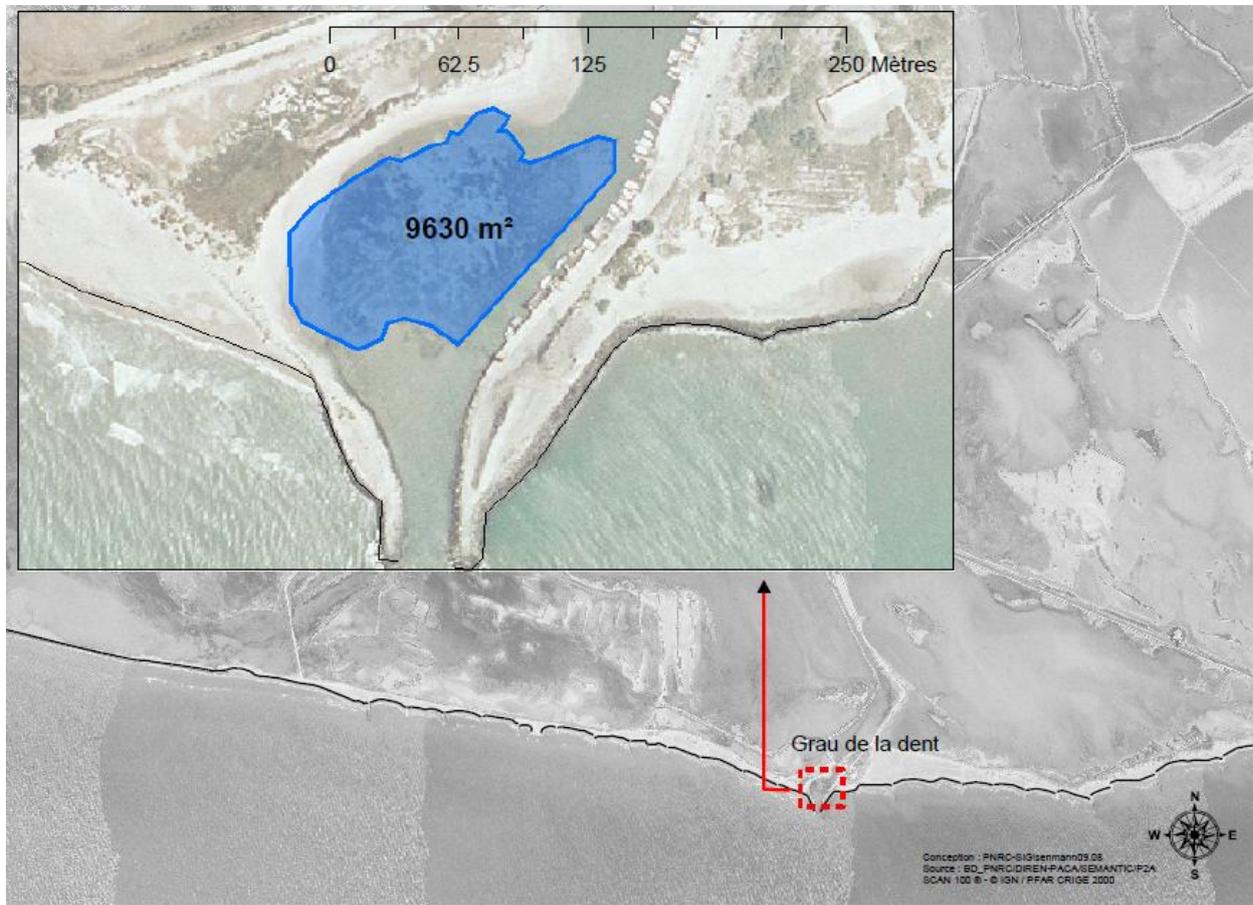


Figure 33 : Cartographie des herbiers de zostères du Grau de la dent (PNR Camargue)

**Effort d'échantillonnage total zone « Salins du Midi » :**

**Une journée de prospections en plongée sous-marine**

**Trente stations à quatre coups de benne**

**Onze stations à un coup de benne**

**Treize traicts de chalut à perche**

### 2.2.1.4 ZONE DU GRAND RHONE-GOLFE DE FOS

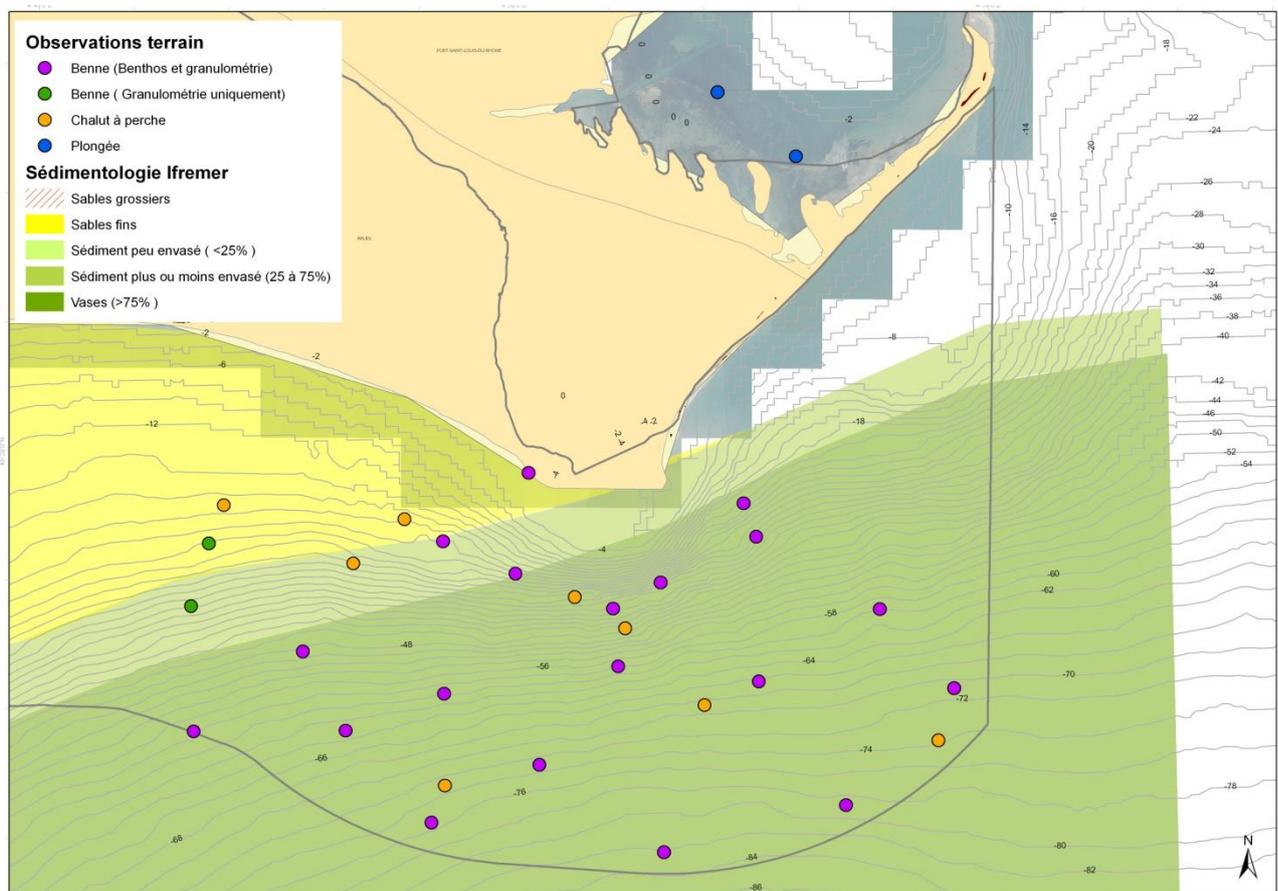


Figure 34 : Plan d'échantillonnage sur la zone de l'embouchure du Grand Rhône - Golfe de Fos

L'embouchure du Grand Rhône présente des caractéristiques hydrologiques, sédimentaires et biologiques très particulières qui nécessitent un effort d'échantillonnage plus important. Pour cette zone, nous distinguons l'embouchure « proche » du fleuve, jusqu'à la zone des 60 mètres et la zone du large entre 60 et 80 mètres de profondeur.

En ce sens, la zone côtière a été échantillonnée par trois radiales de trois stations à quatre coups de benne et cinq traicts de chalut à perche.

La zone profonde, quant à elle, a été échantillonnée aléatoirement par sept stations de prélèvements et trois traicts de chalut à perche.

Concernant l'anse de Carteau dans le Golfe de Fos, la zone se caractérise, selon le GIS Posidonies, par une prairie mixte de *Zostera noltii* et de cymodocées (Astruch *et al*, 2008).

Au vu de la cartographie récente (2008) très précise des biocénoses marines faite dans le Golfe de Fos, il n'est pas apparu nécessaire de réaliser des prélèvements dans cette zone. Par contre, une prospection en

plongée sous-marine a permis de mieux appréhender l'état du peuplement de phanérogames marines et les espèces associées.

### Effort d'échantillonnage total zone « Grand Rhône-Golfe de Fos » :

Une journée de prospections en plongée sous-marine

Seize stations à quatre coups de benne

Cinq traicts de chalut à perche

## **2.2.2 ZONE EMERGEE**

### **2.2.2.1 INTRODUCTION**

Les plages camarguaises constituent une véritable transition entre la partie terrestre et le milieu marin. C'est aussi une zone à très fort enjeu du fait de la fonctionnalité de certains habitats (laisses de mer, dunes, bas de plage) et de la présence de nombreuses activités économiques liées principalement au tourisme.

Le travail réalisé sur les plages (étage supralittoral et médiolittoral) dans le cadre de ce marché s'est concentré uniquement sur l'aspect « laisses de mer ».

### **2.2.2.2 CARACTERISATION DES LAISSES DE MER**

L'ensemble de la zone émergée (constitué du médiolittoral et du supralittoral) entre les Saintes-Maries-de-la-Mer et la pointe de la Gracieuse a été prospecté soit à pied (They de la Gracieuse), soit en quad. Cette zone au droit de la propriété des Salins du Midi a, elle aussi, pu être prospectée, après accord et autorisation de l'entreprise. Toutefois, sur cette partie du littoral, les épis et aménagements rocheux sont largement dominants et les zones sableuses sont peu représentées.

Les prospections se sont faites sur la haute plage (en pied de dunes) et sur la Moyenne plage jusqu'en limite des eaux.

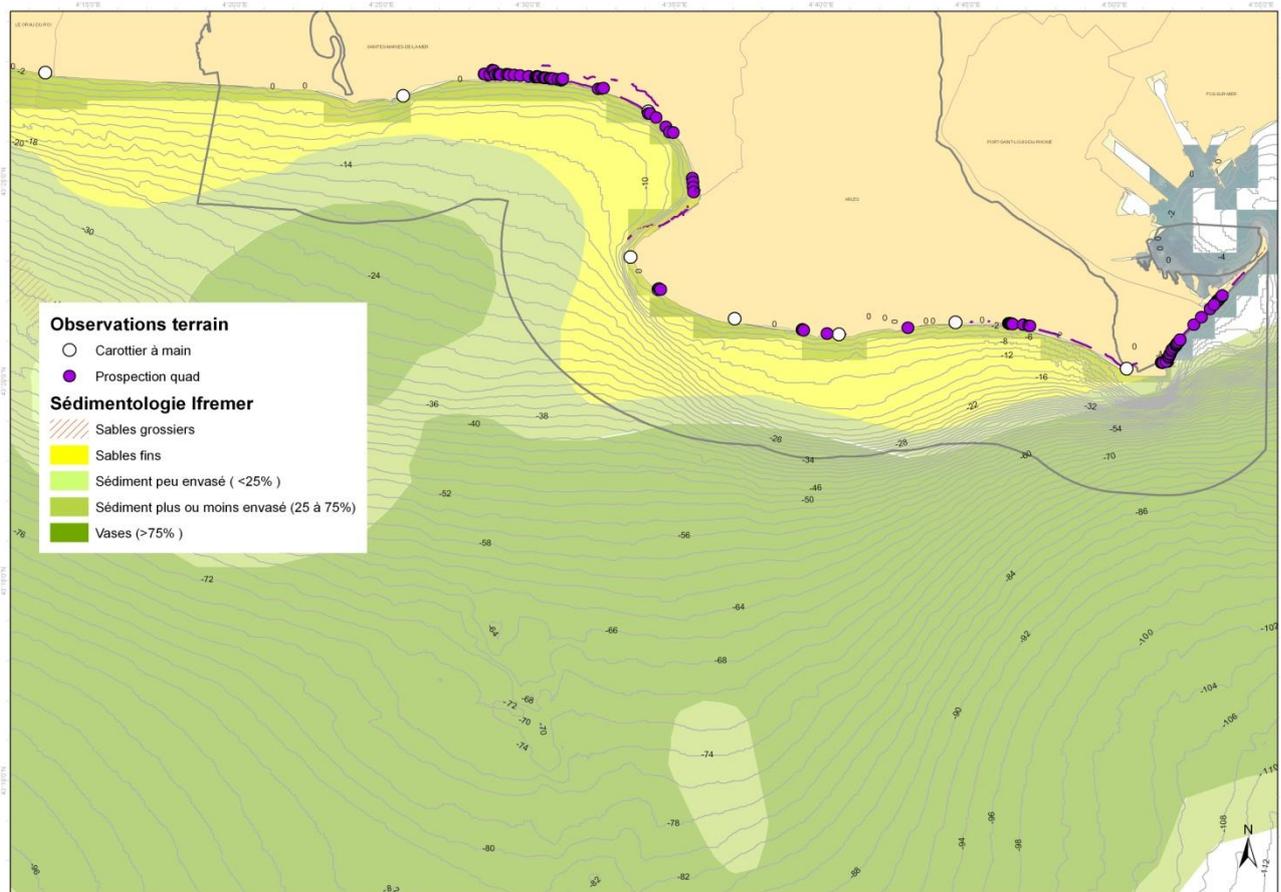


Figure 35 : Plan d'échantillonnage sur le linéaire côtier (violet) sur le littoral de Camargue

La zone située à l'ouest du Petit Rhône n'a pas pu être prospectée, hormis la plage à l'extrémité ouest. En effet, l'accès au littoral est rendu difficile par l'obligation de traverser de très nombreuses propriétés privées et parfois, l'absence de chemins. Il a été choisi d'accéder aux plages par la mer mais les conditions de mer (houle, vagues déferlantes) n'ont pas permis d'accoster. Le travail n'a pu être fait que depuis le bateau à l'aide de jumelles mais aucune cartographie n'a pu être réalisée.

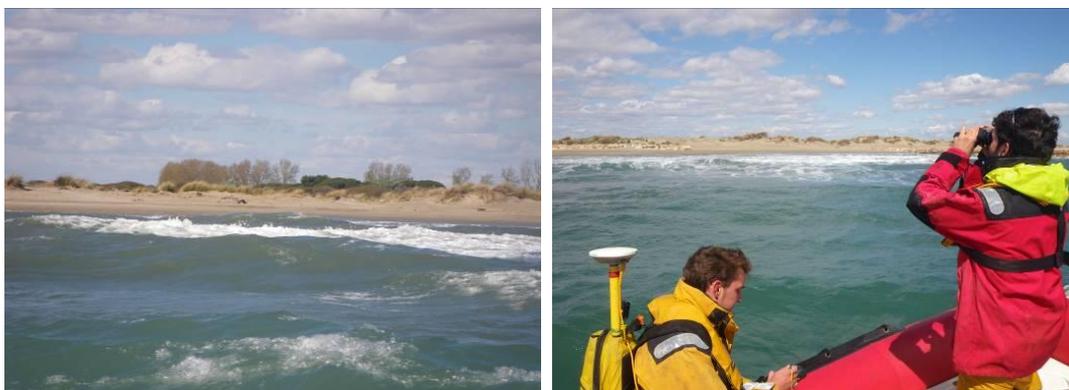


Figure 36 : Observation de la plage depuis le bateau

### 2.2.2.3 CARACTERISATION GRANULOMETRIQUE DE LA ZONE EMERGEE

Les points de prélèvements sur la plage ont été réalisés dans le prolongement des radiales marines et disposés sur l'ensemble du littoral entre Saintes-Maries-de-la Mer et l'embouchure du Grand Rhône, soit dix stations au total (points blancs sur carte précédente). Ces prélèvements ont été effectués sur en limite des eaux.

Effort d'échantillonnage sur la zone émergée  
Dix stations de prélèvements au carottier à main

### 2.2.3 CONCLUSION

L'ensemble des prospections de terrain dont l'effort d'échantillonnage total est présenté ci-dessous permet de répondre à la fois à la problématique de cartographie des habitats marins mais aussi à la problématique d'évaluation de l'état de santé des habitats.

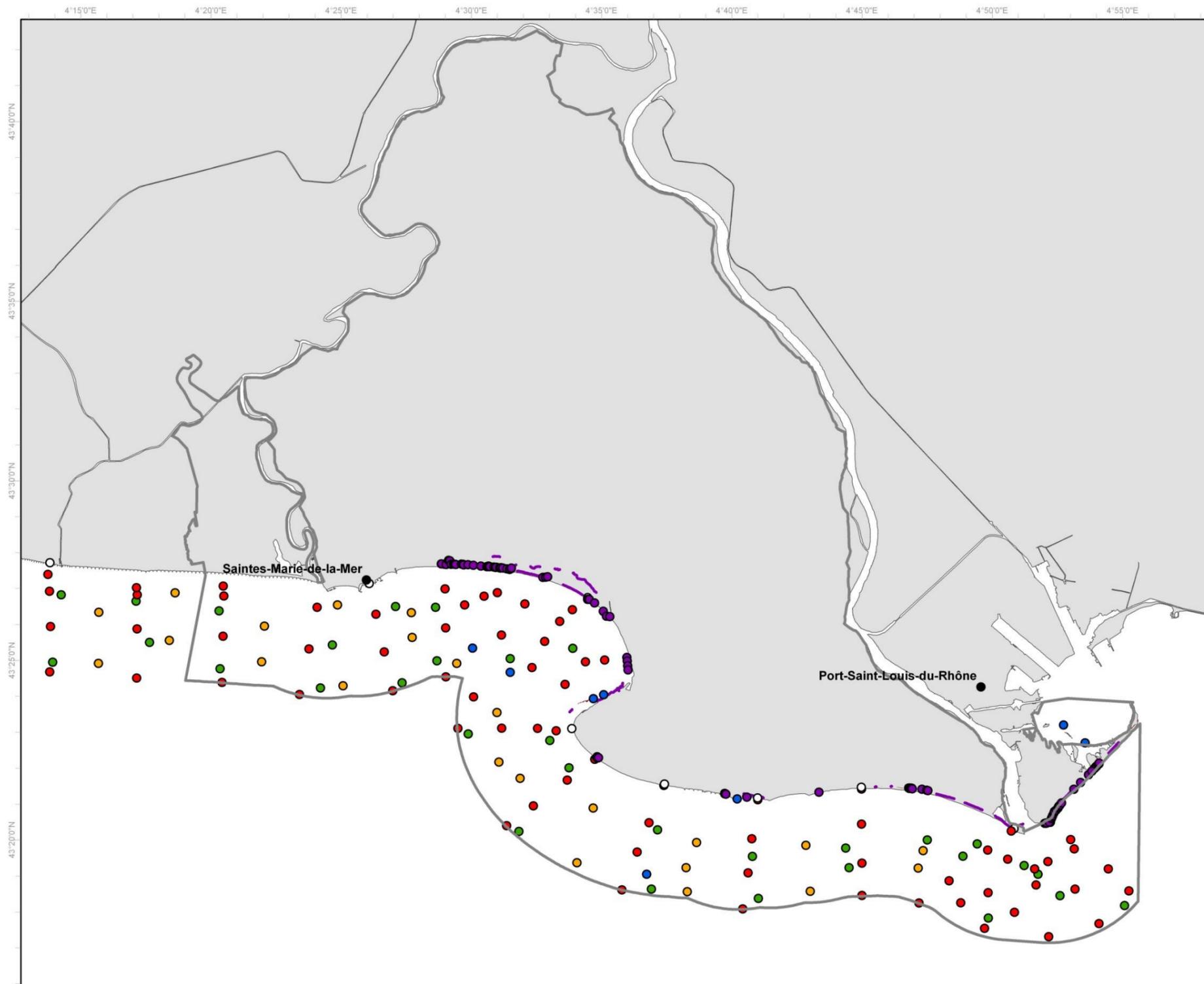
Effort d'échantillonnage total Lot « Camargue » :  
Huit prospections en plongée sous-marine  
Cinquante-cinq km de linéaire côtier de prospections en quad sur les plages  
Soixante-treize stations à quatre coups de benne  
Dix stations au carottier à main (plage)  
Vingt-trois stations à un coup de benne  
Trente-deux traicts de chalut à perche

*Planche 5 : Cartographie des observations terrain en Camargue*



**INVENTAIRES BIOLOGIQUES ET ANALYSE ECOLOGIQUE DES HABITATS MARINS PATRIMONIAUX 2010-2012**

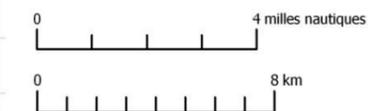
**CARTOGRAPHIE DES OBSERVATIONS DE TERRAIN  
 SITE FR9301592 - CAMARGUE**



**Observations terrain**

- Benne (Benthos)
- Benne (Granulométrie uniquement)
- Carottier à main
- Chalut à perche
- Plongée
- Prospection quad
- Prospection quad
- Site Natura 2000

sources des données :  
 - Programme CARTHAM, contrat AAMP - IN VIVO, 2012  
 - AAMP, 2010 (site Natura 2000)  
 - SHOM/IGN, (trait de côte Histolitt v1)  
 - EuroGeographics, 2006 (Pays)



système de coordonnées :  
 Lambert 93 / RGF Lambert 93 / IAG GRS 1980  
 MED\_N2000\_DHFF\_FR9301592\_ObsTerrain\_EUR27\_A3pa\_20121109  
 réalisation :  
 IN VIVO marché natura 2000 - Novembre 2012



### 3 METHODOLOGIE DE CARTOGRAPHIE

#### 3.1 INTRODUCTION

Cette partie a pour but de présenter la stratégie adoptée dans le cadre de ce marché de cartographie des habitats Natura 2000 en mer. Elle se concentre notamment sur l'aspect « substrats meubles » puisqu'en terme de superficie, ceux-ci sont largement dominants sur la zone d'étude.

#### 3.2 BIOCENOSES DE SUBSTRATS MEUBLES

Une fois les prélèvements triés et les espèces présentes déterminées, il est nécessaire de les caractériser à la fois d'un point de vue granulométrique (type de sédiment) mais aussi biologique (espèces dominantes, abondance). A partir de cela, il est possible de discriminer les peuplements des stations à partir des abondances d'espèces par station.

A partir des éléments faunistiques qui ont été communiqués et de nombreux échanges avec Gérard Bellan, notre référent scientifique, il a été tenté d'établir une synthèse bionomique (biocénétique) du secteur prospecté.

Il s'est basé pour l'essentiel sur la méthode classique des espèces en tant que caractéristiques de biocénoses, indicatrices de facteurs environnements particuliers (granulométrie du sédiment, hydrodynamisme, instabilité de la couche superficielle du sédiment, teneur en matière organique, lumière, etc.) et de la notion d'espèces "sentinelles".

Il a donc d'établi pour chaque espèce, une « valeur biocénétique » permettant ultérieurement de préciser l'appartenance de tel ou tel prélèvement à un Habitat NATURA 2000 et de mesurer le niveau de « qualité » du milieu (cr. Partie Etat de Conservation) en prenant en compte l'ensemble des éléments de la grille de lecture mise en place.

Ainsi, il a pu être dressé une liste :

- Espèces caractéristiques des Habitats élémentaires (Sables Fins de Haut Niveau, Sables Fins Bien Calibrés) ou des biocénoses méditerranéennes issues du CAR/ASP (Vase Terrigène Côtière, Détritique Côtier, etc.) ;
- Espèces indicatrices de conditions du milieu (sabulicoles, vasicoles, sabulico-vasicoles, large répartition écologique).

A partir de là, il est possible d'attribuer une codification selon la typologie choisie (CAR/ASP, CH2004).



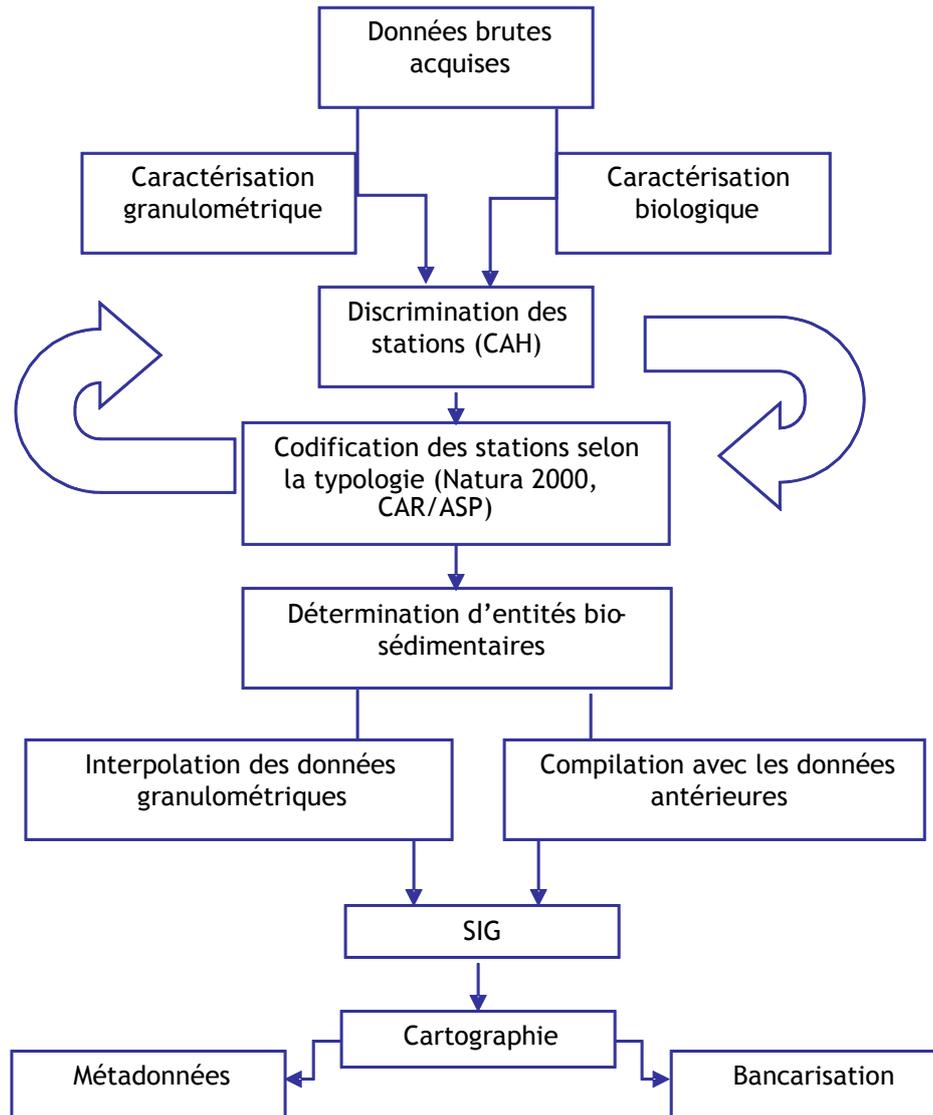
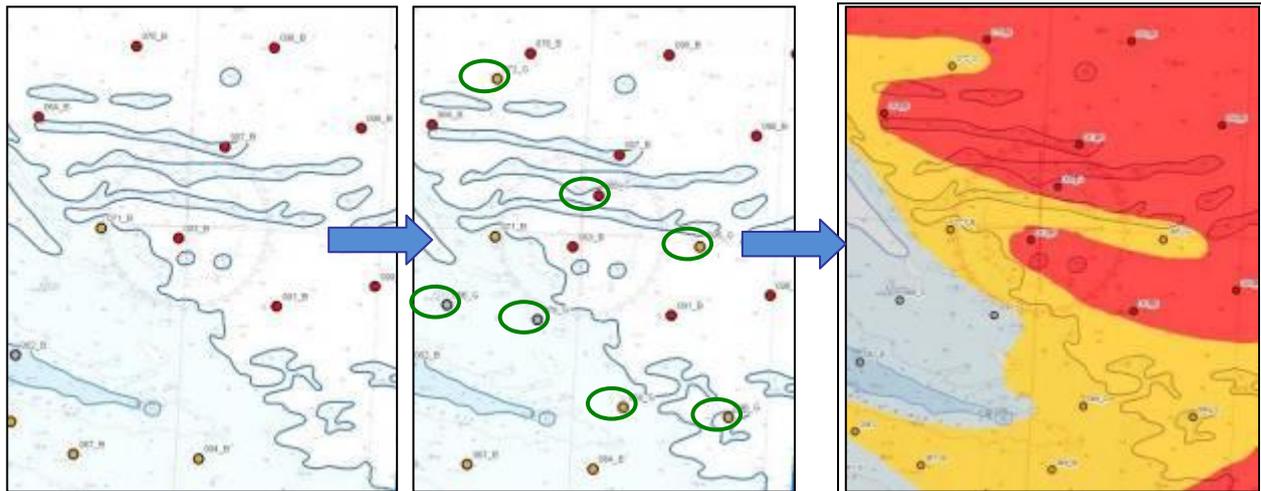


Figure 37 : Logigramme de traitement des données

Une fois la codification par station effectuée, une première interpolation sur « dire d'expert » est réalisée. Il s'agit d'attribuer une codification (typologies Cahier d'Habitats 2004, CAR/ASP principalement) sur les stations qui n'ont fait l'objet que d'un prélèvement à des fins d'analyses granulométriques. Cette « interpolation » se fait en se basant sur la proximité d'un peuplement clairement identifié, la similitude dans la granulométrie et la bathymétrie.

Ensuite, en prenant en compte l'ensemble des données à notre disposition (sédimentologie du SHOM, bathymétrie, données sonar), un détourage de peuplements biologiques peut être fait. Le schéma ci-dessous illustre ces différentes étapes.


**Etape n° 1 :**

Codification des stations  
selon Natura 2000  
(rouge=peuplement 1  
jaune= peuplement 2,  
gris= peuplement 3).

**Etape n° 2 :**

Interpolation sur les données  
granulométriques  
supplémentaires par  
attribution d'un code Natura  
2000 (similitude de  
granulométrie avec  
peuplement CAR/ASP

**Etape n° 3 :**

Détourage des entités et  
peuplements identifiés en  
tenant compte des données  
disponibles (sédimentologie,  
bathymétrie).

### 3.3 LA ZONE EXONDABLE

La cartographie des laisses de mer a été réalisée à partir des détourages GPS faits sur la plage en quad. Cette cartographie a pour but d'illustrer la localisation, la nature des laisses de mer (troncs échoués, amas de bois flottés, déchets plastiques, macro-déchets), ainsi que la densité de celle-ci (éparse, moyennement dense, dense, très dense). A ces données biologiques ont été ajoutées les différentes observations faites sur le terrain (échouage de mammifères, barricades de protection dunaire, etc.). Au vu de l'étendue de la zone (55 km linéaires) et au vu de la très faible emprise des laisses de mer (<100 m<sup>2</sup>), des zooms ont été réalisés pour faciliter la lecture de cette carte.

### 3.4 BIOCENOSES DE SUBSTRATS ROCHEUX

Les peuplements de substrats rocheux en présence sur le lot Natura 2000 « Camargue » sont de nature artificielle (épaves ou récifs artificiels anti-chalutage). Leur très faible emprise au sol ne permet pas de les cartographier, comme pour les substrats meubles. En effet, les récifs artificiels sont des modules anti-chalutage dont l'emprise au sol est inférieure à 25 m<sup>2</sup>, surface minimale cartographiable selon les termes du CCTP. Les récifs artificiels sont donc représentés par un symbole ponctuel.

### 3.5 CONCLUSION

L'absence de données acoustiques acquises dans le cadre de ce marché ne permet un détournage précis des habitats. Par contre, le fort effort d'échantillonnage associée à la méthodologie décrite précédemment a permis de détourer les peuplements marins, de réaliser une cartographie suffisamment précise et de dresser une liste importante de l'ensemble des espèces échantillonnées. Les données acoustiques réalisées dans le cadre d'autres études ont été ajoutées afin de compléter la cartographie.

Concernant les laisses de mer, le travail réalisé peut être considéré comme exhaustif au vu du linéaire parcouru en quad mais la cartographie réalisée est temporaire et n'est révélatrice que d'un instant donné.

Enfin, les substrats rocheux ne seront représentés que sous forme ponctuelle du fait de leur très faible emprise.



## PARTIE 3 : RESULTATS

## 4 RESULTATS BIOSEDIMENTAIRES

### 4.1 RESULTATS GRANULOMETRIQUES

La prospection sur la zone d'étude de Camargue a permis de réaliser, en 83 stations dispersées sur la zone, des analyses granulométriques complètes accompagnées de résultats de Carbone Organique Total.

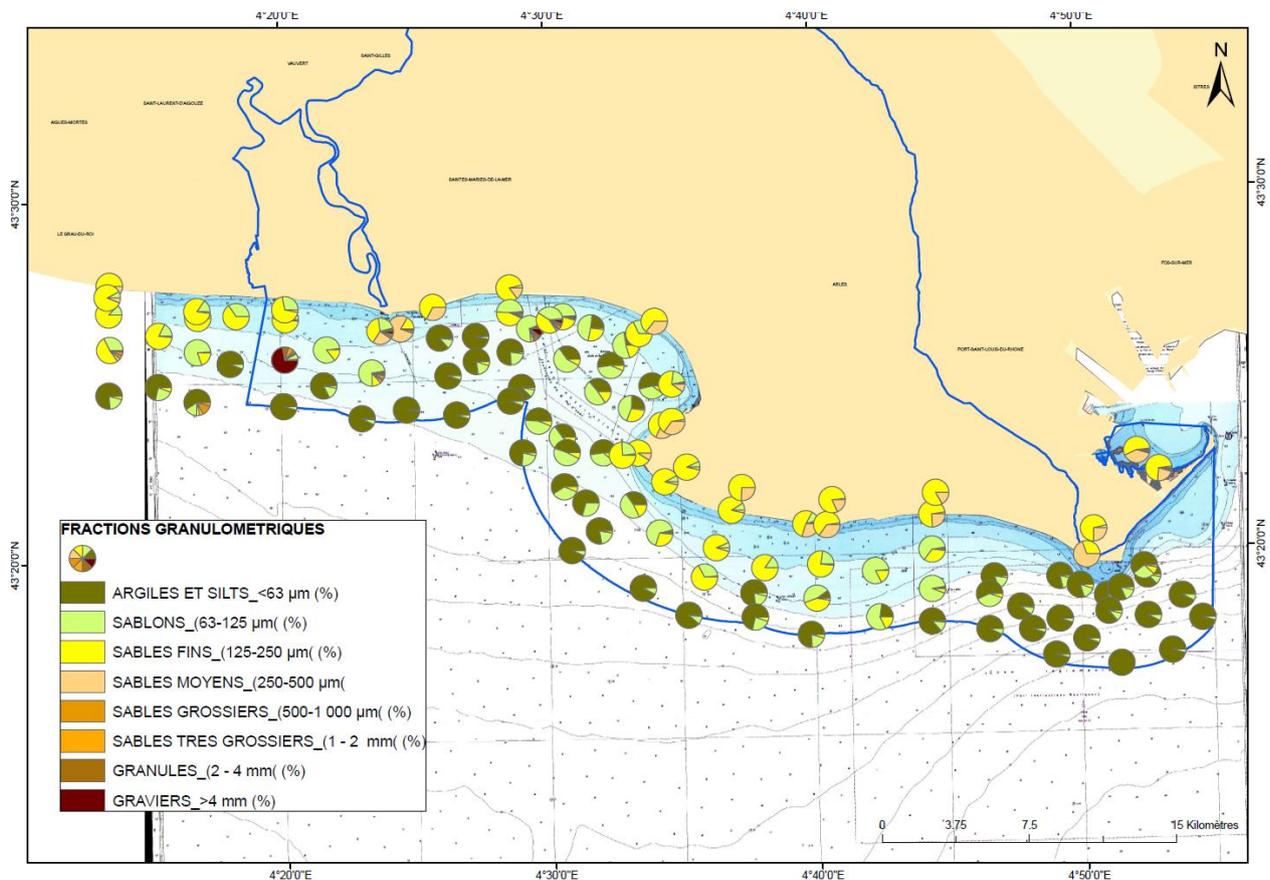


Figure 38 : Représentation des fractions granulométriques sur chaque station

L'ensemble des résultats est présenté en Annexe sous forme de fiches individuelles par station. Chaque station est caractérisée par :

- Une fiche de synthèse avec les valeurs des fractions granulométriques, illustrées sous forme de diagramme et de courbe cumulative ;
- Pour les stations non vaseuses (analyse sur colonne de tamis et non laser), une fiche morphoscopique avec la photographie de chaque fraction granulométrique constituant l'échantillon ainsi qu'une photographie de l'échantillon brut ;

#### Annexe 1 : Résultats des analyses granulométriques et morphoscopiques

## 4.2 LES PRINCIPAUX ENSEMBLES MORPHO - SEDIMENTAIRES MEUBLES

L'analyse de l'ensemble des prélèvements granulométriques a permis de définir quatre faciès sédimentaires, corrélés avec la bathymétrie.

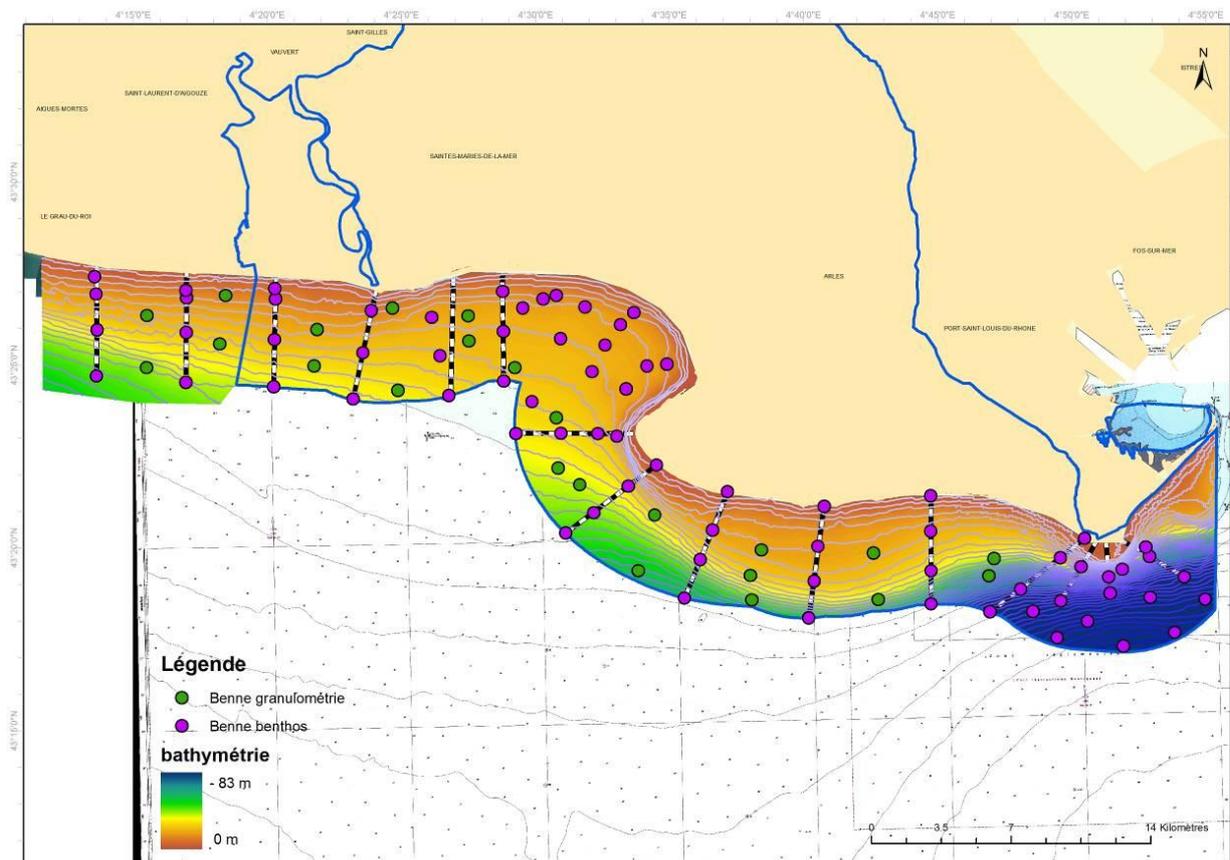


Figure 39 : Interpolation de la bathymétrie par krigeage (In Vivo, 2012)

### 4.2.1 SUBSTRATS VASEUX

Le faciès de substrats vaseux correspond à la classe des Argiles et silts de la nomenclature de Wentworth. Sur notre zone d'étude, ce faciès est constitué d'une large dominance de la fraction fine (< 63 µm), entre 57,34 et 100% d'argiles et de silts.

Il se distribue sous la forme d'une couverture à la morphologie assez homogène sur toute la zone d'étude. La couverture vaseuse est étroitement associée à la bathymétrie puisque les vases apparaissent entre 20 et 25 m de profondeur, en prolongement des faciès sableux. La présence de vases est corrélée aussi aux débouchés des fleuves (Petit et Grand Rhône), source dominante de matière en suspension.



Figure 40 : Illustration d'échantillons bruts de sédiments vaseux

#### 4.2.2 SUBSTRATS SABLEUX ENVASES

Ce faciès de sables envasés présente une couverture relativement homogène mais limitée spatialement au Golfe de Beauduc. Les sédiments sont constitués d'une proportion équivalente de sablons et d'argiles/silts, avec parfois une fraction minoritaire de sables fins (< 30%). Ce faciès est limité à une tranche bathymétrique relativement restreinte : entre -10 m (fin des sables fins propres) et -14 m (début des vases pures).



Figure 41 : Illustration d'échantillons bruts de sables envasés

#### 4.2.3 SUBSTRATS SABLEUX PROPRES

##### 4.2.3.1 LES SABLES FINS A MOYENS PROPRES MEDIOLITTORAUX

Ces sables, de nature légèrement plus grossière que les précédents, caractérisent l'ensemble des plages de la zone d'étude. Ces sédiments se définissent toujours par une absence totale de fraction fine, une proportion majoritaire de sables fins (entre 53 et 82%) mais avec une proportion de sables moyens (250-500 µm), oscillant entre 17 et 46%. Seule une station sur la plage, à proximité directe de l'embouchure se caractérise par une fraction dominante de sables moyens (69%).



Figure 42 : Illustration d'échantillons bruts de sables fins à moyens propres médiolittoraux

#### 4.2.3.2 LES SABLES FINS INFRALITTORAUX

Ces sédiments se caractérisent par une dominance, soit de sablons (entre 63 et 125  $\mu\text{m}$ ), soit de sables fins (entre 125 et 250  $\mu\text{m}$ ). Ces sédiments sont répartis de manière très hétérogène sur la zone d'étude (depuis le Grau-du-Roi jusqu'au phare de Faraman) mais toujours limités aux faibles profondeurs (entre -2 et -15 m) avant l'apparition de sédiments envasés. Au niveau du Golfe de Beauduc, la remontée du faciès vaseux jusqu'à -8 m limite cette extension plus en profondeur et ils sont donc limités à la frange supérieure de l'infralittoral. A l'inverse, dans la zone au droit du phare de Faraman, les sédiments vaseux étant limités à la bathymétrie des 15 m, les sables et sablons sont présents jusqu'à cette profondeur.



Figure 43 : Illustration d'échantillons bruts de sables fins infralittoraux

#### 4.2.4 CONCLUSION

Fortement corrélés à la bathymétrie, les sédiments de substrats meubles sont de trois ordres :  
Les sédiments fins médiolittoraux et infralittoraux (plage et zone infralittorale supérieure), les sédiments sableux plus ou moins envasés (zone transitoire entre 10 et 30 mètres de profondeur) et les vases (zone du large et golfe de Beauduc).

### 4.3 LES PRINCIPALES UNITES DE PEUPELEMENTS DE SUBSTRATS MEUBLES

#### 4.3.1 TRAITS DOMINANTS DE LA MACROFAUNE

La diversité des faciès sédimentaires cartographiés dans la zone d'étude se traduit par une relative diversité biologique. En effet, sur les 105 échantillons analysés (35 stations à 3 réplicats de 0,1 m<sup>2</sup>), 229 taxons ont été identifiés sur un total de 7665 individus examinés. 6 grands groupes principaux ont été observés : les annélides (85 taxons), les échinodermes (13 taxons), les crustacés (75 taxons), les mollusques (45 taxons) et les vertébrés (3 taxons). Le groupe « Divers » rassemble les spongiaires, les cnidaires et les siponcles (8 taxons).

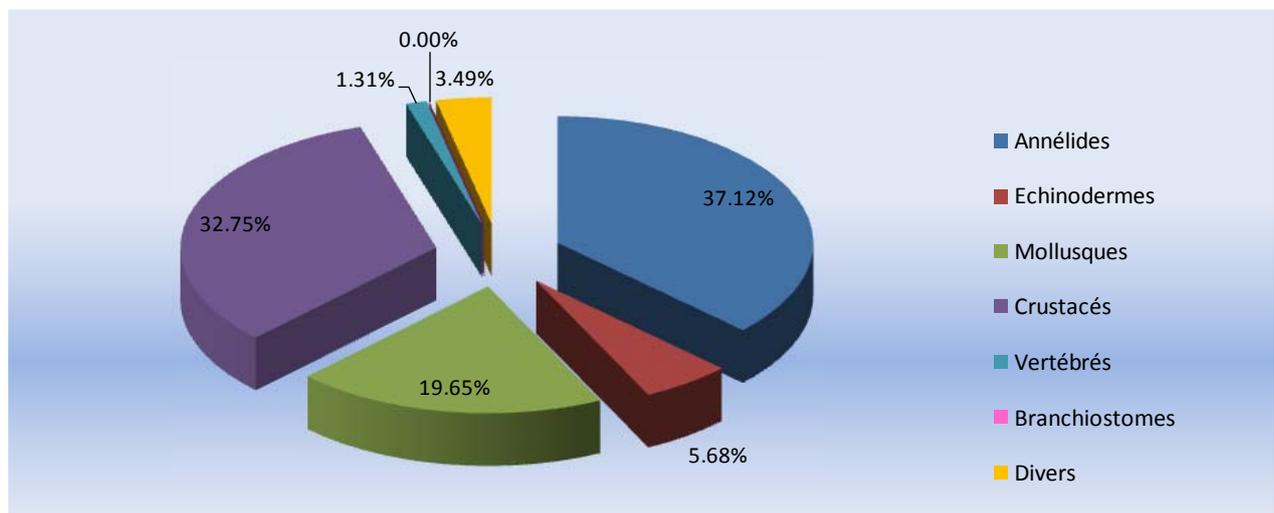


Figure 44 : Répartition de la richesse spécifique des principaux groupes taxonomiques

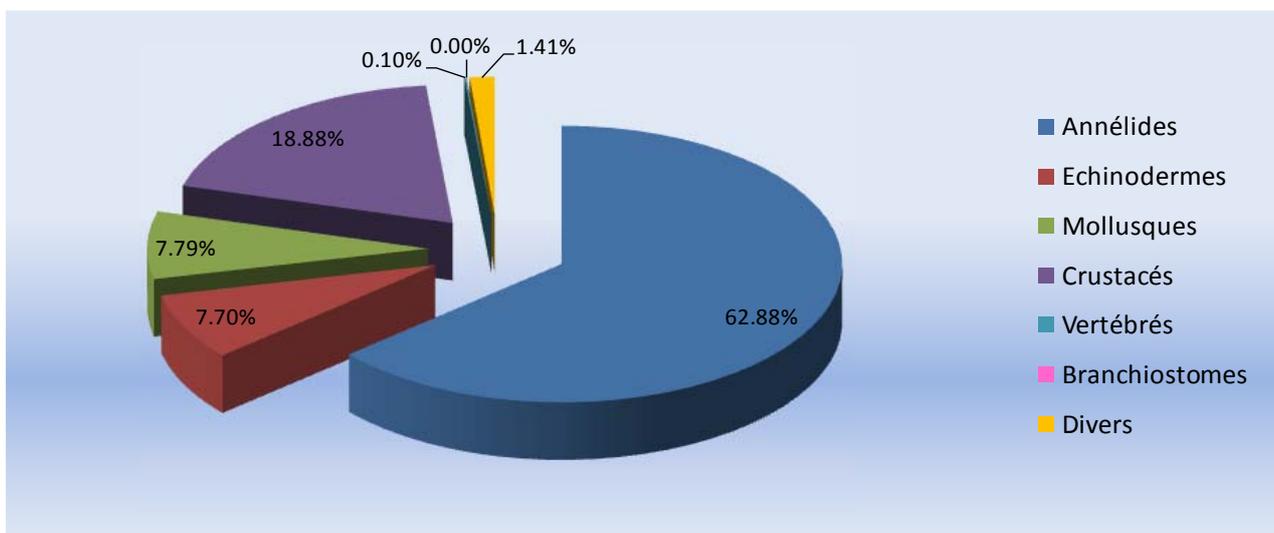


Figure 45 : Répartition de l'abondance des principaux groupes taxonomiques

Les annélides polychètes dominant, tant en richesse spécifique (85 taxons) qu'en abondance (4820 individus), puis les crustacés (75 taxons), relativement bien représentés par les amphipodes (37 taxons) et les décapodes. Les mollusques constituent un groupe diversifié en terme d'espèces dans les sédiments sablo-vaseux mais toutefois peu abondants. Enfin les échinodermes sont représentés en abondance essentiellement par une espèce de synaptidae, *Labidoplax digitata*, espèce caractéristique des Vases Terrigènes Côtières.

#### 4.3.2 IDENTIFICATION DES PRINCIPALES UNITES DE PEUPELEMENTS

En se référant dans un premier temps uniquement aux caractéristiques sédimentaires générales des fonds meubles, il est possible de distinguer trois grands ensembles morpho-sédimentaires, ainsi que deux faciès très localisés selon le sédiment échantillonné.

Groupes définis	I	II	III	IV
Type de sédiment	Sables fins à moyens propres	Sables envasés	Vases terrigènes	Substrats hétérogènes transitoires
Stations	01,03,04,12,24,31,37, 49,77,81,82,87,88,90,92,94,95,96, ,105,107, 108,113,114,131,150	57, 63, 64, 71, 70, 73, 74,76,78, 80,85	02,11,21,28,39, 40,42,51,52,54, 66, 72,91,102, 116, 122,118 à 150 (hors 131 et 132)	05,13,14,23,29,50, 55,58,61,104,105,117, 131,150

Tableau 3: Regroupements identifiés par CAH et leur typologie sédimentaire correspondante

Ainsi la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) permet d'isoler les groupes de stations correspondant aux grandes entités sédimentaires cartographiées. Cette représentation est basée sur la similarité des stations (coefficient de corrélation de Pearson) en fonction de la matrice des proportions des différentes fractions granulométriques.

Il apparaît assez nettement que quatre grands ensembles sédimentaires se détachent :

1. Les sables fins à moyens propres (en jaune) ;
2. Les vases terrigènes (en vert foncé) ;
3. Les sables envasés (vert clair) ;
4. Les sédiments hétérogènes (en bleu) ;

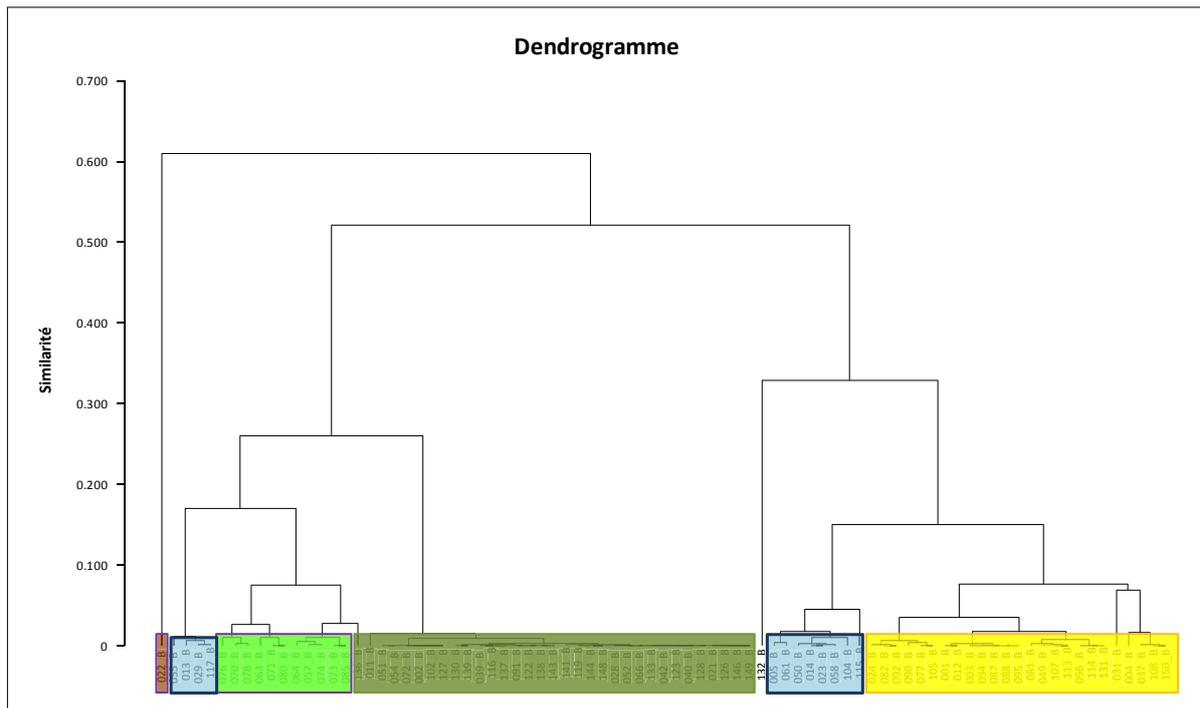


Figure 46 : Classification Ascendante Hiérarchique sur la granulométrie par station

En se référant ensuite aux caractéristiques sédimentaires et biologiques des stations échantillonnées à la benne, il est possible de préciser et d'affiner cette analyse soit en regroupant certaines stations, soit en séparant d'autres.

Les résultats des analyses multivariées réalisées sur la granulométrie, combinés à l'interprétation des abondances d'espèces et la prise en compte de la bathymétrie (distinction infralittoral/circalittoral) permettent d'identifier quatre groupes de stations correspondant aux grandes entités biosédimentaires cartographiées :

- 1) Peuplement des Sables Fins de Haut Niveau (SFHN) ;
- 2) Peuplement des Sables Fins Bien Calibrés (SFBC) ;
- 3) Peuplement du Détritique Côtier (DC) ;
- 4) Peuplement des Vases Terrigènes Côtiers.

A ces quatre grands ensembles, s'ajoute un gradient de peuplement « mixte », à l'interface entre deux grandes unités bio-morphosédimentaires, notamment entre la Biocénose des SFBC et la Biocénose des VTC.

Peuplement	Granulométrie	Richesse spécifique moyenne	Densité moyenne	Indice de Shannon moyen	Indice de Piélou moyen	Commentaires
Sables Médiolittoraux (SM)	Sables moyens	2	586	0.75	0.75	Peuplement homogène
Sables Fins de Haut Niveau (SFHN)	Sables fins à moyens propres	8	79	2.52	0.85	Peuplement homogène
Sables Fins Bien Calibrés (SFBC)	Sables fins propres	28	432	3.88	0.81	Peuplement homogène
Vases Terrigènes Côtiers (VTC)	Vase	15	280	2.86	0.74	Peuplement homogène
Détritique Côtier (DC)	Grossier hétérogène	24	581	3.46	0.76	Peuplement hétérogène
SFBC / VTC	Sablons mal classés	24	382	3.49	0.77	Interface "transitoire"
SFBC/DC/VTC	Sables fins envasés	25	357	3.84	0.83	Interface "transitoire"

Tableau 4 : Richesse spécifique, abondance et indices de diversité par entité

#### 4.3.3 CARACTERISATION DES PRINCIPAUX PEUPEMENTS

Les descriptions qui suivent sont en partie basées sur les Cahiers d'Habitats Côtiers (2004), la typologie des habitats benthiques méditerranéens (CAR/ASP) et nos propres observations de terrain.

##### 4.3.3.1 BIOCENOSE DES SABLES MEDIOLITTORAUX (SM) – FACIES A *OPHELIA BICORNIS*

Code EUR 25 (Habitat générique) : 1140, Replats boueux ou sableux exondés à marée basse

Code Cahier d'Habitats (Habitat élémentaire): 1140-9, Sables médiolittoraux (Méditerranée)

Code EUNIS: A5.251, Mediterranean and Pontic communities of mediolittoral sands - Facies with *Ophelia bicornis*

Code CAR / ASP: II.2.1, Biocénose des sables médiolittoraux

Cet habitat correspond à la moyenne plage, c'est-à-dire la zone battue normalement par les vagues, soumises aux variations du niveau de la mer. Il est en relation dans sa partie haute avec l'étage supralittoral et les dépôts de laisses de mer et dans sa partie inférieure avec la biocénose des Sables Fins de Haut Niveau (SFHN), zone constamment immergée. Cet habitat est donc soumis à des conditions environnementales fortement variables (salinité, degré d'humectation, agitation, etc.), limitant l'implantation d'un grand nombre d'espèces. Dans notre cas, seules deux espèces ont été observées :

l'annélide *Ophelia bicornis* et le crustacé isopode *Eurydice affinis*. Ces deux espèces peuvent présenter des densités relativement importantes (jusqu'à 700 individus/m<sup>2</sup>).



Figure 47 : *Ophelia bicornis* (gauche) et *Eurydice affinis* (droite)

#### 4.3.3.2 BIOCENOSE DES SABLES FINS DE HAUT NIVEAU (SFHN)

Code EUR 25 (Habitat générique) : 1110, Bancs de sables à faible couverture permanente d'eau marine

Code Cahier d'Habitats (Habitat élémentaire): 1110-5, Sables fins de Haut Niveau (Méditerranée)

Code EUNIS: A5.235, Mediterranean communities of fine sands in very shallow waters

Code CAR / ASP: III.2.1, Biocénose des sables fins de haut niveau.

Peuplement infralittoral de sables fins, il fait suite aux sables médiolittoraux décrits précédemment. Généralement observé à des profondeurs très faibles (<3 m), le sédiment est un sable fin propre bien calibré et homogène.

Cet habitat est caractérisé notamment par la présence du mollusque bivalve *Donax trunculus*, espèce à forte valeur commerciale. A cela s'ajoutent de nombreux amphipodes tels que *Bathyporeia guilliamsoniana*, *Urothoe pulchella*, *Pontocrates altamarinus* et l'isopode *Parachidotea panousei*, considérés comme espèces indicatrices de l'habitat (Bensettiti, 2001). Parmi les annélides polychètes, les espèces dominantes sont *Nephtys hombergii*, *Magelona mirabilis* et *Onuphis eremita*.



Figure 48 : *Donax trunculus* (gauche), *Onuphis eremita* (centre), *Bathyporeia guilliamsoniana* (droite)

#### 4.3.3.3 BIOCÉNOSE DES SABLES FINS BIEN CALIBRES (SFBC)

Code EUR 25 (Habitat générique) : 1110, Bancs de sables à faible couverture permanente d'eau marine

Code Cahier d'Habitats (Habitat élémentaire): 1110-6, Sables Fins Bien Calibrés (Méditerranée)

Code EUNIS: A5.236, Mediterranean communities of well sorted fine sands

Code CAR / ASP: III.2.2, Biocénose des Sables Fins Bien Calibrés

##### 4.3.3.3.1. Caractéristiques de l'endofaune

Le sédiment se caractérise par des sables fins à moyens très propres avec une absence de fraction de particules fines. Le peuplement est généralement présent sur les côtes ouvertes, dans des profondeurs entre 3 et 20-25 mètres. Il constitue un habitat transitoire entre le peuplement des Sables Fins de Haut Niveau (Habitat 1110-5) précédemment décrit et le peuplement des Vases Terrigènes Côtières (VTC).

Le peuplement est bien diversifié en termes d'espèces (28 espèces en moyenne) et abondant en nombre d'individus (entre 110 et 900 individus/m<sup>2</sup>). On retrouve dans cette biocénose des espèces présentes dans la biocénose des Sables Fins de Haut Niveau (SFHN) avec notamment de nombreuses espèces de crustacés dont les amphipodes nageurs (*Bathyporeia spp.*, *Urothoe pulchella*, *Ampelisca massiliensis*, *Hippomedon massiliensis*, *Pontocrates altamarinus*) mais des espèces décapodes nécrophages apparaissent : *Liocarcinus spp.* et *Corystes cassivelaunus*. D'autre part, d'autres espèces font leur apparition en densité moyenne : *Crangon crangon*, *Gastrosaccus spinifer*. Les mollusques bivalves sont représentés par un nombre d'espèces plus important dont des espèces caractéristiques de la biocénose : *Macra sultorum*, *Tellina pulchella*, *Pharus legumen*, *Acteon tornatilis*, *Chamelea gallina*.



Figure 49 : *Acteon tornatilis* (gauche), *Liocarcinus sp.* (centre), *Lumbrineris latreilli* (droite)

#### 4.3.3.2. Caractéristiques de l'épifaune

Le refus des traicts de chalut à perche ont révélé une quantité importante de débris coquilliers (*Bucardes Acanthocardia spp.*, *Spisules Spisula sp.* principalement)

Les données issues du chalut à perche montrent l'absence totale de substrats grossiers, permettant l'implantation d'épifaune sessile (malgré les débris coquilliers) au profit d'une macrofaune vagile importante dominée par les crustacés décapodes nécrophages (*Liocarcinus spp.*, *Diogenes pugilator*, *Macropodia rostrata*, *Pagurus prideaux*) et la présence de quelques espèces de poissons : *Pomatochistus sp.*, *Callionymus risso* et de poissons plats tels que *Arnoglossus lanterna* et le buglosse *Buglossidium luteum*. Les densités de capture restent globalement faibles pour ces espèces (6 individus maximum par traict). Les traicts de chalut ont révélé aussi la présence d'échinodermes, dont une espèce d'ophiure (*Ophiura ophiura*) et une espèce d'étoile de mer (*Astropecten irregularis*). Enfin, notons la capture d'un hippocampe (*Hippocampus hippocampus*) dans cet habitat.



Figure 50 : Illustration de l'épifaune de la biocénose des Sables Fins Bien Calibrés

#### 4.3.3.4 BIOCÉNOSE DES VASES TERRIGÈNES CÔTIÈRES (VTC)

Code EUR 25 (Habitat générique) : Habitat non communautaire

Code Cahier d'Habitats (Habitat élémentaire): pas de correspondance

Code EUNIS : A5.39, Mediterranean communities of coastal terrigenous muds

Code CAR / ASP: IV.1.1, Biocénose des Vases Terrigènes Côtiers.

L'habitat élémentaire se caractérise par un sédiment vaseux, cohésif avec typiquement une fraction de silts et d'argiles supérieure à 20% dans des fonds de profondeurs généralement supérieures à 20 mètres. Cette vase est presque toujours d'origine fluviale et des débris de toute taille peuvent se déposer mais être enfouis rapidement. Cet habitat est donc généralement limité à l'étage circalittoral sur toute la zone d'étude et se situe en continuité de la biocénose des SFBC et de la biocénose de Détritique Côtier (DC).

#### 4.3.3.4.1. Caractéristiques de l'endofaune

La diversité en espèces est relativement faible sur ce peuplement avec en moyenne une quinzaine d'espèces et les abondances sont elles aussi faibles (300 individus/m<sup>2</sup>).

Le peuplement se caractérise par une dominance d'annélides polychètes vasicoles ou caractéristiques des Vases Terrigènes. Les principales espèces sont *Glycera unicornis*, *Goniada maculata*, *Notomastus latericeus*, *Heteromastus filiformis*, *Laonice cirrata*, *Poecilochaetus serpens* et *Sternapsis scutata*. Concernant cette dernière espèce, celle-ci présente des densités croissantes au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'estuaire du Grand Rhône et dans des profondeurs importantes. Les densités maximales observées sont de 500 individus/m<sup>2</sup>. Les autres espèces en présence sont le crustacés *Goneplax rhomboides* et l'échinoderme *Labidoplax digitata*. Localement, le gastéropode *Turritella communis* peut dominer complètement le peuplement mais très souvent ce sont les coquilles vides qui tapissent le fond. Ce phénomène est similaire pour l'espèce *Ditrupa arietina* mais n'a pas été observé en masse sur notre zone.



Figure 51 : *Sternapsis scutata* (gauche), *Notomastus latericeus* (centre), *Turitella communis* (droite)

#### 4.3.3.4.2. Caractéristiques de l'épifaune

Les traits de chalut à perche montrent globalement une diversité en épifaune plus importante que dans les autres peuplements. Cela est vrai aussi bien pour les espèces benthiques peu vagiles que pour les poissons de fond.

La faune sessile benthique est caractérisée sur de nombreuses zones par le gastéropode *Turitella communis* et dans une moindre mesure, le « pied de pélican » *Aporrhais pespelecani* et le buccin *Buccinum humphreysianum*.

Parmi la faune vagile, de nombreuses espèces opportunistes sont observées telles que le gastéropode nécrophage *Nassarius reticulatus*, les crabes *Alpheus glaber*, *Pagurus excavatus*, *Liocarcinus marmoreus* et *L. depurator*, ainsi que *Macropodia rostrata* et *Goneplax rhomboides*.

Le peuplement ichthyologique est également diversifié avec le gobie buglotte *Pomatochistus minustus* (dominant), la fausse limande *Arnoglossus laterna*, la petite sole jaune *Buglossidium luteum*, le callionyme hélène *Callionymus risso*. Les espèces annexes rencontrées plus rarement sont le grondin perlon

*Chelidonichthys lucernus*, la raie torpille *Torpedo torpedo*, le grondin gris *Eutrigla gurnadus* mais aussi des céphalopodes comme le poulpe blanc *Eledone cirrhosa*, la seiche *Sepiola sp.* et l'encornet *Loligo vulgaris*.



Figure 52 : Illustration de l'épifaune de la biocénose des Vases terrigènes Côtiers (VTC)  
(*Eutrigla gurnadus* (droite) et *Torpedo torpedo* (gauche))

#### 4.3.3.5 BIOCÉNOSE DU DÉTRITIQUE CÔTIER (DC)

Code EUR 25 (Habitat générique) : Habitat non communautaire

Code Cahier d'Habitats (Habitat élémentaire): pas de correspondance

Code EUNIS: A5.46, Mediterranean animal communities of coastal detritic bottoms

Code CAR / ASP: IV.2.2, Biocénose du Détritique Côtier

Ce peuplement est généralement situé immédiatement en dessous de la limite inférieure de l'étage infralittoral (Picard, Pérès, 1967). Dans la zone d'étude, ce peuplement est limité et localisé dans le golfe de Beauduc, entre 10 et 15 mètres de profondeur.

Il est difficile de décrire ce peuplement qui est composé d'espèces à la fois sabulicoles, vasicoles et quelques espèces du détritique coquillier. Parmi ces dernières, les annélides sont représentées par *Aponuphis bilineata*, *Nephtys incisa*, *Hyalinoecia tubicola* et *Eunice vittata*. Parmi les autres espèces dominantes, on retrouve six espèces à affinité vasicole : *Glycera unicornis*, *Notomastus latericeus*, *Goniada maculata*, *Lumbrineris gracilis*, *Laonice cirrata* et *Harpinia crenulata*. Enfin *Owenia fusiformis* et *Pharus legumen*, espèces sabulicoles sont elles aussi bien représentées.



Figure 53 : *Hyalinoecia tubicola* (gauche), *Harpinia crenulata* (centre) et un *spionidae* (droite)

L'épifaune se caractérise par de nombreux débris coquilliers (mactres, huîtres, spisules) et végétaux. La faune est caractérisée par une diversité de crustacés décapodes mais peu abondants (*Corystes cassivelaunus*, *Dardanus arrosor*, *Pagurus prideaux*, *Inachus dorsettensis*, *Macropodia rostrata*, *Pisidia longicornis*, etc.). Les poissons sont surtout représentés par le gobie buglotte (*Pomatochistus minustus*) et deux espèces de poissons plats avec la fausse limande *Arnoglossus laterna* et le buglosse *Buglossidium luteum*. Quelques espèces de mollusques ont été échantillonnées : la nasse *Naticarius stercusmuscarum*, le buccin *Buccinum humphreysianum* et le pétoncle *Chlamys varia* mais en très faible quantité.



Figure 54 : Illustration de l'épifaune de la biocénose du Détritique Envasé (droite : *Corystes cassivelaunus*)

Ainsi, il est possible de synthétiser l'ensemble de ces informations, dans le tableau suivant qui reprend les caractéristiques de chaque habitat.

Biocénose	Sables Méditerranéens (SM)	Sables Fins de Haut Niveau (SFHN)	Sables Fins Bien Calibrés (SFBC)	Vases Terrigènes Côtiers (VTC)	Détritique Côtier (DC)	SFBC / VTC	SFBC/DC/VTC
Caractéristiques granulométriques	Sables moyens	Sables fins à moyens propres	Sables fins propres	Vase	Grossier hétérogène	Sablons mal classés	Sables fins envasés
Richesse spécifique moyenne (nombre d'espèces)	2	8	28	15	24	24	25
Densité moyenne (nombre d'individus/m <sup>2</sup> )	586	79	432	280	581	382	357
Indice de Shannon moyen	1	3	4	3	3	3	4
Indice de Piélou moyen	1	1	1	1	1	1	1
Caractéristiques de l'endofaune benthique	Exclusivement 2 espèces en fortes densités: <i>Ophelia bicornis</i> et <i>Eurydice affinis</i>	Endofaune peu diversifiée dominée par les amphipodes	Richesse spécifique importante Abondance d'espèces sabulicoles (crustacés et mollusques)	Richesse spécifique moyenne Large dominance d'espèces vasicoles	Richesse spécifique moyenne Mélange d'espèces sabulicoles et vasicoles		
Caractéristiques de l'épifaune benthique	Absente	Absente	Présence de quelques espèces nécrophages ( <i>Liocarcinus</i> spp.) Faible abondance de poissons	Forte abondance locale de turitelles Nombreuses espèces de poissons et quelques céphalopodes	Présence de nombreux débris coquilliers Faible abondance de poissons Dominance de crustacés décapodes		
Commentaires	Peuplement homogène	Peuplement homogène	Peuplement homogène	Peuplement homogène	Peuplement hétérogène	Interface "transitoire"	Interface "transitoire"

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des différentes biocénoses

#### 4.3.4 JUSTIFICATION DU DÉTOURAGE DES PEUPELEMENTS DE SUBSTRATS MEUBLES

Le travail de détournement des grandes entités biosédimentaires a été expliqué dans la partie « Méthodologie » et « cartographie des peuplements de substrats meubles ».

Les données benthiques acquises lors de la campagne REDIT I (2001) ont été intégrées dans le plan d'échantillonnage pour augmenter la précision de notre travail. Une quinzaine de stations de prélèvements a donc complété notre travail. De plus, les données granulométriques et les plongées/vidéos réalisées par Créocéan (2007) dans la zone du golfe de Beauduc ont permis de renforcer cette analyse.

Les données de Sémantic-TS, Andromède Oceanology et le GIS Posidonies ont été utilisées pour compléter et affiner notre cartographie, respectivement dans les secteurs de Beauduc, l'Ouest du petit Rhône et tout le secteur du They de la Gracieuse/Anse de Carteau.

Le peuplement des Sables Médiolittoraux (SM) est facile à détourer car il constitue une entité homogène sur l'ensemble des plages de la zone d'étude. La campagne en quad sur l'ensemble du linéaire a confirmé cette tendance. La limite supérieure est facilement observable à partir des photographies aériennes et l'étude a été complétée par des observations de vérification-terrain.

Le peuplement infralittoral des Sables Fins de Haut Niveau (SFHN) est situé sur une frange spatiale limitée et il est très largement inféodé à la bathymétrie. La littérature (Cahier d'Habitats, 2004 ; Pérès et Picard, 1967) semble indiquer la profondeur-limite d'extension de ce peuplement aux alentours de 2-3 mètres. Nos observations de terrain et les prélèvements réalisés sur de faibles fonds (<3 mètres) ont confirmé cette analyse.

Le détourage des trois autres habitats (Sables Fins Bien Calibrés, Détritique Côtier, Vases Terrigènes Côtiers) a été réalisé en compilant les données de nature différente :

- La bathymétrie, facteur de structuration verticale de certains peuplements;
- La granulométrie du sédiment qui influence grandement la nature du peuplement ;
- L'analyse des abondances des espèces caractéristiques.

Le détourage a donc été fait en prenant en compte l'ensemble de ces paramètres ; ainsi les biocénoses ont pu être définies entre la limite bathymétrique des 3m (fin de la biocénose des Sables Fins de Haut Niveau) et la limite circalittorale.

Toutefois, l'analyse de l'ensemble de ces données ne permet pas, en certains secteurs, de déterminer clairement l'habitat en présence. En effet, il existe un gradient fin d'évolution de la granulométrie et des peuplements benthiques. En limites de certains habitats, il est difficile voire impossible de faire la distinction. Ainsi, il nous a semblé préférable de définir un habitat « transitoire », une zone de transition entre deux habitats pour éviter des erreurs. C'est le cas pour la limite entre l'habitat communautaire 1110-6 « Sables fins bien calibrés » et l'habitat non communautaire « Vases Terrigènes Côtiers » dans le Golfe de Beauduc et au large du They de la Gracieuse.

Enfin, les levés sonar réalisés par le GIS Posidonies (large du They de la gracieuse) et Andromède Océanology (au large du Grau-du-Roi) ont révélé la présence de substrat enduré, constitué de galets de Crau würmien de Miramas et cailloutis envasés). Ce faciès, très particulier, n'a pas été observé suite aux prélèvements à la benne et seuls des levés acoustiques peuvent confirmer sa présence. Il est donc très probable que ce faciès enduré soit présent sur la zone d'étude de Camargue mais il est impossible de le cartographier actuellement.

#### 4.3.5 CONCLUSION

La distribution des habitats dans le domaine marin du secteur de Camargue est étroitement liée à la répartition des unités morpho-sédimentaires, elle-même fonction de l'agitation, des courants de marée et de la houle.

En conclusion, à partir de l'ensemble des données acquises par In Vivo (sédimentaires, biologiques) et les données disponibles (sédimentaires, biologiques et bathymétriques), il est possible de produire une carte suffisamment précise des peuplements benthiques, caractéristique de la Camargue.

Biocénose	Typologie EUR 27	Typologie Cahiers d'Habitats	Surface couverte (km <sup>2</sup> )	Surface couverte (%)
Sables Fins de Haut Niveau (SFHN)	1110	1110-5	20.15 KM <sup>2</sup>	4.74 %
Sables Fins Bien Calibrés (SFBC)		1110-6	163 KM <sup>2</sup>	38 %
Sables médiolittoraux (SM)	11140	1140-9	10.68 KM <sup>2</sup>	2.52 %
Lagune euryhaline et eurytherme (LEE)	1150	1150-2	0.23 KM <sup>2</sup>	0.05 %
Sables vaseux superficiels de mode calme (SVMC)	1160	1160-3	9.62 KM <sup>2</sup>	2.27 %
Détritique Côtier (DC)	Habitat non communautaire		21.22 KM <sup>2</sup>	5 %
Vases Terrigènes Côtiers (VTC)	Habitat non communautaire		173.82 KM <sup>2</sup>	41 %

Tableau 6: Synthèse des emprises biocénoses de substrats meubles

Afin de synthétiser sur chaque station l'ensemble des informations, un atlas a été réalisé, compilant l'ensemble des données stationnelles.

Ainsi, chaque station de prélèvement benthos fait l'objet d'une fiche de synthèse, reprenant l'ensemble des paramètres de terrain (position GPS, profondeur, date), descripteurs granulométriques (type de sédiment, photo du sédiment, représentation graphique des fractions granulométriques, fraction vaseuse, etc.), descripteurs écologiques (Richesse spécifique, Abondance, espèces caractéristiques) mais aussi des descripteurs de l'état de conservation (AMBI, Indice de Shannon, 2quitabilité, proportion d'espèces nécrophages, etc.).

Annexe 2 : Atlas de fiches de synthèse sur les stations de substrats meubles



**Carte de positionnement**

**Station 002\_B**

Vases Terrigènes Cotières (VTC)

**Métadonnées**

Date de prélèvement : 11/04/2011

Position (WGS 84) : 43°24.670' N / 4°13.434' E

Profondeur (CM) : 28

**Identification de l'Habitat**

**Métadonnées**

**Caractéristiques du sédiment**

Fraction Argiles /silts (%) : 76,3

Carbone Organique (g/kg) : 8,0

**Photo du sédiment**

**Principales espèces**

**Structure et fonctionnalité de l'habitat**

Richesse spécifique : 11

Abondance (1/m<sup>2</sup>) : 22

Indice de diversité (H') : 3,19

Indice d'équitabilité (E) : 0,92

Valeur AMBI : 2,025

Observations : /

**Photo de l'espèce leader**

**Espèces indicatrices :**  
*Glycera unicornis*  
*Turritella communis*  
*Sternaspis scutata*  
*Heteromastus filiformis*  
*Terebellides stroemii*

Dont espèce leader : *Glycera unicornis*

Espèces sensibles aux Perturbations (x% \*) : 0,0

Espèces structurantes : *Turritella communis*

Espèces nécrophages (x% \*) : 0,0

**Observations de terrain**

**Menaces et pressions**  
 Zone des 3 milles fortement chalutée

**Paramètres écologiques**

PLANCHE 000

Figure 55 : Illustration d'une fiche de synthèse stationnelle

#### 4.4 LA ZONE EMERGEE ET LES LAISSES DE MER

Ce travail de cartographie a été réalisé sur les étages Supralittoral et Médiolittoral.

Le travail ainsi que la caractérisation des laisses de mer a permis de répondre à trois objectifs :

- Cartographier les laisses de mer ;
- Identifier la nature des laisses de mer ;
- Cartographier les macro-déchets et autres débris humains abandonnés.

Ce travail a permis de réaliser un atlas cartographique couvrant l'ensemble de la zone entre les Saintes-Maries-de-la-Mer et l'extrémité du They de la Gracieuse. Afin de pouvoir visualiser les entités détournées, la zone a été découpée en 22 zooms. Chaque zoom est numéroté de 1 à 22 et présente (à des échelles variables) les unités cartographiées. Celles-ci peuvent être de plusieurs ordres: laisses de mer, macro-déchets, mammifères échoués, activités humaines, etc. En regard de chacun de ces zooms, un encart permet de localiser rapidement son emplacement. Un deuxième encart renseigne sur la nature de l'entité cartographiée dans le zoom concerné. Enfin, des photos sont ajoutées afin d'illustrer les entités cartographiées. La Figure 56 est une illustration d'un des zooms.

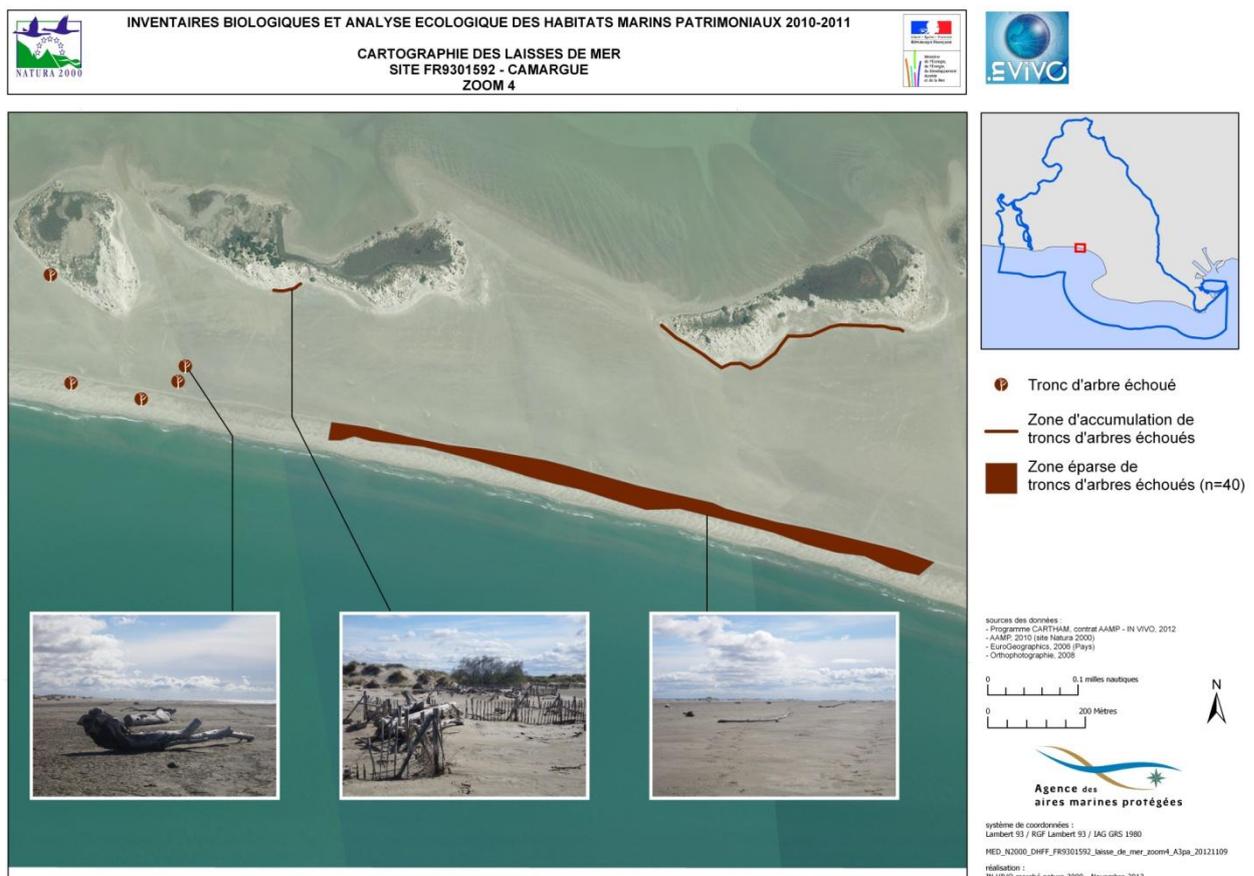


Figure 56 : Zoom cartographique des plages de Camargue

Concernant la caractérisation des pressions et des activités anthropiques sur les plages de Camargue, ce travail mériterait d'être effectué en pleine période estivale (juillet-août) afin de définir pleinement les pressions, maximales en cette période. Ainsi, dans le cadre de cette étude, bien que des activités aient été recensées (pêche à la telline, kite-surf), cette caractérisation est incomplète.

### *Annexe 3 : Atlas cartographique de la zone émergée et des lasses de mer*

## 4.5 SUBSTRATS ROCHUEUX

### 4.5.1 INTRODUCTION

Les récifs artificiels constituent sur le lot Natura 2000 en mer « Camargue », la seule alternative de fixation et d'implantation de biocénoses sessiles. Bien que la surface d'emprise de tels récifs soit minime au vu de la superficie des zones de substrats meubles, ceux-ci jouent un rôle capital puisqu'elles permettent l'implantation de biocénoses originales voire rares à l'échelle du Golfe du Lion, du fait de conditions hydro-climatiques très particulières (houle, turbidité, apports en matière organique, etc.)

Les plongées ont consisté en la prospection de récifs artificiels (2), d'une épave et des herbiers de zostères (3). Par souci de présentation, les prospections sur les herbiers seront traitées dans cette partie, du fait d'un protocole suivi est similaire (plongée sous-marine).

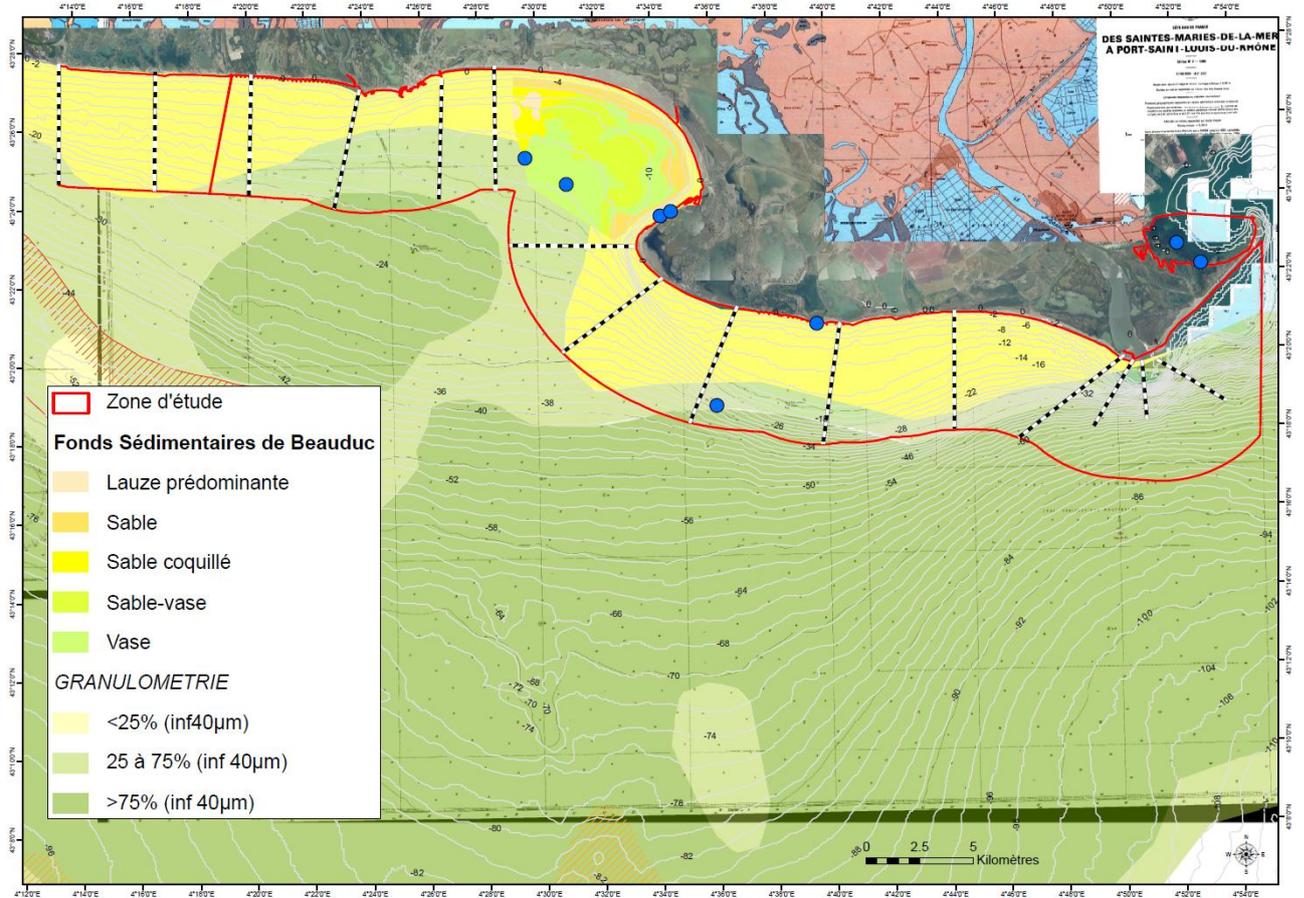


Figure 57 : Position des sites prospectés en plongée sous-marine

## 4.5.2 LES RECIFS ARTIFICIELS

### 4.5.2.1 INTRODUCTION

Très peu de données sont disponibles sur les récifs artificiels dans le Golfe de Beauduc et leur position géographique. L'entreprise de survey SEMANTIC n'a repéré qu'une centaine de récifs lors d'un levé au sonar latéral, en 2008.

En 1988, 409 récifs de protection de types Searock et des modules de production ont été immergés dans le golfe de Beauduc par l'Office Régional de la Mer. L'objectif était d'empêcher les chalutiers de rentrer dans le golfe.

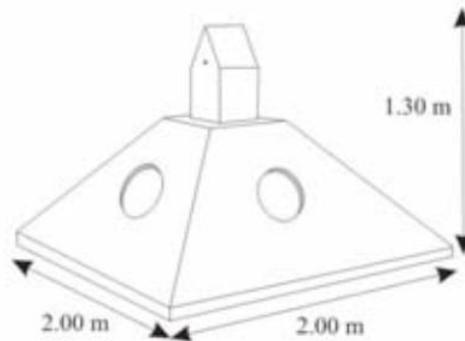


Figure 58 : Illustration d'un récif artificiel de type Searock

#### 4.5.2.2 RESULTATS 2008

Les observations faites en plongées sous-marines en 2008 par le bureau d'études P2A Développement en étaient les suivantes :

- 50% des orifices aménagés sont obturés, enfoncés dans le sédiment ;
- Affouillement important autour du récif (60 cm d'anti-affouillement contre 10 cm pour le récif correctement posé) ;
- Fréquence d'occurrence importante de loup (*Dicentrarchus labrax*) et de congre (*Conger conger*) ;
- Faible richesse ichtyologique observée (5 espèces) ;
- 36 espèces d'invertébrés recensés sur les récifs artificiels ;
- Observation d'une espèce remarquable, la petite cigale de mer (*Scyllarus arctus*) ;
- Sur les zones peu profondes, les moules (*Mytilus edulis*) colonisent la majorité de la surface de substrat dur ;
- Les zones plus profondes (supérieures à 10 mètres) sont colonisées par une plus grande diversité de macro-invertébrés sessiles tels que les hydraires, les spirographes et les spongiaires.

#### 4.5.2.3 RESULTATS 2011

##### 4.5.2.3.1. Récif artificiel n°1

Le premier récif artificiel repose sur un fond vaseux de 14 m, avec des débris coquilliers d'*Acanthocardia tuberculata*, de turitelles communes (*Turitella communis*) mais aussi de serpules *Ditrupa arietina*. Il est posé correctement sur son embase et le sommet est situé à une profondeur de 11,8m. L'enfoncement est de l'ordre d'une trentaine de centimètres.



Figure 59 : Haut (gauche) et base (droite) de la structure Searock

Le récif est recouvert entièrement d'une fine couche de vase, dû vraisemblablement à des tubes d'amphipodes (non déterminés). Parmi les macro-espèces présentes, les plus nombreuses sont les spirographes *Sabella spallanzani*, les Sabelles-paon *Sabella pavonina* et le spongiaire massif *Suberites* sp. Quelques huîtres plates *Ostrea edulis* sont fixées sur la structure mais elles sont globalement faiblement représentées. Le violet *Microcosmus sabatieri* a été, lui aussi, observé ponctuellement.

Plusieurs espèces de cnidaires ont été recensées dont l'hydraire *Halecium halecinum* en quantité importante fixée sur le récif, l'anémone solaire *Cereus pedunculatus*, dans la vase au pied du récif et l'anémone solaire *Sagartia elegans*. Enfin, en grand nombre, l'anémone encroûtante brune *Epizoanthus paxi* est fixée sur les parois horizontales de l'embase du récif.

Parmi les espèces vagiles, citons la petite cigale de mer *Scyllarus arctus* (1 individu observé), l'étrille *Necora puber*, le serran petite chèvre *Serranus cabrilla* et quelques espèces de blennies (*Parablennius pilicornis*, *Parablennius gattorugine*) cachées dans les interstices du récif. Enfin, un congre *Conger conger* a été observé à l'intérieur du récif.



Figure 60 : *Parablennius pilicornis* (gauche), *Epizoanthus paxi* (centre) et *Sabella spallanzanii* (droite)

Planche 6 : Illustration des espèces caractéristiques du récif artificiel n° 1



Vue d'ensemble du récif searock



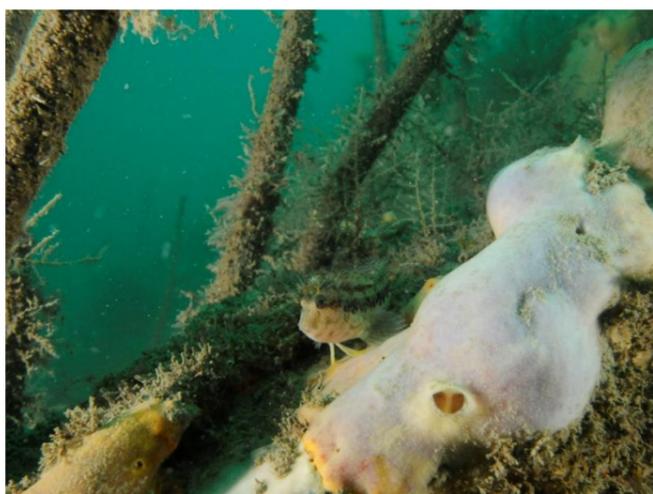
*Cereus pedunculatus*



*Oscarella lobularis*



*Sabella spalanzanii*



*Parablennius pilicornis*



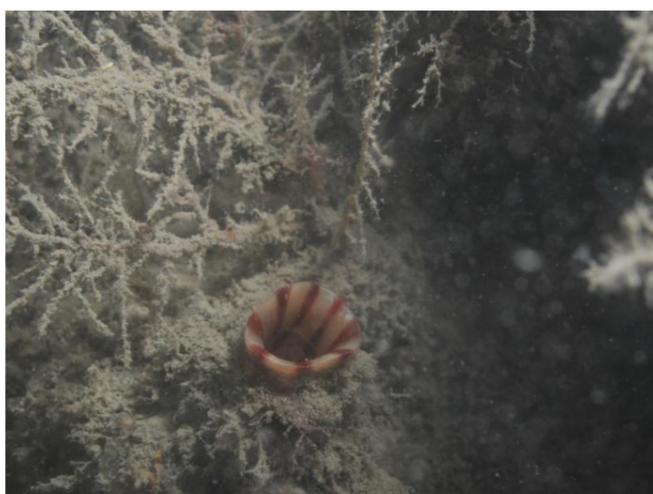
*Sagartia elegans*



*Epizoanthus paxi*



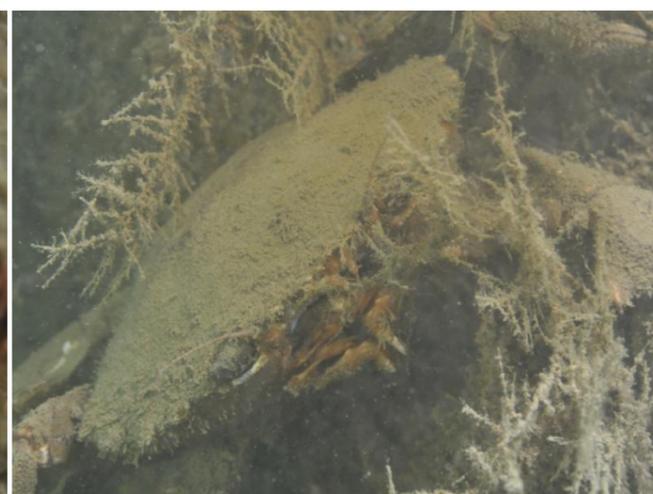
*Suberites sp.*



*Microcosmus sabatieri*



*Scyllarus arctus*



*Necora puber*



*Halecium halecinum*



#### 4.5.2.3.2. Récif artificiel n°2

Ce récif, situé sur un fond de 14,3 m est posé sur l'une de ses arêtes, sur un fond sablo-vaseux. Une cuvette de 30 cm de profondeur s'est formée tout autour de ce récif, créant une véritable dépression. De nombreux débris de coquilles de bivalves entourent le récif (*Acanthocardia spp.* principalement). Ces coquilles sont couvertes de tubes calcaire d'annélides sédentaires (*Pomatoceros spp.*, *Protula sp.*). Il apparaît que la face « est » du récif est beaucoup plus colonisée par les hydraires que la face « ouest ».



Figure 61 : Illustration des espèces du récif artificiel n° 2

Les espèces sont similaires au récif précédent avec une dominance des spirographes (*Sabella spallanzanii* et *Sabella pavonina*), des spongiaires (*Suberites sp.*, *Oscarella lobularis*) mais aussi des ascidies soit solitaire comme le violet (*Microcosmus sabatieri*), soit coloniales avec *Diplosoma (spongiforme ?)*. Il est à noter que cette dernière espèce est bien représentée sur la structure en taille et en densité.

Comme précédemment, le récif artificiel est recouvert de milliers de tubes d'amphipodes tubicoles (photo ci-dessous). Les autres espèces associées sont l'étrille *Necora puber*, les anémones *Sagartia elegans* et *Cereus pedunculatus* réfugiés dans les creux et fissures du récif, l'anémone encroûtante grise *Epizoanthus paxi* sur les parois lisses ainsi que l'huître plate *Ostrea edulis*, représentée par seulement quelques individus. Tout comme précédemment, la richesse ichtyologique est faible avec notamment les blennies *Parablennius pilicornis* (photo gauche ci-dessous) et *Parablennius tentacularis*, le serran-chevrette (*Serranus cabrilla*) et le congre (*Conger conger*).



Figure 62 : *Parablennius pilicornis* (gauche) et Tubes d'amphipodes (droite)

Planche 7 : Illustration des espèces caractéristiques du récif artificiel n° 2

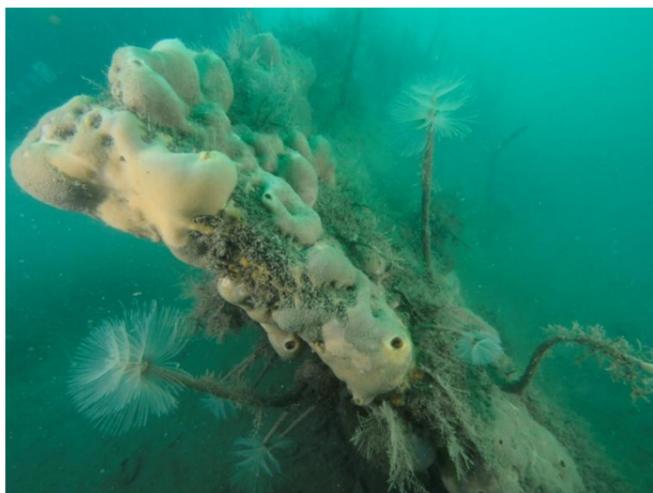
#### 4.5.3 L'ÉPAVE DU BARTOLO

L'épave du Bartolo est un cargo vraquier espagnol canoné par un sous-marin britannique le *HMS Taurus* le 06 mars 1943. Il repose désormais sur un fond sablo-vaseux de 30 m de profondeur à 6km au SSW du phare de Beauduc. La macrofaune observable des fonds meubles est constituée de deux espèces de cnidaires, la vétérille (*Veretillum cynomorium*), seule espèce du genre en Méditerranée et le cérianthe (*Cerianthus membranaceus*).

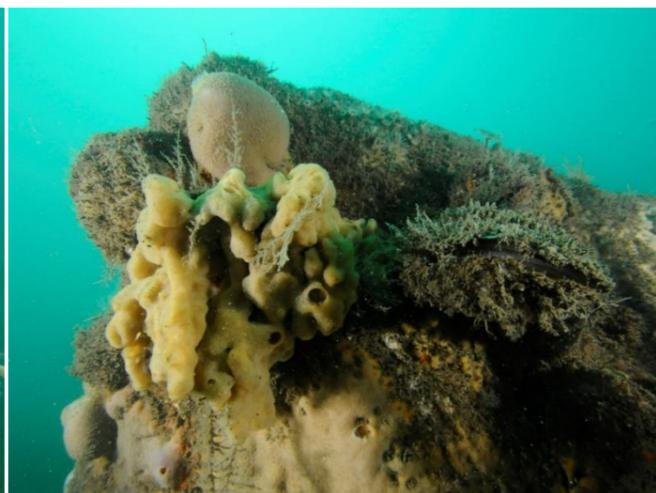


Figure 63 : *Veretillum cynomorium* (gauche) et *Cerianthus membranaceus* (droite)

L'épave est relativement bien conservée mais celle-ci est complètement « drapée » de filets de pêche abandonnés. Bien que ceux-ci soient très nombreux, ils ne semblent plus être un danger pour les poissons : du fait de sa colonisation, les filets sont bien visibles (photos ci-dessous).



Vue d'ensemble du récif searock



*Diplosoma spongiforme*



*Spirographis spalanzani*



*Parablennius pilicornis*



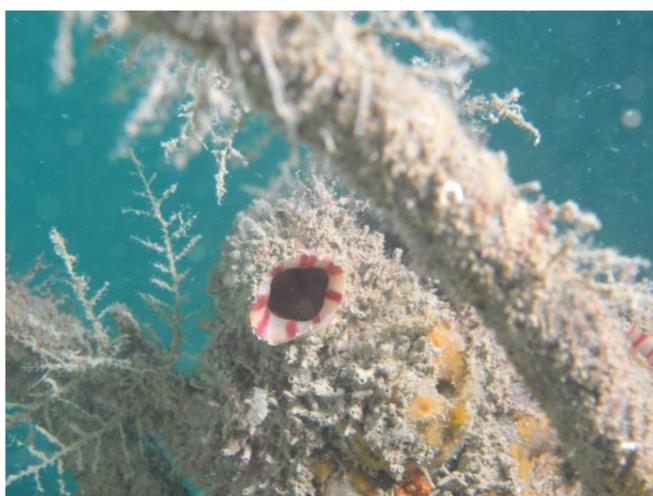
*Sagartia elegans*



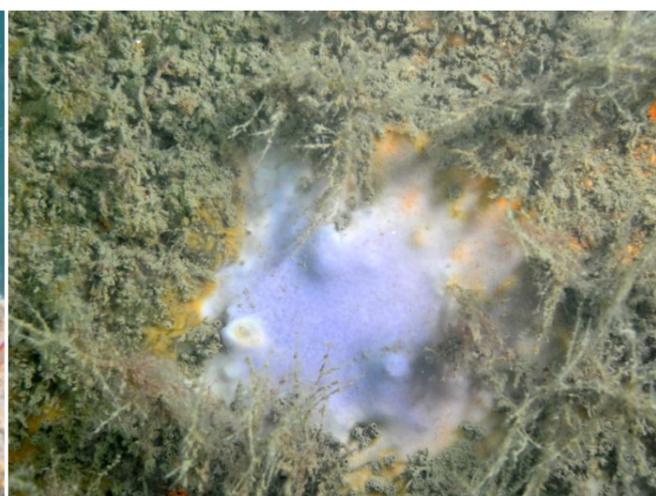
*Ostrea edulis*



Hydrides et spongiaires encroûtants



*Microcosmus sabatieri*



Bryozoaire indéterminé



*Parablennius pilicornis*



*Cereus peunculatus*





Figure 64 : Filets de pêche recouvrant l'épave du Bartolo

#### 4.5.3.1 ESPECES BENTHIQUES

Le peuplement sessile de l'épave est très distinct du peuplement des récifs artificiels du fait :

- D'une profondeur plus élevée ;
- D'une turbidité moins importante ;
- D'une atténuation des houles et des courants.

La description qui suit concerne uniquement les espèces observées sur la partie extérieure de l'épave et les ponts. Pour des raisons de temps et de sécurité, les zones intérieures et les cales ont été peu prospectées.

L'épave se caractérise par un très fort recouvrement en anémones-bijoux (*Corynactis viridis*) qui couvre des surfaces de plusieurs mètres-carré. Cette espèce n'est pas rare mais localisée en Méditerranée, sur les récifs du large et les tombants profonds puisqu'elles préfèrent les eaux agitées et l'obscurité relative. C'est pour cette raison que cette espèce est beaucoup plus commune en Atlantique.

L'autre espèce dominante est une éponge encroûtante dressée (*Dysidea avara*) avec de nombreux oscules de forme tubulaire. C'est une espèce sciaphile, caractéristique des substrats durs relativement profonds (jusqu'à 70 m de profondeur), préférant les surfaces planes et horizontales (Maliet V., Fiche technique D.O.R.I.S).

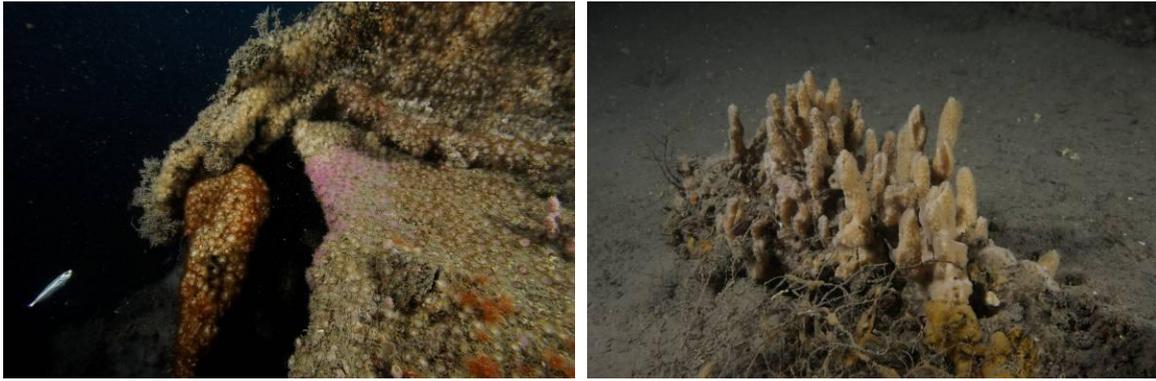


Figure 65 : *Corynactis viridis* (gauche) et *Dysidea avara* (droite)

La présence d'une petite rhodophyte a été relevée sur l'ensemble de l'épave, en couverture homogène, mais celle-ci n'a pu être prélevée et identifiée. Les autres espèces principales fixées présentes sont le spirographe (*Spirographis spallanzanii*), les éponges oranges encroûtantes *Crambe crambe* et *Spirastrella cunctatrix*, l'hydraire dressé *Halecium halecinum*. Une espèce a été observée sur les filets abandonnés, il semblerait qu'il s'agisse du bryzoaire orange *Cellepora pumicosa*. Des espèces pionnières sont encore présentes telles que l'annélide tubicole *Serpula vermicularis*, le bivalve *Anomia ephippium* et l'huître plate *Ostrea edulis*.

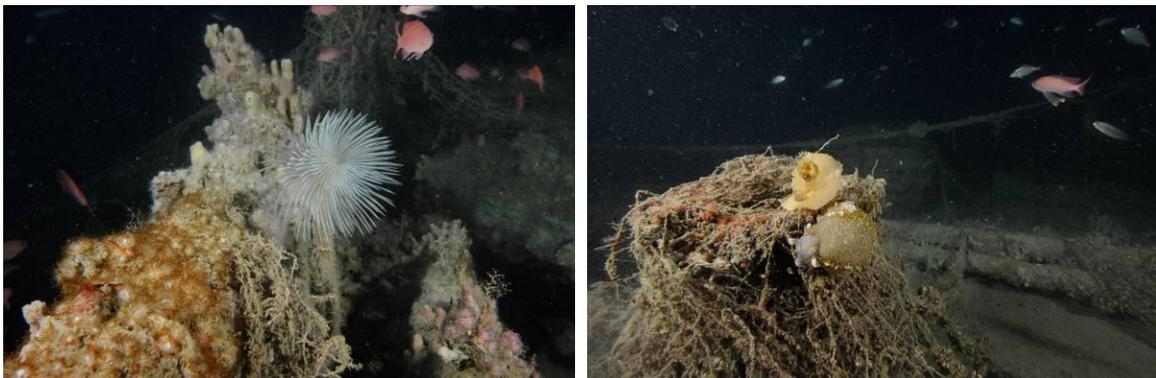


Figure 66 : Illustration des espèces sessiles

Notons aussi la présence sur les parties inférieures, les plus proches du fond, la présence d'un engorgement des structures horizontales et le développement d'un faciès à amphipodes tubicoles, comme sur les récifs artificiels, sur les parois verticales. Ce faciès reste toutefois limité et la distinction entre dépôt de vase et ce faciès biogénique n'est pas toujours évident.

Enfin, quelques espèces benthiques vagiles ont été observées : le congre (*Conger conger*), l'holothurie *Holothuria forskali*, le crustacé *Galathea strigosa* et les mollusques opisthobranches *Hypselodoris elegans* (une dizaine d'individus) et le nudibranche *Dondice banyulensis*. Citons aussi la présence de la petite rascasse (*Scorpaena notata*).

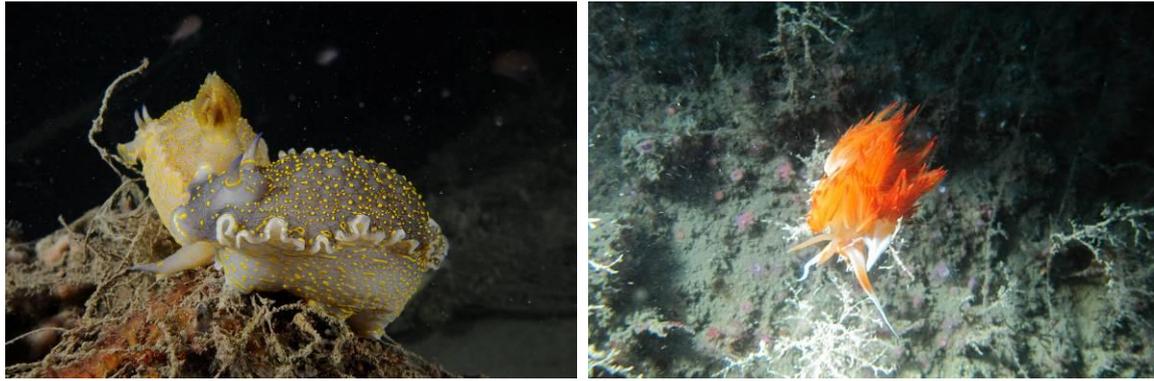


Figure 67 : *Hypselodoris elegans* (gauche) et *Dondice banyulensis* (droite)

#### 4.5.3.2 ESPECES PELAGIQUES

L'autre caractéristique principale de cette épave est l'abondance d'espèces pélagiques. Celles-ci ne sont pas observés toutes ensembles et une certaine stratification verticale a été observée.

Largement au-dessus de l'épave, le bogue (*Boops boops*) est l'espèce dominante, formant des bancs importants. Ensuite, dans les parties hautes et supérieures de l'épave, l'espèce remarquable est le loup (*Dicentrachus labrax*), espèce fortement représentée sur l'épave mais très craintive. Des dizaines d'individus adultes sont présents, se réfugiant rapidement à l'intérieur de la structure.

Le barbier commun (*Anthias anthias*) est bien représenté sur toute l'épave et ne semble pas avoir de préférences particulières, puisqu'il a été observé aussi bien sur le dessus de l'épave que dans les cales. Dans ces dernières, le capelan de Méditerranée (*Trisopterus luscus capelanus*) a été observé aussi en abondance (dizaines d'individus).

Parmi les autres espèces présentes, citons le serran-chevrette (*Serranus cabrilla*), le pageot acarné (*Pagellus acarne*), le gobie noir (*Gobius niger*), et deux espèces de blennies (*Parablennius gattorugine* et *P. pilicornis*).



Figure 68 : Illustration des espèces de poissons de l'épave du Bartolo

#### 4.5.3.3 CONCLUSION

L'épave du Bartolo a révélé une grande diversité d'espèces, à la fois sessiles et vagiles. Les espèces sessiles sont bien représentées par un grand nombre d'espèces d'anthozoaires, d'hydriaires et de spongiaires. Quant aux poissons, de nombreuses espèces pélagiques d'intérêt commercial ont été observées.

Cette épave présente une richesse biologique importante qui n'a pas été observée sur les structures artificielles moins profondes.

*Planche 8 : Illustration des espèces caractéristiques de l'épave*

#### 4.5.4 CONCLUSION SUR LES STRUCTURES ARTIFICIELLES

La zone d'étude de Camargue se caractérise par une surface marine de 28,45 km<sup>2</sup> de récifs artificiels, ce qui représente seulement 6,12% de la surface totale de la zone. Les épaves ne sont bien entendu par prises en compte dans le calcul de superficie.

Peuplement	Typologie CH2004	Surface couverte (km <sup>2</sup> )	Surface couverte (%)
Récifs artificiels (hors épaves)	Pas de correspondance	0,0014 KM <sup>2</sup>	<0.01 %

*Tableau 7: Emprise des différents habitats rocheux sur la zone d'étude*

Les structures artificielles, du fait de leur rareté à l'échelle de la zone d'étude, présentent un fort intérêt potentiel pour l'implantation de peuplements sessiles rocheux originaux.

Toutefois, la forte turbidité et l'envasement dans les zones les moins profondes entraînent une faible diversité biologique quant aux espèces implantées. Ainsi, les récifs artificiels, lorsqu'ils ne sont pas entièrement envasés, sont dominés par quelques espèces suspensivores (spirographe, anémones, ascidies et spongiaires). Citons toutefois la présence de la petite cigale de mer, déjà observée en 2008 par P2A Développement.

L'épave du Bartolo semble, quant à elle, moins soumise aux perturbations environnementales et permet ainsi l'implantation d'un peuplement sessile plus diversifié bien que dominé par seulement quelques espèces. La faune vagile est elle aussi bien diverse. La présence de très nombreux filets sur cette épave atteste d'une activité de pêche importante.

Enfin, afin de synthétiser sur chaque prospection sous-marine l'ensemble des informations, un atlas a été réalisé, compilant l'ensemble des données stationnelles, sur le même principe que celui des substrats meubles.

*Annexe 4 : Fiches de synthèse sur les substrats rocheux*





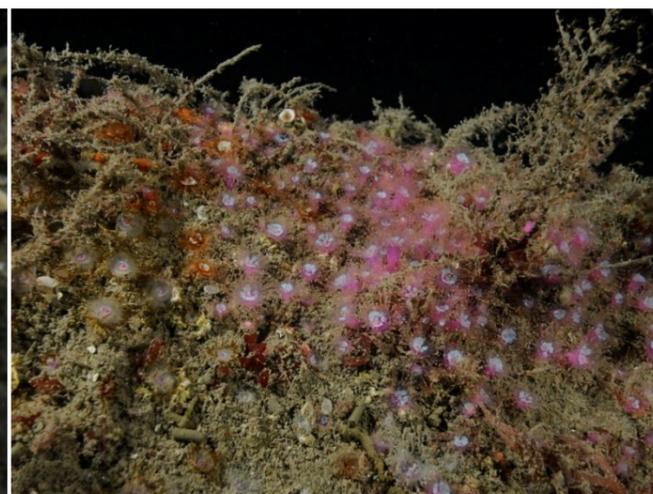
Vue d'ensemble de l'épave (pont supérieur et cales)



*Scorpaena notata*



*Dysidea avara*



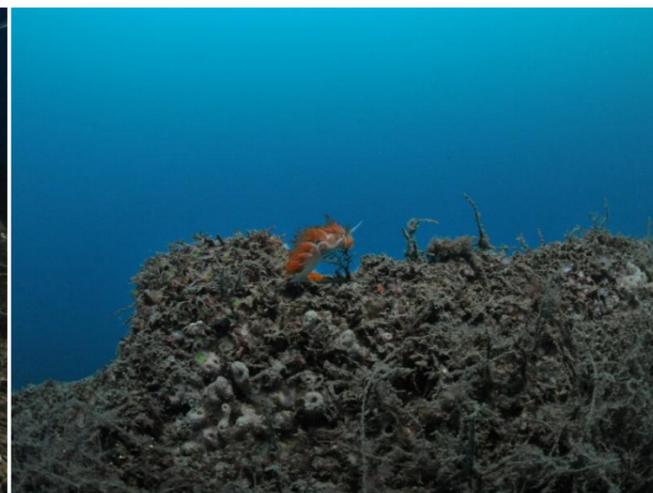
Tombants de *Corynactis viridis*



*Anthias anthias*



Filets abandonnés



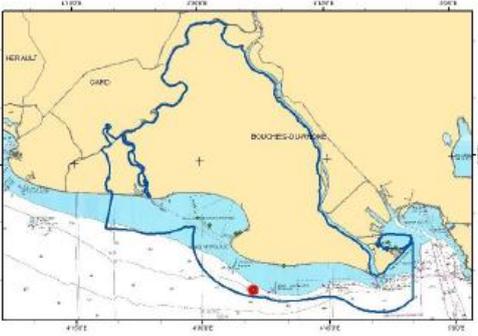
*Dondice banyulensis*



*Cerianthus membranaceus*



Ainsi, chaque prospection plongée fait l'objet d'une fiche de synthèse, reprenant l'ensemble des paramètres de terrain (position GPS, profondeur, date), caractéristiques du site (morphologie du site, nature du sédiment, envasement), mais aussi les espèces sessiles et vagiles remarquables. Pour ce qui est des herbiers, des descripteurs fonctionnels (superficie de l'herbier, densité de faisceaux, biomasse foliaire, etc.) complètent la fiche de synthèse.



**Epave du Bartolo**

Pas de correspondance

**Métadonnées**

Type de prospection : Inventaire / photographies

Date de prospection : 01/10/2011

Position (WGS 84) : 49°41,290 N/01°15,950 O

Profondeur (CM) : 30

**Caractéristiques du site**



**Morphologie du site :**  
Structure artificielle

**Nature du sédiment (si observé) :**  
Vase



**Envasement :**  
Oui

**Structure et fonctionnalité de l'habitat**

**Espèces vagiles remarquables :**

*Boops boops*

*Dicentrachus labrax*

*Anthias anthias*

*Serranus cabrilla*

*Parablennius spp.*

*Scorpaena notata*

*Conger conger*

*Pagellus acarne*

**Espèce sessile dominante:** *Corynactis viridis*

**Espèces sessiles remarquables :**

*Spirographis spalanzani*

*Dysidea avara*

*Halecium halecinum*

*Cellepora pumicosa*

*Crambe crambe*

*Spirastrella cunctatrix*

*Anomia ehippium*



*Scorpaena notata*



*Corynactis viridis*

**Commentaires**

L'épave est couverte de vieux filets, déjà bien colonisées et donc visibles des poissons

PLANCHE 003

Figure 69 : Illustration d'une fiche de synthèse stationnelle sur récifs

#### 4.5.5 LES HERBIERS DE ZOSTERES

Les herbiers ont été observés dans 3 zones distinctes :

- Au niveau de l'anse de Carteau (2 stations : Carteau 3 et Carteau 4) ;
- Au niveau du port du Grau de la dent (1 station) ;
- Au niveau de la pointe de Beauduc (2 stations).

##### Planche 9 : Cartographie des zostères

#### 4.5.5.1 PRAIRIE MIXTE DE *ZOSTERA NOLTII* ET *CYMODOCEA NODOSA* - ANSE DE CARTEAU

Cette « prairie » est située au sud-est de Port-Saint-Louis-du-Rhône, dans l'Anse de Carteau, zone ouest du Golfe de Fos. La présence d'un cordon terrestre, le They de la Gracieuse, ferme en partie l'anse et permet l'implantation d'une vaste prairie de magnoliophytes marines (*Zostera marina*, *Zostera noltii* et *Cymodocea nodosa*). Cette prairie est limitée au nord par le canal Saint-Louis. A l'est, la prairie est limitée par les parcs mouliers et l'extension des magnoliophytes s'arrêtent environ 50-100 mètres avant les parcs. A l'ouest de cet herbier, au niveau du débouché du canal Saint-Antoine, un herbier mixte de *Zostera noltii* et *Zostera marina* est présent mais sa superficie est très restreinte (3,1 ha).

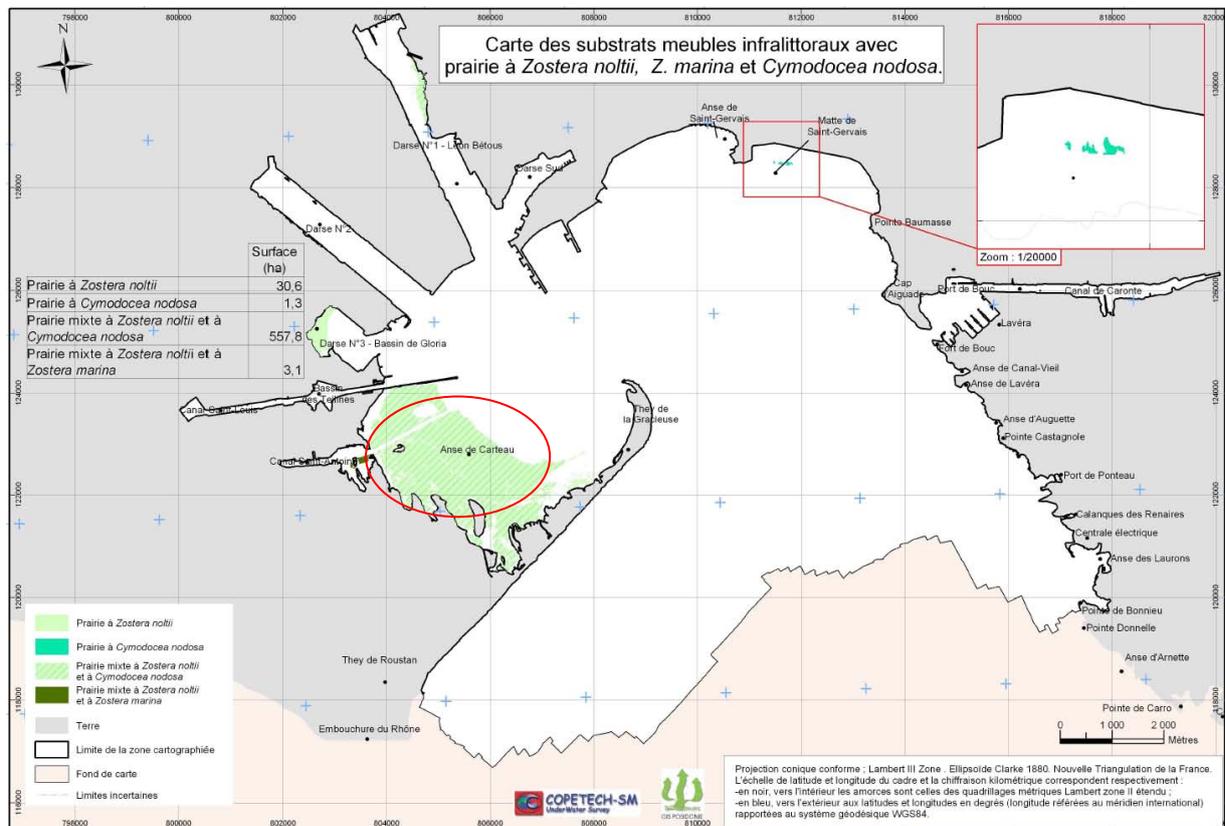


Figure 70 : Localisation de la prairie mixte (GIS Posidonies, 2008)



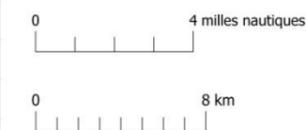
INVENTAIRES BIOLOGIQUES ET ANALYSE ECOLOGIQUE DES HABITATS MARINS PATRIMONIAUX 2010-2012

**CARTOGRAPHIE DES ESPECES VEGETALES DE L'ANNEXE II DHFF  
 SITE FR9301592 - CAMARGUE**



- Prairie à *Zostera noltii*
- Prairie mixte à *Zostera Noltii* et *Cymodocea Nodosa*
- Prairie mixte à *Zostera noltii* et *Zostera marina*
- Site Natura 2000

sources des données :  
 - AAMP, 2010 (site Natura 2000)  
 - SHOM/IGN, (trait de côte Histolitt v1)  
 - EuroGeographics, 2006 (Pays)  
 - PNR, 2011 (Cartographie des herbiers de zostères)  
 - GIS Posidonie-Copetech-SM-HydroConsult, 2008 (Etude et cartographie des biocénoses marines remarquables du Golfe de Fos)



système de coordonnées :  
 Lambert 93 / RGF Lambert 93 / IAG GRS 1980  
 MED\_N2000\_DHFF\_FR9301592\_SpVegetalAnn2\_EUR27\_A0pa\_20121109  
 réalisation :  
 IN VIVO marché natura 2000 - Novembre 2012



#### 4.5.5.1.1. Granulométrie du sédiment

La granulométrie du sédiment sur cette biocénose est constituée majoritairement de sables fins (entre 55 et 71%) et de sables moyens (entre 21 et 38%). Une fraction grossière (granules, granules, sables très grossiers) est présente mais celle-ci est mineure (<5%). La fraction d'argiles et de silts est quasiment absente (<1%). Ce sédiment présente un mode de 125 µm et une médiane d'environ 230 µm.

La mesure du Carbone Organique Total (C.O.T) a révélé des teneurs de l'ordre de 3,5g/kg de Matière Sèche, soit 0,35%.

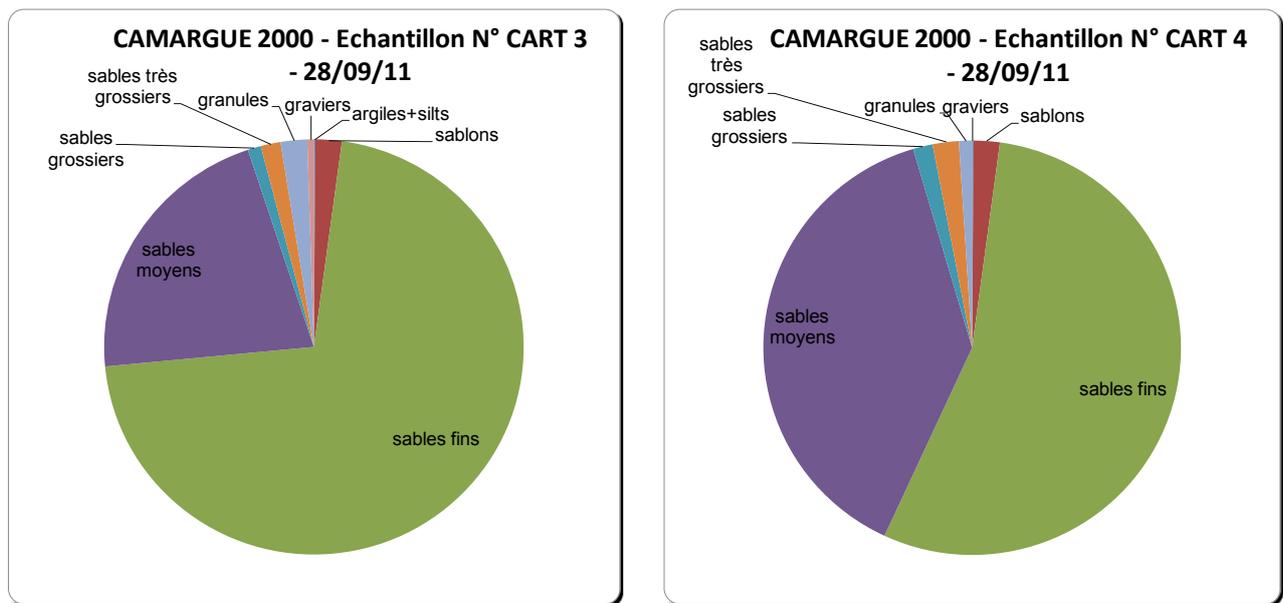


Figure 71 : Proportion des différentes fractions granulométriques sur 2 points de prélèvements

Planche 10 : Synthèse des résultats granulométriques sur la station CARTEAU 3

Planche 11 : Synthèse des résultats granulométriques sur la station CARTEAU 4

#### 4.5.5.1.2. Mesures morphométriques

N° Point	POINT 1			POINT 2			POINT 3		
N° Quadrat	Quadrat 1	Quadrat 2	Quadrat 3	Quadrat 1	Quadrat 2	Quadrat 3	Quadrat 1	Quadrat 2	Quadrat 3
Profondeur	<1,5m			<1,5m			<1,5m		
Nombre de faisceaux de phanérogammes	105	134	93	55	140	123	198	233	225
Densité (nb. Faisceaux/m <sup>2</sup> )	420	536	372	220	560	492	792	932	900
% Phanérogammes / substrat PHOTO	80%	80%	70%	30%	75%	65%	90%	90%	90%
% Algues vertes/ substrat	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
% Autres algues / substrat	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Quadrats 4: PRELEVEMENTS	Profondeur:	1,3m		Profondeur:	1,3m		Profondeur:	1,3m	

Tableau 8: Synthèse des mesures sur quadrats sur la station Carteau 3

N° Point	POINT 1			POINT 2			POINT 3		
N° Quadrat	Quadrat 1	Quadrat 2	Quadrat 3	Quadrat 1	Quadrat 2	Quadrat 3	Quadrat 1	Quadrat 2	Quadrat 3
Profondeur	<1,5m	<1,5m	<1,5m	<1,5m	<1,5m	<1,5m	<1,5m	<1,5m	<1,5m
Nombre de faisceaux de phanérogammes	72	94	117	93	83	72	92	67	87
Densité (nb. Faisceaux/m <sup>2</sup> )	288	376	468	372	332	288	368	268	348
% Phanérogammes / substrat PHOTO	40%	40%	40%	50%	50%	40%	40%	30%	30%
% Algues vertes/ substrat	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
% Autres algues / substrat	20%	15%	20%	20%	10%	10%	10%	10%	10%
Quadrats 4: PRELEVEMENTS	Profondeur:	<1,5m		Profondeur:	<1,5m		Profondeur:	<1,5m	

Tableau 9: Synthèse des mesures sur quadrats sur la station Carteau 4

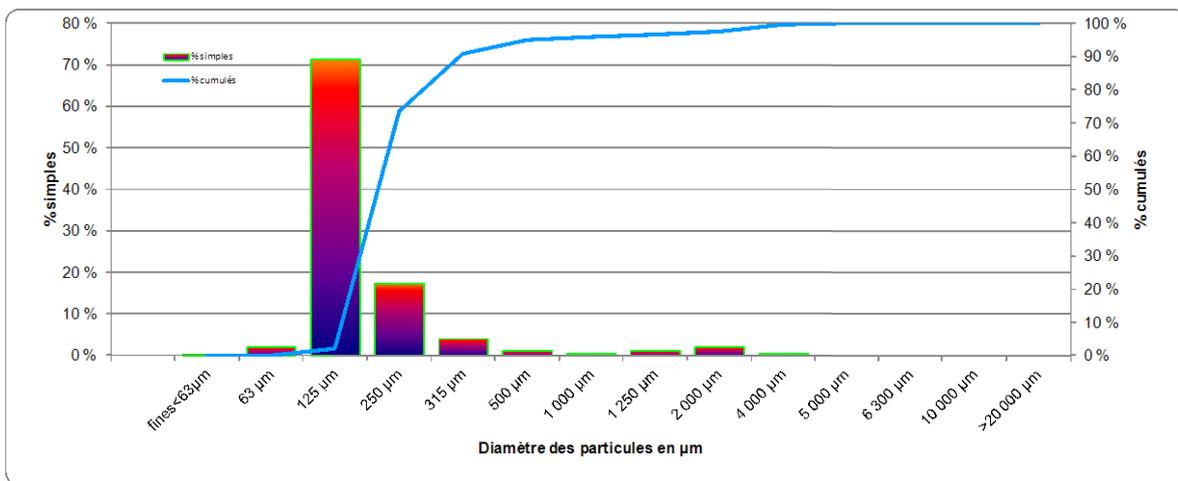
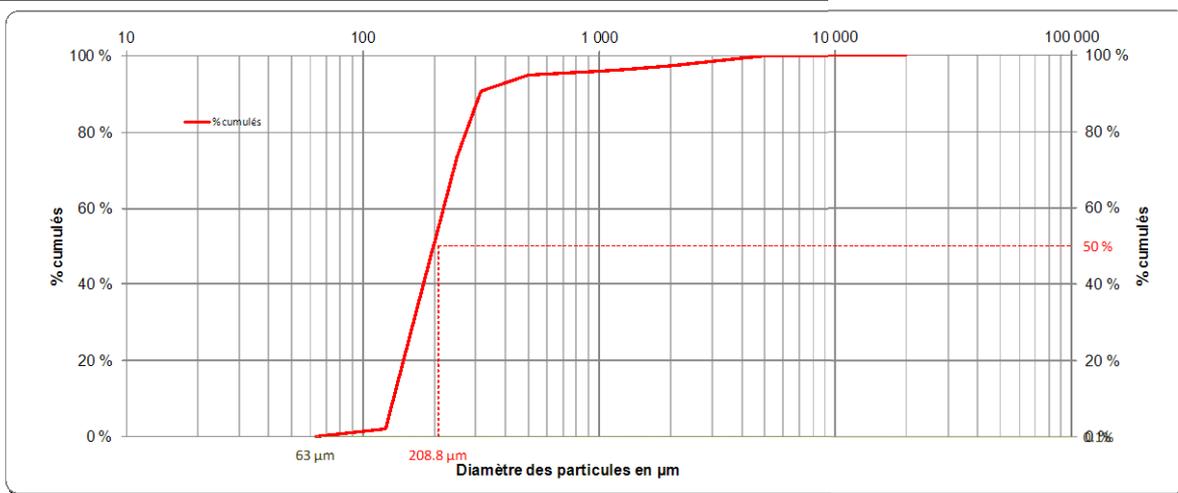
Enfin, des prélèvements sur quadrats ont été réalisés pour évaluer quantitativement la proportion des 2 espèces de magnoliophytes marines sur l'herbier et évaluer les longueurs de feuilles par faisceau.

**CAMARGUE 2000- PRELEVEMENT DU 28/09/11**

 Nom de l'échantillon : CART 3

Masse totale : 196.20 g

Ouverture du tamis (en µm)	Masses simples (en g)	Masses cumulées (en g)	Fréquence simple en %	Fréquence cumulée en %
fines < 63 µm	0.20 g	0.20 g	0.10 %	0.00 %
63 µm	4.00 g	4.20 g	2.04 %	0.10 %
125 µm	140.00 g	144.20 g	71.36 %	2.14 %
250 µm	34.00 g	178.20 g	17.33 %	73.50 %
315 µm	8.00 g	186.20 g	4.08 %	90.83 %
500 µm	2.00 g	188.20 g	1.02 %	94.90 %
1 000 µm	1.00 g	189.20 g	0.51 %	95.92 %
1 250 µm	2.00 g	191.20 g	1.02 %	96.43 %
2 000 µm	4.00 g	195.20 g	2.04 %	97.45 %
4 000 µm	1.00 g	196.20 g	0.51 %	99.49 %
5 000 µm	0.00 g	196.20 g	0.00 %	100.00 %
6 300 µm	0.00 g	196.20 g	0.00 %	100.00 %
10 000 µm	0.00 g	196.20 g	0.00 %	100.00 %
>20 000 µm	0.00 g	196.20 g	0.00 %	100.00 %
				100.00 %



<b>Mode (µm)</b>	<b>125 µm</b>	<b>SABLES FINS</b>
D <sub>10</sub> (µm)	139 µm	
D <sub>15</sub> (µm)	149 µm	
D <sub>25</sub> (µm)	2.74 Phi	
<b>Médiane D<sub>50</sub> (µm)</b>	<b>209 µm</b>	<b>SABLES FINS</b>
D <sub>75</sub> (µm)	256 µm	
D <sub>84</sub> (µm)	280 µm	
D <sub>90</sub> (µm)	1.79 Phi	
D <sub>95</sub> (µm)	312 µm	
Diamètre moyen en φ	2.26 Phi	
Ecart-type en unité φ (sorting)	0.55 Phi	
Indice d'asymétrie (Skewness)	-0.16	
Indice d'angulosité (Kurtosis)	1.35	
<b>Teneur en fines (diamètre &lt; 63 µm)</b>	<b>0.10 %</b>	

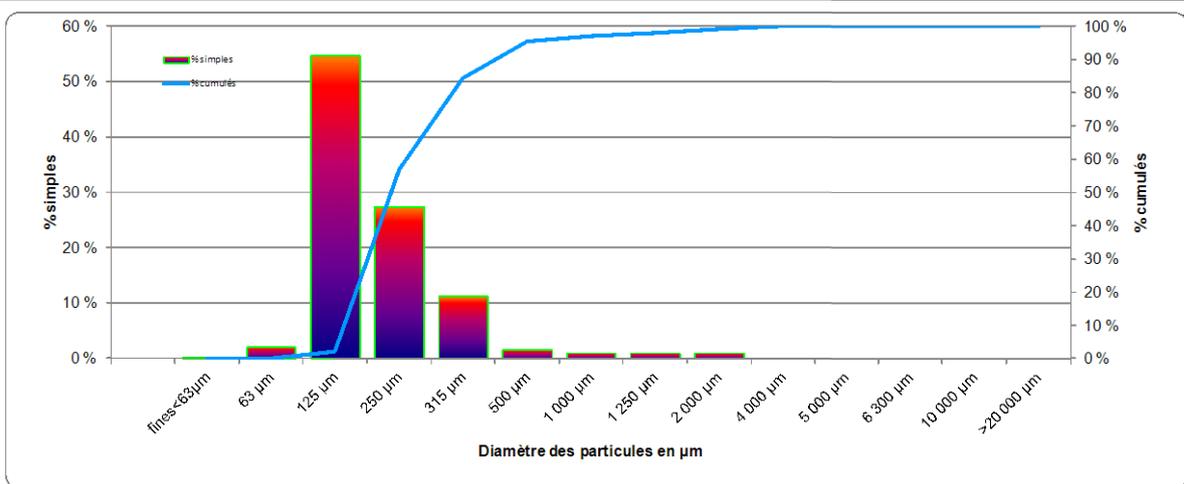
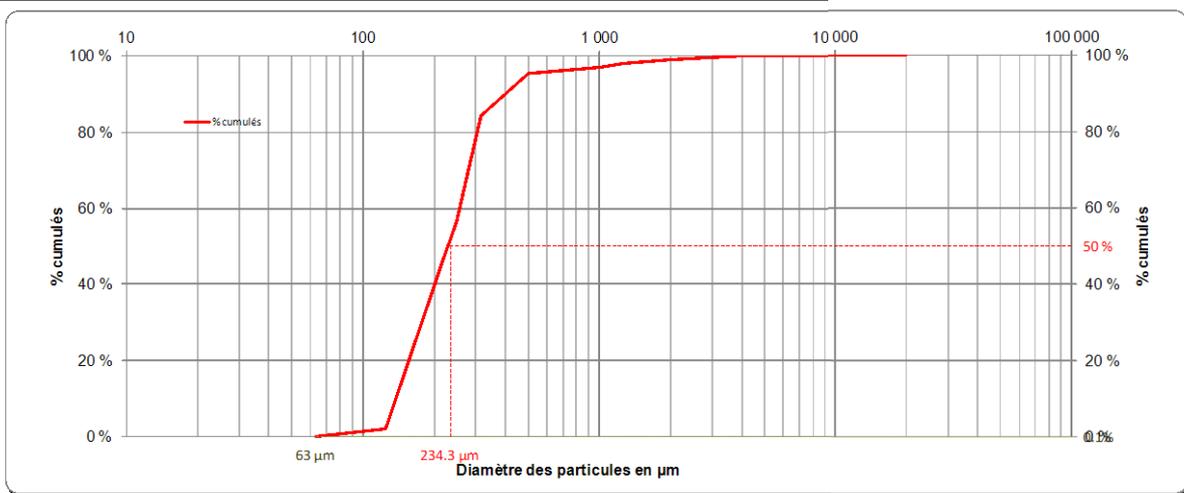


**CAMARGUE 2000- PRELEVEMENT DU 28/09/11**

 Nom de l'échantillon : CART 4

Masse totale : 197.20 g

Ouverture du tamis (en µm)	Masses simples (en g)	Masses cumulées (en g)	Fréquence simple en %	Fréquence cumulée en %
fines < 63 µm	0.20 g	0.20 g	0.10 %	0.00 %
63 µm	4.00 g	4.20 g	2.03 %	0.10 %
125 µm	108.00 g	112.20 g	54.77 %	2.13 %
250 µm	54.00 g	166.20 g	27.38 %	56.90 %
315 µm	22.00 g	188.20 g	11.16 %	84.28 %
500 µm	3.00 g	191.20 g	1.52 %	95.44 %
1 000 µm	2.00 g	193.20 g	1.01 %	96.96 %
1 250 µm	2.00 g	195.20 g	1.01 %	97.97 %
2 000 µm	2.00 g	197.20 g	1.01 %	98.99 %
4 000 µm	0.00 g	197.20 g	0.00 %	100.00 %
5 000 µm	0.00 g	197.20 g	0.00 %	100.00 %
6 300 µm	0.00 g	197.20 g	0.00 %	100.00 %
10 000 µm	0.00 g	197.20 g	0.00 %	100.00 %
> 20 000 µm	0.00 g	197.20 g	0.00 %	100.00 %
				100.00 %



<b>Mode (µm)</b>	<b>125 µm</b>	<b>SABLES FINS</b>
D <sub>47</sub> (µm)	143 µm	
D <sub>50</sub> (µm)	157 µm	
D <sub>50</sub> (µm)	2.67 Phi	
D <sub>25</sub> (µm)	177 µm	
<b>Médiane D<sub>50</sub> (µm)</b>	<b>234 µm</b>	<b>SABLES FINS</b>
D <sub>75</sub> (µm)	293 µm	
D <sub>84</sub> (µm)	314 µm	
D <sub>90</sub> (µm)	1.67 Phi	
	410 µm	
Diamètre moyen en φ	2.15 Phi	
Ecart-type en unité φ (sorting)	0.54 Phi	
Indice d'asymétrie (Skewness)	0.01	
Indice d'angulosité (Kurtosis)	1.08	
<b>Teneur en fines (diamètre &lt; 63 µm)</b>	<b>0.10 %</b>	



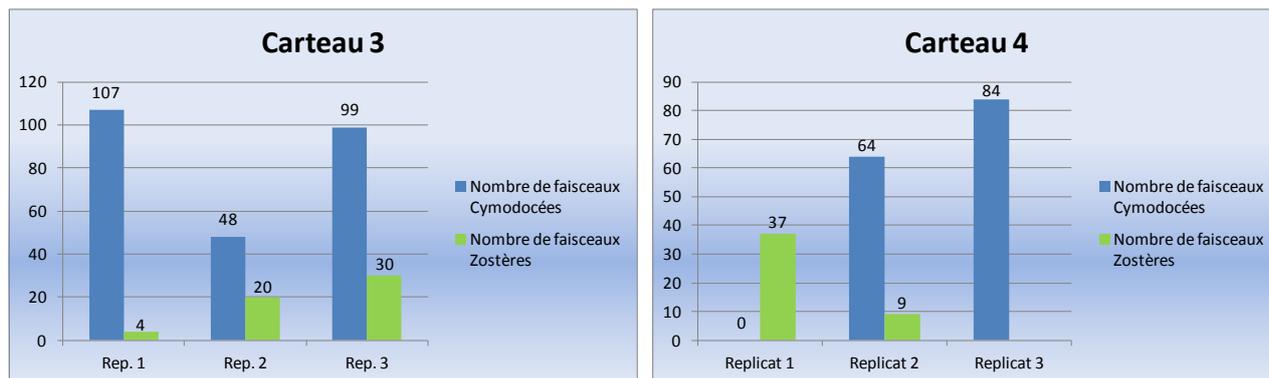


Figure 72 : Nombre de faisceaux de cymodocées et de zostères naines par réplikat sur les stations Carteau 3 et 4

Ces mesures montrent une certaine hétérogénéité dans la répartition et la densité des deux espèces. Il apparaît assez clairement que les cymodocées ont tendance à être dominantes avec une proportion variable mais faible de zostères naines (entre 15 et 42%). Toutefois, il semble que certaines zones soient constituées uniquement de zostères naines (réplikat n° 1 sur la station Carteau 4).

Ces résultats sont en accord avec les observations faites par le GIS Posidonies en 2008 : « il est très difficile de distinguer la répartition précise des deux espèces en prairie mixte ». Ainsi, il semble que cette prairie se caractérise par des zones où les deux espèces sont totalement mélangées, tandis que sur d'autres zones, l'une des deux espèces domine au détriment de l'autre.

Sur ces quadrats, des mesures de biomasses ont été faites pour évaluer la proportion de la biomasse foliaire et rhizome/racines :

Poids sec (g)	Carteau 3		
N° réplikat	Réplikat 1	Réplikat 2	Réplikat 3
Zostère feuilles	0.144	0.531	3
Zostère racines et rhizomes	/	0.98	5
Cymodocées feuilles	5	2.364	9
Cymodocées racines et rhizomes	21	4.885	17

Poids sec (g)	Carteau 4		
N° réplikat	Réplikat 1	Réplikat 2	Réplikat 3
Zostère feuilles	1	0.845	/
Zostère racines et rhizomes	24	/	/
Cymodocées feuilles	3	2	4
Cymodocées racines et rhizomes	15	13	24

Tableau 10: Biomasse des phanérogames prélevées sur quadrats sur les stations Carteau 3 et Carteau 4

L'interprétation des résultats sera présentée dans la partie « Etat de conservation ».

#### 4.5.5.2 HERBIER DE *ZOSTERA NOLTII* - GRAU DE LA DENT

Cet herbier de zostères naines est situé sur la propriété de l'entreprise des Salins du Midi, au niveau du port du Grau de la Dent. Cette zone sert à la fois de port de plaisance (une dizaine d'embarcations maximum) mais aussi de zone d'aspiration pour l'alimentation en eau de mer des marais salants.

Cet herbier a été cartographié sommairement en 2009 à partir des photographies aériennes et la surface a été estimée à 9630 m<sup>2</sup>. Sur la partie ouest, cet herbier s'étend jusqu'à la côte tandis que sur la partie est, l'herbier est limité par le chenal, dragué régulièrement pour l'accès des bateaux et le fonctionnement correct de l'aspiration d'eau de mer.

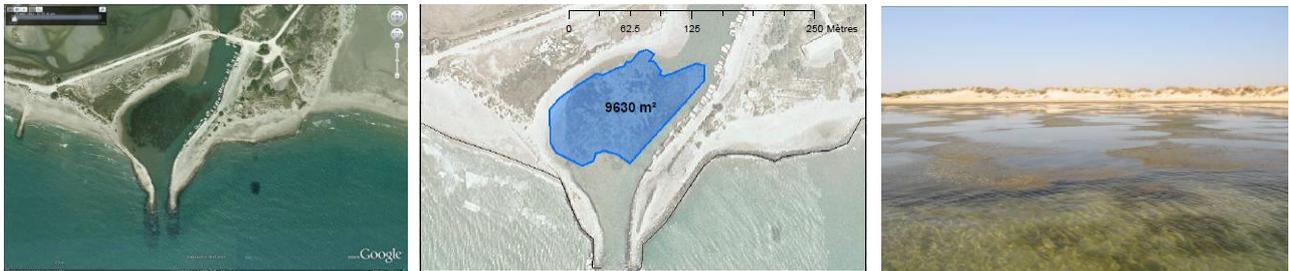


Figure 73 : Localisation et illustration de l'herbier du Grau de la Dent

La zone est très peu profonde (<1 m) et rend difficile le travail de photographies et de prélèvements.



Figure 74 : Illustration des fonds marins de l'herbier du Grau de la Dent

##### 4.5.5.2.1. Granulométrie

Le sédiment échantillonné est un sable légèrement envasé. C'est en fait un sédiment mal trié de sables fins (52%), de sables moyens (29%), de sablons (12%) et une fraction grossière totale très faible (<2%). La fraction d'argiles et de silts est d'environ 5%. Ce sédiment présente un mode de 125µm et une médiane de 203 µm. La mesure du Carbone Organique Total (C.O.T) a révélé des teneurs de l'ordre de 3,9g / kg de Matière Sèche, soit 0,39 %.

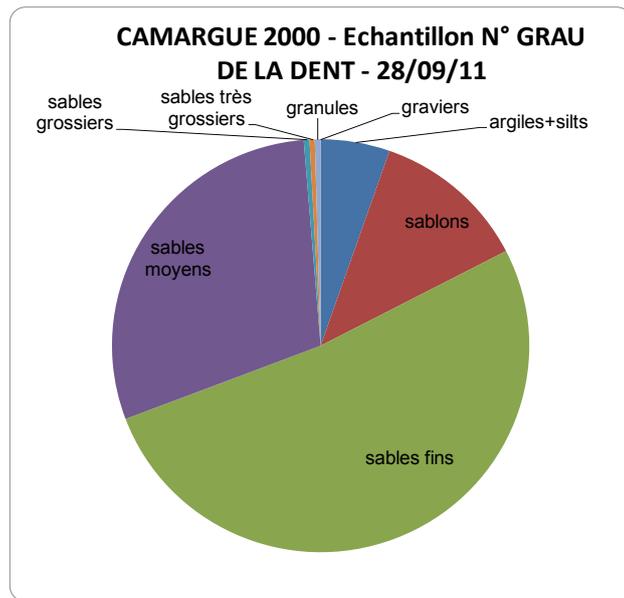


Figure 75 : Proportion des différentes fractions granulométriques

Planche 12 : Synthèse des résultats granulométriques sur la station Grau de la Dent

4.5.5.2.2. Mesures morphométriques

N° Point	POINT 1			POINT 2			POINT 3		
	Quadrat 1	Quadrat 2	Quadrat 3	Quadrat 1	Quadrat 2	Quadrat 3	Quadrat 1	Quadrat 2	Quadrat 3
N° Quadrat									
Profondeur	<0,5m	<0,5m	<0,5m	<0,5m	<0,5m	<0,5m	<0,5m	<0,5m	<0,5m
Densité (nb. Faisceaux/m²)	740	832	856	924	904	860	pas de comptage		
Nombre de faisceaux de zostère	185	208	214	231	226	215			
% zostère / substrat PHOTO	60 à 80%						80 à 90%		
% Algues vertes/ substrat	<5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
% Autres algues / substrat	5 à 10%	5 à 10%	5 à 10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Quadrats 4: PRELEVEMENTS	Profondeur:	<0,5m		Profondeur:	<0,5m		Profondeur:	<0,5m	

Tableau 11 : Synthèse des mesures sur quadrats sur la station Grau de la Dent

Enfin, des mesures de biomasses ont été faites pour évaluer la proportion de chaque phanérogame marine :

Poids sec (g)	Grau de la dent		
	Réplikat 1	Réplikat 2	Réplikat 3
N° réplikat			
Zostère feuilles	9	6	8
Zostère racines et rhizomes	3	1	14
Cymodocées feuilles	/	/	/
Cymodocées racines et rhizomes	/	/	/

Tableau 12: Biomasse des phanérogames prélevées sur quadrats sur la station Grau de la Dent

#### 4.5.5.3 HERBIERS DE ZOSTERA NOLTII - POINTE DE BEAUDUC

L'herbier est situé à la pointe de Beauduc, sur la face intérieure du Golfe. Dans cette zone, un grand herbier de zostères devait s'étendre initialement sur un linéaire important. La cartographie faite en 2011 par le Parc Naturel Régional de Camargue montre que celui-ci est fragmenté en son milieu, créant deux herbiers. Une station dans chaque herbier (nord et sud) a été échantillonnée.



Figure 76 : Illustration de l'herbier de la pointe de Beauduc

L'herbier n° 1 (sud) est situé dans le fond d'une anse, similaire à une lagune, où un bras de terre limite en grande partie l'entrée d'eau et le renouvellement de celle-ci. Il est probable que durant la période estivale, cet herbier subisse des variations de hauteurs d'eau et donc des variations de salinité dû à l'évaporation. Lors de la prospection, la hauteur d'eau ne dépassait pas 50 cm.



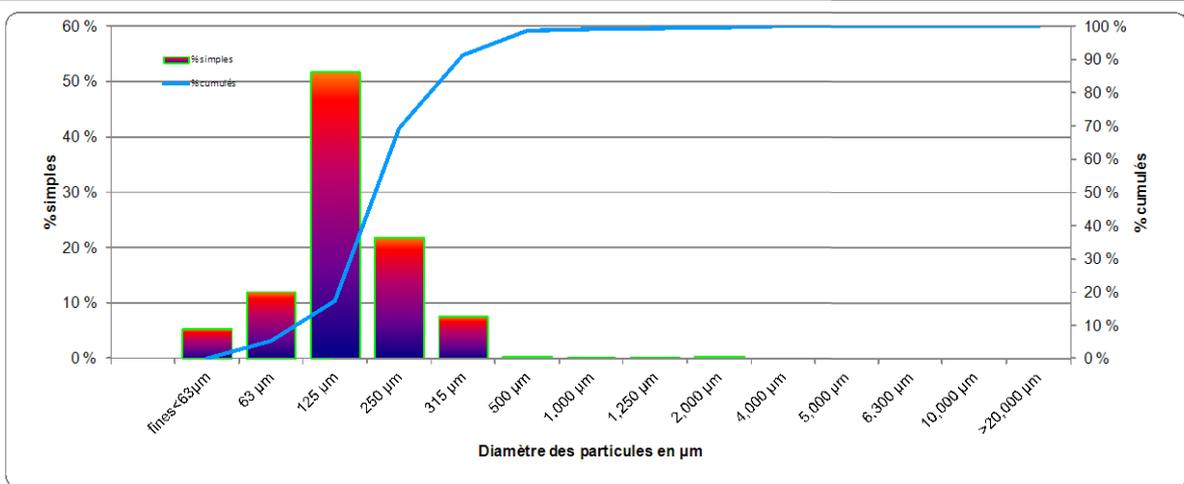
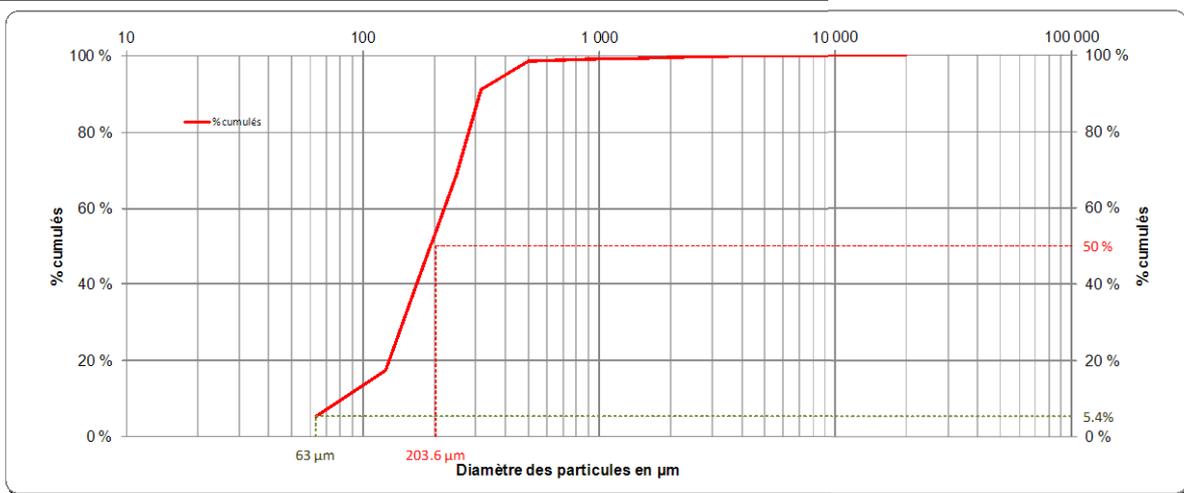
Figure 77 : Illustration de l'herbier n° 1 de Beauduc

**CAMARGUE 2000- PRELEVEMENT DU 28/09/11**

Nom de l'échantillon : GRAU DE LA DENT

Masse totale : 223.90 g

Ouverture du tamis (en $\mu\text{m}$ )	Masses simples (en g)	Masses cumulées (en g)	Fréquence simple en %	Fréquence cumulée en %
fines < 63 $\mu\text{m}$	12.00 g	12.00 g	5.36 %	0.00 %
63 $\mu\text{m}$	27.00 g	39.00 g	12.06 %	5.36 %
125 $\mu\text{m}$	116.00 g	155.00 g	51.81 %	17.42 %
250 $\mu\text{m}$	49.00 g	204.00 g	21.88 %	69.23 %
315 $\mu\text{m}$	17.00 g	221.00 g	7.59 %	91.11 %
500 $\mu\text{m}$	1.00 g	222.00 g	0.45 %	98.70 %
1 000 $\mu\text{m}$	0.30 g	222.30 g	0.13 %	99.15 %
1 250 $\mu\text{m}$	0.60 g	222.90 g	0.27 %	99.29 %
2 000 $\mu\text{m}$	1.00 g	223.90 g	0.45 %	99.55 %
4 000 $\mu\text{m}$	0.00 g	223.90 g	0.00 %	100.00 %
5 000 $\mu\text{m}$	0.00 g	223.90 g	0.00 %	100.00 %
6 300 $\mu\text{m}$	0.00 g	223.90 g	0.00 %	100.00 %
10 000 $\mu\text{m}$	0.00 g	223.90 g	0.00 %	100.00 %
> 20 000 $\mu\text{m}$	0.00 g	223.90 g	0.00 %	100.00 %



<b>Mode (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>125 <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>SABLES FINS</b>
$D_{47}$ ( $\mu\text{m}$ )	87 $\mu\text{m}$	
$D_{50}$ ( $\mu\text{m}$ )	118 $\mu\text{m}$	
$D_{63}$ ( $\mu\text{m}$ )	3.09 $\Phi$	
$D_{75}$ ( $\mu\text{m}$ )	143 $\mu\text{m}$	
<b>Médiane <math>D_{50}</math> (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>204 <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>SABLES FINS</b>
$D_{75}$ ( $\mu\text{m}$ )	267 $\mu\text{m}$	
$D_{84}$ ( $\mu\text{m}$ )	294 $\mu\text{m}$	
$D_{90}$ ( $\mu\text{m}$ )	1.77 $\Phi$	
	312 $\mu\text{m}$	
Diamètre moyen en $\Phi$	2.38 $\Phi$	
Ecart-type en unité $\Phi$ (sorting)		
Indice d'asymétrie (Skewness)		
Indice d'angulosité (Kurtosis)		
<b>Teneur en fines (diamètre &lt; 63 <math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>5.36 %</b>	



L'herbier n°2, situé plus au nord, forme une bande étroite, parallèle à la côte à environ 100 m de la plage. La superficie de cet herbier est relativement restreinte puisqu'il mesure environ 230 mètres de long avec une largeur maximale de 60 mètres. Cet herbier est situé plus en profondeur que le précédent (jusqu'à 1,5 m) et semble plus exposé.



Figure 78 : Illustration de l'herbier n°2 de Beauduc

#### 4.5.5.3.1. Granulométrie

Les prélèvements de sédiments sur les deux stations ont révélé une granulométrie similaire, ce qui n'est pas surprenant au vu de la faible distance entre les 2 points (< 500 mètres). Le sédiment est constitué en majorité de sables fins (66%) avec une fraction relativement importante (34%) de sables moyens. Le sédiment est propre puisque la fraction d'argiles et de silts est quasi-absente (<1%). L'herbier n°1 (sud) présente une médiane de 215 µm et un mode de 125 µm tandis que l'herbier n°2 (nord) présente un mode identique mais une médiane très légèrement supérieure (220 µm). Cela s'explique par la très faible proportion de sédiments grossiers (0,8%) dans l'herbier n°2, absente totale dans l'herbier au sud. La mesure du Carbone Organique Total (C.O.T) a révélé sur les herbiers n°1 et n°2 des teneurs, respectivement de l'ordre de 1,9 et <1,5g/kg de Matière Sèche, soit une proportion inférieure à 0,20%.

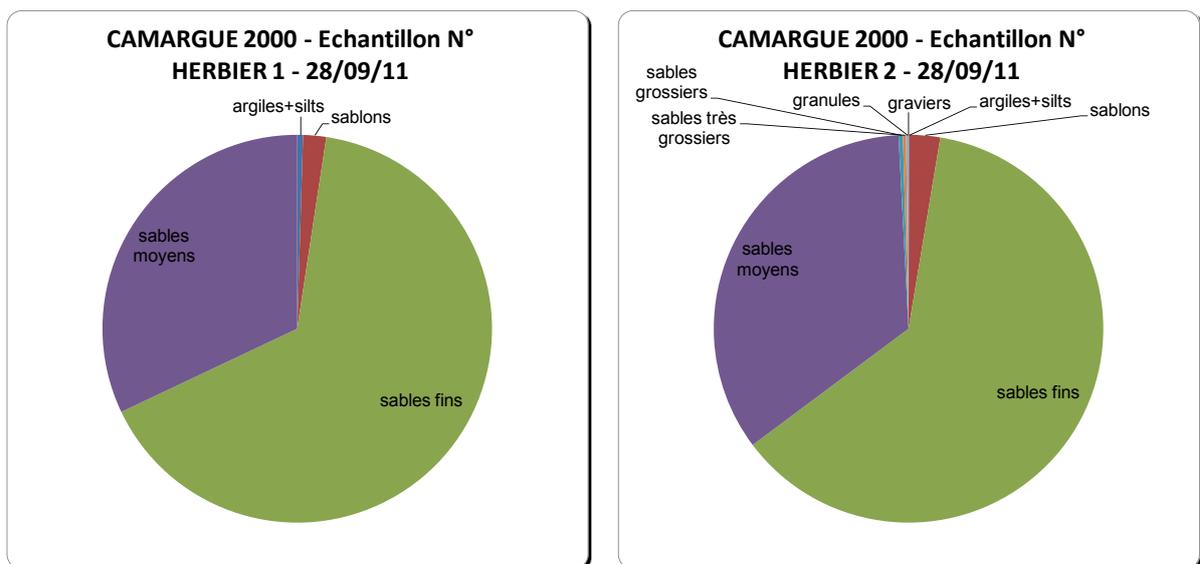


Figure 79 : Proportion des différentes fractions granulométriques sur 2 points de prélèvements

*Planche 13 : Synthèse des résultats granulométriques sur la station Herhier n° 1*

*Planche 14 : Synthèse des résultats granulométriques sur la station Herhier n° 2*

#### 4.5.5.3.2. Mesures morphométriques

Les mesures sur quadrats ont révélé les résultats suivants. Concernant l'herbier n°2, un seul répliquat a pu être réalisé.

N° Point	POINT 1			POINT 2			POINT 3		
N° Quadrat	Quadrat 1	Quadrat 2	Quadrat 3	Quadrat 1	Quadrat 2	Quadrat 3	Quadrat 1	Quadrat 2	Quadrat 3
Profondeur	<0,5m	<0,5m	<0,5m	<0,5m	<0,5m	<0,5m	<0,5m	<0,5m	<0,5m
Nombre de faisceaux	166	151	124	182	175	300	162	155	173
Densité (nb. Faisceaux/m <sup>2</sup> )	664	604	496	728	700	1200	648	620	692
% Algues vertes/ substrat	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
% Autres algues / substrat	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Quadrats 4: PRELEVEMENTS	Profondeur:	<0,5m		Profondeur:	<0,5m		Profondeur:	<0,5m	

N° Point	POINT 1		
N° Quadrat	Quadrat 1	Quadrat 2	Quadrat 3
Profondeur	<1m	<1m	<1m
Nombre de faisceaux	185	163	218
Densité (nb.faisceaux/m <sup>2</sup> )	740	652	872
% Zostères / substrat PHOTO	100%	100%	100%
% Algues vertes/ substrat	0	0	0
% Autres algues / substrat	0	0	0
Quadrats 4: PRELEVEMENTS	Profondeur:	<1,5m	

*Tableau 13: Synthèse des mesures sur quadrats sur les stations de l'herbier 1 (haut) et l'herbier 2 (bas)*

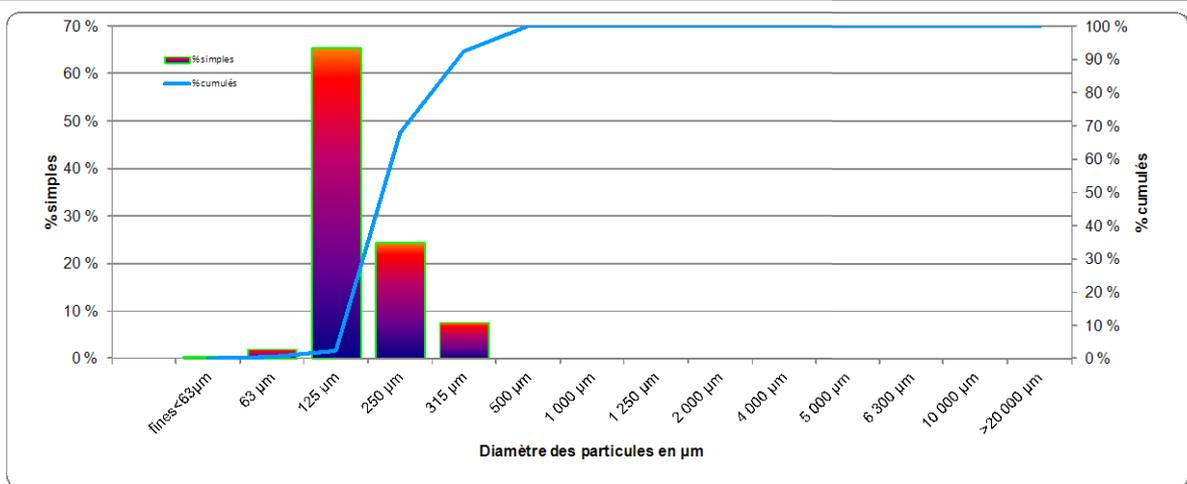
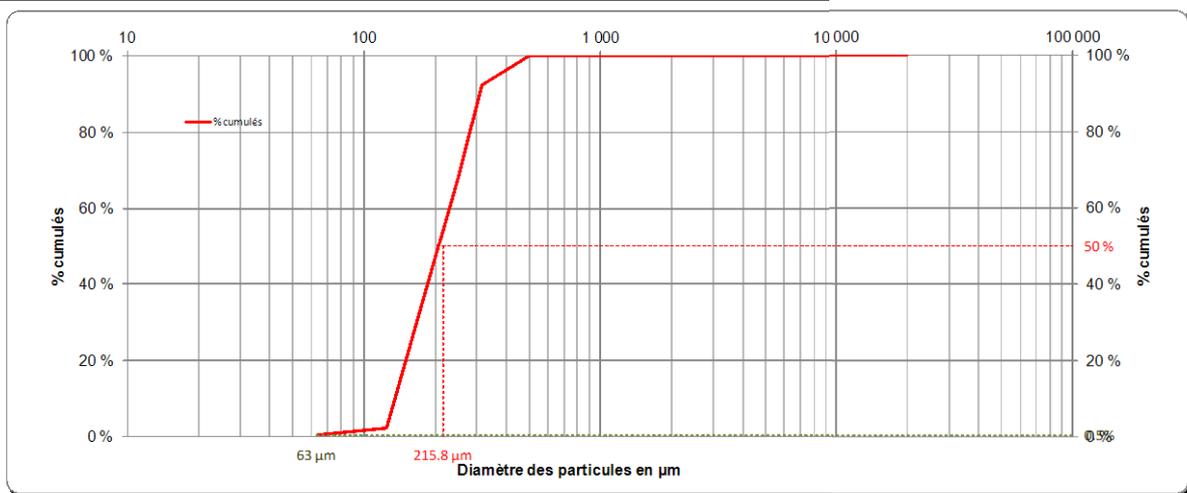
Enfin, des mesures de biomasses ont été faites pour évaluer la proportion de chaque groupe algal :

**CAMARGUE 2000- PRELEVEMENT DU 28/09/11**

 Nom de l'échantillon : HERBIER 1

Masse totale : 209.00 g

Ouverture du tamis (en µm)	Masses simples (en g)	Masses cumulées (en g)	Fréquence simple en %	Fréquence cumulée en %
fines < 63 µm	1.00 g	1.00 g	0.48 %	0.00 %
63 µm	4.00 g	5.00 g	1.91 %	0.48 %
125 µm	137.00 g	142.00 g	65.55 %	2.39 %
250 µm	51.00 g	193.00 g	24.40 %	67.94 %
315 µm	16.00 g	209.00 g	7.66 %	92.34 %
500 µm	0.00 g	209.00 g	0.00 %	100.00 %
1 000 µm	0.00 g	209.00 g	0.00 %	100.00 %
1 250 µm	0.00 g	209.00 g	0.00 %	100.00 %
2 000 µm	0.00 g	209.00 g	0.00 %	100.00 %
4 000 µm	0.00 g	209.00 g	0.00 %	100.00 %
5 000 µm	0.00 g	209.00 g	0.00 %	100.00 %
6 300 µm	0.00 g	209.00 g	0.00 %	100.00 %
10 000 µm	0.00 g	209.00 g	0.00 %	100.00 %
> 20 000 µm	0.00 g	209.00 g	0.00 %	100.00 %
				100.00 %



<b>Mode (µm)</b>	<b>125 µm</b>	<b>SABLES FINS</b>
D <sub>10</sub> (µm)	140 µm	
D <sub>16</sub> (µm)	151 µm	
D <sub>25</sub> (µm)	2.73 Phi	
<b>Médiane D<sub>50</sub> (µm)</b>	<b>216 µm</b>	<b>SABLES FINS</b>
D <sub>75</sub> (µm)	269 µm	
D <sub>84</sub> (µm)	293 µm	
D <sub>90</sub> (µm)	1.77 Phi	
	309 µm	
Diamètre moyen en φ	2.24 Phi	
Ecart-type en unité φ (sorting)	0.47 Phi	
Indice d'asymétrie (Skewness)	0.01	
Indice d'angulosité (Kurtosis)	0.93	
<b>Teneur en fines (diamètre &lt; 63 µm)</b>	<b>0.48 %</b>	

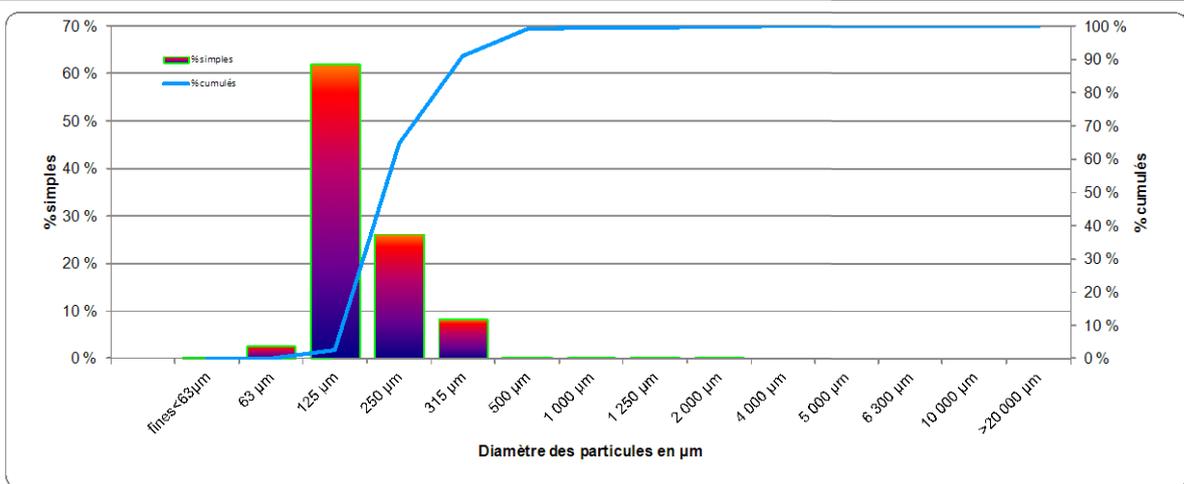
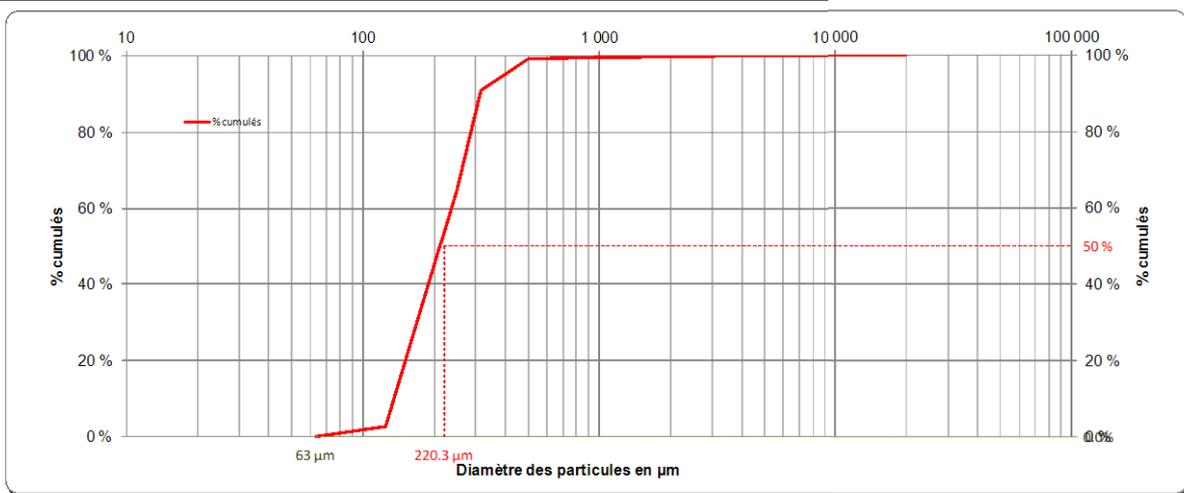


**CAMARGUE 2000- PRELEVEMENT DU 28/09/11**

 Nom de l'échantillon : HERBIER 2

Masse totale : 194.69 g

Ouverture du tamis (en $\mu\text{m}$ )	Masses simples (en g)	Masses cumulées (en g)	Fréquence simple en %	Fréquence cumulée en %
fines < 63 $\mu\text{m}$	0.09 g	0.09 g	0.05 %	0.00 %
63 $\mu\text{m}$	5.00 g	5.09 g	2.57 %	0.05 %
125 $\mu\text{m}$	121.00 g	126.09 g	62.15 %	2.61 %
250 $\mu\text{m}$	51.00 g	177.09 g	26.20 %	64.76 %
315 $\mu\text{m}$	16.00 g	193.09 g	8.22 %	90.96 %
500 $\mu\text{m}$	0.70 g	193.79 g	0.36 %	99.18 %
1 000 $\mu\text{m}$	0.20 g	193.99 g	0.10 %	99.54 %
1 250 $\mu\text{m}$	0.30 g	194.29 g	0.15 %	99.64 %
2 000 $\mu\text{m}$	0.40 g	194.69 g	0.21 %	99.79 %
4 000 $\mu\text{m}$	0.00 g	194.69 g	0.00 %	100.00 %
5 000 $\mu\text{m}$	0.00 g	194.69 g	0.00 %	100.00 %
6 300 $\mu\text{m}$	0.00 g	194.69 g	0.00 %	100.00 %
10 000 $\mu\text{m}$	0.00 g	194.69 g	0.00 %	100.00 %
> 20 000 $\mu\text{m}$	0.00 g	194.69 g	0.00 %	100.00 %
				100.00 %



<b>Mode (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>125 <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>SABLES FINS</b>
$D_{47}$ ( $\mu\text{m}$ )	140 $\mu\text{m}$	
$D_{50}$ ( $\mu\text{m}$ )	152 $\mu\text{m}$	
$D_{75}$ ( $\mu\text{m}$ )	2.72 $\Phi$	
<b>Médiane <math>D_{50}</math> (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>170 <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>SABLES FINS</b>
$D_{75}$ ( $\mu\text{m}$ )	220 $\mu\text{m}$	
$D_{84}$ ( $\mu\text{m}$ )	275 $\mu\text{m}$	
$D_{90}$ ( $\mu\text{m}$ )	298 $\mu\text{m}$	
	1.75 $\Phi$	
	313 $\mu\text{m}$	
Diamètre moyen en $\phi$	2.22 $\Phi$	
Ecart-type en unité $\phi$ (sorting)	0.49 $\Phi$	
Indice d'asymétrie (Skewness)	0.02	
Indice d'angulosité (Kurtosis)	0.97	
<b>Teneur en fines (diamètre &lt; 63 <math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>0.05 %</b>	



Poids sec (g)		Herbier 1 Beauduc		
N° réplikat	Réplikat 1	Réplikat 2	Réplikat 3	
Zostère feuilles	8	4	5	
Zostère racines et rhizomes	5	8	3	

Poids sec (g)		Herbier 2 Beauduc		
N° réplikat	Réplikat 1	Réplikat 2	Réplikat 3	
Zostère feuilles	6	/	/	
Zostère racines et rhizomes	24	/	/	

Tableau 14: Biomasse des phanérogames prélevées sur quadrats sur les stations de Beauduc

#### 4.5.5.4 SYNTHÈSE

Il peut être intéressant de comparer la vitalité des différents herbiers du point de vue de 5 paramètres bio-morphologiques :

- Densité de faisceaux ;
- Largeur moyenne des feuilles ;
- Longueur moyenne des feuilles ;
- Longueur maximale des feuilles ;
- Nombre de feuilles par pied ;
- Biomasse foliaire.

##### 4.5.5.4.1. Densité de faisceaux

La densité de faisceaux correspond au nombre de faisceaux échantillonnés par unité de surface (mètre carré). Les densités fournies pour les stations « Carteau 3 » et « Carteau 4 » correspondent aux densités cumulées des 2 espèces de magnoliophytes marines (zostères et cymodocées). Ces valeurs sur ces stations restent toutefois les plus faibles.

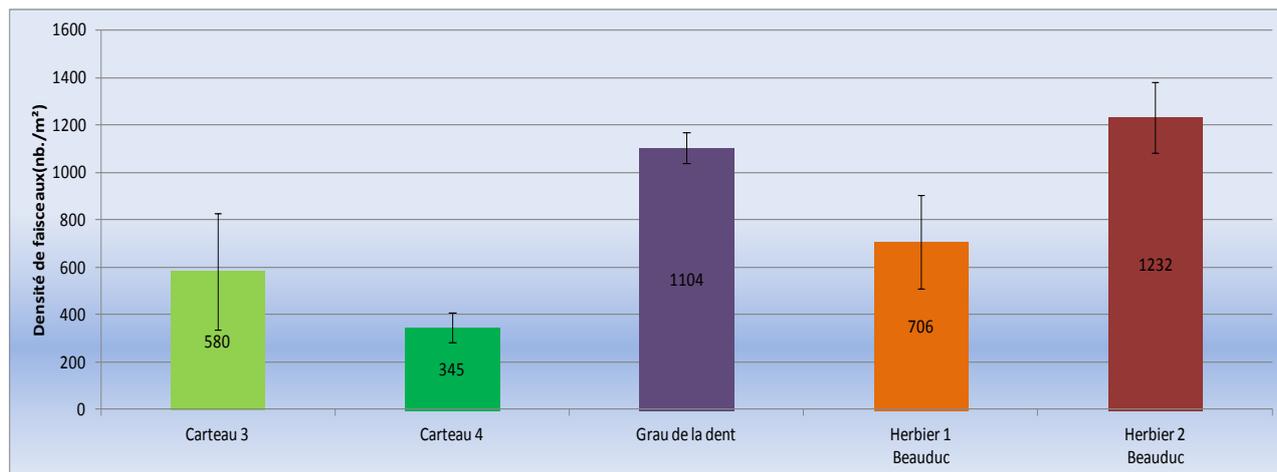


Figure 80 : Densité de faisceaux sur les 5 stations

#### 4.5.5.4.2. Largeur moyenne des feuilles

Les stations de « Carteau 3 » et « Carteau 4 » présentent les phanérogames ayant les feuilles les plus larges sur l'ensemble des stations. Les largeurs moyennes des feuilles sur les 3 autres stations sont similaires et ne présentent pas de différence significative.

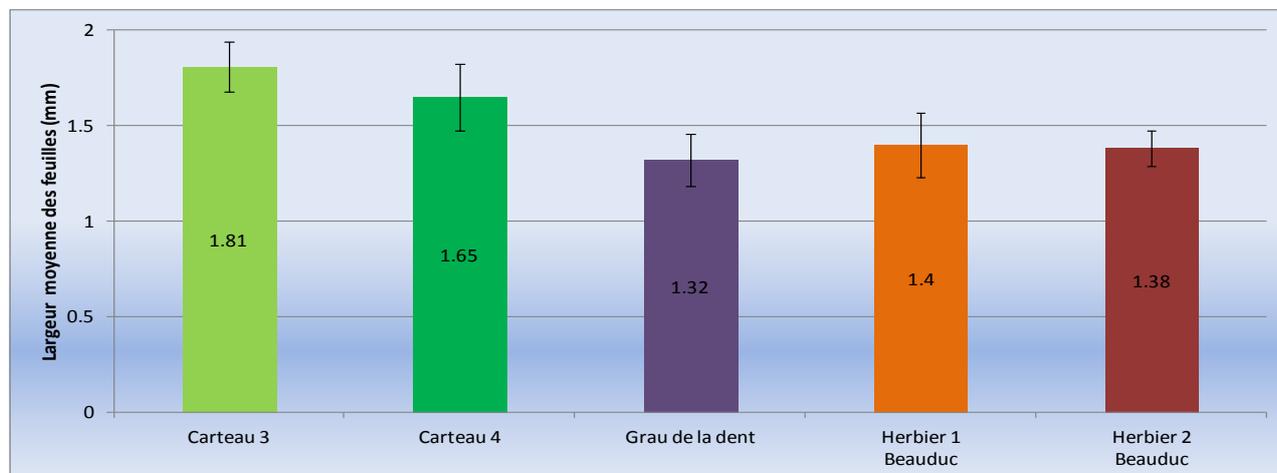


Figure 81 : Largeur moyenne des feuilles sur les 5 stations

#### 4.5.5.4.3. Longueur maximale des feuilles

Les feuilles les plus longues mesurées ont été observées sur des individus prélevés sur le site du Grau de la Dent (560 mm) tandis que celles du site de Carteau 3 ne dépassent pas 430 mm au maximum.

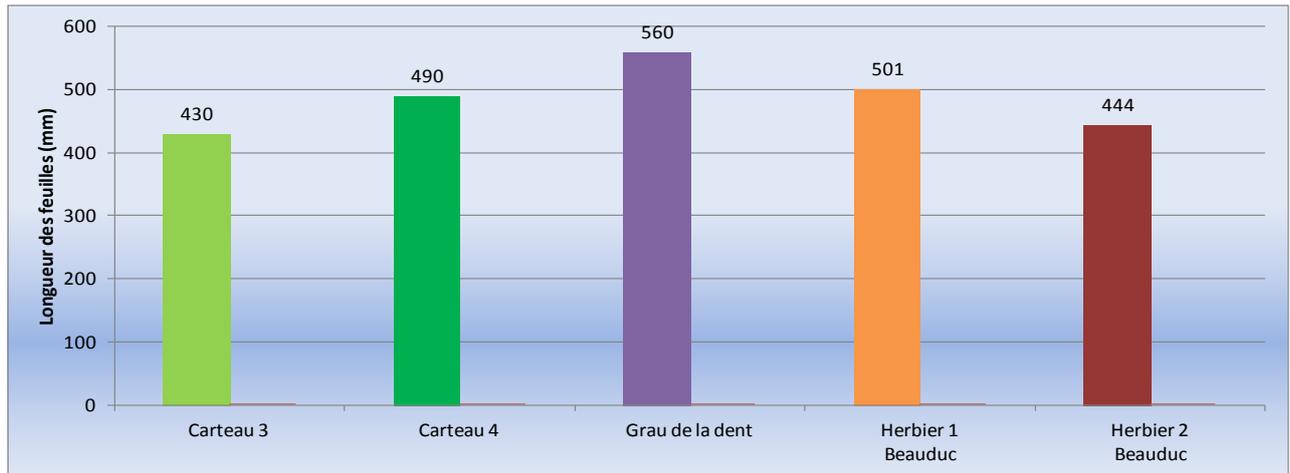


Figure 82 : Longueur maximale des feuilles sur les 5 stations

#### 4.5.5.4.4. Nombre de feuilles par pied de Zostères

Le nombre de feuilles par pied de Zostères est similaire sur les 5 stations avec de faibles de taille sur les 5 stations avec des valeurs comprises entre 3,53 et 3,86 feuilles par pied.

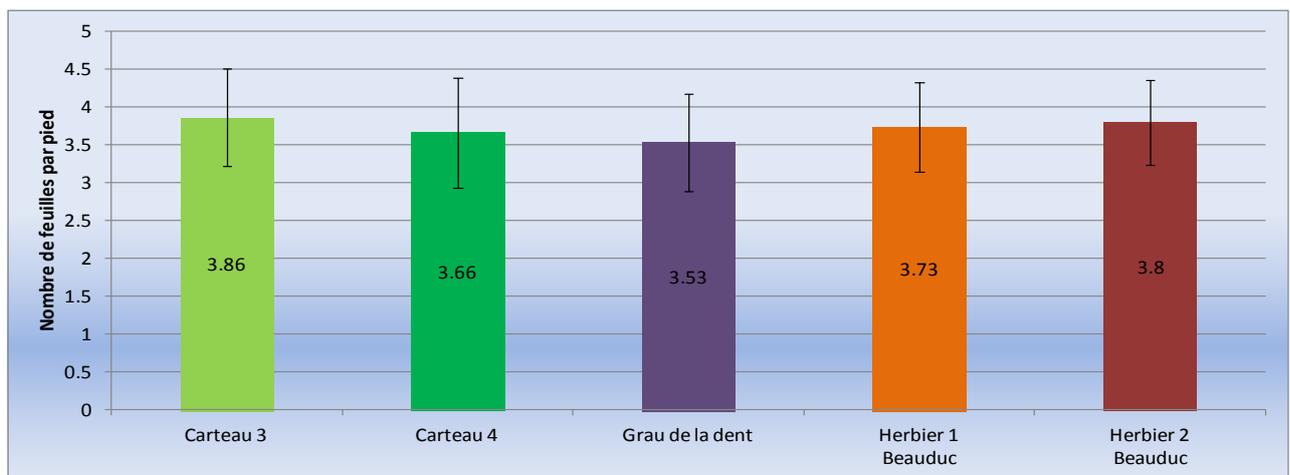


Figure 83 : Nombre de feuilles par pied sur les 5 stations

#### 4.5.5.4.5. Biomasse foliaire

La biomasse foliaire correspond à la biomasse des feuilles de zostères et de leurs épiphytes (faune et flore fixée sur les feuilles). Les individus du Grau de la Dent présente la biomasse foliaire la plus importante, tandis que celle des individus de Beauduc présentent des valeurs très faibles.

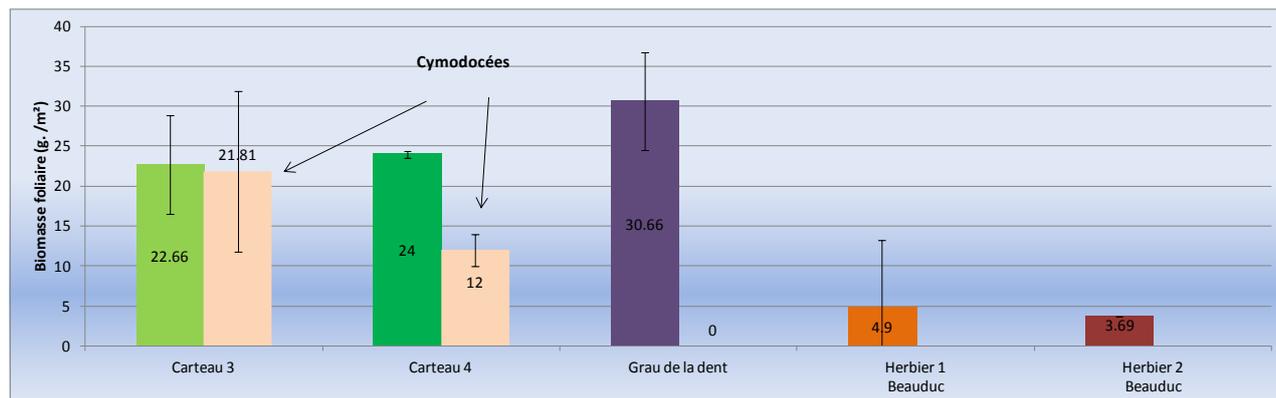


Figure 84 : Biomasse foliaire sur les 5 stations

#### 4.5.6 CONCLUSION SUR LES HERBIERS DE PHANEROGAMES MARINES

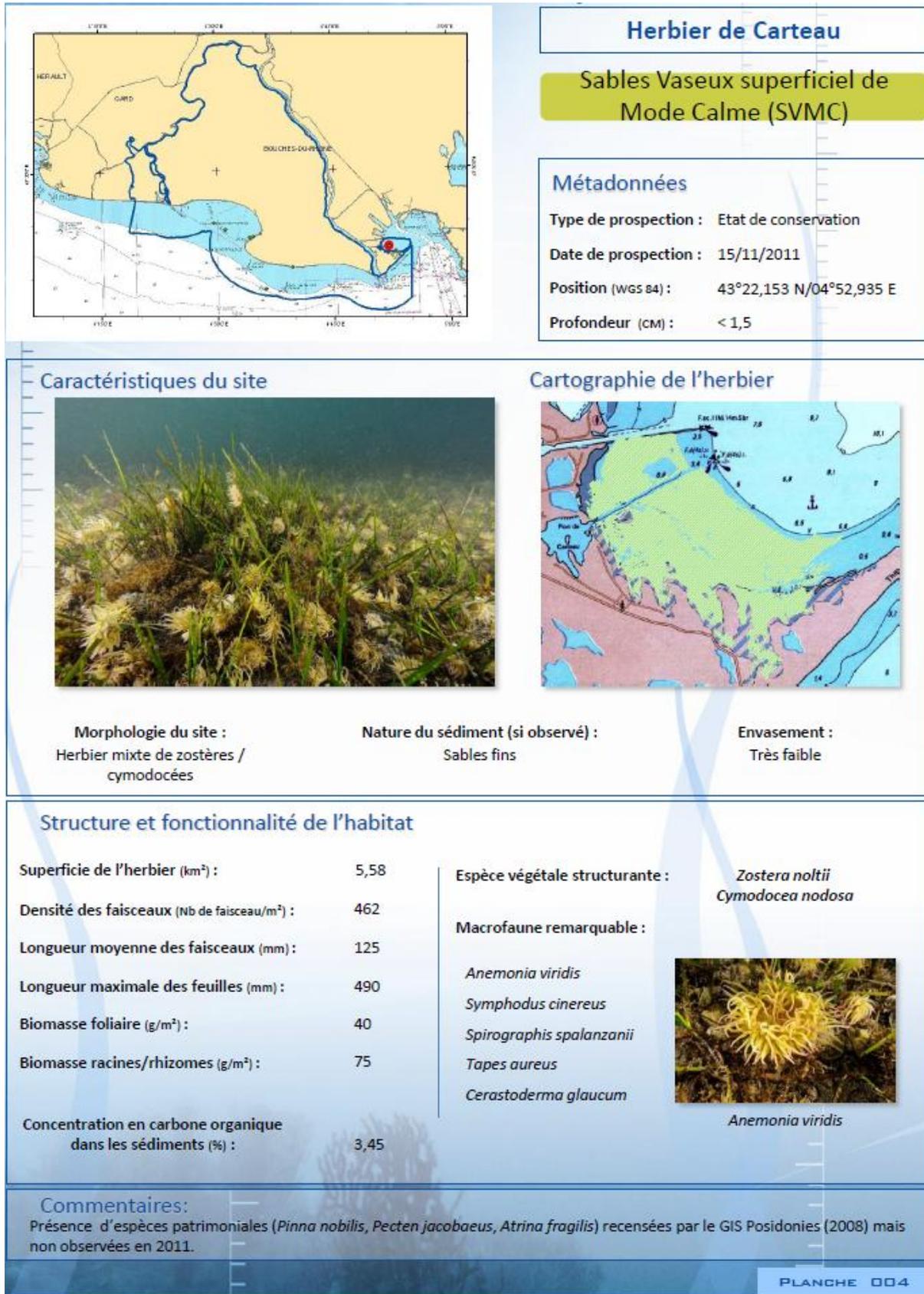
La zone d'étude de Camargue se caractérise par une surface marine de 5.62 km<sup>2</sup> d'herbiers de phanérogames marines, ce qui représente seulement 1.95 % de la surface totale de la zone.

Peuplement	Typologie Cahiers d'Habitats	Surface couverte (km <sup>2</sup> )	Surface couverte (%)
Herbiers de zostères	1150-2 1160-3 (faciès d'épiflore)	5,62 KM <sup>2</sup>	1,95 %

Tableau 15: Emprise des différents herbiers sur la zone d'étude

Enfin, afin de synthétiser sur chaque prospection sous-marine l'ensemble des informations, un atlas a été réalisé, compilant l'ensemble des données stationnelles, sur le même principe que celui des substrats meubles. Les fiches de synthèse des prospections sur les herbiers de phanérogames marines ont été jointes avec celles de substrats rocheux par souci de simplicité.

Ainsi, chaque prospection plongée fait l'objet d'une fiche de synthèse, reprenant l'ensemble des paramètres de terrain (position GPS, profondeur, date), caractéristiques du site (morphologie du site, nature du sédiment, envasement), les espèces sessiles et vagiles remarquables mais aussi des descripteurs fonctionnels (superficie de l'herbier, densité de faisceaux, biomasse foliaire, etc.) complètent la fiche de synthèse.



#### 4.6 SYNTHÈSE

En conclusion, le tableau ci-dessous résume les caractéristiques des différentes biocénoses observées sur la zone d'étude.

Biocénose	Typologie Cahiers d'Habitats (Habitat élémentaire)	Surface couverte (km <sup>2</sup> )	Surface couverte (%)
Sables Fins de Haut Niveau (SFHN)	1110-5	20 KM <sup>2</sup>	5 %
Sables Fins Bien Calibrés (SFBC)	1110-6	193 KM <sup>2</sup>	45 %
Sables Vaseux et vases lagunaires et estuariens	1130-2	4 KM <sup>2</sup>	1 %
Sables médiolittoraux (SM)	1140-9	11 KM <sup>2</sup>	3 %
Lagune euryhaline et eurytherme (LEE) *	1150-2	10 KM <sup>2</sup>	2 %
Sables vaseux superficiels de mode calme (SVMC)	1160-3	4 KM <sup>2</sup>	1 %
Vases Terrigènes Côtiers (VTC)	Pas de correspondance	163 KM <sup>2</sup>	38 %
Détritique Côtier (DC)	Pas de correspondance	21 KM <sup>2</sup>	5 %
Récifs artificiels (hors épaves)	Pas de correspondance	0.0014 KM <sup>2</sup>	<0.01 %

Tableau 16 : Emprise des différentes biocénoses sur la zone d'étude

La Lagune de l'Anse de Carteau est considéré comme un habitat d'intérêt communautaire **prioritaire** (Habitat 1150-2\*, Lagunes méditerranéennes).

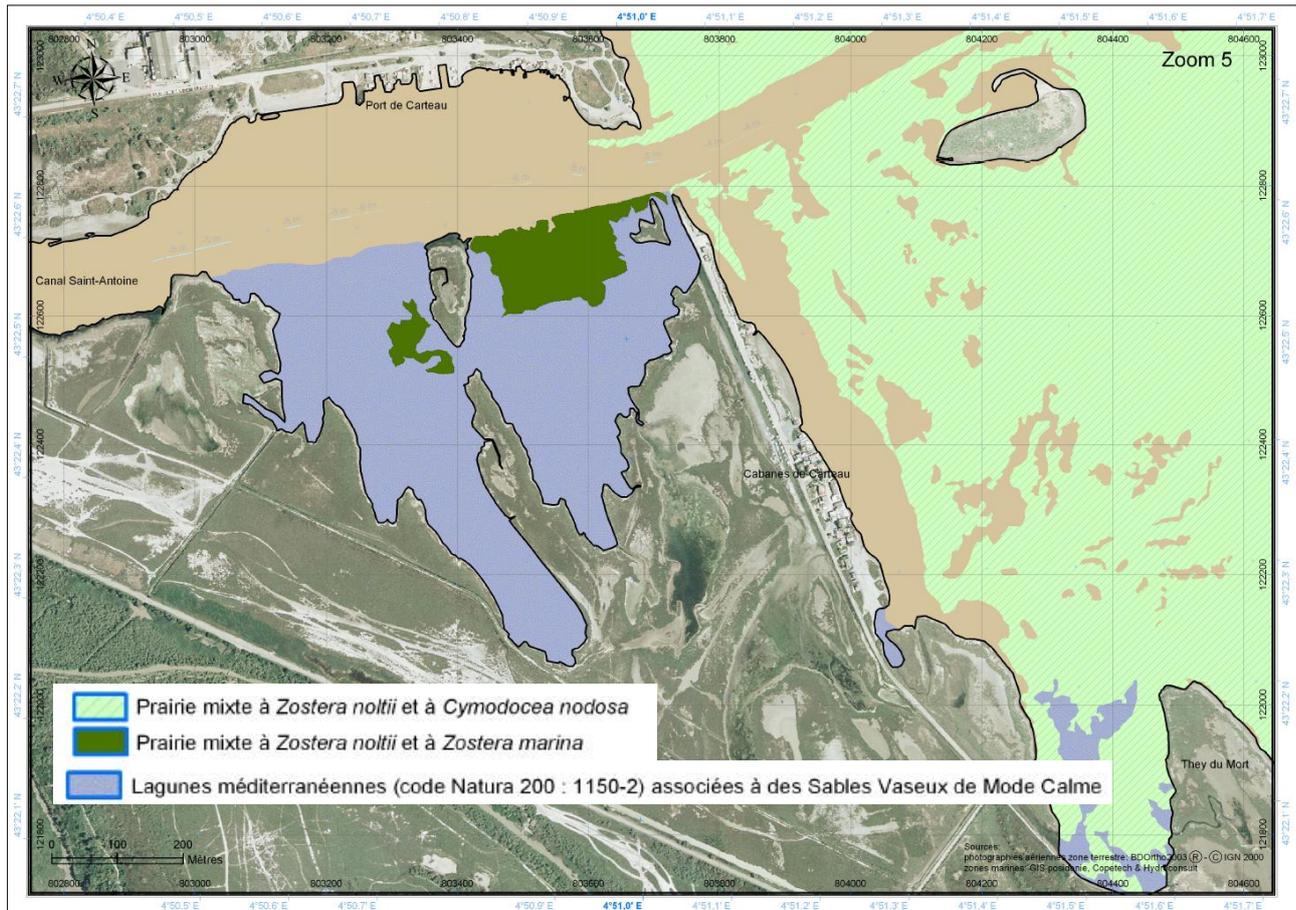


Figure 86 : Cartographie des biocénoses du fond du Golfe de Fos (Ruitton *et al.*, 2008)

Les auteurs (Ruitton *et al.*, 2008) précise que cette biocénose, se développant lorsque les conditions de salinité et de température sont très variables, est présente dans le Golfe de Fos en association avec l'habitat 1160-3 « Sables Vaseux de Mode Calme ».

D'autre part, la zone d'étude se caractérise donc par cinq habitats d'intérêt communautaire, dont la superficie représente environ 49% de la superficie totale de la zone d'étude:

- Les Sables Médiolittoraux (SM), Code Natura 2000 : 1140-9;
- Les Sables Fins de Haut Niveau (SFHN), Code Natura 2000 : 1110-5;
- Les Sables Fins Bien Calibrés (SFBC), Code Natura 2000 : 1110-6;
- Les Sables Vaseux de Mode Calme (SVMC), Code Natura 2000 : 1160-3;

A cela, il faut ajouter deux habitats non communautaires mais décrits dans la liste de référence française des biocénoses benthiques de Méditerranée (en marron sur la carte) :

- Les Vases Terrigènes Côtiers (VTC), Code CAR/ASP : IV.1.1 ;
- Le Détritique Côtier (DC), Code CAR/ASP : IV.2.2 ;

De plus, il apparaît important de considérer que la séparation entre deux habitats n'est pas toujours nette et les prélèvements et campagnes réalisés ont montré en certains endroits, une mosaïque de deux voire trois habitats. Nous avons donc qualifiés ces zones d'«habitats de transition sablo-vaseuse» (en orange sur la carte).

Enfin, les structures artificielles (récifs artificiels et épaves) peuvent servir de supports à de nombreuses biocénoses particulières, absentes du reste de la zone d'étude. Il nous apparaît donc intéressant de les représenter sous forme ponctuelle puisque leur cartographie n'est pas réalisable au vu de leur très faible emprise au sol.

***Planche 15 : Cartographie des statuts des habitats***

La synthèse de l'ensemble des informations cartographiques sur la zone d'étude est représentée sur les planches suivantes :

***Planche 16 : Cartographie des habitats selon la typologie EUR 25***

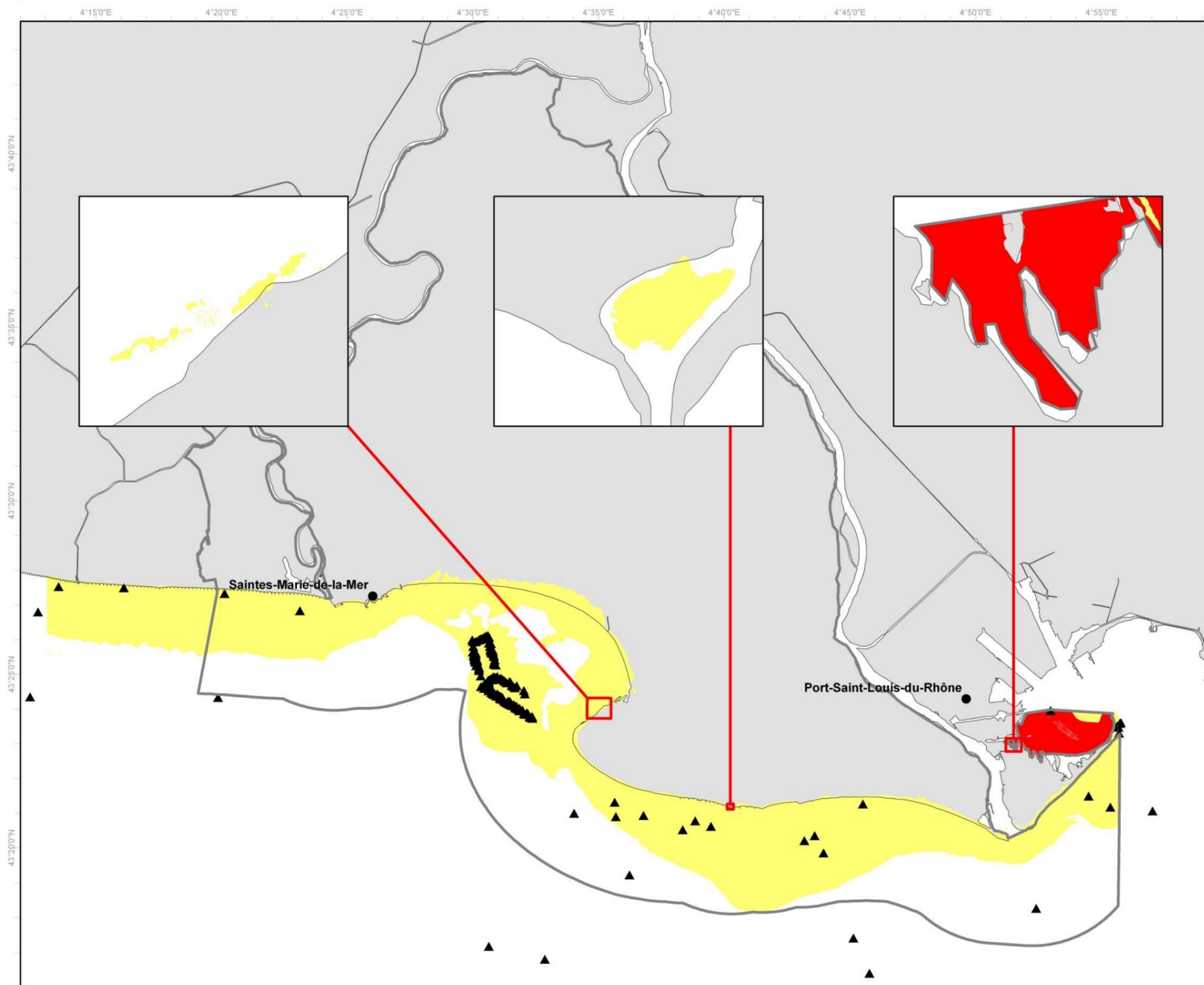
***Planche 17 : Cartographie des habitats selon la typologie Cahiers d'Habitats 2004***





INVENTAIRES BIOLOGIQUES ET ANALYSE ECOLOGIQUE DES HABITATS MARINS PATRIMONIAUX 2010-2012

**CARTOGRAPHIE DES STATUTS D'HABITATS  
 SITE FR9301592 - CAMARGUE**



- Habitat d'intérêt prioritaire
- Habitats d'intérêt communautaire
- Autres habitats (structures artificielles)
- Site Natura 2000

sources des données :  
 - Programme CARTHAM, contrat AAMP - IN VIVO, 2012  
 - AAMP, 2010 (site Natura 2000)  
 - SHOM/IGN, (trait de côte Histolitt v1)  
 - EuroGeographics, 2006 (Pays)  
 - Programme CARTHAM, contrat AAMP- ANDROMEDE OCEANOLOGY, 2012  
 - GIS POSIDONIE - Copetech-SM-HydroConsult, 2008 (Etude et cartographie des biocénoses marines remarquables du Golfe de Fos)  
 - PNR, 2011 (Cartographie des herbiers de zostères)  
 - Semantic, 2008 (Cartographie des fonds marins du golfe de Beauduc et plongées d'interprétations)

0 4 milles nautiques

0 8 km



système de coordonnées :  
 Lambert 93 / RGF Lambert 93 / IAG GRS 1980

MED\_N2000\_DHFF\_FR9301592\_HabitatInteretCommPrioritaire\_EUR27\_A3pa\_20121109

réalisation :  
 IN VIVO marché natura 2000 - Novembre 2012

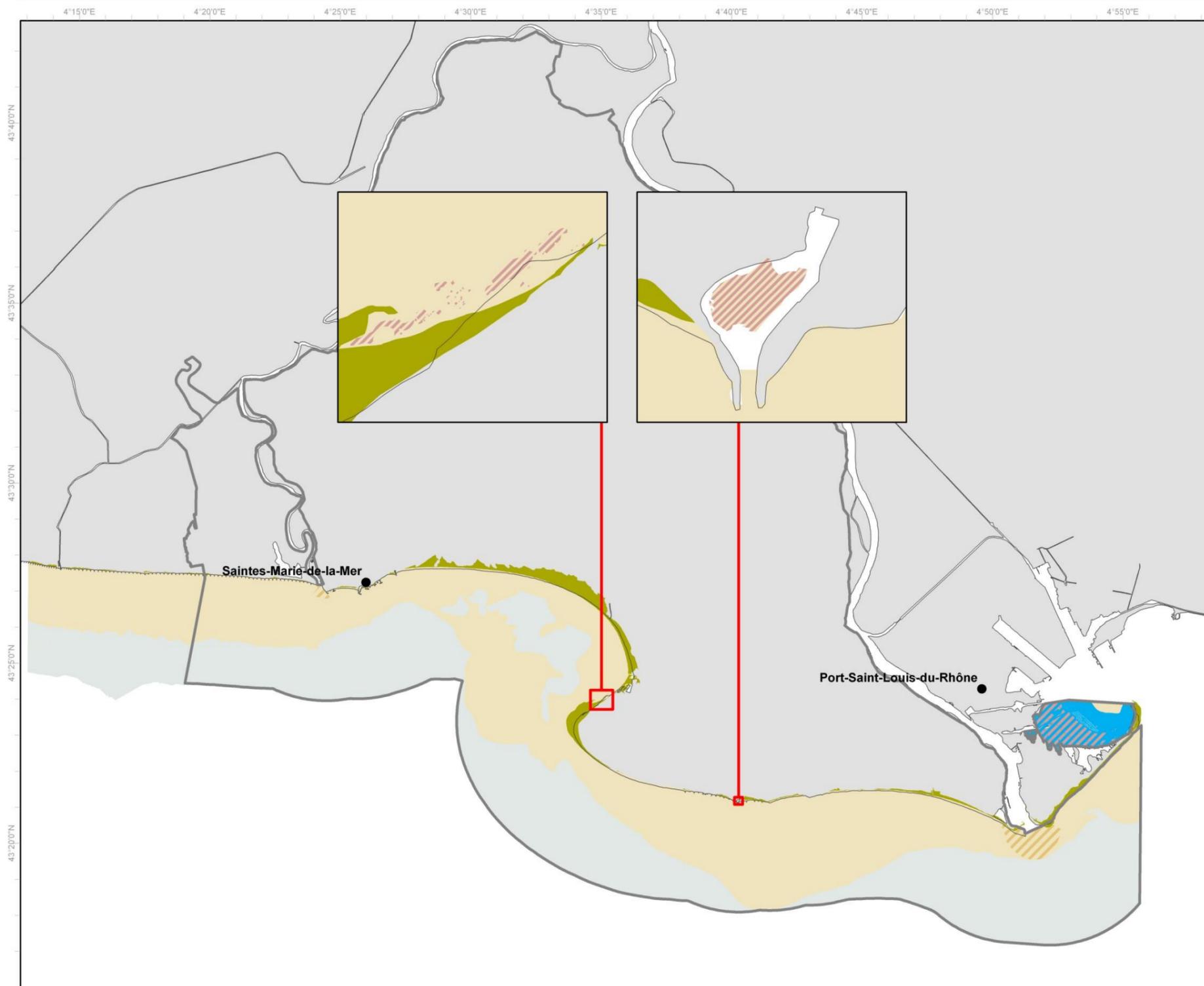




INVENTAIRES BIOLOGIQUES ET ANALYSE ECOLOGIQUE DES HABITATS MARINS PATRIMONIAUX 2010-2012



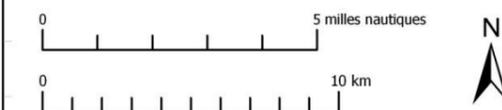
**CARTOGRAPHIE DES HABITATS GÉNÉRIQUES  
 SITE FR9301592 - CAMARGUE**



**HABITAT D'INTERET COMMUNAUTAIRE (EUR27)**

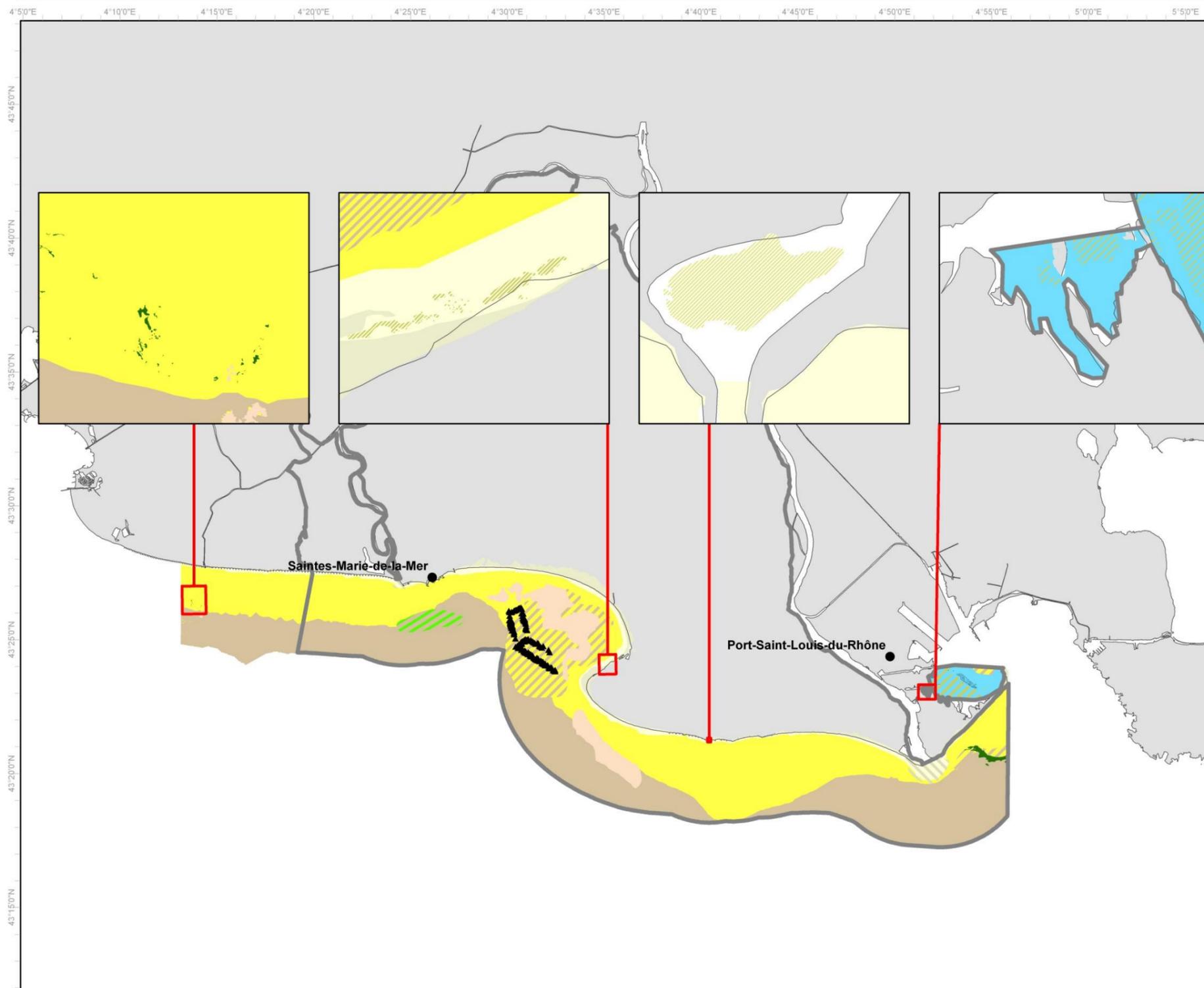
- 1110 : Bancs de sable à faible couverture permanente d'eau marine
- 1140 : Replats boueux ou sableux exondés à marée basse
- 1130 : Estuaires
- 1150 : Lagunes côtières
- 1160 : Grandes criques et baies peu profondes
- Habitats non communautaires
- Site Natura 2000

sources des données :  
 - Programme CARTHAM, contrat AAMP - IN VIVO, 2012  
 - AAMP, 2010 (site Natura 2000)  
 - SHOM/IGN, (trait de côte Histolitt v1)  
 - EuroGeographics, 2006 (Pays)  
 - Programme CARTHAM, contrat AAMP- ANDROMEDE OCEANOLOGY, 2012  
 - GIS POSIDONIE - Copetech-SM-HydroConsult, 2008 (Etude et cartographie des biocénoses marines remarquables du Golfe de Fos)



système de coordonnées :  
 Lambert 93 / RGF Lambert 93 / IAG GRS 1980  
 MED\_N2000\_DHFF\_FR9301592\_HabitatGenerique\_EUR27\_A3pa\_20121109  
 réalisation :  
 IN VIVO marché natura 2000 - Novembre 2012

**INVENTAIRES BIOLOGIQUES ET ANALYSE ECOLOGIQUE DES HABITATS MARINS PATRIMONIAUX 2010-2012**  
**CARTOGRAPHIE DES HABITATS ELEMENTAIRES**  
**SITE FR9301592 - CAMARGUE**



- HABITAT D'INTERET COMMUNAUTAIRE**  
(Cahier d'habitats 2004)
- 1110-5 : Sables fins de haut niveau (Méditerranée)
  - 1110-6 : Sables fins bien calibrés (Méditerranée)
  - 1130-2 : Sables vaseux et vases lagunaires et estuariennes (Méditerranée)
  - 1140-9 : Sables médiolittoraux (Méditerranée)
  - 1150-2 : Lagunes méditerranéennes
  - 1160-3 : Sables vaseux de mode calme (Méditerranée) - Faciès d'épiflore à zostères et/ou Cymodocées
  - 1170-13 : Roche infralittoral à algues photophiles (structures artificielles)
- CODE CAR/ASP**
- IV.1.1. : Biocénose des Vases Terrigènes Côtiers (VTC)
  - IV.2.2. : Biocénose du Détritique Côtier (DC)
  - Zone de transition sablo-vaseuse
- Autres habitats**
- Structures artificielles
  - Vase indurée/Substrat envasé (galets de Crau wurmien de Miramas et cailloutis envasés)
  - Zone de lauzes
  - Site Natura 2000
- 0 4 km  
0 2 milles nautiques

sources des données :  
 - Programme CARTHAM, contrat AAMP - IN VIVO, 2012  
 - AAMP, 2010 (site Natura 2000)  
 - SHOM/IGN, (trait de côte Histolitt v1)  
 - EuroGeographics, 2006 (Pays)  
 - Programme CARTHAM, contrat AAMP- ANDROMEDE OCEANOLOGY, 2012  
 - GIS POSIDONIE - Copetech-SM-HydroConsult, 2008 (Etude et cartographie des biocénoses marines remarquables du Golfe de Fos)



## **PARTIE 4 : EVALUATION DE L'ETAT DE CONSERVATION**

# 1 ÉTAT DE CONSERVATION DES PEUPEMENTS DE SUBSTRATS MEUBLES

## 1.1 METHODOLOGIE

La caractérisation de l'état de santé d'un peuplement s'est faite à partir de :

- Différents indices écologiques (Richesse spécifique, Densité, Equitabilité, Indice de Shannon, etc.)
- Des indices AMBI et BENTIX ;
- D'un indicateur de perturbations physiques (proposition) ;
- D'espèces dites « sentinelles ».

### 1.1.1 INDICES DE DIVERSITE

#### 1.1.1.1 INDICE DE SHANNON

Tout en constituant un élément essentiel de la description de la structure d'un peuplement, la richesse spécifique ne suffit pas toujours à la caractériser de manière optimale. En effet, l'abondance relative des espèces intervient aussi car seule une faible proportion des espèces est réellement abondante en termes de densité, de biomasse, de productivité ou de tout autre critère de leur importance relative.

À l'opposé, la fraction largement majoritaire est constituée d'espèces peu communes, rares voire très rares. Tandis que les espèces dominantes jouent un rôle majeur dans le fonctionnement de l'écosystème en contrôlant le flux d'énergie, les nombreuses espèces rares conditionnent la diversité du peuplement.

Il s'avère nécessaire de combiner l'abondance relative des espèces et la richesse spécifique totale afin d'obtenir une expression mathématique de l'indice général de diversité. De nombreux indices de ce type ont été proposés qui dérivent de la « théorie de l'information ». Parmi ces indices, nous avons utilisé celui de Shannon-Weaver dont la formule est la suivante :

$$H' = - \sum p_i \text{Log}_2 p_i$$

où  $p_i = n_i/N$  et représente la probabilité de rencontre de l'espèce de rang  $i$ . (RAMADE, 1987)

Bien que l'indice de Shannon varie directement en fonction du nombre d'espèces, les espèces rares pèsent beaucoup moins que les plus communes (RAMADE, 1987). De plus, l'indice de Shannon convient bien à

l'étude comparative de peuplements parce qu'il est relativement indépendant de la taille de l'échantillon.

#### 1.1.1.2 INDICE D'EQUITABILITE

L'équitabilité varie entre 0 et 1. Elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce du peuplement et tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus.

La formule de l'équitabilité est la suivante :

$$E' = H' / \text{Log}_2 S$$

où  $S$  représente la richesse spécifique

Il est considéré que l'équitabilité du peuplement d'un milieu non-perturbé tend vers 1. Lorsque l'indice devient inférieur à la valeur seuil de 0,8 alors le peuplement est considéré comme non équilibré, une espèce plus résistante que les autres devient alors largement prédominante.

### 1.1.2 INDICES BASES SUR LES GROUPES ECOLOGIQUES

L'évaluation de la qualité environnementale d'un milieu peut également, et de manière complémentaire, être approchée par une analyse et une reconnaissance des groupes écologiques. Ces derniers sont composés d'espèces de polluo-sensibilité différente. Ces groupes sont considérés comme des indicateurs biologiques face à l'excès de matière organique et au déficit d'oxygène résultant de sa dégradation.

#### 1.1.2.1 L'INDICE BIOTIQUE POUR LA MACROFAUNE BENTHIQUE : L'AMBI

Les indices biotiques pour la macrofaune benthique ont été développés dans le cadre du contrôle de surveillance des eaux de transition pour la Directive Cadre sur l'Eau (Agence de l'Eau & Ifremer). L'indice AMBI repose sur les proportions d'abondance que représentent les 5 groupes écologiques correspondant au classement des espèces en fonction de leur sensibilité/tolérance face à un gradient de stress environnemental (par exemple une pollution ou une modification du milieu). L'indice calculé permet de qualifier le milieu de 0 (milieu normal, aucune pollution) à 7 (milieu azoïque, très forte pollution).

Calcul de l'AZTI Marine Biotic Index (AMBI) (Borja *et al.*, 2000) :

$$AMBI = \{(0 \times \%GI) + (1.5 \times \%GII) + (3 \times \%GIII) + (4.5 \times \%GIV) + (6 \times \%GV)\} / 100$$

Avec : %GI : abondance relative des espèces sensibles aux perturbations

%GII : abondance relative des espèces indifférentes aux perturbations

%GIII : abondance relative des espèces tolérantes aux perturbations

%GIV : abondance relative des espèces opportunistes de second ordre

%GV : abondance relative des espèces opportunistes de premier ordre

L'AMBI a été soumis à de multiples tests pour vérifier sa validité (Borja *et al.*, 2004) et possède l'avantage d'avoir été comparé à ceux fournis par d'autres analyses univariées (diversité, richesse spécifique) ou multivariées pour prouver sa robustesse et son pouvoir discriminant. D'autre part, il a été validé par une série de tests basés sur des composants chimiques (Borja *et al.*, 2000) en identifiant et caractérisant des gradients spatiaux et temporels.

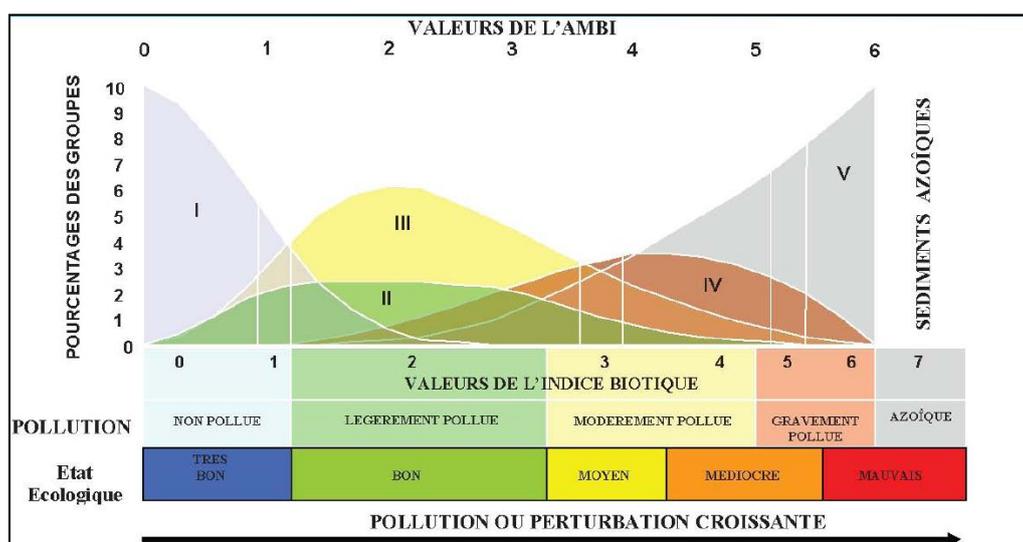


Figure 87 : base écologique de l'indice AMBI (Borja *et al.*, 2000)

L'indice AMBI permet la classification de la qualité écologique des eaux littorales par l'analyse des composantes biotiques du milieu (peuplements benthiques). En effet, une corrélation avec les Etats Ecologiques définis par la Directive Cadre Eau a été proposée par Borja (2004).

	<i>Etat Ecologique</i>	<i>AMBI</i>	<i>Classification de la pollution</i>
	Mauvais	$5,5 < \text{AMBI} \leq 7$	Azoïque
	Médiocre	$4,3 < \text{AMBI} \leq 5,5$	Gravement pollué
	Moyen	$3,3 < \text{AMBI} \leq 4,3$	Modérément pollué
	Bon	$1,2 < \text{AMBI} \leq 3,3$	Légèrement pollué, état transitoire
	Très bon	$0 < \text{AMBI} \leq 1,2$	Normal

Tableau 17: Equivalence entre les valeurs de l'AMBI et les différents états écologiques de la DCE (Borja et al., 2004)

Le M-AMBI a été mis au point par l'équipe de l'AZTI pour permettre de compléter les résultats obtenus par l'AMBI. Le calcul du M-AMBI est basé sur une analyse factorielle de l'AMBI, de la richesse spécifique et de l'indice de diversité H' (indice de Shannon-Wiener) (Muxika *et al.*, 2007). Il permet donc de prendre en compte ces 3 facteurs à la fois. L'AMBI met en évidence les perturbations de type organique en s'appuyant sur l'analyse des espèces présentes et leur polluo-sensibilité. Le calcul du M-AMBI est donc basé sur les résultats obtenus avec l'AMBI pondéré par l'indice de Shannon (H') et la richesse spécifique (S).

EcoQ	H'	AMBI	M-AMBI
Très bon	$H' > 4$	$\text{AMBI} \leq 1,2$	$\text{M-AMBI} > 0,85$
Bon	$3 < H' \leq 4$	$1,2 < \text{AMBI} \leq 3,3$	$0,55 < \text{M-AMBI} \leq 0,85$
Moyen	$2 < H' \leq 3$	$3,3 < \text{AMBI} \leq 4,3$	$0,4 < \text{M-AMBI} \leq 0,55$
Pauvre	$1 < H' \leq 2$	$4,3 < \text{AMBI} \leq 5,5$	$0,2 < \text{M-AMBI} \leq 0,4$
Mauvais	$H' \leq 1$	$5,5 < \text{AMBI} \leq 7$	$\text{M-AMBI} \leq 0,2$

Tableau 18 : Synthèse des valeurs de l'EcoQ pour l'indice de Shannon, de l'AMBI et du M-AMBI (Molvaer et al., 1997; Muxika et al., 2007, Borja et al., 2003)

### 1.1.2.2 LE BENTIX

Afin de mieux correspondre aux 5 états de la Directive Cadre Eau, Simboura et Zenetos (2002) ont proposé une nouvelle adaptation de l'AMBI en se basant uniquement sur 2 grands ensembles : les espèces sensibles (regroupant les espèces sensibles et indifférentes des groupes écologiques I et II) et les espèces tolérantes (regroupant les espèces tolérantes et opportunistes de premier et second ordre des groupes écologiques III, IV et V). L'indice est basé sur une formule où les pourcentages des différents groupes sont pondérés par leur niveau de réponse à une perturbation.

$$\text{BENTIX} = \{6 \times \% \text{GI} + 2 \times (\% \text{GII} + \% \text{GIII})\} / 100$$

Avec : %GI : abondance relative des groupes trophiques I et II

%GII : abondance relative du groupe trophique III

%GIII : abondance relative des groupes trophiques IV et V

	Etat Ecologique	BENTIX		Classification de la pollution
		Cas général	Milieu vaseux	
	Mauvais	0	0	Azoïque
	Médiocre	$2,0 \leq \text{BENTIX} \leq 2,5$	$2,0 \leq \text{BENTIX} \leq 2,5$	Gravement pollué
	Moyen	$2,5 \leq \text{BENTIX} \leq 3,5$	$2,5 \leq \text{BENTIX} \leq 3,0$	Modérément pollué
	Bon	$3,5 \leq \text{BENTIX} \leq 4,5$	$3,0 \leq \text{BENTIX} \leq 4,0$	Légèrement pollué, état transitoire
	Très bon	$4,5 \leq \text{BENTIX} \leq 6,0$	$4,0 \leq \text{BENTIX} \leq 6,0$	Normal

Tableau 19: Equivalence entre les valeurs du BENTIX et les différents états écologiques de la DCE (Borja et al., 2004)

Le BENTIX peut donc prendre des valeurs continues entre 2 et 6 (ainsi que 0 lorsque le sédiment est azoïque). L'échelle se retrouve inversée par rapport à l'AMBI. Calqué sur l'AMBI, une échelle de correspondance entre les valeurs de l'indice et les états écologiques définis par la DCE a été établie. Du point de vue écologique, le sens de ces 2 indices est le même.

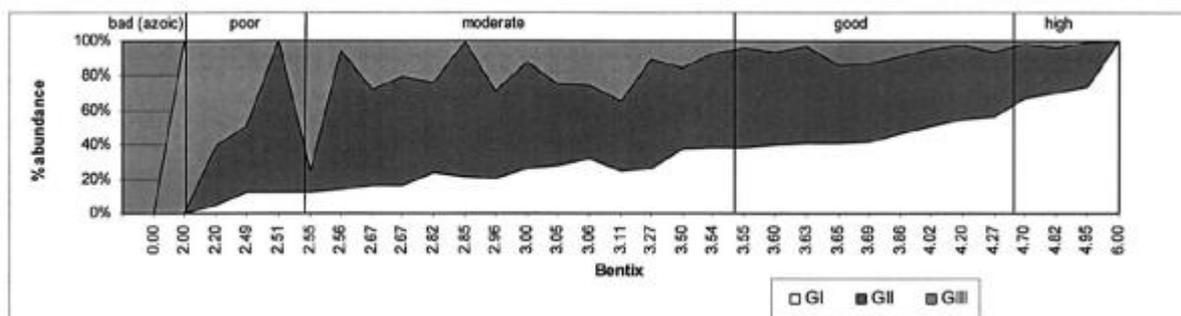


Figure 88 : Modèle de dégradation de l'état de santé des communautés benthiques

L'utilisation de ces indices basés sur les groupes écologiques permet donc la classification de la qualité écologique des eaux littorales par l'analyse des composantes biotiques du milieu (peuplements benthiques). Ils peuvent s'avérer intéressants dans le cadre d'un suivi bio-sédimentaire. La modification des peuplements peut alors être classifiée en prenant en compte les caractéristiques propres aux espèces considérées (tolérances, etc.). Il faut toutefois insister sur le fait que ces deux indices mesurent uniquement des états liés à des pollution d'origine organique. Le BENTIX paraît mieux adapté à la Méditerranée du fait qu'il a été bâti à partir d'espèces « caractéristiques », « indicatrices » ou « sentinelles » locales.

### 1.1.3 ESPECES « SENTINELLES »

Une espèce « sentinelle » est une espèce dont la sensibilité peut servir d'indicateur précoce des changements ou de perturbations de l'environnement d'un écosystème. Ces perturbations peuvent être d'ordre chimique, organique, physique, etc.

Ces espèces peuvent tout aussi bien être caractéristiques d'une biocénose particulière. Plus généralement, elles sont représentatives de conditions plus ou moins strictes de conditions particulières du milieu : teneur en fractions granulométriques particulières du sédiment, teneur en matière organique, nature et force de l'hydrodynamisme, lumière, etc.

On retrouve ainsi une série d'espèces réputées « indicatrices de la teneur en matière organique », espèces non strictement liées aux aires polluées, mais qui leur sont le plus souvent associées en fonction de leurs exigences écologiques ou plus simplement parce qu'elles sont capables d'occuper des places abandonnées par d'autres espèces.

À un degré moindre de la perturbation, on retrouve un autre groupe (fonctionnel) d'espèces présente dans des aires soumises à des perturbations anthropiques. C'est dans ce type de milieu qu'on les rencontre le plus fréquemment, mais aussi dans des secteurs perturbés, instables ayant pour origine des modifications fréquentes des caractéristiques physiques du milieu (l'hydrodynamisme étant le plus fréquent). Ces espèces ont cependant comme point commun (apparent) d'avoir une large valence écologique, de n'être pas inféodées strictement à un facteur particulier. On peut le plus souvent les ranger parmi les LRE (Large répartition Ecologique). Ces espèces se regroupent comme il a été dit dans des secteurs « perturbés ». Elles ont été bien mises en évidence dans ce qu'avait décrit Bellan comme la « zone subnormale » (Bellan, Bourcier, 1984 ; Bellan, Bourcier, 1990 ; Bellan, Salen-Picard 1999, Arnoux, Casserley, 1999), dans le cadre de suivi de l'émissaire d'eaux usées de Cortiou à Marseille. Elles peuvent alors dominer quantitativement l'ensemble du peuplement concourant à sa monotonisation et aussi au fait qu'il y a un brouillage du peuplement par la présence anormale en « accidentelles » de caractéristiques de biocénoses.

Ainsi l'analyse par notre référent scientifique et sa connaissance écologique des espèces de substrats meubles permet d'identifier ces espèces sentinelles « opportunistes » et de localiser leur plus forte proportion.

## 1.1.4 ESPECES BENTHIQUES SENSIBLES/ OPPORTUNISTES AUX PERTURBATIONS PHYSIQUES

### 1.1.4.1 INTRODUCTION

Les indices précédemment cités sont sensibles aux perturbations d'ordre physico-chimique et notamment l'enrichissement en matière organique et l'envasement. La sensibilité des peuplements biologiques peuvent s'évaluer d'un autre point de vue : les perturbations physiques relatives aux engins de pêche : dragues à moules, dragues à coquilles, chaluts de fond, etc.



Figure 89 : Pêche à la drague (gauche) et au chalut de fond (droite) (Ifremer)

L'évaluation de la sensibilité aux perturbations a été étudiée très tardivement et les premiers travaux remontent à 1996 (Mac Donald *et al.*, 1996) qui s'est intéressé plus particulièrement aux classements des espèces benthiques en fonction de leur sensibilité. Ce travail a été élargi par la suite par Hiscock (1999) avec la définition de sensibilité et de résilience (« *recovery* »).

Le travail présent se base sur l'étude synthétique de Thyler-Walters *et al.* (2009). Selon les auteurs, la sensibilité d'une communauté dépend aussi des espèces qui la composent. Tandis que toutes les espèces jouent un rôle dans la détermination de la sensibilité globale de la communauté, indépendamment de leur abondance, il est nécessaire de choisir un pool d'espèces « indicatrices » de la sensibilité du biotope pour développer une évaluation pratique de sensibilité. Cet article propose une liste des espèces indicatrices (sensibles ou non la perturbation physique des engins traînants) et identifie ainsi la sensibilité des communautés sédimentaires à la pêche. Ainsi, une liste de 128 espèces a été définie avec des niveaux de sensibilité variable aux perturbations physiques provoquées par les engins de pêche.

Common name	Species name	Sensitivity
<b>Flora</b>		
Maerl	<i>Lithothamnion corallioides</i>	Very high
Maerl	<i>Lithothamnion glaciale</i>	Very high
Maerl	<i>Phymatolithon calcareum</i>	Very high
<b>Epifauna</b>		
Native oyster	<i>Ostrea edulis</i>	Very high
Fan mussel	<i>Atrina fragilis</i>	High
Tall sea pen	<i>Funiculina quadrangularis</i>	High
Gaping file shell	<i>Limaria hians</i>	High
Horse mussel	<i>Modiolus modiolus</i>	High
European spiny lobster	<i>Palinurus elephas</i>	High
Common whelk	<i>Buccinum undatum</i>	Moderate
Pink sea fan	<i>Eunicella verrucosa</i>	Moderate
Hornwrack	<i>Plaustra foliacea</i>	Moderate
Ross	<i>Pentapora fascialis</i>	Moderate
Dahlia anemone	<i>Urticina felina</i>	Moderate
Slender sea pen	<i>Virgularia mirabilis</i>	Moderate
An erect bryozoan	<i>Alcyonidium diaphanum</i>	Low
Dead man's fingers	<i>Alcyonium digitatum</i>	Low
Rosy feather-star	<i>Aniedon bifida</i>	Low
Common pelican's foot	<i>Aporrhais pespelecani</i>	Low
A heart urchin	<i>Brisopsis lyrifera</i>	Low
An erect bryozoan	<i>Bugula turbinata</i>	Low
Edible crab	<i>Cancer pagurus</i>	Low
Devonshire cup coral	<i>Caryophyllia smithii</i>	Low
Common cockle	<i>Cerastoderma edule</i>	Low
Light bulb sea squirt	<i>Clavelina lepadiformis</i>	Low
Edible sea urchin	<i>Echinus esculentus</i>	Low
Bloody Henry starfish	<i>Henricia oculata</i>	Low
Great scallop	<i>Pecten maximus</i>	Low
Plumose anemone	<i>Metridium senile</i>	Low
Common mussel	<i>Mytilus edulis</i>	Low
Common brittlestar	<i>Ophiotrix fragilis</i>	Low
Honeycomb worm	<i>Sabellaria alveolata</i>	Low
A tubeworm	<i>Serpula vermicularis</i>	Low
A sea squirt	<i>Ascidella scabra</i>	Very low
An acorn barnacle	<i>Balanus crenatus</i>	Very low
A sea squirt	<i>Ciona intestinalis</i>	Very low
A shrimp	<i>Crangon almanni</i>	Very low
Brown shrimp	<i>Crangon crangon</i>	Very low
Slipper limpet	<i>Crepidula fornicata</i>	Very low
Bowerbank's halichondria	<i>Halichondria bowerbanki</i>	Very low
Breadcrumb sponge	<i>Halichondria panicea</i>	Very low
Harbour crab	<i>Liocarcinus depurator</i>	Very low
Sea beard	<i>Nemertea antennina</i>	Very low
A hydroid	<i>Nemertea ramosa</i>	Very low
A hydroid	<i>Obelia longissima</i>	Very low
A bristleworm	<i>Polydora ciliata</i>	Very low
A tubeworm	<i>Pomatoceros triquetus</i>	Very low
Green sea urchin	<i>Psannechinus miliaris</i>	Very low
A gammarid shrimp	<i>Gammarus salinus</i>	Not sensitive
Laver spire shell	<i>Hydrobia ulvae</i>	Not sensitive
Common starfish	<i>Asterias rubens</i>	Favoured
A sand star	<i>Astropecten irregularis</i>	Favoured
Scorpion spider crab	<i>Inachus dorsettensis</i>	Favoured
Hermit crab	<i>Pagurus bernhardus</i>	Favoured
An opossum shrimp	<i>Neomysis integer</i>	Not relevant
<b>Infauna</b>		
Northern hatchet shell	<i>Thyasira gouldi</i>	High
A bristleworm	<i>Ampharette falcata</i>	Moderate
A brittlestar	<i>Amphitrua filiformis</i>	Moderate
Icelandic cyprine	<i>Arctica islandica</i>	Moderate
Sea potato	<i>Echinocardium cordatum</i>	Moderate
Razor shell	<i>Ensis</i> spp.	Moderate
A brittlestar	<i>Ophiura ophiura</i>	Moderate
A brittlestar	<i>Amphitrua chiajei</i>	Low
A bristleworm	<i>Aphelochaeta marioni</i>	Low
Sea mouse	<i>Aphrodita aculeata</i>	Low
A tube anemone	<i>Cerianthus lloydii</i>	Low
A bristleworm	<i>Cirratulus cirratus</i>	Low
Ragworm	<i>Hediste diversicolor</i>	Low
A bristleworm	<i>Magelona mirabilis</i>	Low
Sand gaper	<i>Mya arenaria</i>	Low
Norway lobster	<i>Nephrops norvegicus</i>	Low
A catworm	<i>Nephtys hombergii</i>	Low
A bivalve mollusc	<i>Nucula nitidosa</i>	Low
A tubeworm	<i>Owenia fusiformis</i>	Low
Lobe shell	<i>Philine aperta</i>	Low
A surf clam	<i>Spisula solida</i>	Low
Pullet carpet shell	<i>Venerupis senegalensis</i>	Low
An amphipod	<i>Ampelisca diadema</i>	Very low
A burrowing mud shrimp	<i>Callinassa subterranea</i>	Very low
A bivalve mollusc	<i>Abra alba</i>	Very low
An amphipod	<i>Ampelisca brevicornis</i>	Very low
An amphipod	<i>Ampelisca spinipes</i>	Very low
An amphipod	<i>Ampelisca tenuicornis</i>	Very low
Blow lug	<i>Arenicola marina</i>	Very low
A sand digger shrimp	<i>Bathyporeia pelagica</i>	Very low
Gallery worm	<i>Capitella capitata</i>	Very low
Common shore crab	<i>Carcinus maenas</i>	Very low
A bristleworm	<i>Chaetozone setosa</i>	Very low
Basket shell	<i>Corbula gibba</i>	Very low
A mud shrimp	<i>Corophium volutator</i>	Very low
Bean-like tellin	<i>Fabulina fabula</i>	Very low
Sand mason	<i>Lanice conchilega</i>	Very low
Baltic tellin	<i>Macoma balthica</i>	Very low
Sea grapes	<i>Molgula manhattensis</i>	Very low
Ross worm	<i>Sabellaria spinulosa</i>	Very low
A bristleworm	<i>Scoloplos armiger</i>	Very low
A bristleworm	<i>Spio filicornis</i>	Very low
A bristleworm	<i>Spiophanes bombyx</i>	Very low
A sand digger shrimp	<i>Bathyporeia elegans</i>	Not sensitive
Speckled sea louse	<i>Eurydice pulchra</i>	Not sensitive
A bristleworm	<i>Mediomastus fragilis</i>	Favoured

Figure 90 : Liste de 128 espèces indicatrices de perturbations physiques (Tyler-Walters et al., 2009)

#### 1.1.4.2 METHODOLOGIE

Afin d'évaluer sur notre zone d'étude, la sensibilité des communautés aux perturbations physiques, nous nous sommes basés sur cette liste pour définir les espèces « indicatrices » de perturbations physiques de notre zone d'étude. Ce travail, bien sûr, est adapté aux espèces de Manche et de Mer du Nord et nécessitent une adaptation aux espèces en présence en Méditerranée.

Par souci de simplification, seules 2 grandes classes ont été définies :

- Les espèces sensibles aux perturbations physiques ;
- Les espèces favorisées par ces perturbations physiques.

Globalement toute la **macrofaune de grande taille, supérieure à 5 cm** (impactée par les dragues, chaluts et mailles de chalut) a été prise en compte. Volontairement et sur avis d'expert, une grande majorité des espèces ont été écartées du fait de manque d'informations sur leur écologie. Seules les espèces « sans ambiguïté » ont été retenues ici.

Les espèces sensibles, regroupent :

- Les espèces d'épifaune sessile de substrats rocheux, sans carapace : spongiaires, hydraires, ascidies, bryozoaires dressés, cnidaires (gorgones, alcyons) ;
- Les polychètes tubicoles de substrats meubles (*Lanice conchilega*, *Owenia fusiformis*, *Pectinaria koreni*) ;
- Grands bivalves d'épifaune peu ou faiblement enfouis.

Les espèces favorisées (principalement les nécrophages et carnivores) regroupent :

- Les décapodes vagiles : paguridés, crabes (*Liocarcinus spp.*, araignées, *Inachus spp.*, *Macropodia spp.* ;
- Les étoiles de mer (*Astropecten irregularis par exemple*) ;
- Certains mollusques nécrophages (Nasses, buccins, etc.)

A partir de ces deux grandes classes, nous nous sommes basés sur l'ensemble de nos prélèvements réalisés au chalut à perche, soit **32 traits de chalut à perche** répartis sur toute la zone, pour constituer notre liste d'espèces indicatrices. Au final, 53 espèces ont été retenues et ont permis d'établir une liste d'espèces et une abondance relative d'espèces sensibles/ opportunistes pour la majorité des stations de prélèvements.

*Planche 18 : Liste des espèces sensibles aux perturbations physiques*



## 1.2 RESULTATS

### 1.2.1 AMBI/ BENTIX

#### 1.2.1.1 AMBI

L'analyse des résultats AMBI sur l'ensemble de la zone d'étude révèle :

- Des scores globalement faibles, révélateurs d'un bon état écologique des masses d'eau ;
- 30 stations sont qualifiés de « Excellente » selon les normes DCE ;
- 44 stations sont qualifiés de « Bonne » selon les normes DCE ;

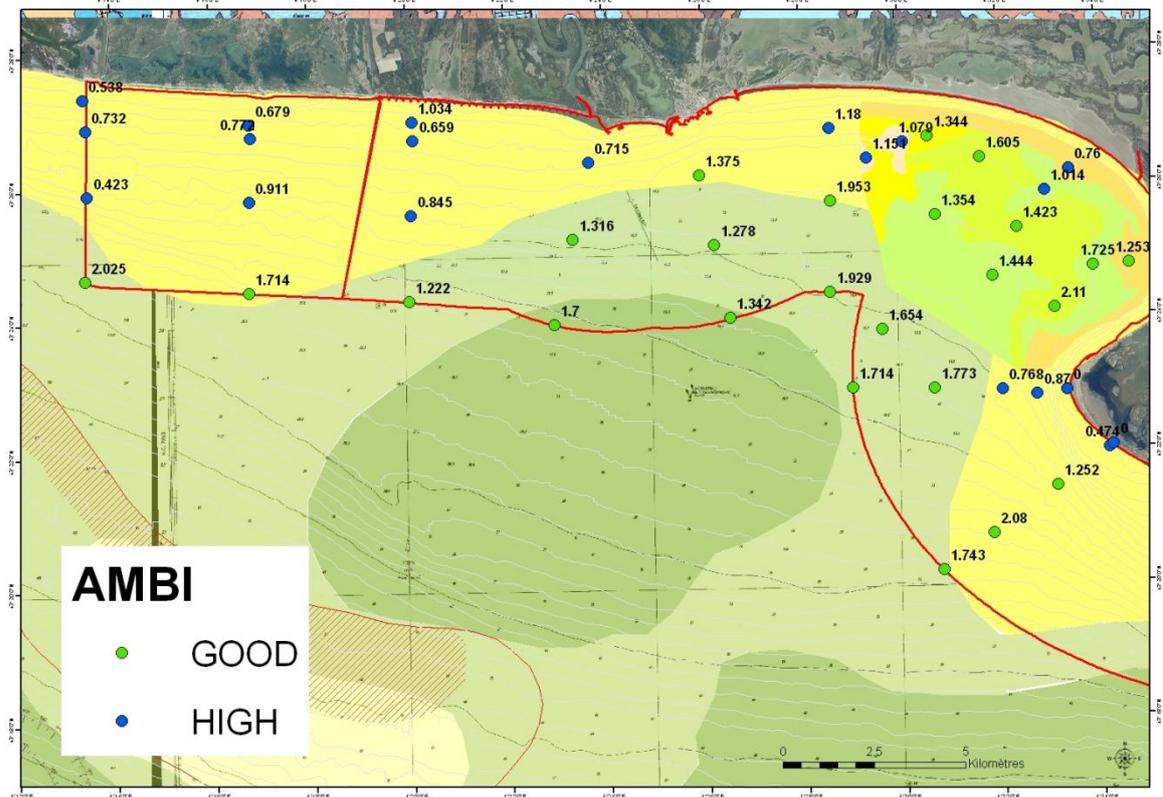


Figure 91 : Valeurs de l'AMBI sur les stations de prélèvements 1/2

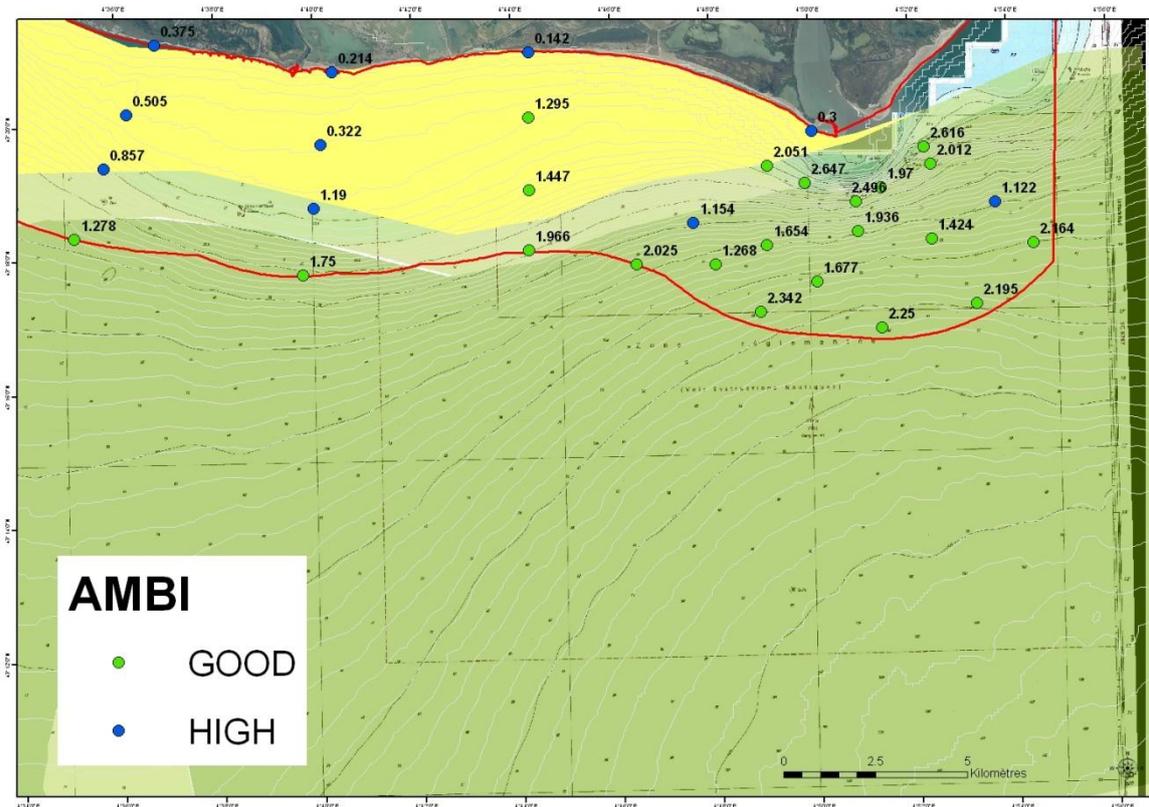


Figure 92 : Valeurs de l'AMBI sur les stations de prélèvements 2/2

Stations	1	2	3	5	11	12	13	14	21
Mean AMBI	0.732	2.025	0.538	0.423	1.714	0.679	0.911	0.772	1.222
EcoQ	HIGH	GOOD	HIGH	HIGH	GOOD	HIGH	HIGH	HIGH	GOOD
Stations	22	23	24	28	29	31	39	40	42
Mean AMBI	0.845	0.659	1.034	1.7	1.316	0.715	1.375	1.278	1.342
EcoQ	HIGH	HIGH	HIGH	GOOD	GOOD	HIGH	GOOD	GOOD	GOOD
Stations	50	51	52	54	55	57	58	61	63
Mean AMBI	1.18	1.953	1.929	1.714	1.151	1.654	1.079	1.344	1.354
EcoQ	HIGH	GOOD	GOOD	GOOD	HIGH	GOOD	HIGH	GOOD	GOOD
Stations	64	66	70	71	72	73	74	76	77
Mean AMBI	1.773	1.743	1.605	1.444	2.08	0.768	1.423	1.014	0.87
EcoQ	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	HIGH	GOOD	HIGH	HIGH
Stations	78	80	81	82	85	87	88	90	91
Mean AMBI	2.11	1.252	0	0.76	1.725	0.474	0	1.253	1.278
EcoQ	GOOD	GOOD	HIGH	HIGH	GOOD	HIGH	HIGH	GOOD	GOOD
Stations	92	94	95	102	104	105	108	114	115
Mean AMBI	0.857	0.505	0.375	1.75	1.19	0.322	0.214	0.142	1.295
EcoQ	HIGH	HIGH	HIGH	GOOD	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	GOOD
Stations	116	117	119	122	123	126	127	128	130
Mean AMBI	1.966	1.447	2.025	1.154	1.268	2.342	2.051	1.654	2.647
EcoQ	GOOD	GOOD	GOOD	HIGH	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD
Stations	131	133	136	137	138	139	141	143	144
Mean AMBI	0.3	1.677	2.616	2.496	1.936	1.97	2.25	2.012	1.424
EcoQ	HIGH	GOOD							
Stations	146	148	149						
Mean AMBI	2.195	1.122	2.164						
EcoQ	GOOD	HIGH	GOOD						

Tableau 20: Résultats AMBI et équivalences avec les statuts écologiques de la DCE (EcoQ)

### 1.2.1.2 BENTIX

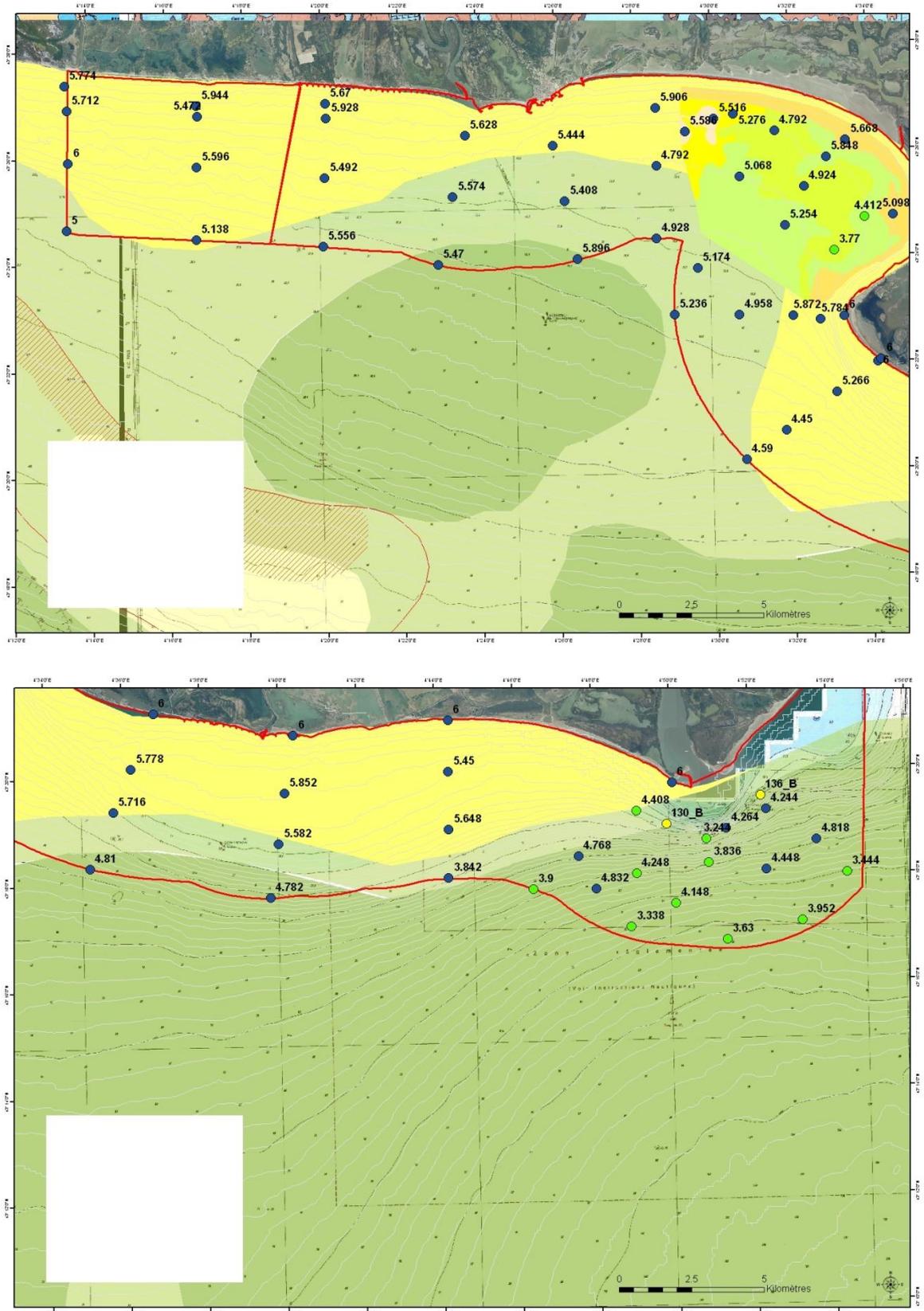


Figure 93 : Valeurs du BENTIX sur les stations de prélèvements

L'analyse des résultats BENTIX sur l'ensemble de la zone d'étude révèle :

- Des scores globalement faibles, révélateurs d'un bon état écologique des masses d'eau ;
- 61 stations sont qualifiés de « Excellente » selon les normes DCE ;
- 12 stations sont qualifiés de « Bonne » selon les normes DCE ;
- 02 stations sont qualifiées de « Moyenne » selon les normes DCE ;

Stations	1	2	3	5	11	12	13	14	21
BENTIX	5.712	5	5.774	6	5.138	5.944	5.596	5.472	5.556
EcoQ	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH
Stations	22	23	24	28	29	31	39	40	42
BENTIX	5.492	5.928	5.67	5.47	5.574	5.628	5.444	5.408	5.896
EcoQ	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH
Stations	50	51	52	54	55	57	58	61	63
BENTIX	5.906	4.792	4.928	5.236	5.586	5.174	5.516	5.276	5.068
EcoQ	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH
Stations	64	66	70	71	72	73	74	76	77
BENTIX	4.958	4.59	4.792	5.254	4.45	5.872	4.924	5.848	5.784
EcoQ	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH
Stations	78	80	81	82	85	87	88	90	91
BENTIX	3.77	5.266	6	5.668	4.412	6	6	5.098	4.81
EcoQ	GOOD	HIGH	HIGH	HIGH	GOOD	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH
Stations	92	94	95	102	104	105	108	114	115
BENTIX	5.716	5.778	6	4.782	5.582	5.852	6	6	5.45
EcoQ	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH	HIGH
Stations	116	117	119	122	123	126	127	128	130
BENTIX	3.842	5.648	3.9	4.768	4.832	3.338	4.408	4.248	2.864
EcoQ	HIGH	HIGH	GOOD	HIGH	HIGH	GOOD	GOOD	GOOD	MODERATE
Stations	131	133	136	137	138	139	141	143	144
BENTIX	6	4.148	2.884	3.244	3.836	4.264	3.63	4.244	4.448
EcoQ	HIGH	GOOD	MODERATE	GOOD	GOOD	HIGH	GOOD	HIGH	HIGH
Stations	146	148	149						
BENTIX	3.952	4.818	3.4444						
EcoQ	GOOD	HIGH	GOOD						

Tableau 21 : Résultats BENTIX et équivalences avec les statuts écologiques de la DCE (EcoQ)

L'interprétation croisée des résultats des calculs d'Ambi et du Bentix apporte des éléments intéressants sur la qualité écologique des habitats. Cette qualité écologique est globalement bonne sur la zone. Cependant il existe un gradient Est-Ouest avec un léger affaiblissement de la qualité écologique passant du très bon à bon en s'approchant de l'estuaire du Grand Rhône avec quelques stations en EQR « moderate » à proximité de la côte. Les deux indices sont cohérents même si le Bentix isole deux stations « Moderate » à la côte qui ne peut se justifier sur des bases d'enrichissement organique d'origine anthropique et qui n'est pas confirmée par l'AMBI. Ces résultats suggèrent un impact d'enrichissement organique d'origine terrigène avec une stimulation des groupes d'espèces tolérantes, sans concentration et accumulation suffisantes pour permettre le développement de populations d'espèces opportunistes des groupes IV et V. Le milieu ouvert et l'hydrodynamisme sont des éléments qui compensent les apports organiques et expliquent la relativement bonne qualité des habitats malgré l'influence de l'estuaire du Rhône et des apports terrigènes.

Les résultats observés sont en accord avec ceux cités dans la littérature (Labrune et al., 2006). En effet, en 2006, Labrune a réalisé une approche comparative de trois indices (indice de Shannon, AMBI et BQI) à partir d'un jeu de données de 260 échantillons. Les résultats de l'AMBI montrent des résultats similaires à ceux que nous avons observés en 2011.

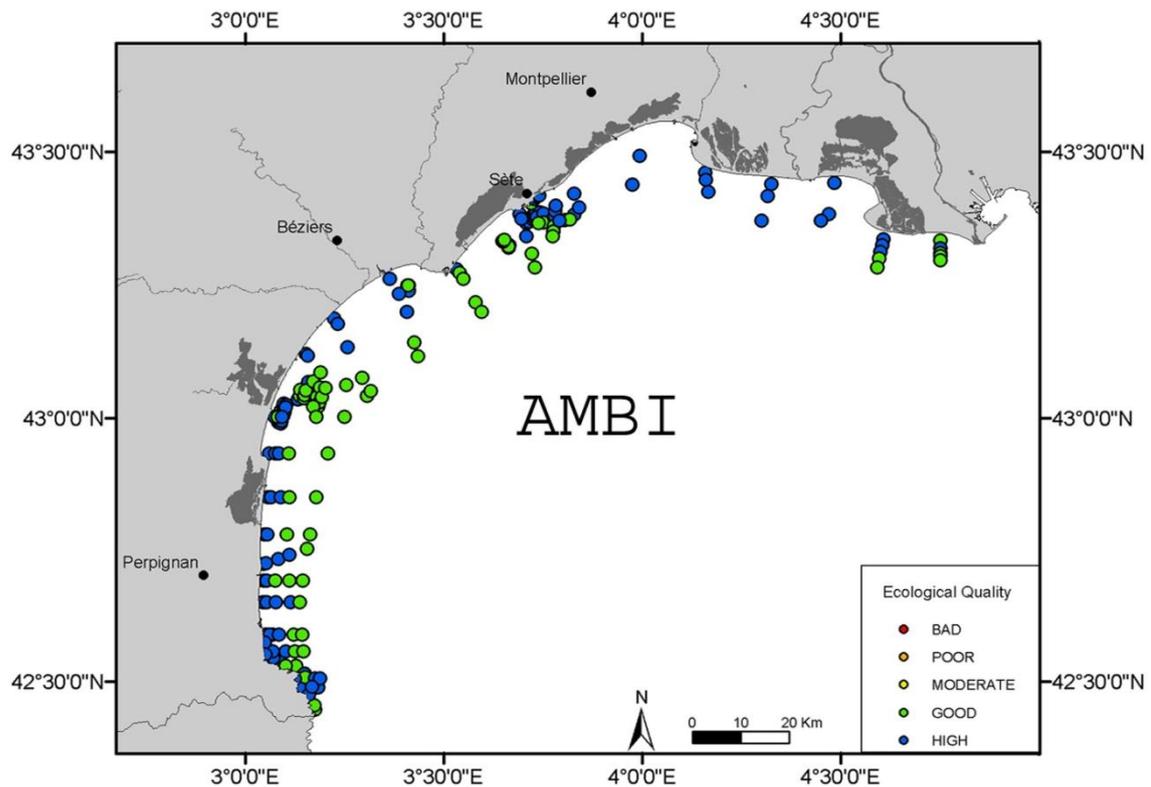


Figure 94: Valeur d'AMBI sur 250 échantillons (Labrune et al., 2006)

### 1.2.1.3 CONCLUSION

Bien que les résultats d'AMBI et de BENTIX soient intéressants dans le cadre d'un suivi biosédimentaire, ceux-ci doivent toutefois être nuancés, en tant qu'évaluateur d'un état initial. En effet, de nombreux auteurs ont montré les limites de ces différents indices (Borja *et al.*, 2004 ; Borja *et al.*, 2003 ; Labrune *et al.*, 2006). En effet, les indices les plus élaborés sont sujets à caution du fait de la subjectivité du classement d'espèces dans des groupes trop restrictifs pour refléter la variabilité naturelle de celles-ci face aux variations de l'environnement. Une calibration à l'échelle régionale des indices biologiques apparaît nécessaire afin d'améliorer leur fiabilité et leur sensibilité.

### 1.2.2 « ESPECES SENTINELLES D'INSTABILITE »

Au cours des analyses que M. Bellan a pratiqué sur les listes d'espèces, il a été constaté qu'un certain nombre de celles-ci appartenaient à des groupes fonctionnels (Bellan, 1991) tels que « Large Répartition Ecologique dans les substrats meubles » ou indicatrices de la nature du sédiment (sabulicoles, vasicoles et, à un moindre titre, détriticoles). Ces espèces, et tout particulièrement, celles réunies en tant que « espèces à Large Répartition Ecologique » (LRE) ont une grande valence écologique et sont, de ce fait, susceptibles d'être rencontrées dans un vaste ensemble de peuplements établis sur substrats meubles. Elles présentaient, dans un certain nombre de prélèvements des abondances non négligeables.

Ces espèces avaient été remarquées de longue date, comme telles, par Picard (1965), Bourcier (1976) dans des secteurs considérés comme hors des atteintes anthropiques. D'autres auteurs (Bellan, 1967 ; Bellan et Bourcier, 1982, 1990) avaient mis en évidence l'abondance relative de certaines d'entre elles dans des secteurs soumis à des actions anthropiques (débouché en mer d'émissaires urbains ou industriels, ports, etc...). Bellan (1967, 1991) avait considéré ces espèces comme des « sentinelles » de perturbations anthropiques sur le milieu et, plus clairement, de ce qu'il avait défini, en 1967, comme « zone subnormale » au large du débouché en mer de l'émissaire des égouts de Marseille et de son port de commerce. Dans de telles conditions environnementales, ces espèces bien que ne regroupant guère plus de 10% des espèces recueillies pouvaient largement dominer le peuplement des stations prospectées avec plus de 50%, jusqu'à 75-80% des individus présents. Ceci conduisait à une monotonisation du peuplement des aires impactées au détriment des espèces caractéristiques des biocénoses, voire d'autres espèces indicatrices de conditions particulières du milieu, mais moins bien adaptées à de sévères conditions environnementales, notamment matière organique et polluants divers Arnoux *et al.*, (1981).

Au large du delta du Rhône et des côtes camarguaises en particulier, l'abondance des représentants de ce groupe fonctionnel était intrigante. La présence d'espèces de ce groupe a été reconnue, par Picard dès 1965, dans des secteurs éloignés d'aires anthropisées mais présentant des signes de perturbation, comme faisant partie intégrante de la composition faunistique bien définie de ces secteurs. Il n'y a donc rien d'anormal à ce qu'on en ait retrouvé dans 61 prélèvements (34,7%). Leur dominance cumulée peut alors atteindre 36%. Dans 13 stations (18%), ces dominances regroupées atteignaient 20% (seuil quelque peu arbitraire) et s'établissaient à plus de 30% dans quatre d'entre elles (5,6%).

En l'état actuel des données environnementales disponibles, on ne saurait incriminer des teneurs anormales en polluants ou en matière organique dans les sédiments. On notera, d'ailleurs, que les espèces recueillies dans la « zone polluée » de Bellan (1967), au contact direct des émissaires, n'ont été rencontrées que de manière tout à fait marginale au large des côtes camarguaises. En revanche, comme l'avaient déjà mis en évidence Picard (1965) Bourcier (1976), Picard et Bourcier (1976), Bourcier *et al.* (1979), des perturbations hydrodynamiques des fonds, notamment de la couche superficielle du sédiment, pouvaient favoriser le développement d'espèces de ce groupe fonctionnel. Ces perturbations étant, au



demeurant dans les cas observés par ces auteurs, liées à des activités humaines. Il semblerait que les espèces de ce « groupe fonctionnel », considérées jusqu'à présent comme des sentinelles de milieu dégradés par des pollutions au sens le plus classique du terme, abondantes dans des zones définies sur nos côtes, comme « sentinelles d'instabilité » par Bellan (1967) puissent être rangées, dans un cadre élargi, comme des sentinelles de perturbations subies par le milieu environnant, quand bien même s'agirait-il majoritairement de perturbations anthropiques très diversifiées.

Ces valeurs ne sont pas révélatrices d'une pollution au sens strict mais révèle quand même une perturbation. L'éloignement de toute zone d'activité industrielle et de grandes villes élimine l'hypothèse d'un enrichissement organique (comme l'ont montré les résultats d'AMBI et de BENTIX).

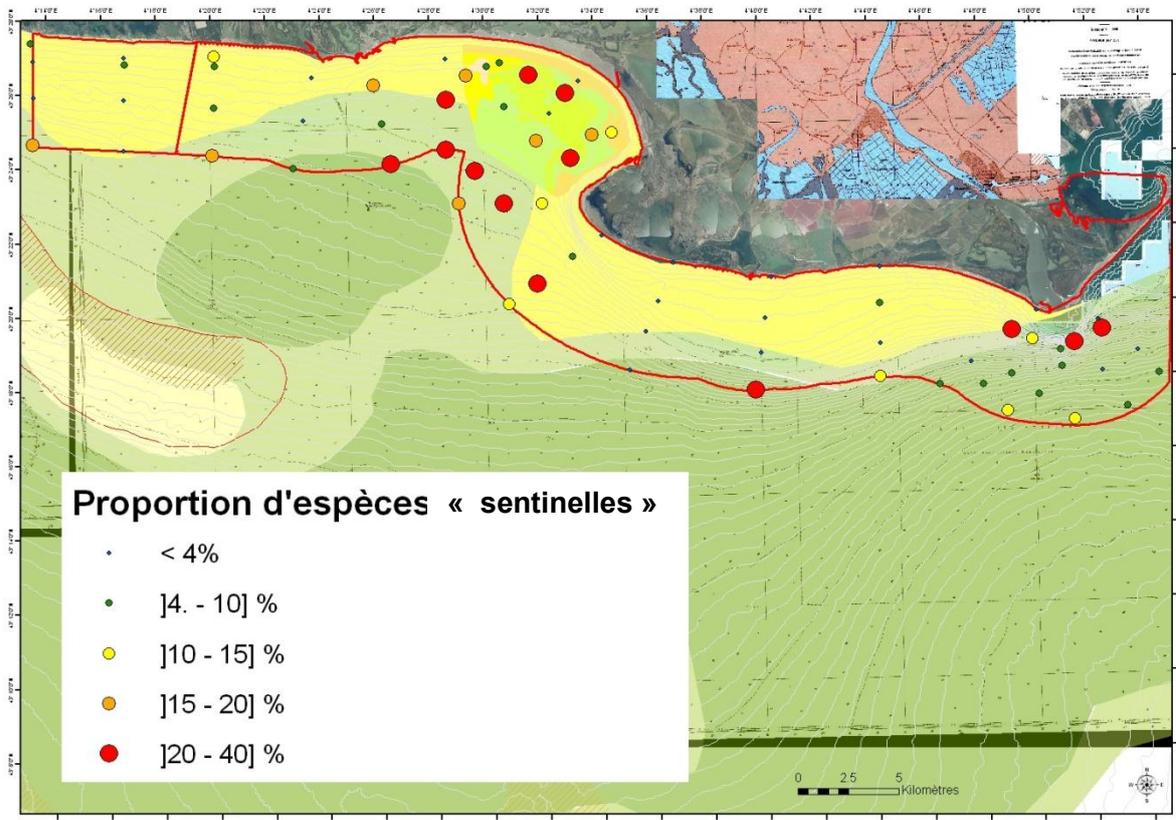


Figure 95 : Cartographie stationnelle des proportions d'espèces opportunistes

L'hypothèse qui est retenue serait qu'une perturbation physique (ponctuelle ou constante) des fonds entraînerait un remaniement constant des sédiments, favorisant ainsi certaines espèces « opportunistes », au détriment d'espèces plus longévives.

Partant de ces constats bien documentés, nous avons recherché quels types de perturbations avaient pu provoquer ce que nous avons observé. En l'état actuel, et à titre purement d'hypothèse, nous suggérons l'action des chalutages répétitifs au large de la Camargue. Or, l'activité illégale de chalutage de fond

dans la bande des 3 miles nautiques est récurrente dans la zone d'étude et plus particulièrement dans le golfe de Beauduc (PNR de Camargue, com. Pers.). En effet, celui-ci est une zone d'abri pour les bateaux de pêche mais aussi une zone prisée pour la capture de certaines espèces halieutiques. Des traces de chalut ont d'ailleurs été recensées lors de la prospection sonar en 2008 par Sémantic TS.

Seules, des études spécifiques pourraient confirmer ou non, notre hypothèse de travail. Ces chalutages contribueraient à modifier sensiblement la composition faunistique et dès lors, l'équilibre des peuplements présents et, ce faisant, des Habitats tels que définis dans les Conventions et Directives internationales et/ou européennes. Cela ne signifie pas nécessairement un impact négatif des chalutages sur la composition ichthyologique des fonds au large du Rhône et des côtes camarguaises, mais nous conduit à proposer une vigilance accrue de l'activité des chalutiers présents sur le secteur.



Figure 96 : Position des récifs et des traces de chalut (Semantic TS, 2008)

Le chalutage de fond de manière intensive peut entraîner une modification importante des fonds sédimentaires et par conséquent les peuplements benthiques de substrats meubles. L'observation de proportion relativement importante (entre 20 et 40 %) d'espèces « opportunistes » dans le golfe de Beauduc est significative. Seules des études scientifiques approfondies sur moyen et long-terme permettraient de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse.

### 1.2.3 SENSIBILITE DES COMMUNAUTES BENTHIQUES AUX PERTURBATIONS PHYSIQUES

#### 1.2.3.1 RAPPEL

Par souci de simplification, seules 2 grandes classes ont été définies :

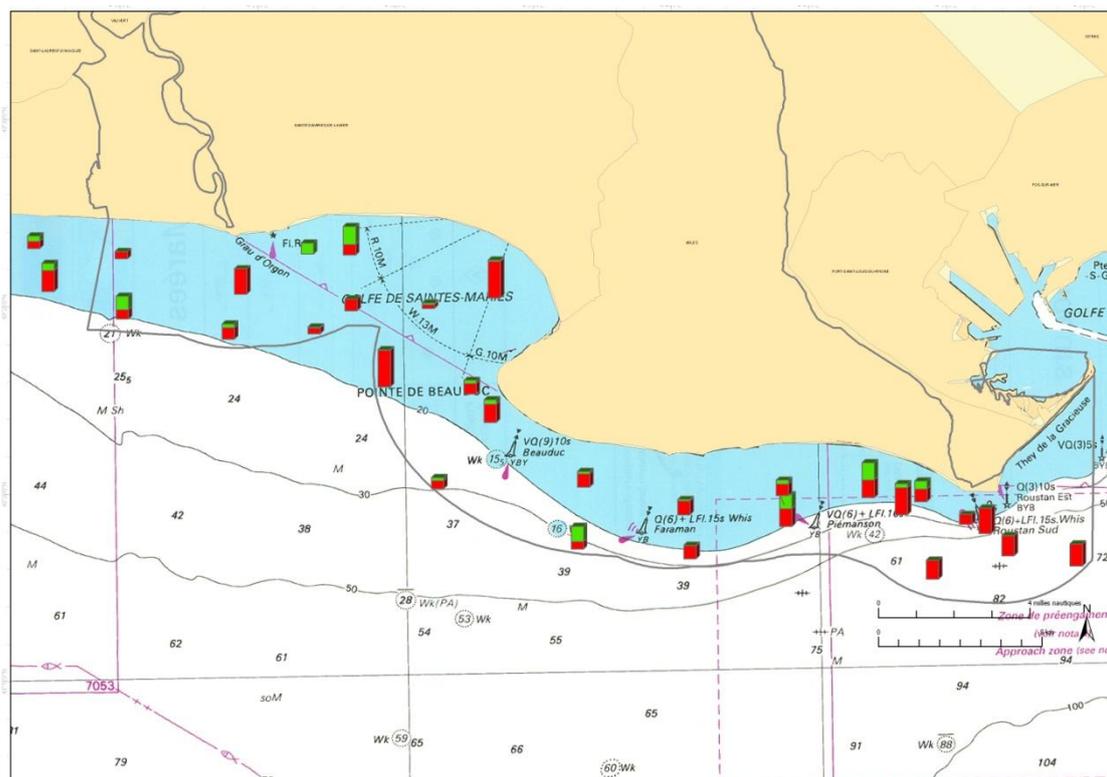
- Les espèces sensibles aux perturbations physiques ;
- Les espèces favorisées par ces perturbations physiques.

Globalement toute la **macrofaune de grande taille, supérieure à 5 cm** (impactée par les dragues, chaluts et mailles de chalut) a été prise en compte. Volontairement et sur avis d'expert, une grande majorité des espèces ont été écartées du fait de manque d'informations sur leur écologie. Seules les espèces « sans ambiguïté » ont été retenues ici.

#### 1.2.3.2 RESULTATS

Les résultats montrent qu'au niveau des sédiments fins (sables et vases), l'absence de substrats grossiers et de coquilles de grandes espèces en surface (ce qui est le cas dans le secteur d'étude) l'implantation d'une telle macrofaune sessile de substrat dur ne peut se faire. Les sédiments fins infralittoraux dans ces secteurs ouverts ne sont pas assez stables pour permettre un développement abondant d'espèces de macrofaune fixées sensibles aux perturbations physiques. Il est donc assez logique que les rapports de dominance restent faibles pour ces espèces sensibles. Il est donc important de comparer au sein d'un même habitat ces taux d'abondances de groupe d'espèces sensibles, pour éviter le biais induit par la variabilité naturelle inter-habitat liée à la structure des biotopes. Par contre, une forte abondance relative des espèces favorisées par des perturbations physiques peut être un signal d'impact pertinent des activités de pêche. Enfin, une majorité des espèces sont relativement indifférentes et ne figurent dans aucune de ces deux catégories précédentes, car aptes à supporter une perturbation physique naturelle, capables de supporter un déterrage et de se réinstaller ensuite si elles ne sont pas la proie de prédateurs opportunistes.

De manière générale, les substrats grossiers sont potentiellement constitués d'un plus grand nombre d'espèces sensibles aux perturbations physiques. En effet, les substrats grossiers (que ce soit coquilles vides, cailloutis ou blocs) constituent des supports pour l'épifaune sessile tels que les hydraires, les alcyons et les spongiaires, espèces sensibles à aux pressions physiques (écrasement, arrachement). L'absence de tels sédiments ne permet donc pas l'implantation de macrofaune sessile telle que les spongiaires ou les hydraires.



**Figure 97 : Illustration des abondances relatives des espèces sensibles (vert) par rapport aux espèces favorisées par les perturbations physiques (rouge)**

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques des espèces récoltées au chalut à perche, en fonction du type d'habitat élémentaire. Il s'agit de développer un indice de sensibilité par type d'habitat.

Habitat	SFBC	VTC	DC
Proportion moyenne espèces sensibles	12.56	10.19	15.73
Proportion moyenne espèces favorisées	22.76	37.55	58.04

**Tableau 22 : Proportion des espèces sensibles/favorisées en fonction de l'habitat**

Il faut cependant relativiser la portée de cette interprétation qui devra être développée dans une approche comparative et dynamique de suivis associée à des évaluations des efforts de pêche. Il s'agit ici d'une première amorce d'une méthode d'évaluation qui reste encore à calibrer et évaluer dans des cadres de programmes de recherches. La recherche d'état de référence par type d'habitat doit en particulier être menée car à l'heure actuelle ils sont manquants et donc en tout état de cause l'approche ne peut être que comparative.

#### 1.2.4 FONCTIONNALITE DE LA ZONE D'ETUDE

Dans un cadre de gestion, il peut être intéressant de s'intéresser à l'aspect fonctionnel de la zone d'étude. En effet, l'état de conservation doit aussi être perçu à travers les différentes fonctions écologiques.

Le travail ci-dessous présente des interpolations principalement sur les résultats de benne (Richesse spécifique et Densité totale) et de chalut à perche (richesse spécifique totale, abondance totale, abondance par espèce « d'intérêt »). Ce travail d'interpolation a été réalisé par la méthode de krigeage sous le logiciel *Surfer*. **En tant qu'interpolation, ces résultats doivent être pris avec précaution car ils sont l'illustration de mesure à un moment précis, sur des espèces spécifiques. La variabilité temporelle et saisonnière est un facteur majeur dans la répartition de certaines espèces, notamment dans une zone comme le Golfe de Beauduc (Vacquier, 2008 ; Heloin, 2004).**

##### 1.2.4.1 RESULTATS BENNE

Les figures ci-dessous (Figure 98) montrent que l'endofaune est globalement peu diversifiée (18 espèces en moyenne  $\pm$  9,89) sur la zone d'étude de Camargue. Elle est toutefois plus diversifiée dans la zone du Golfe de Beauduc où la richesse spécifique atteint 44 espèces. Certaines zones de l'infralittoral supérieur à l'ouest du Petit Rhône sont relativement riches en terme d'espèces (entre 30 et 35 espèces/ station), notamment en annélides et crustacés. Concernant la densité, les valeurs restent faibles (300 individus/m<sup>2</sup> en moyenne), même si localement, elles peuvent devenir importantes (1250 individus/m<sup>2</sup>).

Les résultats de richesse spécifique et d'abondance sont relativement similaires à ceux mesurés par le Laboratoire CNRS Arago de Banyuls, lors de la campagne REDIT I en 2001. En effet, sur une quinzaine de stations distribuées entre la commune du Grau du Roi et le phare de Faraman, à des bathymétries entre 10 et 50m de profondeur, 28 espèces/station (moyenne) furent échantillonnées, avec une variation comprise entre 17 et 44 espèces.

Ces résultats sont bien en accord avec ceux mesurés lors de notre campagne. Concernant les densités, les valeurs obtenues par Amouroux J.-M. et Labrune C. du laboratoire Arago de Banyuls en 2001 sont plus importantes avec une moyenne de 225 individus, allant de 32 à 1251 individus maximum. Même si les densités maximales obtenues sont similaires aux nôtres, nous voyons bien que les densités sont beaucoup plus faibles. Cela s'explique en partie par le fait que nos campagnes ont eu lieu fin de l'hiver/début du printemps, période où le recrutement n'a pas encore commencé et les densités d'espèces d'endofaune sont les plus faibles.

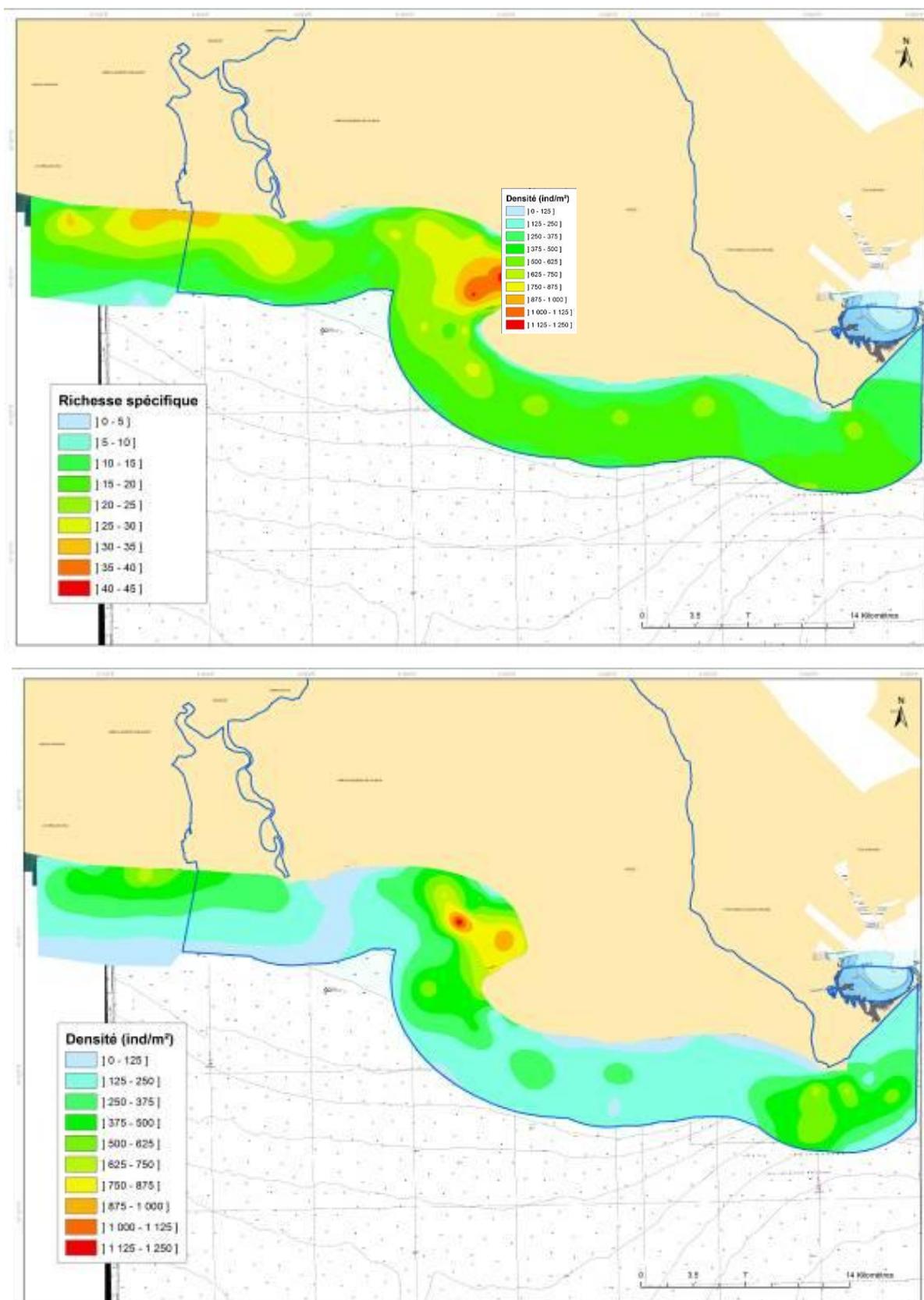


Figure 98 : Interpolation de la richesse spécifique (haut) et de la densité (bas) totale (données benne)

### 1.2.4.2 RESULTATS CHALUT A PERCHE

Il apparaît que l'épifaune chalutée est la plus diversifiée (28 espèces) dans la zone du large de la zone Natura 2000, correspondant plutôt aux sédiments vaseux, tandis que les zones côtières sont plus pauvres avec moins de 10 espèces en général.

Concernant les densités, l'espèce la plus dense est un gastéropode, la turitelle (*Turitella communis*). Certains traits de chalut à perche ont été complètement remplis de cette espèce avec des densités estimées à plus de 200 000 individus /hectare. La proportion d'individus vivants varie toutefois de 15 à 40%. Pour des raisons de lisibilité, la carte de densité totale (toutes espèces confondues), ne tient pas compte de cette espèce.

Hormis cette espèce, les densités les plus importantes ont été observées en deux zones : au large de la pointe de Beauduc et à l'embouchure du Grand Rhône, localement due à des densités importantes de certaines espèces telles que *Pomatochistus sp.*, *Ophiura ophiura*.

Généralement, la frange infralittorale supérieure ne présente pas de fortes densités d'espèces, tandis que la zone des sédiments sablo-vaseux (partie centrale et large de la zone) a révélé des abondances croissantes.

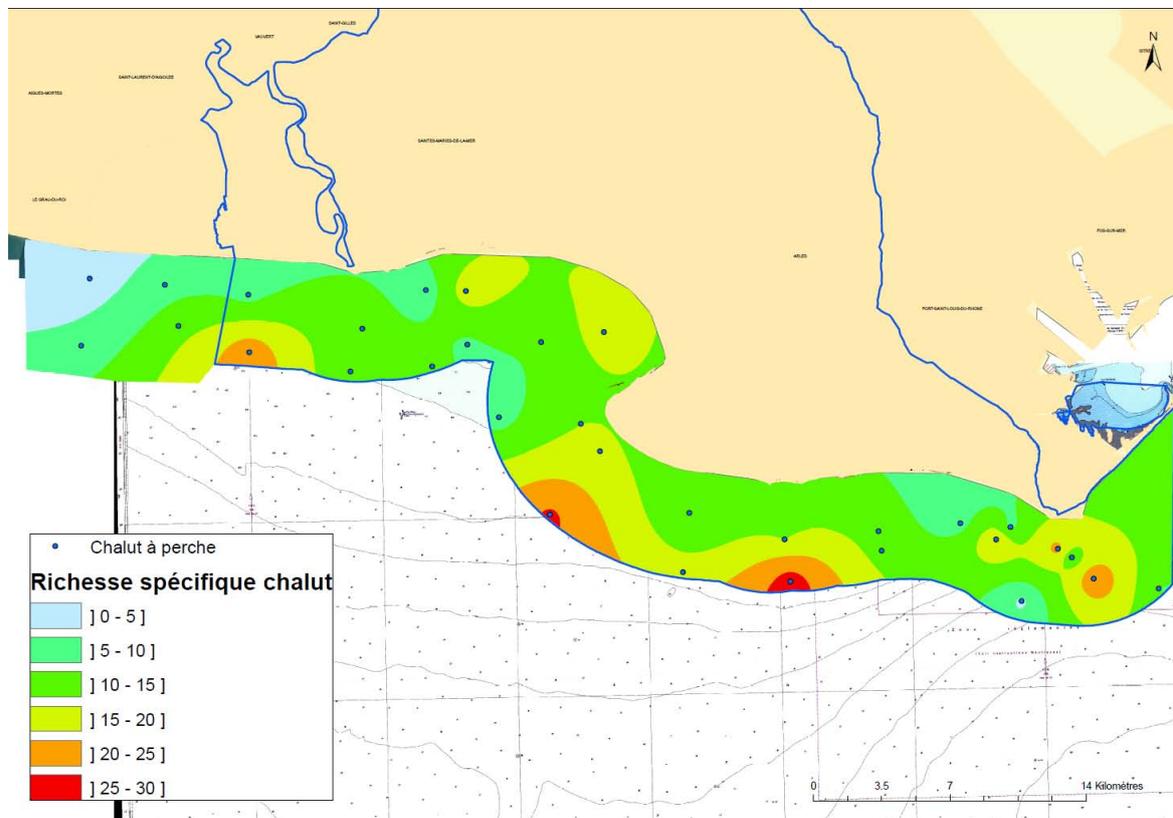


Figure 99 : Interpolation de la richesse spécifique totale (données chalut à perche)

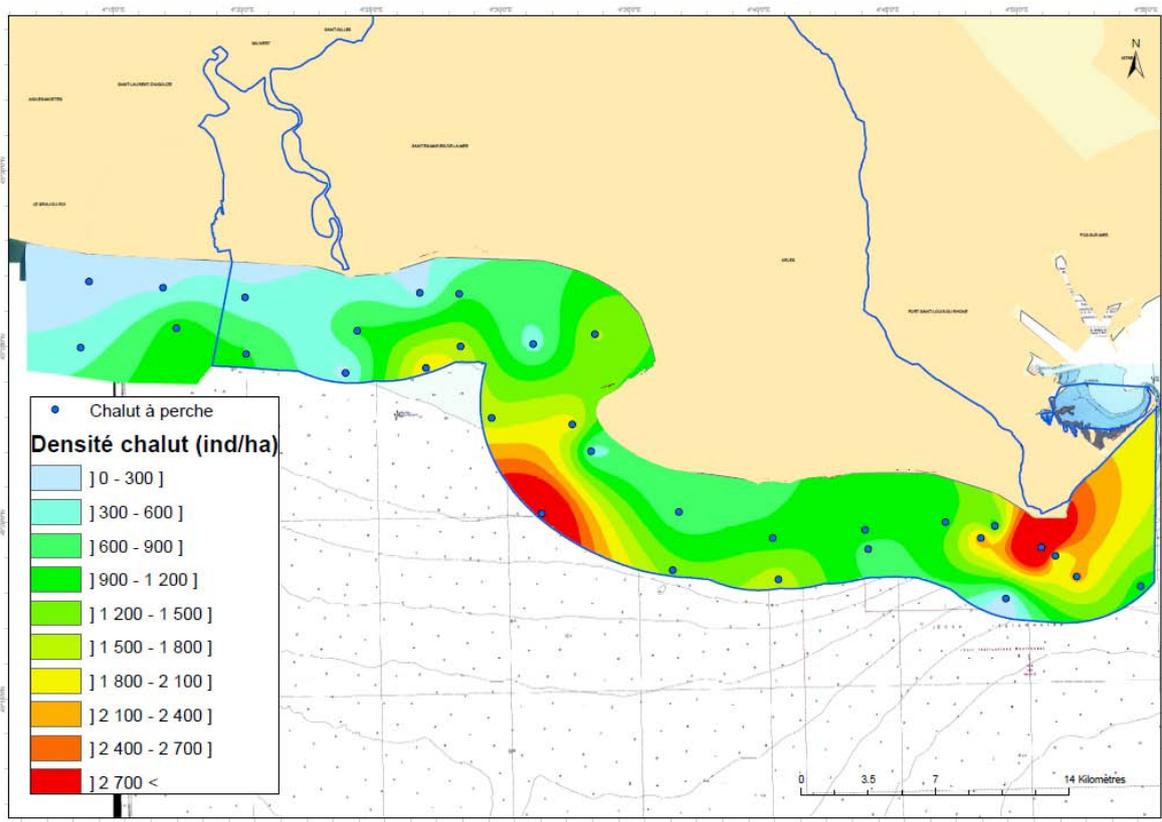


Figure 100 : Interpolation de la densité totale (données chalut à perche)

Concernant les poissons, 20 espèces ont été échantillonnées sur la zone Natura 2000 de Camargue (Figure 102). Les traits de chalut à perche contenaient en moyenne 4 espèces, et allant jusqu'à 8 espèces au maximum. L'abondance moyenne en poissons par station est d'environ 26 individus avec une variation entre 0 et 90 individus (Figure 102). Il apparaît assez nettement que le plus grand nombre d'espèces de poissons sont capturées dans les zones du large de la zone d'étude, tandis que les zones côtières révèlent de faibles valeurs de diversité ichthyologique.

L'embouchure du Grand Rhône est particulièrement propice à des densités importantes de poissons et notamment de *Pomatochistus spp.* où près de 50 individus ont été capturés.

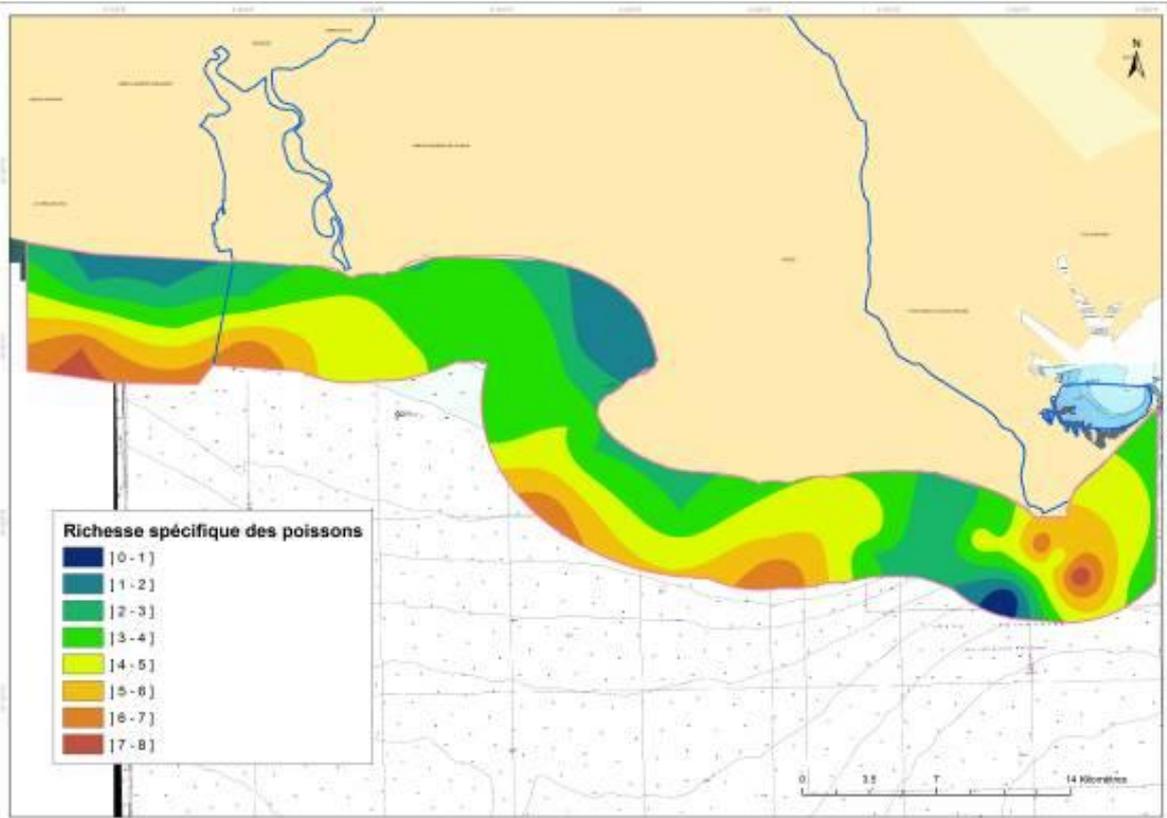


Figure 101 : Interpolation de la richesse spécifique en poissons

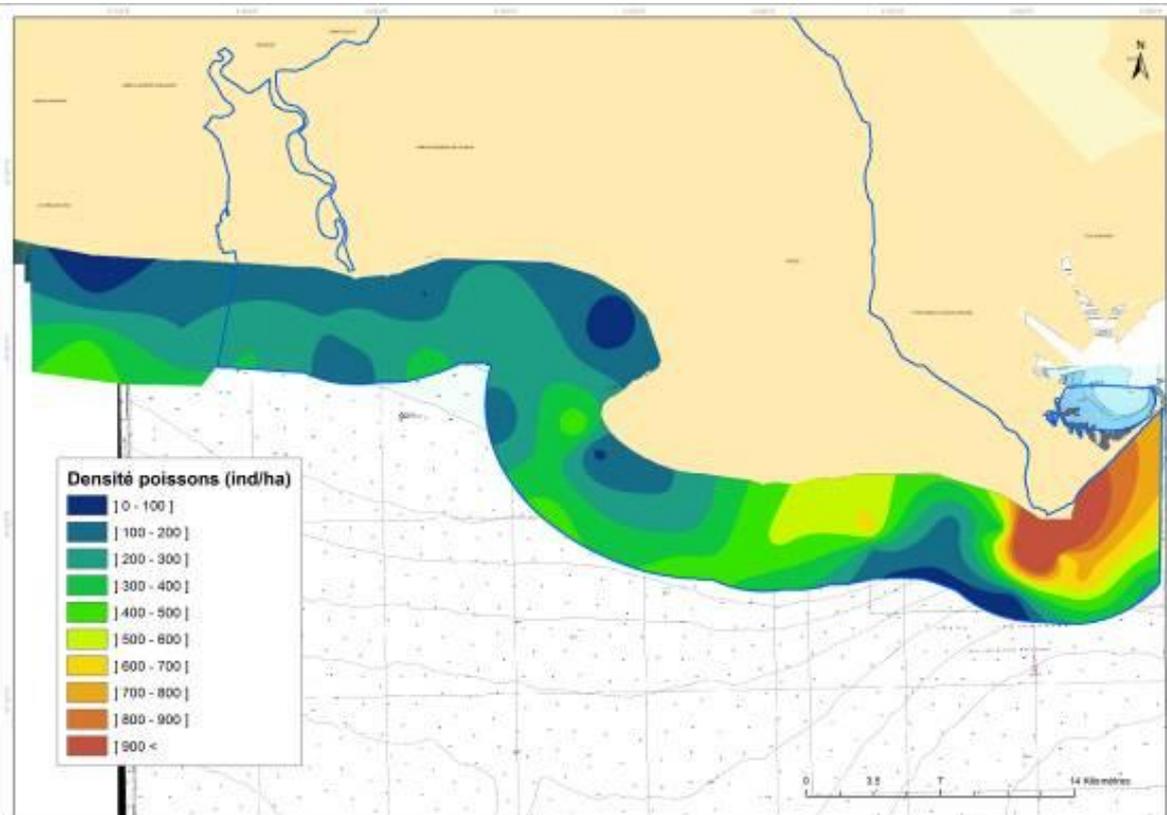


Figure 102 : Interpolation de la densité en poissons (nb. Individus/ha)

Cette carte montre un premier aperçu de la richesse des espèces de poissons benthiques peu mobiles sur la zone. Il semble qu'il y ait un gradient croissant d'enrichissement en nombre d'espèces côte/large sur la partie ouest de la zone d'étude.

Station	Position	Radiale	Richesse	Gradient richesse spécifique côte/large	Densité (nb indiv. /ha)	Gradient Densité côte/large
006_T	Côte	1.00	2.00	↗	41.67	↗↗
007_T	Large	1.00	7.00		453.37	
010_T	Côte	2.00	2.00	↗	157.00	↗
016_T	Large	2.00	4.00		201.15	
020_T	Côte	3.00	3.00	↗	197.00	↗
019_T	Large	3.00	7.00		308.00	
034_T	intermédiaire	4.00	5.00	=	241.94	↘
030_T	Large	4.00	4.00		111.00	
041_T	Côte	5.00	3.00	=	95.42	↗↗
043_T	Large	5.00	4.00		391.00	
046_T	Côte	6.00	4.00	=	254.00	=
047_T	Large	6.00	4.00		221.00	
075_T	Côte	7.00	4.00	=	468.48	↘↘
056_T	Large	7.00	3.00		95.24	
067_T	Côte	Beauduc	4.00		289.00	
083_T	Côte	Beauduc	0.00		0.00	

Tableau 23 : Comparaison côte/large de la richesse et de la densité en poissons

A l'inverse, la partie à proximité de l'estuaire du Grand Rhône semble présenter globalement une diminution importante de la densité de poissons au fur et à mesure que la profondeur augmente (Tableau 24).

Station	Position	Radiale	Richesse	Gradient richesse spécifique côte/large	Densité (nb indiv. /ha)	Gradient Densité côte/large
079_T	Côte	8	3	↗	73	↗↗
069_T	Large	8	7		469	
097_T	Côte	9	3	↗	214	↗↗
093_T	Large	9	5		458	
103_T	Côte	10	5	↗	524	↘
106_T	Large	10	7		349	
111_T	Côte	11	5	↘	628	↘↘
112_T	Large	11	3		174	
120_T	Intermédiaire		2		150	
129_T	Côte	12	3	↗	367	=
124_T	Intermédiaire	12	5		447	
125_T	Large		0		0	
134_T	Côte	14	7	=	2153	↘↘
142_T	Large	14	8		745	
140_T	Côte	15	4	=	616	↘↘
147_T	Large	15	3		287	

Tableau 24 : Comparaison côtelarge de la richesse et de la densité en poissons

Il est intéressant d'observer les répartitions de densités par espèces (Figure 103 ; Figure 104). Seules les espèces d'intérêt commercial ou les plus abondantes ont été représentées. Concernant les espèces *Buglossidium luteum*, *Pleuronectes platessa*, *Crangon crangon* et *Pomatochistus spp.*, les résultats sont exprimés en nombre d'individus par hectare. Toutefois, au vu du faible nombre d'individus capturés, les cartes de répartition ont été représentées sous forme de points. Une représentation sous forme de krigeage n'aurait pas été pertinente.

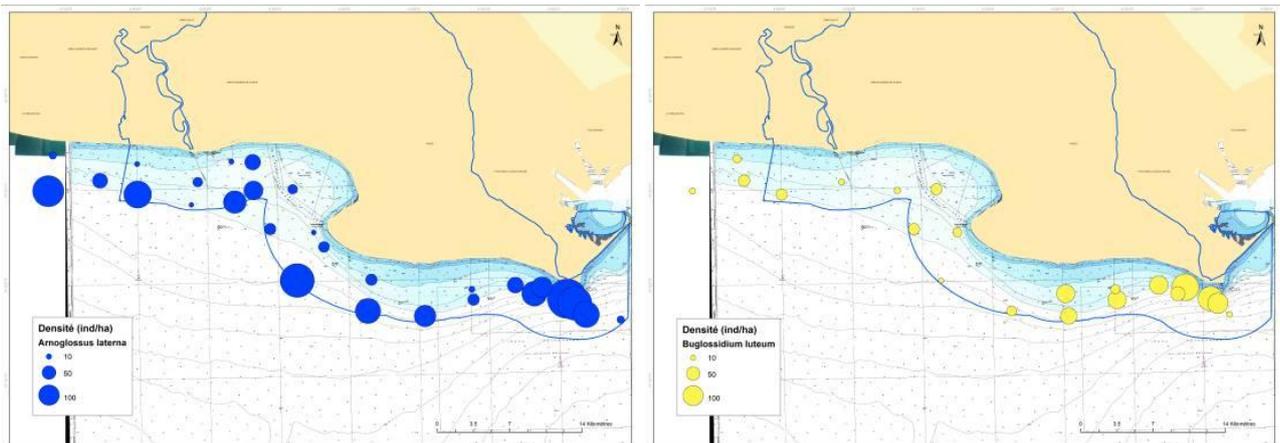


Figure 103 : Interpolation de la densité d'*Arnoglossus laterna* (gauche) et *Buglossidium luteum* (droite)

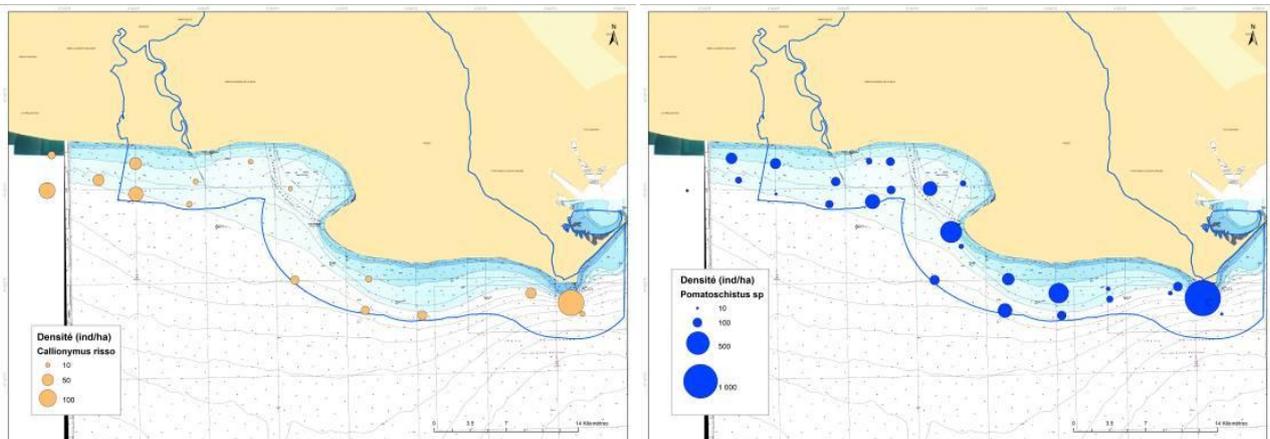


Figure 104 : Interpolation de la densité de *Callionymus risso* (gauche) et *Pomatochistus spp.* (droite)

Les espèces *Hippocampus hippocampus* et *Anguilla anguilla* ont été peu observées. Les cartes sont les représentations du nombre d'individus capturés par chalut. La capture d'anguilles n'est pas surprenante dans cette zone puisqu'il existe une passe à civelles près de Saintes-Maries-de-la-Mer, au niveau du pertuis de la Fourcade. Ainsi en 2007, le recrutement en civelles était d'environ 354 000 civelles (Anonyme, 2008).

Concernant les hippocampes, il apparaît que la présence des deux espèces (*Hippocampus hippocampus* et *Hippocampus guttulatus*) est avérée sur toute la côte camarguaise. En effet, les prospections à la drague

par le PNR de Camargue (Vacquier, 2008) avaient permis l'observation de 2 individus d'hippocampe à museau court (*Hippocampus hippocampus*). D'autre part, le travail initié par l'Association Peau-Bleue et Patrick Louisy de caractérisation participative des habitats d'hippocampes (Hippo-Atlas et Hippo-Habitat) a montré que les 2 espèces avaient été observées par les plongeurs sous-marins sur la côte méditerranéenne en de nombreux endroits, dont la Camargue.

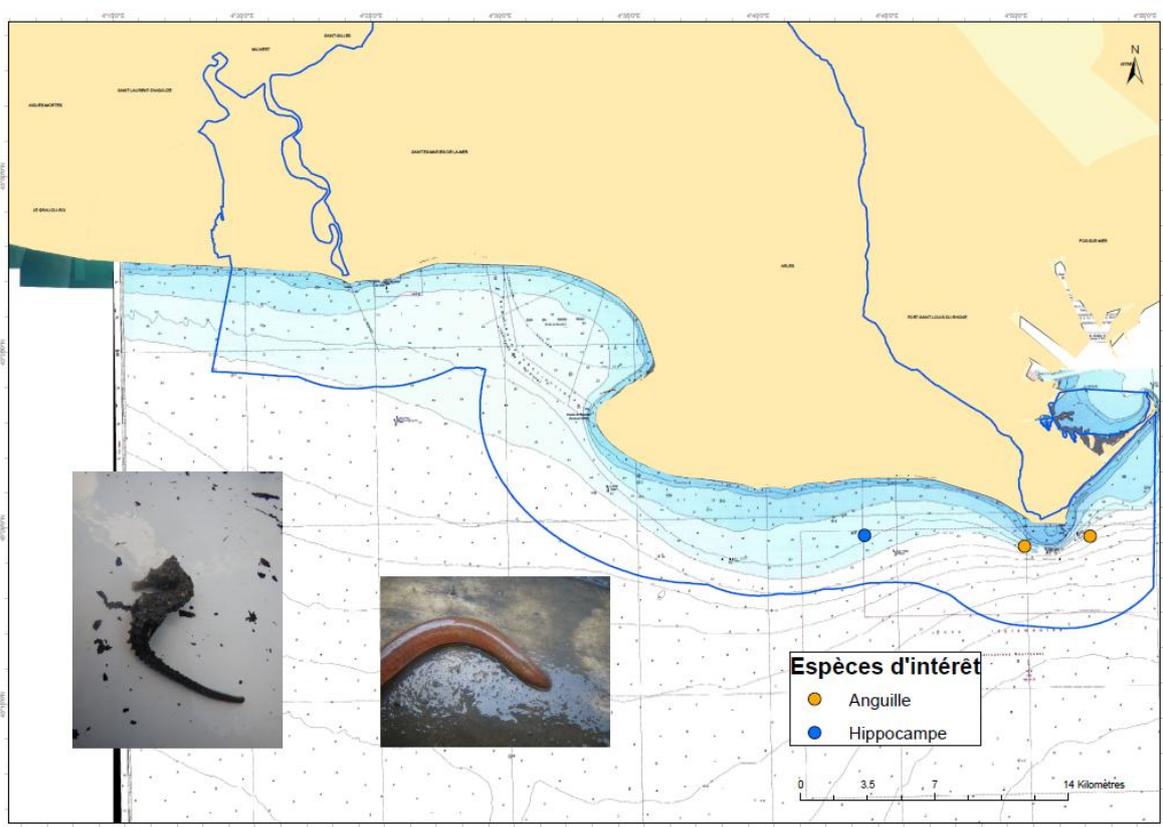


Figure 105 : Abondance de *Hippocampus hippocampus* et *Anguilla anguilla*

### 1.2.5 CONCLUSION

Le tableau n°28 comparant l'ensemble des éléments aidant à caractériser l'état écologique permet d'isoler quelques stations montrant des signes convergents de déséquilibre entre indicateurs de surcharges de matière organique et les indicateurs de perturbation physique.

Une fois encore, ces indicateurs ne sont pas de nature à diagnostiquer les habitats benthiques de ce secteur de la Camargue comme étant de mauvaise qualité écologique, même si les situations de référence sont absentes et si des signes d'enrichissement organique et de perturbation physiques sont sensibles dans les secteurs les plus côtiers.

N'existant pas à l'heure actuelle d'indicateur fiable pour caractériser l'état de conservation des biocénoses de substrats meubles, il s'agit de présenter ici une liste de descripteurs objectifs des résultats obtenus. Même des indicateurs tels que l'AMBI ou le BENTIX sont sujets à caution et discussion.

STATIONS	ARGILES ET SILTS <63 µm (%)	Carbone Organique Total	Indice de Shannon	indice de Piélou	AMBI	BENTIX	Espèces "sentinelles d'instabilité" (%)
1	0.40	2	4.30	0.87	0.732	5.712	0.78
2	76.26	8	3.19	0.92	2.025	5	18.18
3	0.19	1.7	3.94	0.80	0.538	5.774	8.22
5	0.63	1.9	2.42	0.59	0.423	6	0.00
11	59.21	8.2	1.92	0.83	1.714	5.138	0.00
12	0.39	1.9	3.67	0.73	0.679	5.944	3.33
13	1.41	2.4	3.84	0.85	0.911	5.596	0.00
14	0.49	2.2	3.79	0.77	0.772	5.472	7.69
21	95.85	10.8	3.20	0.92	1.222	5.556	17.86
22	1.46	4.3	2.61	0.69	0.845	5.492	7.14
23	0.96	2.9	4.09	0.83	0.659	5.928	8.33
24	0.50	2.1	4.33	0.86	1.034	5.67	12.12
28	92.47	12.1	2.68	0.89	1.7	5.47	6.67
29	2.52	2.7	4.30	0.88	1.316	5.574	1.61
31	3.88	2.7	3.79	0.80	0.715	5.628	3.49
39	86.33	10.2	4.13	0.93	1.375	5.444	19.44
40	94.95	8.1	3.99	0.96	1.278	5.408	7.41
42	95.46	8.5	2.66	0.77	1.342	5.896	28.21
50	1.59	2.2	3.34	0.74	1.18	5.906	2.15
51	76.26	7.7	3.03	0.79	1.953	4.792	36.36
52	94.14	6.8	3.30	0.83	1.929	4.928	30.36
54	74.34	6.8	3.21	0.84	1.714	5.236	17.78
55	6.55	2.8	3.89	0.82	1.151	5.586	17.98
57	48.94	5	3.54	0.79	1.654	5.174	36.76
58	1.73	2.2	3.55	0.81	1.079	5.516	6.42
61	1.05	2.1	3.94	0.82	1.344	5.276	4.86
63	34.81	3.3	4.00	0.87	1.354	5.068	10.00
64	44.61	3.6	3.49	0.74	1.773	4.958	28.81
66	93.73	12.7	3.24	0.85	1.743	4.59	13.51
70	23.40	3.7	3.43	0.72	1.605	4.792	25.54
71	36.24	4	4.20	0.88	1.444	5.254	20.00
72	77.93	7.5	3.51	0.88	2.08	4.45	28.89
73	52.38	9.5	2.59	0.65	0.768	5.872	13.01
74	52.19	4.7	3.01	0.63	1.423	4.924	0.53
76	27.31	3.4	3.90	0.83	1.014	5.848	20.56
77	2.01	3.2	4.19	0.86	0.87	5.784	0.00

Tableau 25: Synthèse des descripteurs écologiques sur les campagnes de prélèvements 1/2

STATIONS	ARGILES ET SILTS <63 µm (%)	Carbone Organique Total	Indice de Shannon	indice de Pielou	AMBI	BENTIX	Espèces "sentinelles d'instabilité" (%)
78	24.57	5.1	3.48	0.64	2.11	3.77	21.70
80	35.00	3.4	3.86	0.80	1.252	5.266	8.13
82	0.41	2.1	3.94	0.80	0.76	5.668	1.28
85	53.79	7.6	3.88	0.75	1.725	4.412	17.74
87	0.00	<1.5	3.00	0.87	0.474	6	0.00
90	3.21	6.9	4.43	0.81	1.253	5.098	13.47
91	88.66	11.5	3.16	0.85	1.278	4.81	0.00
92	1.61	2.5	2.82	0.68	0.857	5.716	0.00
94	0.21	1.6	3.64	0.80	0.505	5.778	1.04
95	0.00	<1.5	2.41	0.86	0.375	6	0.00
102	75.93	8.9	3.23	0.87	1.75	4.782	25.64
104	10.03	2.2	3.70	0.90	1.19	5.582	3.03
105	0.65	2	3.20	0.72	0.322	5.852	0.93
108	0.00	<1.5	2.05	0.88	0.214	6	0.00
114	0.00	<1.5	2.76	0.77	0.142	6	0.00
115	2.61	2.9	4.10	0.91	1.295	5.45	6.52
116	86.50	11.1	2.88	0.68	1.966	3.842	11.11
117	2.68	2.8	2.99	0.73	1.447	5.648	3.39
119	92.66	15.2	2.87	0.72	2.025	3.9	6.98
122	89.74	14.8	1.87	0.52	1.154	4.768	0.00
123	94.83	14.5	2.81	0.66	1.268	4.832	9.02
126	95.89	14.7	2.84	0.65	2.342	3.338	10.88
127	78.80	17.4	2.82	0.76	2.051	4.408	28.42
128	94.77	13.4	2.66	0.70	1.654	4.248	9.59
130	80.15	14.4	1.50	0.41	2.647	2.864	14.22
131	0.00	1.6	3.09	0.93	0.3	6	0.00
133	93.86	12.1	2.84	0.65	1.677	4.148	7.98
136	60.82	16.7	2.44	0.61	2.616	2.884	3.49
137	86.11	18.5	2.35	0.62	2.496	3.244	4.10
138	86.22	17	2.63	0.67	1.936	3.836	6.29
139	81.48	15.8	3.43	0.74	1.97	4.264	27.32
141	100.03	13.9	2.95	0.72	2.25	3.63	10.61
143	87.12	16	3.02	0.76	2.012	4.244	34.09
144	92.27	16.9	2.23	0.56	1.424	4.448	2.84
146	95.63	13.8	3.63	0.85	2.195	3.952	8.89
148	92.44	15.2	2.49	0.64	1.122	4.818	0.00
149	95.27	13.6	2.34	0.61	2.164	3.444	6.25

Tableau 26: Synthèse des descripteurs écologiques sur les campagnes de prélèvements 2/2

## 2 ETAT DE CONSERVATION DES HERBIERS DE ZOSTERES

### 2.1 RAPPEL DES DESCRIPTEURS CHOISIS

- Sédiment de l'herbier (granulométrie, COT) ;
- Etat de vitalité des Zostères :
  - Densité de pieds ;
  - Biomasse sèche ;
  - Nombre de feuilles par faisceau ;
  - Longueur maximale des feuilles ;
  - Largeur moyenne des feuilles ;
  - Observation de l'épiphytage.
  
- Evaluation de la fonctionnalité de l'herbier (macrofaune associée à l'herbier).

### 2.2 RESULTATS

#### 2.2.1 ANSE DE CARTEAU

D'un point de vue fonctionnel, la biocénose des Sables Vaseux de Mode Calme (SVMC) a révélé la présence de deux faciès principaux d'épiflore formant une vaste étendue de zostères naines (*Zostera noltii*) et/ou de cymodocées (*Cymodocea nodosa*). Ces deux espèces peuvent être présentes soit de manière imbriquée, soit sous forme de patches séparés. La prairie mixte est très largement dominée par l'actinaire *Anemonia viridis*, en épibionte sur les faisceaux des deux magnoliophytes.



Figure 106 : Prairie mixte de magnoliophytes marines (gauche) et *Anemonia viridis* (centre) et *Symphodus cinereus* (droite)

Les transects réalisés en plongée n'ont pas permis d'observer beaucoup d'espèces. Quelques macro-espèces ont été recensées dont le spirographe *Spirographis spalanzanii*, le gastéropode *Nassarius sp.* ainsi que des pontes de buccin *Buccinum sp.* Parmi les poissons, citons la présence de quelques gobies (*Gobius roulei*, *Pomatochistus pictus* et *P. microps*) et du crénilabre cendré (*Symphodus cinereus*).

D'un point de vue fonctionnel, nous pouvons compléter l'analyse par celle faite par le GIS Posidonies (2008) lors de leur cartographie du Golfe de Fos. En effet, les nombreuses prospections au sonar, en plongée sous-marine et ROV ont permis de décrire de manière relativement exhaustive la prairie mixte de zostères naines / cymodocées et les espèces associées.

La description faite par le GIS Posidonies (Ruitton *et al.*, 2008) est la suivante « *Au sein de la prairie, de nombreuses petites anémones Anemonia viridis colonisent les feuilles des deux espèces de magnoliophytes (Photo 42). Le peuplement de mollusques du secteur est particulièrement diversifié et abondant (dont les gastéropodes Ceritium sp., Hexaplex trunculus, Monodonta sp. et les bivalves Acanthocardia aculeata, A. echinata (Photo 43), A. paucicostata, A. tuberculata, Anomia ephippium, Atrina fragilis form spinulosa (Photo 45), Barnea candida, la coque Cerastoderma glaucum, Lutraria lutraria (Photo 44), Musculista senhousia (Photo 24), la moule Mytilus galloprovincialis, l'huître Ostrea edulis, la coquille Pecten jacobaeus, Pinna nobilis (Photo 46), Psammobia depressa, la palourde Tapes decussatus, la praire Venus verrucosa (Photo 37) et les couteaux). Parmi ces espèces, 3 sont patrimoniales (le jambonneau fragile Atrina fragilis, la grande nacre P. nobilis et la palourde Tapes decussatus) et plusieurs ont un intérêt commercial (les coques, les praires, les palourdes, les coquilles Saint-Jacques, les moules, les huîtres et les couteaux)* ».

Concernant l'état de conservation, celui-ci est jugé par le GIS Posidonies en bon état selon les critères « Degré de conservation de la structure », « Degré de conservation des fonctions » et « Possibilité de restauration ».

Au vu des pressions anthropiques du secteur, la capacité de l'habitat à maintenir sa structure afin de conserver ses fonctions est considérée comme bonne. Une amélioration est toutefois envisageable si la qualité des eaux rejetées s'améliore au travers de l'assainissement des eaux.

## 2.2.2 HERBIER DU GRAU DE LA DENT

En proximité de l'herbier, de nombreux juvéniles de mullets (*Chelon labrosus*) et de loup (*Dicentrarchus labrax*) ont été observés ainsi que des athérines *Atherina hepsetus*, des sars *Diplodus vulgaris* (6 individus), une seiche (*Sepia officinalis*), des labres (*Symphodus spp.*) ainsi qu'une dorade (*Sparus aurata*). Près du fond, ce sont les gobies-léopard (*Thorogobius ephippiatus*), les triptérygions (*Trypterygion delaisi*) et les girelles communes (*Coris julis*) qui sont observées.

Des petites moulières à *Mytilus galloprovincialis* ont été observées en plongée. Ces patchs sont dispersés sous forme de patchs d'une quinzaine d'individus maximum. Celles-ci ne sont pas présentes au sein de l'herbier mais en bordure, proche du chenal ou sous les pontons.



Figure 107 : *Mytilus galloprovincialis* (gauche et centre) et vue sous les pontons (droite)

La faible hauteur d'eau ne permet pas de réaliser de transects en plongée sous-marine à l'intérieur des herbiers de zostères mais des prélèvements sur quadrats ont été réalisés pour caractériser l'endofaune. Parmi celle-ci, les mollusques sont présents en densité importante avec notamment les palourdes (*Tapes aureus*), les coques (*Cerastoderma glaucum*) et les cyclo-nasses *Cyclope neritea*. Des estimations de densité ont été faites sur ces 3 espèces à partir des prélèvements sur quadrats : la palourde est la mieux représentée (72 individus/m<sup>2</sup>), puis la coque (12 individus/m<sup>2</sup>) et *Cyclope neritea* (entre 10 et 15 individus/m<sup>2</sup>).



Figure 108 : Illustration de l'endofaune de l'herbier du Grau de la Dent

Concernant l'état de conservation, il est difficile, sans valeur-seuil de comparaison, d'évaluer l'état de santé de l'herbier du Grau de la Dent. Si l'on se base sur les observations faites sur l'Anse de Carteau, on peut donc juger que cet herbier est dans un état écologique moyen du point de vue de la fonctionnalité et de la possibilité de restauration de ces fonctions.

Au vu des pressions anthropiques du secteur (zone portuaire, curage régulier du chenal), la capacité de l'habitat à maintenir sa structure afin de conserver ses fonctions peut être considérée comme moyenne. Une amélioration est peu envisageable au vu de la localisation de l'herbier et des contraintes à proximité.

### 2.2.3 HERBIER DE BEAUDUC

La caractérisation faunistique des espèces des herbiers de zostères n'a pas pu être faite sur l'herbier n°1. En fait ce dernier, du fait de sa très faible profondeur ne permet pas de réaliser de transects ou de passer à travers l'herbier pour observer la faune puisque les faisceaux des zostères remontent jusqu'à la surface. Toutefois, lors des prélèvements, des comptages et de la réalisation de photographies sous-marines, très peu d'espèces ont été observées, hormis quelques crabes (*Carcinus mediterraneus*), coques (*Cerastoderma glaucum*) et palourdes (*Tapes aureus*).

L'herbier n°2 s'est révélé beaucoup plus riche et diversifié tant en espèces sessiles que vagiles. Il semble réellement que cet herbier joue un rôle de refuge ou de nurserie à de nombreuses espèces vagiles, puisque de nombreuses espèces de juvéniles de poissons ont été observées. Les juvéniles les plus communs sont le sar commun (*Diplodus sargus sargus*), le sar à tête noire (*Diplodus vulgaris*), le mullet doré (*Liza aurata*) et le rouget-barbet de roche (*Mullus surmuletus*). Notons aussi l'observation un individu du loup de Méditerranée (*Dicentrarchus labrax*). Des individus adultes de mullet doré, de rouget-barbet de roche ont été observés mais aussi une dorade royale (*Sparus aurata*), un congre (*Conger conger*) et une seiche (*Sepia officinalis*).



Figure 109 : *Sepia officinalis* (gauche), juvéniles de poissons (centre) et *Diplodus* sp. (droite)

Parmi les espèces sessiles benthiques, les ascidies sont bien présentes avec le violet ou biju (*Microcosmus sabatieri*). De nombreux tubes de spirographes (*Spirographis spalanzani*) ont été observés mais aucun individu ne présentait un panache déployé. Quelques « paquets » de moules (*Mytilus galloprovincialis*

ou *M. galloprovincialis*) sont dispersés sur l'herbier sans toutefois former de véritables bancs. Enfin en densité importante, deux espèces « visibles » ont notées : les bispères (*Bispira volutacornis*) dont le panache se rétracte à la moindre approche et les coques (*Cerastoderma glaucum*), à moitié ensablées. Il est fort probable que d'autres bivalves (couteaux, scrobiculaires, palourdes) s'enfouissent dans le sédiment au sein de l'herbier mais des carottages seraient nécessaires pour s'en assurer.



Figure 110 : *Mytilus galloprovincialis* (gauche), *Microcosmus sabatieri* (centre) et *Bispira volutacornis* (droite)

Concernant l'état de conservation, comme pour l'herbier du Grau de la Dent, il est difficile, sans valeur-seuil de comparaison, d'évaluer l'état de santé de l'herbier du Grau de la Dent. Si l'on se base sur les observations faites sur l'Anse de Carteau, on peut donc juger que cet herbier est dans un état écologique moyen à bon du point de vue de la fonctionnalité et de la possibilité de restauration de ces fonctions.

Malgré les pressions anthropiques du secteur (activités de kite-surf, piétinement, pêche à pied), la capacité de l'habitat à maintenir sa structure afin de conserver ses fonctions peut être considérée comme bonne. Une amélioration est envisageable si une campagne d'informations/sensibilisation est mise en place sur ces zones.

### 2.3 CONCLUSION

Au vu des différentes observations réalisées, il semble que l'état de conservation des herbiers de zostères est variable d'un site à l'autre. Cela est fortement dépendant de son état actuel (superficie, degré de fragmentation), de sa localisation (zone ouverte/fermée) et des pressions environnantes (pêche à pied, rejet d'eaux usées, piétinement, arrachage). La prairie mixte de l'Anse de Carteau semble être l'herbier dans le meilleur état au vu de sa superficie et des mesures morphométriques réalisées. A notre sens, l'herbier n°2 de Beauduc (partie nord) est lui aussi dans un bon état écologique au vu de l'aspect fonctionnel important observé (nombreux juvéniles de poissons) malgré une superficie importante. L'herbier du Grau de la Dent, quant à lui, est situé dans une zone où les activités humaines limitent sa propagation. Malgré une fragmentation qui semble importante, les résultats des paramètres morphométriques sont similaires à ceux des autres herbiers.

## CONCLUSION GENERALE

Le travail réalisé lors de ce marché a permis, d'une part, de cartographier les grands ensembles biosédimentaires (substrats meubles et substrats rocheux) sur la zone Natura 2000 « Camargue » et d'autre part, de caractériser l'état de conservation et l'état écologique des peuplements associés à ces ensembles biosédimentaires.

Ainsi, les résultats de cartographie obtenus ont permis de réaliser la première cartographie des habitats marins de substrats meubles à l'échelle de la Camargue. Les principaux habitats Natura 2000 de substrats meubles décrits dans la littérature (in Bensettiti, 2004) caractérisent le périmètre d'étude avec :

- une large dominance de sédiments fins bien calibrés (1110-6) avec une diversité d'endofaune relativement bonne ;
- une couverture homogène en vases terrigènes côtières entre 15 et 80 mètres de profondeur ;
- une lagune méditerranéenne d'intérêt prioritaire au vu des herbiers de Zostères ;
- une bonne représentation des laisses de mer sur la partie supralittorale, dominées par des accumulations de bois flotté et de troncs d'arbres échoués.

L'évaluation de l'état de conservation de ces peuplements est complexe et nécessite l'utilisation de nombreux indicateurs. Il semble toutefois que l'on peut considérer l'ensemble de ces habitats en bon état écologique avec cependant une nécessité de développer de nouveaux critères pour améliorer l'évaluation et notamment l'impact de la pêche sur les communautés benthiques.

Concernant les substrats rocheux, ceux-ci se présentent sous la forme de récifs artificiels. Bien que très faiblement représentés, ils sont d'un intérêt important pour le développement de biocénoses originales et rares à l'échelle du site. Les mesures d'évaluation de l'état de santé sont elles aussi difficiles à réaliser : peu de descripteurs pertinents et normalisés à l'heure actuelle. On peut considérer toutefois que ces habitats sont fragiles et soumis à de nombreuses pressions de pêche.

Ainsi, au sein de la zone de Camargue, de nombreux habitats régionaux déterminants ont été recensés et cartographiés. Un travail de suivi et de complément doit être désormais engagé pour améliorer la caractérisation de l'ensemble des habitats d'intérêt communautaire.



## PARTIE 5 : BIBLIOGRAPHIE

### Publications et ouvrages scientifiques :

ALOISI J.C. (1986). *Sédimentologie Golfe du Lion : Sur un modèle de sédimentation deltaïque: contribution à la connaissance des marges passives*. Thèse Doctorat es Sciences, Université de Perpignan, 162p.

ANDRAL B. (2007). *Aide à la définition des conditions de référence pour le contrôle de surveillance au titre de la Directive Cadre Eau pour les bassins Rhône Méditerranée & Corse. Mise en œuvre de l'exercice d'intercalibration*. Publications Ifremer.

ANDROMEDE OCEANOLOGY (2012). *Inventaire et cartographies des habitats marins du « Bancs sableux de l'Espiguette »* (Titre provisoire, en cours de validation). Contrat Agence des aires Marines Protégées.

ANONYME (2009). *DOCOB Natura 2000 « Camargue » FR 9301592 & FR 9310019 - Atlas cartographique*. Parc Naturel Régional de Camargue. Document de travail (version 27.08.2009)

ANONYME (2010). *Une réserve marine pour le golfe de Beauduc*. Parc Naturel Régional de Camargue.

ANONYME (2011). *Plan de gestion des poissons migrateurs -PLAGEPOMI- 2010-2014*. Bassin Rhône-Méditerranée. DREAL Rhône-Alpes.

ARNOUX A., AUCLAIR D. ET BELLAN G. (1973). *Etude de la pollution chimique des sédiments marins du secteur de Cortiou (Marseille) : Relations avec les peuplements macrobenthiques*. *Téthys*, 5 (1) :115-123.

ASSOCIATION MIGRATEURS RHONE-MEDITERRANEE (2008). *Etude de définition des enjeux de conservation des poissons liés à l'élaboration du DOCOB Natura 2000 du SIC FR9301592 "Camargue »*.

ASTRUCH P., BOCOGLANO J.M., RUITTON S., BONHOMME D., DONATO M., SIALELLI J., FRALEU B. (2008). *Cartographie du domaine marin de la zone industrielle et portuaire du golfe de Fos (Bouches du Rhône, France) : une étape vers un outil de gestion pour la mise en place d'actions environnementales*. GIS Posidonies/Grand Port Maritime de Marseille.

BAUTISTA-VEGA A., LETOURNEUR Y., HARMELIN-VIVIEN M. AND C. SALEN-PICARD (2008). *Difference in diet and size-related trophic level in two sympatric fish species, the red mullets *Mullus barbatus* and *Mullus surmuletus*, in the Gulf of Lions (north-west Mediterranean Sea)*. *Journal of Fish Biology* (2008) 73, 2402-2420.

BELLAN G. (non daté). *Répartition biogéographique et bionomique de quelques annélides polychètes de méditerranée occidentale et du proche océan*.



- BELLAN G. (1963). *Nouvelle contribution à l'étude de la microfaune annélide de la région de Marseille*. Rec. Trav. St. Mar. End. Bull 29 44 1963.
- BELLAN G. (1967). *Pollution et peuplements benthiques sur substrat meuble dans la région de Marseille. Première partie. Le secteur de Cortiou. Rev. intern. Océanogr. méd., 6-7 :51-95. Deuxième partie. L'ensemble portuaire marseillais. Ibidem., 8 : 51-95.*
- BELLAN G., BOURCIER M. (1984). *Bilan écologique du détournement permanent d'un petit fleuve côtier dans l'émissaire d'eaux usées d'une grande ville. Marine Environmental Research 12 (1984) 83-111.*
- BELLAN G., BOURCIER M. (1990). *Les enseignements d'une étude sur dix ans (1976-1986) des peuplements de substrats meubles au large d'un émissaire d'eaux usées : Marseille-Cortiou. Cahier de Biologie Marine (1990): 225-249. Roscoff*
- BELLAN G. (1991). *Characteristic, indicative and sentinel species: from the conception to the utilisation. 95-100 in : Perturbation and recovery for terrestrial and aquatic ecosystems. O. Ravera Ed., Ellis Horwood Ltd. Publ., Chichester, England, 613 p.*
- BELLAN G. & BOURCIER M. (1992). *Bilan écologique du détournement permanent d'un petit fleuve côtier dans l'émissaire d'eaux usées d'une grande ville. Mar. Environ. Res. 12: 103-111*
- BELLAN G. & BOURCIER M. (1990). *Les enseignements d'une étude de dix ans (1976-1986) des peuplements de substrats meubles au large d'un émissaire d'eaux usées: Marseille-Cortiou. Cahiers Biol. Mar.: 31: 225-249.*
- BELLAN G., BOURCIER M. SALEN-PICARD C., ARNOUX A. & CASSERLEY S. (1999). *Benthic Ecosystem Changes Associated with Wastewater Treatment at Marseille: Implications for the Mediterranean Protection and Recovering. Water Environment Research, 71 (4): 483-493.*
- BLANDIN P. (1986). *Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques. Bulletin Ecologie 17 : 215-307.*
- BELLAN-SANTINI D., LACAZE JC., POZAT C (1994). *Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives. Collection Patrimoines naturels, volume 19. Secrétariat de la faune et de la flore / MNHN, Paris, 246 p.*
- BELLAN-SANTINI D., PICARD P., ROMAN (1984). *Contribution à l'étude des peuplements des invertébrés des milieux extrêmes, Distribution des crustacés de la macrofaune des plages de delta du Rhône.*



BELLAN-SANTINI D., BELLAN G., BOUDOURESQUE C. F., FRANCOUR P., HARMELIN J. G., PEREZ T., RUITTON S., VACELET J., VERLAQUE M. ET ZIBROWIUS H. (2003). *INVENTAIRE DU PATRIMOINE NATUREL, Programme National d'Inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique, ZNIEFF-Mer*, Documents techniques. DIREN-Provence-Alpes-Côte d'Azur, 38p.

BENSETTITI F., BIRET F., ROLAND J. & LACOSTE J.-P. (coord.), 2004. « *Cahiers d'habitats* » *Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 2 - Habitats côtiers*. MEDD/MAAPAR/MNH. Éd. La Documentation française, Paris, 399 p. + cédérom.

BIOTOPE, P2A DEVELOPPEMENT (2007). *Etude globale sur la telline en Camargue - Donax trunculus (Linné1767) - Parc Naturel Régional de Camargue*. Rapport intermédiaire de la campagne d'automne. Contrat Biotope/ P2A Développement - Parc Naturel Régional de Camargue, juin 2007.

BOURCIER M. (1976). *Economie benthique d'une baie méditerranéenne largement ouverte et des régions marines en fonction des influences naturelles et humaines*. Univ. Aix-Marseille II, Thèse Doct. Etat : 1-161 + I-L.

BOURCIER M., NODOT C., JEUDY DE GRISSAC A., TINE J. (1979). *Répartition des biocénoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la Rade de Toulon*. *Téthys*, 9 (2) : 103-112.

BRL INGENIERIE, CREOCEAN (2004). *Diagnostic préalable pour une gestion halieutique dans la zone marine du Parc Naturel Régional de Camargue*. Parc Naturel Régional de Camargue.

CAMPILLO A., BIGOT JL. (1992). *Les pêcheries françaises de Méditerranée. Synthèse des connaissances*. IFREMER-CEE.

CAMPILLO A., ALDEBERT Y., BIGOT JL., LIORZOU B. (1989). *Données sur la répartition des principales espèces commerciales du golfe du Lion*. Rapports internes de la Direction des Ressources Vivantes de l'IFREMER.

CEREGE (2007). *Compte-rendus de relevés de terrain 2004-2005 réalisés par le CEREGE pour le PNR Camargue*. Parc Naturel Régional de Camargue.

COUNIL A., GANDON L., GOARANT A., PONTONNIER C., ROQUE L., TIRARD N. (non daté). *Les lisses de mer sur le littoral de Camargue : caractéristiques, localisation, intérêt d'un suivi*. Rapport de stage INP Toulouse ENSAT / PNR Camargue.

CRIVELLI A.J., AUPHAN N., CONTOURNET P., MENELA J-Y. (2004). *Etude de l'amélioration du recrutement en civelles de la lagune du Vaccarès. Campagne d'études 2004*. Plan Migrateurs Rhône-Méditerranée. Station biologique de la Tour du Valat, Association Migrateurs Rhône-Méditerranée.



CRIVELLI A.J., AUPHAN N., CONTOURNET P., MENELA J-Y. (2005). *Etude de l'amélioration du recrutement en civelles de la lagune du Vaccarès. Campagne d'études 2005*. Plan Migrateurs Rhône-Méditerranée. Station biologique de la Tour du Valat, Association Migrateurs Rhône-Méditerranée.

CSRPN. *L'actualisation de l'inventaire des ZNIEFF de Provence Alpes Côte d'Azur*. Annexe 1: Liste des espèces et habitats déterminants et remarquables.

DARNAUDE A. (2003). *Apport fluviaux en zone côtière et réseaux trophiques marins benthiques: Transfert de matière organique particulaire terrigène jusqu'aux poissons plats au large du Rhône*. Thèse de doctorat, université de la méditerranée Aix-Marseille 2.

DARNAUDE A., CHANTAL SALEN-PICARD C., POLUNIN N., HARMELIN-VIVIEN M. (2004). *Trophodynamic linkage between river runoff and coastal fishery yield elucidated by stable isotope data in the Gulf of Lions (NW Mediterranean)*. *Oecologia* (2004) 138: 325-332.

DARNAUDE A. (2005). *Fish ecology and terrestrial carbon use in coastal areas: implications for marine fish production*. *Journal of Animal Ecology* 2005 74 , 864-876.

DAUVIN J.C., BELLAN G., BELLAN-SANTINI D. (2010). *Benthic indicators : From subjectivity to objectivity - Where is the line?* *Marine Pollution Bulletin* 60 : 947-953.

DAUVIN J.-C., ALIZIER A. , ROLET C., BAKALEM A., BELLAN G. , GOMEZ GESTEIRA J. L., GRIMES S., DE-LA-OSSA-CARRETERO, DEL-PILAR-RUSO. (2012). *Response of different benthic indices to diverse human pressures*. *Ecological Indicators* 12:143-153

FARRUGIO H., LE CORRE G. (1986). *Interactions entre pêcheries de lagunes, pêcheries côtières et pêche au chalut dans le golfe du Lion*. Rapport Ifremer.

FEBVRE-CHEVALIER C. (1969). *Etude bionomique des substrats meubles dragables du golfe de Fos*. *Téthys*, 1(2) :421-476.

FERRATON F. (2007). *Ecologie trophique des juvéniles de merlu dans le golfe du Lion. Implications biologiques de la variabilité spacio-temporelle des ressources alimentaires exploitées dans les zones de nourricerie*. Thèse de doctorat, université de Montpellier 2.

FERRATON F., HARMELIN-VIVIEN M., MELLON-DUVAL C., SOUPLET A. (2007). *Spatio-temporal variation in diet may affect condition and abundance of juvenile European hake in the Gulf of Lions (NW Mediterranean)*. *Mar. Ecol Prog Ser*. Vol. 337: 197-208, 2007.

GLEMAREC M. ET BELLAN-SANTINI D., 2004 - HABITATS MARINS. IN : BENSETTITI F., BIORET F., ROLAND J. ET LACOSTE J.P. (coord.), 2004. « *Cahiers d'habitats* » Natura 2000. *Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 2 - Habitats côtiers*. MEDD/MAAPAR/MNH. Éd. La Documentation française, Paris, 399 p. + cédérom.

HELOIN Y. (2004). *Pré-inventaire qualitatif et premiers travaux sur la dynamique des poissons du golfe de Beauduc*. Parc Naturel Régional de Camargue.

HELOIN Y. (2005). *Etude de faisabilité d'une Aire Marine Protégée dans la zone marine du Parc Naturel Régional de Camargue*. Rapport de stage. Master 1 Université de Montpellier. Parc Naturel Régional de Camargue.

HELOIN Y. (2005). *Rapport annexe à l'étude de faisabilité d'une AMP sur la zone marine du PNRC. Richesse biologique de la zone marine du PNR de Camargue: compilation de résultats obtenus entre 1955 et 2004*. Rapport de stage Master 2, Université de Montpellier.

HERMAND R. (2008). *Réponse d'une communauté macrobenthique Méditerranéenne soumise à des apports sédimentaires allochtones naturels ou anthropiques*. Thèse de doctorat Océanographie. C.O.M

HERMAND R., SALEN-PICARD C., ALLIOT E., DEGIOVANNI C. (2008). *Macrofaunal density, biomass and composition of estuarine sediments and their relationship to the river plume of the Rhone River (NW Mediterranean)*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Volume 79, Issue 3, 10 September 2008, Pages 367-376

KANTIN, ANDRAL, DEBARD, DENIS, DEROLEZ, EMERY, GANZIN, HERVE, LAUGIER, LE BORGNE, HOSTIS, OHEIX, ORSONI, RAOULT, SARTORETTO, TOMASINO (2006). *REBENT MED Avant projet-sommaire+Annexes*.

LABRUNE C., GREMARE A., AMOUROUX J.-M., SARDA R., GIL J., TABOADA S. (2008). *Structure and diversity of shallow soft-bottom benthic macrofauna in the Gulf of Lions (NW Mediterranean)*. *Helgoland Marine Research* 62, 201-214.

LABRUNE C., AMOUROUX J.M., SARDA R., DUTRIEUX E., THORIN S., ROSENBERG R., GRÉMARE A. (2006). *Characterization of the ecological quality of the coastal Gulf of Lions (NW Mediterranean). A comparative approach based on three biotic indices*. *Marine Pollution Bulletin* 52, 34-47.

LABRUNE C., GREMARE A., AMOUROUX J.M., SARDA R. (2006). *Diversity of polychaete fauna in the Gulf of Lions (NW Mediterranean)*. *Life and Environment*, 56:315-326.

LABRUNE C., GRÉMARE A., AMOUROUX J.M., SARDA R., GIL JOAO, TABOADA S. (2005). *Assessment of soft-bottom polychaete assemblages in the Gulf of Lions (NW Mediterranean) based on a mesoscale survey*. Estuarine, Coastal and Shelf Science 71 (2006) 1-15.

LEBEL I., AUPHAN N., BROUSSE L., MENELLA J-Y. (2007). *Le plan Migrateurs Rhône -Méditerranée : actions en faveur de la biodiversité*. Cybium 2007, 31(2): 261-273.

LETOURNEUR Y., DARNAUDE AM, SALEN-PICARD C., HARMELIN-VIVIEN M.L. (2001). *Spatial and temporal variation of fish assemblages in a shallow mediterranean soft-bottom area (Gulf of Fos, France)*.

MARIN C. (1962). *Etude des fonds chalutables de la Méditerranée occidentale (écologie et pêche). Résultats des campagnes des navires océanographiques "Président-Théodore-Tissier" 1957 à 1960 et "Thalassa" 1960 et 1961*. Rapport Ifremer.

MASSÉ H. (1972). *Quantitative investigations of sand-bottom macrofauna along the North-West coast*. Marine Biology 15, 209--220 (1972).

MASSE H. (1972). *Contribution à l'étude de la macrofaune de peuplements des sables fins infralittoraux des côtes de Provence - V. La Côte de Camargue*. Téthys 3 (3) pp 539-568

NOEL C. (2008). *Rapport de synthèse-Cartographie des fonds marins du golfe de Beauduc et plongées d'interprétation*. Rapport SEMANTIC+ données SIG. Parc Naturel Régional de Camargue.

P2A DEVELOPPEMENT (2008). *Plongées d'observations et inventaires qualitatif sur les épaves, récifs artificiels et herbier de zostères naines. Fonds marins du delta du Rhône*. Parc Naturel Régional de Camargue.

PÈRÈS J.M, (1967). *The mediterranean benthos*. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 5, 449-533.

PÈRÈS J.M., PICARD J., (1964). *Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée*. Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume, Marseille, 31, fasc. 47, 5-137.

PICARD J. (1965). *Recherches qualitatives sur les biocénoses marines des substrats meubles dragables de la région marseillaise*. Rec. Trav. St. mar. Endoume , 52 (Bull. 36) : 1-160.

PICARD C. (1972). *Les peuplements de vase au large du golfe de Fos*. Téthys, 3 (3) pp. 569-618.

PICARD J., BOURCIER M. (1976). *Evolution sous influences humaines des peuplements benthiques des parages de La Ciotat entre 1954 et 1972*. Téthys, 7 (2-3) : 212-222.

PICON B., PROVANSAL M. (2002). *Faut-il se protéger de la mer ? Instabilités naturelles et politiques publiques dans le delta du Rhône*. Faire Savoirs n°2, octobre 2002.

PNUE-PAM-CAR/ASP (2007). *Manuel d'interprétation des types d'habitats marins pour la sélection des sites à inclure dans les inventaires nationaux de sites naturels d'intérêt pour la Conservation*. Pergent G., Bellan-Santini D., Bellan G., Bitar G., Harmelin J.G. eds., CAR/ASP publ., Tunis : 199pp.

RESERVE NATURELLE DE CAMARGUE (2001-2009). *Suivi scientifique réserve de Camargue 2001-2009*.

ROMANO JC. (1979). *Etude des peuplements benthiques de substrats meubles au laarge du débouché en mer du grand collecteur de Marseille*. *Téthys* 9 (2) pp. 113-121.

RUITTON S., SIALELLI J., ASTRUCH P., BONHOMME D., DONATO M., FRALEU B., MAYOT N. (2008). *Etude et cartographie des biocénoses marines remarquables du golfe de Fos (Bouches-du-Rhône)*. Rapport final. Contrat Port Autonome de Marseille & GIS Posidonies - Copetech-SM - HydroConsult, GIS Posidonies publ. : 1-185.

SABATIER F. (2001). *Fonctionnement et dynamiques morpho-sédimentaire du littoral du delta du Rhône*. Thèse de doctorat, université Aix-Marseille 3. Université de droit, d'économie et des sciences d'Aix-Marseille III.

SALEN-PICARD C., ARLHAC D. (2000). *Long-term changes in a Mediterranean benthic community: relationships between the Polychaete assemblages and hydrological variations of the Rhône River*. *Estuaries* Vol. 25, No. 6A, p. 1121-1130.

SALEN-PICARD C., ARLHAC D., ALLIOT E. (2003) *Responses of a Mediteranean soft bottom community to short-term (1993-1996) hydrological changes in the Rhone river*. *Marine Environmental Research* 55 (2003) 409-427.

SALEN-PICARD C., BELLAN G. BELLAN-SANTINI D., ARLHAC D., MARQUET R. (1995). *Changements à long terme dans une communauté benthique d'un golfe méditerranéen soumis à des apports fluviatiles et à d'importants travaux d'aménagement portuaire*. *Oceanologica Acta* 20 (1) :299-310.

SIMBOURA N., ZENETOS A. (2002). *Benthic indicators to use in Ecological Quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new Biotic Index*. *Mediterranean Marine Science* Vol. 3/2, 2002, 77-111

ULLMAN A., MORON V. (2006). *Relation entre la pression atmosphérique et les niveaux marins extrêmes en Camargue : analyse spatiale et évolutions au XXe siècle*. Actes du colloque d'Épernay « Les risques liés au temps et au climat ».

VACQUIER C. (2007). *Inventaire de la macrofaune benthique du golfe de Beauduc en vue de l'élaboration d'un protocole de suivi biologique du littoral marin du PNR de Camargue*. Rapport de stage. Master 1 Centre Océanologie de Marseille. Parc Naturel Régional de Camargue.

VACQUIER C., MAROBIN-LOUCHE D., HEMERY G., LETOURNEUR Y. (2008). *Premières investigations sur la structure spatiale et saisonnière des peuplements de poissons des fonds meubles du golfe de Beauduc (Camargue, France)*. *Cybium*, 32(3):253-263.

VACQUIER C., MAROBIN-LOUCHE D., *La faune halieutique et les différentes pratiques et perspectives de la pêche en Camargue*. Parc Naturel Régional de Camargue.

VACQUIER C., MAROBIN-LOUCHE D., HEMERY G., LETOURNEUR Y. (2008). *Premières investigations sur la structure spatiale et saisonnière des peuplements de poissons des fonds meubles du Golfe de Beauduc (Camargue, France)*. *Cybium*, 32. DIMAR.

YONGE C. M. (1959). *On the structure, biology and systematic position of Pharus legumen*. *J. mar. Biol. Ass. U.K.* University of Glasgow

ZENETOS A., BELLOU N., ABOUSAMRA F. (). *The Use of BENTIX in Assessing Ecological Quality of Coastal Waters Across the Mediterranean*. IOC Workshop Report No. 195

### Identification des espèces :

ANDERSEN A. (2011). *Taxinomie des polychètes. Famille des Capitellidae*. Formation continue UPMC - MNHN. Station Biologique de Roscoff.

ANDERSEN A., GENTIL F. (2011). *Introduction générale Annélides polychètes. Famille des Spionidae*. Formation continue UPMC - MNHN. Station Biologique de Roscoff.

BARNICH R., FIEGE D. (2003). *The Aphroditoidea (Annelida : Polychaeta) of the Mediterranean Sea*. *Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft*. 559: 167pp.

BAYED A., GLÉMAREC M. (1987). *Apports de la mission BIOMAR à la connaissance des annélides polychètes du Maroc*. *Bull. Inst. Sci., Rabat*, n° 11 p.147-153.

- BERGBAUER M., HUMBERG B. (2007). *La vie sous-marine en Méditerranée*. Guide Vigot de la nature.
- BÖGGEMANN M. (2002). *Revision of the Glyceridae GRUBE 1850 (Annelida: Polychaeta)*. Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft, 555.
- CAVIGNAUX G., CROUZET J-M., GRALL S. (2011). *Des limaces de rêve. Opisthobranches de Méditerranée*. 249pp.
- D'ANGELO G., GARGIULLO S. (1987). *Guida alle conchiglie mediterranee*. Conserle cercale collezionarle.
- DIEL R. (1991). *Fauna e flora del mediterraneo. Dalle alghe ai mammiferi : una guida sistematica alle specie che vivono nel mar mediterraneo*. Franco Muzzio editore, 777 pp.
- FALCIAI L., MINERVINI R. (1996). *Guide des homards, crabes, langoustes et crevettes et autres crustacés décapodes d'Europe*. Delachaux et Niestlé. 286pp.
- FAUVEL P. (1927). *Polychètes sédentaires*. Faune de France. Office nationale de Faunistique.
- FAUVEL P. (1927). *Polychètes errantes*. Faune de France. Office nationale de Faunistique.
- FISCHER W., BAUCHOT M.-L., SCHNEIDER M. (1987). *Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. (Révision 1). Méditerranée et Mer Noire. Zone de pêche 37. Volume I. Végétaux et Invertébrés*. 760 p.
- FISCHER W., BAUCHOT M.-L., SCHNEIDER M. (1987). *Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. (Révision 1). Méditerranée et Mer Noire. Zone de pêche 37. Volume II. Vertébrés*. 760 p.
- GENTIL F. (2011). *Taxinomie des polychètes. Famille des Spionidae*. Formation continue UPMC - MNHN. Station Biologique de Roscoff.
- LOUISY P. (2002). *Guide d'identification des poissons marins. Europe de l'ouest et Méditerranée*. ULMER
- LOWELL L., PASKO D. (1995). *Key to the non-polydorid spionidae from southern California (intertidal to 500 meters)*.
- OLIVIER F. (2011). *Taxinomie des polychètes. Famille des Cirratulidae*. Formation continue UPMC - MNHN. Station Biologique de Roscoff.
- RAVARA A., CUNHA M., PLEIJEL F. (2010). *Nephtyidae (Annelida, Polychaeta) from Southern Europe*. Zootaxa 2682. 68 pp.



ROUSE G. W., PLEIJEL F. (2001). *Polychaetes*. Oxford University Press

RUFFO S. (1982). *The amphipoda of the Mediterranean. Part. 1. Gammaridea (Acanthonotozomatidae to Gammaridae)*. -1982. - pp. I-XIII & 1-364, fig. 1-243. Mémoires de l'Institut Océanographique. Fondation Albert 1<sup>er</sup>, Prince de Monaco.

RUFFO S. (1982). *The amphipoda of the Mediterranean. Part. 2. Gammaridea (Haustoriidae to Lysianassidae)*. - 1989. -pp. XV-XIX & 365-576, fig. 244-396. Mémoires de l'Institut Océanographique. Fondation Albert 1<sup>er</sup>, Prince de Monaco.

RUFFO S. (1982). *The amphipoda of the Mediterranean. Part. 3. Gammaridea (Melphidippidae to Talitridae) ; Ingolfiellidea ; Caprellidea*. - 1993. - pp. XXI-XXV & 577-813, fig. 397-553. Mémoires de l'Institut Océanographique. Fondation Albert 1<sup>er</sup>, Prince de Monaco.

RUFFO S. (1982). *The amphipoda of the Mediterranean. Part. 4. Localities and map, addenda to parts 1-3, key to families, ecology, faunistics and zoogeography, bibliography, index*. - 1998. - pp. XXVII-XLIV & 815-959. Mémoires de l'Institut Océanographique. Fondation Albert 1<sup>er</sup>, Prince de Monaco.

SAN MARTIN G. (2003). *Annelida, Polychaeta II : Syllidae*. En *Fauna Iberica*, vol. 21. Ramos M.A. et al. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid. 554 pp.

UDEKEM D'ACOSZ C. (1999). *Inventaire et distribution des crustacés décapodes de l'Atlantique nord-oriental, de la Méditerranée et des eaux continentales adjacentes au nord de 25°N*. Patrimoines naturels (MNHN/SPN), 40 : 383p.

VEITEZ JM., ALOS C., PARAPAR J., BESTEIRO C., MOREIRA J., NUNEZ J., LABORDA J. Y SAN MARTIN G. (2004). *Annelida, Polychaeta I*. En *Fauna Iberica* vol. 25. Ramos M.A. et al. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid. 530 pp.

WOOD L. (2005). *Faune et flore sous-marines de la Méditerranée*. Les guides du naturaliste. Editions Delachaux et Niestlé.

WEINBERG S. (1992). *Découvrir la Méditerranée. Du rivage à quarante mètres de fond*. Nathan, 351 pp.





## PARTIE 6 : ANNEXES

## FICHE SIGNALÉTIQUE ET DOCUMENTAIRE

### Renseignements généraux concernant le document envoyé

<b>Titre de l'étude</b>	Inventaire biologique et analyse écologique des habitats marins patrimoniaux en Camargue
<b>Nombre de pages/planches</b>	158 pages/18 planches
<b>Maître d'Ouvrage</b>	Agence des aires marines protégées
<b>N° marché/Date de notification</b>	N° 2009-AAMP-16 / 26/02/2010

### Historique des envois

Documents envoyés	Exemplaires papier	Exemplaires pdf	Date d'envoi	N° récépissé
Rapport provisoire		1	25/06/2012	
Rapport définitif		1	08/11/2012	

### Intervenants dans l'élaboration des documents

LABADIE Florian, TREBAUL Evans, DARZACQ Hervé, COUPPA Séverine, BERROU Thibault

### Réunions, visites

Objet	Date	Intervenants	Lieu
Réunion de cadrage	Juillet 2010 (COFIL)		
Réunion d'étape	Avril 2011 (COFIL)		
Réunion de rendu			

### Missions terrain

Objet	Intervenants	Lieu
Prélèvements de sédiments	Labadie, Trébaut, Darzac	Camargue
Plongée sous marine	Labadie, Chenoz, Trébaut, Donfu, Gladu	Camargue

### Contrôle Qualité

	Niveau 1	Niveau 2
<b>Contrôlé par</b>	LABADIE Florian	BIZIEN Hervé
<b>Date</b>	07/11/2012	07/11/2012
<b>Signature</b>		