



Mise en place et développement des réseaux DCE Suivis pour l'année 2012 - Région LR et PACA Ouest

- Surveillance des herbiers de posidonie par Télémétrie acoustique



Octobre 2013



ANDROMÈDE
Océanologie

7, place Cassan / Quai des pêcheurs 34 280 Carnon - France
Tel. : 04 67 66 32 48 - contact@andromede-ocean.com
www.andromede-ocean.com





**TEMPO, LE RESEAU DE SURVEILLANCE DES HERBIERS
DE POSIDONIE PAR TELEMETRIE ACOUSTIQUE EN MER
MEDITERRANEE.**



Le réseau TEMPO a été mis en place à l'initiative de l'Agence de l'eau RMC dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau.

Coordinateur – Pierre BOISSERY, Chargé de mission « littoral ».

Coordination Andromède océanologie:

Florian Holon, Co-gérant – contact mail : florian.holon@andromede-ocean.com



Contact Andromède

Andromède Océanologie

7 place Cassan

34280 Carnon

Tél : +33 4 67 66 32 48

E-mail : www.andromede-ocean.com

Ce document doit être cité sous la forme suivante :

Delaruelle G., Deter J., Holon F., Boissery P. 2012. TEMPO, le réseau de surveillance des herbiers de posidonie par télémétrie acoustique en mer Méditerranée - Analyse des données 2011-2012. Contrat Andromède Océanologie / Agence de l'eau. 85p.



Sommaire

I	Introduction : l'herbier à posidonie	1
II	Contexte législatif.....	2
III	Objectifs du réseau TEMPO	3
IV	Méthodologie	4
IV.1	Localisation des sites TEMPO.....	5
IV.2	Cartographie par télémétrie acoustique	9
IV.3	Mesures de vitalité (état de santé) de l'herbier de posidonie	11
IV.3.1	Type et profondeur de la limite inférieure.....	11
IV.3.2	Densité des faisceaux de posidonie (en limite inférieure)	12
IV.3.3	Déchaussement des rhizomes de posidonie (en limite inférieure)	14
IV.4	Relevés des perturbations observées sur les sites de terrain	17
a)	Les perturbations physiques.....	17
b)	Les perturbations biologiques.....	17
c)	Les pollutions et nuisances	18
V	Résultats	18
V.1	Description générale des sites	18
V.2	Alon (mase d'eau FRdC07D)	24
V.3	Bonnieu nord (masse d'eau FRdC04).....	28
V.4	Cap canaille (masse d'eau FRdC07b).....	32
V.5	Carry (masse d'eau FRdC05).....	36
V.6	Digue marseille (masse d'eau FRdC06a)	40
V.7	Embiez Nord (masse d'eau FRdC07e).....	45
V.8	Frioul (masse d'eau FRdC06b).....	49
V.9	Grand travers (masse d'eau FRdC02f).....	53
V.10	Grau d'agde est (masse d'eau FRdC02b)	57
V.11	Ile Plane (masse d'eau FRdC07a)	60
V.12	Liouquet (masse d'eau FRdC07c).....	64
V.13	Morgiou (masse d'eau FREC07b)	69
V.14	Paulilles (masse d'eau FRDC01).....	73
VI	Cartes de synthèse	76
VII	Références bibliographiques	79

I INTRODUCTION : L'HERBIER A POSIDONIE

La Posidonie *Posidonia oceanica* (L.) Delile est une phanérogame endémique de la mer Méditerranée qui peut constituer de véritables prairies sous marines. Cette plante angiosperme est constituée de faisceaux de feuilles (40 à 80 cm de long), de racines et de rhizomes, qui sont des tiges rampantes ou dressées, généralement enfouies dans le sédiment.



Figure 1: [1] La fleur de *Posidonia oceanica* ; [2] Trois fruits dans l'herbier; [3] Graine et fruits de posidonie en train de flotter.

On nomme « matte » l'ensemble constitué par les rhizomes, les écailles (gainnes des feuilles caduques), les racines et par le sédiment qui remplit les interstices. Exceptées les feuilles, les parties mortes de la plante sont peu putrescibles, ce qui explique leur longue conservation (plusieurs siècles ou millénaires) à l'intérieur de la matte (Boudouresque *et al.*, 2006). La matte sert d'ancrage à l'herbier mais joue également un rôle important dans la stabilisation des fonds.

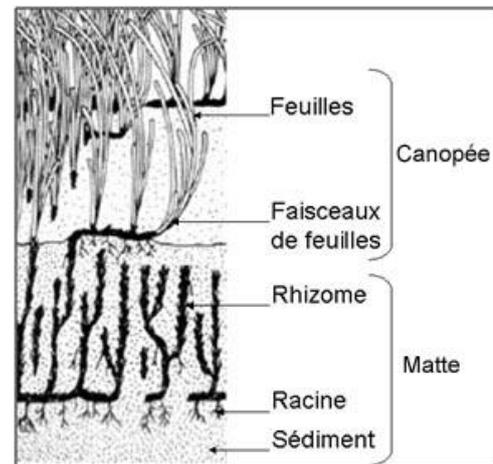


Figure 2 : Représentation schématique d'un herbier de posidonie et sa matte. Modifié d'après Boudouresque et Meinesz (1982).



Figure 3 : Lièvre de mer *Aplysina parvula* ou *Aplysina punctata* sur feuille de posidonie

Les herbiers à *Posidonia oceanica* occupent une surface restreinte (1 et 2 % des fonds de la Méditerranée soit 3.5 à 3.7 millions d'hectares (Rico-Raimondino, 1995 ; Pasqualini, 1997) mais constituent la biocénose la plus complexe de Méditerranée (Molinier et Picard, 1952 ; Pérès et Picard, 1964 ; Boudouresque et Meinesz, 1982) et sont à la base de la richesse de ses eaux littorales (Molinier et Picard, 1952 ; Cinelli *et al.*, 1974 ; Boudouresque et Meinesz, 1982). Leur rôle écologique est majeur : production primaire benthique, production d'oxygène (Drew et Jupp, 1976 ; Caye, 1980 ; Bedhomme *et al.*, 1983 ; Libes *et al.*, 1983 ; Bay, 1978 ; Giorgi et Thelin, 1983), transparence des eaux par le piégeage des particules en suspension (Blanc et Jeudy

De Grissac, 1984), base de nombreuses chaînes alimentaires (Vélimirov, 1984), lieu de frayère, nurserie, abris vis-à-vis des prédateurs ou habitat permanent pour des milliers d'espèces animales et végétales (Boudouresque *et al.*, 2006).

La matte héberge une faune particulièrement riche et variée (Wilsie, 1987). Par son action au niveau des équilibres littoraux la matte souterraine stabilise les fonds meubles en agissant comme

un piège à sédiments (Molinier et Picard, 1952), atténuant ainsi l'effet érosif des courants et des vagues sur les littoraux sableux (Blanc et Jeudy De Grissac, 1984 ; Jeudy de Grissac et Boudouresque, 1985 ; Gambi *et al.*, 1989).

L'herbier de Posidonie est considéré comme un écosystème pivot du littoral méditerranéen (Boudouresque et Meinesz, 1982) abritant de nombreuses espèces à divers stades de développement. Elle est sensible aux variations de luminosité (turbidité, niveau de l'eau), craint la dessalure, les températures extrêmes (hautes comme basses) ainsi qu'un hydrodynamisme trop intense. Son importance et ses exigences écologiques en font une espèce bio-indicatrice couramment utilisée pour le suivi de la qualité de l'eau.



Figure 4 : Herbier à *Posidonia oceanica*.

Malheureusement, dans de nombreux secteurs du littoral méditerranéen, les herbiers de Posidonie connaissent de fortes régressions. Les facteurs d'impact avancés sont divers : aménagements côtiers (emprises directes, modifications de l'hydrodynamisme et de la sédimentation), pollutions (hydrocarbures, pesticides, métaux lourds, matière organique, matières en suspension, macro déchets), ancrages, etc. (Boudouresque *et al.*, 2009). Pour l'ensemble de ces raisons, en France, la Posidonie est une espèce protégée depuis 1976 (loi sur la protection de la nature, arrêté du 19.07.1988). Les herbiers de Posidonie sont également préservés par le décret du 20.09.89 et sont identifiés au niveau européen comme des « habitats prioritaires » dans la liste des « habitats naturels d'intérêt communautaire » de l'annexe I de la Directive Habitat (Directive 92/43, CEE).

II CONTEXTE LEGISLATIF

La Directive-Cadre Eau (DCE) Européenne (2000/60/CE du 23 octobre 2000) est effective en droit Français depuis le 4 Avril 2004. Elle définit, pour les états membres, un cadre pour la gestion et la protection des eaux par grand bassin hydrographique au plan européen. Elle fixe des objectifs ambitieux pour la préservation et la restauration de l'état des eaux superficielles (eaux douces, eaux côtières et eaux souterraines). Elle demande que tous les milieux aquatiques soient dans un bon état écologique d'ici 2015 sauf si des raisons d'ordre technique ou économique justifient que cet objectif ne soit pas atteint.

La DCE conforte les actions menées jusqu'ici par l'Agence de l'Eau *via* le SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux) : gestion par bassin versant, gestion équilibrée de la gestion en eau et participation des acteurs. Néanmoins, elle va plus loin en introduisant trois innovations majeures :

- la fixation d'objectifs environnementaux (bon état écologique des masses d'eau) ;
- la prise en compte des conséquences environnementales des activités socio-économiques ;
- la participation de tout public.

Pour les eaux superficielles, le « bon état écologique » (figure suivante) est défini par :

- un bon état chimique de l'eau, ce dernier étant apprécié au regard des normes d'usage ;
- un bon ou très bon état écologique apprécié selon un panel d'indicateurs biologiques.

NB : Le statut de « bon état » n'est obtenu que si l'état écologique (et donc physico-chimique et biologique) et l'état chimique sont « bons » ou « très bons ». C'est le paramètre le plus déclassant qui détermine le « bon état » de la masse d'eau. Modifié d'après <http://www.ifremer.fr/lareunion/Les-projets/DCE>

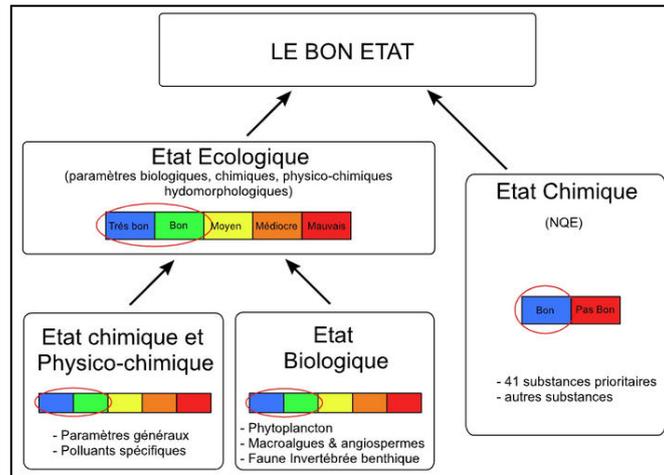


Figure 5 : Définition et évaluation de l'état des masses d'eaux.

Différents éléments biologiques ont ainsi été définis pour mesurer l'état écologique des masses d'eaux côtières¹ :

- le phytoplancton ;
- les macro-algues ;
- Les angiospermes dont l'herbier de Posidonies en mer méditerranée ;
- le benthos (de substrat meuble ou rocheux).

Concernant l'herbier de Posidonies, l'indice global reflétant l'état de santé générale de cette phanérogame prend en compte :

- la densité des faisceaux ;
- la couverture épiphytique ;
- la biométrie et la structure de la matte ;
- la profondeur et la dynamique de la limite inférieure.

Densité de faisceaux et profondeur/dynamique de la limite inférieure sont les paramètres plus particulièrement visés pour la surveillance des herbiers par le réseau TEMPO.

III OBJECTIFS DU RESEAU TEMPO

Soutenu par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse, le réseau TEMPO a été créé en 2011 en Corse. Il s'étend sur l'ensemble de la façade méditerranéenne française bordée par les trois régions Corse, Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) et Languedoc-Roussillon (LR).



TEMPO a pour missions de promouvoir l'habitat des herbiers de posidonie et de surveiller à long terme l'évolution de son état. La dynamique des herbiers est suivie par la mesure de densités et de

¹ « Unité hydrographique » (eau de surface) cohérente, présentant des caractéristiques assez homogènes et pour laquelle, on peut définir un même objectif. Les masses d'eau constituent le référentiel cartographique élémentaire de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE).

déchaussement de faisceaux ajoutée à une cartographie par télémétrie acoustique de la limite inférieure.

Ces données descriptives et leurs évolutions dans le temps (période de trois ans) et l'espace (minimum d'un site par masse d'eau) complètent l'estimation de la qualité écologique des masses d'eaux côtières demandée par la Directive-Cadre Eau (2000/60/CE du 23 octobre 2000, DCE) et aident à évaluer l'efficacité des mesures correctives mises en place afin d'atteindre ou maintenir le bon état visé par cette directive.

Les données issues de TEMPO permettent également de répondre aux objectifs environnementaux de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (2008/56/CE du 17 juin 2008, DCSMM) comme par exemple le maintien ou le rétablissement de la biodiversité et du fonctionnement des écosystèmes des fonds côtiers, le renforcement et la conservation des zones de d'herbiers ou l'identification des sites présentant des habitats naturels dégradés.



Figure 6 : Plongeur cartographiant une limite d'herbier de posidonie par télémétrie

IV METHODOLOGIE

La méthode choisie pour la surveillance de l'herbier à posidonie est non destructive, précise, et utilise de nombreux points de référence. Elle prend en compte trois types de mesures : une **description générale du site**, une **cartographie de la limite inférieure de l'herbier à posidonie par télémétrie acoustique**, et des **mesures de vitalité** de l'herbier en limite inférieure.

Ainsi, sur chaque localité, les coordonnées GPS sont relevées à partir du bateau. Elles correspondent à la localisation des balises permanentes type « géomètre » ancrées dans le sol et marquant les angles du quadrat permanent de télémétrie. Le plongeur note alors la date d'acquisition des données, la température de l'eau, la visibilité, la nature du fond, et la profondeur. et relève les pressions observées sur le site.

L'herbier est ensuite cartographié et son état de vitalité est estimé *via* la mesure de différents paramètres. Brièvement, la méthode appliquée consiste en :

- i) La cartographie de la limite inférieure (limite d'extension la plus profonde) de l'herbier de posidonie par télémétrie acoustique ;
- ii) Des mesures de vitalité (état de santé) de l'herbier de posidonie en limite inférieure :
 - Type et profondeur de la limite inférieure
 - Densité de faisceaux
 - Déchaussement des rhizomes
- iii) Des relevés des pressions observées :
 - Perturbations physiques
 - Perturbations biologiques
 - Pollutions

Des données historiques sont recherchées pour comparaison et analyse de l'évolution de l'état des herbiers lorsque cela est possible.

IV.1 LOCALISATION DES SITES TEMPO

Chaque site TEMPO est suivi à la fin du printemps (mai-juin) tous les trois ans avec un décalage d'un an d'une région à une autre. Les missions de terrain sont réalisées afin d'avoir au minimum un site par masse d'eau côtière.

La première campagne de terrain a été menée en région Corse en 2011 sur 19 stations réparties entre 22 et 40 mètres de fond. En 2012, ce réseau a été complété par 13 sites principalement localisés en région Languedoc-Roussillon répartis entre 5 et 33 mètres de profondeur. La mission TEMPO 2013 a permis de compléter le réseau en Provence-Alpes-Côte-D'azur (PACA) par 21 stations situées entre 14 et 36 mètres de fond.

Toutes ces mesures sont ensuite analysées à la lumière des autres suivis (comparaison spatio-temporelle) et de la littérature disponible.

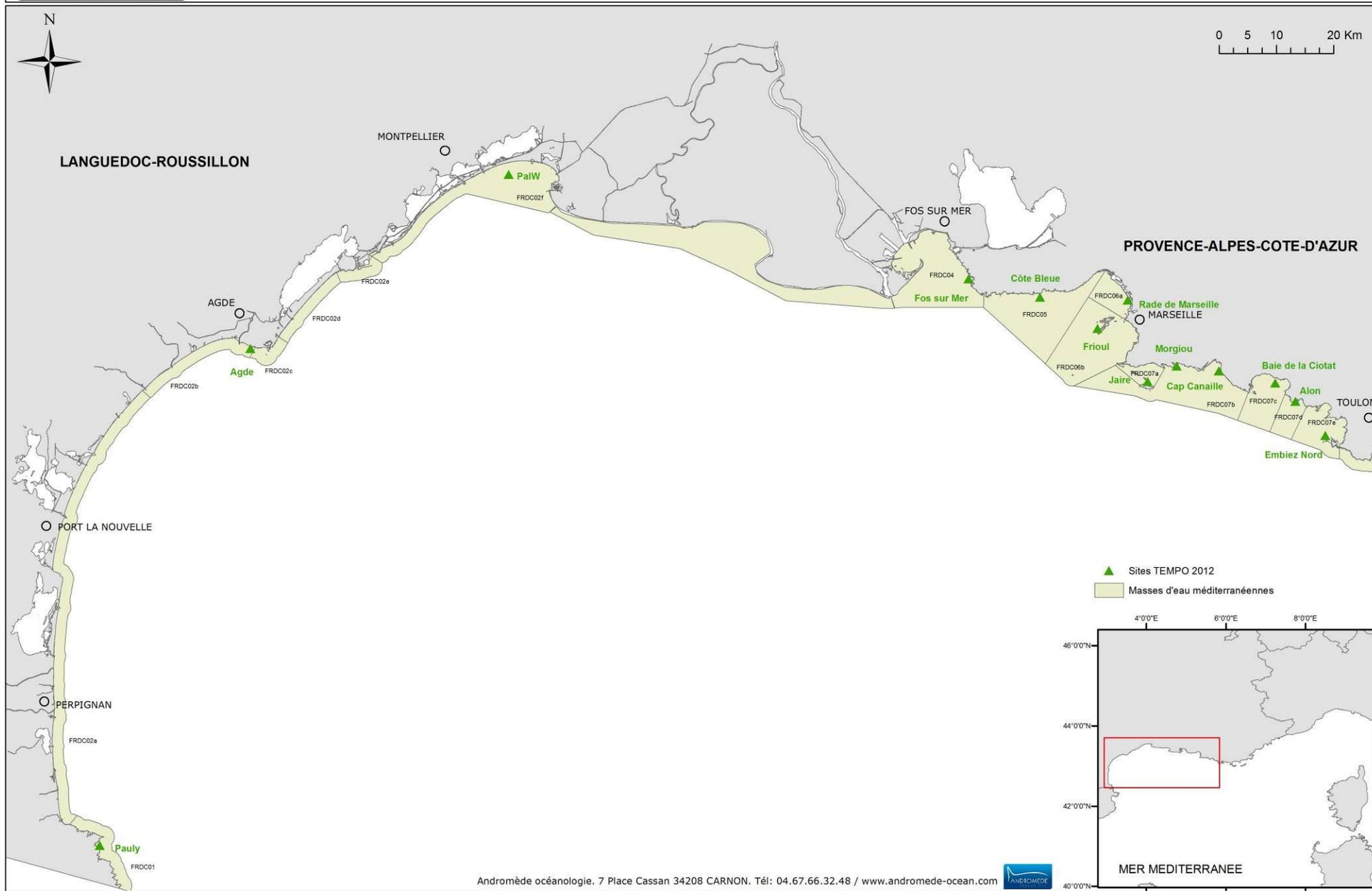
Le choix de ces points respecte à la fois une couverture géographique homogène entre points le long du littoral et une répartition équitable, à la fois dans des zones sensibles, des zones intermédiaires et des zones de référence, selon une influence anthropique variable.

La méthodologie suivie est affinée et améliorée au cours des suivis successifs en fonction de l'expérience acquise par les équipes de terrain et des avancées de la législation et de la recherche.

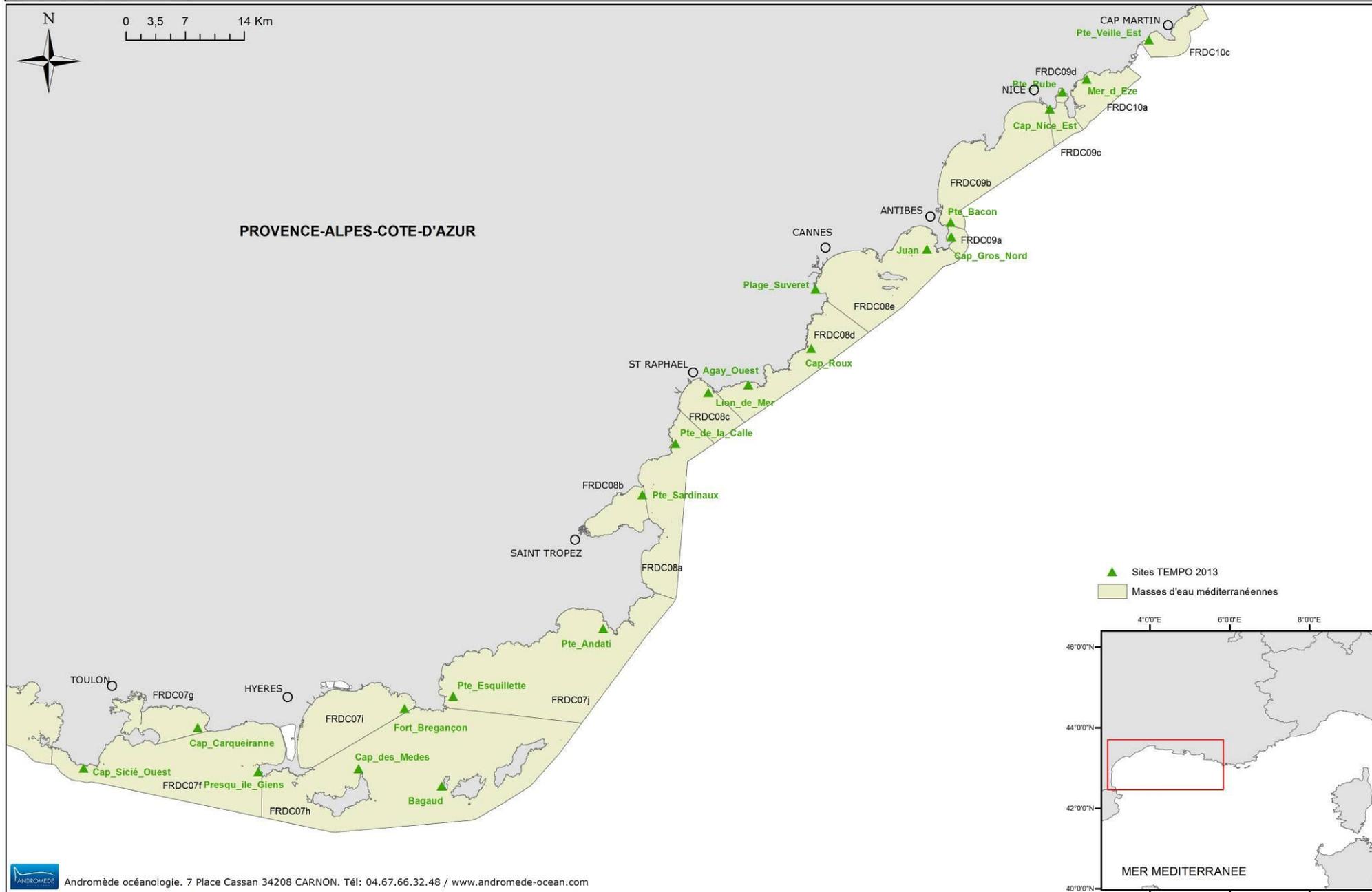
Ce document présente les résultats des campagnes de terrain TEMPO menées en 2012. L'ensemble des sites TEMPO sont localisés sur les cartes suivantes.



Carte 1 : Localisation des 19 stations suivies en 2011 dans le cadre de TEMPO et emplacement des masses d'eau côtière.



Carte 2 : Localisation des 13 stations suivies en 2012 dans le cadre de TEMPO et emplacement des masses d'eau côtière.



Carte 3 : Localisation des 21 stations suivies en 2013 dans le cadre de TEMPO et emplacement des masses d'eau côtière.

IV.2 CARTOGRAPHIE PAR TELEMETRIE ACOUSTIQUE

Basée sur un principe d'interférométrie acoustique 3D, la télémétrie acoustique permet le positionnement centimétrique d'objets situés à plusieurs dizaines de mètres d'une antenne immergée à chaque plongée. Le positionnement acoustique est une méthode alternative au balisage classique (type RSP, Charbonnel *et al.*, 2000) qui permet de multiplier facilement le nombre de points cartographiés (300 points minimum au lieu d'une dizaine avec la méthode RSP), tout en évitant la pose de nombreuses balises pouvant endommager l'herbier ou être perdues (Descamp *et al.*, 2005, Descamp *et al.*, 2011). De nombreuses limites inférieures d'herbiers ont d'ores et déjà été cartographiées selon cette méthode (Descamp *et al.*, 2007, Descamp *et al.*, 2009, Deter *et al.*, 2010 et 2011, Descamp *et al.*, 2011). Des suivis temporels ont montré sa capacité à mettre en avant progressions ou régressions locales d'herbiers (Deter *et al.*, 2010, Descamp *et al.*, 2011).



Figure 7 : Plongeur pointant la posidonie



Figure 8 : Plongeur cartographiant la limite inférieure de la posidonie à l'aide du pointeur de l'aquamètre.

Un pointeur mobile et sa canne standard confèrent à l'ensemble une longueur d'un mètre permettant un dégagement par rapport au fond, afin d'éviter les problèmes de réflexions et/ou masquages des ondes acoustiques. Léger et portable, le pointeur est muni d'un mini clavier et d'un écran à cristaux liquides, permettant au plongeur de pointer les limites de l'herbier à positionner et de les stocker en mémoire (la capacité mémoire du pointeur est supérieure à 1500 points). Le pointeur a la capacité d'effectuer 10 relevés par point pour en faire une moyenne afin d'en augmenter la précision. La base accepte jusqu'à huit pointeurs (soit huit plongeurs) simultanément, permettant ainsi d'augmenter la rapidité des relevés.

La limite inférieure de l'herbier située dans ce quadrat permanent est cartographiée très précisément par télémétrie acoustique avec un minimum d'un point tous les 50 cm. La présence et la position de grandes nacres *Pinna nobilis*, espèce protégée, sont également relevées et cartographiées.

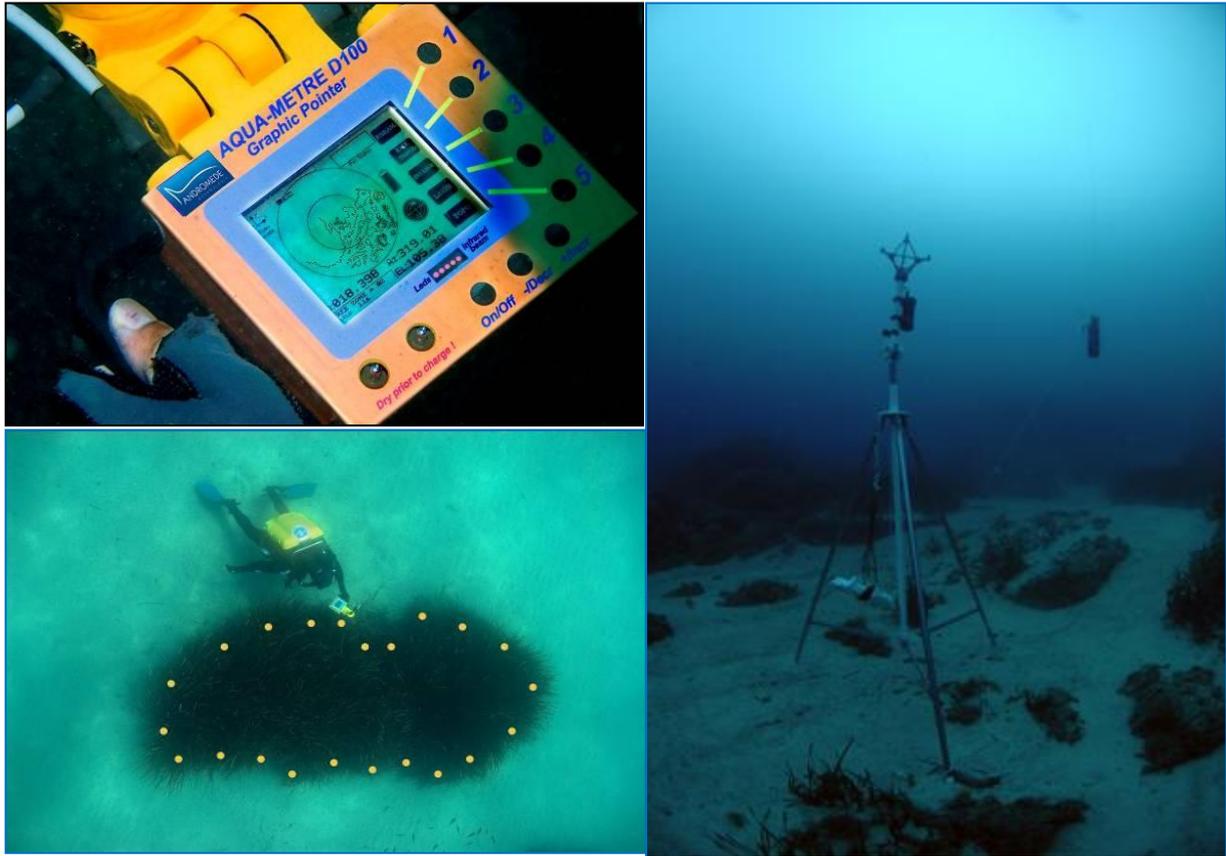


Figure 10 : [1] Mini-clavier et écran à cristaux relié au pointeur de l'aquamètre D100 ; [2] Herbier en tâche en cours de cartographie par un plongeur ; [3] Antenne immergée à chaque plongée et servant au positionnement par télémétrie acoustique.

Les données recueillies sont récupérées du pointeur sur ordinateur *via* une interface infrarouge, et traitées par le logiciel de préparation et exploitation des mesures Aqualog de PLSM. Les données sont ensuite importées sous un Système d'Information Géographique (SIG) au format dxf. Chaque type de point relevé (herbier en tâche, faisceau isolé, piquet repère, balise existante) fait l'objet d'une couche spécifique. Le contour des herbiers en tâche ou des limites d'herbiers est réalisé en joignant les points de proche en proche. Le logiciel de SIG permet ensuite de calculer des surfaces et donc de suivre l'évolution de l'herbier en position et en surface.

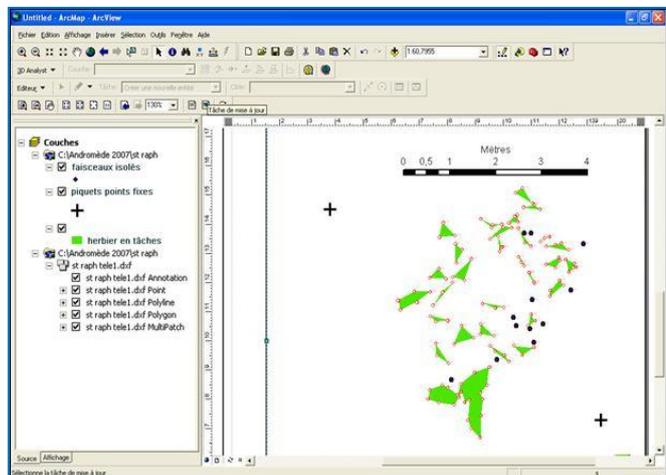


Figure 9 : Exploitation des données sous SIG.

IV.3 MESURES DE VITALITE (ETAT DE SANTE) DE L'HERBIER DE POSIDONIE

La posidonie étant une espèce protégée, tout prélèvement est soumis à autorisation. Compte tenu de l'état général des herbiers sur le littoral français, nous avons privilégié les **mesures non destructives**. Les mesures de vitalité sont donc toutes effectuées *in situ* par des plongeurs en limite inférieure.

IV.3.1 Type et profondeur de la limite inférieure

La limite d'extension la plus profonde (limite inférieure) de l'herbier est relevée par les plongeurs à l'aide d'un profondimètre électronique. Les profondeurs de limite inférieure considérées comme références sont de 15 m en Languedoc, 22 m en Roussillon, 37 m en PACA (Ifremer 2010) et 40 m en Corse (Pergent *et al.*, 2008). Le type de limite est répertorié selon la classification classique de Meinesz et Laurent (1978) et une classification plus récente (Montefalcone 2009).

D'après Montefalcone (2009), neuf types de limites sont dénombrés: une limite clairsemée, franche ou érosive avec pour chacune l'appellation naturelle ou érosive selon la présence ou non de matte morte, une limite régressive avec patches, régressive avec bandes de posidonies vivantes ou mortes (figure suivante).

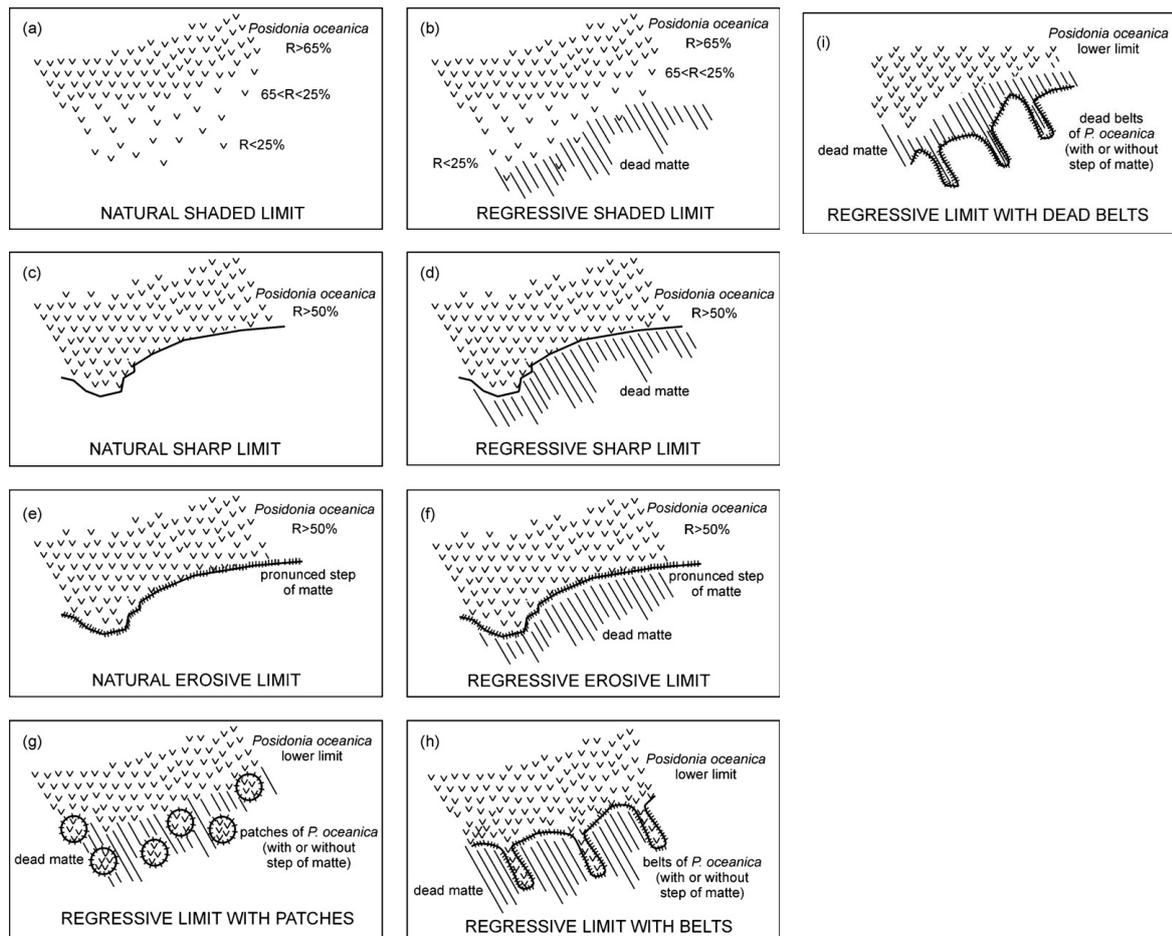


Figure 11 : Illustration des différentes typologies de limite inférieure d'herbier d'après Montefalcone (2009) : Limites inférieures naturelles (a, c, e) et régressive (b, d, f, g, h, i) avec R le pourcentage de recouvrement par *P. oceanica* vivantes.

D'après Meinesz et Laurent (1978), une limite progressive est caractérisée par la présence de rhizomes plagiotropes disposés parallèlement dans le sens de la pente sans édification de matte (bon état de santé de l'herbier).

La limite franche est brusque, nette sans matte morte en aval de la limite (stabilité de l'écosystème).

La limite régressive présente une étendue de matte morte recouverte ou non par le sédiment en aval de la limite proprement dite. Quelques faisceaux de feuilles subsistent en aval de la limite actuelle (perturbation et régression de l'herbier).

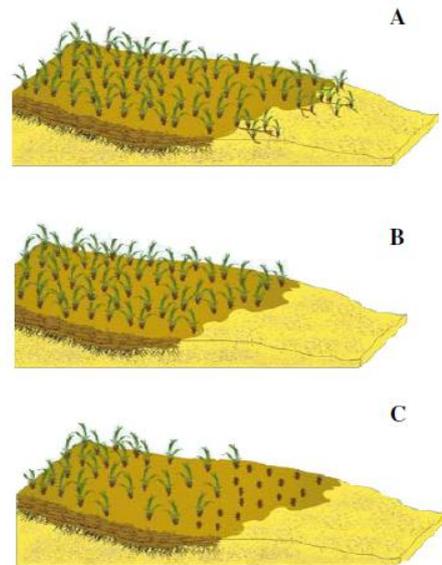


Figure 12 : Illustration des différentes typologies de limite inférieure d'herbier d'après Meinesz et Laurent (1978) (Limite progressive = A°, franche = B et régressive = C)

IV.3.2 Densité des faisceaux de posidonie (en limite inférieure)

La densité varie en fonction de la profondeur et des conditions du milieu (lumière, type de substrat où l'herbier est implanté). Du fait de l'intensité lumineuse élevée près de la surface, un herbier présente des valeurs de densité très élevées dans des secteurs superficiels, alors qu'elles sont beaucoup plus faibles en profondeur (limite inférieure) ou dans des zones présentant une turbidité élevée (Pergent *et al.*, 1995).

Une grille de lecture simplifiée intégrant la profondeur a été proposée (Pergent *et al.*, 2008 ; Pergent-Martini *et al.*, 2010) et classe l'herbier en quatre catégories, selon les valeurs de densité mesurées en fonction de la profondeur : excellent état, bon état, état normal, état médiocre et mauvais état (tableau suivant).



Figure 13 : Plongeur en cours de comptage pour l'estimation de la densité.

Dans le cadre du réseau TEMPO, la densité des faisceaux (nombre de faisceaux de feuilles vivantes par m²) est calculée dans 30 quadrats de 20 x 20 cm en limite inférieure (Pergent-Martini et Pergent 1996, Charbonnel *et al.* 2000a, b) pour les années 2011 et 2012. Ces quadrats sont jetés au hasard d'une hauteur de 1,5 m sans éviter les tâches de sable (sauf si elles sont très étendues).

A partir de 2013, le protocole a évolué et la densité de faisceaux est alors mesurée dans 25 quadrats de 20 x 20 cm orientés dans l'herbier et dans 3 quadrats permanents de 40 x 40 cm localisés dans l'herbier à posidonies du site.

Tableau 1 : Classification de l'état de l'herbier selon les densités (/ m²) de faisceaux observées et le niveau de profondeur (m) d'après Pergent *et al.*, 2008 et Pergent-Martini *et al.*, 2010.

Profondeur (m)	Excellent	Bon	Normal	Médiocre	Mauvais
1	> 1133	1133 à 930	930 à 727	727 à 524	< 524
2	> 1067	1067 à 863	863 à 659	659 à 456	< 456
3	> 1005	1005 à 808	808 à 612	612 à 415	< 415
4	> 947	947 à 757	757 à 567	567 à 377	< 377
5	> 892	892 à 709	709 à 526	526 à 343	< 343
6	> 841	841 à 665	665 à 489	489 à 312	< 312
7	> 792	792 à 623	623 à 454	454 à 284	< 284
8	> 746	746 à 584	584 à 421	421 à 259	< 259
9	> 703	703 à 547	547 à 391	391 à 235	< 235
10	> 662	662 à 513	513 à 364	364 à 214	< 214
11	> 624	624 à 481	481 à 338	338 à 195	< 195
12	> 588	588 à 451	451 à 314	314 à 177	< 177
13	> 554	554 à 423	423 à 292	292 à 161	< 161
14	> 522	522 à 397	397 à 272	272 à 147	< 147
15	> 492	492 à 372	372 à 253	253 à 134	< 134
16	> 463	463 à 349	349 à 236	236 à 122	< 122
17	> 436	436 à 328	328 à 219	219 à 111	< 111
18	> 411	411 à 308	308 à 204	204 à 101	< 101
19	> 387	387 à 289	289 à 190	190 à 92	< 92
20	> 365	365 à 271	271 à 177	177 à 83	< 83
21	> 344	344 à 255	255 à 165	165 à 76	< 76
22	> 324	324 à 239	239 à 154	154 à 69	< 69
23	> 305	305 à 224	224 à 144	144 à 63	< 63
24	> 288	288 à 211	211 à 134	134 à 57	< 57
25	> 271	271 à 198	198 à 125	125 à 52	< 52
26	> 255	255 à 186	186 à 117	117 à 47	< 47
27	> 240	240 à 175	175 à 109	109 à 43	< 43
28	> 227	227 à 164	164 à 102	102 à 39	< 39
29	> 213	213 à 154	154 à 95	95 à 36	< 36
30	> 201	201 à 145	145 à 89	89 à 32	< 32
31	> 189	189 à 136	136 à 83	83 à 30	< 30
32	> 179	179 à 128	128 à 77	77 à 27	< 27
33	> 168	168 à 120	120 à 72	72 à 24	< 24
34	> 158	158 à 113	113 à 68	68 à 22	< 22
35	> 149	149 à 106	106 à 63	63 à 20	< 20
36	> 141	141 à 100	100 à 59	59 à 18	< 18
37	> 133	133 à 94	94 à 55	55 à 17	< 17
38	> 125	125 à 88	88 à 52	52 à 15	< 15
39	> 118	118 à 83	83 à 48	48 à 14	< 14
40	> 111	111 à 78	78 à 45	45 à 13	< 13

IV.3.3 Déchaussement des rhizomes de posidonie (en limite inférieure)

Les rhizomes de Posidonie sont caractérisés par une croissance horizontale (rhizomes plagiotropes) et/ou verticale (rhizomes orthotropes). La croissance verticale est à l'origine de l'édification des mattes et permet à la plante de lutter contre l'enfouissement, lié à la sédimentation.

Le déchaussement des rhizomes traduit généralement l'existence d'un déficit sédimentaire de l'herbier. L'observation de ce paramètre permet donc d'apprécier rapidement et assez précisément l'hydrodynamisme d'une zone et les déplacements sédimentaires qui y ont lieu. En outre, un déchaussement important entraîne une fragilisation de l'herbier, ce qui accroît sa vulnérabilité vis à vis des actions de mouillage et de chalutage. La mesure du déchaussement des rhizomes est réalisée selon les conventions définies par Boudouresque *et al.* (1980) dans Boudouresque *et al.* (2006) :



Figure 14 : Faisceaux de posidonie avec rhizomes non déchaussés

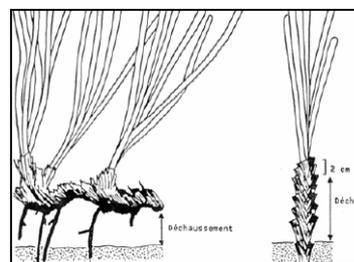
- Pour les rhizomes plagiotropes, le déchaussement est la distance qui sépare le sédiment de la partie inférieure des rhizomes ;
- Pour les rhizomes orthotropes, le déchaussement est la distance qui sépare le sédiment de la base des feuilles, distance à laquelle on soustrait 2 cm.

Dans le cadre du réseau TEMPO dix mesures (x3 réplicats) espacées d'environ 5m sont effectuées le long de la limite de l'herbier en 2011 et 2012. A partir de la mission de 2013 trois mesures de déchaussement (x3 réplicats) sont effectuées au sein des 3 quadrats permanents localisés dans l'herbier.

Une échelle d'évaluation du déchaussement (faible, moyen, important) est proposée, en fonction des valeurs moyennes mesurées le long des balisages (voir figure ci-dessous).

Figure 15 : Echelle d'évaluation du déchaussement en fonction des valeurs moyennes mesurées le long du balisage (d'après le RSP Charbonnel *et al.*, 2000 et Boudouresque *et al.*, 1980)

Déchaussement (valeurs seuils)	Interprétation
Inférieur à 5 cm	Déchaussement faible
5 – 15 cm	Déchaussement moyen
Supérieur à 15 cm	Déchaussement important



IV.3.3.1 Analyse de l'évolution temporelle

Avec un retour sur site tous les trois ans, TEMPO a parmi ses objectifs le suivi de l'évolution de l'état des herbiers de posidonies dans le temps. Pour les trois premières campagnes (2011-2013), nous comparons les résultats obtenus aux données existantes dans la littérature pour des herbiers proches spatialement. La majeure partie de ces données provient du Réseau de Surveillance Posidonie (RSP). Ainsi, 15 limites supérieures et 15 limites inférieures sont suivies en Corse au moins une fois entre 2004 et 2008 (Pergent *et al.*, 2008). 33 points de surveillance sont disposés sur l'ensemble du littoral de la région PACA : 24 sites de surveillance sélectionnés entre 1984 et 1987 et 9 autres sites installés entre 1994 et 1996.

IV.3.3.2 Calcul d'un indice de qualité écologique

Au moins deux indicateurs existent en France pour estimer la qualité écologique des masses d'eaux à partir de mesures sur posidonies à - 15 m.

Le premier est le **PREI (Posidonia oceanica Rapid Easy Index** ; Gobert *et al.* 2008, 2009), reconnu comme index de référence dans l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement paru au journal officiel du 24 février 2010. Son calcul prend en compte le type de limite inférieure, la densité des faisceaux, mais aussi deux paramètres à mesure destructive : la surface foliaire par faisceau (cm²/faisceau) et la charge en épibiontes sur les feuilles (poids sec des épibiontes/poids sec des feuilles). Une évolution de cet indicateur vers une démarche non destructive (en cours de test en 2012, Gobert Comm. Pers.) est en cours.

Le second indicateur est le **BiPo (Biotic Index using Posidonia Oceanica**; Lopez y Royo *et al.* 2010). Les résultats issus de cet indice en inter-calibration sont comparables à ceux issus du POMI utilisé en Espagne (Lopez Y Royo *et al.* 2011). Le BiPO prend en compte la profondeur de limite inférieure (en m), le type de limite inférieure, la densité de faisceaux (à - 15 m) et la longueur des faisceaux (à - 15 m) (Tableau suivant). L'EQR (Ecological Quality Ratio) est ensuite calculé en faisant la moyenne des quatre EQR' (un EQR' par paramètre mesuré). Il permet de déterminer le statut écologique de chaque site d'après la classification de la DCE.

Dans le cadre de TEMPO, aucun paramètre n'est généralement mesuré à - 15 m car la limite inférieure est plus profonde. Cependant, nous comparons les données du réseau pour les profondeurs et les types de limite inférieure aux valeurs de référence du BiPo en calculant les EQR' correspondant à ces deux paramètres. Même si le paramètre « densité de faisceaux » n'est pas mesuré à -15 mètres mais toujours en limite inférieure nous calculons un EQR' pour ce paramètre.

Tableau 2 : Paramètres mesurés et valeurs de références utilisées pour le calcul du BiPo pour des mesures en Aout-Septembre. Densités et longueurs de feuilles sont mesurées à – 15 m. D’après Lopez Y Royo et al. 2010

Class	RC	High	Good	Moderate	Poor	Bad ⁽³⁾	
Lower Limit Depth	Values (m)	38	> 31	31 – 25	25 – 19	< 19	n/a
	EQR'	1	$((X - 31)/7) * 0.225 + 0.775$	$((X - 25)/6) * 0.225 + 0.55$	$((X - 19)/6) * 0.225 + 0.325$	$((X / 19) * 0.225) + 0.1$	0.05
Lower Limit Type	Values	n/a	progressive & erosive limits	sharp limits	sparse limits	Regressive limits	n/a
	Supporting parameters ⁽¹⁾		>70%cover or >70%plagio	<70% cover & <70% plagio	<15% cover, %plagio n/a	recent dead matte	n/a
	EQR'	1	0.89	0.66	0.44	0.21	0.05
Shoot Density	Values (shoots.m ²)	599	> 339	339 – 239	239 – 172	< 172	n/a
	EQR'	1	$((X - 339)/260) * 0.225 + 0.775$	$((X - 239)/100) * 0.225 + 0.55$	$((X - 172)/67) * 0.225 + 0.325$	$((X / 172) * 0.225) + 0.1$	0.05
Shoot length ⁽²⁾	Values	955	>812	812 – 651	651 – 481	<481	n/a
	EQR'	1	$((X - 812)/143) * 0.225 + 0.775$	$((X - 651)/161) * 0.225 + 0.55$	$((X - 481)/170) * 0.225 + 0.325$	$((X / 170) * 0.225) + 0.1$	0.05

(RC: reference conditions)

((1) % cover and % plagiotropic rhizomes (plagio) are used to support characterisation of lower limit types)

((2) in cases of sampling constraints or historical data, boundary values determined for the late summer can be adapted to early summer or spring, by normalising them against shoot length reference conditions. Reference conditions for shoot length are 890mm for spring (April-May), 996mm for early summer (June), and 1102mm for full summer (July)).

((3) Bad Status corresponds to a recorded recent die-off of the meadow (< 5 years)).

Tableau 3 : Valeur de l’EQR (Ecological Quality Ratio) pour le BiPo et son niveau de qualité écologique correspondant tel que préconisé par la DCE.

EQR	Statut écologique
<0,75-1	Très bon
>0,60-0,75	Bon
>0,40-0,60	Moyen
>0,25-0,40	Médiocre
0-0,25	Mauvais

Un tableau regroupe pour chaque site TEMPO l’EQR du site, l’EQR’ Profondeur, l’EQR’ densité, EQR’ typologie. Pour chacun de ces paramètres est associé à un curseur imagé remplaçant la valeur observée dans le contexte national (valeurs minimale, maximale et moyenne observées en Méditerranée sur tous les sites TEMPO échantillonnés entre 2008 et 2013).

Légende du curseur imagé associé à chaque paramètre détaillé:

Sont affichées les valeurs minimale, maximale et moyenne observées pour chaque paramètre sur tous les sites Les réseaux échantillonnés en Méditerranée. Chaque couleur correspond à un cinquième de l’étendue des valeurs observées à l’échelle de comparaison voulue, c’est à dire celle de la masse d’eau, de la région (Provence-Alpes-Côte d’Azur (PACA), Corse, Languedoc-Roussillon (LR)) ou de la Méditerranée pour la paramètre concerné.

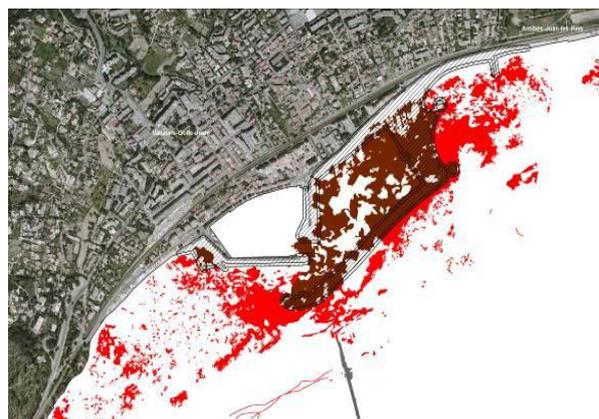


IV.4 RELEVES DES PERTURBATIONS OBSERVEES SUR LES SITES DE TERRAIN

Le choix des paramètres de perturbations relevés suit les préconisations du document de mise en cohérence des méthodes de suivis des herbiers de posidonies des sites Natura 2000 du Languedoc-Roussillon (Blouet *et al.* 2011) et le guide méthodologique d'évaluation de l'état de conservation des habitats naturels marins Natura 2000 (Lepareur, 2011). Ces informations sont obtenues sur la base d'analyse bibliographique, de photographies aériennes et des observations sur le terrain.



Régressions (en rouge) de l'herbier (en vert) au niveau du port Camille Rayon depuis 1924.



Régressions de l'herbier liées directement à l'aménagement sur l'herbier du port Camille Rayon en 1989 (en marron).

Figure 16 : Perturbation sur un herbier de posidonie - Exemple de l'agrandissement du port de Golfe Juan (région PACA) à l'origine d'une régression de l'herbier de posidonie (Source : étude comparative de photographies aériennes de 1924 et 2011 (Andromède, 2011)).

a) Les perturbations physiques

- **Artificialisation du milieu.** La présence ou absence de structures artificialisées (endiguements, enrochements, bétonnages, épis, canalisations, passages de câbles, installations portuaires, etc.) est notée sur la base d'analyses bibliographiques, de photographies aériennes et d'observations sur le terrain (Figure 7).

- **Action anthropique sur les mattes.** Observation et recensement des blocs de matte arrachés, des traces et sillons dus à l'action des chaluts et des ancres, des trous, etc. Il s'agit de déterminer leur nombre sur le site et le pourcentage de surface détruite.



Figure 18 : *Caulerpa taxifolia*



Figure 17 : Ancre

b) Les perturbations biologiques

La présence des **caulerpes invasives** (*Caulerpa taxifolia*, *Caulerpa racemosa*) et des **rhodobiontes** est notée et la superficie couverte par ces espèces est estimée.

c) *Les pollutions et nuisances*

Les diverses sources de pollution observées (sur photographies aériennes et *in situ* par les plongeurs) à proximité des sites sont notées :

- **Sources potentielles de nuisance proches** : Les cours d'eau et leur exutoire, émissaires d'ouvrages épuratoires, ports, enrochements, rejets de dragages, etc. sont identifiés.

- Epaisseur, couleur, odeur de la **couche oxydée pour les sédiments vaseux**.

- **Macrodéchets**, filets et autres engins de pêche, mouillages perdus, corps morts sont évalués en volume et pour leur dangerosité.

- **Traces d'hydrocarbures** le cas échéant



Figure 19 : Macrodéchets en limite inférieure d'herbier à posidonie.

V RESULTATS

V.1 DESCRIPTION GENERALE DES SITES

En mai 2011, 19 sites ont été échantillonnés en région Corse. Les limites inférieures des herbiers à posidonie se situent entre 22 et 40,4 m de profondeur. Ce réseau a été complété en mai 2012 par 13 sites répartis entre 5 et 33 mètres de profondeur. La mission de juin 2013 a complété le réseau par 21 stations situées entre 14 et 36 mètres de fond.

A ces sites échantillonnés spécifiquement dans le cadre du réseau TEMPO sont ajoutés dans ce présent rapport des stations suivies par Andromède par télémétrie acoustique dans le cadre d'autres études et qui serviront d'éléments de référence.

Les principales informations sur les sites TEMPO sont décrites dans le tableau suivant. **S'ensuit une fiche par site TEMPO échantillonné en 2012**, qui sera actualisée tous les trois ans.

Tableau 4 : Description générale des sites TEMPO (2011-2013)

Sites	Isolella	Plage_Trottel	Sanguinaires	Murtoli	Golfe Santa Manza	Rondinara	Anse Cola	Fautea	Côte Orientale	Lupino	Baie Tamarone large	Giraglia	
Masse d'eau	FREC04b	FREC04b	FREC04ac	FREC03eg	FRE03c	FREC03ad	FREC03ad	FREC02d	FREC02d	FREC02c	FREC02ab	FREC01e	
Date échantillonnage TEMPO	02/05/2011	03/05/2011	04/05/2011	05/05/2011	06/05/2011	07/05/2011	08/05/2011	08/05/2011	09/05/2011	10/05/2011	11/05/2011	11/05/2011	
Commentaires													
Type de limite	Franche en tâches	Franche en tâches	Clairsemée naturelle sur roche	Franche en tâches	Clairsemée régressive	Erosive et clairsemée régressive	Erosive et clairsemée régressive	Clairsemée et érosive naturelle	Clairsemée naturelle	Clairsemée régressive	Très clairsemée naturelle	Franche en tâches, régressive ponctuelle	
Coordonnées GPS (WGS 84)	Latitude	41*50.306N	41*54.390N	41*52.865N	41*30.392N	41*25.433N	41*28.174N	41*39.176N	41*43.469N	42*21.323N	42*40.688N	42*58.582N	43*00.843N
	Longitude	8*45.326E	8*43.480E	8*34.731E	8*51.491E	9*14.670E	9*17.073E	9*23.907E	9*24.718E	9*33.624E	9*27.344E	9*29.405E	9*22.823E
Piquet 1 du quadrat permanent	Profondeur	27.7	24	34.3	30,5	31.7	34.8	36.5	36.7	34.8	27.9	40.4	34.9
	Substrat	Roche	Roche	Roche	Roche	Corps morts	Substrat meuble	Roche	Roche	Substrat meuble	Vase	Substrat meuble	Substrat meuble
Piquet 2 du quadrat permanent	Profondeur	26.2	25.6	34.7	30,5	31.4	34.8	36.9	37.2	34.6	29.1	39.7	34.9
	Substrat	Roche	Roche	Roche	Roche, sable	Corps morts	Substrat meuble	Roche	Substrat meuble	Substrat meuble	Corps mort	Substrat meuble	Substrat meuble
Piquet 3 du quadrat permanent	Profondeur	26	19.5	35.7	30	28.5	33.8	36.1	34.9	33.9	27.2	39.5	35.3
	Substrat	Roche	Roche	Roche	Substrat meuble	Vase	Substrat meuble	Roche	Substrat meuble	Substrat meuble	Vase	Substrat meuble	Substrat meuble
Piquet 4 du quadrat permanent	Profondeur	23	19.6	35.7	30	29.2	33.8	35.2	34.6	34.7	27.2	40.2	34.4
	Substrat	Roche	Roche	Roche	Substrat meuble	Vase	Substrat meuble	Roche	Roche	Substrat meuble	Vase	Substrat meuble	Substrat meuble

Réseau TEMPO – Surveillance des herbiers de Posidonie par télémétrie acoustique –

Sites	Pta di Cannelle	Agriates	Pta Mortella	Pta Vaccaja	Cappo Rossu	Baie Solana	Baie Elbo	Alon	Bonnieu Nord	Cap Canaille	Carry	Digue Marseille	
Masse d'eau	FREC01d	FREC01ab	FREC01c	FREC01ab	FREC04ac	FREC04ac	FREC01ab	FRDC07d	FRDC04	FRDC07b	FRDC05	FRDC06a	
Date échantillonnage TEMPO	12/05/2011	12/05/2011	13/05/2011	14/05/2011	16/05/2011	17/05/2011	17/05/2011	23/05/2012	27/05/2012	24/05/2012	31/05/2012	26/05/2012	
Commentaires											Site Andromède (2008)	Site Andromède (2008)	
Type de limite	Franche en tâches, régressive ponctuelle	Franche en tâches, régressive ponctuelle	Clairsemée naturelle	Régressive avec tâches	Franche en tâches	Franche en tâches, régressive ponctuelle	Clairsemée naturelle	Franche en tâches	Franche en tâches	Régressive	Régressive	Franche en tâches	
Coordonnées GPS (WGS 84)	Latitude	42°50.970N	42°44.603N	42°43.294N	42°34.244N	42°14.456N	42°21.806N	42°22.422N	43°08,605N	43°21,238N	43°11,753N	43°19,285N	43°18,717N
	Longitude	9°18.687E	9°11.100E	9°15.571E	8°44.489E	8°32.619E	8°33.108E	8°33.390E	5°42,307E	5°00,872E	5°32,658E	5°10,010E	5°21,280E
Piquet 1 du quadrat permanent	Profondeur	34.4	36.8	33.1	32.6	34	35.4	36.3	22,5	10,5	34	Pas de piquets mais balises RSP	21,5
	Substrat	Roche	Substrat meuble	Roche	Substrat meuble	Roche	Substrat meuble	Sable + Granulats grossiers	Roche	Coralligène	Substrat meuble		Parpaing
Piquet 2 du quadrat permanent	Profondeur	34.3	36.1	35.8	33.8	33.4	32.4	37.7	22,9	11,2	33,7	Pas de piquets mais balises RSP	20,6
	Substrat	Roche	Substrat meuble	Substrat meuble	Substrat meuble	Roche	Sable + Granulats grossiers	Substrat meuble	Substrat meuble	Coralligène	Substrat meuble		Bloc rocheux
Piquet 3 du quadrat permanent	Profondeur	33.7	35.8	31.5	32.4	32	31.8	36.6	22	13,1	32,6	Pas de piquets mais balises RSP	21,8
	Substrat	Roche	Substrat meuble	Substrat meuble	Substrat meuble	Roche	Roche	Substrat meuble	Substrat meuble	Coralligène	Herbier		Substrat meuble/ Roche
Piquet 4 du quadrat permanent	Profondeur	34.5	35.2	30.6	31.2	31.9	34.1	35.4	22	/	32,9	Pas de piquets mais balises RSP	21,4
	Substrat	Roche	Substrat meuble	Roche	Substrat meuble	Roche	Roche	Substrat meuble	Substrat meuble	Coralligène	Herbier		Substrat meuble/ Roche

Réseau TEMPO – Surveillance des herbiers de Posidonie par télémétrie acoustique –

Sites	Embiez Nord	Frioul	Grand travers	Grau Agde Est	Ile Plane	Liouquet	Morgiou	Paulilles	Agay Ouest	Bagaud	Cap Carqueiranne	Cap des Medès
Masse d'eau	FRDC07e	FRDC06b	FRDC02f	FRDC02b	FRDC07a	FRDC07c	FRDC07b	FRDC01	FRDC08d	FRDC07h	FRDC07g	FRDC07h
Date échantillonnage TEMPO	23/05/2012	25/05/2012	03/07/2012	04/07/2012	25/05/2012	22/05/2012	24/05/2012	03/07/2012	07/06/2013	09/06/2013	12/06/2013	10/06/2013
Commentaires	Ancien site RSP					Site Andromède (2008)				Site Andromède (2008)		
Type de limite	Clairsemée naturelle	Franche naturelle	Franche en tâches	Franche en tâches	Progressive	Clairsemée naturelle	Clairsemée naturelle	Franche en tâches	Franche naturelle	Franche naturelle	Franche en tâches	Clairsemée naturelle
Coordonnées GPS (WGS 84)	Latitude	43°05,303N	43°16,161N	43°31,101N	43°16'21'9N	43°11,024N	43°10,397N	43°12,358N	42°30,133N	42°24,847N	43°00,490N	43°01,871N
	Longitude	5°45,973E	5°17,269E	3°57,843E	3°28'04'2E	5°23,463E	5°39,814E	5°27,242E	3°08,004E	6°50,039E	6°21,384E	6°00,439E
Piquet 1 du quadrat permanent	Profondeur	29,9	26	8	5	26,4	32,9	28,1	14	25,5	30,1	29,3
	Substrat	Balise RSP	Substrat meuble	Petits blocs rocheux	Substrat meuble	Substrat meuble	Substrat meuble	Roche	Roche	Substrat meuble	Tombant matte	Substrat meuble
Piquet 2 du quadrat permanent	Profondeur	30,1	25	8	5	26,9	32,6	28,1	14	24,4	32,9	29,7
	Substrat	Balise RSP	Substrat meuble	Petits blocs rocheux	Substrat meuble	Substrat meuble	Roche	Roche	Roche	Herbier	Substrat meuble	Roche
Piquet 3 du quadrat permanent	Profondeur	/	23,5	8	5	24,7	32,2	28	14	22,9	?	28,6
	Substrat		Herbier	Petits blocs rocheux	Substrat meuble	Substrat meuble	Roche	Substrat meuble	Roche	Herbier	Substrat meuble	Substrat meuble
Piquet 4 du quadrat permanent	Profondeur	/	24,5	8	5	24,6	/	28	14	24	33,6	28,4
	Substrat		Herbier	Petits blocs rocheux	Substrat meuble	Substrat meuble		Substrat meuble	Substrat meuble	Substrat meuble	Substrat meuble	Substrat meuble

Réseau TEMPO – Surveillance des herbiers de Posidonie par télémétrie acoustique –

Sites	Cap Gros Nord	Cap Nice Est	Cap Roux	Cap Sicié Ouest	Fort Brégançon	Juan	Lion de mer	Mer d'Eze	Plage Suveret	Presqu'île Giens	Pte Andati	Pte Bacon	
Masse d'eau	FRDC09a	FRDC09c	FRDC08d	FRDC07f	FRDC07i	FRDC08e	FRDC08c	FRDC10a	FRDC08e	FRDC07f	FRDC07j	FRDC09b	
Date échantillonnage TEMPO	05/06/2013	05/06/2013	07/06/2013	12/06/2013	09/06/2013	06/06/2013	08/06/2013	04/06/2013	06/06/2013	12/06/2013	09/06/2013	05/06/2013	
Commentaires	Ancien site RSP		Site Andromède (2008)	Site Andromède (2009)		Site Andromède (2008)		Ancien site RSP	Ancien site RSP				
Type de limite	Franche naturelle	Franche en tâches	Franches en tâches	Franche en tâches	Régressive	Franche en tâches	Franche à tendance régressive	Régressive	Franche en tâches	Franche en tâches	Clairesemée naturelle	Franche en tâches	
Coordonnées GPS (WGS 84)	Latitude	43°33,442N	43°41,108N	43°26,899N	43°02,697N	43°05,527N	43°32,743N	43°24,489N	43°42,860N	43°30,630N	43°01,974N	43°09,934N	43°34,345N
	Longitude	7°08,573E	7°17,800E	6°55,741E	5°50,384E	6°18,522E	7°06,360E	6°46,507E	7°21,3127E	6°56,387E	6°05,520E	6°36,184E	7°08,587E
Piquet 1 du quadrat permanent	Profondeur	20,6	/	27,2	30,5	27,4	/	15	?	/	32,6	34,3	19,2
	Substrat	Balise RSP		Roche	Substrat meuble	Matte morte	Substrat meuble	Roche	Balise RSP		Substrat meuble	Substrat meuble	Substrat meuble
Piquet 2 du quadrat permanent	Profondeur	21,3	/	27	28,4	27,5	/	11,8	30,6	/	30,1	32,7	14
	Substrat	Balise RSP		Substrat meuble	Substrat meuble	Matte morte	Substrat meuble	Roche	Balise RSP		Coralligène	Coralligène	Herbier
Piquet 3 du quadrat permanent	Profondeur	/	25,4	27	28	27,1	27,7	13,5	/	12,4	30,3	33,5	15
	Substrat		Roche	Substrat meuble	Substrat meuble	Matte morte	Substrat meuble	Substrat meuble		Balise RSP	Coralligène	Substrat meuble	Herbier
Piquet 4 du quadrat permanent	Profondeur	/	23,3	29,2	30,7	26,8	29,3	16	/	12,8	32,4	34,2	19,4
	Substrat		Roche	Substrat meuble	Substrat meuble	Matte morte	Substrat meuble	Substrat meuble		Corps mort	Substrat meuble	Substrat meuble	Substrat meuble

Réseau TEMPO – Surveillance des herbiers de Posidonie par télémétrie acoustique –

Sites	Pte de la Calle	Pte Esquillette	Pte Rube	Pte Sardinaux	Pte Veille Est	
Masse d'eau	FRDC08a	FRDC07j	FRDC09d	FRDC08b	FRDC10c	
Date échantillonnage TEMPO	08/06/2013	09/06/2013	04/06/2013	08/06/2013	03/06/2013	
Commentaires		Proximité ancien site RSP				
Type de limite	Clairsemée	Clairsemée	Franche en tâches	Franche naturelle	Franche en tâches	
Coordonnées GPS (WGS 84)	Latitude	43°21,370N	43°06,145N	43°42,129N	43°18,246N	43°45,084N
	Longitude	6°43,371E	6°22,799E	7°19,114E	6°40,236E	7°27,019E
Piquet 1 du quadrat permanent	Profondeur	23,5	36,1	?	29,3	25,1
	Substrat	Coralligène	Roche	Substrat meuble	Substrat meuble	Substrat meuble
Piquet 2 du quadrat permanent	Profondeur	21,3	35,8	12	26,4	24,7
	Substrat	Coralligène	Substrat meuble	Herbier	Coralligène	Herbier
Piquet 3 du quadrat permanent	Profondeur	22,5	35,4	12	27,8	25
	Substrat	Herbier	Substrat meuble	Herbier	Herbier	Corps mort
Piquet 4 du quadrat permanent	Profondeur	24,8	35,6	17,9	29,6	25,4
	Substrat	Proche tombant matte morte	Roche	Substrat meuble	Substrat meuble	Substrat meuble

V.2 ALON (MASE D'EAU FRDC07D)

a) Description et cartographie

Le site d'Alon est localisé dans la masse d'eau FREC07d au large de la commune de St Cyr sur Mer.

L'herbier se développe sur sable grossier et présente un fort recouvrement. La surface totale d'herbier cartographié est de **122,49 m²**.

Quatre balises sont ancrées dans le sable entre 22 et 22,9 m de profondeur.



Figure 20 : Herbier à posidonie du site d'Alon (2012).

b) Mesures de vitalité et comparaison nationale

La limite inférieure de type **franc (natural sharp limit)** se situe à **22 m** de profondeur.

La densité varie de 125 à 425 faisceaux/m² pour une **densité moyenne de 262,1 ±77,6 faisceaux /m²** ; l'herbier est en **bon état** compte tenu de sa densité de faisceaux d'après la classification de Pergent *et al.*, 2008 et Pergent-Martini *et al.*, 2010. D'après celle de Pergent-Martini (1994) et Pergent *et al.*, (1995) la densité est **normale**.

Le **déchaussement est faible** ; il varie en 2012 de -2,3 à 2,3 cm pour une valeur moyenne de **0±1,1 cm**.

Tableau 5 : Comparaison des valeurs de l'EQR du site TEMPO (et des EQR' associés) avec les autres sites TEMPO (incluant les données de 2008 à 2013).

Région	PACA	Échelle de comparaison Méditerranée Légende
Masse d'eau	FRDC07d	
Nom_site	Alon	
Annee	2012	
EQR Site TEMPO	0.57	0.3 — 0.8 0.52
EQR' Typologie	0.66	0.21 — 0.89 0.51
EQR' Profondeur	0.44	0.16 — 1 0.65
EQR' Densité	0.6	0.15 — 1 0.38

c) Perturbations observées

Ce site est situé dans une zone relativement préservée. Les sources potentielles de nuisance les plus proches sont l'émissaire en mer de la STEP de Saint Cyr sur Mer à la pointe Grenier (proche de la baie de la Ciotat donc éloigné du site d'Alon). Aucun macrodéchet et aucune caulerpe n'ont été observés sur ce site.

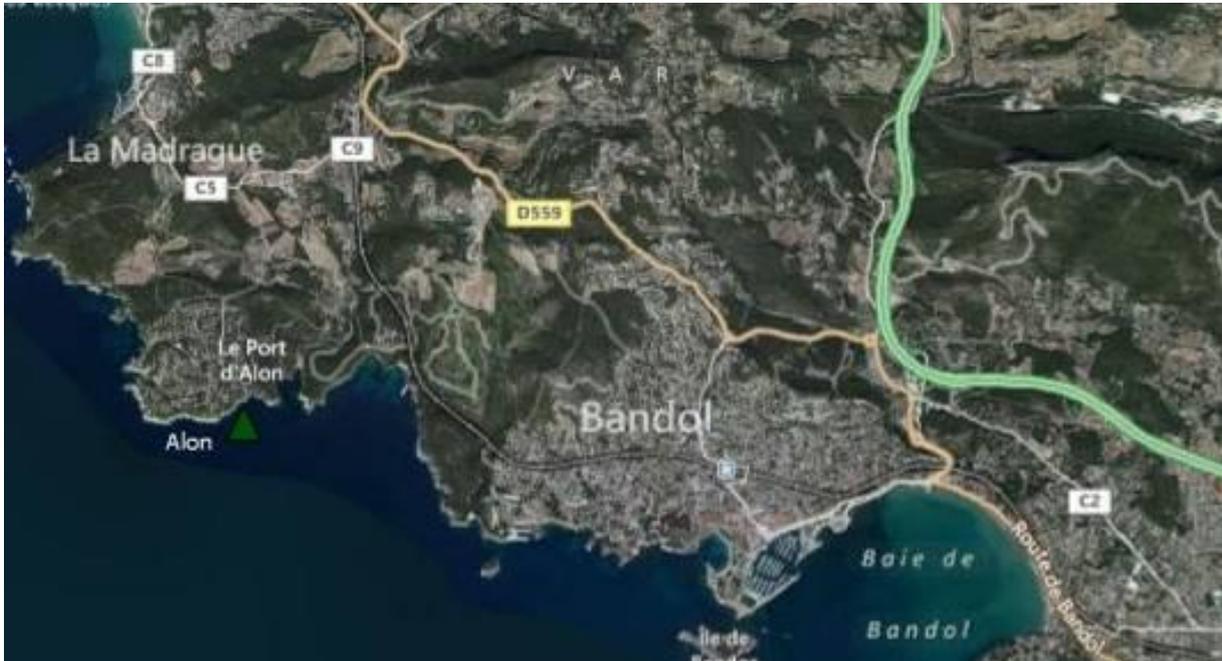
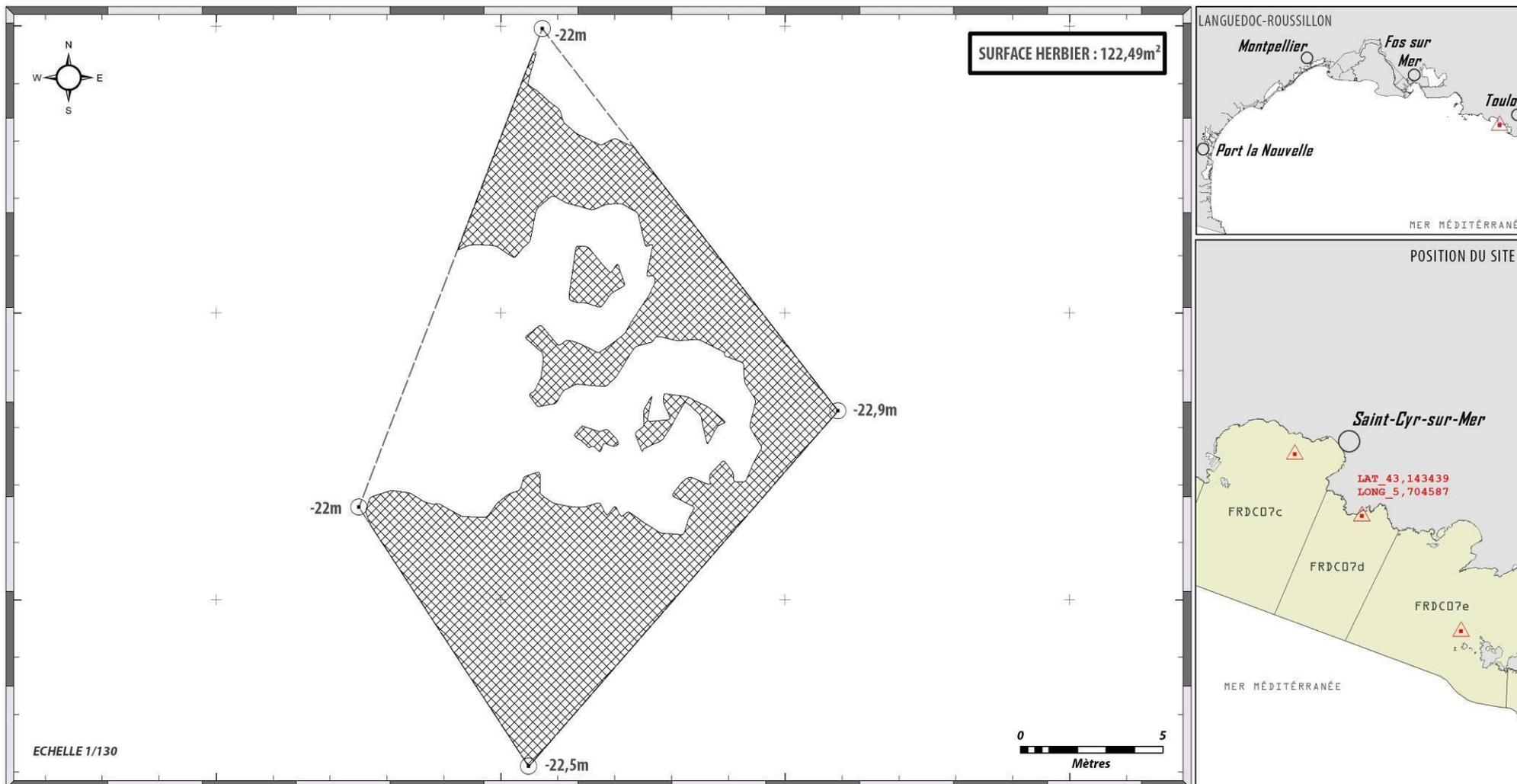


Figure 21 : Vue aérienne et emplacement du site (source : Bing, 2013).

d) Données historiques

Aucun herbier n'a été suivi dans cette masse d'eau par le RSP, les herbiers les plus proches étant ceux de La Ciotat et du Brusc. En revanche, ce site TEMPO se trouve au sein du site Natura 2000 FR9301609 de « la pointe Fauconnière ». L'état de conservation de l'herbier à posidonie sur ce site N2000 a été jugé bon. Il n'a pas été jugé excellent en raison des limites inférieures qui montrent une tendance à une légère régression sur une majorité de la zone Natura 2000, et la limite supérieure au niveau de l'émissaire de la STEP de Saint-Cyr-sur-Mer qui montre une régression. Les principales menaces pour cet habitat dans cette zone semblent être l'altération de la qualité générale des eaux littorales, l'apparition d'espèces invasives et les impacts liés aux mouillages. Ces pressions n'ont pas été relevées sur le site d'Alon.



SURFACE HERBIER : 122,49m²

ECHELLE 1/130



LEGENDE	
Herbier de posidonie	Posidonie épars
	Herbiere de Posidonie
Télémétrie	Balise de positionnement du quadrat de télémétrie
	Balise de positionnement du quadrat de télémétrie
Eléments particuliers	<i>Pinna nobilis</i>
	Macro-déchets
Position du site	Masses d'eau côtières
	Coordonnées GPS du site - WGS84
	Zone urbaine
Matte morte de Posidonie	

STATISTIQUES	Densité*/m ²	Déchaussement/cm
	Moyenne globale	262,1
Ecart type	77,6	1,1

*Nombre de faisceaux par m²

Cette carte a été réalisée à partir de levés télémétriques effectués au cours des mois de Mai/Juin 2012.

Elle fait partie intégrante de l'étude intitulée:
« Surveillance des herbiers de Posidonie par télémétrie acoustique - Suivi 2012 »

Carte 4: Cartographie de l'herbier du site TEMPO Alon (2012).

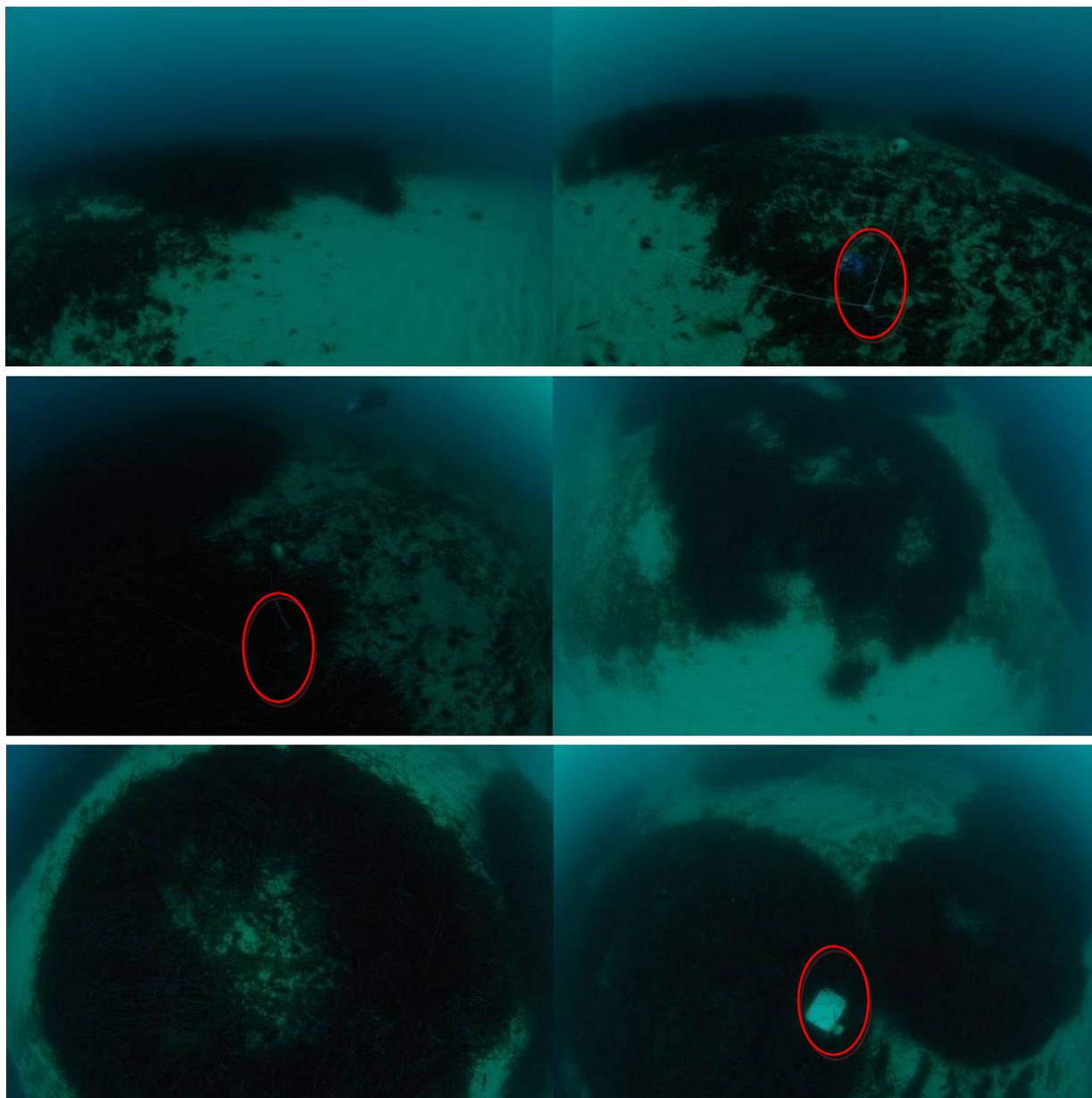


Figure 22 : Alon (2012). [1] Limite inférieure franche en tâches de l'herbier ; [2] Piquet 2 (-22.9m) du quadrat de télémétrie ; [3] Piquet 4 (-22m) du quadrat de télémétrie ; [4] Tâches herbier ; [5] Tâches herbier ; [6] Piquet 3 (-22m) du quadrat de télémétrie.

V.3 BONNIEU NORD (MASSE D'EAU FRDC04)

a) Description et cartographie

Le site de Bonnieu Nord est localisé dans la masse d'eau FREC04, à l'extrémité Est du golfe de Fos.

L'herbier se développe sur un fond meuble sous forme de tâches isolées. La surface totale d'herbier cartographié est de **9,62 m²**.

Quatre balises sont ancrées dans la roche entre 10,5 et 13,5 m de profondeur. La présence de blocs rocheux augmente l'hétérogénéité du substrat et la richesse en faune et flore du site. L'eau y est assez turbide.



Figure 23 : Tâche d'herbier, Bonnieu Nord (2012).

b) Mesures de vitalité et comparaison nationale

Tableau 6 : Comparaison des valeurs de l'EQR du site TEMPO (et des EQR' associés) avec les autres sites TEMPO (incluant les données de 2008 à 2013).

Région	PACA	Échelle de comparaison Méditerranée Légende
Masse d'eau	FRDC04	
Nom_site	Bonnieu Nord	
Annee	2012	
EQR Site TEMPO	0.48	0.3 — 0.8 0.52
EQR' Typologie	0.66	0.21 — 0.89 0.51
EQR' Profondeur	0.25	0.16 — 1 0.65
EQR' Densité	0.53	0.15 — 1 0.38

La limite inférieure de type **franc en tâches (natural sharp limit)** se situe à **13 m** de profondeur.

La densité varie de 75 à 400 faisceaux/m² pour une **densité moyenne de 232,35 ±64,7 faisceaux /m²** ; l'herbier est en **état médiocre** compte tenu de sa densité de faisceaux d'après

la classification de Pergent et al., 2008 et Pergent-Martini et al., 2010. D'après celle de Pergent-Martini (1994) et Pergent et al., (1995) la densité est **sub-normale inférieure**.

Le **déchaussement est faible** ; il varie en 2012 de -2,6 à 2 cm pour une valeur moyenne de **0,35±1,01 cm**.

c) *Perturbations observées*

Ce site est localisé dans le golfe de Fos, zone sensible soumise à diverses sources potentielles de nuisances proches : raffineries du complexe industriel de Fos, port de Bouc, rejets en mer (centrale thermique EDF de Martigues, rejet Naphtachimie Atochem, société BP).

Aucun macrodéchets et aucune caulerpe n'ont été observés.

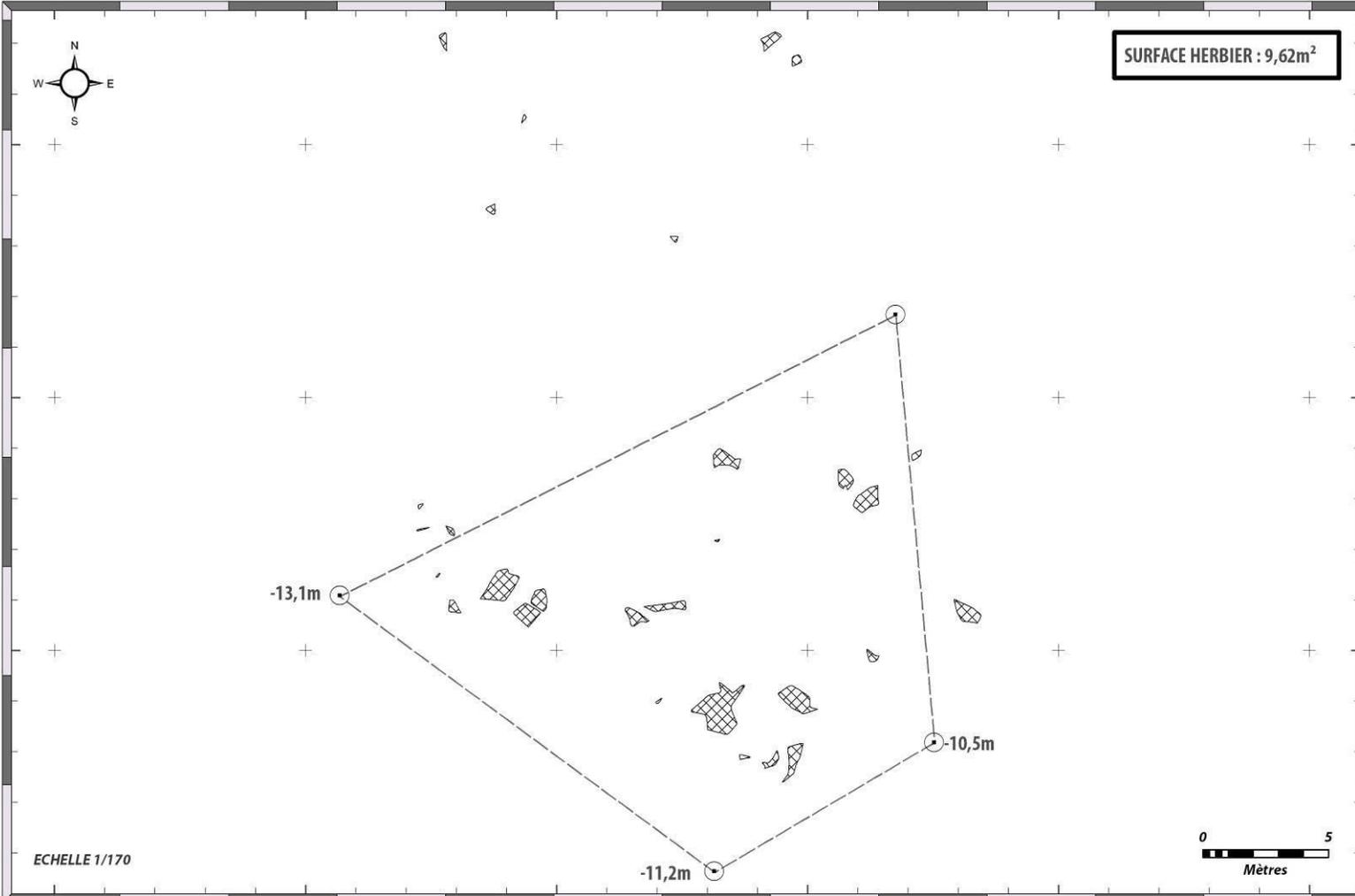


Figure 24 : Vue aérienne et emplacement du site (source : Bing, 2013).

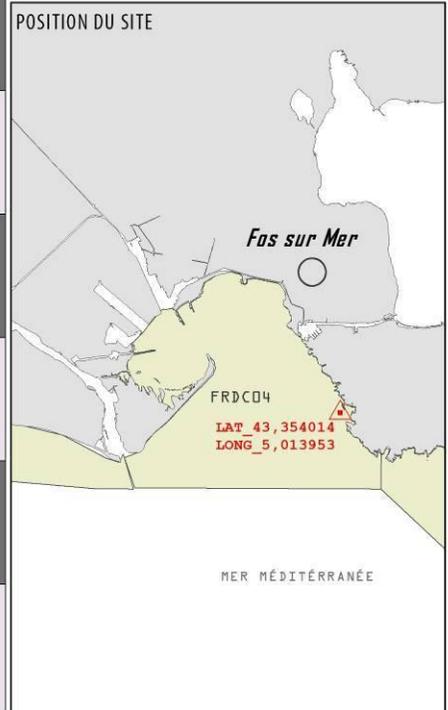
d) *Données historiques*

Le site RSP « Martigues » a été mis en place en 1995. Il est localisé dans le golfe légèrement plus au Sud que le site TEMPO « Bonnieu_Nord », au large de la pointe Bonnieu, au voisinage de la centrale thermique de Lavera.

La limite inférieure de l'herbier est située à une profondeur moyenne de -18 mètres. Jusqu'en 2001 (date du dernier suivi) le site RSP montrait une tendance à la régression de l'herbier, avec un recul important et une disparition de nombreuses touffes de posidonies. La densité moyenne de l'herbier de ce site était normale d'après la classification de Pergent-Martini (1994) et Pergent et al., (1995). Deux balises présentaient une densité sub-normale inférieure.



SURFACE HERBIER : 9,62m²



LEGENDE	
Télémétrie	○ Balise de positionnement du quadrat de télémétrie
Herbier de posidonie	<ul style="list-style-type: none"> ☐ Posidonie épars ☒ Herbier de Posidonie ☑ Matte morte de Posidonie
Éléments particuliers	<ul style="list-style-type: none"> ◆ <i>Pinna nobilis</i> ▲ Macrodechets
Position du site	<ul style="list-style-type: none"> ■ Masses d'eau côtières ▲ Coordonnées GPS du site - WGS84 ○ Zone urbaine

STATISTIQUES	Densité*/m ²	Déchaussement/cm
	Moyenne globale	232,35
Ecart type	64,7	1,01

*Nombre de faisceaux par m²

Cette carte a été réalisée à partir de levés télémétriques effectués au cours des mois de Mai/Juin 2012.

Elle fait partie intégrante de l'étude intitulée:
« Surveillance des herbiers de Posidonie par télémétrie acoustique - Suivi 2012 »

Carte 5 : Cartographie de l'herbier du site TEMPO Bonnieu Nord (2012).



Figure 25 : Bonnieu-Nord (2012). [1] : Piquet 1 (-10.5m) du quadrat de télémétrie ; [2] : Piquet 2 (-11.2m) du quadrat de télémétrie ; [3] : Piquet 3 (-13.1m) du quadrat de télémétrie ; [4, 5, 6] : Tâches et faisceaux isolés d'herbier.

V.4 CAP CANAILLE (MASSE D'EAU FRDC07B)

a) Description et cartographie

Le site de Cap Canaille est localisé dans la masse d'eau FREC07b, au large de la commune de Cassis.

L'herbier se développe sur un fond de matie morte et détritique côtier. La surface totale d'herbier cartographié est de **114,55 m²**.

Quatre balises sont ancrées dans le substrat meuble entre 32,6 et 34 m de profondeur.



Figure 26 : Site de Cap Canaille (2013).

b) Mesures de vitalité et comparaison nationale

Tableau 7 : Comparaison des valeurs de l'EQR du site TEMPO (et des EQR' associés) avec les autres sites TEMPO (incluant les données de 2008 à 2013).

Région	PACA	Échelle de comparaison Méditerranée Légende
Masse d'eau	FRDC07b	
Nom_site	Cap Canaille	
Annee	2012	
EQR Site TEMPO	0.43	
EQR' Typologie	0.21	0.21 — 0.89 0.51
EQR' Profondeur	0.84	0.16 — 1 0.65
EQR' Densité	0.25	0.15 — 1 0.38

La limite inférieure de type **régressif (regressive shaded limit)** se situe à **33 m** de profondeur.

La densité varie de 25 à 200 faisceaux/m² pour une **densité moyenne de 113,89 ±54,92 faisceaux /m²** ; l'herbier est en **état normal** compte tenu de sa densité de faisceaux d'après la classification de Pergent *et al.*, 2008 et Pergent-Martini *et al.*, 2010. D'après celle de Pergent-Martini (1994) et Pergent *et al.*, (1995) la densité est **normale**.

Le **déchaussement est faible** ; il varie en 2012 de -2 à 0 cm pour une valeur moyenne de **-2,74±0,72 cm**.

c) Perturbations observées

La baie de Cassis est soumise à une forte pression de pêche, aux impacts du mouillage des grosses unités et est située face au port de Cassis. C'est également une zone de décantation des macrodéchets (Charbonnel *et al.*, 2000).

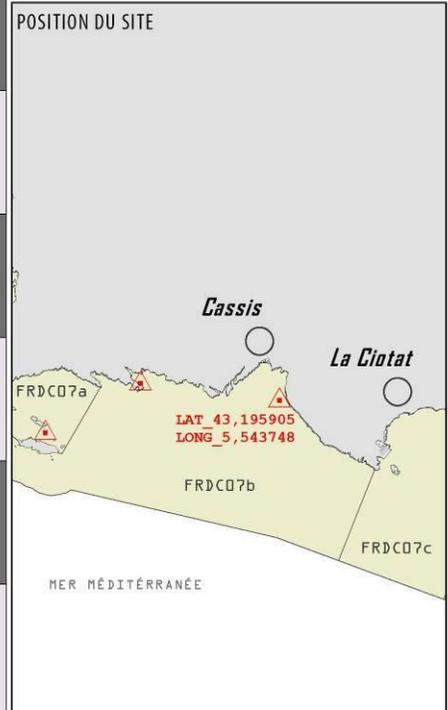
Le site TEMPO est assez éloigné de cette zone sensible de la baie de Cassis. Aucun macrodéchets et aucune caulerpe n'ont d'ailleurs été observés sur le site en 2012.



Figure 27 : Vue aérienne et emplacement du site (source : Bing, 2013).

d) Données historiques

Le site RSP « Cassis » a été mis en place en 1994 avec un suivi tous les trois ans. Il est localisé à proximité du site TEMPO « Cap Canaille ». Le balisage est situé à une profondeur moyenne de - 24,1 mètres sur un substrat vaso-sableux. De nombreuses traces au sol décèlent la présence de filets de fond et beaucoup de macrodéchets y ont été vus. Au niveau du balisage RSP, la limite inférieure présente une typologie variée avec alternance de limites franches, de portions régressives avec étendues de matte morte en aval. Un tombant de matte montre des signes d'érosion marqués. Le déchaussement est généralement faible mais peut atteindre localement une dizaine de centimètres. La densité moyenne de l'herbier est normale d'après la classification de Pergent-Martini (1994) et Pergent *et al.*, (1995).



LEGENDE	
Télémétrie	○ Balise de positionnement du quadrat de télémétrie
Herbier de posidonie	☼ Posidonie épars ▣ Herbier de Posidonie ▤ Matte morte de Posidonie
Éléments particuliers	◆ <i>Pinna nobilis</i> ▲ Macrodéchets
Position du site	■ Masses d'eau côtières ▲ Coordonnées GPS du site - WGS84 ○ Zone urbaine

STATISTIQUES	Densité*/m ²	Déchaussement/cm
	Moyenne globale	113,89
Ecart type	54,92	0,72

*Nombre de faisceaux par m²

Cette carte a été réalisée à partir de levés télémétriques effectués au cours des mois de Mai/Juin 2012.

Elle fait partie intégrante de l'étude intitulée:
« Surveillance des herbiers de Posidonie par télémétrie acoustique - Suivi 2012 »

Carte 6 : Cartographie de l'herbier du site TEMPO Cap Canaille (2012).

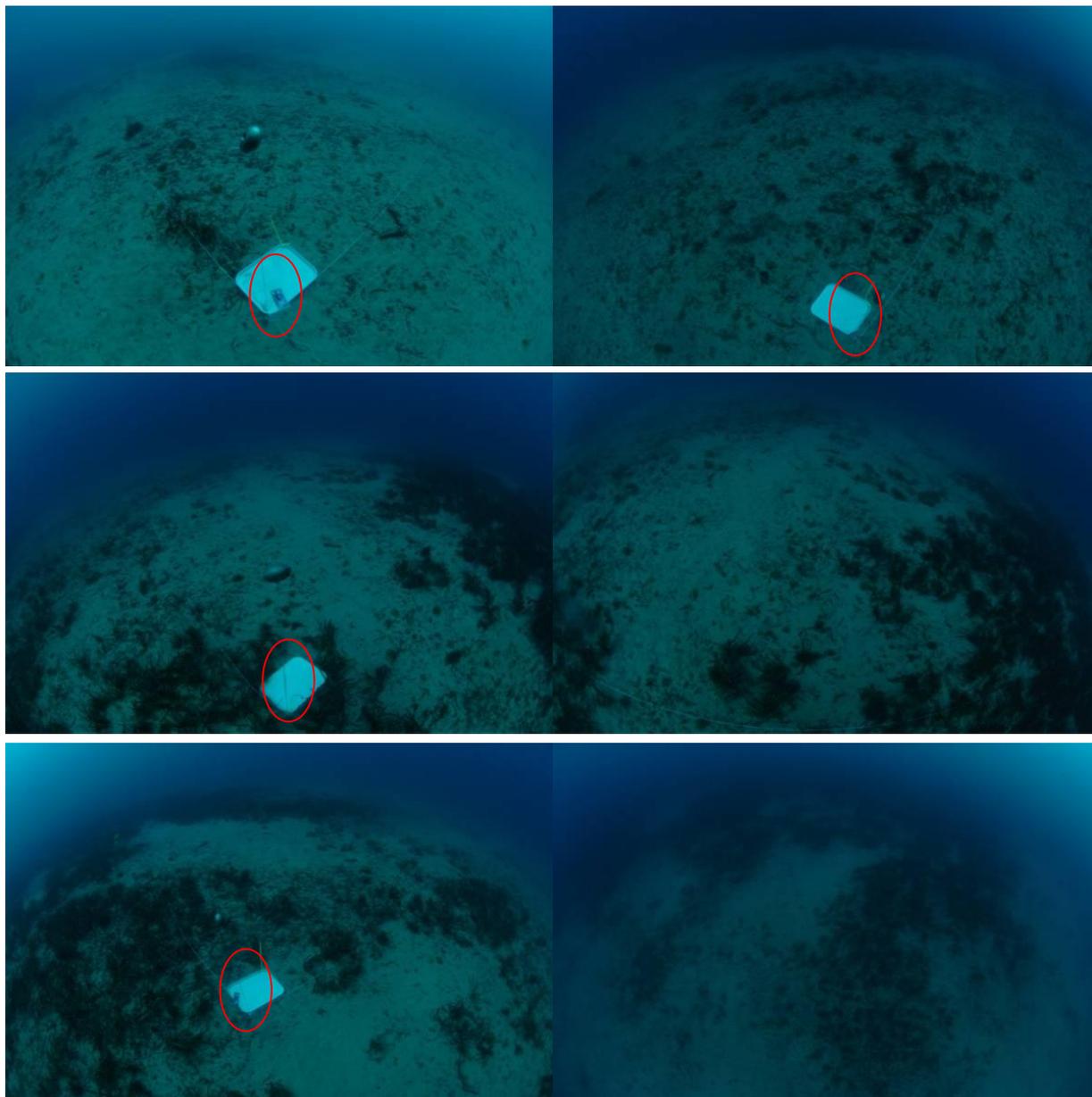


Figure 28 : Cap Canaille (2012). [1] : Piquet 1 (-34m) du quadrat de télémétrie ; [2] : Piquet 2 (-33.7m) du quadrat de télémétrie ; [3] : Piquet 3 (-32.6m) du quadrat de télémétrie ; [4,6] : Limite inférieure de l'herbier, régressive ; [5] : Piquet 4 (-32.9m) du quadrat de télémétrie .

V.5 CARRY (MASSE D'EAU FRDC05)

a) Description et cartographie

Le site de Carry est localisé dans la masse d'eau FREC05, au large du port de Carry-le-Rouet, à 850 mètres de la côte. L'herbier se développe sur un fond de matre morte et détritique côtier.

Il a été suivi par télémétrie acoustique en 2008 (Descamp *et al.*, 2009). La surface totale d'herbier cartographié en 2012 est de **706,7 m²**. Elle était de **817 m²** en 2008. L'herbier est en régression au sein du quadrat de télémétrie entre 2008 et 2012.

L'herbier est situé dans une « zone de référence », exempte de tout impact anthropique majeur, à l'intérieur de la Zone Marine Protégée, en limite d'une bouée intermédiaire délimitant le parc (Descamp *et al.*, 2009). Le site est marqué par des balises RSP mises en place en 1997 et a été suivi par télémétrie acoustique en 2008 et 2012.

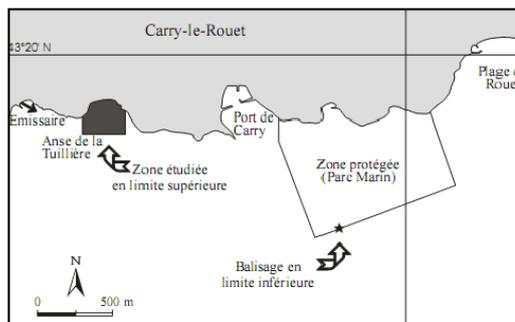


Figure 29 : Localisation du site de Carry (source : Cadiou *et al.*, 2004).

b) Mesures de vitalité et comparaison nationale

Tableau 8 : Comparaison des valeurs de l'EQR du site TEMPO (et des EQR' associés) avec les autres sites TEMPO (incluant les données de 2008 à 2013)

Région	PACA	PACA	Échelle de comparaison Méditerranée Légende
Masse d'eau	FRDC05	FRDC05	
Nom_site	Carry	Carry	
Annee	2012	2008	
EQR Site TEMPO	0.4	0.4	0.3 — 0.8 0.52
EQR' Typologie	0.21	0.21	0.21 — 0.89 0.51
EQR' Profondeur	0.74	0.73	0.16 — 1 0.65
EQR' Densité	0.25	0.27	0.15 — 1 0.38

La limite inférieure de type **régressif (regressive shaded limit)** se situe à **30,2 m** de profondeur. L'herbier montre un degré de morcellement important et la limite est très irrégulière avec de nombreuses circonvolutions dans ses contours.

La densité en 2012 varie de 25 à 300 faisceaux/m² pour une **densité moyenne de 115,83 ±74,64 faisceaux /m²**. La mesure de densité effectuée en 2008 était similaire : 133 ±39,6 faisceaux. L'herbier est donc en **état normal** compte tenu de sa densité de faisceaux d'après la classification de Pergent *et al.*, 2008 et Pergent-Martini *et al.*, 2010. D'après celle de Pergent-Martini (1994) et Pergent *et al.*, (1995) la densité est **normale**.

Le **déchaussement est faible** sur les deux années de suivis. En 2012, il varie de -2 à 3 cm pour une valeur moyenne de **0,85±1,19 cm**.

c) Perturbations observées

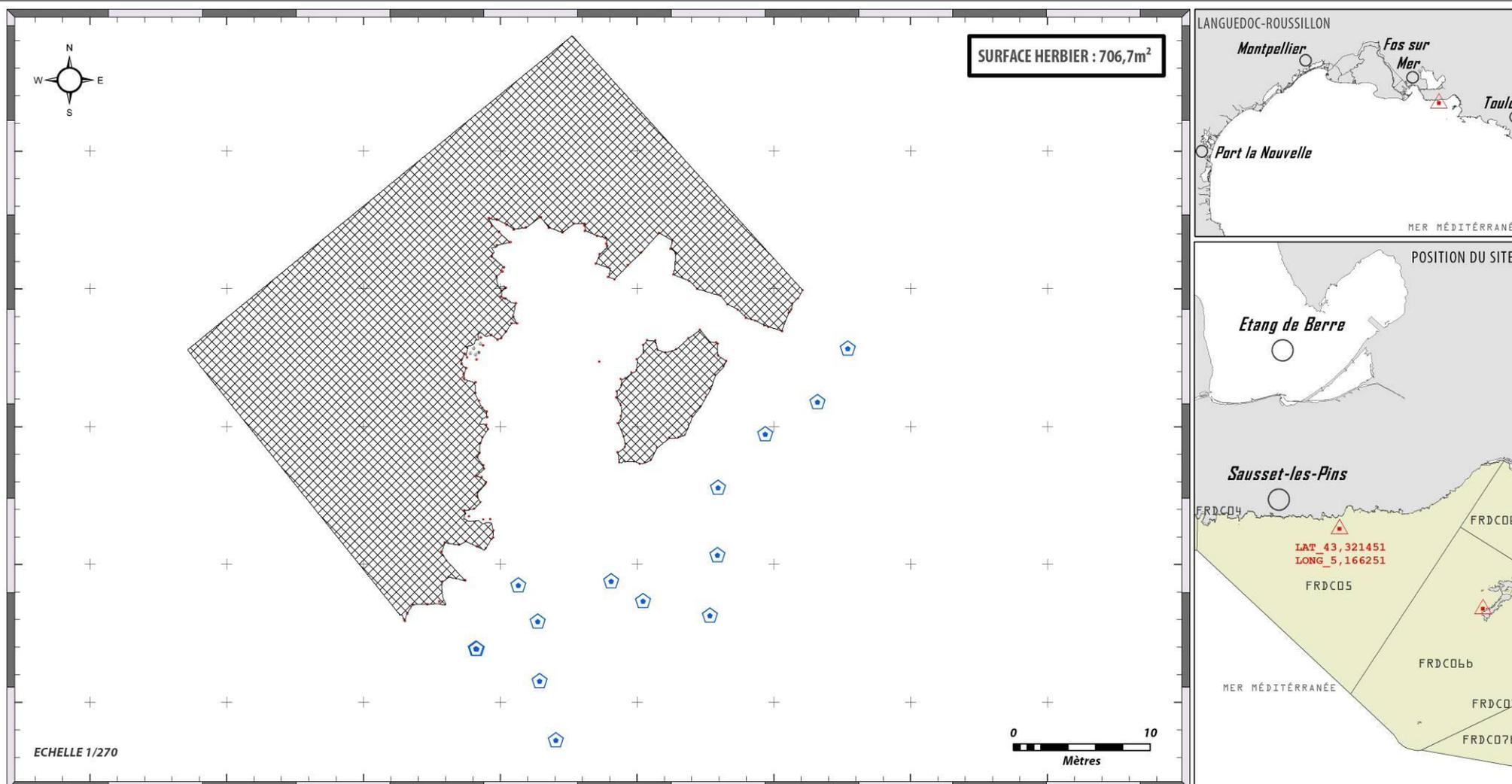
Nous avons observé de nombreux macrodéchets et le développement de l'algue invasive *Caulerpa racemosa* en 2008 sur l'étendue de matte morte située au-delà de la limite de l'herbier. Les sources de nuisances possibles sont le contexte global de turbidité des eaux lié au flux rhodanien, la proximité du port de plaisance de Carry-le-Rouet, et le rejet de l'émissaire des communes de Carry-le-Rouet et Sausset-les-Pins qui se rejette dans l'anse voisine de la Tuillière. A noter que l'herbier de ce site est le plus profond connu sur la Côte Bleue, et donc le plus sensible. De ce fait toute modification, même infime, de la turbidité se traduira par une remontée des limites et de la profondeur de compensation.



Figure 30 : Vue aérienne et emplacement du site (source : Bing, 2013).

d) Données historiques

Le site de Carry est un site RSP qui montre une régression chronique depuis son installation. Il a été mis en place en 1985 puis suivi en 1988, 1991 et 1994. Il a été réinstallé en 1997 après un recul moyen de 4,5 mètres de la limite. De nouvelles balises en béton ont ainsi été disposées au contact de la limite de l'herbier. L'herbier présentait des densités anormales dans le sens de la classification de Pergent-Martini (1994) et Pergent *et al.*, (1995). Le suivi RSP 2000 montrait une régression (5 balises sur 11) et une stabilité (6 balises sur 11), régression qui s'est poursuivie en 2003 (Cadiou *et al.*, 2004), en 2008 (Descamp *et al.*, 2009) et en 2012. Les causes de cette régression restent difficiles à établir. Les cartes ci-dessous présentent (1) la cartographie de l'herbier en 2012 et (2) la dynamique évolutive de cet herbier entre 2008 et 2012.



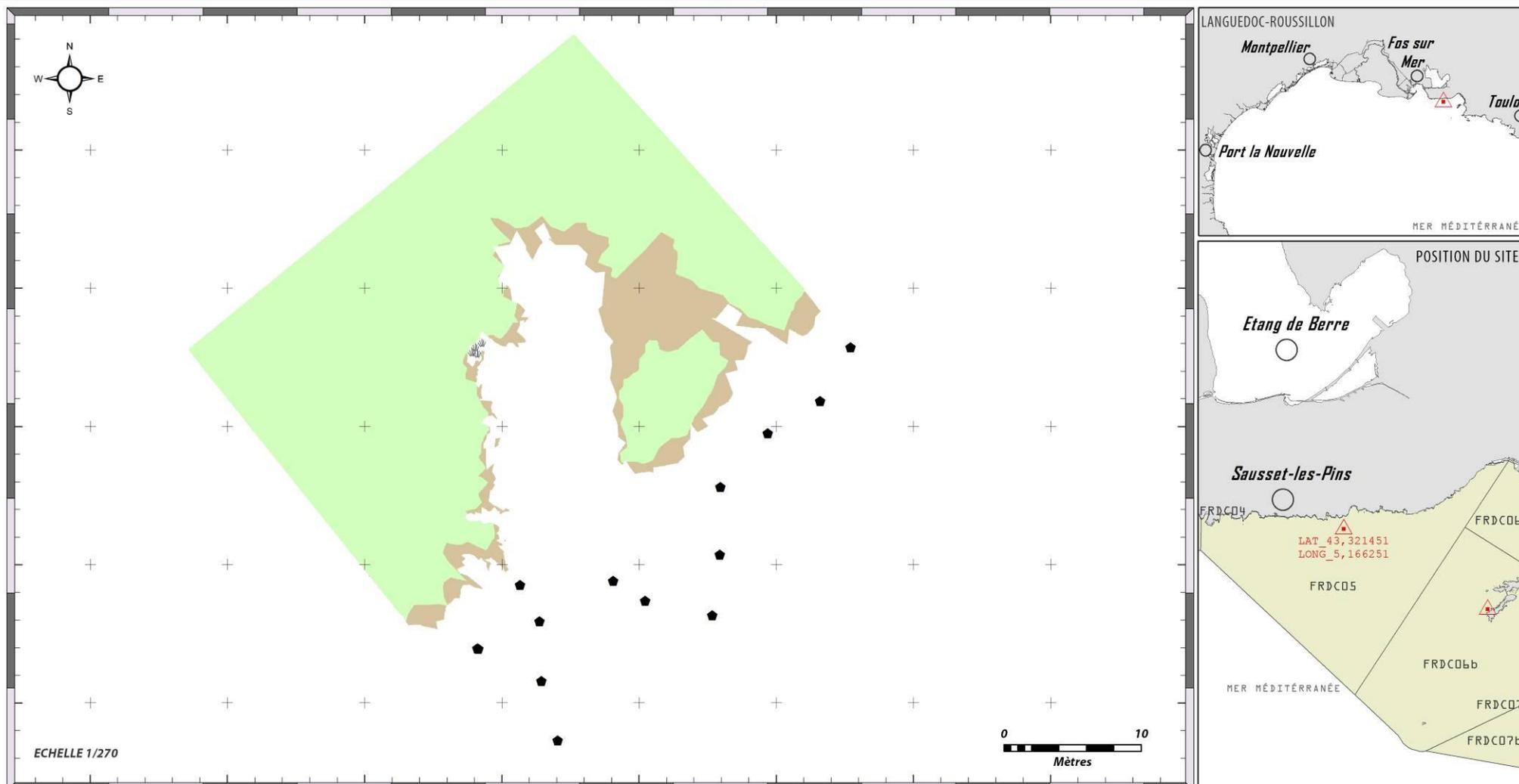
LEGENDE	
Télémétrie	Balise RSP
Herbier de posidonie	Posidonie éparses
	Herbier de Posidonie
	Matte morte de Posidonie
Eléments particuliers	<i>Pinna nobilis</i>
	Macrodéchets
Position du site	Masses d'eau côtières
	Coordonnées GPS du site - WGS84
	Zone urbaine

STATISTIQUES	Densité*/m ²	Déchaussement/cm
	Moyenne globale	115,83
Ecart type	74,64	1,19

*Nombre de faisceaux par m²

Cette carte a été réalisée à partir de levés télémétriques effectués au cours des mois de Mai/Juin 2012.

Elle fait partie intégrante de l'étude intitulée:
« Surveillance des herbiers de Posidonie par télémétrie acoustique - Suivi 2012 »



LEGENDE

Herbier de posidonie		Herbier de Posidonie stable
		Herbier de Posidonie en régression
Télémétrie		Balise RSP
		Pinna nobilis
Éléments particuliers		Macrodéchets
		Masses d'eau côtières
Position du site		Coordonnées GPS du site - WGS84
		Zone urbaine

STATISTIQUES

	Densité*/m ² 2008/2012	Déchaussement/cm (2012)
Moyenne globale	133/115,83	2,85
Ecart type	39,6/74,64	1,19

*Nombre de faisceaux par m²

Cette carte a été réalisée à partir de levés télémétriques effectués au cours des années 2008 et 2012.

Elle fait partie intégrante de l'étude intitulée:
« Surveillance des herbiers de Posidonie par télémétrie acoustique - Suivi 2012 »

Carte 8 : Dynamique évolutive de l'herbier du site TEMPO de Carry entre 2008 et 2012.

V.6 DIGUE MARSEILLE (MASSE D'EAU FRDC06A)

a) Description et cartographie

Le site de la Digue de Marseille est localisé dans la masse d'eau FREC06a, au Sud de la rade de Marseille. L'herbier se développe sur un fond meuble, il est reliquat de l'herbier beaucoup plus vaste qui bordait le littoral de Marseille au XIX^{ème} siècle.

Quatre balises sont ancrées dans le substrat meuble entre 20,6 et 21,8 m de profondeur.

Il a été suivi par télémétrie acoustique en 2008 (Descamp *et al.*, 2009). La surface totale d'herbier cartographié en 2012 est de **134,65 m²**. Elle était de **141,2 m²** en 2008. L'herbier est globalement stable au sein du quadrat de télémétrie entre 2008 et 2012.



Figure 31 : Herbier du site Digue de Marseille (2012).

Deux grandes nacres (*Pinna nobilis*) ont été observées en 2012 dans la même grande tâche.

b) Mesures de vitalité et comparaison nationale

Tableau 9 : Comparaison des valeurs de l'EQR du site TEMPO (et des EQR' associés) avec les autres sites TEMPO (incluant les données de 2008 à 2013)

Région	PACA	PACA	Échelle de comparaison Méditerranée Légende
Masse d'eau	FRDC06a	FRDC06a	
Nom_site	Digue Marseille	Digue Marseille	
Annee	2012	2008	
EQR Site TEMPO	0.51	0.51	0.3 — 0.8 0.52
EQR' Typologie	0.66	0.66	0.21 — 0.89 0.51
EQR' Profondeur	0.38	0.38	0.16 — 1 0.65
EQR' Densité	0.48	0.49	0.15 — 1 0.38

La limite inférieure **franche** se situe à **20,4 m** de profondeur.

La densité en 2012 varie de 100 à 300 faisceaux/m² pour une **densité moyenne de 218,18 ±50,11 faisceaux /m²**. La mesure de densité effectuée en 2008 était similaire : 220,37 ±55,05 faisceaux. L'herbier est donc en **état normal** compte tenu de sa densité de faisceaux d'après la classification de Pergent *et al.*, 2008 et Pergent-Martini *et al.*, 2010. D'après celle de Pergent-Martini (1994) et Pergent *et al.*, (1995) la densité est **normale**.

Le **déchaussement est faible** sur les deux années de suivis. En 2012, il varie de -1 à 5 cm pour une valeur moyenne de **1,36±1,34 cm**.

c) Perturbations observées

Nous avons observé de nombreux macrodéchets en 2012 sur ce site.

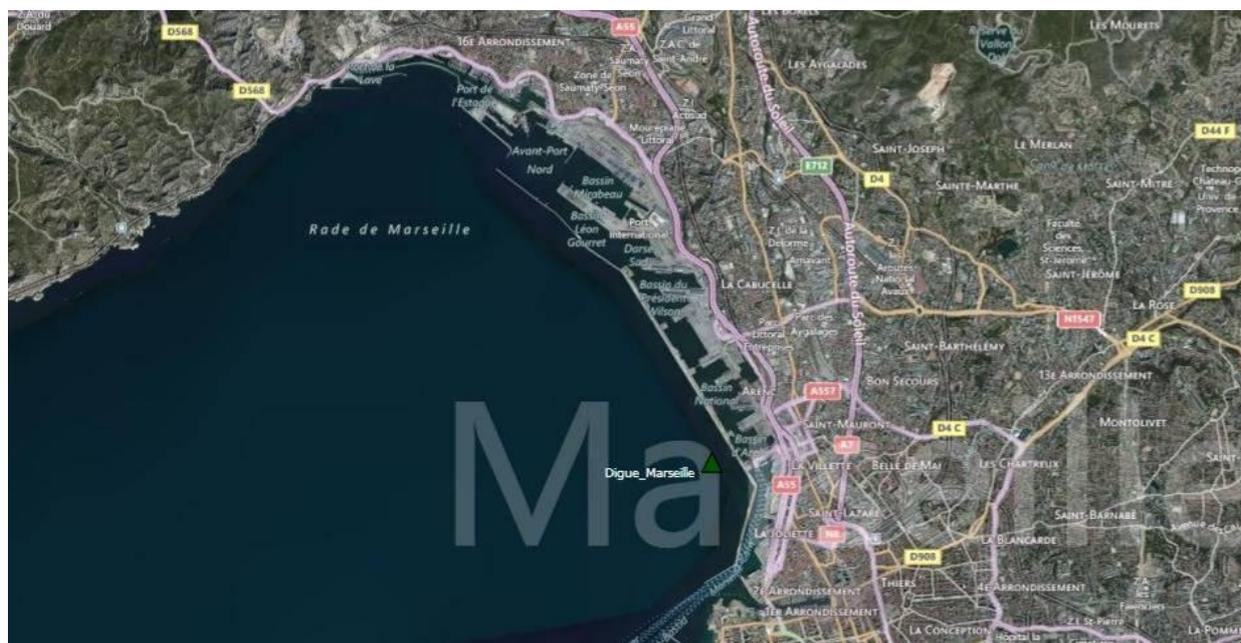
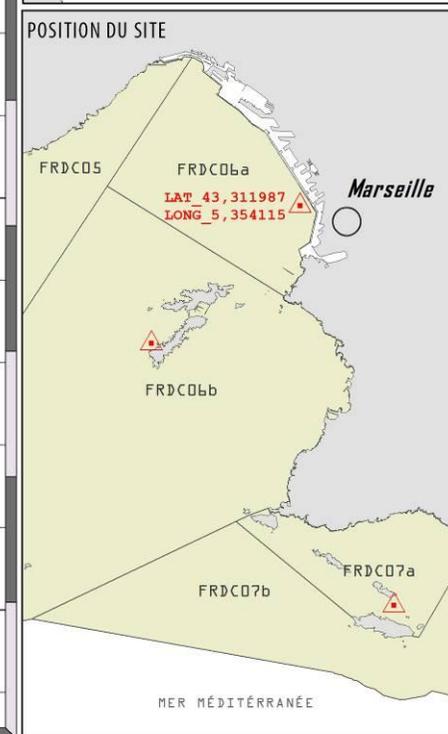
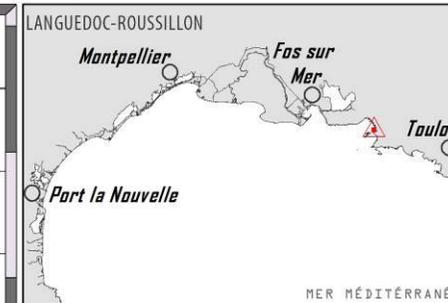
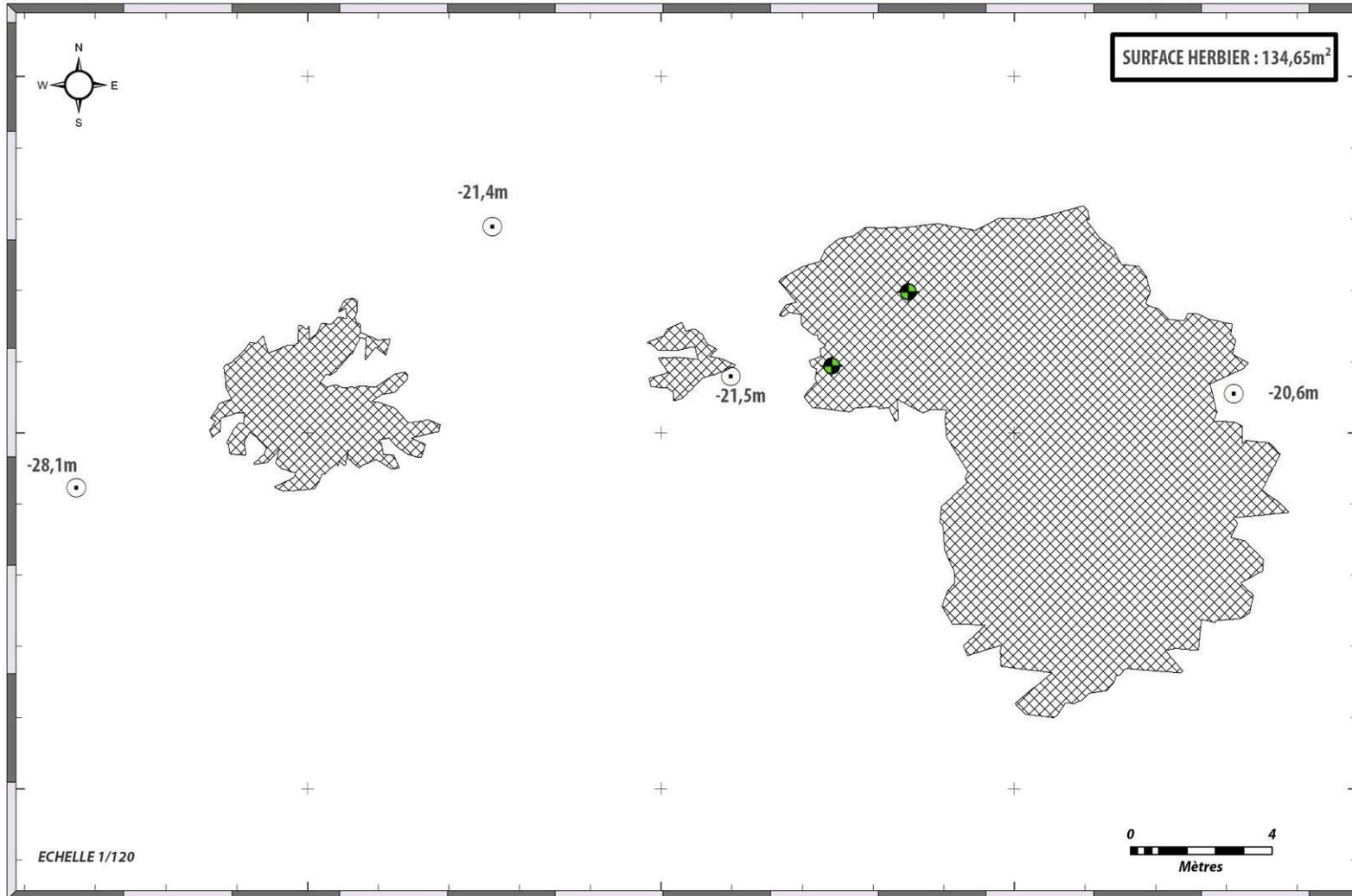


Figure 32 : Vue aérienne et emplacement du site (source : Bing, 2013).

d) Données historiques

Le site de « Marseille » est un site RSP mis en place en 1986. La limite inférieure est située à une profondeur moyenne de -26,5 mètres, l'eau y est turbide et le substrat est composé de sable grossier. L'herbier est quasi-continu entre les balises 1 et 5 et davantage morcelé au niveau des balises 6 à 11. L'herbier présentait des densités normales à normales supérieures en 2004 dans le sens de la classification de Pergent-Martini (1994) et Pergent *et al.*, (1995), ainsi qu'un fort recouvrement. Une évolution progressive de la limite inférieure au niveau de ce site RSP était relevée depuis 2001. La régression dont il a fait l'objet pendant de nombreuses années (construction du port de la Pointe Rouge, aménagements des plages artificielles dans la baie du Prado...) semble s'être complètement arrêtée pour laisser place à une progression de l'herbier se confirmant d'années en années (depuis 1995).



LEGENDE	
Herbier de posidonie	Télémétrie
Posidonie éparsse	Balise de positionnement du quadrat de télémétrie
Herbier de Posidonie	<i>Pinna nobilis</i>
Matte morte de Posidonie	Macrodéchets
Position du site	Masses d'eau côtières
Coordonnées GPS du site - WGS84	Zone urbaine

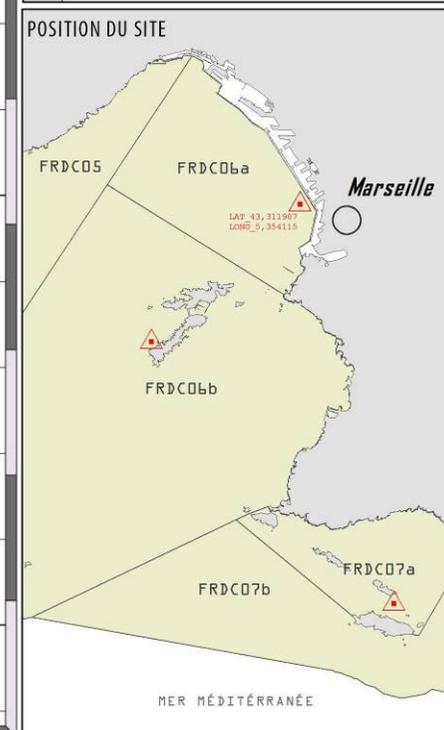
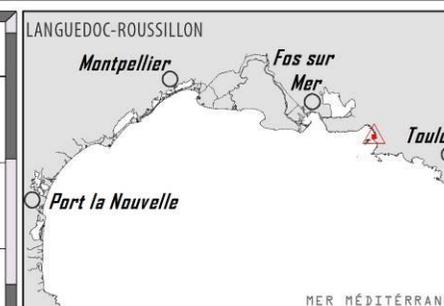
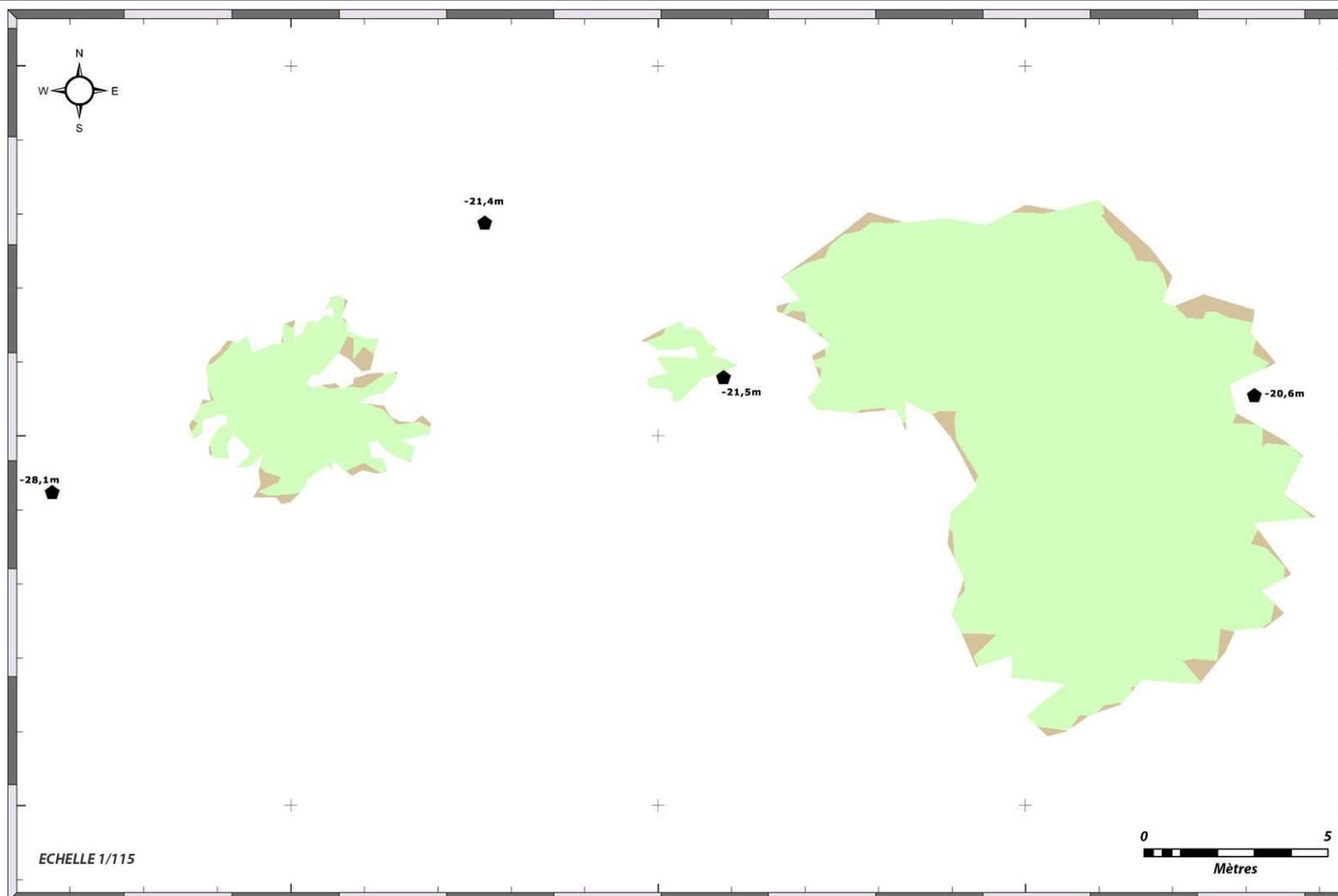
STATISTIQUES	Densité*/m ²	Déchaussement/cm
	Moyenne globale	218,18
Ecart type	50,11	1,34

*Nombre de faisceaux par m²

Cette carte a été réalisée à partir de levés télémétriques effectués au cours des mois de Mai/Juin 2012.

Elle fait partie intégrante de l'étude intitulée: « **Surveillance des herbiers de Posidonie par télémétrie acoustique - Suivi 2012** »

Carte 9 : Cartographie de l'herbier du site TEMPO Digue Marseille (2012).



LEGENDE		Éléments particuliers	
Télémétrie	● Balise	● Pinna nobilis	
		▲ Macrodéchets	
Herbier de posidonie	☐ Faisceaux isolés	☐ Masses d'eau côtières	
	■ Herbier de Posidonie stable	▲ Coordonnées GPS du site - WGS84	
	■ Herbier de Posidonie en régression	○ Zone urbaine	

STATISTIQUES	Densité*/m ²	Déchaussement/cm
	2008/2012	(2012)
Moyenne globale	220,37/218,18	3,36
Ecart type	55,05/50,11	1,34

*Nombre de faisceaux par m²

Cette carte a été réalisée à partir de levés télémétriques effectués au cours des années 2008 et 2012.

Elle fait partie intégrante de l'étude intitulée: « Surveillance des herbiers de Posidonie par télémétrie acoustique - Suivi 2012 »

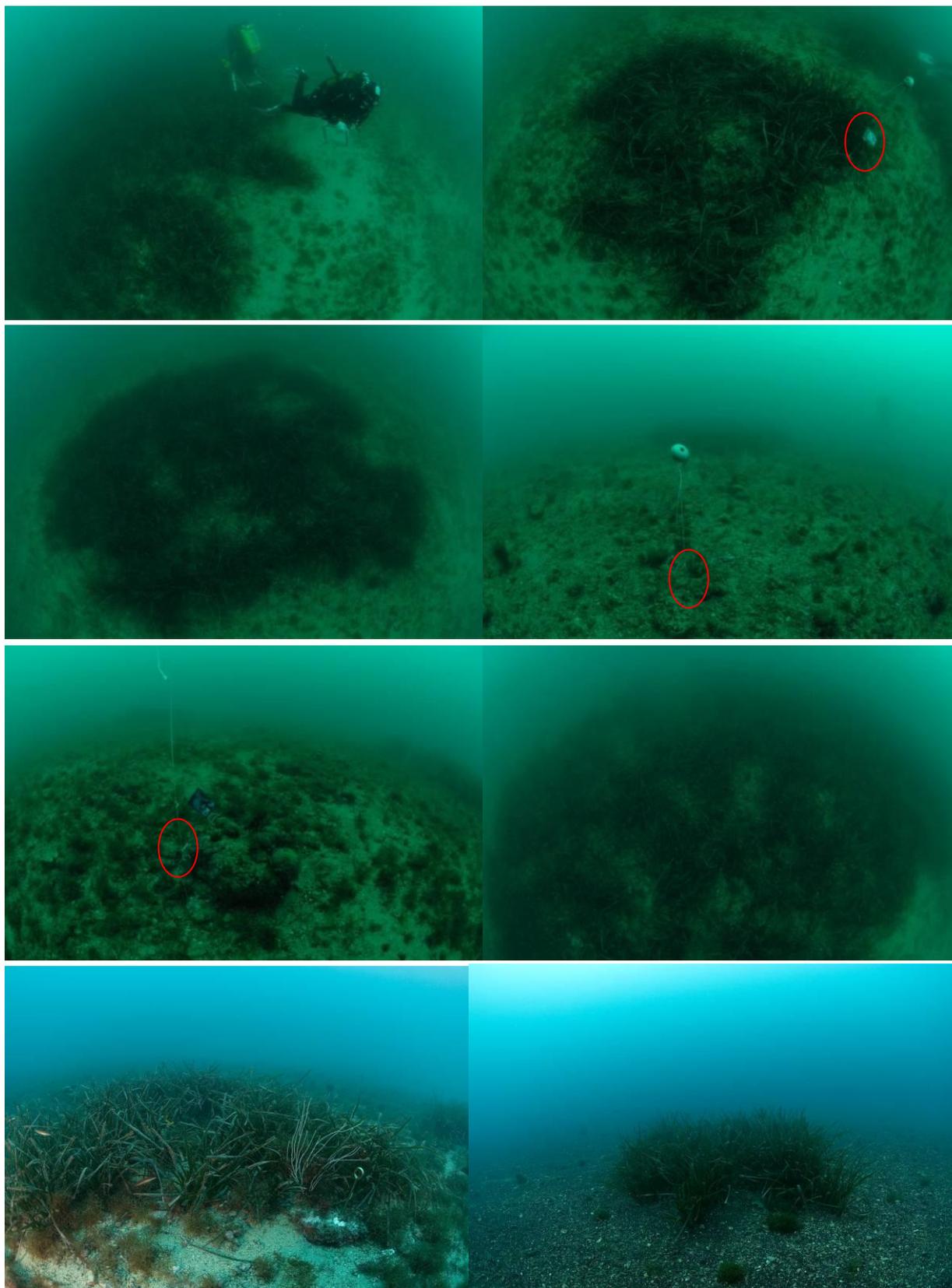


Figure 33 : Digue Marseille (2012). [1] : Limite inférieure de l'herbier ; [2] : Piquet 1 (-21.5m) en limite d'une grande tâche d'herbier ; [3] : Tâche herbier ; [4] : Piquet 3 (-21.8m) situé à l'ouest du site ; [5] : Piquet 4 (-21.4m) au Nord du site ; [6] : Vue d'ensemble de l'herbier du site de la digue de Marseille. [7,8] Herbier de la Digue de Marseille en 2008.

V.7 EMBIEZ NORD (MASSE D'EAU FRDC07E)

a) Description et cartographie

Le site Embiez Nord est localisé dans la masse d'eau FREC07e, au Nord-Ouest de l'île des Embiez, dans la baie de Sanary sur Mer. L'herbier se développe sur un fond meuble (sable). Deux piquets sont positionnés sur des balises géométriques existantes, à 29,9 et 30,1 mètres de fond.

La surface totale d'herbier dense cartographié en 2012 est de **39,96 m²** et celle d'herbier plus épars est de 48,32 m². De nombreux faisceaux isolés sont présents en limite inférieure.



Figure 34 : Limite inférieure – Site Embiez Nord (2012).

e) Mesures de vitalité et comparaison nationale

La limite inférieure **clairsemée naturelle** se situe à **30 m** de profondeur.

La densité en 2012 varie de 25 à 350 faisceaux/m² pour une **densité moyenne de 124,24 ±86,6 faisceaux /m²**. L'herbier est donc en **état normal** compte tenu de sa densité de faisceaux d'après la classification de Pergent *et al.*, 2008 et Pergent-Martini *et al.*, 2010. D'après celle de Pergent-Martini (1994) et Pergent *et al.*, (1995) la densité est **normale**.

Le **déchaussement est faible** et varie de -1 à 2 cm pour une valeur moyenne de **0,44±0,98 cm**.

Tableau 10 : Comparaison des valeurs de l'EQR du site TEMPO (et des EQR' associés) avec les autres sites TEMPO (incluant les données de 2008 à 2013)

Région	PACA	Échelle de comparaison Méditerranée Légende
Masse d'eau	FRDC07e	
Nom_site	Embiez Nord	
Annee	2012	
EQR Site TEMPO	0.48	
EQR' Typologie	0.44	0.21 — 0.89 0.51
EQR' Profondeur	0.74	0.16 — 1 0.65
EQR' Densité	0.26	0.15 — 1 0.38

b) *Perturbations observées*

Rejet lointain d'un émissaire en mer au large de la pointe de la Cride (communes de Bandol et Sanary). En mer débouchent deux cours d'eau de mauvaise qualité (La Reppe et le grand Vallat entre les plages de Bandol et de Sanary).

Présence de l'espèce invasive *Caulerpa racemosa* en 2012 sur ce site, déjà observée en 2008 par l'Institut Paul Ricard (voir paragraphe ci-dessous sur les données historiques).

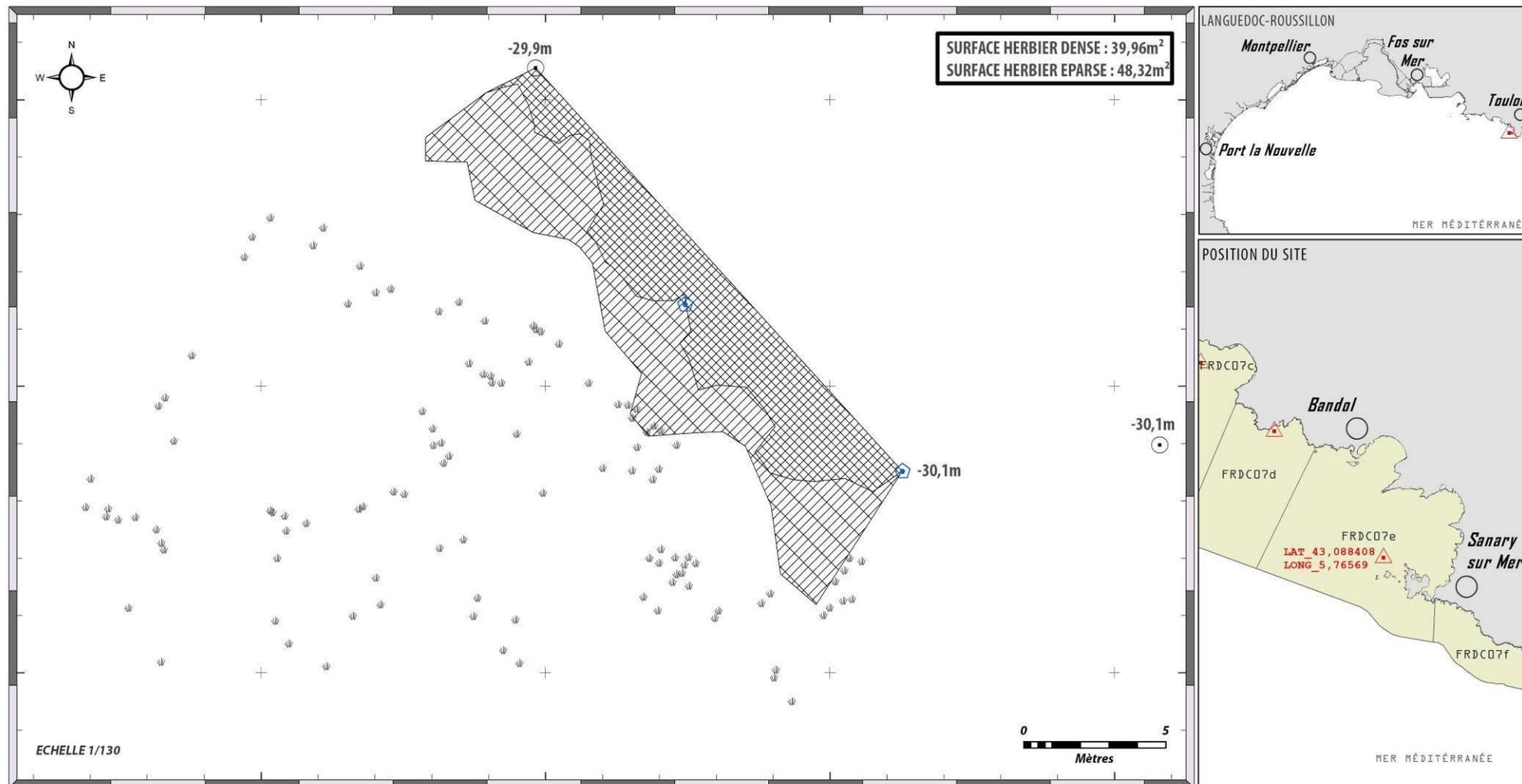


Figure 35 : Vue aérienne et emplacement du site (source : Bing, 2013).

c) *Données historiques*

Le site TEMPO « Embiez Nord » a été positionné sur une des trois stations d'étude mise en place en limite inférieure de l'herbier lors du diagnostic écologique du site Natura 2000 FR9302001 « Lagune du Brusç » (Rouanet *et al.*, 2008). La pose des balises fixes a été effectuée par l'Institut Océanographique Paul Ricard en juillet 2008 sur trois stations : « Nord », « Ouest » et « Sud » (la station « Nord » correspond au site TEMPO). Aux stations Nord et Ouest l'herbier est discontinu en mosaïque, relativement épiphyté, alors que c'est un herbier de plaine à la station Sud. Pour les trois stations les densités étaient qualifiées de normales d'après Pergent *et al.* (1995). Concernant la station Nord, Rouanet *et al.* (2008) notent une densité plus importante que lors de nos relevés de 2012 puisque la densité moyenne était de 232 ± 64 faisceaux par m^2 .

A l'Est du site TEMPO, mais toujours au Nord de l'île des Embiez, le site RSP « Brusç » a été mis en place à 680 mètres au Nord de la bouée de la Casserlane en 1985. Un nouveau balisage a été installé en 1998 à une profondeur moyenne de -30,1 mètres sur un substrat sablo-vaseux. En 2003 la tendance évolutive de ce site est une régression de l'herbier depuis 1998, moins importante en 2003 par rapport au suivi de 2000. L'herbier est morcelé et une diminution du recouvrement et des densités a été relevé en 2003, même si ces paramètres avaient des valeurs normales.



LEGENDE

Télémétrie	○	Balise de positionnement du quadrat de télémétrie
	⬢	Balise RSP
Herbier de posidonie	⬇	Posidonie éparse
	⊠	Herbier de Posidonie dense
	⊞	Herbier de Posidonie éparse

Éléments particuliers	⬆	<i>Pinna nobilis</i>
	▲	Macrodéchets
Position du site	■	Masses d'eau côtières
	▲	Coordonnées GPS du site - WGS84
	○	Zone urbaine

STATISTIQUES

	Densité*/m ²	Déchaussement/cm
Moyenne globale	124,24	2,45
Ecart type	86,26	0,98

*Nombre de faisceaux par m²

Cette carte a été réalisée à partir de levés télémétriques effectués au cours des mois de Mai/Juin 2012.

Elle fait partie intégrante de l'étude intitulée: « Surveillance des herbiers de Posidonie par télémétrie acoustique - Suivi 2012 »

Carte 11 : Cartographie de l'herbier du site TEMPO Embiez Nord (2012).



Figure 36 : Embiez Nord (2012). [1,3] Piquet 2 (-30.1m) positionné sur une balise RSP ; [3] Vue d'ensemble de la limite inférieure, épars, de l'herbier.

V.8 FRIOUL (MASSE D'EAU FRDC06B)

f) Description et cartographie

Le site Frioul est localisé dans la masse d'eau FREC06b, à l'Ouest de l'archipel du Frioul dans la rade de Marseille, et plus particulièrement au Nord de l'île Pomègues.

L'herbier se développe sur un fond meuble (sable). Quatre balises sont positionnées entre 23,5 et 26 mètres de fond. La surface totale d'herbier cartographié en 2012 est de **116,28** m². Une grande nacre (*Pinna nobilis*) a été observée.



Figure 37 : Frioul vu de la mer (2012)

g) Mesures de vitalité et comparaison nationale

La limite inférieure **franche naturelle** se situe à **25 m** de profondeur.

La densité en 2012 varie de 75 à 325 faisceaux/m² pour une **densité moyenne de 217,65±51,69 faisceaux /m²**. L'herbier est donc en **bon état** compte tenu de sa densité de faisceaux d'après la classification de Pergent *et al.*, 2008 et Pergent-Martini *et al.*, 2010. D'après celle de Pergent-Martini (1994) et Pergent *et al.*, (1995) la densité est **normale**.

Le **déchaussement est faible** et varie en 2012 de -2 à 2 cm pour une valeur moyenne de - **1,06±1,23 cm** pour les rhizomes orthotropes. Quelques rhizomes plagiotropes ont été observés.

Tableau 11 : Comparaison des valeurs de l'EQR du site TEMPO (et des EQR' associés) avec les autres sites TEMPO (incluant les données de 2008 à 2013)

Région	PACA	Échelle de comparaison Méditerranée Légende
Masse d'eau	FRDC06b	
Nom_site	Frioul	
Annee	2012	
EQR Site TEMPO	0.56	0.3 — 0.8 0.52
EQR' Typologie	0.66	0.21 — 0.89 0.51
EQR' Profondeur	0.55	0.16 — 1 0.65
EQR' Densité	0.48	0.15 — 1 0.38

h) *Perturbations observées*

En 2002, dans un souci de préservation du patrimoine exceptionnel de l'archipel du Frioul, la ville de Marseille crée le parc maritime des îles du Frioul et confie sa co-gestion au Conservatoire Etudes des Ecosystèmes de Provence/Alpes du Sud (CEEP). Le parc maritime intervient sur les espaces naturels terrestre et marin du Frioul afin d'en assurer la gestion et la préservation tout en permettant le développement d'activités respectueuses de l'environnement.

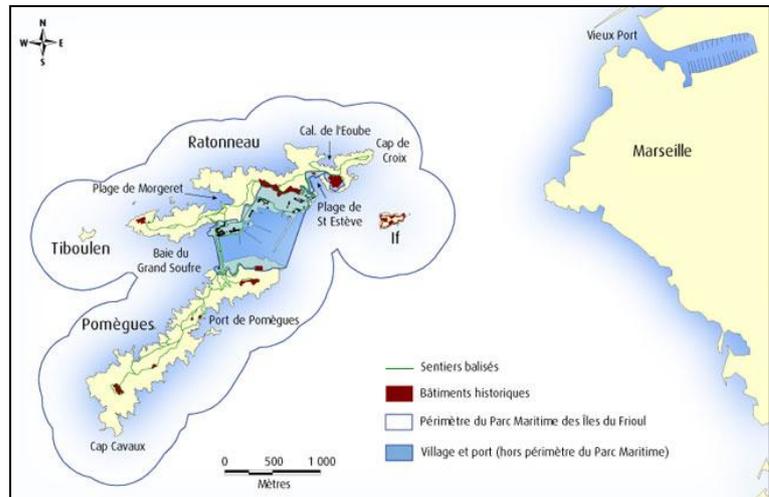


Figure 38 : Délimitation du Parc Maritime des Îles du Frioul (source : <http://www.ilesdemarseille.fr>)

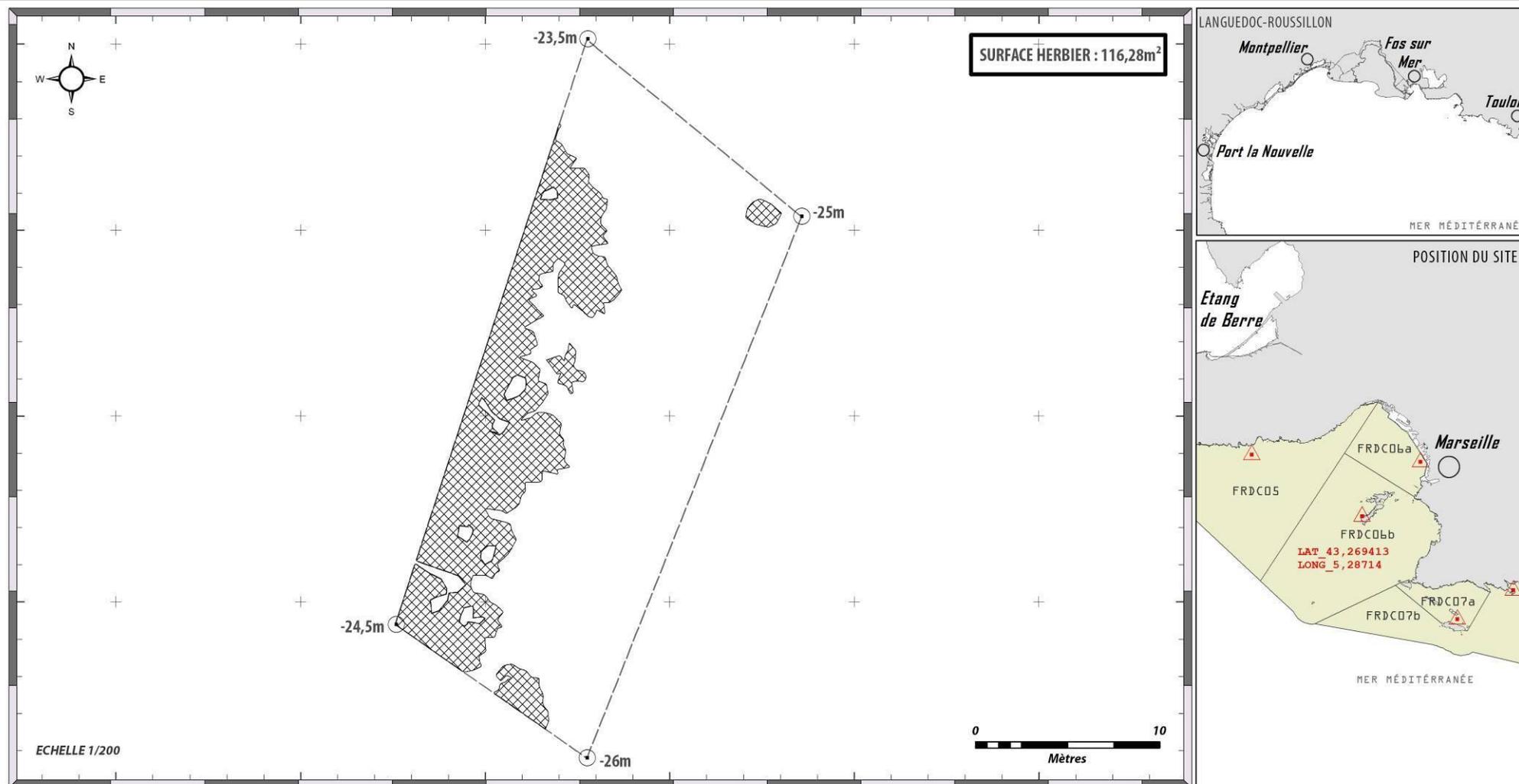
Présence de l'espèce invasive *Caulerpa racemosa* en 2012 sur ce site.



Figure 39 : Vue aérienne et emplacement du site (source : Bing, 2013).

i) *Données historiques*

Aucun herbier n'a été suivi dans cette masse d'eau par le RSP, l'herbier le plus proche étant celui de Marseille (voir fiche du site TEMPO « Digue de Marseille »).



LEGENDE

Herbier de posidonie		Herbier de Posidonie
		Matte morte de Posidonie
		Posidonie éparse
		Balise de positionnement du quadrat de télémétrie

Éléments particuliers		<i>Pinna nobilis</i>
		Macrodéchets
Position du site		Masses d'eau côtières
		Coordonnées GPS du site - WGS84
		Zone urbaine
		Balise de positionnement du quadrat de télémétrie

STATISTIQUES

	Densité*/m ²	Déchaussement/cm
Moyenne globale	217,65	0,94
Ecart type	51,69	1,23

*Nombre de faisceaux par m²

Cette carte a été réalisée à partir de levés télémétriques effectués au cours des mois de Mai/Juin 2012.

Elle fait partie intégrante de l'étude intitulée: « Surveillance des herbiers de Posidonie par télémétrie acoustique - Suivi 2012 »

Carte 12 : Cartographie de l'herbier du site TEMPO Frioul (2012).

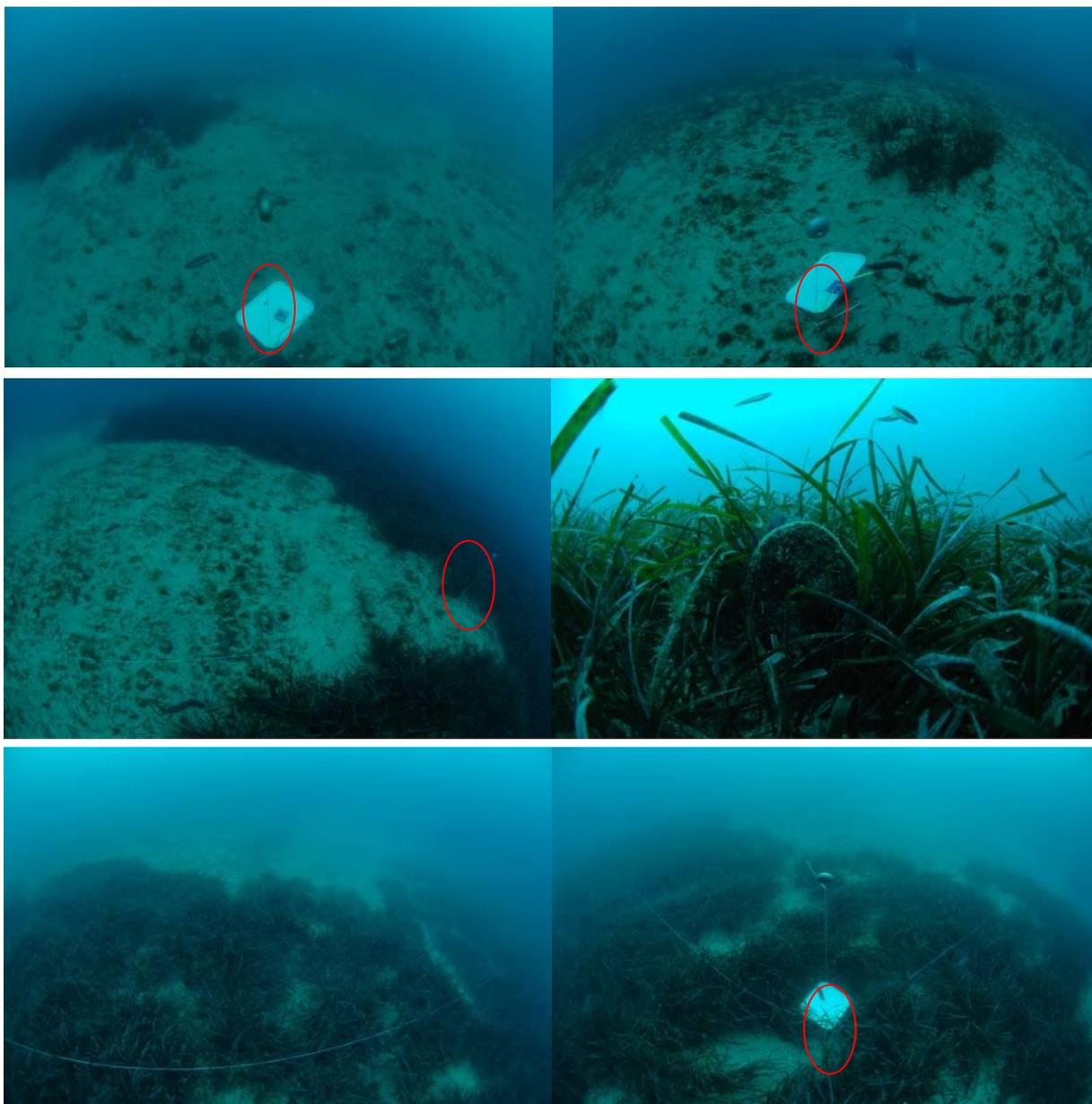


Figure 40 : Frioul (2012). [1] : Piquet 1 (-26m) au Sud-Est du quadrat de télémétrie ; [2] : Piquet 2 (-25m) du quadrat de télémétrie ; [3] : Piquet 3 (-24.5m) du quadrat de télémétrie ; [4] : Grande Nacre (*Pinna nobilis*) ; [5] : Limite inférieure de l'herbier ; [6] : Piquet 4 (-24.5m) du quadrat de télémétrie

V.9 GRAND TRAVERS (MASSE D'EAU FRDC02F)

a) Description et cartographie

Le site Grand Travers est localisé dans la masse d'eau FRDC02e, dans le golfe d'Aigues-Mortes, au large de Carnon.

L'herbier se développe sur un fond meuble (sable) avec débris de roche. Présence d'un massif rocheux accolé au site. Quatre balises sont positionnées à -8 mètres. La surface totale d'herbier cartographié en 2012 est de **15 m²**.



Figure 41 : Tâches herbier du site du Grand Travers (2012).

b) Mesures de vitalité et comparaison nationale

La limite inférieure **franche en tâches** se situe à **8m** de profondeur.

La densité en 2012 varie de 175 à 525 faisceaux/m² pour une **densité moyenne de 341,6±84,9 faisceaux /m²**. L'herbier est donc en **état médiocre** compte tenu de sa densité de faisceaux d'après la classification de Pergent *et al.*, 2008 et Pergent-Martini *et al.*, 2010. D'après celle de Pergent-Martini (1994) et Pergent *et al.*, (1995) la densité est **sub-normale inférieure**.

Le **déchaussement est faible** et varie en 2012 de -2 à 0 cm pour une valeur moyenne de **-2±0,2 cm**.

Tableau 12 : Comparaison des valeurs de l'EQR du site TEMPO (et des EQR' associés) avec les autres sites TEMPO (incluant les données de 2008 à 2013)

Région	LR	Échelle de comparaison Méditerranée Légende
Masse d'eau	FRDC02f	
Nom_site	Grand Travers	
Annee	2012	
EQR Site TEMPO	0.54	0.3 ——— 0.8 0.52
EQR' Typologie	0.66	0.21 ——— 0.89 0.51
EQR' Profondeur	0.19	0.16 ——— 1 0.65
EQR' Densité	0.78	0.15 ——— 1 0.38

c) *Perturbations observées*

Aucune pression n'a été relevé sur ce site. L'eau y est en revanche assez turbide.

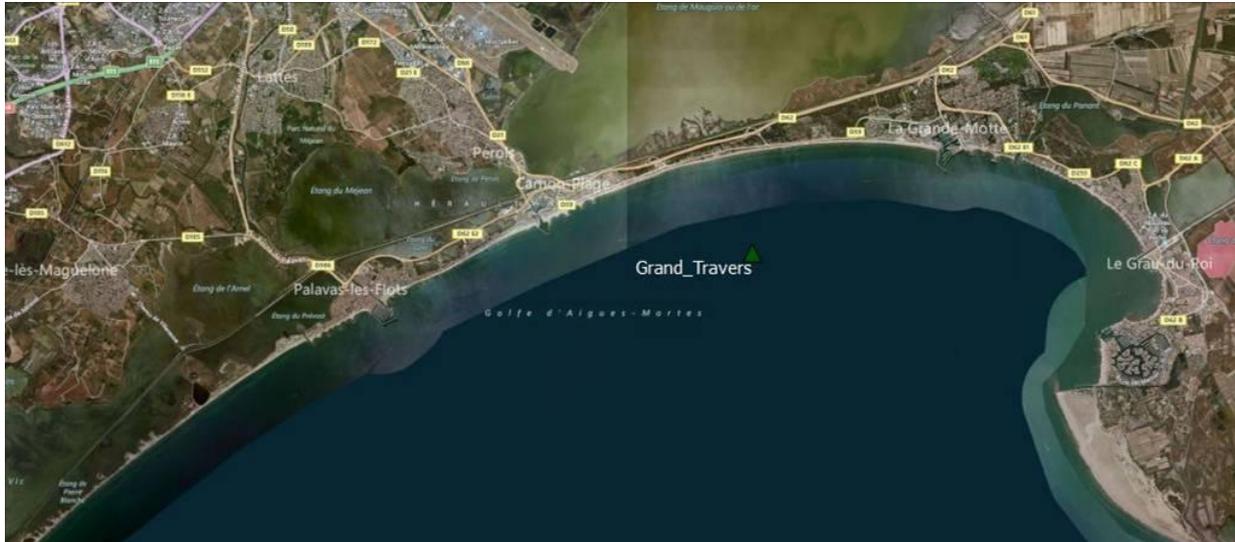
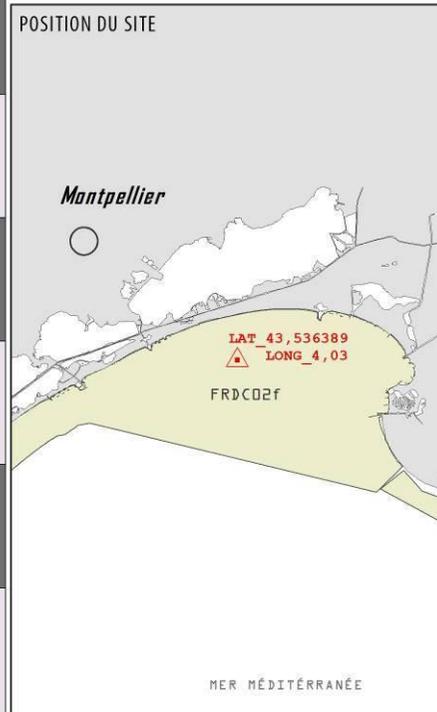


Figure 42 : Vue aérienne et emplacement du site (source : Bing, 2013).

d) *Données historiques*

Aucun herbier n'a été suivi dans cette masse d'eau par le RSP. En revanche, trois herbiers sont suivis par télémétrie acoustique sur le site Natura 2000 FR9101413 de la « côte palavasienne » : les sites de Roc St Martin, Aresquiers et Palavas Est. Le premier suivi date de 2007, puis 2011 et 2013 (Delaruelle et Holon, 2013). Les analyses montrent un herbier stable sur le site de Palavas Est (limite à -10 mètres présentant des signes de régression), en **état médiocre** selon sa densité de faisceaux d'après la classification de Pergent *et al.*, 2008 et Pergent-Martini *et al.*, 2010. L'herbier du site des Aresquiers est en progression, sa limite est franche en tâches et située à -7,5m. Son **état est médiocre** selon sa densité de faisceaux d'après la classification de Pergent *et al.*, 2008 et Pergent-Martini *et al.*, 2010. L'herbier de Roc St Martin (à l'Ouest du site Natura 2000) est en régression, sa limite est régressive et située à -8,5m. Son **état est médiocre** selon sa densité de faisceaux d'après la classification de Pergent *et al.*, 2008 et Pergent-Martini *et al.*, 2010.



LEGENDE

Télémétrie	○	Balise de positionnement du quadrat de télémétrie
Herbier de posidonie	⊘	Posidonie éparses
	⊗	Herbier de Posidonie
	⊠	Matte morte de Posidonie

Éléments particuliers	◆	<i>Pinna nobilis</i>
	▲	Macro-déchets
Position du site	■	Masses d'eau côtières
	▲	Coordonnées GPS du site - WGS84
	○	Zone urbaine

STATISTIQUES

	Densité*/m²	Déchaussement/cm
Moyenne globale	341,67	0
Ecart type	84,9	0,2

*Nombre de faisceaux par m²

Cette carte a été réalisée à partir de levés télémétriques effectués au cours du mois de Juillet 2012.

Elle fait partie intégrante de l'étude intitulée: « Surveillance des herbiers de Posidonie par télémétrie acoustique - Suivi 2012 »

Carte 13 : Cartographie de l'herbier du site TEMPO Grand Travers (2012).

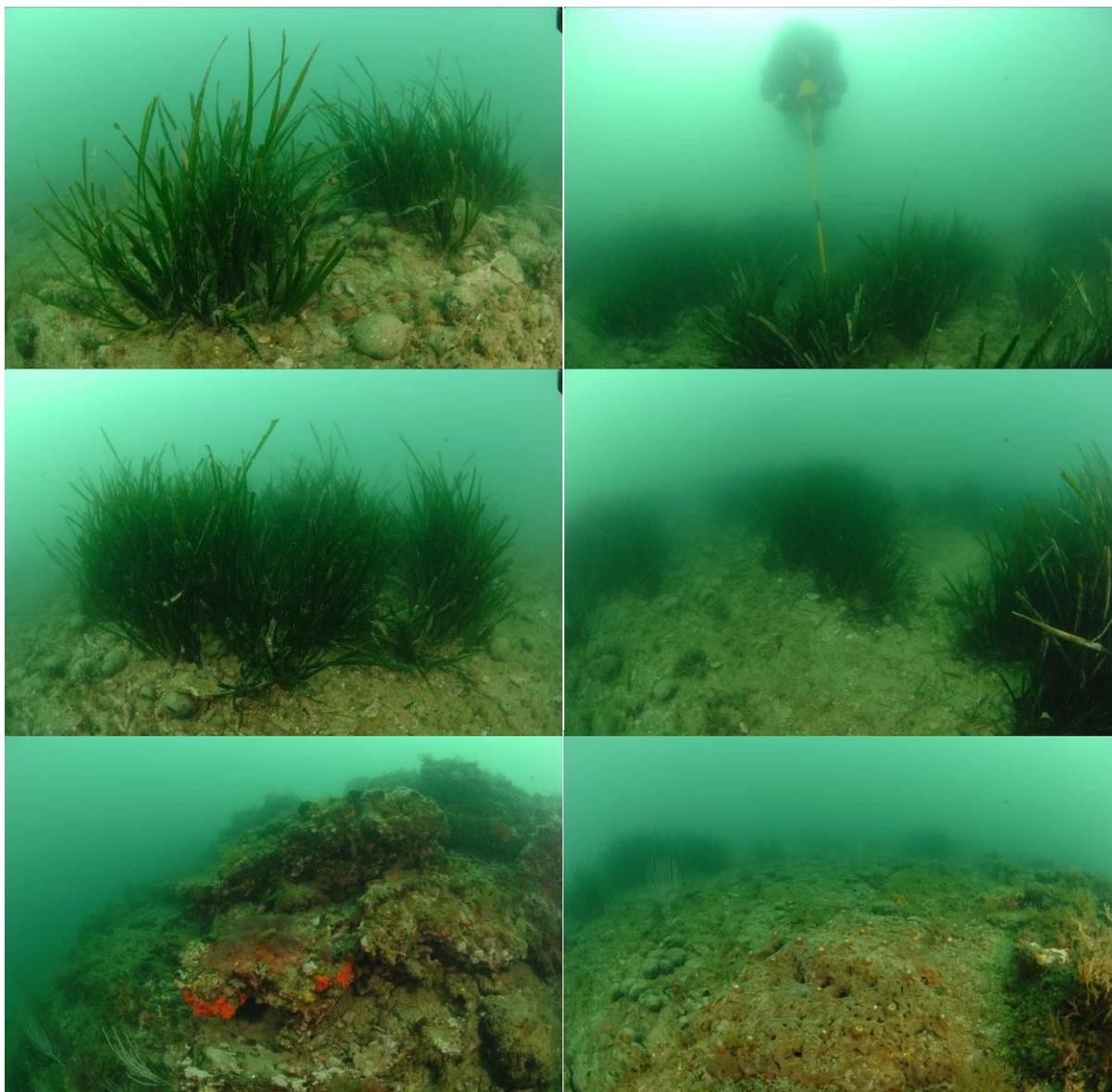


Figure 43 : Herbier en tâche du site du Grand_Travers (2012).

V.10 GRAU D'AGDE EST (MASSE D'EAU FRDC02B)

a) Description et cartographie

Le site « Grau d'Agde Est » est localisé dans la masse d'eau FRDC02b, à l'Ouest du Cap d'Agde.

L'herbier se développe sur sable et matie morte. Les balises sont positionnées à -5 mètres. La surface totale d'herbier cartographié en 2012 est de **15 m²**.



Figure 44 : Tâche herbier sur le site de Grau d'Agde Est (2012).

b) Mesures de vitalité et comparaison nationale

La limite inférieure **franche en tâches** se situe à **8m** de profondeur.

La densité en 2012 varie de 0 à 325 faisceaux/m² pour une **densité moyenne de 142,5±114,8 faisceaux /m²**. L'herbier est donc en **état mauvais** compte tenu de sa densité de faisceaux d'après la classification de Pergent *et al.*, 2008 et Pergent-Martini *et al.*, 2010. D'après celle de Pergent-Martini (1994) et Pergent *et al.*, (1995) la densité est **anormale**.

Le **déchaussement est faible** et varie en 2012 de -2 à 0 cm pour une valeur moyenne de **-0,77±0,68 cm**.

Tableau 13 : Comparaison des valeurs de l'EQR du site TEMPO (et des EQR' associés) avec les autres sites TEMPO (incluant les données de 2008 à 2013)

Région	LR	Échelle de comparaison Méditerranée Légende
Masse d'eau	FRDC02b	
Nom_site	Grau d Agde Est	
Annee	2012	
EQR Site TEMPO	0.3	
EQR' Typologie	0.44	0.21 ————— 0.89 0.51
EQR' Profondeur	0.16	0.16 ————— 1 0.65
EQR' Densité	0.29	0.15 ————— 1 0.38

c) *Perturbations observées*

Aucune pression n'a été relevé sur ce site. L'eau y est en revanche assez turbide.

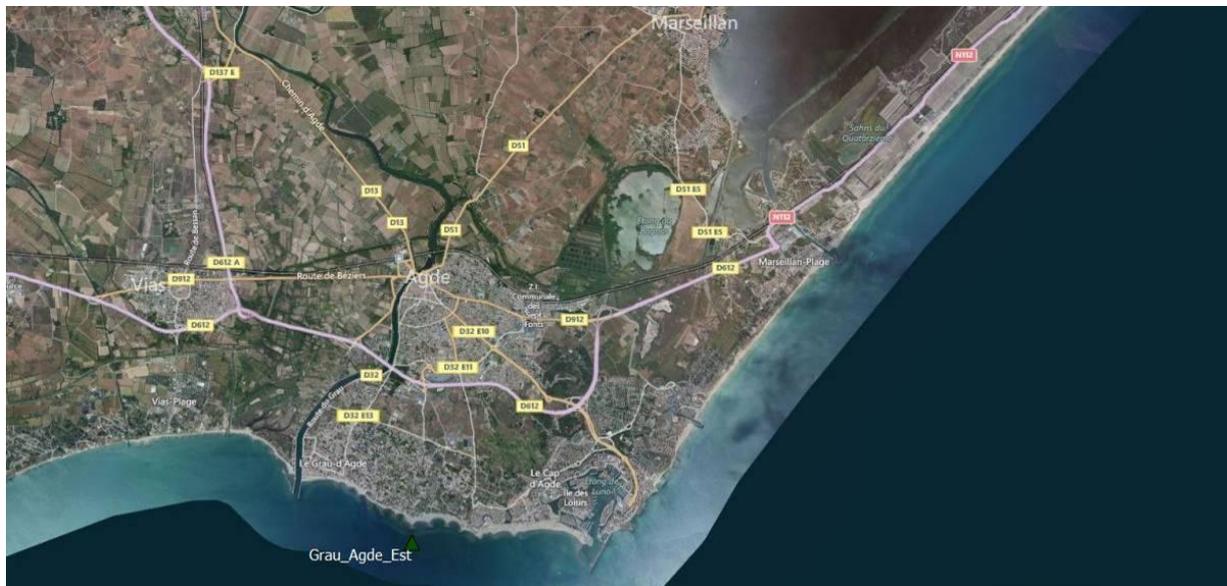


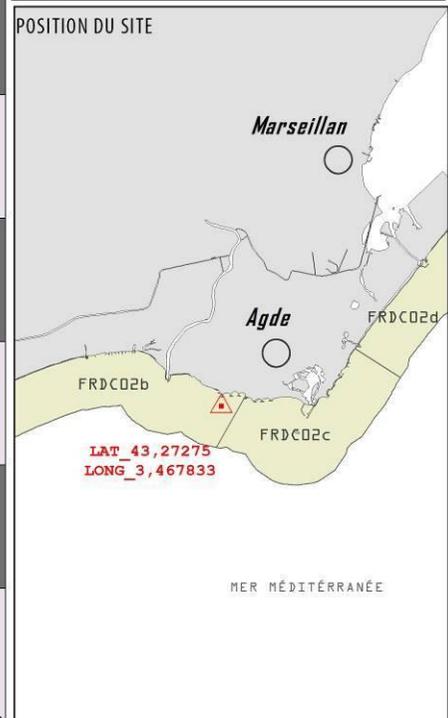
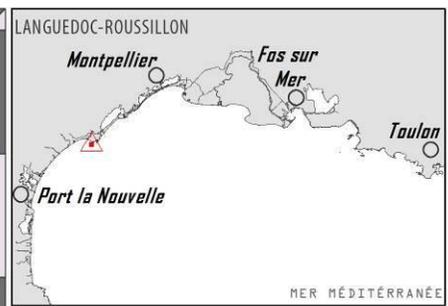
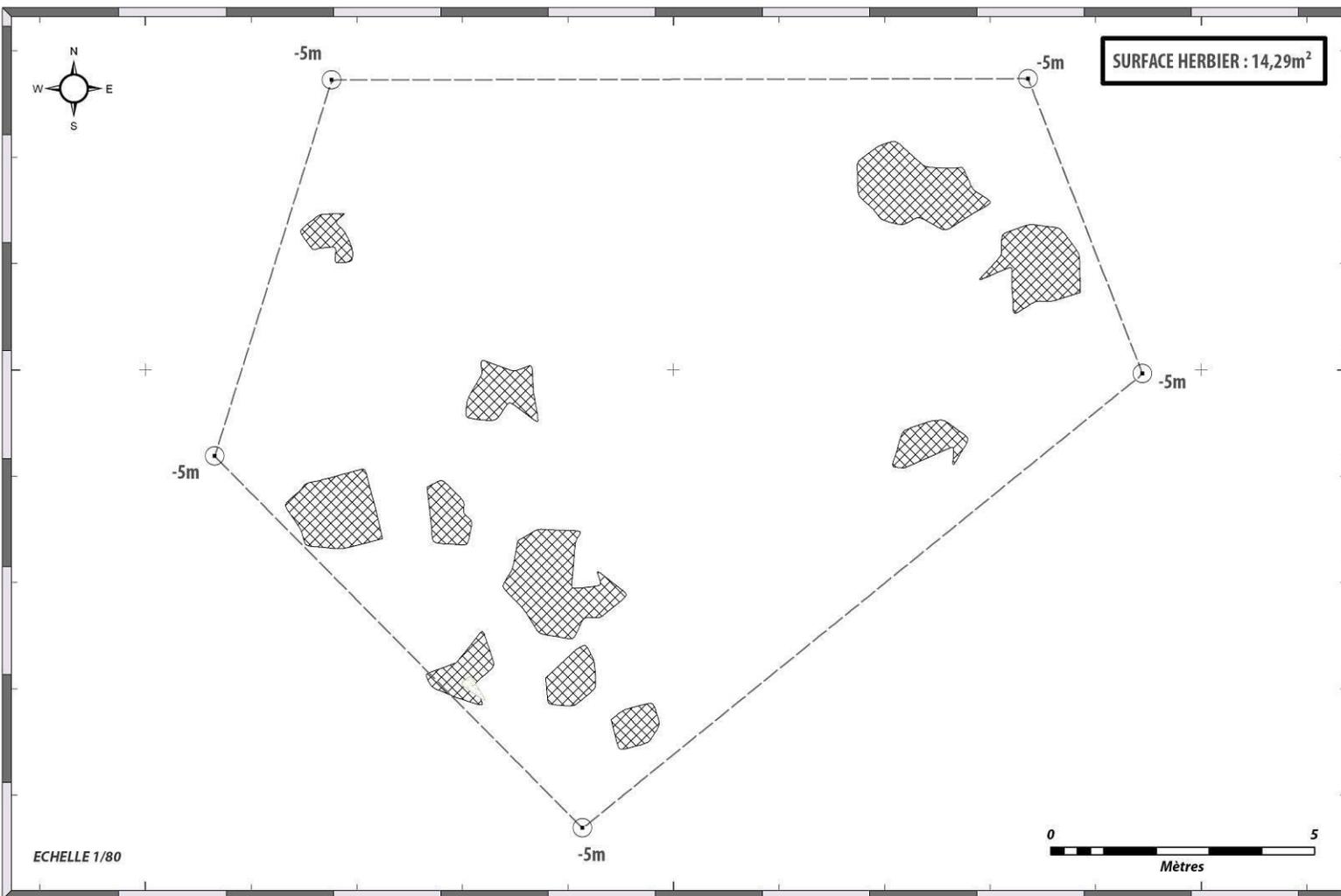
Figure 45 : Vue aérienne et emplacement du site (source : Bing, 2013).

d) *Données historiques*

Aucun herbier n'a été suivi dans cette masse d'eau par le RSP. En revanche, ce site TEMPO est localisé au sein du site N2000 FR9101414« Posidonie du cap d'Agde ». Plusieurs actions sont mises en place pour suivre l'état de conservation de cet habitat.



Figure 46 : Grau d'Agde Est (2012. [1] Piquet 1 à -5 mètres sur matte morte ; [2] Tache isolée d'herbier à -5 mètres.



LEGENDE	
Télémétrie	○ Balise de positionnement du quadrat de télémétrie
Herbier de posidonie	▨ Posidonie éparses
	▩ Herbier de Posidonie
	▤ Matte morte de Posidonie
Éléments particuliers	● <i>Pinna nobilis</i>
	▲ Macro-déchets
Position du site	■ Masses d'eau côtières
	▲ Coordonnées GPS du site - WGS84
	○ Zone urbaine

STATISTIQUES	Densité*/m ²	Déchaussement/cm
	Moyenne globale	142,5
Ecart type	114,87	0,68

*Nombre de faisceaux par m²

Cette carte a été réalisée à partir de levés télémétriques effectués au cours du mois de Juillet 2012.

Elle fait partie intégrante de l'étude intitulée: « Surveillance des herbiers de Posidonie par télémétrie acoustique - Suivi 2012 »

Carte 14 : Cartographie de l'herbier du site TEMPO Grau d'Agde Est (2012).

V.11 ILE PLANE (MASSE D'EAU FRDC07A)

a) Description et cartographie

Le site « Ile Plane » est localisé dans la masse d'eau FRECO7a, entre les îles du Rioul et Plane, au sein du périmètre du parc national des Calanques. L'herbier se développe sur un fond de sable grossier et de matte morte.

Quatre piquets sont positionnés entre 24,6 et 26,9 mètres de fond. La surface totale d'herbier cartographié en 2012 est de **43,46 m²**. Une grande nacre (*Pinna nobilis*) a été observée lors des mesures de vitalité.



Figure 47 : Limite inférieure de l'herbier – Ile Plane (2012).

b) Mesures de vitalité et comparaison nationale

La limite inférieure est globalement régressive naturelle mais à tendance **progressive** (présence de rhizomes plagiotropes localement). Elle se situe à **26 m** de profondeur.

La densité en 2012 varie de 75 à 300 faisceaux/m² pour une **densité moyenne de 182,3 ±58,9 faisceaux /m²**. L'herbier est donc en **état normal** compte tenu de sa densité de faisceaux (proche de l'état « bon ») d'après la classification de Pergent *et al.*, 2008 et Pergent-Martini *et al.*, 2010. D'après celle de Pergent-Martini (1994) et Pergent *et al.*, (1995) la densité est **normale**.

Le **déchaussement est faible** et varie en 2012 de -1 à 4 cm pour une valeur moyenne de **0,5±01,2 cm**.

Tableau 14 : Comparaison des valeurs de l'EQR du site TEMPO (et des EQR' associés) avec les autres sites TEMPO (incluant les données de 2008 à 2013)

Région	PACA	Échelle de comparaison Méditerranée Légende
Masse d'eau	FRDC07a	
Nom_site	Ile Plane	
Annee	2012	
EQR Site TEMPO	0.61	0.3 ——— 0.8 0.52
EQR' Typologie	0.89	0.21 ——— 0.89 0.51
EQR' Profondeur	0.59	0.16 ——— 1 0.65
EQR' Densité	0.34	0.15 ——— 1 0.38

c) *Perturbations observées*

Rejet proche de l'émissaire en mer de Marseille (au droit de la calanque de Cortiou). En surface, lors de la plongée, nous avons observé des résidus de la STEP.

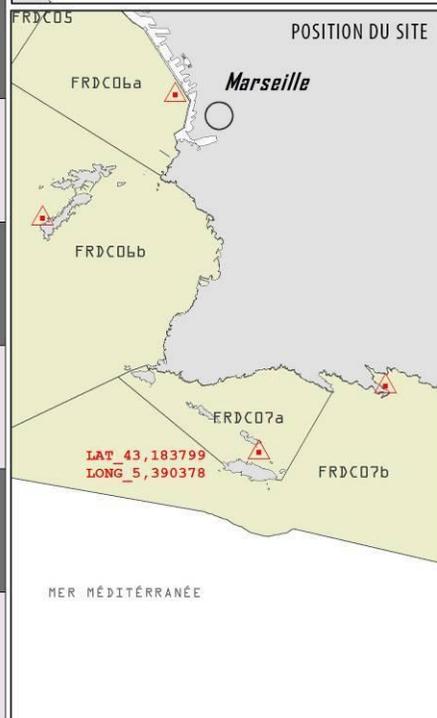
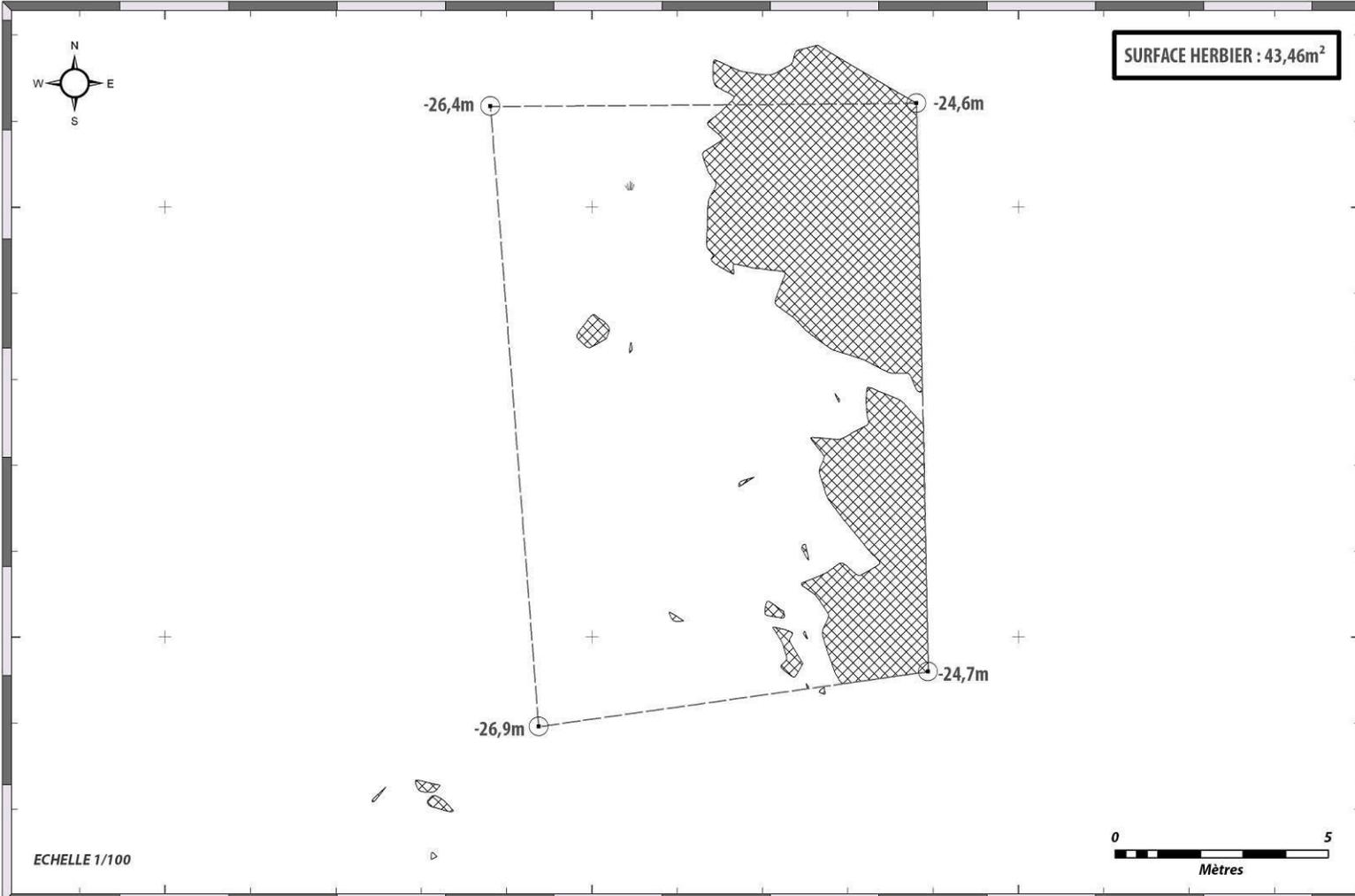
Présence de l'espèce invasive *Asparagopsis armata* en 2012 sur ce site.



Figure 48 : Vue aérienne et emplacement du site (source : Bing, 2013).

d) *Données historiques*

Aucun herbier n'a été suivi dans cette masse d'eau par le RSP. En revanche, ce site TEMPO est localisé au sein du Parc marin des Calanques créé en avril 2012 dans lequel l'herbier à posidonie est suivi pour évoluer son état de conservation.



LEGENDE	
Télémétrie	○ Balise de positionnement du quadrat de télémétrie
Herbier de posidonie	☼ Posidonie épars
	⊗ Herbier de Posidonie
	⊞ Matte morte de Posidonie
Éléments particuliers	⬢ <i>Pinna nobilis</i>
	▲ Macrodéchets
Position du site	■ Masses d'eau côtières
	▲ Coordonnées GPS du site - WGS84
	○ Zone urbaine

STATISTIQUES	Densité*/m ²	Déchaussement/cm
	Moyenne globale	182,3
Ecart type	58,9	1,2

*Nombre de faisceaux par m²

Cette carte a été réalisée à partir de levés télémétriques effectués au cours des mois de Mai/Juin 2012.

Elle fait partie intégrante de l'étude intitulée: « Surveillance des herbiers de Posidonie par télémétrie acoustique - Suivi 2012 »



Figure 49 : Île Plane (2012). [1] Macrodéchet ; [2] Deux petites tâches d'herbier ; [3] Limite inférieure à tendance régressive de l'herbier ; [4] : Grande Nacre (*Pinna nobilis*) ; [5,6] Herbier à posidonie; [4] Tâche d'herbier à posidonie à l'Ouest du site.

V.12 LIOUQUET (MASSE D'EAU FRDC07C)

a) Description et cartographie

Le site du Liouquet est localisé dans la masse d'eau FREC07c, dans la baie de La Ciotat. L'herbier se développe sur un fond meuble, il est le plus profond du département des Bouches du Rhône. Ce site est caractérisé par la présence proche d'un bronde rocheuse et une ancienne balise du RSP a été trouvée, isolée.

Deux piquets sont ancrés dans la roche et un dans le substrat meuble entre 32,2 et 32,9 m de profondeur.



Figure 50 : Herbier à posidonie (Liouquet, 2008).

L'herbier est clairsemé, avec présence de faisceaux de posidonie. Il a été suivi par télémétrie acoustique en 2008 (Descamp *et al.*, 2009). La surface totale d'herbier cartographié en 2012 est de 64,06 m² dont **62,3 m² au sein du quadrat** (deux petites tâches ont été cartographiées en 2012 au Nord et au Sud du quadrat, voir carte page suivante). La surface d'herbier cartographié en 2008 au sein du quadrat était de **75,4 m²**. L'herbier a donc régressé au sein du quadrat de télémétrie entre 2008 et 2012.

b) Mesures de vitalité et comparaison nationale

Tableau 15 : Comparaison des valeurs de l'EQR du site TEMPO (et des EQR' associés) avec les autres sites TEMPO (incluant les données de 2008 à 2013)

Région	PACA	PACA	Échelle de comparaison Méditerranée Légende
Masse d'eau	FRDC07c	FRDC07c	
Nom_site	Liouquet	Liouquet	
Annee	2012	2008	
EQR Site TEMPO	0.49	0.5	0.3 — 0.8 0.52
EQR' Typologie	0.44	0.44	0.21 — 0.89 0.51
EQR' Profondeur	0.84	0.81	0.16 — 1 0.65
EQR' Densité	0.18	0.24	0.15 — 1 0.38

La limite inférieure **clairsemée naturelle à tendance régressive** se situe à **32,1 m** de profondeur.

La densité en 2012 varie de 0 à 150 faisceaux/m² pour une **densité moyenne de 61,29±47,36 faisceaux /m²**. La mesure de densité effectuée en 2008 était bien supérieure : 142,59 ±47,9 faisceaux. L'herbier est donc en **état médiocre en 2012** compte tenu de sa densité de faisceaux d'après la classification de Pergent *et al.*, 2008 et Pergent-Martini *et al.*, 2010 alors que son état est qualifié de bon en 2008 : la régression observée par télémétrie acoustique est corrélée avec une diminution de la vitalité de l'herbier. D'après la classification de Pergent-Martini (1994) et Pergent *et al.*, (1995) la densité en 2012 et 2008 est **normale**.

Le **déchaussement est faible** sur les deux années de suivis. En 2012, il varie de -2 à 2 cm pour une valeur moyenne de **-0,82±1,2 cm**.

c) Perturbations observées

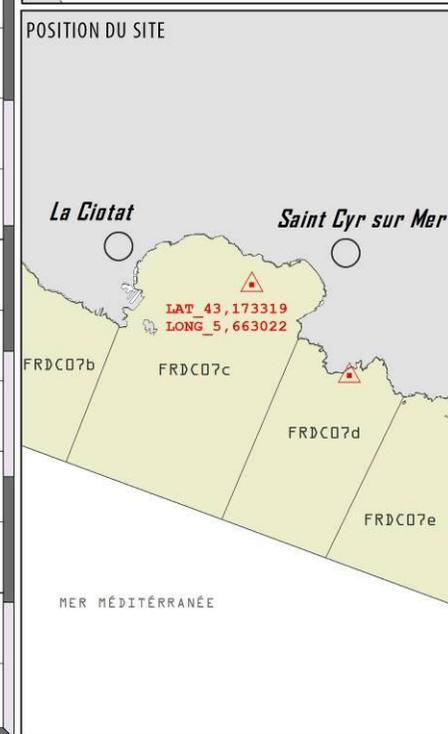
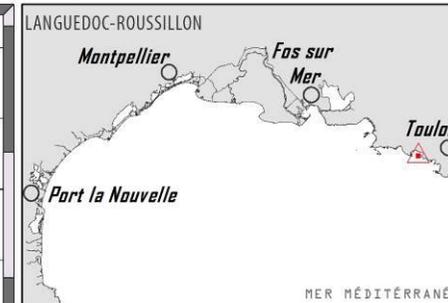
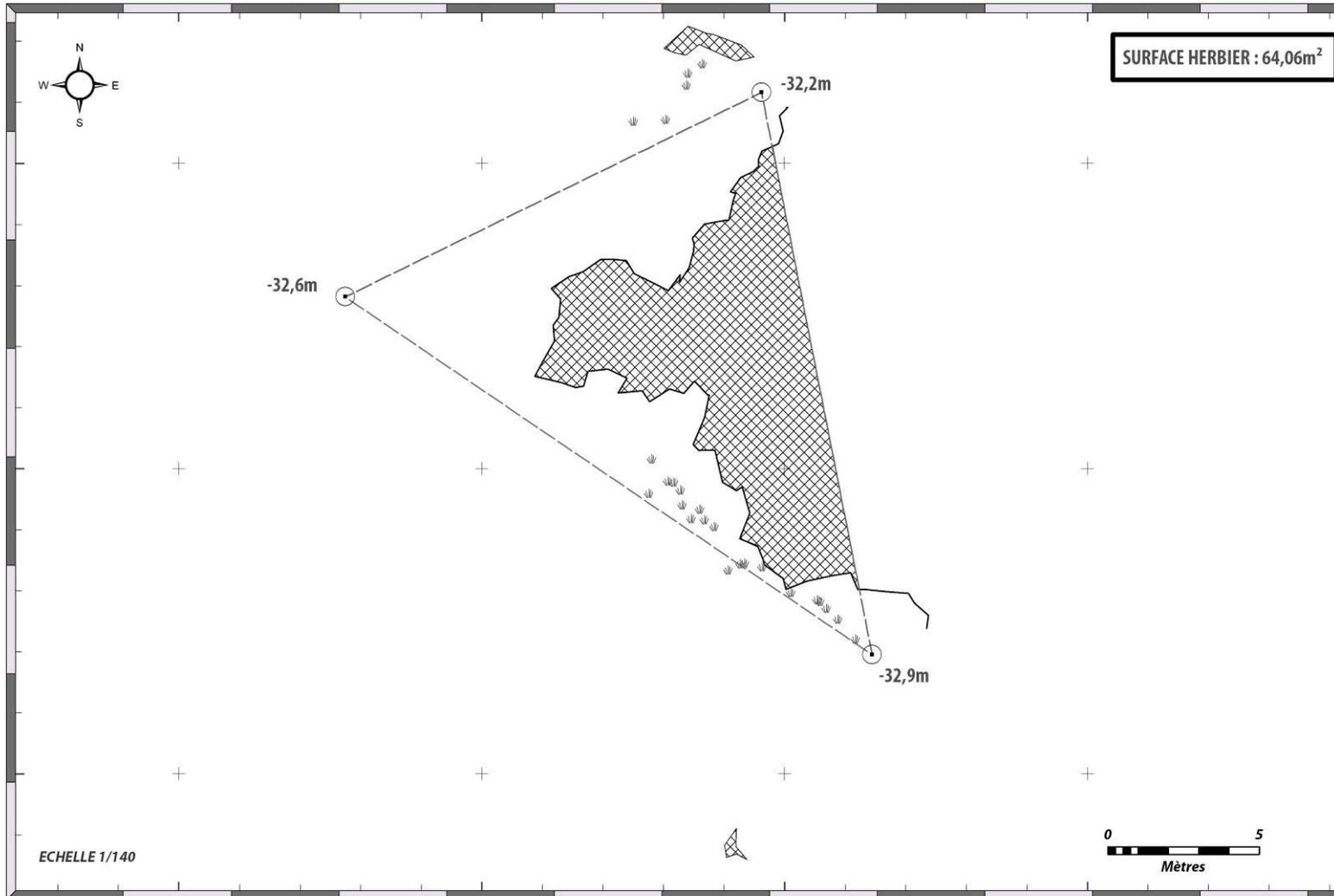
Nous avons observé de nombreux macrodéchets en 2012 sur ce site ainsi qu'un recouvrement important par *Caulerpa racemosa*, espèce qui n'avait pas été observée en 2008. Notons également le contexte important de turbidité.



Figure 51 : Vue aérienne et emplacement du site (source : Bing, 2013).

d) Données historiques

Le site de « La Ciotat » est un site RSP situé à 250 mètres au Nord-Ouest du site TEMPO et qui a été mis en place initialement en 1986, puis re-balisé en 1999. Il est implanté dans une ancienne zone marine protégée. La limite inférieure est située à une profondeur moyenne de -33 mètres, l'eau y est turbide et le substrat est plutôt vaso-sableux, composé de matre morte recouverte de particules fines. Lors du suivi de 2004, l'herbier était très dispersé, composé de petites touffes et d'îlots avec des feuilles sont recouvertes de base et d'algues : globalement l'herbier était en régression.



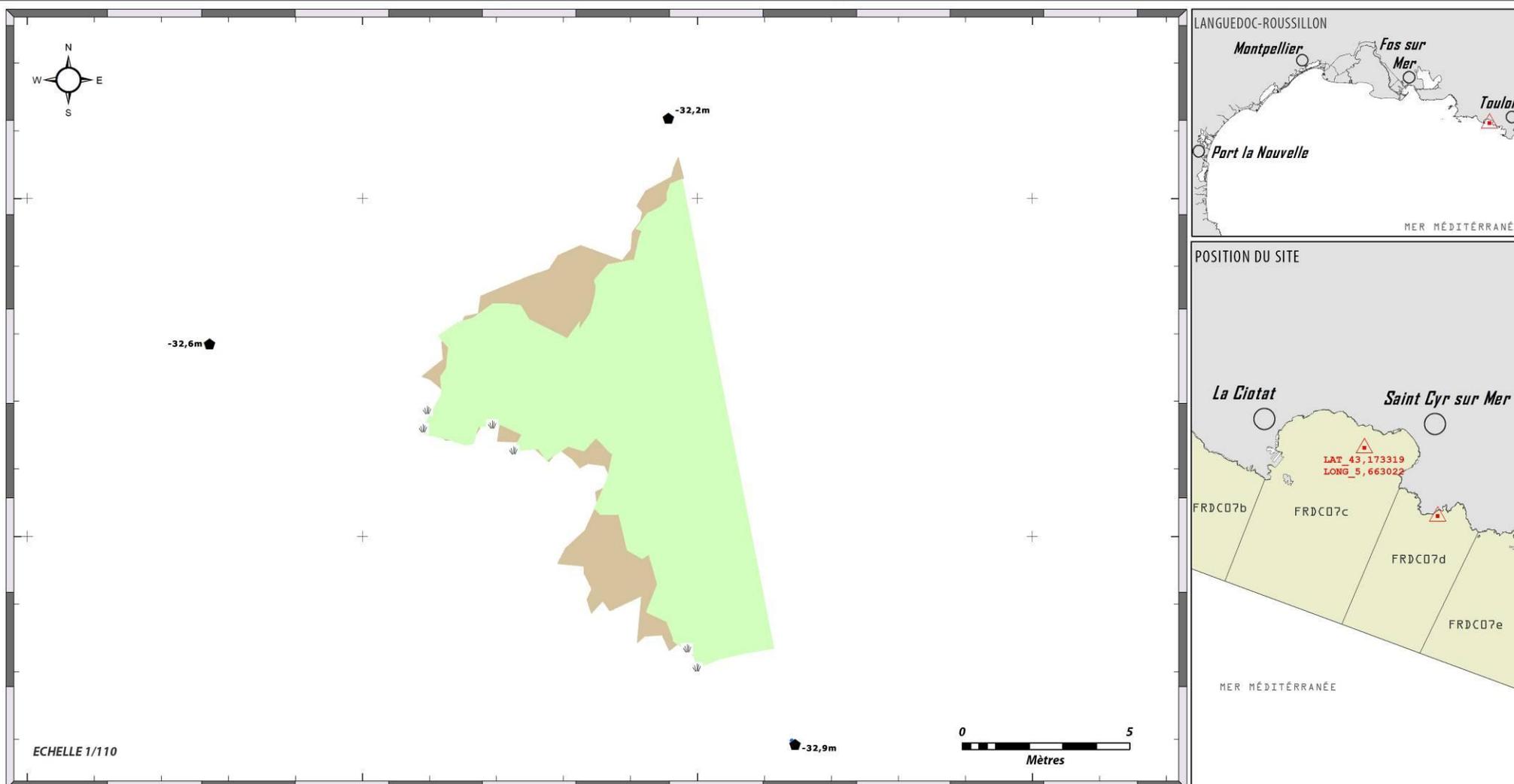
LEGENDE	
Télémétrie	○ Balise de positionnement du quadrat permanent
Herbier de posidonie	☼ Posidonie éparses
	⊗ Herbier de Posidonie
	⊘ Matte morte de Posidonie
Éléments particuliers	◆ <i>Pinna nobilis</i>
	▲ Macro-déchets
Position du site	■ Masses d'eau côtières
	▲ Coordonnées GPS du site - WGS84
	○ Zone urbaine

STATISTIQUES	Densité*/m ²	Déchaussement/cm
	Moyenne globale	61,29
Ecart type	47,36	1,2

*Nombre de faisceaux par m²

Cette carte a été réalisée à partir de levés télémétriques effectués au cours des mois de Mai/Juin 2012.

Elle fait partie intégrante de l'étude intitulée:
« Surveillance des herbiers de Posidonie par télémétrie acoustique - Suivi 2012 »



LEGENDE	
Herbier de posidonie	Éléments particuliers
Herbier de Posidonie stable	<i>Pinna nobilis</i>
Herbier de Posidonie en régression	Macro-déchets
Balise	Position du site
Faisceaux isolés	Masses d'eau côtières
Balise	Coordonnées GPS du site - WGS84
	Zone urbaine

STATISTIQUES	Densité*/m ²	Déchaussement/cm
	2008/2012	(2012)
Moyenne globale	142,59/61,29	1,18
Ecart type	47,9/47,36	1,2

*Nombre de faisceaux par m²

Cette carte a été réalisée à partir de levés télémétriques effectués au cours des années 2008 et 2012.

Elle fait partie intégrante de l'étude intitulée: « Surveillance des herbiers de Posidonie par télémétrie acoustique - Suivi 2012 »

Carte 17 : Dynamique évolutive de l'herbier du site TEMPO de la Digue de Marseille entre 2008 et 2012.



Figure 52 : Herbiér à posidonie du Liouquet (2008).

V.13 MORGIOU (MASSE D'EAU FREC07B)

a) Description et cartographie

Le site de Morgiou est localisé dans la masse d'eau FREC07b, dans la calanque de Morgiou entre Marseille et Cassis. L'herbier se développe sur un fond hétérogène composé de détritique côtier, matte morte et roche.

Deux piquets sont ancrés dans la roche et deux autres à -28 mètres dans le substrat meuble.

La surface d'herbier cartographié en 2012 est de **21,4 m²**.



Figure 53 : Herbier à posidonie (Morgiou, 2012).

b) Mesures de vitalité et comparaison nationale

Tableau 16 : Comparaison des valeurs de l'EQR du site TEMPO (et des EQR' associés) avec les autres sites TEMPO (incluant les données de 2008 à 2013)

Région	PACA	Échelle de comparaison Méditerranée Légende
Masse d'eau	FRDC07b	
Nom_site	Morgiou	
Annee	2012	
EQR Site TEMPO	0.48	0.3 ——— 0.8 0.52
EQR' Typologie	0.44	0.21 ——— 0.89 0.51
EQR' Profondeur	0.66	0.16 ——— 1 0.65
EQR' Densité	0.34	0.15 ——— 1 0.38

La limite inférieure **clairsemée naturelle** se situe à **28 m** de profondeur.

La densité en 2012 varie de 75 à 275 faisceaux/m² pour une **densité moyenne de 186,4±59,7 faisceaux /m²**. L'herbier est donc en **bon état** compte tenu de sa densité de faisceaux d'après la classification de Pergent *et al.*, 2008 et Pergent-Martini *et al.*, 2010. D'après celle de Pergent-Martini (1994) et Pergent *et al.*, (1995) la densité est **normale**.

Le **déchaussement est faible** sur les deux années de suivis. En 2012, il varie de -2 à 2,5 cm pour une valeur moyenne de **0,82±1,2 cm**.

c) Perturbations observées

Nous avons observé traces de mouillage sur ce site. Présence dans le secteur du rejet en mer de Cortiou.

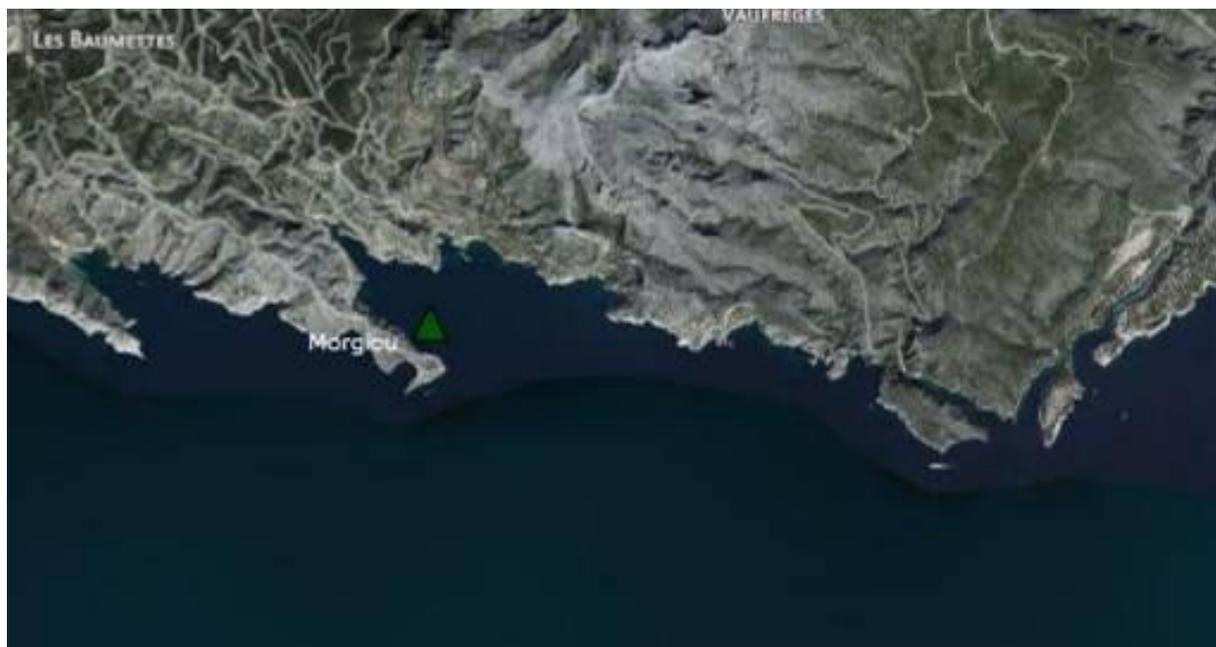
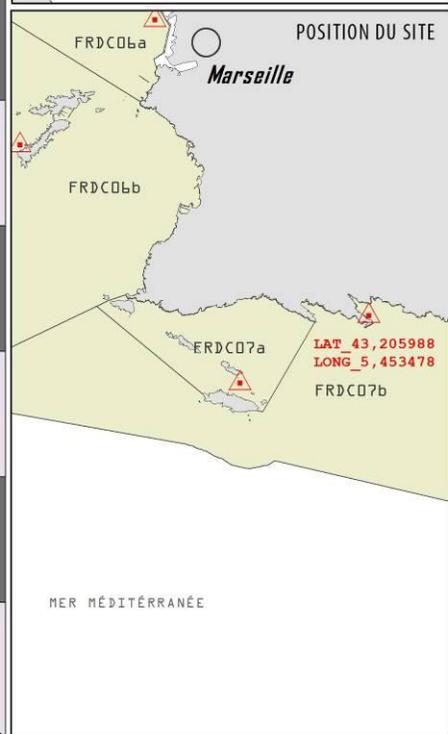
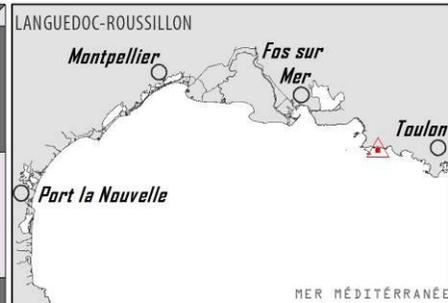


Figure 54 : Vue aérienne et emplacement du site (source : Bing, 2013).

d) Données historiques

Aucun herbier n'a été suivi dans cette masse d'eau par le RSP. En revanche, ce site TEMPO est localisé au sein du Parc marin des Calanques créé en avril 2012 dans lequel l'herbier à posidonie est suivi pour évoluer son état de conservation.



LEGENDE	
Télémétrie	○ Balise de positionnement du quadrat de télémétrie
Herbier de posidonie	☼ Posidonie éparses
	⊗ Herbier de Posidonie
	⊞ Matte morte de Posidonie
Eléments particuliers	◆ <i>Pinna nobilis</i>
	▲ Macro-déchets
Position du site	■ Masses d'eau côtières
	▲ Coordonnées GPS du site - WGS84
	○ Zone urbaine

STATISTIQUES	Densité*/m ²	Déchaussement/cm
	Moyenne globale	186,4
Ecart type	59,7	1,27

*Nombre de faisceaux par m²

Cette carte a été réalisée à partir de levés télémétriques effectués au cours des mois de Mai/Juin 2012.

Elle fait partie intégrante de l'étude intitulée: « **Surveillance des herbiers de Posidonie par télémétrie acoustique - Suivi 2012** »

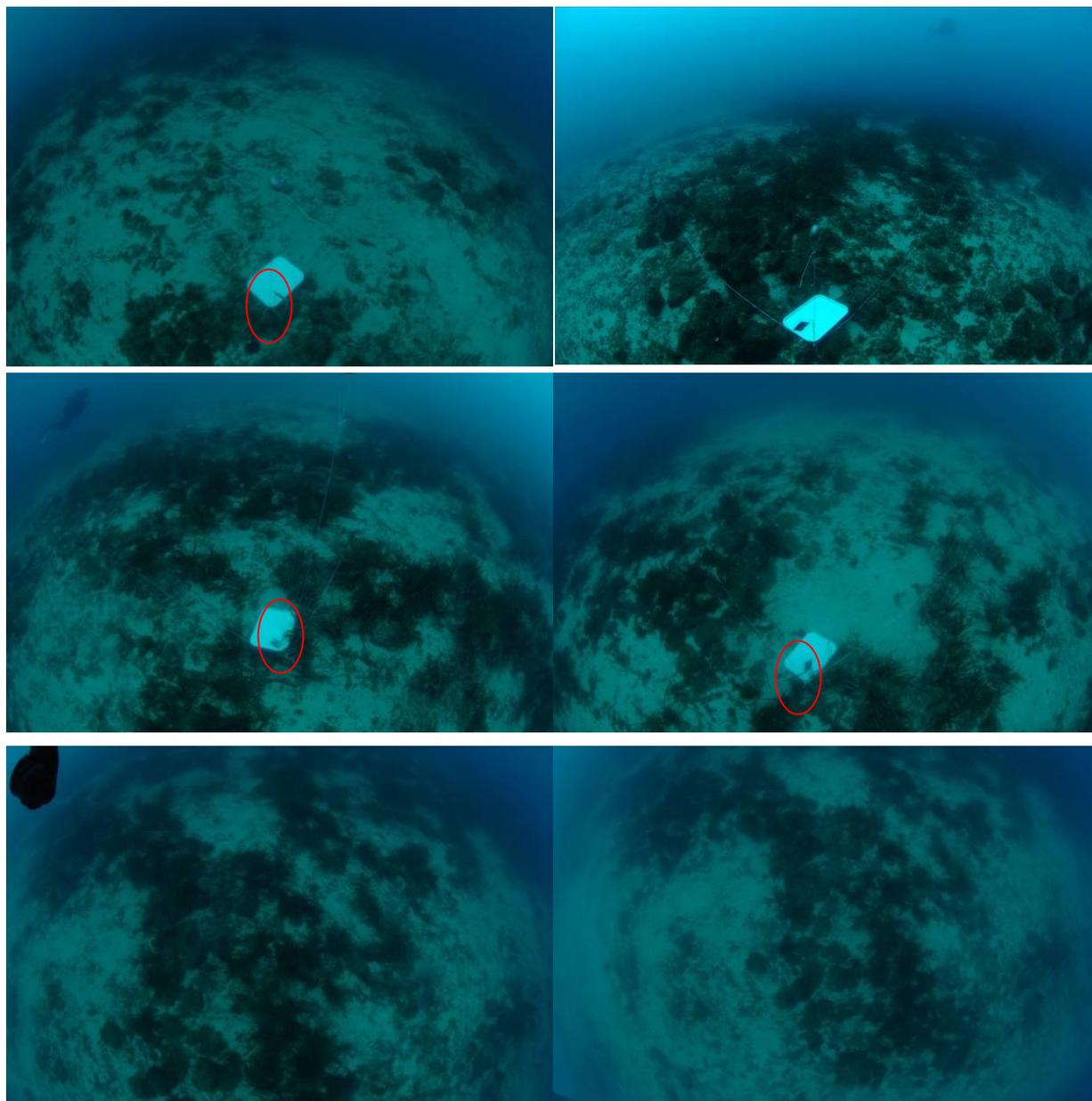


Figure 55 : Morgiou (2012). [1] Piquet 1 (-28m) du quadrat de télémétrie ; [2] Piquet 2 (-28m) ; [3] Piquet 3 (-28m); [4] Piquet 4 (-28m); [5,6] Vue d'ensemble de la limite inférieure du site.

V.14 PAULILLES (MASSE D'EAU FRDC01)

a) Description et cartographie

Le site de Paulilles est localisé dans la masse d'eau FREC01, entre Port-Vendres et Banyuls sur mer, dans l'anse de Paulilles. L'herbier se développe sur un fond hétérogène composé de détritique côtier, matte morte et roche.

Trois piquets sont ancrés à -14 mètres dans la roche et 1 piquet dans le substrat meuble.

La surface d'herbier cartographié en 2012 est de **7,47 m²**.



Figure 56 : Herbier de Paulilles (2012).

b) Mesures de vitalité et comparaison nationale

La limite inférieure **franche en tâches** se situe à **14 m** de profondeur.

La densité en 2012 varie de 0 à 125 faisceaux/m² pour une **densité moyenne de 40±41,3 faisceaux /m²**. L'herbier est donc en **mauvais état** compte tenu de sa densité de faisceaux d'après la classification de Pergent *et al.*, 2008 et Pergent-Martini *et al.*, 2010. D'après celle de Pergent-Martini (1994) et Pergent *et al.*, (1995) la densité est **anormale**.

Le **déchaussement est faible**, il varie de -2 à 1 cm pour une valeur moyenne de **-0,5±0,49 cm**.

Tableau 17 : Comparaison des valeurs de l'EQR du site TEMPO (et des EQR' associés) avec les autres sites TEMPO (incluant les données de 2008 à 2013)

Région	LR	Échelle de comparaison Méditerranée	
Masse d'eau	FRDC01	Légende	
Nom_site	Paulilles		
Annee	2012		
EQR Site TEMPO	0.36	0.3	0.8
EQR' Typologie	0.66	0.21	0.89
EQR' Profondeur	0.27	0.16	1
EQR' Densité	0.15	0.15	1

Détails des échelles de comparaison (Légende) :

- EQR Site TEMPO : 0.36 (entre 0.3 et 0.8, valeur médiane 0.52)
- EQR' Typologie : 0.66 (entre 0.21 et 0.89, valeur médiane 0.51)
- EQR' Profondeur : 0.27 (entre 0.16 et 1, valeur médiane 0.65)
- EQR' Densité : 0.15 (entre 0.15 et 1, valeur médiane 0.38)

c) *Perturbations observées*

Nous n'avons pas relevé de perturbation particulière sur ce site.

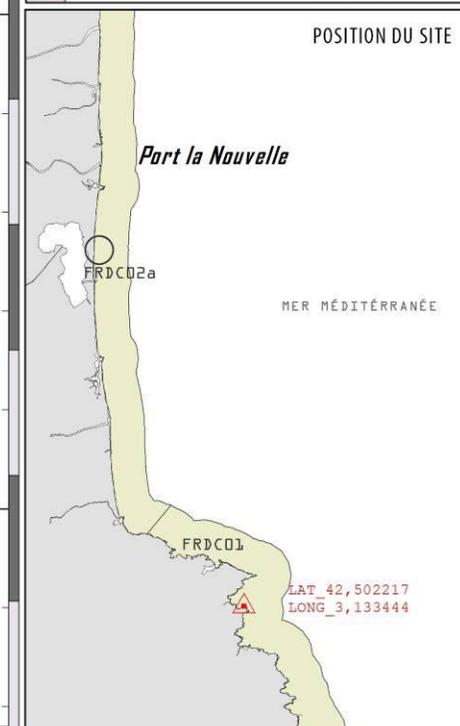
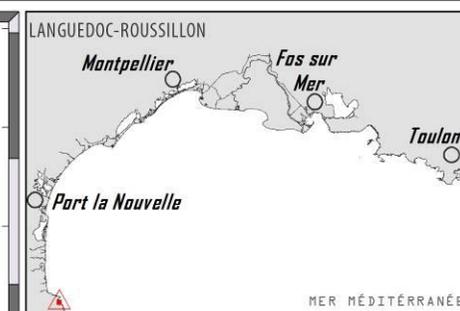
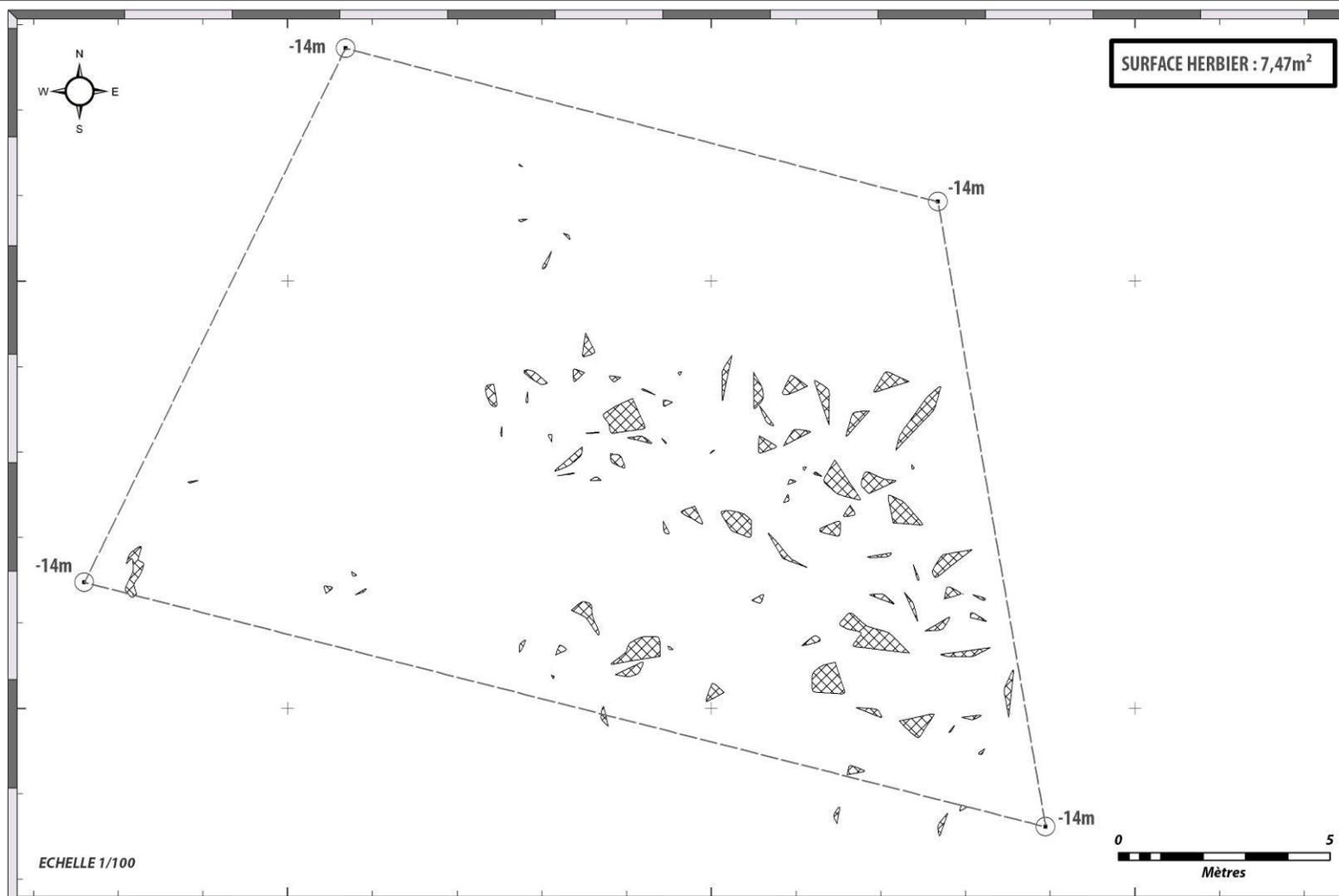


Figure 57 : Vue aérienne et emplacement du site (source : Bing, 2013).

d) *Données historiques*

Le site TEMPO « Paulilles » est proche de la réserve Naturelle Marine de Cerbère Banyuls. Créée en 1974 elle s'étend jusqu'à 1,5 milles nautiques vers le large, 6 km de rivage et sur 650 ha en mer. Elle se situe entre l'île Grosse et le Cap Peyrefite et présente une côte rocheuse à peine interrompue par quelques criques sableuses. Un suivi en limite inférieure de l'herbier de l'anse du Pin Parasol par balises type RSP y est réalisé depuis 1989.

Le site TEMPO est également présent sur le site Natura 2000 FR9101482 « Posidonie de la côte des Albères », qui a été enregistré comme SIC en janvier 2013.



LEGENDE	
Télémétrie	○ Balise de positionnement du quadrat de télémétrie
Herbier de posidonie	○ Posidonie éparse
	▨ Herbier de Posidonie
	■ Matte morte de Posidonie
Éléments particuliers	● <i>Pinna nobilis</i>
	▲ Macrodéchets
Position du site	■ Masses d'eau côtières
	▲ Coordonnées GPS du site - WGS84
	○ Zone urbaine

STATISTIQUES	Densité*/m ²	Déchaussement/cm
	Moyenne globale	40
Ecart type	41,3	0,49

*Nombre de faisceaux par m²

Cette carte a été réalisée à partir de levés télémétriques effectués au cours du mois de Juillet 2012.

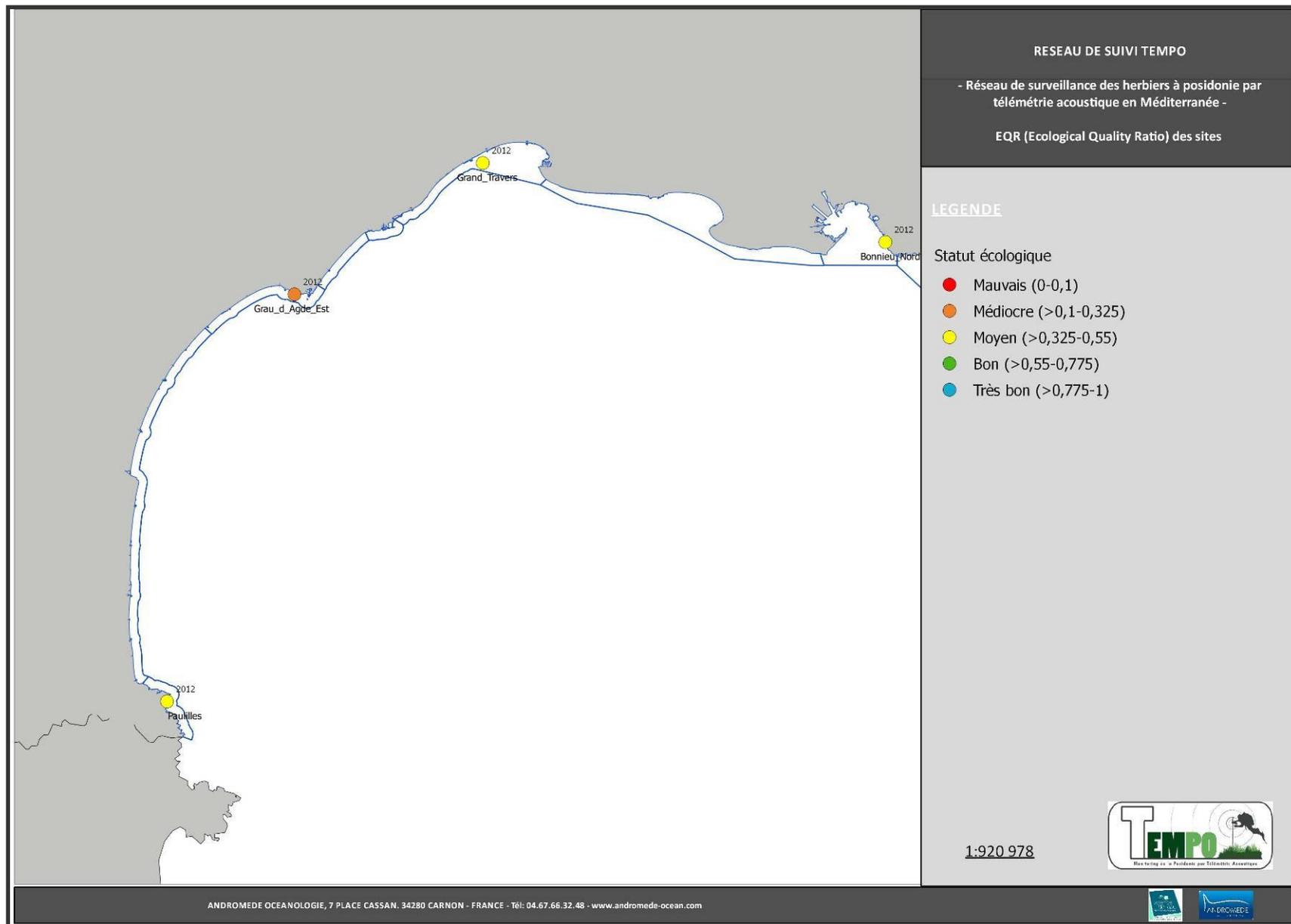
Elle fait partie intégrante de l'étude intitulée:
« Surveillance des herbiers de Posidonie par télémétrie acoustique - Suivi 2012 »

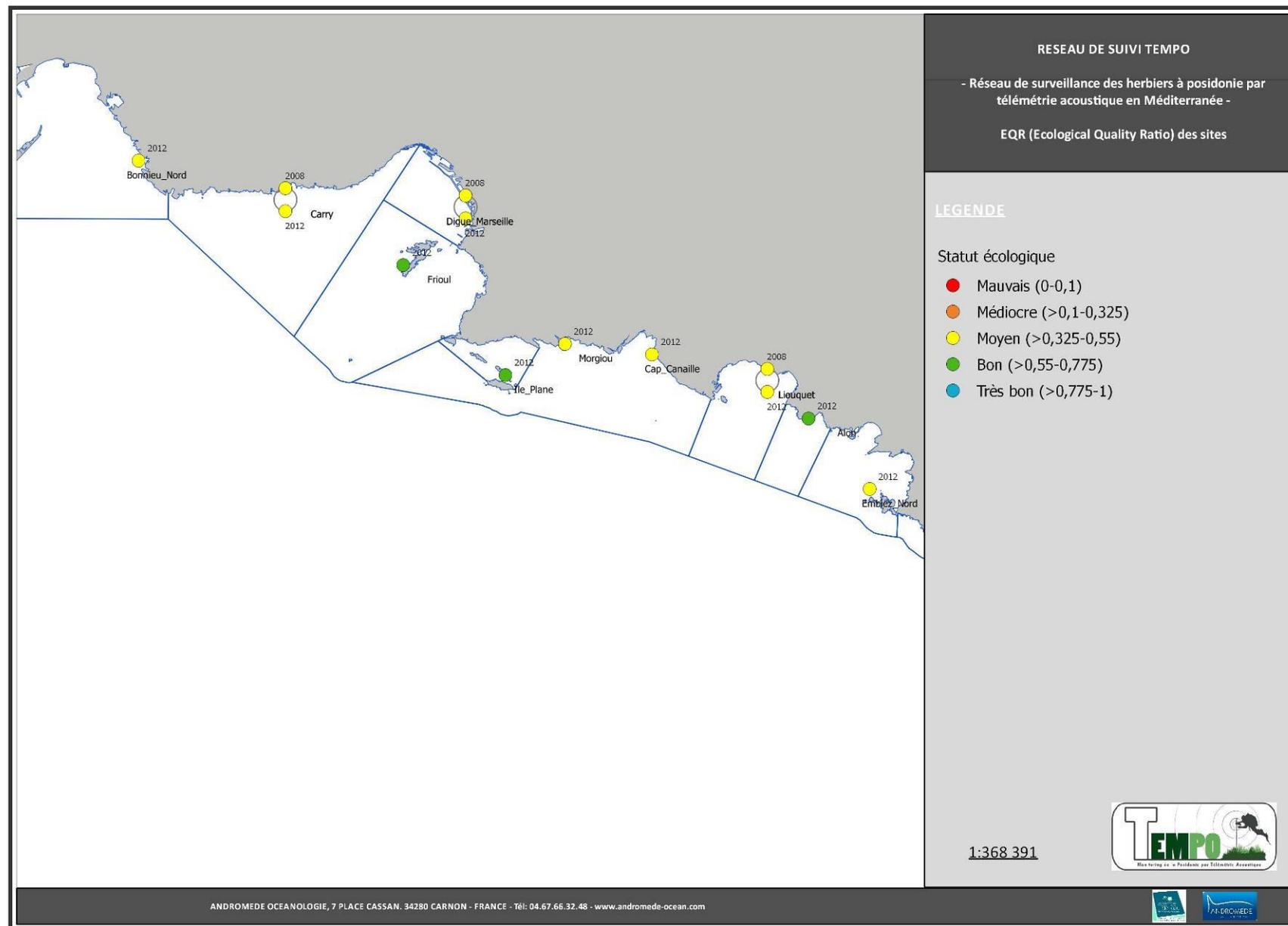
Carte 19 : Cartographie de l'herbier du site TEMPO Paulilles (2012).



Figure 58 : Paulilles (2012). [1] Vue d'ensemble de la limite inférieure franche en tâches ; [2] Tâches d'herbier ; [3] Piquet 4 (-14m) du quadrat de télémétrie ; [4] Piquet 3 (-14m); [5] Piquet 2 (-14m); [6] Piquet 1 (-14m).

VI CARTES DE SYNTHÈSE





VII REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANDROMEDE OCEANOLOGIE, 2009. Etude et cartographie des biocénoses marines de la rade de Toulon. Evolutions 2009/2001. Contrat ANDROMEDE OCEANOLOGIE / Communauté d'agglomération *Toulon Provence Méditerranée*. 173pp.
- BAY D., 1978. Etude in situ de la production primaire d'un herbier de posidonie, *Posidonia oceanica* (L.) Delile, dans la baie de Calvi, Corse. Thèse Fac. Sci., univ. Liège : 1-251.
- BEDHOMME, A.L., THELIN, I. BOUDOURESQUE, C.F., 1983. Mesure de la production primaire des feuilles de *Posidonia oceanica* : modification de la méthode de ZIEMAN. *Bot. mar.*, Dtsch, 26 : 35-43.
- BLANC J.J., JEUDY DE GRISSAC A., 1984. Erosions sous-marines des herbiers à *Posidonia oceanica* (Méditerranée). International Workshop on *Posidonia oceanica* beds, BOUDOURESQUE C. F., JEUDY BLOUET S., LENFANT P., DUPUY DE LA GRANDRIVE R., LAFFON J-F, CHERE E., COURP T., GRUSSELLE MC., FERRARI B., PAYROT J, 2011. Mise en cohérence des méthodes de suivis des herbiers de posidonies des sites Natura 2000 marins du Languedoc-Roussillon. Rapport ADENA-CNRS/EPHE/UPVD/CEFREM-CG66-AAMP,Fr 48p.
- BOUDOURESQUE C.F., GIRAUD G., PANAYOTIDIS P., 1980. Végétation marine de l'île de Port-Cros (Parc national). XIX : Mise en place d'un transect permanent. *Travaux Scientifiques du Parc National de Port-Cros*, 6 : 207-221.
- BOUDOURESQUE C.-F., MEINESZ A. 1982. Découverte de l'herbier de Posidonie. *Cahier du Parc national de Port Cros*, 4: 1-79.
- BOUDOURESQUE C.-F., BERNARD G., BONHOMME P., CHARBONNEL E., DIVIACCO G., MEINESZ A., PERGENT G., PERGENT-MARTINI C., RUITTON S., TUNESI L., 2006. Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. *RAMOGE pub*. Fr : 1-202
- BOUDOURESQUE C.-F., BERNARD G., PERGENT G., SHILI A., VERLAQUE M., 2009. Regression of Mediterranean seagrasses caused by natural processes and anthropogenic disturbances and stress: a critical review. *Botanica Marina* 52: 395-418
- CAYE G. 1980.- Sur la morphogenèse et le cycle végétatif de *Posidonia oceanica* (L. Delile). Thèse doctorat 3^e cycle, Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 1-121.
- CHARBONNEL E., BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., BERNARD G., BONHOMME P., PATRONE J., KRUCZEK R., COTTALORDA J.M., BERTRANDY M.C., FORET P., RAGAZZI M., LE DIREAC'H L., 2000a. Le Réseau de Surveillance Posidonies de la Région Provence- Alpes-Côte d'Azur. Première partie : présentation et guide méthodologique. Année 2000. Région PACA, Agence de l'Eau RMC, GIS Posidonie, CQEL 13, CQEL 83, Conseil Général 06, GIS Posidonie publ. : 1-76.
- CHARBONNEL E., BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., BONHOMME P., BERNARD G., PATRONE J., KRUCZEK R., COTTALORDA J.M., BERTRANDY M.C., FORET P., BRICOUT P., RAGAZZI M., CADIOU G., LE DIREAC'H L., 2000b. Le Réseau de Surveillance Posidonies de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Seconde partie: résultats du suivi 1999. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr.: 1-142.
- CINELLI F., COLANTONI P., FRESI E., SOLAINI P., 1974. La prateria sommersa. *Subacqueo*. 1 (9) : 19-21.
- DESCAMP P., PERGENT G., BALLESTA L., FOULQUIE M., 2005. Underwater acoustic positioning systems as tool for *Posidonia oceanica* beds survey. *Compte Rendus Biologies de l'Académie des Sciences*. C.R. Biologies 328 : 75-80.
- DESCAMP P., BALLESTA L. HOLON F., 2007. SUIVI DE DEUX HERBIERS DE POSIDONIE DANS LA RESERVE MARINE DE CERBERE – BANYULS : *BAIE DE TANCARDE ET ANSE DU PIN PARASOL*. Contrat Conseil Général des Pyrénées Orientales. L'Œil d'Andromède publ.
- DESCAMP P., HOLON F., BALLESTA L., 2009. Microcartographie par télémétrie acoustique de 9 herbiers de posidonie pour le suivi de la qualité des masses d'eau côtières méditerranéennes françaises dans le cadre de la DCE. Contrat L'Œil Andromède/Agence de l'Eau, CRLR, CRPACA. Andromède publ., Montpellier, Fr. :1-59pp. + annexes

- DESCAMP P., HOLON F., BALLESTA L., GUILBERT A., GUILLOT M., BOISSERY P., RAIMONDINO V., DETER J., 2010. Fast and easy method for seagrass monitoring: Application of acoustic telemetry to precision mapping of *Posidonia oceanica* beds. *Marine Pollution Bulletin* 62: 284-292
- DETER J., HOLON F., DESCAMP P., 2010. Surveillance de l'herbier de posidonie – Année 2010. Evaluation de l'évolution de l'herbier de Posidonie entre 2000 et 2010 sur le littoral des Maures dans le cadre de l'observatoire marin du SIVOM. Rapport Final. *Contrat SIVOM du littoral des Maures et Andromède Océanologie publ.* : 67 p.
- DREW E.A., JUPP B.P., 1976. Some aspects of the growth of *Posidonia oceanica* in Malta. *Underwater Research*, Academic Press, London, p. 357-367.
- GAMBI M.C., BUIA M.C., CASOLA E., SCARDI M., 1989. Estimates of water movement in *Posidonia oceanica* beds : a first approach. *International Workshop on Posidonia Beds*, BOUDOURESQUE C.F.,
- LEPAREUR F., 2011. Evaluation de l'état de conservation des habitats naturels marins à l'échelle d'un site Natura 2000 – Guide méthodologique - Version 1. Février 2011. Rapport SPN 2011 / 3, MNHN, Paris, 55 pages.
- PERGENT G., LEONARDINI R., LOPEZ Y ROYO C., MIMAUULT B., PERGENT-MARTINI C., 2008. Mise en œuvre d'un Réseau de Surveillance Posidonies le long du littoral de la Corse – Rapport de synthèse 2004-2008. Contrat Office de l'Environnement de la Corse et GIS Posidonie Centre de Corse, GIS Posidonie Publ., Corte : 1 - 273
- LOPEZ Y ROYO C., CASAZZA G., PERGENT-MARTINI, C., PERGENT G. 2010. A biotic index using the seagrass *Posidonia oceanica* (BiPo), to evaluate ecological status of coastal waters. *Ecological Indicators*, 10 : 380-389
- LOPEZ Y ROYO C., PERGENT G., ALCOVERROE T., BUIAC M.C., CASAZZAD G., MARTÍNEZ-CREGOE B., PÉREZ M., SILVESTRE F., ROMERO J. 2011. The seagrass *Posidonia oceanica* as indicator of coastal water quality: Experimental intercalibration of classification systems. *Ecological Indicators* 11 : 557-563
- GOBERT S., SARTORETTO, S., RICO-RAIMONDINO V., ANDRAL B., CHERY A., LEJEUNE P., BOISSERY P. 2009. Assessment of the ecological status of Mediterranean French coastal waters as required by the Water Framework Directive using the *Posidonia oceanica* Rapid Easy Index: PREI. *Marine Pollution Bulletin* 58 : 1727-1733
- GOBERT S., ANDRAL B., BOISSERY P., CHERY A., LEJEUNE P., PELAPRAT C., RICO-RAIMONDINO V. et SARTORETTO S. 2008. Soutien méthodologique à la mise en œuvre de la Directive Cadre Eau item : Herbier de posidonie : validation du protocole de calcul de l'EQR. Ifremer-Université de Liège-STARESO-Agence de l'eau. 55 pp.
- GIORGI J., THELIN I., 1983. – Phénologie, biomasse et production primaire de *Posidonia oceanica* (feuilles et épiphytes) dans la baie de Port-Cros. *Lab. Ecol. Benthos, Fac. Sci. Luminy, Univ. Aix-*
- IFREMER, 2010. Contrôle de surveillance/opérationnel – Campagne DCE 2009. District "RHONE ET COTIERS MEDITERRANEENS". *Convention Agence de l'Eau RM&C/Ifremer n°20090108 & 20090109. Rapport définitif de 129 p*
- JEUDY DE GRISSAC A., BOUDOURESQUE C.F., 1985. Rôle des herbiers de phanérogames marines dans les mouvements des sédiments côtiers : les herbiers à *Posidonia oceanica*. *Colloq. Fr-jap. Oceanogr.*, Marseille 16-21 Sept., 1 : 143-151. Marseille II et Parc nation. Port-Cros, France, 126 p.
- MEINESZ A., LAURENT R., 1978, Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes-Maritimes (France) - Campagne Poseïdon 1976. *Botanica Marina*, Vol. XXI, pp. 513-526.
- MONTEFALCONE M., 2009 Ecosystem health assessment using the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*: A review. *Ecol. Indic.*, 9: 595-604.
- MOLINIER R., PICARD J., 1952. Recherches sur les herbiers de phanérogames marines sur le littoral méditerranéen français. *Ann. Inst. Océanogr.*, Paris, 27 (3) : 157-234.
- PASQUALINI V., 1997. Caractérisation des peuplements et types de fonds le long du littoral Corse (Méditerranée, France). Thèse Doctorat, Univ. Corse : 1-190.

- PERES J.M., PICARD J., 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. Rec. Trav. Stat. mar. Endoume, Fr., 31 (47): 5-137.
- PERGENT G., LEONARDINI R., LOPEZ Y ROYO C., MIMAUULT B., PERGENT-MARTINI C., 2008. Mise en œuvre d'un réseau de surveillance Posidonies le long du littoral de la Corse – Rapport de synthèse. Contrat Office de l'Environnement de la Corse et GIS Posidonie Centre de Corse, GIS Posidonie Publ., Corte : 1-273 & Cd Rom.
- PERGENT-MARTINI C., PERGENT G., 1996. Spatio-temporal dynamics of *Posidonia oceanica* beds near a sewage outfall (Mediterranean - France). In: Kuo J., Phillips R.C., Walker D.I., Kirkman H. edits. *Seagrass Biology: Proceedings of an International Workshop*. Univ. Western Australia publ.: 299-306.
- Pergent-Martini C., Pergent G., 2010. Propositions de lignes directrices pour la standardisation des méthodes de cartographie et de surveillance des magnoliophytes marines en Méditerranée. PNUE-PAM-CAR/ASP, Contrat N°72/2009, Tunis :1 - 66
- RICO-RAIMONDINO V., 1995. – Contribution à l'étude des stocks et flux d'éléments dans les herbiers à *Posidonia oceanica*. Thèse Doctorat d'Ecologie, Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 1-248.
- SOULLARD, M., BOURGE, I., FOGEL, J., LARDINOIS, D., MATHIEU, T., VEESCHENS, C., BAY, D., DAUBY, P., BOUQUEGNEAU, J.M., 1994. Evolution de la densité de l'herbier de Posidonie de la baie de Calvi (Corse). Vie Milieu 44, 199–201.
- VELIMOROV B., 1984. – Grazing of *Sarpa salpa* L. on *Posidonia oceanica* and utilization of soluble compounds. 1: 381-387. In: International Workshop on *Posidonia oceanica* Beds, BOUDOURESQUE C.F., JEUDY DE GRISSAC A., OLIVIER J., (éds.), GIS Posidonie publ., Fr.
- WILLSIE A., 1987. – Structure et fonctionnement de la macrofaune associée à la matre morte et d'herbier vivant de *Posidonia oceanica* (L.) Delile : influence des facteurs abiotiques et biotiques. Thèse Doctorat oceanographie, Univ. Aix-Marseille II, Fr., 647 p.