

Note: Les appellations employées dans ce document et la présentation du matériel qui y figure n'impliquent de la part du PNUE l'expression d'aucune opinion particulière relative au statut juridique d'un Etat, d'un territoire, d'une ville ou d'une zone, ou à leurs autorités, ou relative à la délimitation de leurs frontières ou limites.

© 2009 Programme des Nations Unies pour l'environnement
Plan d'Action pour la Méditerranée
Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées (CAR/ASP)
Boulevard du leader Yasser Arafat
B.P.337 - 1080 Tunis Cedex
E-mail: car-asp@rac-spa.org

Ce document a été préparé pour le CAR/ASP par: Chedly RAIS, Gérard PERGENT, Renaud DUPUY DE LA GRANDRIVE et Aslam DJELLOULI (Groupement Nautilus-Okianos)

SOMMAIRE

Avant-propos

1. Introduction	1
2. Objectifs du projet MedPosidonia	2
3. Intervenants dans la mise en œuvre du projet MedPosidonia	2
4. Actions réalisées dans le cadre du projet MedPosidonia	3
4.1 Méthodologie.....	4
4.1.1 Actions de formation	4
4.1.2 Cartographie des herbiers	4
4.1.3 Balisage des limites supérieures et inférieures des herbiers	4
5. Activités du projet en Turquie	5
5.1 Activités du projet dans la région de Mersin.....	5
5.1.1 Balisage de la limite inférieure de l'herbier	5
5.1.1.1 Objectifs.....	5
5.1.1.2 Limite inférieure et station de référence.....	5
5.1.1.3 Localisation du site	5
5.1.1.4 Mise en place des balises au niveau de la limite inférieure	6
5.1.2 Caractérisation de l'herbier au niveau de la limite inférieure	12
5.1.2.1 Observations complémentaires	14
5.1.3 Cartographie de la limite supérieure de l'herbier (Baie de Babadil).....	15
5.2 Activités du projet dans la région de Gökçeada	17
5.2.1 Balisage de la limite inférieure de l'herbier	17
5.2.1.1 Objectifs.....	17
5.2.1.2 Déroulement de la mission	17
5.2.1.3 Localisation du site	17
5.2.1.4 Mise en place des balises au niveau de la limite inférieure	18
5.2.2 Caractérisation de l'herbier au niveau de la limite inférieure	23
5.2.2.1 Observations complémentaires	25
5.2.2.2 Station de référence.....	26
5.2.3 Cartographie de la limite supérieure de l'herbier	26
6. Activités du projet en Libye	28
6.1 Activités du projet dans la région de Tripoli.....	28
6.1.1 Cartographie de la limite supérieure.....	28
6.1.1.1 Objectifs.....	28
6.1.1.2 Déroulement de la mission	28
6.1.1.3 Cartographie de la limite supérieure des herbiers	28
6.2 Activités du projet dans la région d'Ain Al-Ghazala	34
6.2.1 Relevé des limites, de la structure et des paramètres de l'herbier à <i>P. oceanica</i>	35
6.2.2 Identification des habitats et de la structure des fonds qui apparaissent sur l'image satellite ..	35
6.2.2.1 Cartographie d'un micro-atoll	35
6.2.2.2 Espèces et habitats figurant sur l'Annexe II du Protocole ASP/BD	36
6.2.2.3 Les espèces rares et nouvellement introduites dans la région	37
7. Activités du projet en Tunisie	39
7.1 Activités du projet dans la région de Sidi Ali El Mekki	39
7.1.1 Balisage de la limite supérieure de l'herbier	39
7.1.1.1 Objectifs.....	39
7.1.1.2 Déroulement de la mission	39
7.1.1.3 Mise en place des balises au niveau de la limite supérieure	39

7.1.2 Balisage de la limite inférieure de l'herbier	41
7.1.2.1 Objectifs	41
7.1.2.2 Déroulement de la mission	41
7.1.2.3 Localisation du site	41
7.1.2.4 Mise en place des balises au niveau de la limite inférieure	42
7.1.3 Caractérisation de l'herbier au niveau de la limite inférieure	48
7.1.3.1 Observations complémentaires	50
7.1.3.2 Station de référence.....	50
7.1.4 Cartographie par sonar latéral	51
7.2 Activités du projet dans la région d'Hergla à Monastir.....	52
7.2.1 Cartographie de la limite supérieure de l'herbier d'Hergla.....	52
7.2.2 Cartographie de la limite supérieure de l'herbier entre Port El Kantaoui et Monastir....	56
7.2.3 Cartographie de la limite supérieure de l'herbier de la baie de Monastir	57
7.3 Activités du projet dans la région de Kerkennah	60
7.3.1 Balisage de la limite inférieure de l'herbier	60
7.3.1.1 Objectifs	60
7.3.1.2 Déroulement de la mission	60
7.3.1.3 Localisation du site	60
7.3.1.4 Mise en place des balises au niveau de la limite inférieure	61
7.3.2 Caractérisation de l'herbier au niveau de la limite inférieure	67
7.3.2.1 Observations complémentaires	69
7.3.2.2 Station de référence.....	70
7.3.3 Balisage de la limite supérieure de l'herbier (zone touristique).....	71
8. Activités du projet en Algérie.....	73
8.1 Session de formation.....	73
8.2 Déroulement de la mission.....	73
8.3 Travail réalisé	74
8.4 Liste des participants	76
9. Sessions régionales de formation	77
9.1 Session de Tabarka	77
9.1.1 Objectifs de la formation	77
9.1.2 Déroulement de la formation	77
9.1.3 Evaluation du cours	78
9.2 Session de Rafrâf.....	81
9.2.1 Déroulement du stage	81
9.2.2 Synthèse	82
Références bibliographiques	84
Annexes.....	90

AVANT-PROPOS

Le présent document a été élaboré sur la base des résultats des travaux menés dans le cadre du projet MedPosidonia, mis en œuvre par le CAR/ASP avec l'appui de la Fondation d'entreprise TOTAL. Il s'agit de travaux réalisés par des équipes nationales en collaboration avec une équipe technique composée d'experts du CAR/ASP et du groupement Nautilus-Okianos.

Les informations et données de ce document résultent des travaux de terrain menés dans tous les pays participants au projet MedPosidonia.

1. INTRODUCTION

La plante marine *Posidonia oceanica* est une espèce endémique de la Méditerranée classée parmi les espèces édificatrices d'écosystèmes. Les herbiers formés par cette plante marine constituent des pôles de biodiversité du milieu marin méditerranéen. L'importance de l'herbier de Posidonies est reconnue sur le plan écologique et aussi sur le plan économique, car cette formation biologique joue un rôle fondamental dans la stabilisation des côtes et sert d'habitat pour une multitude d'espèces marines dont plusieurs sont d'un grand intérêt pour la pêche. Sous l'action de plusieurs facteurs, dont la plupart sont d'origine anthropique, les herbiers de Posidonies ont subi une régression dans plusieurs zones de la Méditerranée.

Ces herbiers constituent une ceinture quasi-continue tout autour du bassin méditerranéen à l'exception de l'extrême Sud du bassin oriental, du voisinage du détroit de Gibraltar et plus localement au niveau du débouché en mer des grands fleuves. A l'échelle du bassin méditerranéen, plusieurs régions ont fait l'objet de cartographies exhaustives et les surfaces totales couvertes par les herbiers sont estimées entre 3 et 4 millions d'hectares (Rico-Raimondino, 1995 ; Pasqualini, 1997).

Les herbiers à *Posidonia oceanica*, en milieu littoral, jouent un rôle comparable à celui exercé par la forêt en milieu terrestre (Boudouresque *et al.*, 2006a). Ils sont à la base de la richesse des eaux littorales en Méditerranée, par les surfaces qu'ils occupent et surtout par les différents rôles qu'ils jouent au niveau du littoral :

- Rôle dans les équilibres écologiques du système littoral
- Rôle dans les équilibres physiques du système littoral
- Rôle économique, découlant de l'action de l'herbier dans les équilibres écologiques et physiques du système littoral
- Rôle de bioindicateur.

Intérêt de la surveillance des herbiers de Posidonies

Les réseaux de surveillance du milieu marin basés sur l'utilisation des magnoliophytes marines se développent depuis quelques années. Ces « Seagrass Watch » concernent de nombreux pays comme les Etats-Unis, l'Australie, le Brésil, la Tanzanie, le Vietnam ou les Philippines (McKenzie *et al.*, 2000 ; Short *et al.*, 2001). La Méditerranée bénéficie elle d'un rôle de pionnier en la matière puisque le premier réseau de surveillance basé sur les herbiers de magnoliophytes marines a été initié le long du littoral Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) en France, en 1984 (Boudouresque *et al.*, 2000): il s'agit du Réseau de Surveillance Posidonies (RSP). Dès sa mise en œuvre, l'objectif de ce réseau était double :

- Surveiller à long terme l'évolution de l'état des herbiers de Posidonies (*Posidonia oceanica* L. Delile);
- Utiliser ces herbiers comme indicateur biologique de la qualité globale des eaux littorales.

En région PACA, ce sont 33 sites qui sont ainsi surveillés avec succès depuis plus de 20 ans (Boudouresque *et al.*, 2000).

Ce RSP s'est ensuite développé (i) en région Euro Méditerranée (Espagne, Italie et Grèce) à travers le COST 647 (Boudouresque *et al.*, 1990) et (ii) dans l'ensemble du bassin méditerranéen grâce aux initiatives du Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées (CAR/ASP) et plus particulièrement depuis 1999, suite à l'adoption du Plan d'Action pour la Conservation de la Végétation Marine en Mer Méditerranée (Anonyme, 2000a). A ce jour, plusieurs pays méditerranéens disposent de réseaux plus ou moins développés: l'Italie (29 sites mis en place depuis 2001), l'Espagne (depuis 1998, 28 sites sont suivis en Catalogne), la Grèce (en juillet 2003, dans le Parc National Marin de Zakynthos), l'Algérie (depuis 2000) et la Slovénie. Dans le cadre d'un nouveau partenariat entre le CAR/ASP et la Fondation d'entreprise Total, de nouveaux sites sont en cours d'installation en Algérie, Tunisie, Libye et Turquie (Pergent *et al.*, 2007).

L'adoption de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE DCE), du Parlement et du Conseil européens (établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau), en octobre 2002, a encore renforcé la nécessité d'une surveillance des herbiers. Cette directive fixe des objectifs pour la préservation et la restauration de l'état des eaux et vise à établir un cadre pour la gestion des eaux par district hydrographique. Elle impose notamment d'établir un état des lieux et un suivi de l'"état écologique" du milieu.

Dans le cadre du Plan d'Action pour la conservation de la végétation marine en mer Méditerranée, les Parties contractantes à la Convention de Barcelone ont convenu d'accorder une attention particulière aux herbiers de Posidonies. A cet effet, des actions concrètes concernant ces herbiers figurent dans le calendrier dudit plan d'action. Il s'agit notamment de l'inventaire et de la cartographie des herbiers et de la mise en place de réseaux de surveillance. De telles actions sont essentielles pour l'élaboration et la mise en œuvre des programmes de conservation des herbiers. En effet, ces programmes nécessitent une bonne connaissance de la distribution des herbiers et notamment des cartes détaillées fournissant des données sur leur localisation, leurs étendues et état de santé. Ces cartes sont très utiles pour les décideurs et les planificateurs du littoral, car elles permettent de définir des schémas d'aménagement qui tiennent compte de la nécessité de minimiser les impacts sur les herbiers notamment pour ce qui est des émissaires en mer d'eaux usées traitées, des ports, des marinas, des fermes aquacoles, etc..

C'est dans le but d'assister les pays méditerranéens à mettre en œuvre ce genre d'actions que le CAR/ASP a développé le projet MedPosidonia dont la mise en œuvre a été possible grâce à l'appui financier de la Fondation d'entreprise Total et des quatre pays partenaires.

2. OBJECTIFS DU PROJET MedPosidonia

L'objectif général du projet MedPosidonia est de contribuer, à travers des actions pilotes, à la collecte d'information sur la présence et l'évolution des herbiers de Posidonies en Méditerranée. Les activités du projet concernent :

- l'inventaire et la caractérisation des herbiers de Posidonies les plus importants à travers des campagnes de prospection ;
- la cartographie d'herbiers de Posidonies avec des méthodes classiques et/ou novatrices ;
- le renforcement des réseaux de surveillance des herbiers.

Le projet comporte aussi un volet de communication portant sur l'intérêt et le rôle de l'écosystème édifié par la Posidonie. Le volet communication comporte également des actions d'information sur les résultats et réalisations du projet.

Le projet a été conçu de façon à favoriser l'échange d'expérience et le transfert des connaissances entre les pays méditerranéens. En effet, la plupart des actions du projet a été menée avec la participation de scientifiques de plusieurs pays, en favorisant la formation pratique de terrain. A travers ces actions, le projet visait notamment à:

- Etablir au niveau des pays concernés des inventaires complémentaires des sites d'intérêt particulier pour la conservation des herbiers de Posidonies;
- Améliorer la capacité des pays à établir, gérer et mettre à jour des banques de données cartographiques sur les herbiers, en vue de les utiliser comme aide à la décision au niveau de l'aménagement du territoire et de l'évaluation des impacts environnementaux des divers projets de développement;
- Former des équipes nationales pour assurer la pérennité des actions entreprises, notamment sur les techniques modernes;
- Communiquer simplement sur l'intérêt des herbiers de Posidonies et assurer la diffusion des résultats obtenus en les valorisant auprès des acteurs nationaux et locaux;
- Utiliser les acquis du projet pour développer d'autres programmes dans ce domaine en transférant les méthodes expérimentées.

3. INTERVENANTS DANS LA MISE EN ŒUVRE DU PROJET MedPosidonia

Les actions du projet MedPosidonia ont été, en grande partie, mises en œuvre par les scientifiques des pays concernés. Le CAR/ASP a apporté l'appui nécessaire notamment au niveau des méthodologies d'intervention et de traitement et d'interprétation des résultats. Il a également apporté un appui financier en utilisant le budget du projet MedPosidonia pour couvrir les frais des travaux de terrain, y compris ceux relatifs à la logistique en mer. Voici ci-après la liste des institutions et organismes qui ont contribué à la mise en œuvre du projet. La liste nominative des participants aux différentes actions figure à l'Annexe 1 du présent rapport.

Algérie

- Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme (MATET)
- Conservatoire National des Formations à l'Environnement (CNFE)
- Club Scientifique de Plongée de Constantine (CSPC)

Libye

- Autorité Générale pour l'Environnement (EGA)

Tunisie

- Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral (APAL)
- Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (INSTM)

Turquie

- Ministère de l'Environnement et des Forêts, Direction Générale de la Conservation de la Nature et des Parcs Nationaux
- Université d'Istanbul, Faculté des Sciences Halieutiques
- Université Technique du Moyen-Orient (METU), Institut des Sciences Marines

Dans le cadre de l'appui technique et scientifique, le CAR/ASP a fait appel aux services du consortium Nautilus (Italie)-Okianos (Tunisie). Ce consortium a fait intervenir en plus de ses experts permanents, des experts de l'Université Pascal Pauli de Corse (France) et de la Faculté des Sciences de Tunis (Tunisie). Pour les travaux de sonar à balayage latéral, le CAR/ASP a fait appel aux services de Subex Underwater Surveys (Tunisie).

4. ACTIONS REALISEES DANS LE CADRE DU PROJET MedPosidonia

Comme le prévoit le programme de travail du projet, les actions réalisées ont concerné l'inventaire et la cartographie d'herbiers et la mise en place de balises pour la surveillance de l'évolution des limites supérieures et/ou inférieures. Par ailleurs, trois actions de formation ont été réalisées pour familiariser les scientifiques des pays avec les techniques de cartographie et de surveillance des herbiers. Les actions du projet ont été comme suit :

Actions d'inventaire:

Les actions d'inventaire ont été réalisées en Libye sur les sites suivants :

- Région de Tripoli: 3 stations (Tajura, les Falaises et Garaboulli)
- Région d'Ain Al-Ghazala: Lagune d'Ain Al-Ghazala, Ile d'Elba et Littoral oriental.

Actions de cartographie:

Les actions de cartographie ont été réalisées en Tunisie et en Turquie sur les sites suivants :

- Sidi Ali El Mekki (Tunisie)
- Hergla (Tunisie)
- Le littoral allant du Port El Kantaoui à Monastir (Tunisie)
- Baie de Monastir (Tunisie)
- Baie de Yildizkoy (Turquie)
- Baie de Babadil (Turquie)

Actions de mise en place de balisage pour la surveillance des limites supérieures et inférieures des herbiers:

La mise en place de balisage a concerné dans le cadre du projet les sites suivants en Tunisie et en Turquie (Limite supérieure, limite inférieure et station de référence) :

- Sidi Ali El Mekki (Tunisie)
- Iles Kerkennah (Tunisie)
- Baie de Yildizkoy (Turquie)
- Baie de Babadil (Turquie)
- Cap Rosa, région d'El Kala (Algérie) : action en cours.

Actions de formation:

- Session de formation régionale sur la cartographie des herbiers de Posidonies
- Session de formation régionale sur la surveillance des herbiers de Posidonies

- Session de formation nationale (Algérie) sur la cartographie des herbiers de Posidonies.
- Session de formation nationale (Turquie) sur la surveillance des herbiers de Posidonies en marge de l'activité de terrain dans la région de Gökçeada.

Action de communication:

- Cérémonie Signature de la Convention de Parrainage (Tunis, 30 octobre 2006)
- Présentation du Projet MedPosidonia et assistance technique à la participation de scientifiques des pays partenaires lors du Troisième Symposium Méditerranéen sur la Végétation Marine (Marseille, 27-29 mars 2007)
- Réunion de coordination avec les scientifiques des pays partenaires (Marseille, 30 mars 2007)
- Séminaire de Clôture et de Restitution des résultats :
 - Production d'un support de communication sur les résultats du projet (DVD + brochure)
 - Elaboration d'une plaquette de sensibilisation sur les herbiers marins, décliné pour chaque pays du projet
 - Divers panneaux de présentation des activités du projet
 - Des séquences vidéo de l'herbier de Posidonies et des travaux réalisées.

4.1 Méthodologie

4.1.1 Actions de formation

Les actions de formation ont été menées sous forme de sessions pratiques accordant la priorité aux séances de travail de terrain et au traitement de données sur ordinateurs. Deux de ces sessions ont été des sessions régionales avec des participants provenant de tous les pays concernés, alors que la troisième était une session nationale à laquelle ont pris part des participants d'un seul pays (l'Algérie).

Il est à noter qu'en plus des sessions de formation proprement dites, la plupart des missions de terrain ont été mises à profit pour former les équipes locales et les familiariser avec les techniques et méthodes d'intervention utilisées.

4.1.2 Cartographie des herbiers

Pour réaliser les travaux de cartographie des herbiers, les 3 méthodes suivantes ont été utilisées :

- relevé au GPS des limites par observation directe lors des prospections en mer,
- utilisation de photos satellite,
- utilisation de sonar à balayage latéral.

Les données obtenues sont traitées à l'aide d'un Système d'Information Géographique pour produire les cartes. Le choix de la méthode (ou des méthodes) à utiliser sur chaque site, a été effectué tenant compte des caractéristiques du site et de la disponibilité d'images satellite. Plus de détails sur les méthodes utilisées par site sont fournis dans les sections 5 à 9 ci-après.

4.1.2 Balisage des limites supérieures et inférieures des herbiers

La mise en place des balisages a été effectuée selon un protocole méthodologique qui a été élaboré au début du projet, sur la base des expériences acquises dans le cadre du Réseau de Surveillance Posidonies (RSP) initié depuis 1984 le long du littoral "Provence-Alpes-Côte d'Azur" en France. Ledit protocole figure à l'Annexe 2 du présent rapport.

5. ACTIVITES DU PROJET EN TURQUIE

Les activités du projet en Turquie ont concerné les sites de Mersin et de Gökçeada. Les actions développées dans ces sites sont les suivants :

Activités du projet dans la région de Mersin :

- Balisage de limite inférieure de l'herbier
- Caractérisation de l'herbier au niveau de la limite inférieure
- Observation complémentaire
- Cartographie de la limite supérieure de l'herbier (Baie de Babadil).

Activités du projet dans la région de Gökçeada:

- Cartographie de la limite supérieure de l'herbier
- Balisage de limite inférieure de l'herbier
- Caractérisation de l'herbier au niveau de la limite inférieure
- Observation complémentaire
- Station de référence.

5.1. Activités du projet dans la région de Mersin

5.1.1. Balisage de limite inférieure de l'herbier

5.1.1.1. Objectifs

Le littoral de la région de Mersin, et plus particulièrement le secteur situé à l'Ouest, présente une importance particulière car il correspond à la limite d'extension Sud-Est des herbiers à *Posidonia oceanica* en Méditerranée (Gucu & Gucu, 2002). La limite d'extension géographique de cette espèce semble liée à une température trop élevée de l'eau au cours de la saison estivale (Celebi *et al.*, 2006). Aussi dans un contexte général de réchauffement de la Méditerranée, l'évolution des herbiers à *Posidonia oceanica* dans ce secteur revêt une importance toute particulière.

L'objectif de ce travail consiste à (i) mettre en place un réseau de surveillance le long d'une limite inférieure représentative de ce secteur, selon le modèle du « Réseau de Surveillance Posidonies », validé dans plusieurs pays européens (Boudouresque *et al.*, 2000 ; Pergent *et al.*, 2005), (ii) réaliser une cartographie des herbiers superficiels de la baie de Babadil (limite d'extension orientale de l'herbier), et (iii) évaluer la qualité environnementale de ce secteur à partir de la vitalité de ces herbiers, selon le protocole défini dans le cadre du programme INTERREG « Posidonia » (Pergent *et al.*, 2007 ; Romero *et al.*, 2007).

5.1.1.2. Limite inférieure et station de référence

Du fait de la faible profondeur enregistrée au niveau de la limite inférieure (-14 m en moyenne), les mesures permettant de caractériser l'herbier à une profondeur similaire pour tous les sites étudiés (station de référence) ont été réalisées en arrière de cette limite.

Date de mise en place du balisage: 17 octobre 2008.

Observations scientifiques et prélèvements: 18 octobre 2008.

5.1.1.3. Localisation du site

Le site étudié est situé à une centaine de kilomètres à l'Ouest de la ville de Mersin, à proximité du petit village d'Aydincik. Le balisage est mis en place dans la petite baie de Babadil qui correspond à la limite d'extension de l'herbier à *Posidonia oceanica* (Figure 1). Les coordonnées géographiques du balisage au niveau de la balise n°6 sont: 36.15355° de latitude Nord et 33.44511° de longitude Est. La profondeur du balisage est comprise entre 13.0 et 14.5 m.



Figure 1: Localisation de la zone d'étude, à l'Ouest de la ville de Mersin

5.1.1.4. Mise en place des balises au niveau de la limite inférieure

La limite inférieure est mise en place au droit de la baie de Babadil, à une distance d'environ 300 m du fond de cette baie. Cette limite, sur matte et sédiment meuble, est caractérisée par la présence de mattes mortes en direction du large sur une partie de son tracé (limite régressive). Toutefois, ces mattes, lorsqu'elles sont présentes, ne dépassent pas un à trois mètres de large. Il faut également noter la présence de quelques touffes isolées en avant de cette limite (Figure 2) ainsi que la présence de rhizomes plagiotropes traçants pouvant dépasser un mètre de long (Figure 3). Une couche de sédiment fin superficiel, recouvrant un sable plus grossier, est observée au niveau de la limite ; sa remise en suspension peut entraîner une turbidité élevée.



Figure 2: Touffe de *Posidonia oceanica* en avant de la limite inférieure



Figure 3: Rhizome plagiotrope se développant en avant de la limite inférieure

La profondeur (Tableau 1) et l'orientation entre les balises et entre les piquets photo et les balises (Tableau 2) sont précisément relevées.

Tableau 1 : Profondeur des 11 balises le long de la limite inférieure de la baie de Babadil

Balise	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Moyenne
Profondeur (m)	13.4	13.6	13.0	13.2	13.8	14.3	14.0	14.1	14.2	14.2	14.5	13.8

Tableau 2 : Orientations de balise à balise et de piquet-photo à balise, en degrés, relevées le long de la limite inférieure de la baie de Babadil

Balise	1⇒2	2⇒3	3⇒4	4⇒5	5⇒6	6⇒7	7⇒8	8⇒9	9⇒10	10⇒11
Angle (°)	200	210	180	170	180	235	225	180	210	190

Piquet balise	P1⇒B1	P2⇒B2	P3⇒B3	P4⇒B4	P5⇒B5	P6⇒B6	P7⇒B7	P8⇒B8	P9⇒B9	P10⇒B10	P11⇒B11
Angle (°)	320	310	320	270	270	290	310	310	300	320	300

L'assemblage des photographies verticales, réalisées en plongée, permet de caractériser la limite inférieure entre les balises. Un plan du balisage est effectué à partir des relevés ci-dessus (orientations) et des photographies verticales de la limite (Figure 4).

Des photographies sous-marines horizontales de la limite de l'herbier à *Posidonia oceanica* sont réalisées, au niveau de chaque balise, pour disposer d'un état de référence le plus précis possible (Figures 5; 6; 7 et 8). La présence de quelques mattes mortes et de petites touffes « reliques » de *Posidonia oceanica* en avant de la limite inférieure semblent indiquer une extension passée de l'herbier vraisemblablement plus importante mais limitée (pas de matte morte à plus de cinq mètres du balisage).

La présence de nombreux rhizomes traçant semble toutefois indiquer une dynamique progressive tout au moins dans une partie du balisage. La nature du sédiment qui recouvre la matte morte correspond à du sable grossier mais la teneur en matière organique est importante (supérieure à 5%).

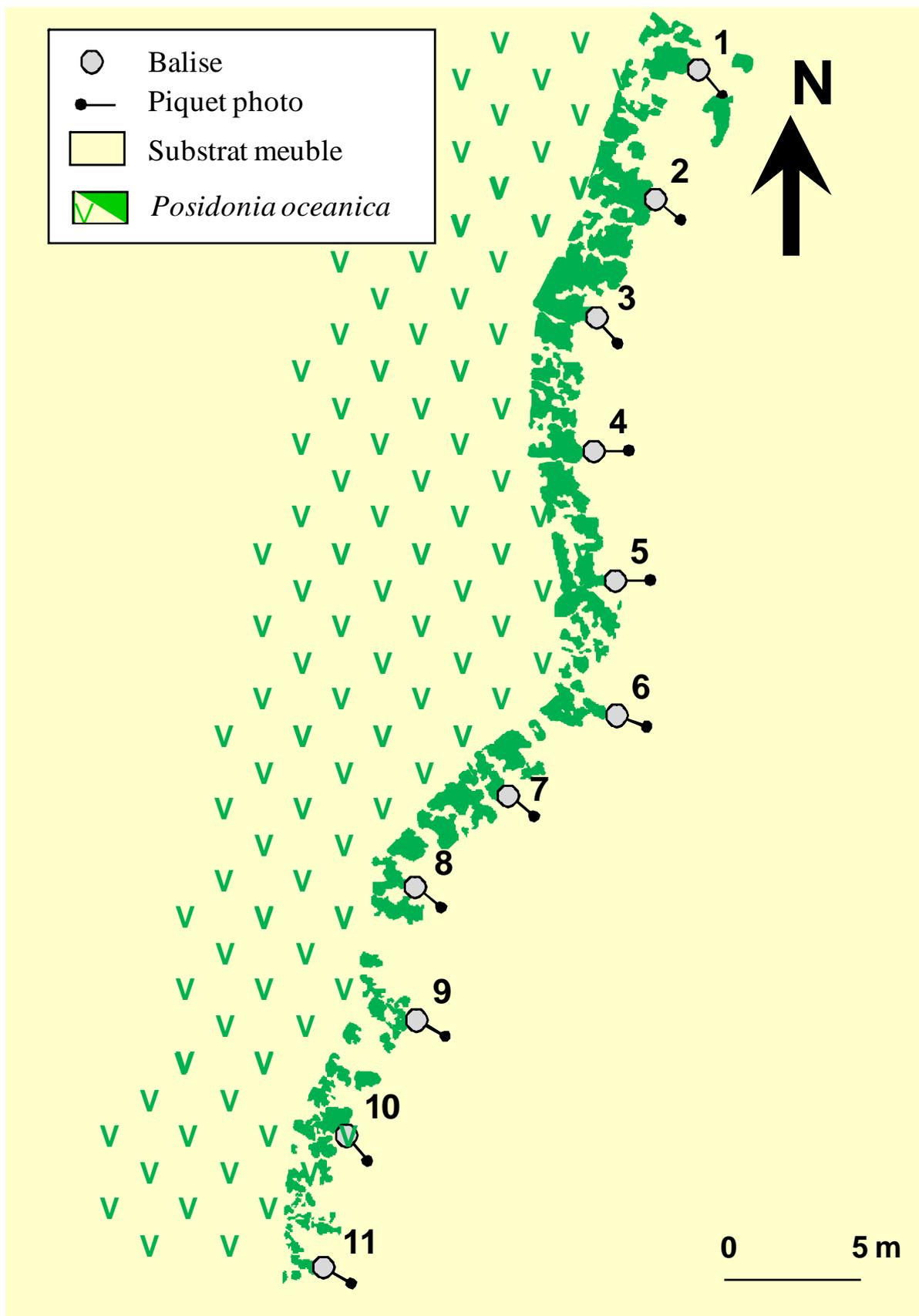


Figure 4 : Plan du balisage de la limite inférieure de la baie de Babadil

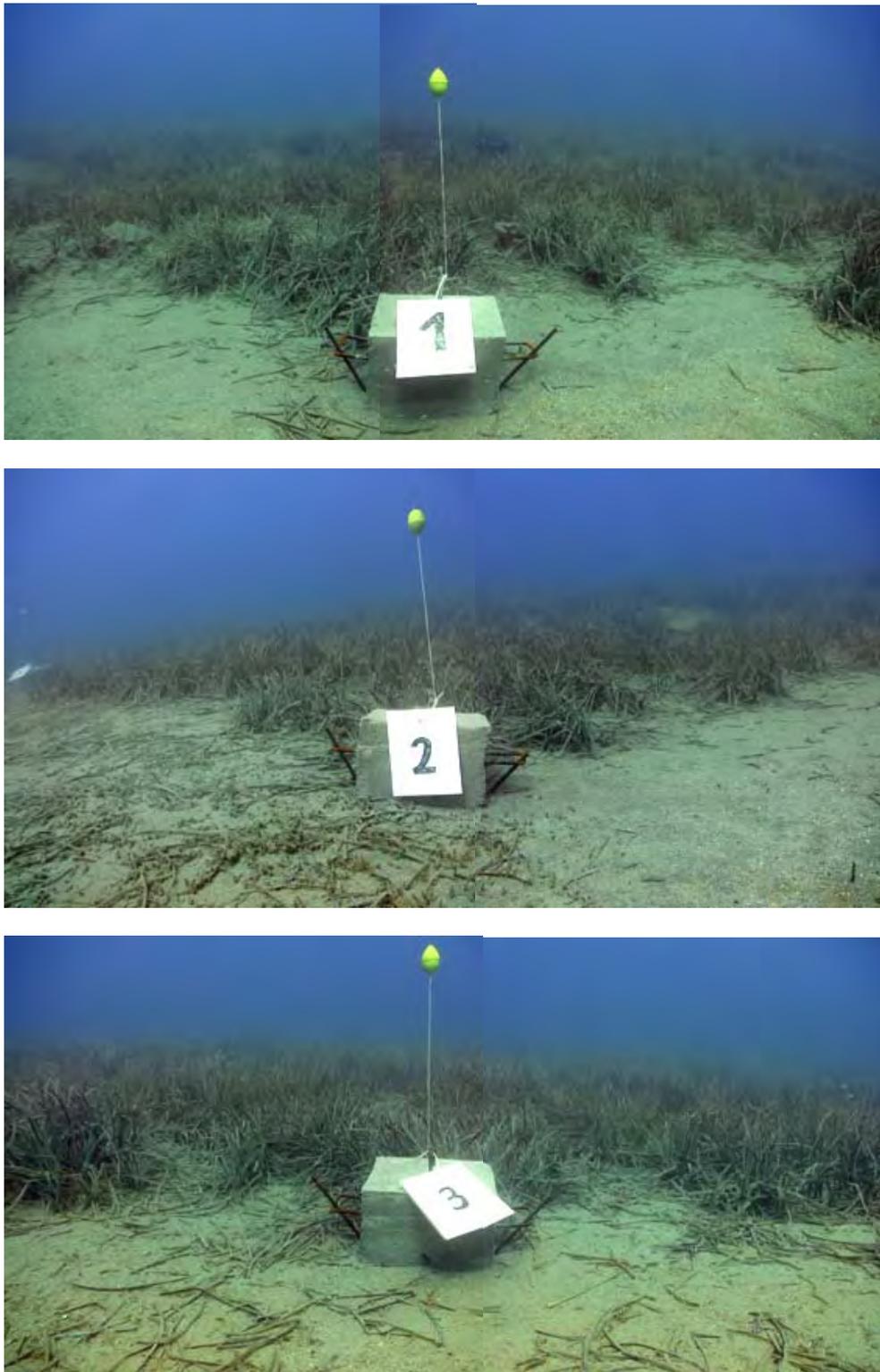


Figure 5: Herbier à *Posidonia oceanica*, en arrière des balises 1 à 3 le long de la limite inférieure de la baie de Babadil

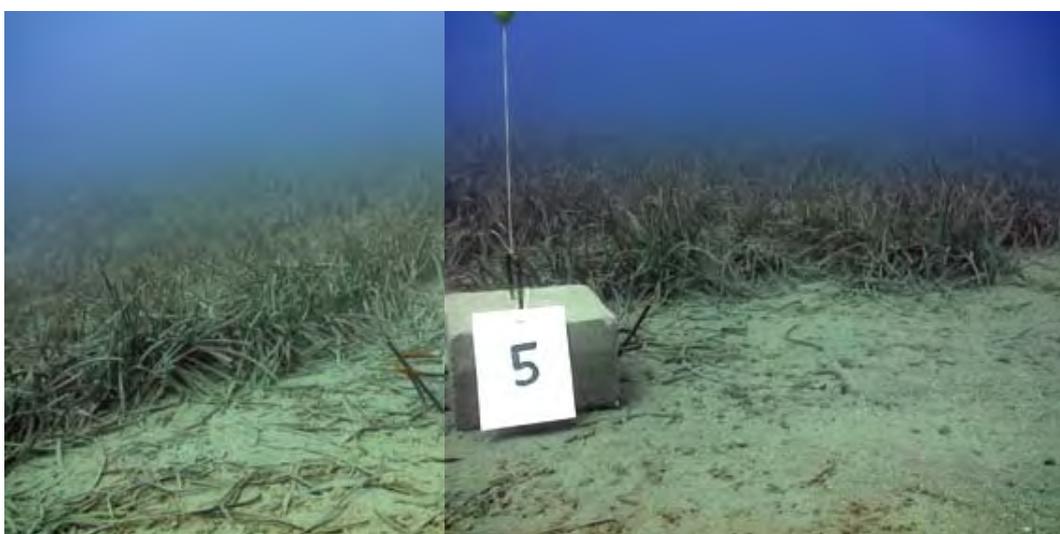
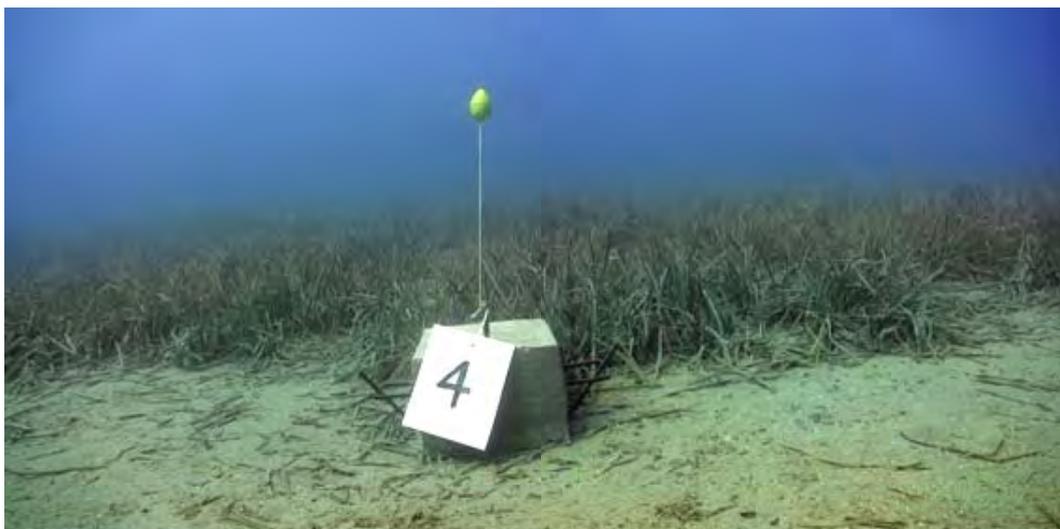


Figure 6: Herbier à *Posidonia oceanica*, en arrière des balises 4 à 6 le long de la limite inférieure de la baie de Babadil

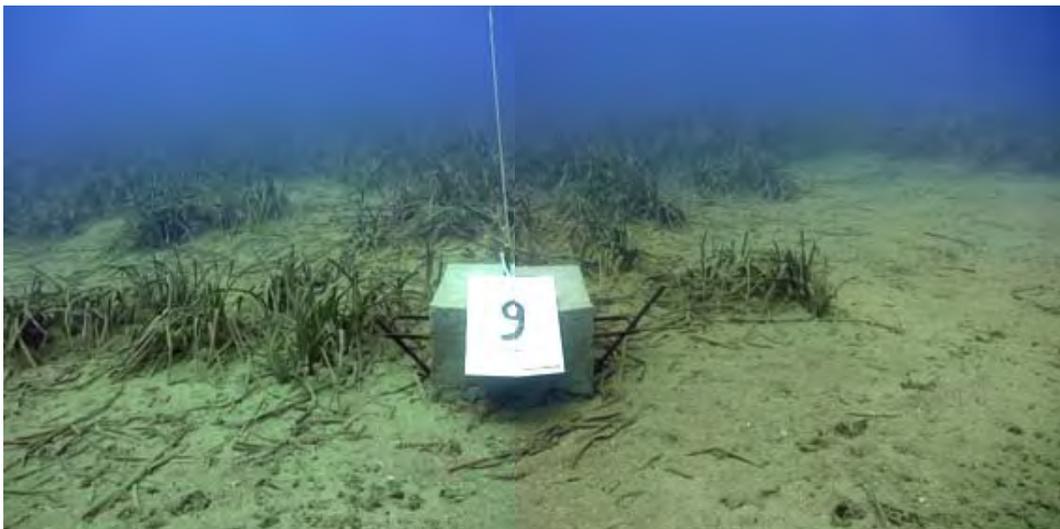
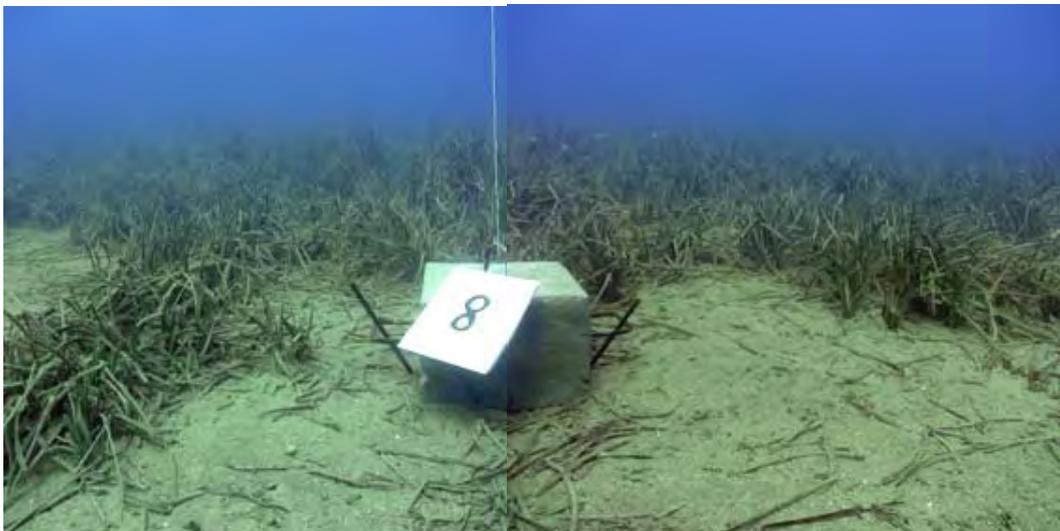
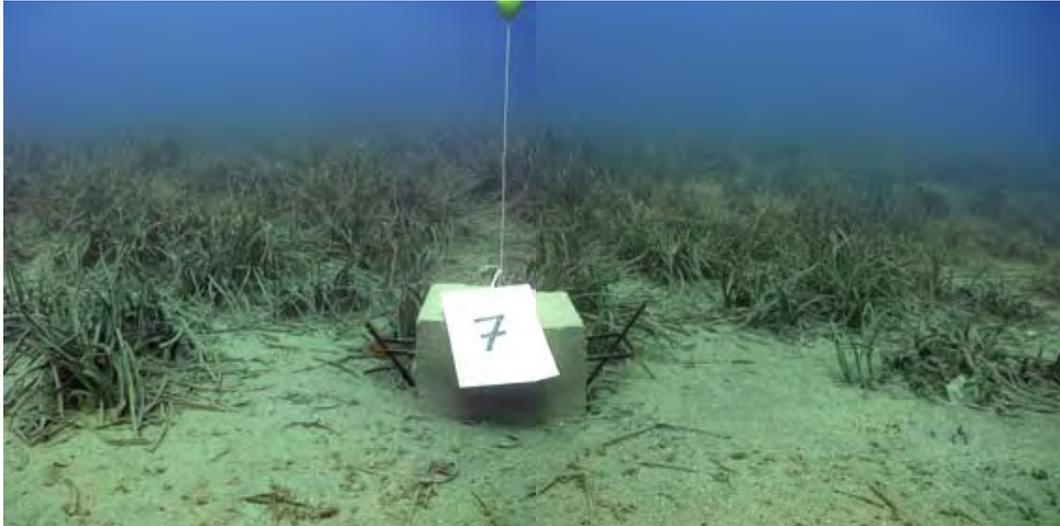


Figure 7: Herbier à *Posidonia oceanica*, en arrière des balises 7 à 9 le long de la limite inférieure de la baie de Babadil

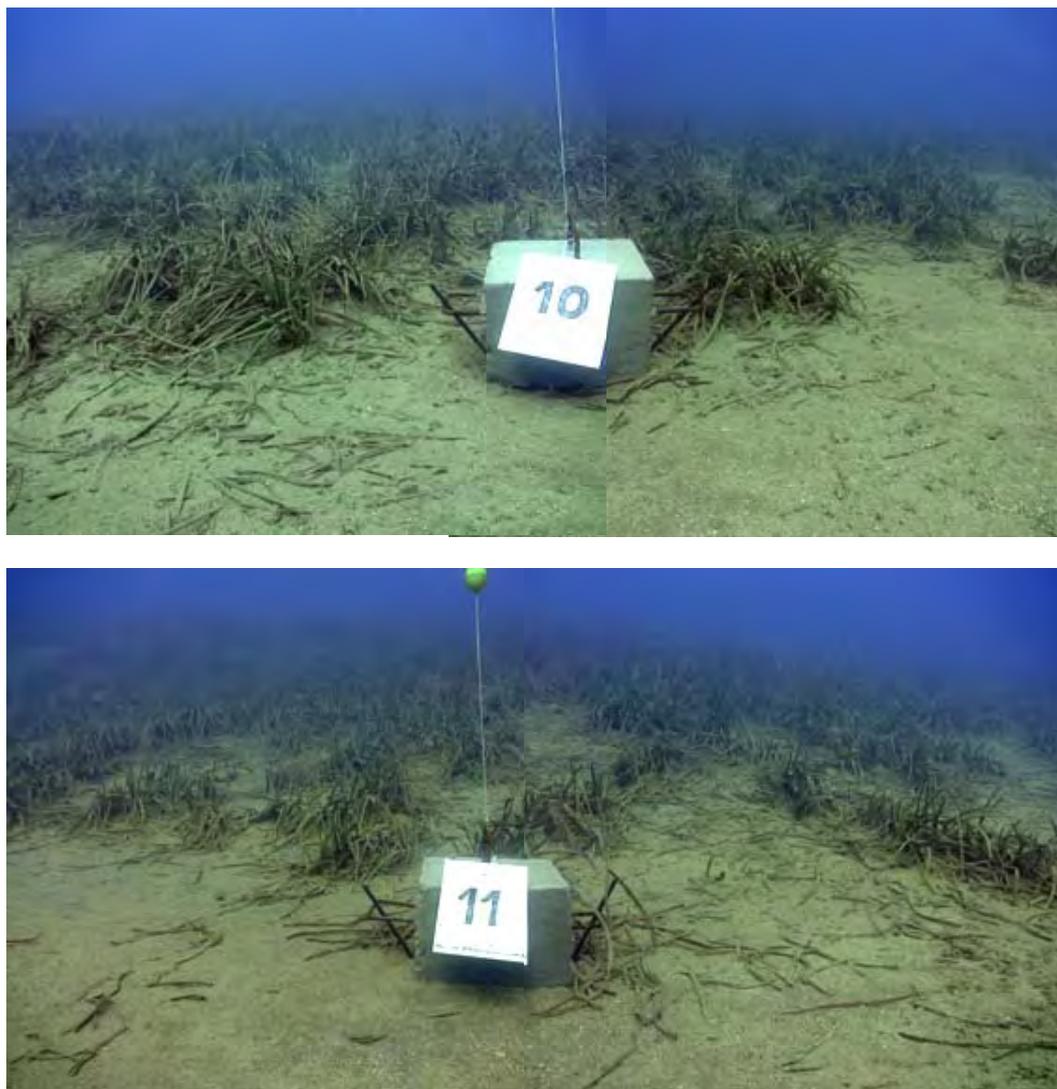


Figure 8: Herbier à *Posidonia oceanica*, en arrière des balises 10 et 11 le long de la limite inférieure de la baie de Babadil

5.1.2. Caractérisation de l'herbier au niveau de la limite inférieure

La densité de l'herbier est mesurée dans des quadrats de 20 cm de côté, la localisation des mesures (trois par balise) est précisément repérée à l'aide d'une grille (Tableau 3). Le recouvrement est estimé sur une surface d'un mètre carré en arrière de chaque balise à l'aide de prises de vues verticales, soit directement à partir des photographies verticales soit par l'intermédiaire d'une grille d'interprétation. A l'intérieur de chaque quadrat le pourcentage de rhizomes plagiotropes et le déchaussement sont estimés (Tableau 4).

Le recouvrement de l'herbier est élevé pour une limite inférieure (42.7 ± 12.7 % - moyenne \pm intervalle de confiance 95%). La densité est en moyenne de 282.6 ± 35.5 faisceaux.m⁻². Le déchaussement des faisceaux est modéré (3.4 ± 0.6 cm) même s'il peut être plus important en arrière du balisage. Cet herbier présente une faible proportion de rhizomes plagiotropes récents (8.0 ± 3.4 %) mais plusieurs rhizomes orthotropes sont issus de rhizomes traçants plus anciens.

Tableau 3 : Evaluation de la densité de l'herbier au niveau du balisage de la baie de Babadil

Balise	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11		
Densité (quadrat)	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Balise en C2	1		9			9						11						9		12				6	9					11			6
	2	11	10		11		22	16				10	20	8	9		11	9		19				13	12		6			11	16		
	3					10			7	17									15				20			2			6				
Densité moyenne	10.00			10.00			15.00			12.67			12.33			9.67			15.33			11.67			9.00			7.67			11.00		

Tableau 4 : Paramètres caractéristiques de l'herbier au niveau du balisage de la baie de Babadil

Balise	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Recouvrement vidéo (%)	50	70	70	70	40	20	30	50	10	40	20
Densité (faisc.m ⁻²)	250.0	250.0	375.0	316.7	308.3	241.7	383.3	291.7	225.0	191.7	275.0
Rhiz. Plagiotope (%)	3.3	6.7	0.0	7.9	8.1	17.2	2.2	20.0	7.4	17.4	6.1
Déchaussement (cm)	5	5	2	2	2	8	2	3	4	2	2

Les faisceaux récoltés au niveau de la limite inférieure font l'objet d'études phénologique (Tableau 5) et lépidochronologique (Tableau 6).

Tableau 5: Paramètres phénologiques de *Posidonia oceanica*, au niveau de la limite inférieure de la baie de Babadil (moyenne ± intervalle de confiance 95%)

	Adultes	Intermédiaires	Global (Ad+Int)
Nb moyen feuilles.faisc. ⁻¹	2.5 ± 0.2	1.1 ± 0.2	3.3 ± 0.2
Longueur moyenne (mm)	216.9 ± 16.7	81.0 ± 6.6	151.4 ± 32.8
Largeur moyenne (mm)	8.9 ± 0.3	8.9 ± 0.8	8.9 ± 0.3
Coefficient A (%.faisc. ⁻¹)	60.0 ± 14.3	0.0 ± 0.0	41.2 ± 9.9
Indice Foliaire (cm ² .faisc. ⁻¹)	47.6 ± 5.6	9.1 ± 1.9	56.0 ± 6.2
L.A.I. (m ² .m ⁻²)	1.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	1.4 ± 0.1

Tableau 6: Nombre d'écailles par cycle et vitesse de croissance des rhizomes, au niveau de la limite inférieure de la baie de Babadil (N: nombre de réplicats ; moyenne ± intervalle de confiance 95%)

Année lépidochronologique	N	Nombre d'écailles	Croissance des rhizomes (mm)
2007	10	7.2 ± 0.4	3.1 ± 1.2
2006	10	8.4 ± 1.5	4.2 ± 1.5
2005	9	7.0 ± 1.4	4.3 ± 1.34
2004	7	7.4 ± 1.1	6.3 ± 1.7

Le nombre de feuilles produites annuellement est en moyenne de 7.2 ± 1.2 et la vitesse de croissance des rhizomes de 4.8 ± 1.5 mm.an⁻¹.

L'analyse granulométrique du sédiment, prélevé à la balise 6, fournit un histogramme de fréquence « unimodal » (Figure 9). La taille moyenne du sédiment est de 0.68 mm (sable grossier). Ce sédiment est bien classé (So=1.37 mm) mais peu trié (σ1=1.10 φ). Le classement est maximal du côté des particules grossières (SK=0.93). Le coefficient d'acuité (KG=2.11) indique un sédiment très leptokurtique. La teneur en matière organique mesurée, dans la fraction 0.063 mm, est importante, elle est estimée à 5.57%.

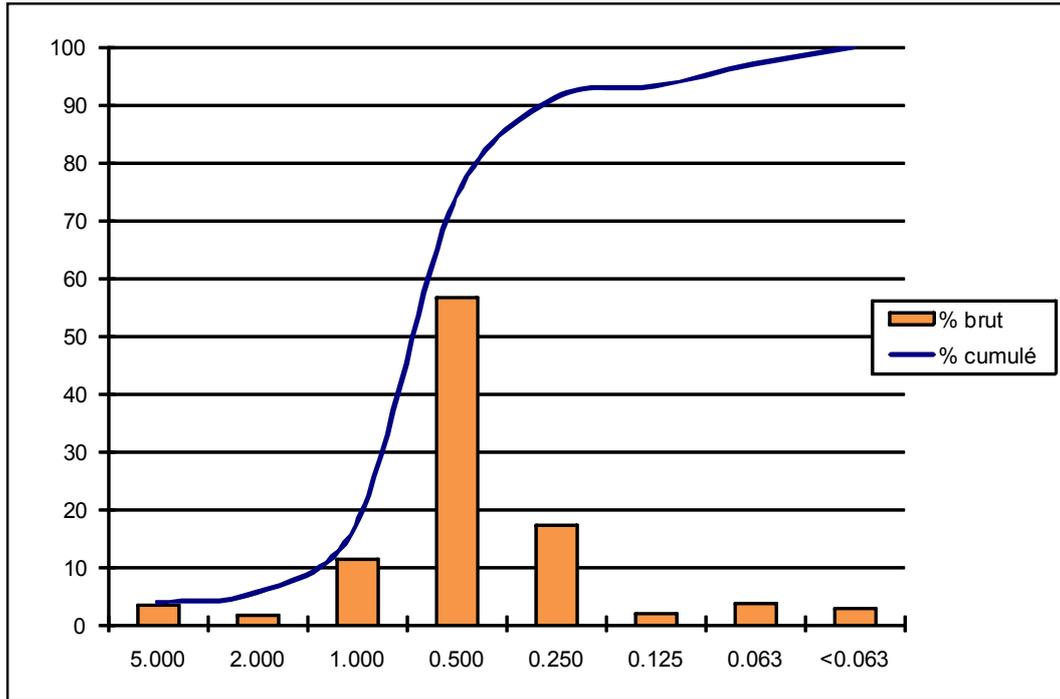


Figure 9: Caractérisation du sédiment (refus de tamis et indices granulométriques) au niveau de la limite inférieure de la baie de Babadil

5.1.2.1. Observations complémentaires

Compte tenu de la profondeur réduite de la limite inférieure (13.8 m), les mesures classiquement mesurées dans la station de référence sont relevées en arrière du balisage. Les mesures réalisées sur des paramètres présentant une forte variabilité saisonnière (phénologie) sont transformées de façon à obtenir des valeurs correspondant au début de la saison estivale (Pergent & Pergent-Martini, 1988). Ainsi la surface foliaire mesurée en octobre ($56.0 \pm 6.2 \text{ cm}^2.\text{faisc.}^{-1}$) correspond en moyenne à la moitié de la valeur mesurée en juillet ($112.0 \text{ cm}^2.\text{faisc.}^{-1}$; Rico-Raimondino, 1995).

L'herbier situé en arrière de la limite inférieure présente une forte couverture épiphytique (Figure 10), et un déchaussement important (Figure 11); quelques mattes mortes sont également visibles (Figure 12). De façon générale cet herbier semble présenter une vitalité réduite ce qui apparaît cohérent avec sa position (limite d'extension de l'espèce). De nombreux spongiaires sont également observés mais ils présentent des nécroses importantes (Figure 13).



Figure 10: Touffe de *Posidonia oceanica* présentant une forte couverture épiphytique



Figure 11: Rhizomes déchaussés en arrière de la limite inférieure



Figure 12: Matte morte de *Posidonia oceanica* en arrière de la limite inférieure



Figure 13: Spongiaire présentant des nécroses dans l'herbier à *Posidonia oceanica*

5.1.3. Cartographie de la limite supérieure de l'herbier (Baie de Babadil)

Une cartographie des principaux peuplements et types de fonds de la baie de Babadil a été réalisée à partir d'une image Ikonos (résolution 1.0 m).

L'acquisition des données terrain (Tableau 7) est effectuée par deux méthodes complémentaires:

- Entre 0 et -10 m, les principaux peuplements et types de fonds sont identifiés à l'aide d'un saut de calfat et localisés à l'aide d'un GPS ;
- Au-delà de -10 m, la limite inférieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* est suivie en plongée et matérialisée en surface par une bouée dont la position est régulièrement relevée à l'aide d'un GPS.

Tableau 7: Principaux peuplements et types de fonds identifiés dans la baie de Babadil

Latitude N°	Longitude E°	Peuplement	Latitude N°	Longitude E°	Peuplement
36.15507	33.44280	Substrats rocheux	36.15431	33.44421	Limite Posidonia/Sable
36.15506	33.44296	Substrats rocheux	36.15431	33.44432	Limite Posidonia/Sable
36.15515	33.44321	Substrats rocheux	36.15436	33.44442	Limite Posidonia/Sable
36.15517	33.44337	Substrats meubles	36.15449	33.44446	Posidonia sur roche
36.15513	33.44349	Substrats rocheux	36.15454	33.44456	Substrats rocheux
36.15508	33.44347	Posidonia sur matre	36.15459	33.44448	Substrats rocheux
36.15500	33.44345	Posidonia sur matre	36.15461	33.44432	Limite Posidonia/Roche
36.15500	33.44340	Posidonia sur roche	36.15472	33.44414	Posidonia sur roche
36.15491	33.44337	Substrats rocheux	36.15481	33.44398	Posidonia
36.15485	33.44333	Substrats meubles	36.15484	33.44390	Posidonia
36.15473	33.44318	Substrats meubles	36.15492	33.44384	Posidonia
36.15433	33.44258	Substrats meubles	36.15497	33.44373	Limite Posidonia/Sable
36.15390	33.44206	Substrats meubles	36.15376	33.44546	Limite Posidonia/Sable
36.15383	33.44207	Substrats rocheux	36.15375	33.44564	Limite Posidonia/Sable
36.15386	33.44200	Substrats rocheux	36.15381	33.44567	Limite Posidonia/Sable
36.15384	33.44208	Posidonia	36.15369	33.44559	Limite Posidonia/Sable
36.15370	33.44216	Posidonia	36.15363	33.44571	Limite Posidonia/Sable
36.15360	33.44231	Posidonia	36.15362	33.44580	Limite Posidonia/Sable
36.15364	33.44237	Limite Posidonia/Sable	36.15355	33.44594	Limite Posidonia/Sable
36.15372	33.44249	Limite Posidonia/Sable	36.15350	33.44601	Limite Posidonia/Sable
36.15367	33.44259	Limite Posidonia/Sable	36.15354	33.44607	Limite Posidonia/Sable
36.15357	33.44262	Limite Posidonia/Sable	36.15366	33.44610	Limite Posidonia/Sable
36.15348	33.44253	Limite Posidonia/Sable	36.15380	33.44597	Limite Posidonia/Sable
36.15337	33.44248	Limite Posidonia/Sable	36.15382	33.44591	Limite Posidonia/Sable
36.15333	33.44258	Limite Posidonia/Sable	36.15397	33.44564	Limite Posidonia/Sable
36.15335	33.44271	Limite Posidonia/Sable	36.15406	33.44536	Limite Posidonia/Sable
36.15326	33.44279	Limite Posidonia/Sable	36.15408	33.44535	Limite Posidonia/Sable
36.15324	33.44290	Limite Posidonia/Sable	36.15364	33.44519	Limite Posidonia/Sable
36.15332	33.44296	Limite Posidonia/Sable	36.15319	33.44485	Limite Posidonia/Sable
36.15345	33.44297	Limite Posidonia/Sable	36.15308	33.44469	Limite Posidonia/Sable
36.15343	33.44312	Limite Posidonia/Sable	36.15305	33.44455	Limite Posidonia/Sable
36.15338	33.44323	Limite Posidonia/Sable	36.15298	33.44444	Limite Posidonia/Sable
36.15347	33.44327	Limite Posidonia/Sable	36.15294	33.44436	Limite Posidonia/Sable
36.15354	33.44339	Limite Posidonia/Sable	36.15287	33.44427	Limite Posidonia/Sable
36.15349	33.44355	Limite Posidonia/Sable	36.15282	33.44417	Limite Posidonia/Sable
36.15353	33.44363	Limite Posidonia/Sable	36.15271	33.44411	Limite Posidonia/Sable
36.15360	33.44370	Limite Posidonia/Sable	36.15266	33.44404	Limite Posidonia/Sable
36.15355	33.44383	Limite Posidonia/Sable	36.15253	33.44394	Limite Posidonia/Sable
36.15352	33.44391	Limite Posidonia/Sable	36.15250	33.44385	Limite Posidonia/Sable
36.15356	33.44398	Limite Posidonia/Sable	36.15247	33.44377	Limite Posidonia/Sable
36.15366	33.44385	Limite Posidonia/Sable	36.15246	33.44368	Limite Posidonia/Sable
36.15379	33.44376	Limite Posidonia/Sable	36.15245	33.44362	Limite Posidonia/Sable
36.15391	33.44370	Limite Posidonia/Sable	36.15241	33.44356	Limite Posidonia/Sable
36.15398	33.44364	Limite Posidonia/Sable	36.15235	33.44361	Limite Posidonia/Sable
36.15411	33.44367	Posidonia	36.15228	33.44357	Limite Posidonia/Sable
36.15418	33.44367	Limite Posidonia/Sable	36.15222	33.44350	Limite Posidonia/Sable
36.15423	33.44381	Limite Posidonia/Sable	36.15218	33.44335	Limite Posidonia/Sable
36.15415	33.44390	Limite Posidonia/Sable	36.15215	33.44317	Limite Posidonia/Sable
36.15427	33.44391	Limite Posidonia/Sable	36.15213	33.44309	Limite Posidonia/Sable
36.15432	33.44401	Limite Posidonia/Sable	36.15212	33.44299	Limite Posidonia/Sable
36.15428	33.44416	Limite Posidonia/Sable			

La cartographie des principaux peuplements et types de fonds fait apparaître que l'herbier à *Posidonia oceanica* occupe la partie centrale de la baie entre 5 et 14 m de profondeur ; des substrats meubles non végétalisés sont observés dans la partie superficielle de cette baie tandis que les substrats durs, recouverts de peuplements photophiles, sont présents en bordure du littoral (Figure 14). Leur extension dans la partie Nord-Est de la baie correspond à des galets apportés par un petit fleuve côtier.

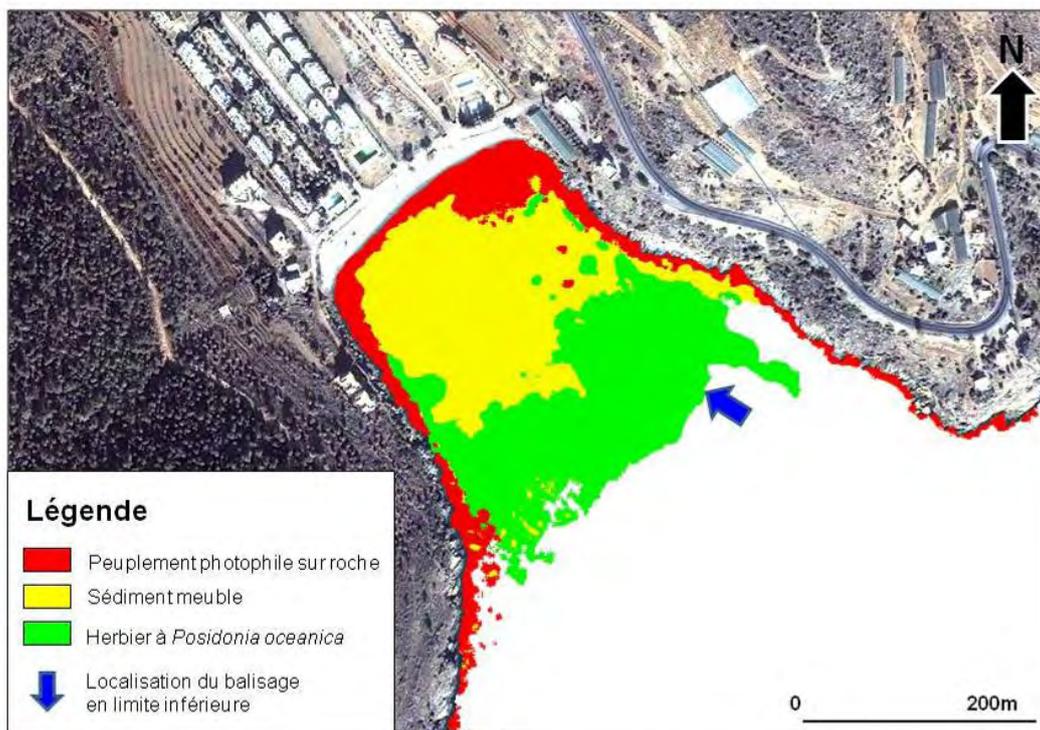


Figure 14: Cartographie des principaux peuplements et types de fonds de la baie de Babadil

5.2. Activités du projet dans la région de Gökçeada

5.2.1. Balisage de la limite inférieure de l'herbier

5.2.1.1. Objectifs

L'île de Gökçeada, et plus particulièrement une portion de son littoral Nord-Ouest, a été identifiée comme site potentiel pour la mise en place d'une aire marine protégée du fait d'une biodiversité très importante (Öztürk, 2003). D'autre part la découverte récente d'herbier de Posidonies dans la mer de Marmara (Meinesz *et al.*, *in press*) est de nature à remettre en question nos connaissances quant à la distribution de cette espèce dans ce secteur de Méditerranée. Enfin, l'impact éventuel du tourisme, en cours de développement sur cette île, mérite d'être évalué à travers la surveillance de la qualité du milieu littoral.

L'objectif de ce travail consiste à (i) dispenser une formation théorique et pratique sur les herbiers de Posidonies, (ii) réaliser une cartographie des herbiers superficiels sur un site atelier à partir d'images satellitaires, (iii) mettre en place un réseau de surveillance le long d'une limite inférieure représentative de ce secteur, selon le modèle du « Réseau de Surveillance Posidonies », validé dans plusieurs pays européens (Boudouresque *et al.*, 2000 ; Pergent *et al.*, 2005), et (v) évaluer la qualité environnementale de ce secteur à partir de la vitalité de ces herbiers, selon le protocole défini dans le cadre du programme INTERREG « Posidonia » (Pergent *et al.*, 2007 ; Romero *et al.*, 2007).

5.2.1.2. Déroulement de la mission

Date de mise en place du balisage: 24 juin 2008.
Observations scientifiques et prélèvements: 25 juin 2008.

5.2.1.3. Localisation du site

L'île de Gökçeada est située au débouché du détroit de Marmara, elle subit l'influence des masses d'eaux en provenance de la mer Noire, caractérisée par une faible salinité et des températures très

basses en hiver (Figure 15). Les coordonnées géographiques du balisage sont : 40° 14' 16.9'' de latitude Nord et 25° 54' 15.8'' de longitude Est. La profondeur du balisage est comprise entre 25.5 et 27.4 m.

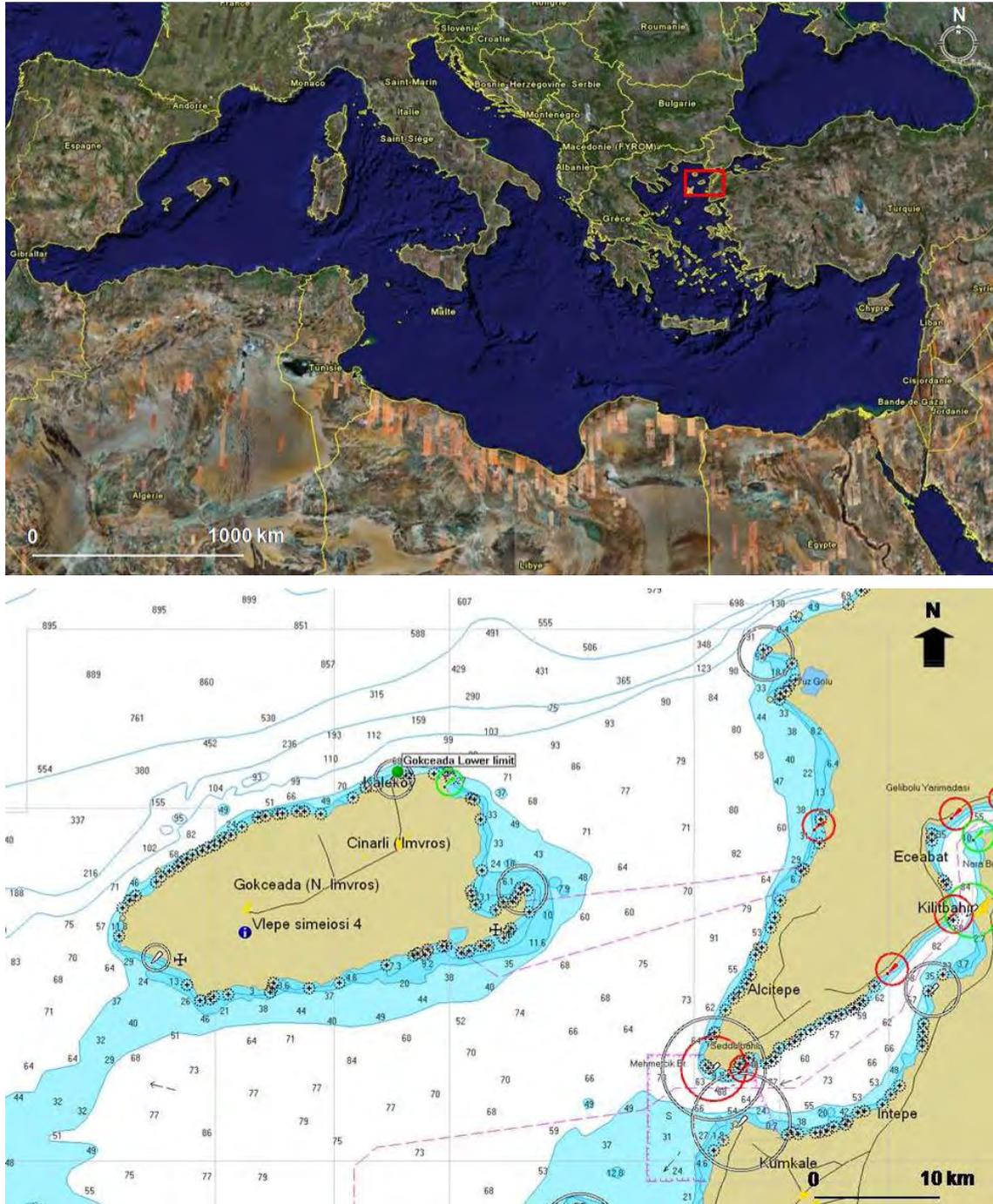


Figure 15: Localisation de l'île de Gökçeada

5.2.1.4. Mise en place des balises au niveau de la limite inférieure

La limite inférieure est mise en place sur la côte Nord de l'île de Gökçeada, à l'extérieur de la baie de Yıldız, à une distance d'environ 150 m du littoral. Cette limite, sur mat, est caractérisée par une pente forte et de nombreuses mattes mortes en direction du large (limite régressive). De nombreux rhizomes plagiotropes sont observés au niveau de la limite ce qui semblerait indiquer une amélioration de la transparence des eaux et une dynamique progressive de l'herbier. A l'Est du balisage des barres rocheuses sont observées et la limite se situe alors en arrière de ces barres. A

l'Ouest du balisage la présence de petits tombants de matre (limite érosive) témoigne d'un fort hydrodynamisme.

La profondeur (Tableau 8) et l'orientation entre les balises et entre les piquets photo et les balises (Tableau 9) sont précisément relevées.

Tableau 8: Profondeur des 11 balises le long de la limite inférieure de l'île de Gökceada

Balise	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Moyenne
Profondeur (m)	25.5	25.9	26.1	26.4	26.9	27.0	27.4	27.2	26.9	26.7	27.0	26.6

Tableau 9: Orientations de balise à balise et de piquet-photo à balise, en degrés, relevées le long de la limite inférieure de l'île de Gökceada

Balise	1⇒2	2⇒3	3⇒4	4⇒5	5⇒6	6⇒7	7⇒8	8⇒9	9⇒10	10⇒11
Angle (°)	290	285	300	280	330	290	275	260	275	300

Piquet balise	P1⇒B1	P2⇒B2	P3⇒B3	P4⇒B4	P5⇒B5	P6⇒B6	P7⇒B7	P8⇒B8	P9⇒B9	P10⇒B10	P11⇒B11
Angle (°)	210	190	165	170	175	210	170	160	155	205	210

L'assemblage des photographies verticales, réalisées en plongée, permet de caractériser la limite inférieure entre les balises. Un plan du balisage est effectué à partir des relevés ci-dessus (orientations) et des photographies verticales de la limite (Figure 16).

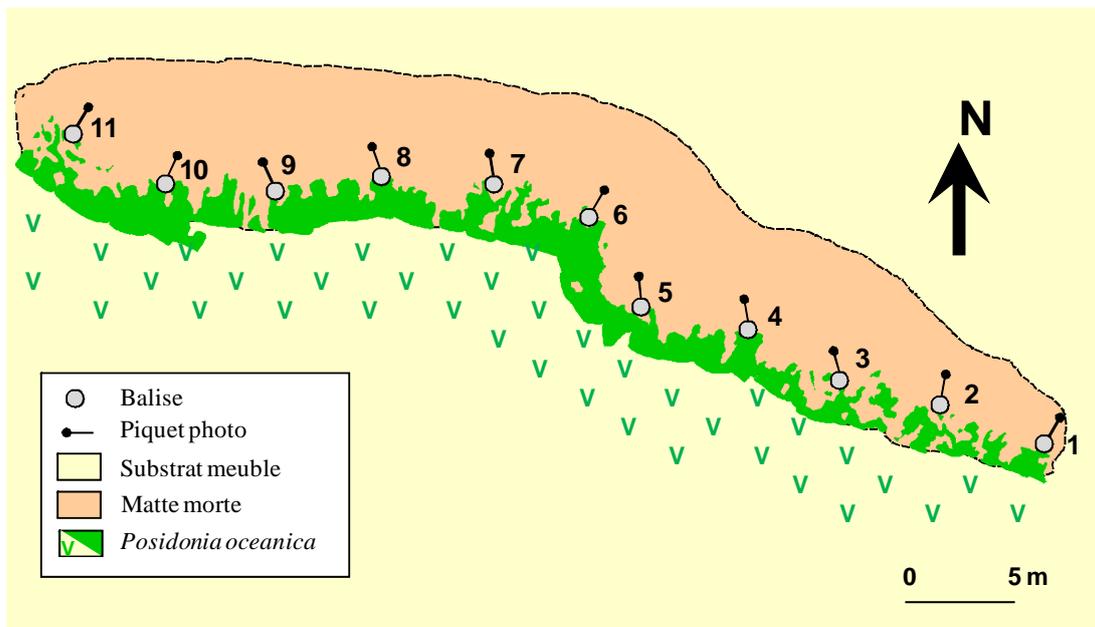


Figure 16: Plan du balisage de la limite inférieure de la baie de Yıldız (île de Gökceada)

Des photographies sous-marines horizontales de la limite de l'herbier à *Posidonia oceanica* sont réalisées, au niveau de chaque balise, pour disposer d'un état de référence le plus précis possible (Figure 17 ; 18 ; 19 et 20). Cette limite sur matre témoigne d'une extension passée de l'herbier plus profonde. Toutefois, la présence de nombreux rhizomes plagiotropes (cf. balise n°2) semblent indiquer une dynamique progressive qui méritera d'être confirmée dans l'avenir (Pergent *et al.*, 2005). La nature du sédiment qui recouvre la matre morte est un sable grossier même si des particules fines sont présentes. Des barres rocheuses de plusieurs mètres de hauteurs sont observées à l'Est du balisage avec une orientation Ouest-Est.

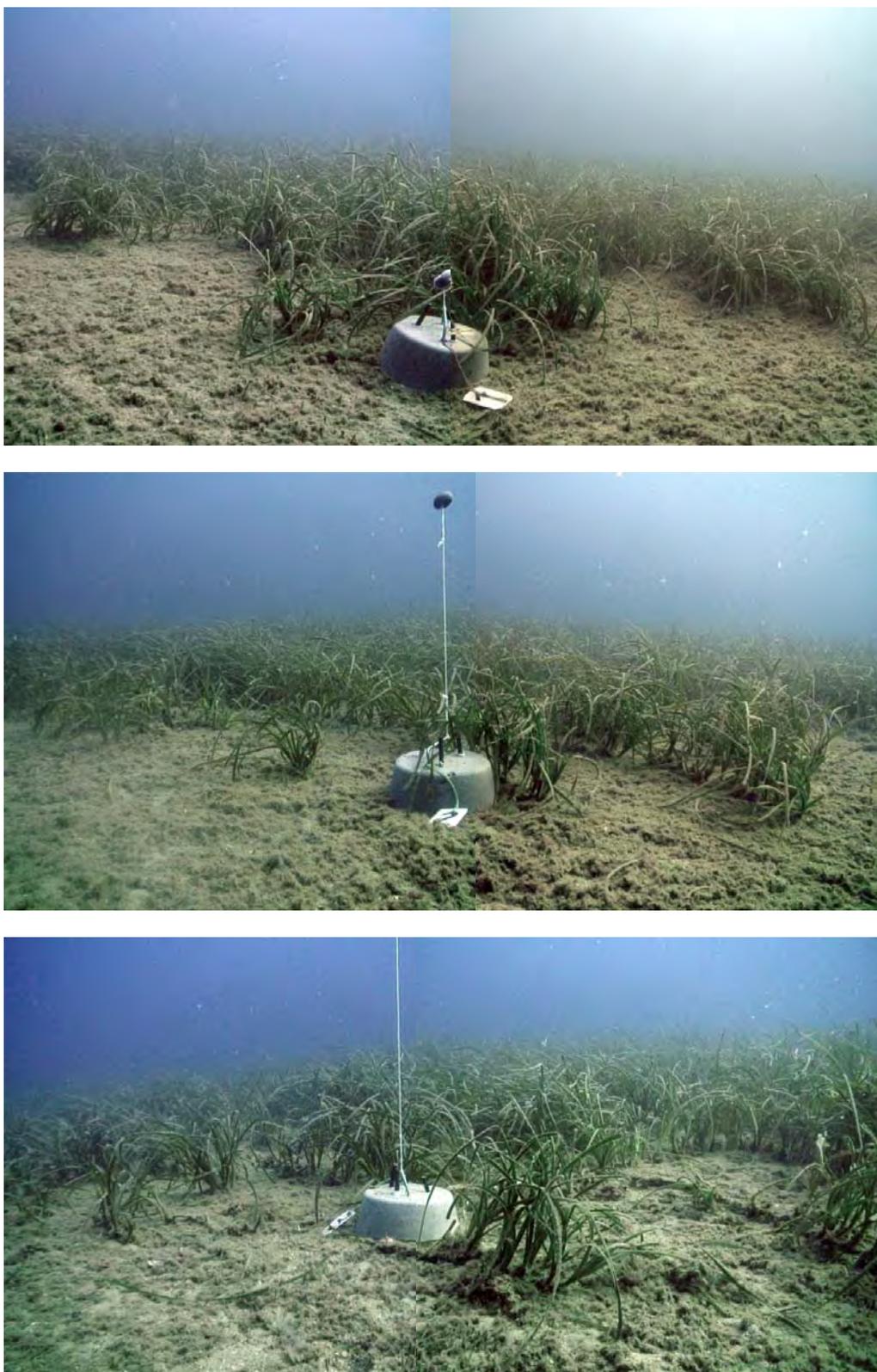


Figure 17: Herbier à *Posidonia oceanica*, en arrière des balises 1 à 3 le long de la limite inférieure de l'île de Gökçeada

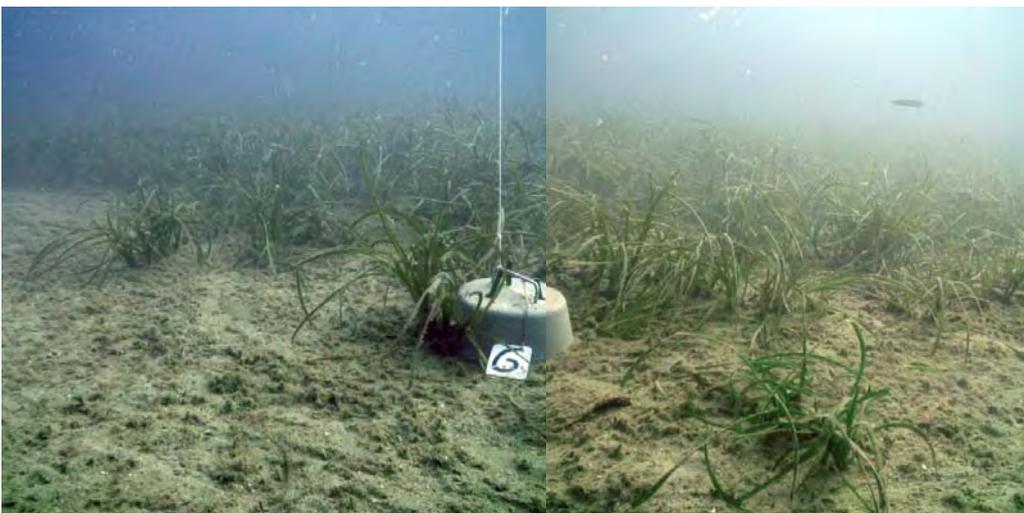
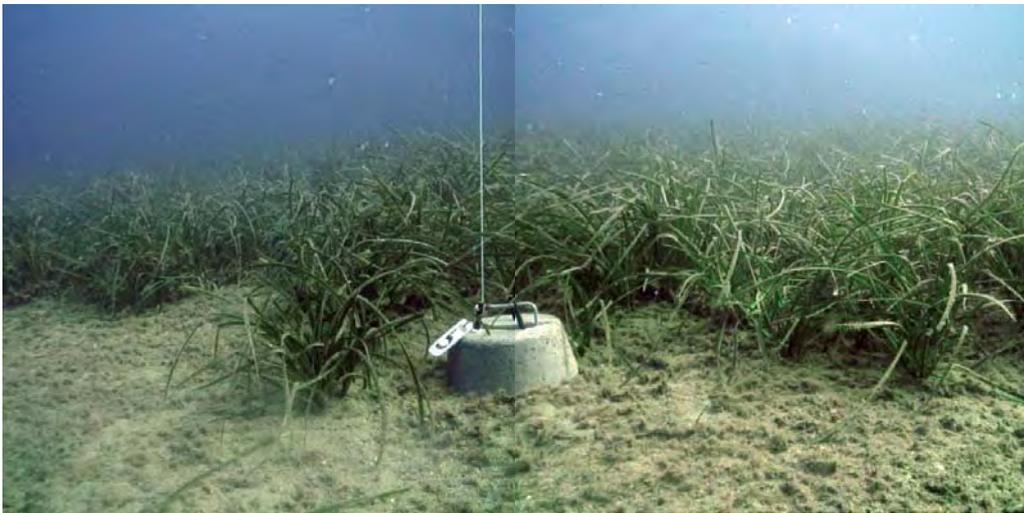


Figure 18 : Herhier à *Posidonia oceanica*, en arriere des balises 4 à 6 le long de la limite inférieure de l'île de Gökçeada

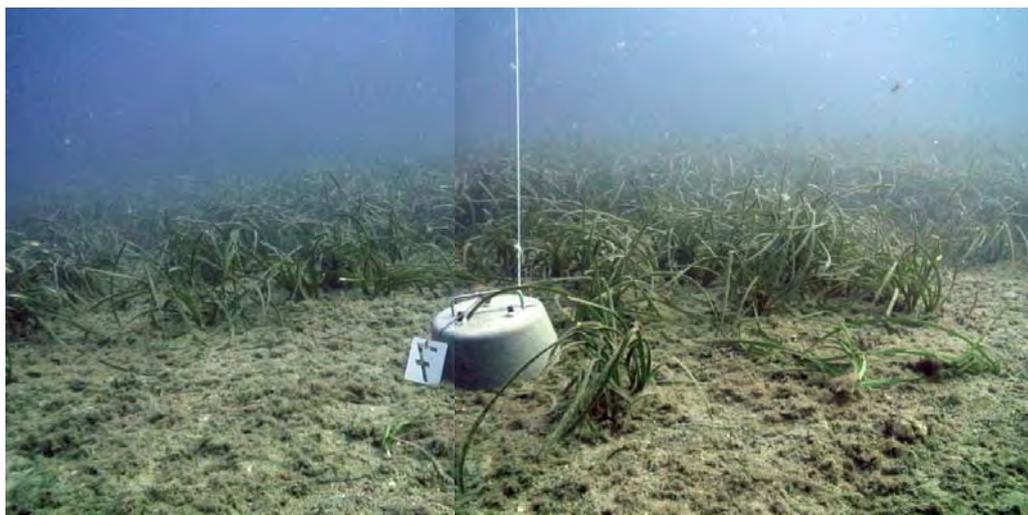


Figure 19: Herbier à *Posidonia oceanica*, en arrière des balises 7 à 9 le long de la limite inférieure de l'île de Gökçeada

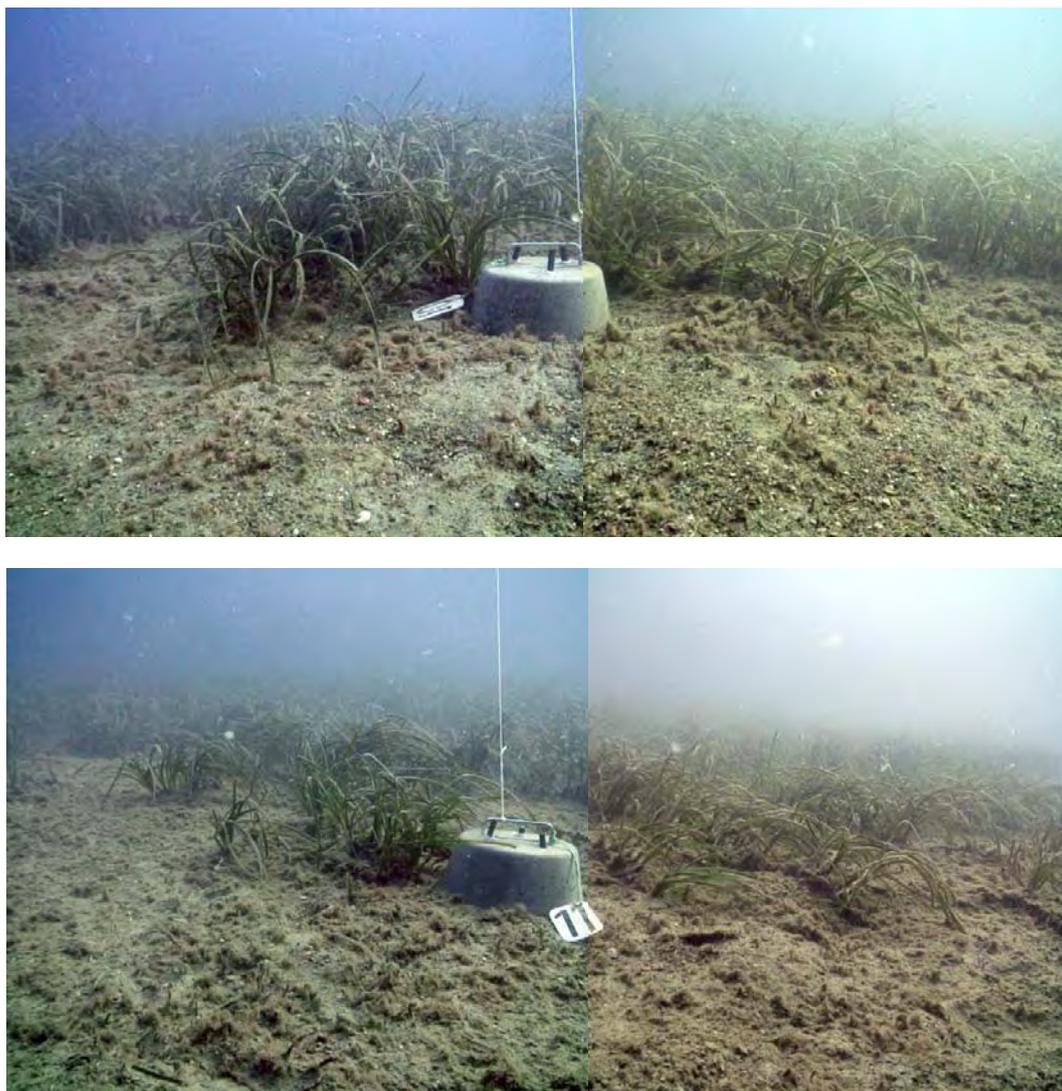


Figure 20: Herbier à *Posidonia oceanica*, en arrière des balises 10 et 11 le long de la limite inférieure de l'île de Gökçeada

5.2.2. Caractérisation de l'herbier au niveau de la limite inférieure

La densité de l'herbier est mesurée dans des quadrats de 20 cm de côté, la localisation des mesures (trois par balise) est précisément repérée à l'aide d'une grille (Tableau 10). Le recouvrement est estimé sur une surface d'un mètre carré en arrière de chaque balise à l'aide de prises de vues verticales, soit directement à partir des photographies verticales soit par l'intermédiaire d'une grille d'interprétation. A l'intérieur de chaque quadrat le pourcentage de rhizomes plagiotropes et le déchaussement sont estimés (Tableau 11).

Le recouvrement de l'herbier est élevé pour une limite inférieure (50.9 ± 9.7 % -moyenne \pm intervalle de confiance 95%). La densité est en moyenne de 77.3 ± 12.9 faisceaux.m⁻². Le déchaussement des faisceaux est modéré (4.3 ± 1.0 cm). Cet herbier présente une très forte proportion de rhizomes plagiotropes (80.4 ± 9.7 %).

Tableau 10: Evaluation de la densité de l'herbier au niveau du balisage de l'île de Gökçeada

Balise	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11		
Densité (quadrat)	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Balise en C2	1	4	3	3								4		6	5			4	2	3	2	2	3	4				1	2	5			
	2						3	3	1	1		3		3														3					
	3				4	1						4						5						4				2			3	1	4
Densité Moyenne	3.33			2.67			1.67			3.67			4.67			3.67			2.33			3.67			2.00			3.33			3.00		

Tableau 11: Paramètres caractéristiques de l'herbier au niveau du balisage de l'île de Gökçeada

Balise	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Recouvrement vidéo (%)	60	30	40	50	80	40	60	60	30	70	40
Densité (faisc.m ⁻²)	83.3	66.7	41.7	91.7	116.7	91.7	58.3	91.7	50.0	83.3	75.0
Rhiz. Plagiotrope (%)	70.0	62.5	60.0	100.0	64.3	63.6	100.0	100.0	83.3	90.0	88.9
Déchaussement (cm)	3	3	5	3	5	3	7	7	5	3	3

Les faisceaux récoltés au niveau de la limite inférieure font l'objet d'études phénologique (Tableau 12) et lépidochronologique (Tableau 13).

Tableau 12: Paramètres phénologiques de *Posidonia oceanica*, au niveau de la limite inférieure de l'île de Gökçeada (moyenne ± intervalle de confiance 95%)

	Adultes	Intermédiaires	Global (Ad+Int)
Nb moyen feuilles.faisc. ⁻¹	3.3 ± 0.6	2.4 ± 0.5	5.7 ± 0.9
Longueur moyenne (mm)	448.0 ± 52.6	527.0 ± 74.7	487.3 ± 65.3
Largeur moyenne (mm)	10.1 ± 0.3	9.3 ± 0.4	9.7 ± 0.4
Coefficient A (%.faisc. ⁻¹)	16.0 ± 10.3	10.0 ± 13.9	12.6 ± 9.9
Indice Foliaire (cm ² .faisc. ⁻¹)	140.9 ± 18.5	115.4 ± 23.4	256.3 ± 32.9
L.A.I. (m ² .m ⁻²)	1.0 ± 0.2	0.9 ± 0.2	1.9 ± 0.4

Tableau 13: Nombre d'écailles par cycle et vitesse de croissance des rhizomes, au niveau de la limite inférieure de l'île de Gökçeada (N : nombre de réplicats ; moyenne ± intervalle de confiance 95%)

Année lépidochronologique	N	Nombre d'écailles	Croissance des rhizomes (mm)
2007	10	6.4 ± 0.8	4.5 ± 1.0
2006	10	6.2 ± 1.0	6.2 ± 1.8
2005	6	6.2 ± 1.1	5.7 ± 1.4
2004	4	6.3 ± 1.4	5.3 ± 0.7

Le nombre de feuilles produites annuellement est en moyenne de 6.2 ± 1.0 et la vitesse de croissance des rhizomes de 5.4 ± 1.4 mm.an⁻¹.

L'analyse granulométrique du sédiment, prélevé à la balise 6, fournit un histogramme de fréquence « bimodal » (Figure 21). La taille moyenne du sédiment est de 1.41 mm (sable grossier). Ce sédiment est faiblement classé (So=3.53 mm) et peu trié ($\sigma_1=2.14 \phi$). Le classement est maximal du côté des particules grossières (SK=0.83). Le coefficient d'acuité (KG=0.72) indique un sédiment platykurtique. La teneur en matière organique mesurée, dans la fraction 0.063 mm, est très importante, elle est estimée à 15.15%.

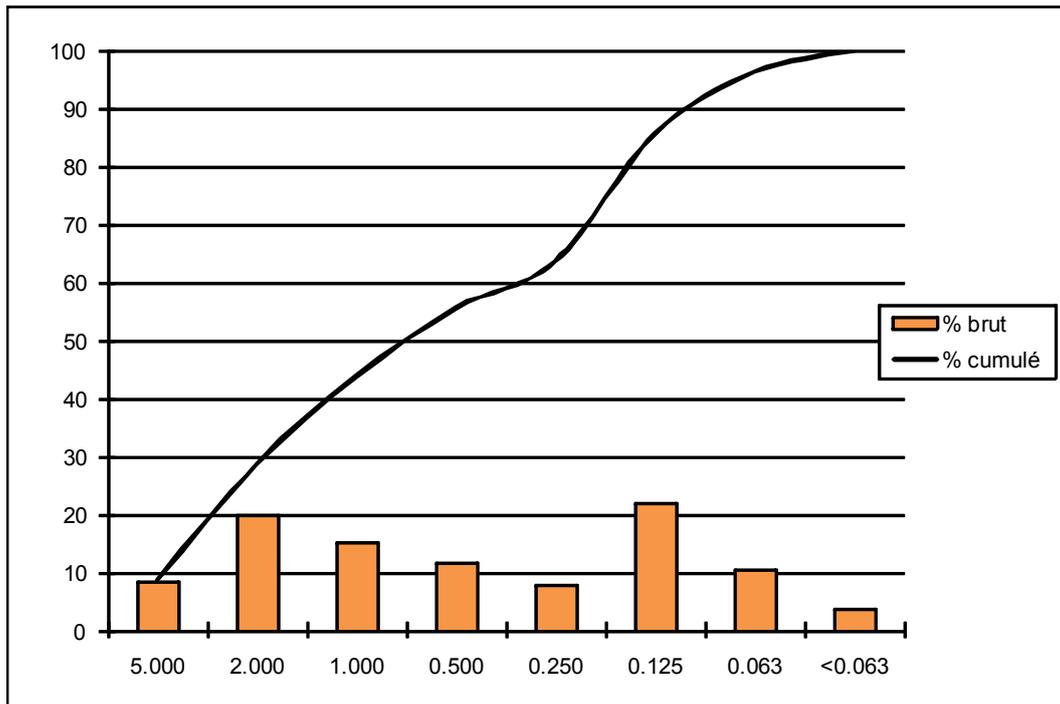


Figure 21: Caractérisation du sédiment (refus de tamis et indices granulométriques) au niveau de la limite inférieure de l'île de Gökçeada

5.2.2.1. Observations complémentaires

En avant de la limite inférieure de grandes étendues de mattes mortes sont observées (Figure 22). A une vingtaine de mètres à l'Est du balisage, des barres rocheuses présentent une diversité biologique importante (Figure 23 et 24) et servent aujourd'hui de limite à l'extension de l'herbier (Figure 25). La présence de mattes mortes au pied de ces barres rocheuses confirme l'extension bathymétrique plus importante de l'herbier dans le passé.



Figure 22: Mattes mortes de Posidonie en avant de la limite inférieure



Figure 23: *Parazoanthus axinellae* sur les barres rocheuses



Figure 24: Le nudibranche *Peltodoris atromaculata* sur les barres rocheuses



Figure 25: Mattes mortes au pied des barres rocheuses

5.2.2.2. Station de référence

Situé à la sortie de la petite baie de Yildiz, au Sud du balisage, ce site est caractérisé par un herbier représentatif de ce secteur. Les coordonnées géographiques du site sont: 40° 14' 12.96" de latitude Nord et 25° 54' 15.97" de longitude Est, et la profondeur est de 15.0 m ± 0.5 m. Les observations scientifiques et les prélèvements ont été effectués le 24 juin 2008.

L'herbier observé à la station de référence est un herbier de plaine, continu, qui se développe sur une pente relativement marquée. A l'Est de la station, plusieurs blocs de grande taille constituent une barre rocheuse parallèle au rivage. Plusieurs taches de sable (1 à 2 m²) sont observées au sein de l'herbier. Le substrat est constitué majoritairement de sable plus ou moins grossier.

Plusieurs mesures et prélèvements sont réalisés: recouvrement de l'herbier, densité, déchaussement des rhizomes, type de substrat (Tableau 14).

Tableau 14: Mesures réalisées *in situ* au niveau du site de référence de l'île de Gökçeada

		1			2			3			4		
Profondeur (m)		14.8			15.5			15.2			15.0		
Recouvrement (%)		80			90			80			90		
Densité (quadrat)		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Quadrats de 20 cm	1	4	9		8	12		5	8				
	2	5	12		7	6		5	13		8	5	
	3										7	13	
Densité quadrat (40 cm)		30			33			31			33		
Densité (faisc.m ⁻²)		187.5			206.3			193.8			206.3		
Rhiz. Plagiotrope (%)		16.7			15.2			32.3			15.2		
Déchaussement (cm)		7			6			5			5		
Substrat		Sable			Sable			Sable			Sable		

Cette station est caractérisée par un herbier continu, avec un recouvrement élevé (85 ± 5.7%) mais une densité relativement faible compte tenu de la profondeur (198.4 ± 9.2 faisc. m⁻²). Le pourcentage de faisceaux plagiotropes est important (26.2 ± 8.2%) pour un herbier continu et le déficit sédimentaire modéré avec un déchaussement des faisceaux de 5.8 ± 0.9 cm en moyenne.

Les faisceaux récoltés ont fait l'objet d'une analyse phénologique (n=11) et lépidochronologique (n=10) ; plusieurs indices phénologiques ont également été calculés (Tableau 15). Le nombre moyen de feuilles produites annuellement est de 5.8 ± 1.0 alors que la vitesse de croissance des rhizomes est estimée à 4.4 ± 1.2 mm par an.

Tableau 15: Composition et biométrie des faisceaux foliaires (moyenne ± intervalle de confiance) au niveau du site de référence de l'île de Gökçeada

	Adultes	Intermédiaires	Global (Ad + Int)
Nb moyen feuilles/faisc.	4.4 ± 0.3	2.2 ± 0.3	6.6 ± 0.4
Longueur moyenne (mm)	495.8 ± 23.1	528.0 ± 61.1	511.7 ± 45.6
Largeur moyenne (mm)	9.6 ± 0.2	8.7 ± 0.2	9.2 ± 0.3
Coefficient A (%/faisc)	52.9 ± 11.6	3.0 ± 4.4	36.3 ± 7.9
Indice Foliaire (cm ² /faisc)	207.5 ± 14.5	101.8 ± 14.8	309.2 ± 17.7
LAI (m ² /m ²)	3.9 ± 0.6	1.8 ± 0.4	5.7 ± 0.9

5.2.3. Cartographie de la limite supérieure de l'herbier

Une cartographie des principaux peuplements et types de fonds de la baie de Yildiz a été réalisée à partir d'une image Quickbird (résolution 0.6 m) et d'une image issue du logiciel Google Earth.

L'acquisition des données terrain est réalisée à l'aide de deux transects perpendiculaires à la baie (Tableau 16), de l'identification ponctuelle de secteurs caractéristiques (localisés par GPS) et par le suivi en plongée de la limite inférieure.

Tableau 16: Principaux peuplements et types de fonds identifiés le long des transects réalisés dans la baie de Yildiz

Transect 1 (Est→Ouest)		Transect 2 (Est→Ouest)	
Distance (m)	Type de fond	Distance	Type de fond
0 - 16.2	Roche	0 - 37.5	Roche
16.2 - 25.6	Eboulis + sable	37.5 - 43.6	Sable
25.6 - 31.6	Posidonia sur roche	43.6 - 75.1	Herbier continu
31.6 - 46.9	Herbier continu	75.1 - 92.8	Eboulis + sable
46.9 - 47.8	Sable	92.8 - 95.0	Sable
47.8 - 63.6	Eboulis + sable	95.0 - 109.9	Eboulis + sable
63.6 - 74.7	Posidonia sur roche	109.9 - 114.3	Posidonia sur roche
74.7 - 81.5	Herbier continu	114.3 - 134.7	Herbier continu
81.5 - 87.9	Posidonia sur roche	134.7 - 139.7	Posidonia sur roche
87.9 - 109.2	Roche	139.7 - 159	Roche

La cartographie des principaux peuplements et types de fonds fait apparaître une rivière de retour qui occupe la partie centrale de la baie (Figure 26). Elle est classiquement délimitée par un herbier à *Posidonia oceanica* tandis que les substrats rocheux, très étendus, sont localisés en bordure de littoral.

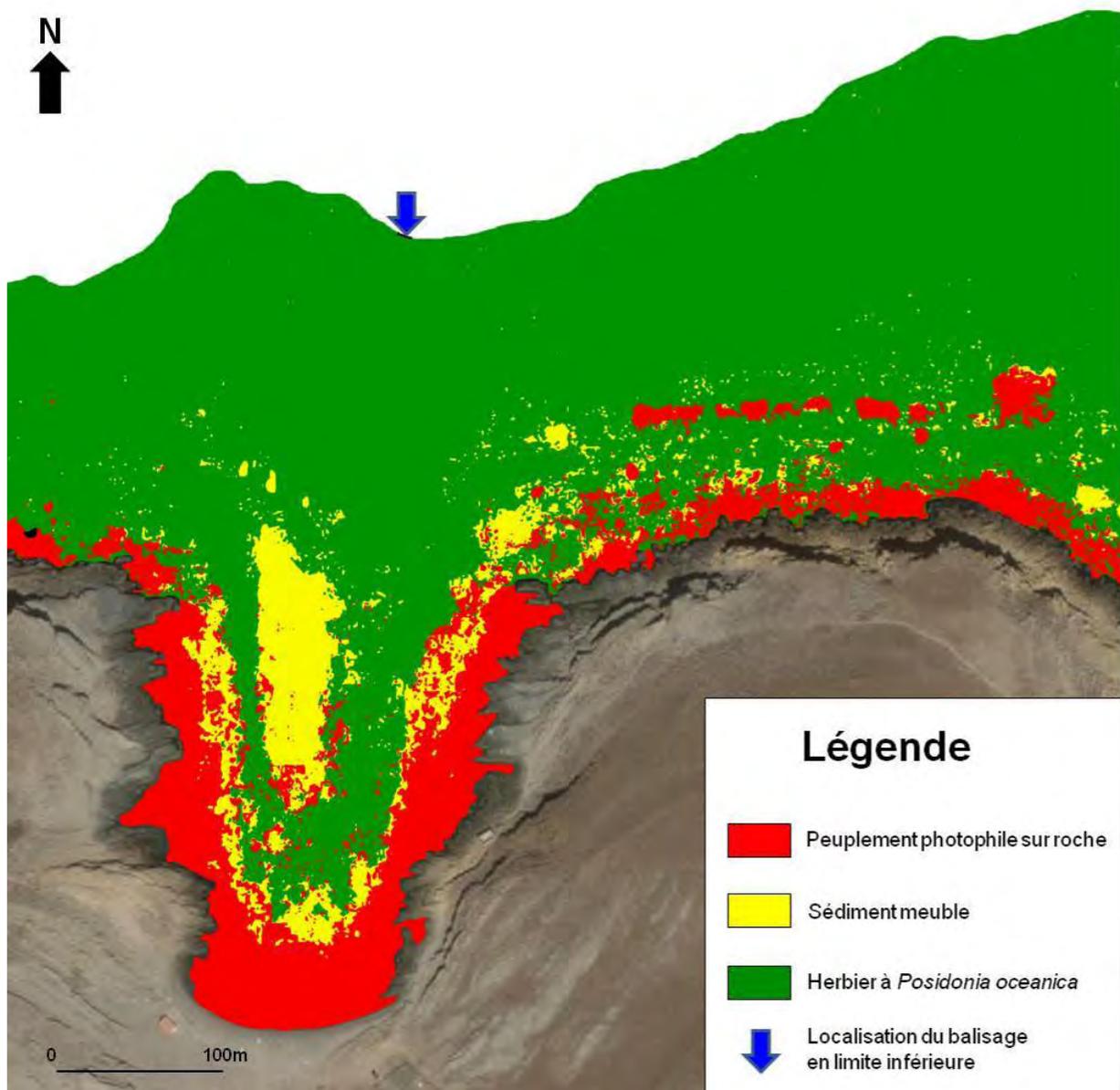


Figure 26: Cartographie des principaux peuplements et types de fonds de la baie de Yildiz

6. ACTIVITES DU PROJET EN LIBYE

Les activités du projet en Libye ont concerné les sites de Tripoli et Ain Al-Ghazala. Les actions développées dans ces sites sont les suivants :

Activités du projet dans la région de Tripoli :

- Cartographie de la limite supérieure de l'herbier de la région de Garaboulli
- Cartographie de la limite supérieure de l'herbier de la région de Tajura
- Cartographie de la limite supérieure de l'herbier de la région des Falaises de Tripoli.

Activités du projet dans la région de Ain Al-Ghazala :

- Relevé des limites, de la structure et des paramètres de l'herbier à *P. oceanica*
- Identification des habitats et de la structure des fonds qui apparaissent sur l'image satellite
- Cartographie d'un micro-atoll
- Espèces et habitats figurant sur l'Annexe II du Protocole ASP/DB
- Les espèces rares et nouvellement introduites dans la région.

6.1. Activités du projet dans la région de Tripoli

6.1.1. Cartographie de la limite supérieure

6.1.1.1. Objectifs

Dans le cadre de ce projet, les actions identifiées le long du littoral de la Libye concernent deux secteurs présentant des conditions environnementales très différentes: le littoral situé à proximité de la ville de Tripoli et le secteur de la lagune d'Ain Al-Ghazala (dans l'Est du pays). Compte tenu du peu d'informations disponibles concernant les herbiers libyens (Pergent *et al.*, 2002; Dupuy de la Grandrive, 2006 ; Pergent, 2007), il a été convenu, en concertation avec les partenaires libyens, que l'objectif principal de ces actions doit être de fournir des informations préliminaires sur ces deux sites et notamment (i) identifier et caractériser ces formations végétales dans ces deux secteurs, (ii) sensibiliser les autorités locales pour en assurer la conservation et (iii) assister la Libye pour la formation d'experts nationaux. Ces experts seront à même de participer efficacement à la mise en œuvre du Plan d'Action pour la Conservation de la Végétation Marine en Mer Méditerranée.

Le littoral situé à proximité de la ville de Tripoli a été identifié du fait de sa représentativité des herbiers de l'Ouest de la Libye avec une côte rectiligne directement exposée à l'hydrodynamisme, une absence de baie abritée et une alternance de substrats rocheux (pouvant localement constituer de petites falaises) et des plages de sable. Deux stations principales ont été identifiées en fonction de leur distance par rapport à la ville de Tripoli: Tajura, située en bordure de l'agglomération (à une dizaine de kilomètres à l'Est du port de Tripoli), et « Garaboulli » située également à l'Est de la ville de Tripoli mais à une trentaine de kilomètres dans un secteur peu anthropisé. Une troisième station « Falaise », située à une distance intermédiaire a fait l'objet d'observations ponctuelles compte tenu de sa structure particulière (herbiers tigrés).

L'objectif consiste à (i) rechercher la présence d'herbiers de magnoliophytes marines et notamment de Posidonies, (ii) caractériser ces herbiers (structure, vitalité) et (iii) sensibiliser les autorités locales (Environmental General Authority) et les utilisateurs du milieu littoral (club de plongée) de l'importance de ces formations et (iv) fournir des informations sur cet habitat prioritaire, à même d'être intégrées dans le Formulaire Standard de Données développé par le CAR/ASP (UNEP-MAP-RAC/SPA, 2002).

6.1.1.2. Déroulement de la mission

Le travail de terrain a été réalisé du 10 au 15 août 2008. Le report des données acquises et la localisation des stations inventoriées sur une image géoréférencée ont été effectués le 14 août 2008.

6.1.1.3. Cartographie de la limite supérieure des herbiers

Trois sites du littoral à l'Est de Tripoli ont fait l'objet d'une identification des principaux peuplements et types de fonds présents (Figure 27). L'herbier de Posidonies se développe essentiellement sur roche en bordure de littoral où il présente des structures particulièrement intéressantes (micro-atoll, récif

barrière et herbier tigré), une autre magnoliophyte marine (*Cymodocea nodosa*) est également présente.



Figure 27: Localisation des sites inventoriés (Google Earth)



Figure 28: Récif barrière de Posidonies dans la station « Garaboulli » (R. Dupuy de la Grandrive)



Figure 29: Herbier tigré dans la station « Falaises » (R. Dupuy de la Grandrive)

Au niveau de la station de «Garaboulli », deux types d'herbiers sont observés (Figure 30):

- Le premier se développe sur roche et constitue une ceinture littorale qui ne dépasse pas quelques dizaines de mètres d'extension vers le large. Dans les criques, il peut prendre l'aspect d'un récif barrière et se prolonger vers la plage par des herbiers de Cymodocées.
- Le second, également établi sur roche, est situé plus en profondeur au-delà d'une grande étendue de sédiment meuble d'environ 2 Km de large.

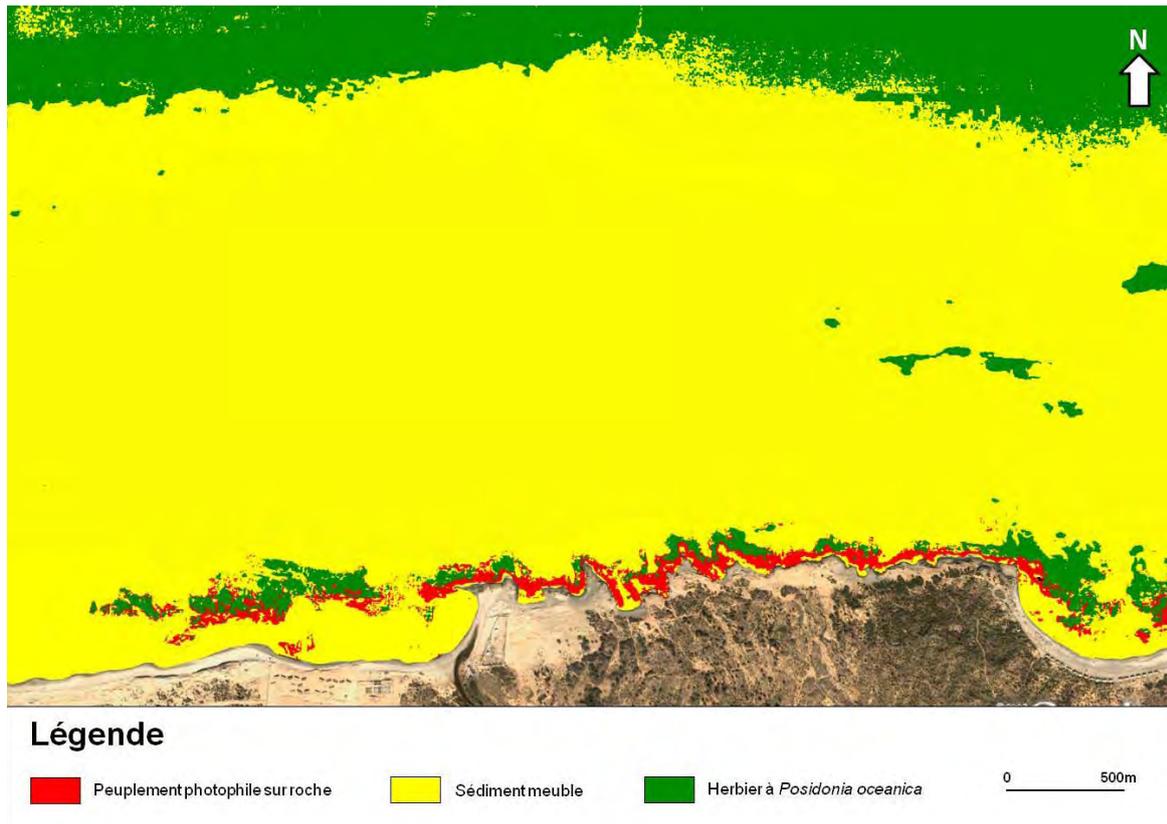


Figure 30: Cartographie des principaux peuplements au niveau de la limite supérieure du site de Garaboulli

La limite supérieure a été identifiée à 19 m de profondeur au niveau de la station de « Garaboulli », elle se développe sur roche et apparaît comme un herbier continu (Figure 31). Des mesures *in situ* (recouvrement, densité de l'herbier) et des prélèvements de sédiment et de faisceaux de Posidonies sont réalisés pour analyse. L'ichtyofaune est très riche et très diversifiée (*Apogon imberbis*, *Atherina hepsetus*, *Boops boops*, *Chelon labrosus*, *Chromis chromis*, *Ctenolabrus rupestris*, *Coris julis*, *Diplodus annularis*, *Diplodus vulgaris*, *Epinephelus costae - alexandrinus*, *Epinephelus marginatus*, *Labrus viridis*, *Labrus merula*, *Oblada melanura*, *Sparisoma cretense*, *Spicara maena*, *Dentex dentex*, *Siganus rivulatus*, *Serranus cabrilla*, *Serranus scriba*, *Symphodus ocellatus*, *Symphodus tinca*, *Thalassoma pavo*,...) (Figure 32). De nombreux invertébrés sont également observés.



Figure 31: Structure de l'herbier au niveau de la limite supérieure « Garaboulli » (G. Pergent)



Figure 32: Poissons perroquets dans l'herbier de Posidonies (G. Pergent)

Au niveau de la station «Tajura», la limite supérieure de l'herbier se situe à faible profondeur alors que la limite inférieure semble très éloignée de la côte; en effet, à une distance de 5 Km l'herbier est toujours présent, la profondeur n'est que de -21m (Figure 33).

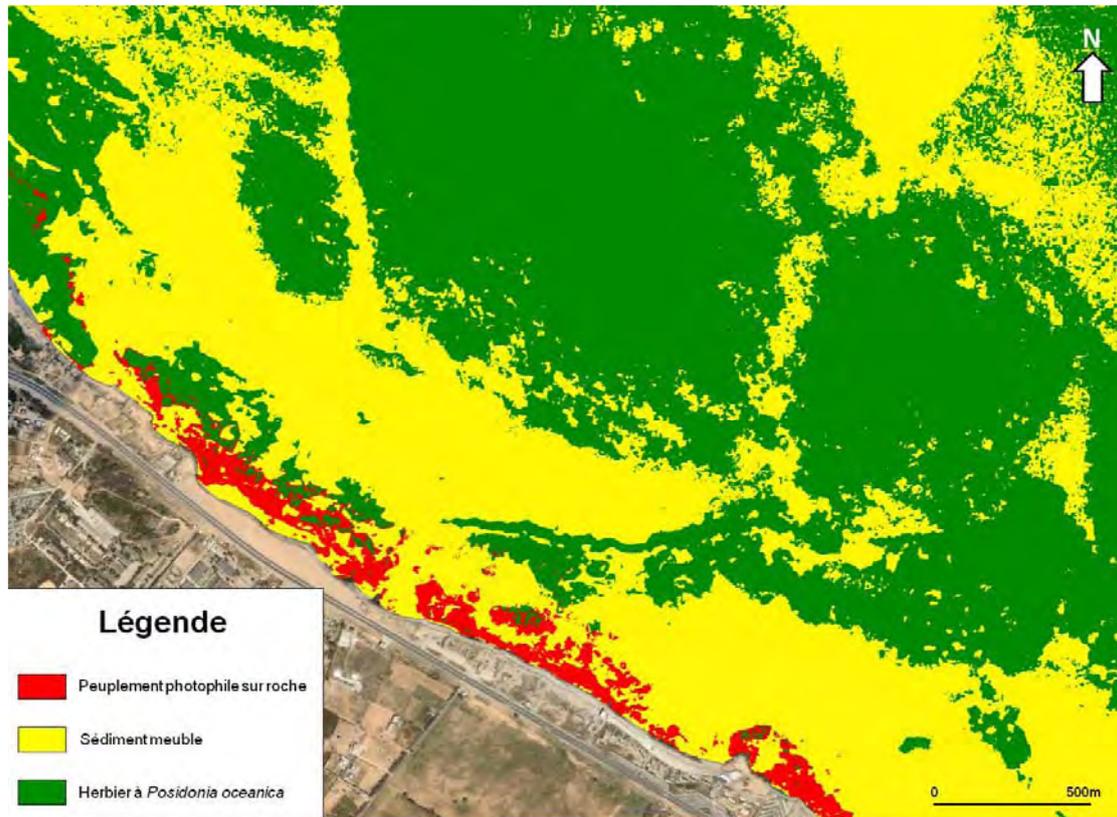


Figure 33: Cartographie des principaux peuplements au niveau de la limite supérieure du site de Tajura

Une plongée à une profondeur équivalente à celle effectuée à “Garaboulli” est réalisée afin d’évaluer la qualité de l’herbier (mesures *in situ*) et de prélever du sédiment et des faisceaux de Posidonies pour une analyse ultérieure. L’herbier, de type « colline » présente une vitalité élevée (Figure 34) mais l’ichtyofaune semble moins diversifiée même si un banc de Sériole (*Seriola dumerili*) est observé au niveau de la station (Figure 35). L’hydrodynamisme semble important (présence de ripple marks) et la transparence de l’eau très élevée.



Figure 34 : Herbier de colline à la station de Tajura (R. Dupuy de la Grandrive)



Figure 35 : Banc de Sérioles au niveau de la station de Tajura (N. Elhadi Hwass)

Entre les stations précédentes, une troisième station « Falaises » a fait l’objet d’une cartographie du fait de la structure particulière de l’herbier à *Posidonia oceanica* observé (Figure 32). En effet, il se présente sous forme d’un herbier tigré, mais alors que ce type d’herbier est généralement observé sur substrat meuble (Boudouresque *et al.*, 2006), il se développe ici sur un platier rocheux.

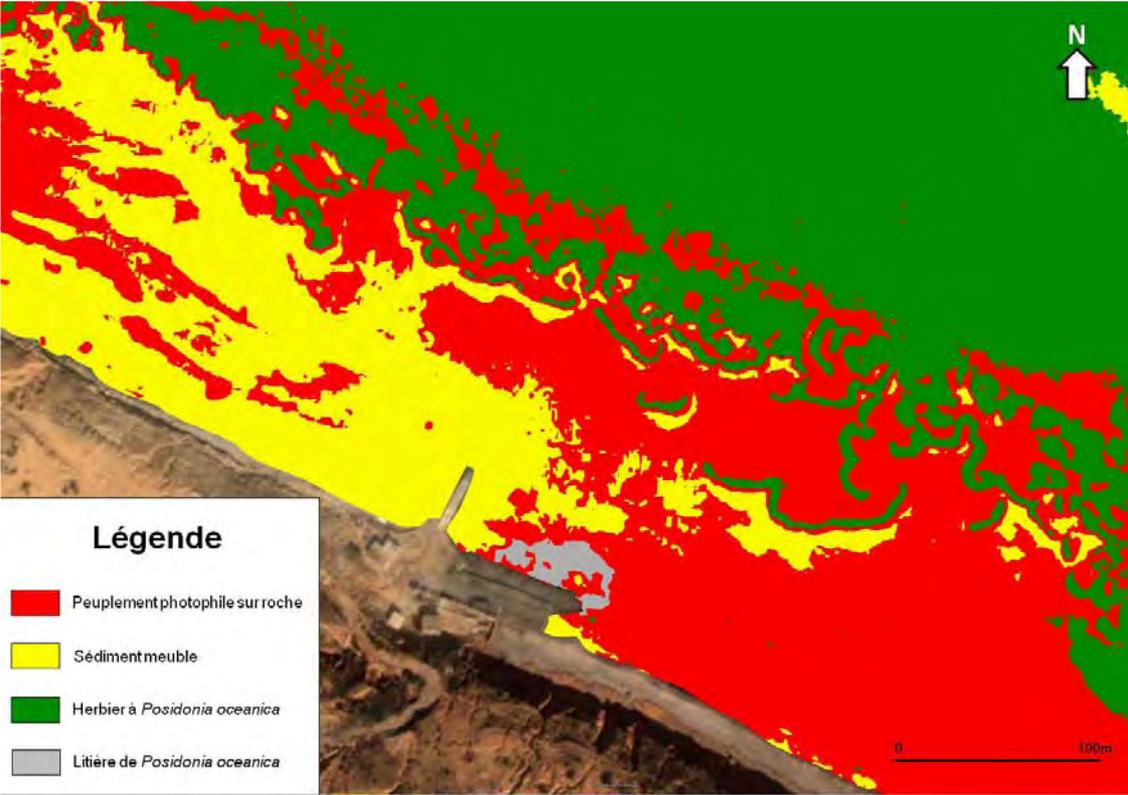


Figure 36 : Cartographie des principaux peuplements au niveau de la limite supérieure du site de Tajura



Figure 37 : Localisation des stations d'observation le long du littoral à l'Est d'Ain Al-Ghazala

6.2. Activités du projet dans la région d'Ain Al-Ghazala

Pour les activités du projet à Ain Al-Ghazala, les actions définies en collaboration avec les partenaires libyens, tiennent compte du faible nombre d'informations disponibles concernant les herbiers libyens (Pergent *et al.*, 2002; Dupuy de la Grandrive, 2006 ; Pergent *et al.*, 2007). Elles ont pour objectif :

- i. de localiser et caractériser ces formations végétales ;
- ii. de sensibiliser les autorités locales pour en assurer la conservation ;
- iii. d'assister la Libye pour la formation d'experts nationaux.

Il est à noter que les sites choisis en Libye pour les activités du projet présentent des niveaux d'anthropisation a priori différents, ont été identifiés et sélectionnés: le littoral situé à proximité de la ville de Tripoli (secteur anthropisé) et le secteur de la lagune d'Ain Al Ghazala, dans l'Est du pays (secteur faiblement anthropisé et pouvant servir de référence) (Figure 38).

Le secteur de Tripoli ayant fait l'objet d'une première mission menée en août 2008, la présente mission est consacrée au secteur d'Ain Al-Ghazala.



Figure 38 : Localisation de la lagune d'Ain Al-Ghazala

Déroulement de la mission

La mission a été réalisée du 14 au 19 août 2008.

Principaux résultats acquis :

Les relevés et/ou observations des fonds et des habitats ont été effectués dans un total de 24 stations réparties dans un périmètre d'environ 24 Km² (Figure 37). Différents aspects relatifs à la biodiversité et aux herbiers de la région figurent parmi les données acquises lors de cette mission. Nous présentons ici un aperçu préliminaire de ces résultats, que nous classons en fonction de la nature des données :

6.2.1. Relevé des limites, de la structure et des paramètres de l'herbier à *P. oceanica*

Nos relevés nous ont permis de reconnaître que le littoral situé à l'Est du débouché de la de la lagune d'Ain Al-Ghazala, est le siège d'un herbier à *P. oceanica* (Figures 37, 39, 41 et 42) relativement étendu qui se développe à partir de l'isobathe -7 m et s'étend au-delà de l'isobathe -34 m. Cet herbier est un herbier de colline, l'ensemble des collines couvrant 50 % du fond. Des prélèvements de rhizomes orthotropes ont été effectués afin de réaliser des analyses lépidochronologiques et phénologiques en vue de caractériser l'herbier. Ces prélèvements ont été complétés par des comptages de faisceaux pour évaluer la densité foliaire ainsi que par des prélèvements de substrat (Figure 40).



Figure 39: Herbier de colline
© Mathieu Foulquié 2008



Figure 40: Relevé de densités
© Mathieu Foulquié 2008



Figure 41: Rhizomes plagiotropes à 34m



Figure 42: Tombant de mat

6.2.2. Identification des habitats et de la structure des fonds qui apparaissent sur l'image satellite

En dehors des observations réalisées par plongée en scaphandre autonome, nous avons également procédé à des observations des fonds à partir de la surface et grâce à une lunette de calfat. Ces observations, complétées par des relevés de la profondeur, permettront l'interprétation des images satellites en vue d'établir une cartographie des fonds.

6.2.2.1. Cartographie d'un micro-atoll

Afin de compléter les observations réalisées en 2006, nous avons également procédé au relèvement par GPS des limites d'un herbier en micro-atoll se développant sur le platier situé au débouché de la lagune (Figures 43; 44 et 45).



Figures 43 & 44: Repérage du micro-atoll à l'aide d'un GPS



Figure 45: vue générale du micro-atoll

6.2.2.2 Espèces et habitats figurant sur l'Annexe II du Protocole ASP/BD

L'exploration du littoral a permis de reconnaître un trottoir à vermetes (*Dendropoma petraeum*) particulièrement étendu et bien conservé (Figures 46 et 47). Cette formation (Figure 49) a été localisée entre les points de coordonnées 32°11'9.10"N ; 23°24'16.10"E et 32°10'25.47"N ; 23°25'12.21"E, elle occupe un linéaire côtier d'environ 1800 m sur une largeur estimée entre 1 et 2 m (Figure 48).



Figure 46: Vu du Trottoir à Vermets



Figure 47: Algues dans une cuvette du Trottoir à Vermets



Figure 48 : Vue générale du Trottoir à Vermets

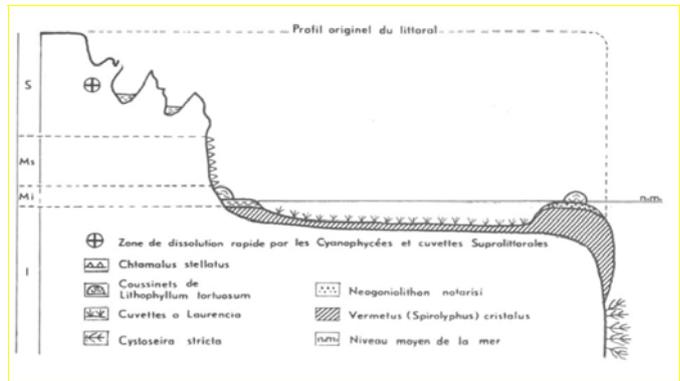


Figure 49 : Schéma du trottoir à Vermets d'après PERES & PICARD (1964)

6.2.2.3 Les espèces rares et nouvellement introduites dans la région

Nos relevés ont permis de reconnaître en association avec l'herbier à *P. oceanica*, la présence de plusieurs macrophytes nouvellement introduites dans la région. Ainsi nous noterons la présence :

- a. *Halophila stipulacea* (Forsskaal) Ascherson: elle apparaît au sein de l'herbier en colline où elle reste discrète avec un coefficient d'abondance relativement faible (5 à 10%). Bien que signalée beaucoup plus à l'Ouest, notamment dans le Golfe de Gabès (Tunisie) (Missaoui *et al.*, 2003) et jusqu'en Sicile (Italie) (Di Martino *et al.*, 2006), cette espèce n'a pas été observée au niveau du littoral de Tripoli lors de la précédente mission. L'observation de sa présence (Figure 50), quoique discrète, dans la région d'Ain Al-Ghazala, constitue donc un témoignage de sa présence sur les côtes libyennes et confirme l'extension de l'espèce le long du littoral sud-occidental de la Méditerranée, à partir du Canal de Suez.



Figure 50: *Halophila stipulacea*

- b. *Halimeda* sp.: nous avons également relevé à proximité de l'herbier de colline et dans les stations au-delà de 15 m, la présence de spécimens appartenant au genre *Halimeda* J.V. Lamouroux (et relativement différents de *H. tuna* (J. Ellis & Solander) J.V. Lamouroux qui est l'espèce connue de Méditerranée (Figure 51). Il semblerait donc que ces spécimens appartiennent à une espèce également introduite.



Figure 51: *Halimeda* sp

c. *Penicillus capitatus* Lammark: nous avons observé au niveau des stations au-delà de 15 m un grand nombre d'échantillons de cette algue qui s'y développe en abondance (Figure 52). L'observation de cette espèce à cette profondeur et sous cette forme avec une telle abondance est remarquable car elle est généralement citée en Méditerranée comme une espèce rare et occupant les stations superficielles (Boudouresque *et al.*, 1990).



Figure 52: *Penicillus capitatus*

7. ACTIVITES DU PROJET EN TUNISIE

Les activités du projet en Tunisie ont concernées les sites de Sidi Ali Mekki, la région d'El Kantaoui à Monastir et Kerkennah. Les actions développées dans ces sites sont les suivants :

Activités du projet dans la région de Sidi Ali El Mekki :

- Balisage de la limite supérieure de l'herbier
- Balisage de la limite inférieure de l'herbier
- Caractérisation de l'herbier au niveau de la limite inférieure
- Observations complémentaires
- Station de référence.

Activités du projet dans la région d'Hergla à Monastir :

- Cartographie de la limite supérieure de l'herbier d'Hergla.
- Cartographie de la limite supérieure de l'herbier entre Port El Kantaoui et Monastir
- Cartographie de la limite supérieure de l'herbier de la baie de Monastir.

Activités du projet dans la région de Kerkennah :

- Balisage de la limite inférieure de l'herbier (île de Gharbi)
- Caractérisation de l'herbier au niveau de la limite inférieure
- Observations complémentaires
- Station de référence
- Balisage limite de la supérieure de l'herbier (zone touristique).

7.1. Activités du projet dans la région de Sidi Ali Mekki

7.1.1. Balisage de la limite supérieure de l'herbier

7.1.1.1. Objectifs

Le site du littoral de Sidi Ali El Mekki revêt une importance particulière pour la Tunisie, car ce secteur s'intègre dans un projet de mise en place d'une aire spécialement protégée. L'herbier de Posidonies, qui se développe majoritairement sur substrat rocheux, est soumis à l'influence des masses d'eau en provenance du golfe de Tunis (incluant le delta de la Medjerda et la lagune de Ghar El Melh). Les pressions humaines sont toutefois très réduites au niveau du site lui-même.

7.1.1.2. Déroulement de la mission

Dates de mise en place: juillet 2008.

Observation scientifique et prélèvements: juillet 2008.

7.1.1.3. Mise en place des balises au niveau de la limite supérieure

L'identification des principaux peuplements et types de fonds présents sur l'image satellite Google Earth est réalisée à l'aide d'unseau de calfat et leur profondeur relevée de même que leur position par GPS (Figure 53). Toutefois, à l'exception de quelques taches « superficielles » sur roche (entre -3 et -7 m), la limite est identifiée est située plus profondément (entre -10 et -11 m).



Figure 53: Localisation de la limite supérieure de l'herbier de Posidonies le long du littoral de Sidi Ali El Mekki (Image Google Earth).

Cette limite supérieure de Posidonies est franche, elle fait suite à une grande étendue de sable en direction de la côte. En bordure de littoral plusieurs blocs rocheux (vraisemblablement tombés de la falaise) ainsi que de la roche en place sont couverts d'un peuplement photophile bien diversifié ainsi que par quelques touffes de Posidonies.

7.1.2. Balisage de la limite inférieure de l'herbier

7.1.2. 1. Objectifs

L'objectif de ce travail consiste à (i) localiser une limite inférieure représentative de ce secteur, (ii) mettre en place un réseau de surveillance, selon le modèle du « Réseau de Surveillance Posidonies », validé dans plusieurs pays européens (Boudouresque *et al.*, 2000 ; Pergent *et al.*, 2005), et (iii) évaluer la qualité environnementale de ce secteur à partir de la vitalité de ces herbiers, selon le protocole défini dans le cadre du programme INTERREG « Posidonia » (Pergent *et al.*, 2007 ; Romero *et al.*, 2007).

7.1.2.2. Déroulement de la mission

Dates de mise en place du balisage: 6 juin 2008
Observations scientifiques et prélèvements : 6 juin 2008

7.1.2.3. Localisation du site

Situé à l'extrémité Nord du golfe de Tunis, le long d'une côte rocheuse peu urbanisée, cette limite inférieure subit l'influence des masses d'eau du golfe de Tunis, du delta de la Medjerda et de la lagune de Ghar El Melh (Figure). Les coordonnées géographiques du balisage sont: 37° 11' 41.9" de latitude Nord et 10° 15' 51.7" de longitude Est. La profondeur du balisage est comprise entre 26.3 et 26.9 m.

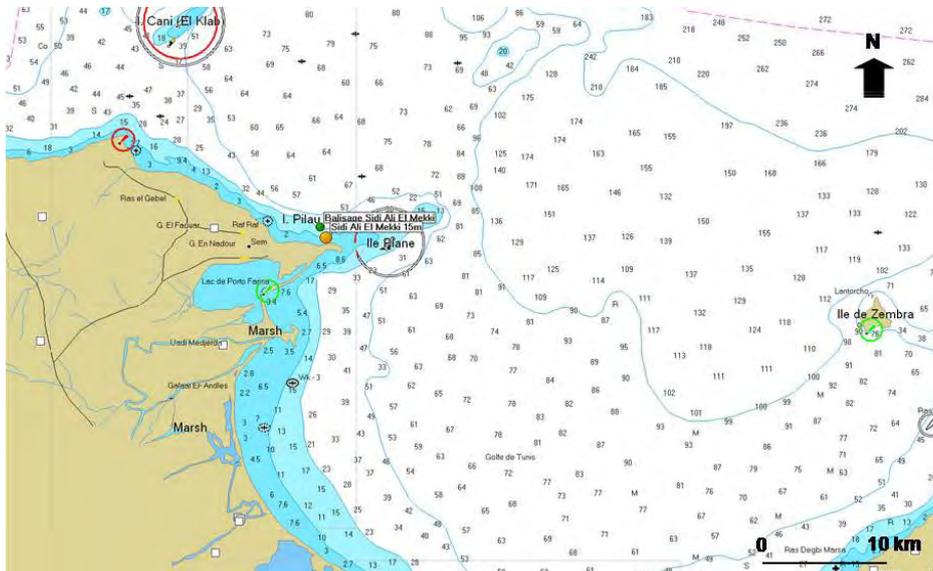


Figure 54: Localisation de la limite inférieure et du site de référence le long du littoral de Sidi Ali El Mekki

7.1.2.4. Mise en place des balises au niveau de la limite inférieure

La limite inférieure installée le long du littoral de Sidi Ali El Mekki se situe sur substrat rocheux ; la roche est généralement masquée par une couche de sédiment meuble d'épaisseur variable. La profondeur (Tableau 17) et l'orientation entre les balises et entre les piquets-photo et les balises (Tableau 18) sont précisément relevées.

Tableau 17 : Profondeur des 11 balises le long de la limite inférieure du littoral de Sidi Ali El Mekki

Balise	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Moyenne
Profondeur (m)	26.9	26.8	26.8	26.8	26.7	26.3	26.8	26.7	26.7	26.6	26.5	26.7

Tableau 18: Orientations de balise à balise et de piquet-photo à balise, en degrés, relevées le long de la limite inférieure du littoral de Sidi Ali El Mekki.

Balise	1⇨2	2⇨3	3⇨4	4⇨5	5⇨6	6⇨7	7⇨8	8⇨9	9⇨10	10⇨11
Angle (°)	215	270	270	240	250	240	200	260	210	200

Piquet balise	P1⇨B1	P2⇨B2	P3⇨B3	P4⇨B4	P5⇨B5	P6⇨B6	P7⇨B7
Angle (°)	160	160	170	180	170	150	140
Piquet balise	P8⇨B8	P9⇨B9	P10⇨B10	P11⇨B11			
Angle (°)	145	170	70	95			

L'assemblage des photographies verticales, réalisées en plongée, permet de caractériser la limite inférieure entre les balises (Figure 55). Un plan du balisage est effectué à partir des relevés ci-dessus (orientations) et des photographies verticales de la limite (Figure 56).

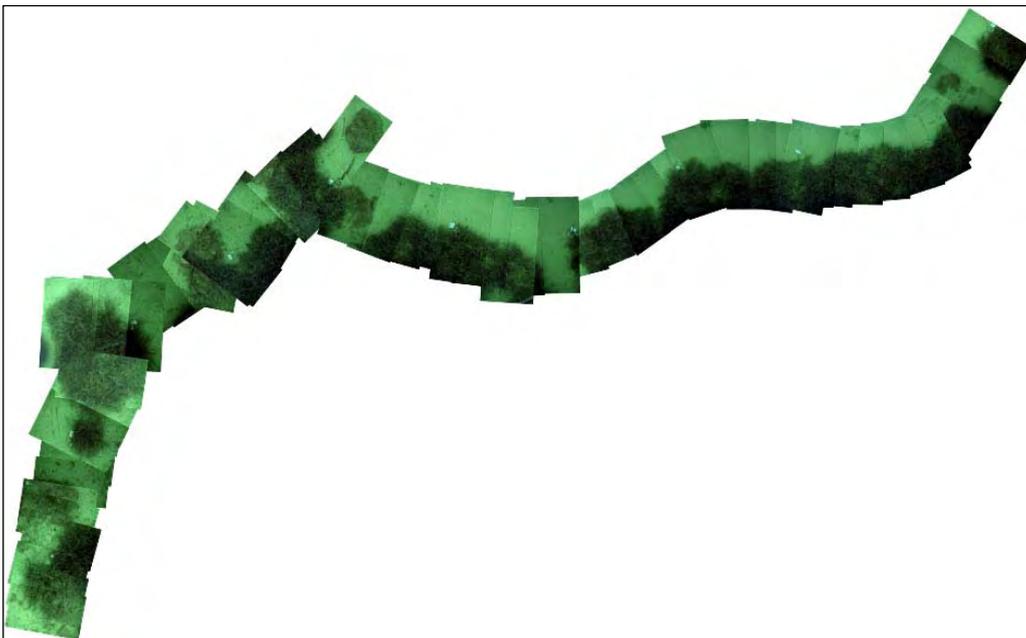


Figure 55 : Structure de la limite inférieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* du littoral de Sidi Ali El Mekki au niveau du balisage mis en place (prises de vues verticales)

Des photographies sous-marines horizontales de la limite de l'herbier à *Posidonia oceanica* sont réalisées, au niveau de chaque balise, pour disposer d'un état de référence le plus précis possible (Figures 57; 58; 59 et 60). Cette limite sur roche peut être qualifiée de « franche à fort recouvrement » même si localement la présence de rhizomes plagiotropes semblent indiquer une dynamique progressive (Pergent *et al.*, 2005). La nature du sédiment qui recouvre la roche sous-jacente (quelques centimètres à quelques dizaines de centimètres) est très variable, le sédiment fin à vaseux au début du balisage devient plus sableux puis très grossier, avec présence de débris rocheux à son extrémité. La présence d'affleurements rocheux importants modifie vraisemblablement l'hydrodynamisme dans ce secteur.

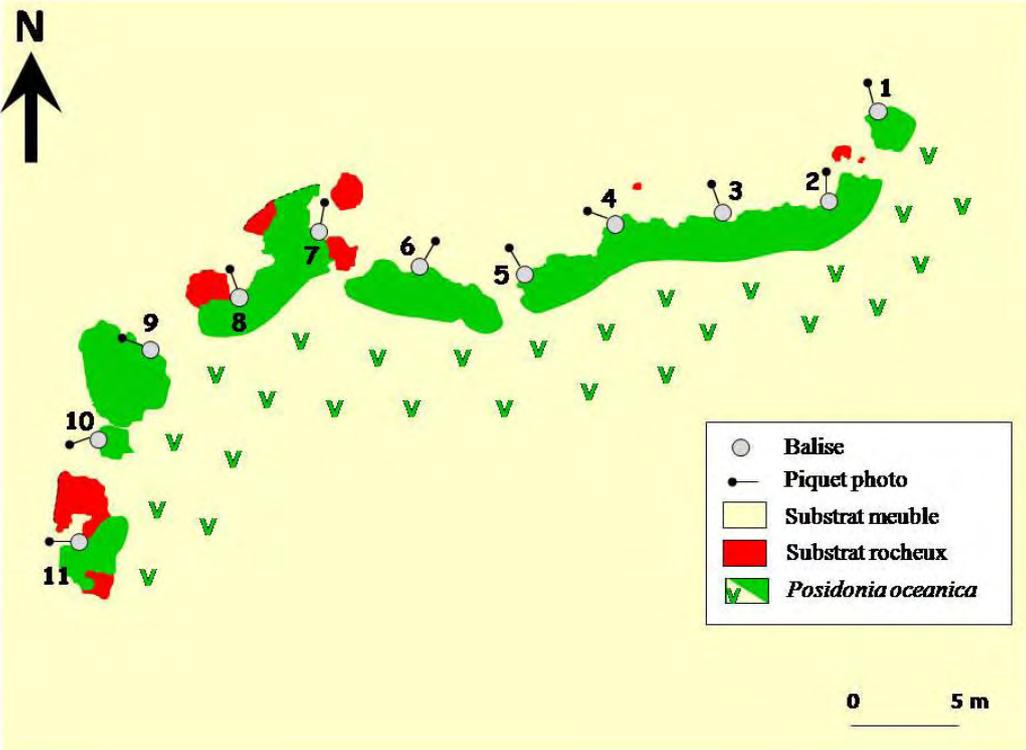


Figure 56: Plan du balisage de la limite inférieure de Sidi Ali El Mekki



Figure 57: Herbier à *Posidonia oceanica*, en arrière des balises 1 à 3 le long de la limite inférieure de Sidi Ali El Mekki

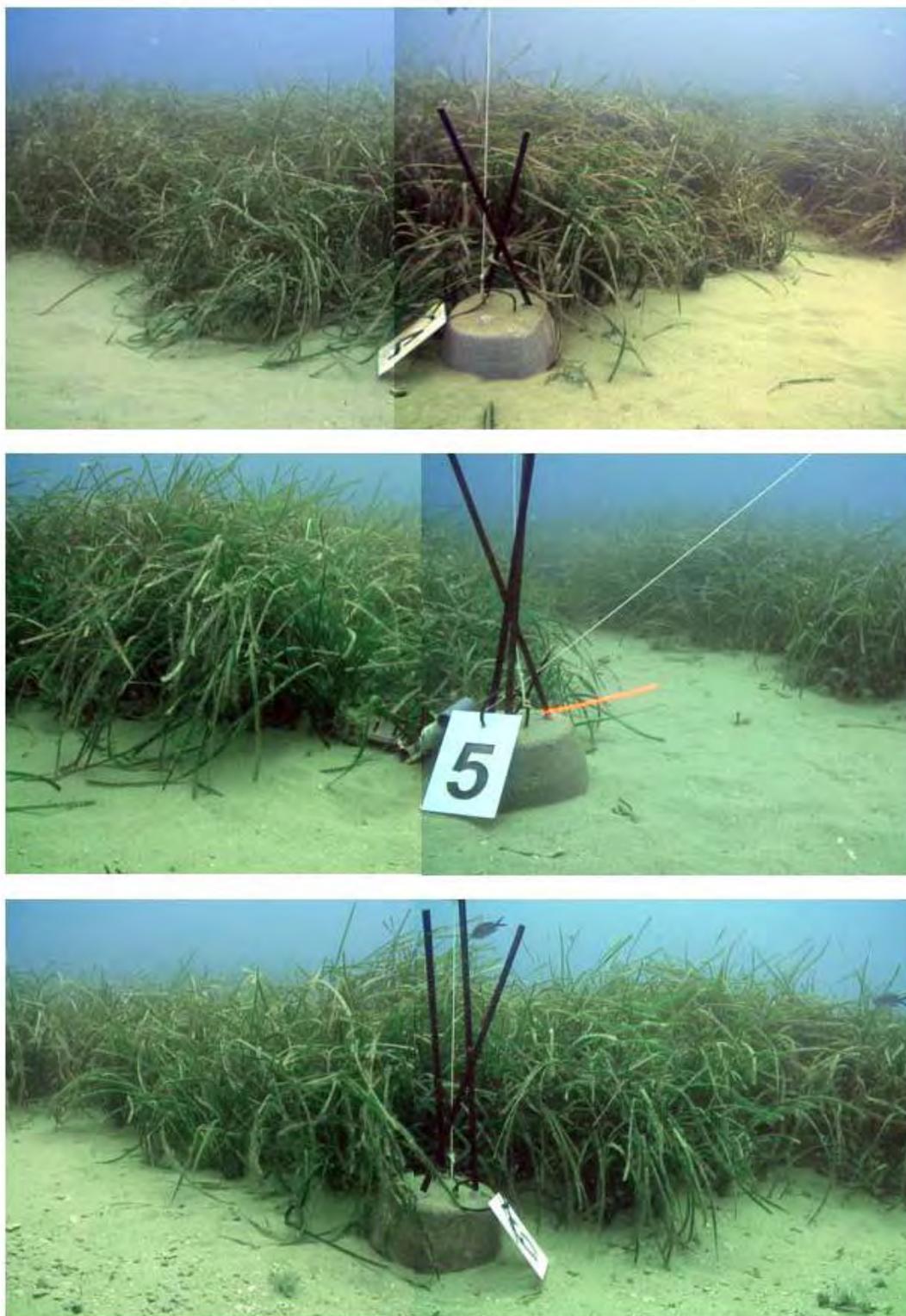


Figure 58: Herbier à *Posidonia oceanica*, en arrière des balises 4 à 6 le long de la limite inférieure de Sidi Ali El Mekki



Figure 59: Herbier à *Posidonia oceanica*, en arrière des balises 7 à 9 le long de la limite inférieure de Sidi Ali El Mekki



Figure 60: Herbier à *Posidonia oceanica*, en arrière des balises 10 et 11 le long de la limite inférieure de Sidi Ali El Mekki

7.1.3. Caractérisation de l'herbier au niveau de la limite inférieure

La densité de l'herbier est mesurée dans des quadrats de 20 cm de côté, comme pour le balisage des Kerkennah, la localisation des mesures (trois par balise) est précisément repérée à l'aide d'une grille (Tableau 19). Le recouvrement est estimé sur une surface d'un mètre carré en arrière de chaque balise à l'aide de prises de vues verticales, soit directement à partir des photographies verticales soit par l'intermédiaire d'une grille d'interprétation (Figure 61). A l'intérieur de chaque quadrat, le pourcentage de rhizomes plagiotropes et le déchaussement sont estimés (Tableau 19).

Le recouvrement de l'herbier est exceptionnel pour une limite inférieure (91.8 ± 5.1 % -moyenne \pm intervalle de confiance 95%). La densité est en moyenne de 154.5 ± 18.3 faisceaux.m⁻². Le déchaussement des faisceaux est très faible, certains apex sont même enfouis (balise 2). Cet herbier présente une faible proportion de rhizomes plagiotropes (11.8 ± 4.5 %).



Figure 61: Estimation directe (à gauche – 80 à 90%) et estimation à l'aide d'une grille d'interprétation (à droite – 86%) du recouvrement en arrière du balisage

Tableau 19: Paramètres caractéristiques de l'herbier au niveau du balisage de Sidi Ali El Mekki

Balise	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Recouvrement grille (%)	97	98	86	95	82	98	92	72	92	98	100
Densité (faisc.m ⁻²)	192	142	133	192	117	183	150	108	158	192	133
Rhiz. Plagiotrope (%)	30.4	5.9%	12.5	8.7	14.3	13.6	11.1	7.7	0.0	13.0	6.3
Déchaussement (cm)	2	-1	1	1	2	3	2	5	7	7	7

Les faisceaux récoltés au niveau de la limite inférieure font l'objet d'études phénologique (Tableau 20) et lépidochronologique (Tableau 21).

Tableau 20 : Paramètres phénologiques de *Posidonia oceanica*, au niveau de la limite inférieure de Sidi Ali El Mekki, (moyenne ± intervalle de confiance 95%).

	Adultes	Intermédiaires	Global (Ad.+Int.)
Nb moyen feuilles.faisc. ⁻¹	3.3 ± 0.4	2.0 ± 0.5	5.3 ± 0.7
Longueur moyenne (mm)	548.1 ± 47.3	591.0 ± 46.8	568.2 ± 47.2
Largeur moyenne (mm)	9.8 ± 0.2	9.1 ± 0.3	9.5 ± 0.3
Coefficient A (%.faisc. ⁻¹)	39.6 ± 10.2	0.0	26.9 ± 7.9
Indice Foliaire (cm ² .faisc. ⁻¹)	181.2 ± 28.7	119.4 ± 14.1	284.7 ± 37.4
L.A.I. (m ² .m ⁻²)	2.8 ± 0.4	1.9 ± 0.2	4.4 ± 0.6

Tableau 21 : Nombre d'écaillés par cycle et vitesse de croissance des rhizomes, au niveau de la limite inférieure de Sidi Ali El Mekki; N : nombre de réplicats, (moyenne ± intervalle de confiance 95%).

Année lépidochronologique	N	Nombre d'écaillés	Croissance des rhizomes (mm)
2007	10	8.2 ± 1.0	8.4 ± 6.1
2006	10	8.6 ± 0.5	5.7 ± 1.1
2005	10	7.2 ± 0.6	6.6 ± 0.7
2004	10	8.6 ± 0.9	6.3 ± 0.6
2003	10	8.7 ± 0.7	7.4 ± 1.4
2002	9	7.8 ± 0.6	8.8 ± 2.1
2001	9	9.0 ± 0.7	9.0 ± 1.7

Le nombre de feuilles produites annuellement est en moyenne de 9.0 ± 0.8 et la vitesse de croissance des rhizomes de 7.5 ± 2.5 mm.an⁻¹.

L'analyse granulométrique du sédiment, prélevé à la balise 6, fournit un histogramme de fréquence « unimodal » (Figure 61). La taille moyenne du sédiment est de 0.30 mm (sable moyen). Ce sédiment est bien classé (So=1.47 mm) et très bien trié ($\sigma_1 = -0.84 \phi$). Le classement est maximal du côté des particules grossières (SK=0.99). Le coefficient d'acuité (KG=1.15) indique un sédiment leptokurtique. La teneur en matière organique mesurée, dans la fraction 0.063 mm, est importante, elle est estimée à 4.5%.

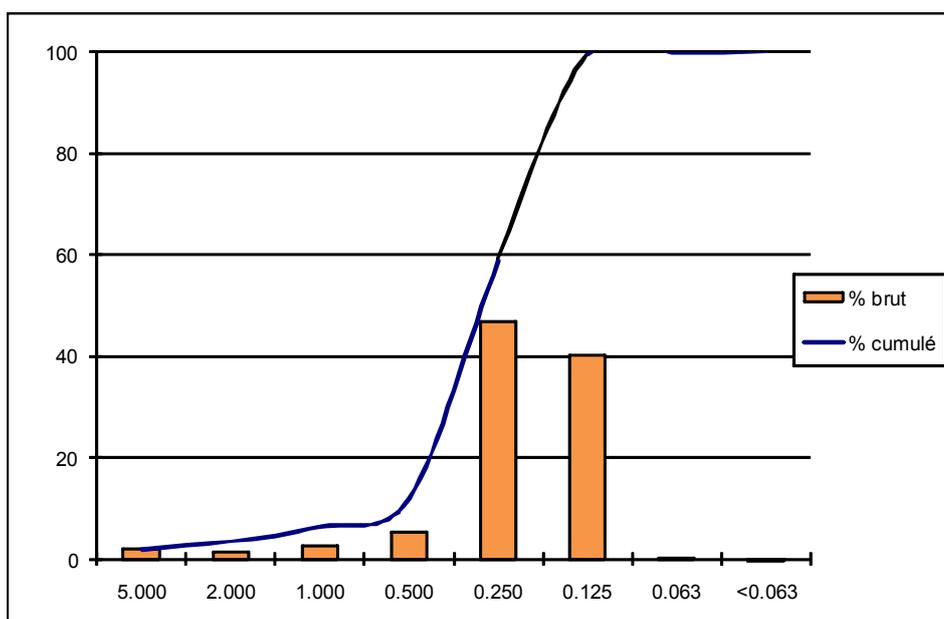


Figure 62: Caractérisation du sédiment (refus de tamis et indices granulométriques) au niveau de la limite inférieure de Sidi Ali El Mekki.

7.1.3.1. Observations complémentaires

En avant de la limite inférieure de l'herbier de Posidonies, une autre magnoliophyte marine, *Cymodocea nodosa*, est régulièrement observée ; elle se présente sous forme de rhizomes traçant sur le sédiment meuble entre 27 et 28 m de profondeur. Au niveau du balisage, la présence de grands blocs rocheux (1 à 5 m² et 1 m de hauteur), souvent recouverts de faisceaux de Posidonies (Figure 63) abritent des populations denses de sparidés (Figure 64). La chlorobionte *Penicillus capitatus* est également présente en avant de la limite inférieure.



Figure 63: Herbier de Posidonies sur roche.



Figure 64: Sparidés au niveau de la limite inférieure.

7.1.3.2. Station de référence

Situé à environ 1 Km au Sud du balisage et à 500 m de la côte, ce site est caractérisé par un herbier représentatif de ce secteur (Figure 54). Les coordonnées géographiques du site sont : 37° 11' 12.4" de latitude Nord et 10° 16' 9.6" de longitude Est, et la profondeur moyenne 14.5 m. Les observations scientifiques et les prélèvements ont été effectués le 6 juin 2008.

L'herbier étudié correspond à un herbier sur roche, avec localement la présence d'une petite matre en placage sur le rocher (10 à 20 cm d'épaisseur). Il présente une structure discontinue. La présence d'un sédiment très grossier et de nombreux fragments de roches et de galets suggère un fort hydrodynamisme dans tout le secteur. Cette hypothèse est confirmée par l'absence d'herbier en

dehors des substrats durs, si ce n'est dans quelques anfractuosités entre les blocs rocheux.

Plusieurs mesures et prélèvements sont réalisés : recouvrement de l'herbier par rapport au substrat (Tot) et au sein des taches d'herbier (HP), densité, déchaussement des rhizomes, type de substrat, espèces caractéristiques associées (Tableau 22).

Tableau 22: Mesures réalisées *in situ* au niveau du site de référence de Sidi Ali El Mekki

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Recouvrement Tot (%)	5	60	0	0	0	95	80	55	45	25
	95	0	0	0	30	30	95	55	50	
Recouvrement HP (%)	95	85	85	60	95	100	100	95	85	
Densité (Nb./Quadrat)	30	23	10	30	25	43	27	40	20	26
Densité (Nb./m ²)	750	575	250	750	625	1075	675	1000	500	650
Déchaussement (cm)	4	5	3	5	3	4	3	2	6	9

Le recouvrement de l'herbier est difficile à appréhender du fait de son caractère continu, sur l'ensemble du site il est estimé en moyenne à 38% mais il atteint 89% dans les taches d'herbier. La densité est en moyenne de 685.0 ± 146.1 faisceaux.m⁻². Le déchaussement des faisceaux est difficile à évaluer du fait du substrat sur le quel se développe cet herbier.

Les faisceaux récoltés ont fait l'objet d'une analyse phénologique (n=14) et lépidochronologique (n=10) ; plusieurs indices phénologiques ont également été calculés (Tableau 23). Le nombre moyen de feuilles produites annuellement est de 9.1 ± 0.8 alors que la vitesse de croissance des rhizomes est estimée à 6.4 ± 1.5 mm par an.

Cinquante feuilles adultes ont été conditionnées pour déterminer leur teneur en azote (CHN) et en contaminants métalliques afin d'estimer le niveau d'anthropisation.

Tableau 23 : Composition et biométrie des faisceaux foliaires (moyenne + intervalle de confiance) au niveau du site de référence de Sidi Ali El Mekki

	Adultes	Intermédiaires	Global (Ad + Int)
Nb moyen feuilles/faisc.	3.1 ± 0.3	2.2 ± 0.2	5.4 ± 0.4
Longueur moyenne (mm)	615.6 ± 56.2	685.0 ± 69.8	650.4 ± 64.1
Largeur moyenne (mm)	10.4 ± 0.3	9.9 ± 0.3	10.1 ± 0.3
Coefficient A (%/faisc.)	76.2 ± 10.0	9.5 ± 8.5	48.3 ± 6.4
Indice Foliaire (cm²/faisc.)	202.2 ± 26.9	146.6 ± 13.3	348.8 ± 28.1
LAI (m².m⁻²)	9.1 ± 3.4	6.1 ± 2.2	15.2 ± 5.4

7.1.4. Cartographie par sonar latéral

La cartographie de l'herbier de posidonie par sonar latéral a été effectuée du 22 au 30 avril 2008. Les cartes du fond marin figurent à l'Annexe 3 du présent rapport.

7.2. Activités du projet dans la région d'Hergla à Monastir

7.2.1. Cartographie de la limite supérieure de l'herbier d'Hergla

Objectif

Le site d'Hergla, et plus particulièrement le littoral situé au Nord du village a été retenu par les autorités tunisiennes, car il fait l'objet de grands projets d'aménagement, tant au niveau des infrastructures (construction d'un port et d'un aéroport) que du développement touristique (complexes hôteliers). Afin d'évaluer l'impact éventuel de ces futurs aménagements en bordure du littoral, et plus particulièrement sur l'herbier de Posidonies, un « état de référence » de la limite supérieure de cet herbier a été réalisé.

L'absence d'images satellites ou aériennes de bonne qualité ne permet pas de réaliser une cartographie des différents peuplements et types de fonds présents sur le secteur d'étude. Aussi, l'objectif de cette mission, consiste à (i) rechercher la limite supérieure de l'herbier de Posidonies, (ii) cartographier la position de cette limite sur plusieurs centaines de mètres à l'aide d'un GPS (Global Positioning System) et (iii) reporter ces informations sur des images géoréférencées du secteur (Google Earth).

Déroulement de la mission

Le travail terrain a été réalisé le 10 avril 2008. Le report des données acquises et la localisation des stations inventoriées sur une image géoréférencée ont été effectués le 11 avril 2008.

Travail de terrain

La limite supérieure de l'herbier de Posidonies est recherchée à l'aide d'un seau de calfat. Toutefois, à l'exception de quelques taches « superficielles » (entre -8 et -10 m), sur roche, la limite est identifiée plus profondément (entre -12 et -16 m). D'autre part, son tracé à proximité du village d'Hergla est irrégulier (présence de grandes taches ne constituant pas de véritable limite) ce qui nécessite de poursuivre les investigations plus au Nord. La limite franche alors identifiée est suivie et localisée sur près de 3 Km et 130 points sont enregistrés le long de cette limite (Figure 65).



Figure 65: Localisation de la limite supérieure de l'herbier de Posidonies au Nord d'Hergla ; la limite franche correspond aux points reportés dans la partie supérieure de l'image (Image Google Earth)

Cette limite est caractérisée par la présence d'un d'herbier sur matre (pouvant atteindre plus d'un mètre de hauteur) en limite d'un fond sableux homogène peu ou pas végétalisé. Des accumulations d'aegagropiles et de nombreuses chlorobiontes (*Penicillus capitatus*) sont également observées dans

les dépressions de la matre (chenaux intermatte, marmites ; Figures 66 et 67).

Deux plongées sont réalisées dans deux secteurs caractéristiques afin de confirmer la structure de la limite, identifier les principaux peuplements présents et réaliser des prises de vues (Figures 68 et 69).



Figure 66 : Accumulation d'aegagropiles en avant de la limite supérieure de l'herbier de Posidonies (G. Pergent)



Figure 67 : La chlorobiontes *Penicillus capitatus* dans les intermattes de l'herbier de Posidonies (G. Pergent)



Figure 68: Structure de la limite supérieure de l'herbier de Posidonies au Nord d'Hergla (G. Pergent)



Figure 69: L'herbier de Posidonies en arrière de la limite supérieure au Nord d'Hergla (G. Pergent)

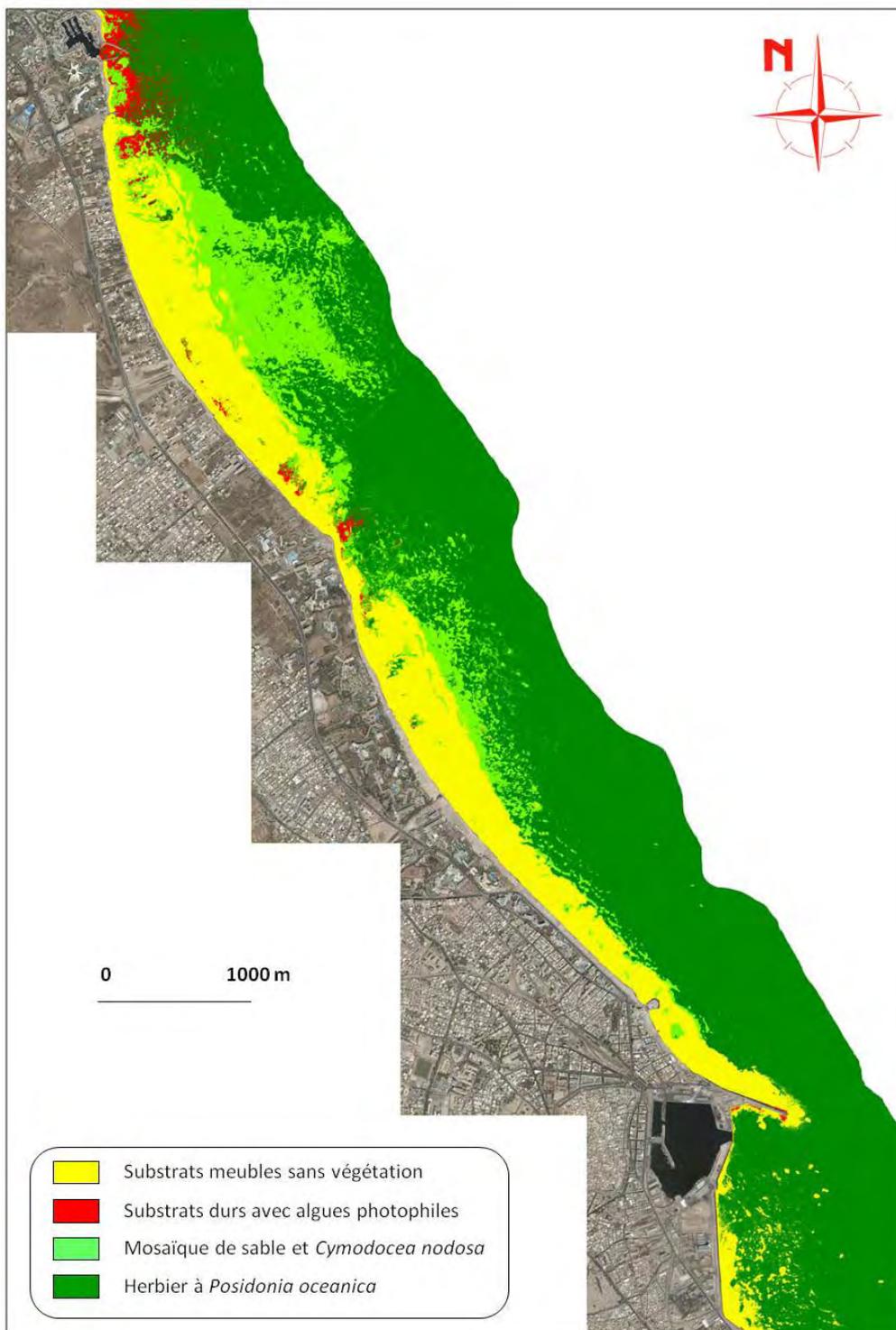


Figure 70: Cartographie des principaux peuplements et types de fonds entre Port El Kantaoui et Sousse

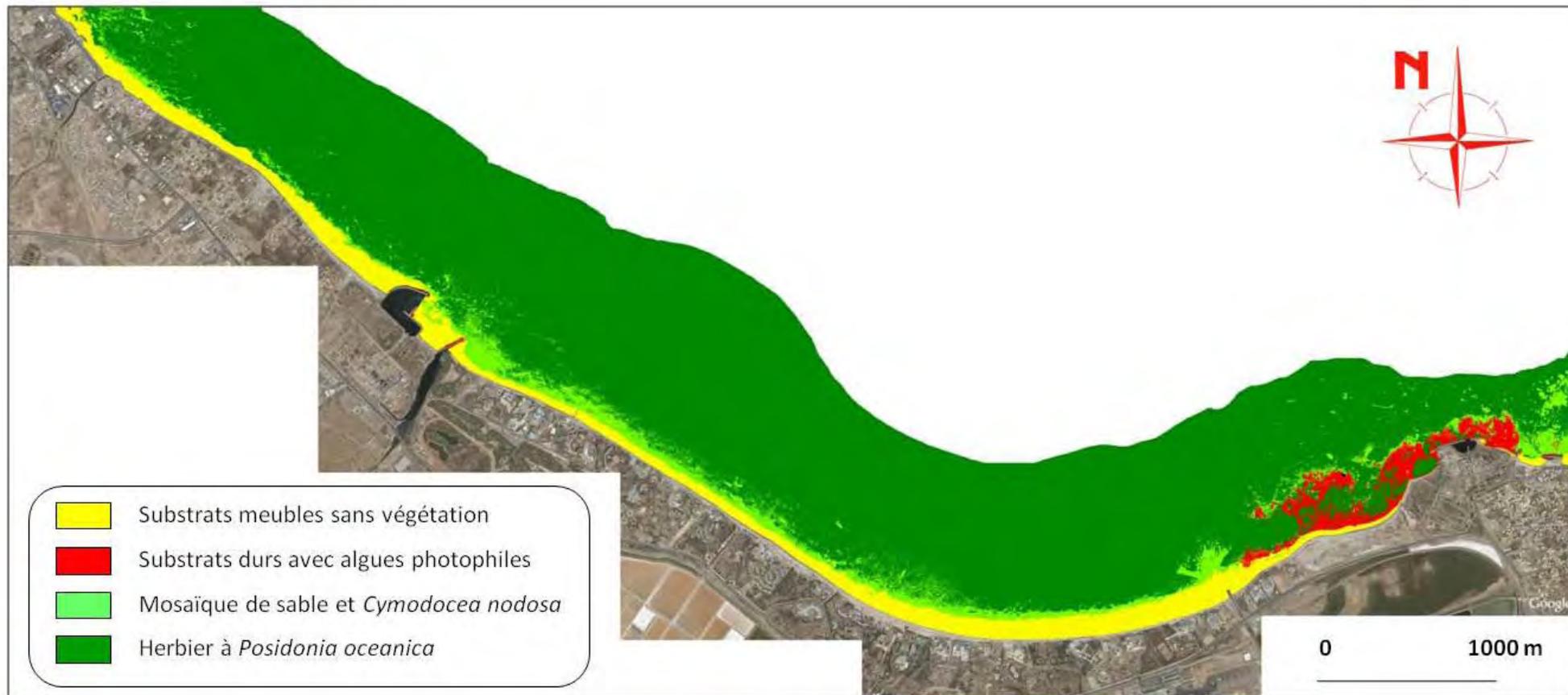


Figure 71: Cartographie des principaux peuplements et types de fonds entre Sousse et Monastir

7.2.2. Cartographie de la limite supérieure de l'herbier entre Port El Kantaoui et Monastir

Le site de Monastir a été sélectionné par les autorités tunisiennes car il constitue un secteur caractérisé par de nombreuses infrastructures et aménagements urbains et touristiques. Afin d'évaluer l'impact de ces activités en bordure du littoral, et plus particulièrement sur l'herbier de Posidonies, un « état de référence » de la limite supérieure de l'herbier de Posidonies a été réalisé. Afin de disposer d'un maximum d'informations, deux secteurs ont été pris en compte (i) la baie de Sousse (de Port El Kantaoui à Monastir) et le golfe de Monastir proprement dit. Dans le cadre de cette mission, seul le premier secteur est pris en considération, soit 26 Km de littoral.

L'objectif de cette mission, consiste à (i) identifier les principaux peuplements et types de fonds et plus particulièrement l'herbier de Posidonies, (ii) localiser ces différents peuplements et plus particulièrement leurs limites à l'aide d'un GPS (Global Positioning System) et leur profondeur et (iii) reporter ces informations sur des images géoréférencées du secteur (Google Earth et SPOT Image).

Déroulement des missions

Le travail de terrain a été réalisé le 21 février 2008. Le report des données acquises et la localisation des stations inventoriées sur une image géoréférencée ont été effectués le 22 février 2008.

Port El Kantaoui à Monastir

La limite supérieure des peuplements et type de fonds entre Port El Kantaoui et Monastir a fait l'objet d'une identification systématique (type, profondeur) grâce à un seau de calfat, toutefois lorsque la transparence n'était pas suffisante ou que l'identification n'était pas claire des plongées ponctuelles avec prélèvements d'échantillons ont été réalisées (Figures 72 et 73). Au total 230 stations, sur 26 Km de littoral ont été inventoriées.

Les principaux peuplements et types de fonds rencontrés sont: les fonds sableux, les peuplements photophiles sur roche, l'herbier de Cymodocées (*Cymodocea nodosa*) sur sable, sur matre ou sur roche, l'herbier de Posidonies sur matre ou sur roche, les espèces de caulerpes envahissantes (*Caulerpa taxifolia* et *Caulerpa racemosa*) généralement sur matre et les accumulations de litière (feuilles mortes de Posidonies et Cymodocées).



Figure 72: Identification des peuplements à l'aide du seau de calfat et en plongée (G. Pergent)



Figure 73: Prélèvement d'un échantillon de Cymodocées sur matre (G. Pergent).

La présence d'herbiers mixtes, dont la distinction est impossible par traitement d'image, s'est avérée difficile sur le terrain également, de même que, dans certaines stations, l'identification du substrat sous-jacent (matre ou roche). La limite supérieure de l'herbier de Posidonies n'est pas franche, elle fait généralement suite à une ceinture de Cymodocées sur matre (qui atteste de la régression de cet herbier) et se présente sous forme de touffes dont le recouvrement augmente avec la profondeur.

De façon générale, cette portion de littoral est fortement anthropisée avec la présence de nombreuses infrastructures urbaines et touristiques, des rejets « d'oued-émissaires », des travaux d'aménagement de la zone côtière (ramassage des banquettes de Posidonies par des bulldozers ; construction en cours directement sur la mer – Figure 74). Ces différentes agressions, alliées au problème récurrent du déficit sédimentaire, semblent avoir engendré un recul significatif du trait de côte dans plusieurs secteurs (Figure 75). Enfin, la présence de deux espèces envahissantes de Caulerpe constitue une

menace pour la biodiversité de ce secteur.



Figure 74: Construction d'un aménagement par déplacement de blocs rocheux en mer (G. Pergent)



Figure 75: Présence d'un blockhaus en avant du trait de côte témoignant de l'érosion de la plage (G. Pergent)

Limite supérieure de l'herbier

A partir des 230 stations étudiées le long du littoral entre Port El Kantaoui et Monastir la position de la limite supérieure est identifiée (Figures 76 et 81). En dehors des rares secteurs rocheux (Monastir), la répartition des peuplements est relativement similaire : Après une bande de substrat meuble non végétalisé se développe un herbier à *Cymodocea nodosa* suivi de la limite supérieure de l'herbier à *Posidonia oceanica*.

7.2.3 Cartographie de la limite supérieure de l'herbier de la baie de Monastir

Le site de Monastir a été sélectionné par les autorités tunisiennes, car il constitue un secteur caractérisé par de nombreuses infrastructures et aménagements urbains et touristiques. Afin d'évaluer l'impact de ces activités en bordure du littoral, et plus particulièrement sur l'herbier de Posidonies, un « état de référence » de la limite supérieure de l'herbier de Posidonies a été réalisé. Afin de disposer d'un maximum d'informations, deux secteurs ont été pris en compte (i) le littoral compris entre Port El Kantaoui et Monastir (baie de Sousse) et la baie de Monastir proprement dite. Au cours de cette mission, les investigations ont porté sur un secteur caractéristique du fond de la baie de Monastir (entre la digue du port de Ksibet Medyouni et le port de Sayada).

L'objectif de cette mission, consiste à (i) identifier les principaux peuplements et types de fonds et plus particulièrement l'herbier de Posidonies, (ii) localiser ces différents peuplements et leurs limites à l'aide d'un GPS (Global Positioning System) et (iii) reporter ces informations sur des images géoréférencées du secteur (Google Earth et SPOT Image).

Déroulement de la mission

Le travail de terrain a été réalisé le 7 avril 2008. Le report des données acquises et la Localisation des stations inventoriées sur une image géoréférencée ont été effectués le 8 avril 2008.

Baie de Monastir

Les différents peuplements et types de fonds présents sur le secteur identifié sont déterminés à l'aide d'un seau de calfat et confirmés par des prélèvements et des plongées ponctuelles. La faible profondeur de la limite (1 à 2 m) et la transparence des eaux permettent une bonne évaluation de la répartition des principaux habitats. Au total, 158 stations ont fait l'objet d'une identification (Figure 76).



Figure 76: Localisation des stations étudiées (Image Google Earth)

Les principaux peuplements et types de fonds rencontrés sont : les substrats meubles non végétalisés (essentiellement sablo-vaseux), l'herbier de Cymodocées (*Cymodocea nodosa*) sur substrat meuble et présentant différents niveaux de recouvrement, les chlorobiontes *Caulerpa prolifera* et *Caulerpa racemosa* var. *Cylindracea* généralement associées aux Cymodocées (herbier mixte) et l'herbier de Posidonies (*Posidonia oceanica*). L'herbier de Posidonies est présent sous forme de taches plus ou moins confluentes au niveau de sa limite supérieure, puis il évolue en herbier de fond (herbier continu) lorsque la profondeur augmente. La chlorobionte nitrophile *Ulva rigida* est également présente sur l'ensemble du secteur tandis que la rhodobionte *Asparagopsis* sp est identifiée localement au sein de l'herbier de Posidonies.

Trois transects vidéo et des prises de vues sont réalisés afin de caractériser ces peuplements (Figures 77; 78; 79 et 80).



Figure 77: Limite supérieure de l'herbier de Posidonies ; des Cymodocées sont visibles en avant (G. Pergent)



Figure 78: Herbier de Cymodocées superficiel sur sable vaseux (G. Pergent)

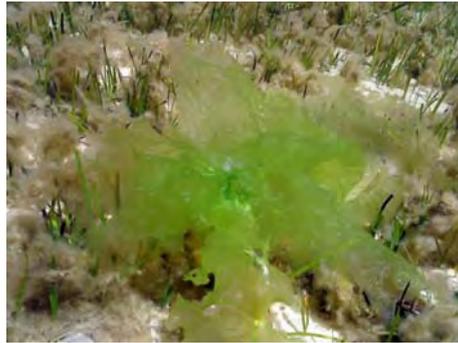


Figure 79: *Ulva rigida* dans l'herbier de *Cymodocees* (G. Pergent)



Figure 80: *Asparagopsis* sp dans l'herbier de *Posidonies* (G. Pergent)

La carte des principaux peuplements et types de fonds dans le secteur étudié montre en bordure de littoral des fonds peu végétalisés (sables nus ou herbiers à *Cymodocea nodosa* à faible recouvrement) suivi par un herbier à *Cymodocea nodosa* à recouvrement plus important puis, à une distance d'environ un kilomètre, apparaît la limite supérieure de l'herbier à *Posidonia oceanica*, d'abord sous former de taches plus ou moins confluentes puis en peuplement continu (Figure 81).

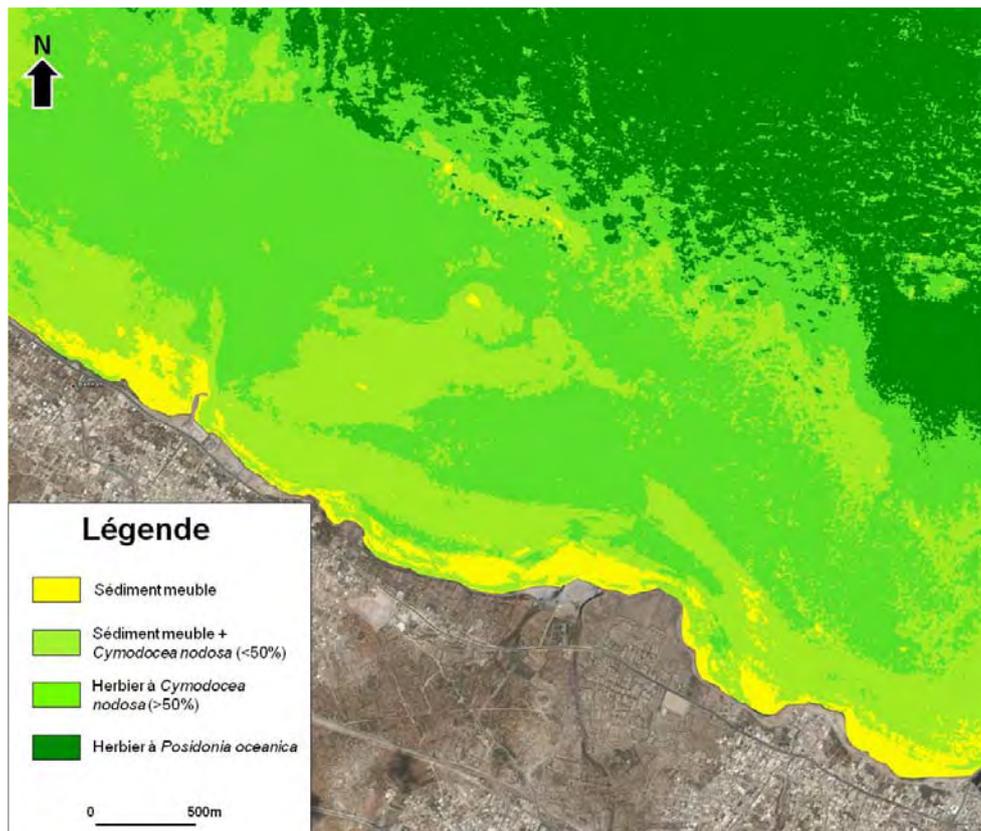


Figure 81: Cartographie des principaux peuplements au niveau de la limite supérieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* dans la baie de Monastir

7.3. Activités du projet dans la région de Kerkennah

7.3.1. Balisage de la limite inférieure de l'herbier

7.3.1.1. Objectifs

Le site des îles Kerkennah revêt une importance particulière. En effet, l'herbier de Posidonies qui se développe autour de ces îles présente une morphologie unique en Méditerranée (herbiers tigrés in Boudouresque *et al.*, 2006) et couvre des surfaces très importantes du fait de la faible déclivité des fonds (l'herbier est présent à plus de 15 Km du littoral).

L'objectif du travail, réalisé autour des îles Kerkennah, consiste à (i) localiser une limite inférieure représentative de ce secteur, (ii) mettre en place un réseau de surveillance, selon le modèle du « Réseau de Surveillance Posidonie », validé dans plusieurs pays européens (Boudouresque *et al.*, 2000 ; Pergent *et al.*, 2005), et (iii) évaluer la qualité environnementale de ce secteur à partir de la vitalité de ces herbiers, selon le protocole défini dans le cadre du programme INTERREG « Posidonia » (Pergent *et al.*, 2007).

7.3.1.2. Déroulement de la mission

Dates de mise en place du balisage : 6 août 2007
Observations scientifiques et prélèvements : 6 août 2007

7.3.1.3. Localisation du site

Situé au Sud de l'archipel des Kerkennah, à plus de 12 Km du littoral de l'île de Gharbi, cette limite inférieure a été retenue comme caractéristique pour ce secteur de la Tunisie caractérisé par la présence d'un marnage important et d'un fort hydrodynamisme (Figure 82). Les coordonnées géographiques du balisage sont: 34° 31' 2.20" de latitude Nord et 11° 07' 1.60" de longitude Est. La profondeur du balisage est comprise entre 21.5 et 22.0 m.



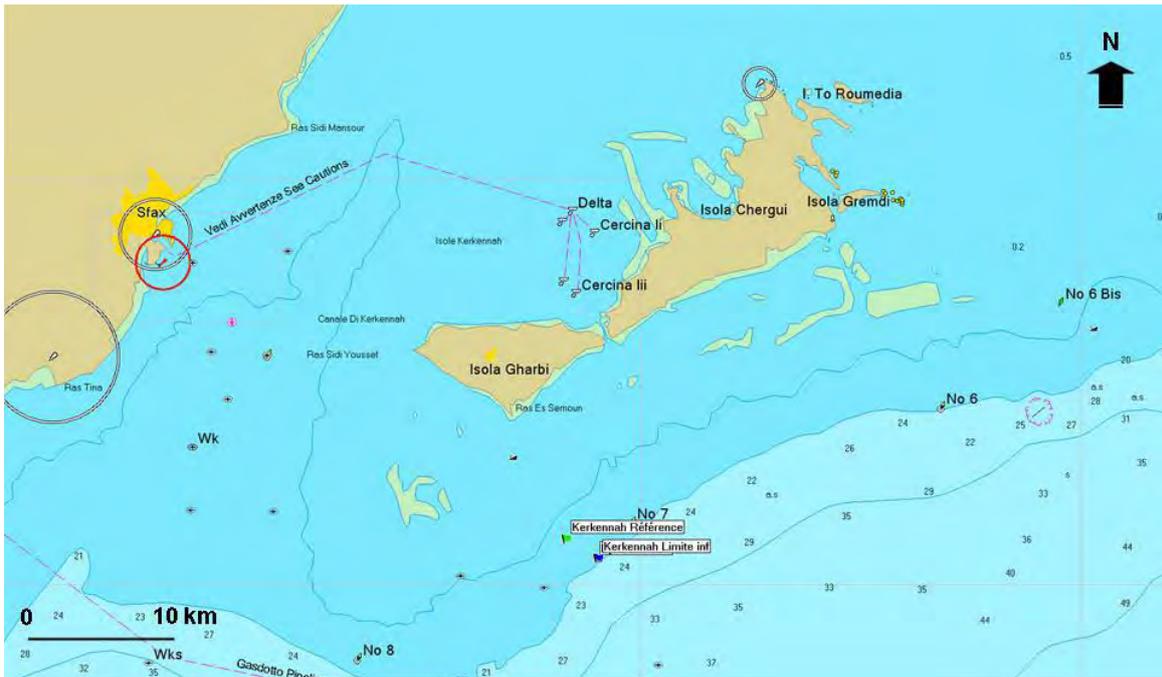


Figure 82: Localisation de la limite inférieure et du site de référence de Kerkennah

7.3.1.4. Mise en place des balises au niveau de la limite inférieure

La limite inférieure de l'archipel des Kerkennah est très éloignée du littoral du fait de la faible déclivité des fonds. La profondeur (Tableau 24) et l'orientation entre les balises et entre les piquets photo et les balises (Tableau 25) sont précisément relevées.

Tableau 24: Profondeur des 11 balises le long de la limite inférieure de Kerkennah

Balise	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Moyenne
Profondeur (m)	21.7	21.6	21.5	21.6	21.6	21.7	22.0	21.7	21.8	21.8	21.9	21.7

Tableau 25: Orientations de balise à balise et de piquet-photo à balise, en degrés, relevées le long de la limite inférieure de Kerkennah

Balise	1⇒2	2⇒3	3⇒4	4⇒5	5⇒6	6⇒7	7⇒8	8⇒9	9⇒10	10⇒11
Angle (°)	40	30	350	330	310	230	170	190	210	230

Piquet balise	P1⇒B1	P2⇒B2	P3⇒B3	P4⇒B4	P5⇒B5	P6⇒B6	P7⇒B7
Angle (°)	330	300	250	270	210	170	140

Piquet balise	P8⇒B8	P9⇒B9	P10⇒B10	P11⇒B11
Angle (°)	60	130	130	140

L'assemblage des photographies verticales, réalisées en plongée, permet de caractériser la limite inférieure entre les balises (Figure 83). Un plan du balisage est effectué à partir des relevés ci-dessus (orientations) et des photographies verticales de la limite (Figure 84).

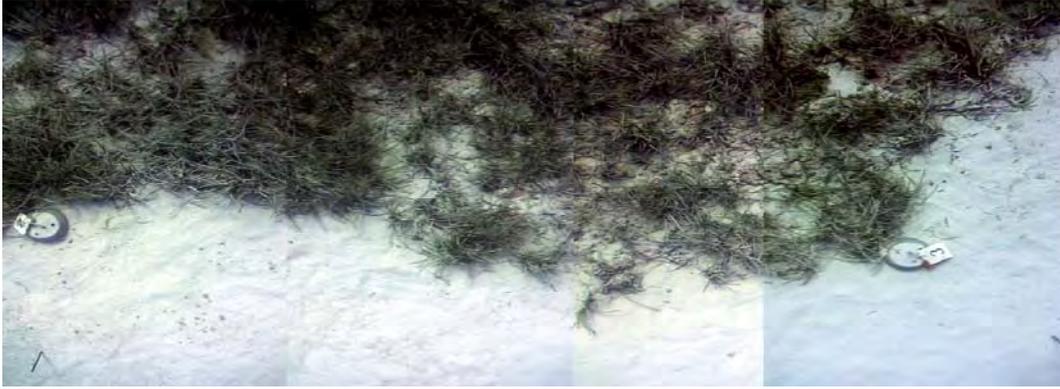


Figure 83: Structure de la limite inférieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* de Kerkennah entre les balises n°2 et n°3 (prises de vues verticales)

Des photographies sous-marines horizontales de la limite de l'herbier à *Posidonia oceanica* sont réalisées, au niveau de chaque balise, pour disposer d'un état de référence le plus précis possible (Figures 85; 86; 87 et 88). Cette limite apparaît comme « progressive » entre les balises 1 et 8, puis « érosive » entre les balises 9 et 11 (Pergent *et al.*, 2005). Un petit tombant de matte est bien visible à partir de la balise 10 et se poursuit au delà du balisage. Le substrat en avant de la limite est essentiellement composé de sable grossier.

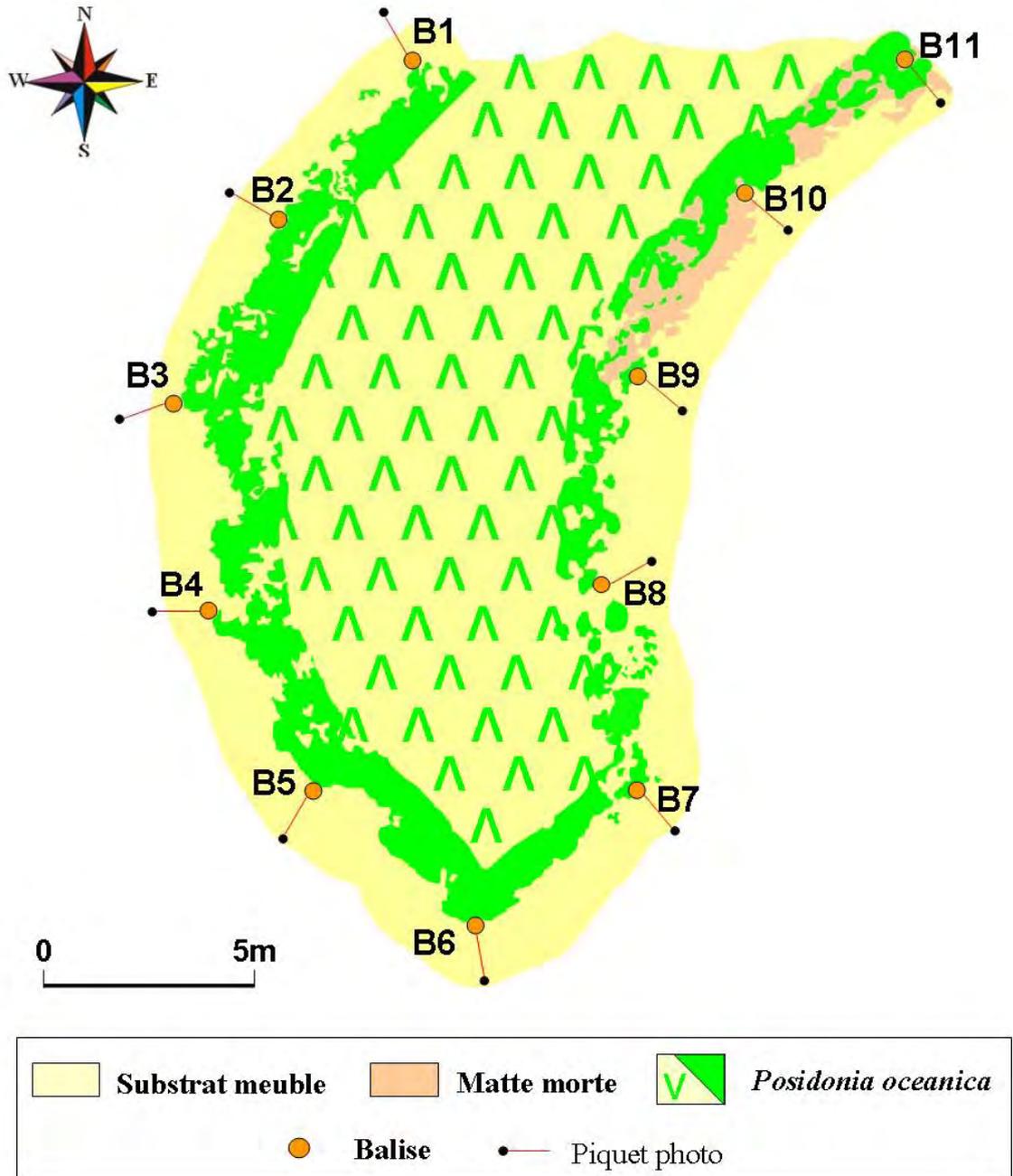


Figure 84: Plan du balisage de la limite inférieure des Kerkennah (août 2007)



Figure 85 : Herhier à *Posidonia oceanica*, en arrière des balises 1 à 3 le long de la limite inférieure des îles Kerkennah

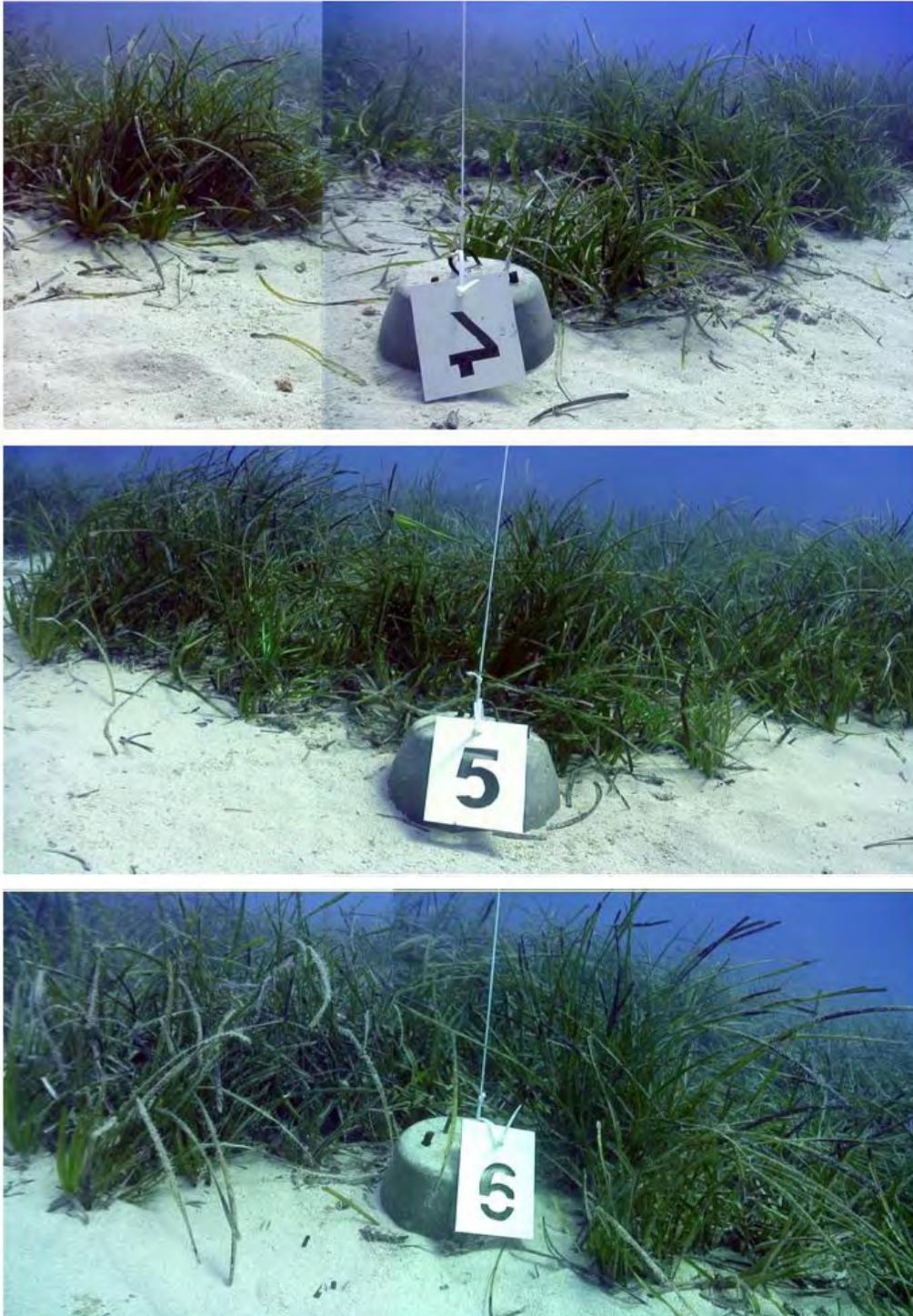


Figure 86: Herbier à *Posidonia oceanica*, en arrière des balises 4 à 6 le long de la limite inférieure des îles Kerkennah

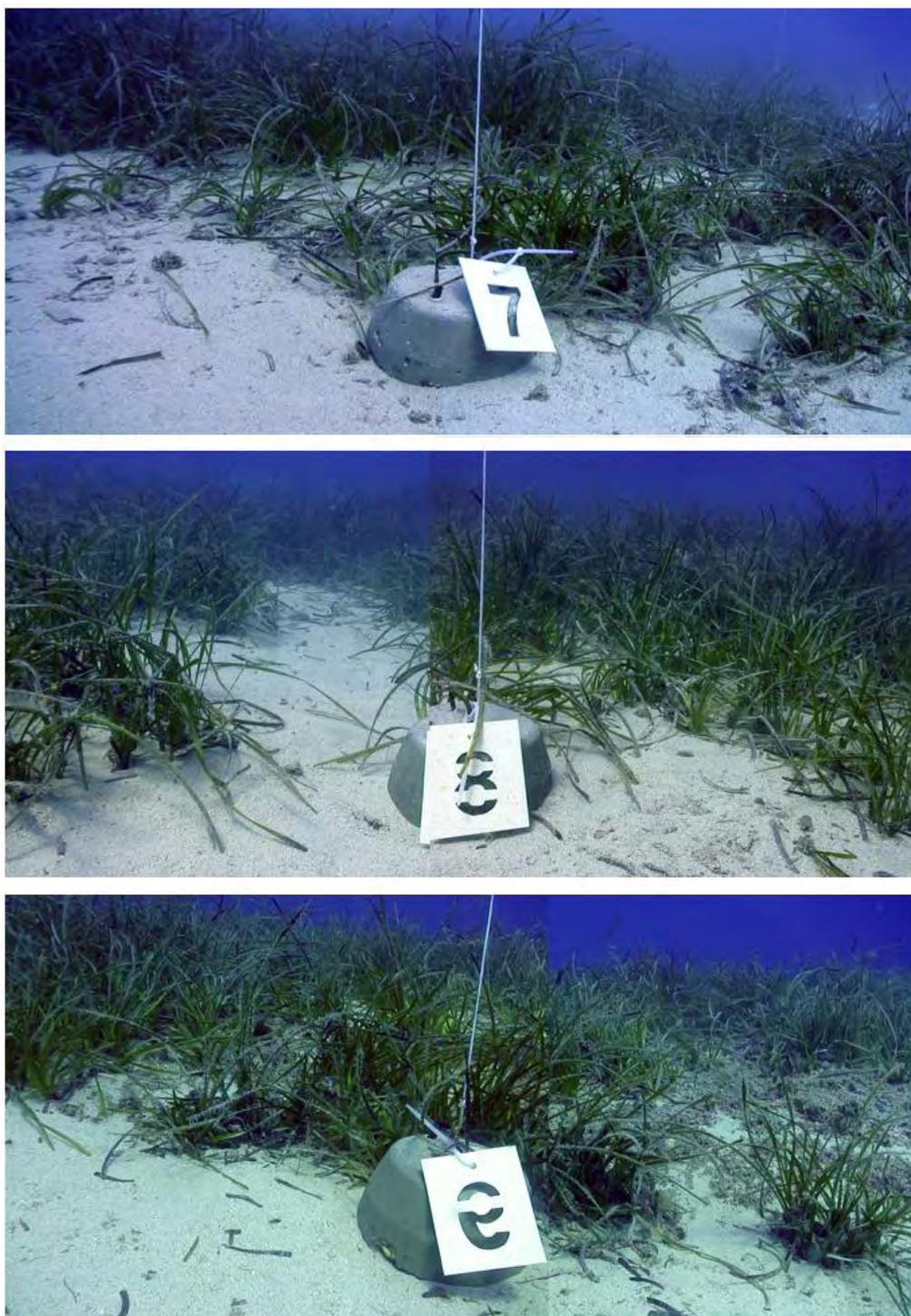


Figure 87: Herbier à *Posidonia oceanica*, en arrière des balises 7 à 9 le long de la limite inférieure des îles Kerkennah

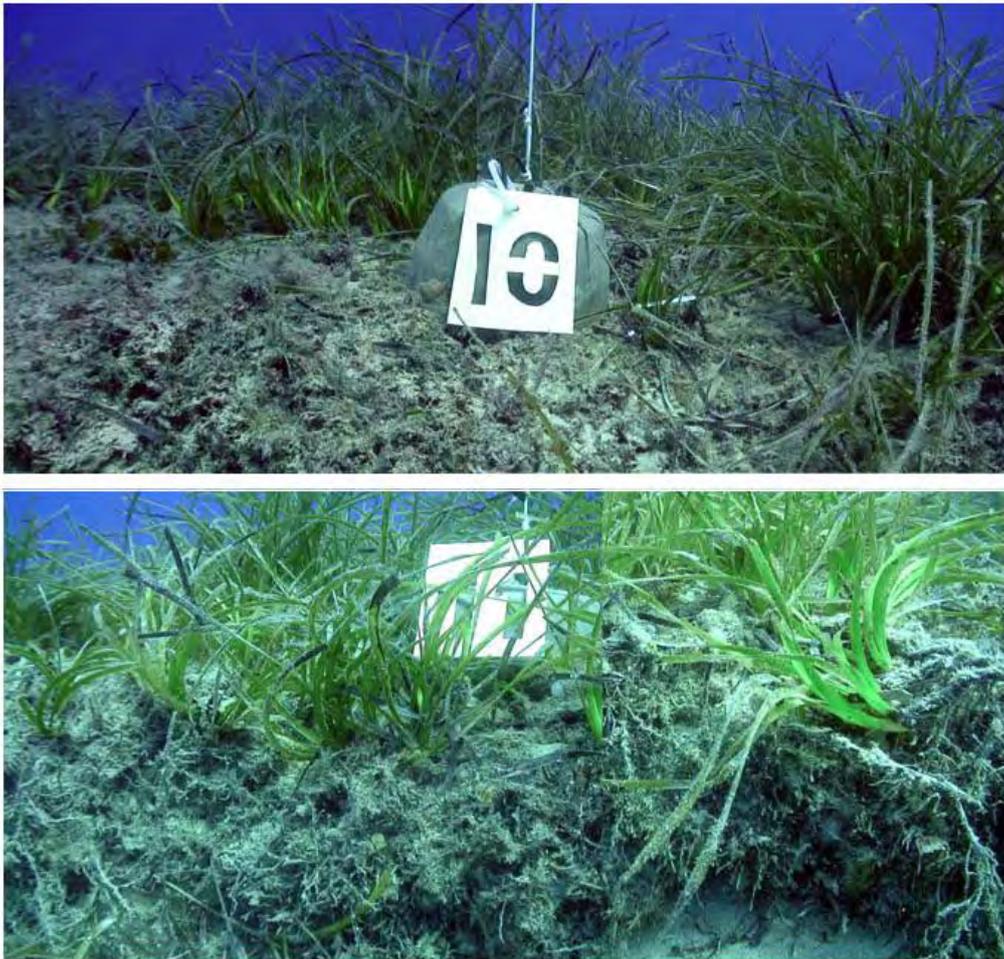


Figure 88: Herbier à *Posidonia oceanica*, en arrière des balises 10 et 11 le long de la limite inférieure des îles Kerkennah

7.3.2. Caractérisation de l'herbier au niveau de la limite inférieure

La densité de l'herbier est mesurée dans des quadrats de 20 cm de côté, la localisation des mesures (trois par balise) est précisément repérée à l'aide d'une grille (Figure 89). Le recouvrement est estimé sur une surface d'un mètre carré en arrière de chaque balise à l'aide de prises de vues verticales. A l'intérieur de chaque quadrat le pourcentage de rhizomes plagiotropes et le déchaussement sont estimés (Tableau 26).

Le recouvrement de l'herbier est important pour une limite inférieure (51.8 ± 15.6 % -moyenne \pm intervalle de confiance 95%). La densité est en moyenne de 205.3 ± 32.6 faisceaux.m². Le déchaussement des faisceaux est très faible, certains apex sont même enfouis. Cet herbier présente une grande proportion de rhizomes plagiotropes (56.5 ± 11.2 %).



Figure 89 Evaluation de la densité de l'herbier (avec localisation des mesures) en plongée. En arrière de la balise n°3 le quadrat est schématisé en rouge

Tableau 26: Paramètres caractéristiques de l'herbier au niveau du balisage des îles Kerkennah (dm = donnée manquante)

Balise	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Recouvrement (%)	40	80	50	20	80	90	30	10	40	60	70
Densité (faisc.m ⁻²)	175	183	183	250	350	200	183	150	167	225	192
Rhiz. Plagiotrope (%)	33	27	91	67	38	50	73	56	70	67	61
Déchaussement (cm)	dm	dm	dm	-2	1	-2	2	0	2	-1	dm

Les faisceaux récoltés au niveau de la limite inférieure font l'objet d'études phénologique (Tableau 27) et lépidochronologique (Tableau 28).

Tableau 27: Paramètres phénologiques de *Posidonia oceanica*, au niveau de la limite inférieure de Kerkennah, (moyenne ± intervalle de confiance 95%)

	Adultes	Intermédiaires	Global (Ad+Int)
Nb moyen feuilles.faisc. ⁻¹	4.2 ± 0.4	1.1 ± 0.1	5.5 ± 0.3
Longueur moyenne (mm)	404.1 ± 46.1	178.0 ± 31.9	291.1 ± 63.6
Largeur moyenne (mm)	9.1 ± 0.7	9.1 ± 0.4	9.1 ± 0.4
Coefficient A (%.faisc. ⁻¹)	59.4 ± 10.5	0.0	45.9 ± 7.4
Indice Foliaire (cm ² .faisc. ⁻¹)	152.7 ± 24.0	18.2 ± 4.5	170.9 ± 25.3
L.A.I. (m ² .m ⁻²)	3.4 ± 0.6	0.3 ± 0.1	3.8 ± 0.7

Tableau 28: Nombre d'écailles par cycle et vitesse de croissance des rhizomes, au niveau de la limite inférieure de Kerkennah; N : nombre de réplicats, (moyenne ± intervalle de confiance 95%)

Année lépidochronologique	N	Nombre d'écailles	Croissance des rhizomes (mm)
2006	10	7.7 ± 1.1	6.7 ± 3.1
2005	10	7.5 ± 1.6	7.5 ± 3.8
2004	10	7.4 ± 1.3	6.2 ± 2.2
2003	9	7.1 ± 0.6	6.1 ± 2.7
2002	8	8.0 ± 1.1	8.0 ± 2.2
2001	8	7.3 ± 0.9	7.3 ± 2.5
2000	6	8.7 ± 1.0	6.2 ± 1.0

Le nombre de feuilles produites annuellement est en moyenne de 7.5 ± 1.1 et la vitesse de croissance des rhizomes de 7.6 ± 2.8 mm.an⁻¹.

L'analyse granulométrique du sédiment, prélevé à la balise 6, fournit un histogramme de fréquence « unimodal » (Figure 90). La taille moyenne du sédiment est de 0.61 mm. Ce sédiment est bien classé (So=1.43 mm) et très bien trié ($\sigma_1 = -0.35 \phi$). Le classement est maximal du côté des particules grossières (SK=0.98). Le coefficient d'acuité (KG=1.33) indique un sédiment leptokurtique. La teneur en matière organique mesurée, dans la fraction 0.063 mm, est très faible, elle est estimée à 0.58%.

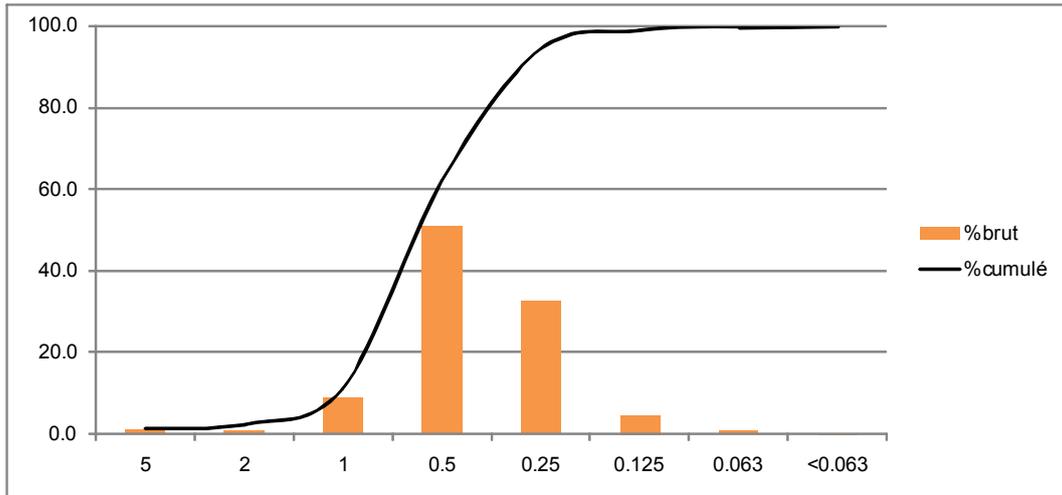


Figure 90: Caractérisation du sédiment (refus de tamis et indices granulométriques) au niveau de la limite inférieure des îles Kerkennah

7.3.2.1. Observations complémentaires

Plusieurs espèces caractéristiques sont observées au niveau du balisage, il s'agit notamment de populations très denses du mollusque *Pinctada radiata* et de l'échinoderme *Psammechinus microtuberculatus*.

La chlorobionte *Penicillus capitatus* et la magnoliophyte *Cymodocea nodosa* sont également présentes en avant du balisage sur le substrat meuble (Figures 91 et 92).

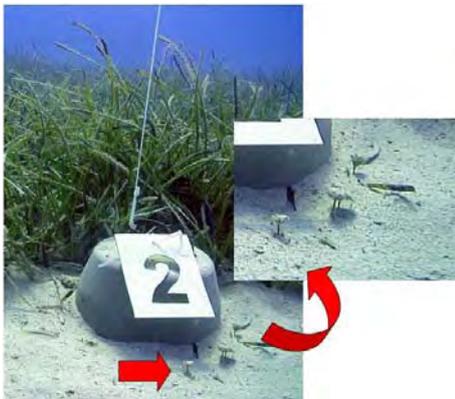


Figure 91: *Penicillus capitatus* en avant du balisage des Kerkennah (Août 2007) G. Pergent.



Figure 92: *Cymodocea nodosa* de la limite inférieure des Kerkennah (Août 2007) G. Pergent.

Les faisceaux récoltés ont fait l'objet d'une analyse phénologique (n=10) et lépidochronologique (n=5) ; plusieurs indices phénologiques ont également été calculés (Tableau 30). Le nombre moyen de feuilles produites annuellement est de 6.7 ± 1.2 alors que la vitesse de croissance des rhizomes est estimée à 4.2 ± 1.7 mm par an.

Tableau 30: Composition et biométrie des faisceaux foliaires (moyenne \pm intervalle de confiance) au niveau du site de référence (Kerkennah, Juillet 2007).

	Adultes	Intermédiaires	Global (Ad + Int)
Nb moyen feuilles/faisc.	4.5 ± 0.1	1.1 ± 0.3	5.6 ± 0.5
Longueur moyenne (mm)	527.7 ± 154.2	216.6 ± 113.3	372.2 ± 206.9
Largeur moyenne (mm)	9.5 ± 0.5	9.8 ± 0.6	9.6 ± 0.5
Coefficient A (%/faisc.)	57 ± 11.5	0.0	45.7 ± 9.3
Indice Foliaire (cm ² /faisc.)	222.0 ± 64.9	23.0 ± 11.8	245.0 ± 69.3
LAI (m ² .m ⁻²)	7.1 ± 0.9	0.7 ± 0.4	7.8 ± 2.2

7.3.3. Balisage limite de la supérieure de l'herbier (zone touristique)

Une quarantaine de stations ont été pré-identifiées sur une image Google Earth entre le « Grand Hôtel » et l'hôtel Cercina (Figure 94). Les principaux peuplements et types de fonds présents sont déterminés pour établir une cartographie de ce secteur (Figure 95). L'herbier se présente sous forme de taches et de bandes présentant une structure typique du secteur « herbier tigré » (Boudouresque *et al.*, 2006). L'herbier de Cymodocées est très développé et présente un recouvrement variable (10 à 100%) ce qui explique les réponses spectrales différentes observées sur les images satellites (Google Earth et SPOT 5).



Figure 94: Localisation des données-terrains vérifiées lors de la mission de terrain

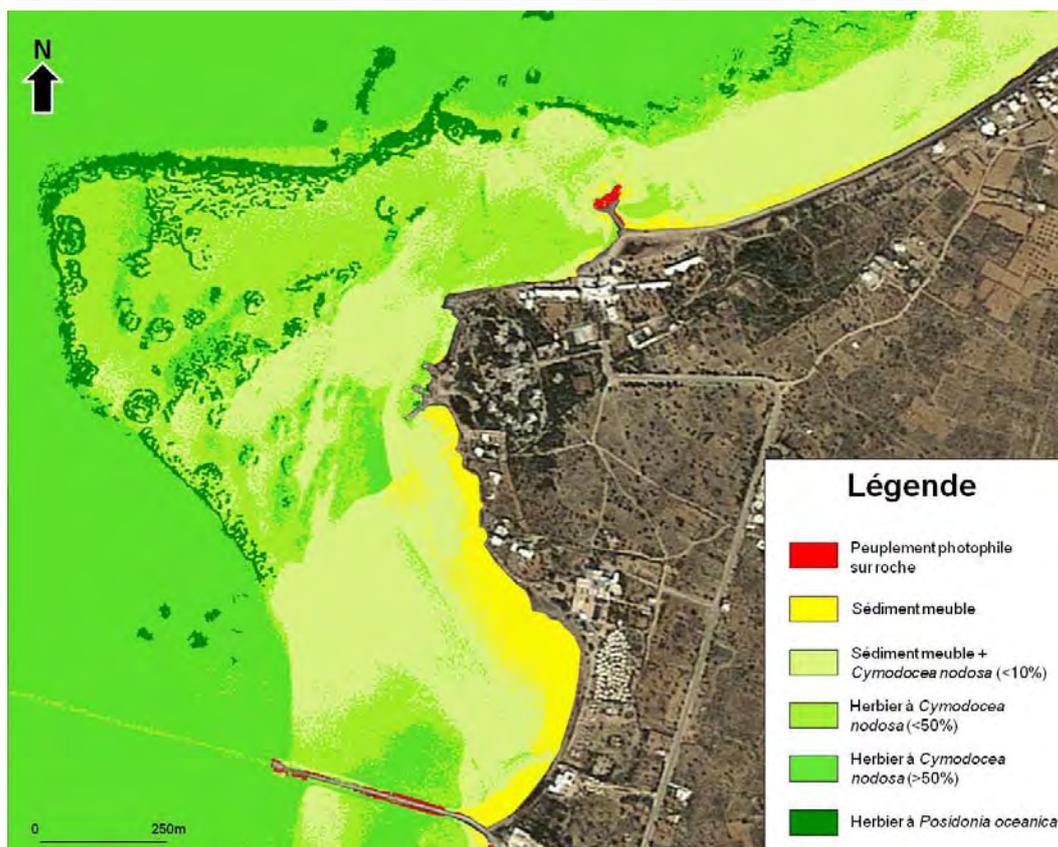


Figure 95: Cartographie des principaux peuplements au niveau de la limite supérieure au niveau de la zone touristique de Kerkennah

8. ACTIVITES DU PROJET EN ALGERIE

8.1 Session de formation

L'outil cartographique présente de nombreuses applications dans les domaines de la gestion, de la planification, des politiques et de la recherche. Il constitue une partie intégrante et importante des systèmes d'information de gestion. Des cartes d'habitats sont nécessaires pour, entre autres :

- Fournir une couche d'information essentielle à la planification spatiale et stratégique ;
- Soutenir une utilisation durable des ressources benthiques ;
- Aider à mettre en œuvre une approche écosystémique de la gestion de l'environnement marin ;
- Soutenir la sélection et la délimitation optimale des aires marines protégées ;
- Evaluer l'importance, la rareté et l'étendue des habitats aux échelons local, national et régional.

L'installation d'un réseau de surveillance des herbiers de Posidonies permet quant à lui de suivre, de façon très fine, l'évolution récente de l'herbier. Au-delà de cet objectif initial, ces systèmes de surveillance peuvent être utilisés comme indicateur biologique de la qualité globale de l'environnement littoral et donc fournir aux gestionnaires des outils efficaces et faciles à mettre en œuvre pour mesurer l'état de santé de l'environnement marin.

Dans le cadre du programme MedPosidonia, les actions identifiées en Algérie consistent à renforcer les actions initiées par les autorités et les scientifiques nationaux et renforcer l'expertise dans ce domaine à travers (i) la mise en place et/ou l'optimisation de systèmes de surveillance de l'herbier de Posidonies et (ii) l'organisation de sessions de formation sur les techniques utilisées dans la cartographie des herbiers et la mise en place de système de surveillance de type « Réseau de Surveillance Posidonies ».

Dans le cadre de cette mission une formation théorique et pratique a été dispensée au personnel du ministère et des agences en charge de l'environnement, des gestionnaires d'Aires Marines Protégées et des scientifiques (enseignant-chercheurs, étudiants en master et doctorat). L'objectif consiste à acquérir (i) une formation de haut niveau sur les herbiers de Posidonies et (ii) une compétence spécifique dans le domaine de la cartographie sous-marine, notamment par la réalisation de cartes biocénotiques par traitement d'images.

8.2. Déroulement de la mission

Lundi 16 Février 2009

Session théorique dispensée au Conservatoire National des Formations à l'Environnement :

Matinée :

- Allocutions introductives: M. Zoubir Bensebbane (Directeur de la Conservation de la Biodiversité), Mme Nadia Chenouf (MATET), M. Mohamed Larbi Khardine (CNFE)
- Présentation des objectifs et du programme de la formation, S. El Asmi
- Présentation des participants et de leurs attentes: Tour de table
- Présentation des formateurs et de leurs attentes, G. Pergent et R. Semroud
- « Le projet MedPosidonia », S. El Asmi
- « Le Plan d'action pour la conservation de la végétation marine en mer Méditerranée », S. El Asmi
- « Les herbiers de magnoliophytes marines - Les oasis de la Méditerranée », G. Pergent

Après-midi :

- « Les méthodes de cartographie des herbiers - Outils de gestion de la biodiversité », G. Pergent
- « Exemples de projets pour la cartographie des herbiers de Posidonies », S. El Asmi
- « L'expérience algérienne en matière de cartographie des herbiers », R. Semroud et S. Boumaza
- « Les systèmes de surveillance des herbiers de Méditerranée », G. Pergent

- « La surveillance des herbiers en Algérie », R. Semroud et S. Boumaza

Mardi 17 Février 2009

Sortie sur le terrain à l'anse de Kouali :

Matinée :

- Départ d'Alger pour l'anse de Kouali
- Relevé topographique à l'aide d'un GPS (Global Positioning System) du littoral de l'anse de Kouali
- Identification des principaux habitats et types de fonds en bordure de littoral (trottoir à Vermets, pelouse à Zostères - *Zostera noltii* et Cymodocées - *Cymodocea nodosa*, ceinture de Cystoseires, herbier de Posidonies,...)
- Localisation et évaluation de l'extension du récif barrière de Posidonies
- Prélèvement et identification d'échantillons (magnoliophytes)

Après-midi :

- Observation de banquettes de Posidonies au niveau du complexe touristique de la Corne d'Or
- Visite du site archéologique de Tipaza et du Mausolée Royal de Maurétanie
 - Retour à Alger
 - Report des données terrain (points GPS) sur une image Google Earth

Mercredi 18 Février 2009

Session de formation consacrée à la cartographie des peuplements et types de fonds superficiels par traitement d'images au Conservatoire National des Formations à l'Environnement :

Matinée :

- « Le logiciel ENVI 4 – un outil au service des cartographies », G. Pergent
 - Application du logiciel ENVI 4 à une photographie aérienne

Après-midi :

- Réalisation d'une carte des peuplements par traitement d'images
- Synthèse des données acquises sur le terrain
- Application à l'image Google Earth disponible sur l'anse de Kouali

Judi 19 Février 2009

Session de formation consacrée à une première approche du géoréférencement des cartographies au Conservatoire National des Formations à l'Environnement :

Matinée :

- « Intégration d'un document cartographique dans un système d'informations géographiques », G. Pergent
 - Exercice pratique à partir du logiciel ArcGIS

Après-midi :

- Synthèse de la session de formation en présence du Directeur Général du CNFE, du Point Focal National algérien du CAR/ASP
- Evaluation de la formation et prospectives

8.3. Travail réalisé

Cet atelier a permis la formation de 19 stagiaires travaillant dans des domaines très variés: Enseignants-chercheurs et étudiants (ESSMAL, Université des Sciences et Technologies Houari Boumediène (Alger), Université d'Oran, Université de Jijel), chargés de mission dans le domaine de l'environnement (MATET, APPL, CNDRS, CNL, CNFE, Directions régionales de l'Environnement, Gendarmerie Nationale) gestionnaire d'espaces protégés (Parc National de Taza).

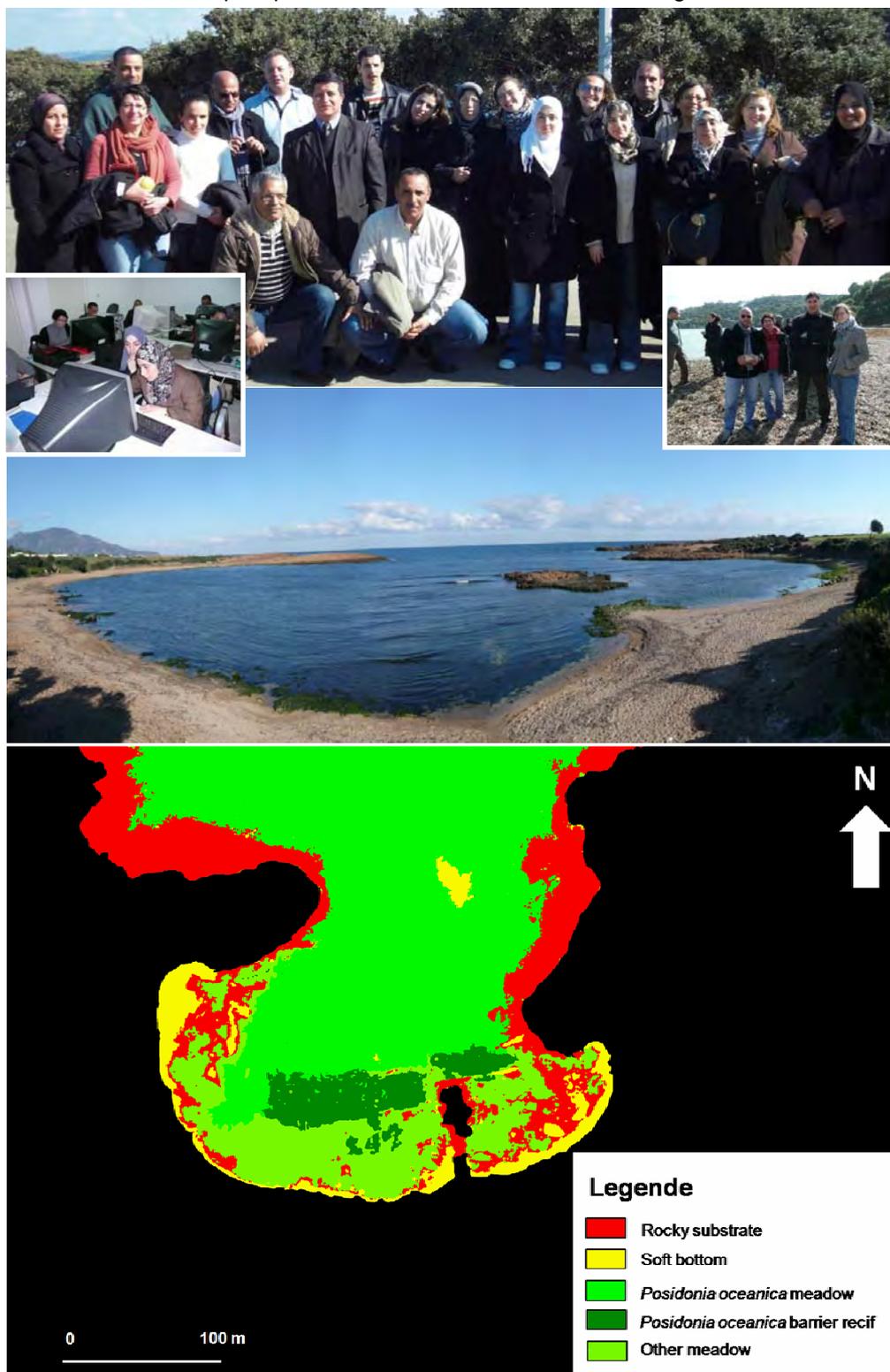
Au total 10 présentations ont été réalisées ainsi que des travaux dirigés sur le terrain (relevés GPS, identification de peuplements) et en salle (réalisation de cartographies avec un logiciel de traitement d'images).

La formation dispensée dans le cadre de cette session a permis aux stagiaires de compléter leur connaissance des herbiers de Posidonies (biologie et écologie de l'espèce, menaces et conservation)

et des systèmes de surveillance de ces formations (Réseaux de surveillance) et de se familiariser avec les techniques de cartographie des écosystèmes littoraux.

Les présentations réalisées au cours de cette session et la documentation s'y rattachant ont été distribuées aux stagiaires sous forme d'un DVD à la fin de la formation.

Quelques photos de la session de formation d'Alger



8.4. Liste des participants

Noms/Prénoms	Organisme	Fonction	E-mail / N° de Téléphone
M ^{me} Salima BOUMAZA SEMROUD	ESSMAL	Enseignant – chercheur	Rachid_semroud@yahoo.fr Tel: 0791 610 633
M ^{elle} Nassima BOUDEFOUA	ESSMAL	Etudiante	b_nusso@hotmail.com Tel: 0552 059 521
M ^{me} Halima SERIDI	Université des Sciences et Technologie Houari Boumédiène (Alger)	Enseignant – chercheur	hseridi_dz@yahoo.fr Tel: 0772 283 761
M. Fayçal CHAHROUR	Université d'Oran	Enseignant – chercheur	fayalchahroure@yahoo.fr Tel: 0795 510 532
M. Said BELBACHA	Université de Jijel	Enseignant – chercheur	Said_belbacha@yahoo.fr Tel: 0771 711 068
M. Nacer HARBI	Direction de l'Environnement de la Wilaya d'El-Taref	Ingénieur	harbinacer@yahoo.fr Tel: 0772 076 516/ 0662 344 499 Bur: 038 60 11 46
M ^{elle} Rim CHELLALI	Direction de l'Environnement de la Wilaya d'Annaba	Ingénieur	chellalir@yahoo.fr Tel: 0778 370 650 / Bur: 038 51 34 33
M ^{me} Ratiba BENAYED	Direction de l'Environnement de la Wilaya de Jijel	Ingénieur	Fates_ayad@yahoo.fr
M ^{elle} Anissa FERHAH	CNFE	Assistante Administrative	anissacnfe@hotmail.fr Tel: 0791 776 239/ 021 96 30 94
M. Riad BENCHEIKH	Parc National de Taza	Inspecteur Divisionnaire	Riad_ben2004@yahoo.fr Tel: 0777 450 911 / 034 51 31 13
M ^{me} Kahina BOUGHENOU	Direction de l'Environnement de la Wilaya d'Alger	Ingénieur	kahinicrosio@yahoo.fr Tel: 021 73 24 24
M. Abdelhamid GHIBOUB	Institut National de Criminalistique et de Criminologie (INCC), Gendarmerie Nationale	Lieutenant	ghiboub@hotmail.fr Tel: 0553 253 904
M ^{me} Fouzia GHAZALI	Direction de l'Environnement de la Wilaya de Tipaza	Ingénieur	Tel: 0776 204 364
M ^{elle} Nassima TAKILALET	Commissariat National du Littoral (CNL)	Ingénieur	Nassima.tak@live.fr Tel: 0772 598 845 / 024 47 14 21
M ^{elle} Lila HANNACHE	Centre National de Développement des Ressources Biologiques (CNDRS)	Ingénieur	L_hannache@cndrb.dz Tel: 021 96 59 78 (Bur)
M ^{me} Nawel HANNACHI	MATET	Ingénieur	hahnawel@yahoo.fr Tel: 0552 197 702 / 021 43 28 01
M ^{me} Zahra SILAKHAL	MATET	Chef de Bureau	silakhalz@yahoo.fr Tel: 0663 753 777/ 021 43 28 84 (Bur)
M ^{elle} Saida LAOUAR	MATET	Chef de Bureau	Sihem_laouar@yahoo.fr Tel: 0771 724 752 / 021 43 28 84
M ^{elle} Meriem GASMI	Agence de Préservation et de Promotion du Littoral (APPL)	Ingénieur	gasmi_mimi@yahoo.fr Tel: 0554 097 481

9. SESSIONS REGIONALES DE FORMATION

9.1. Session de Tabarka

Le cours a été organisé conjointement par le CAR/ASP et OKIANOS à Tabarka, petite ville côtière au Nord-ouest de la Tunisie. Au total, 19 participants provenant de 13 pays méditerranéens (Albanie, Algérie, Chypre, Croatie, Egypte, Liban, Libye, Malta, Maroc, Monténégro, Slovénie, Tunisie, et Turquie) ont pris part à cette formation. Il s'agit de personnel d'administrations environnementales nationales, de chercheurs universitaires ainsi que d'étudiants et de doctorants.

L'encadrement scientifique et technique a été assuré par 12 experts et spécialistes provenant des pays suivants: France, Italie, Monaco et Tunisie.

9.2.1. Objectif de la formation

L'objectif général de la session de formation est d'assurer une formation de haut niveau sur les techniques utilisées pour la cartographie des herbiers marins à travers des prospections de terrain et de l'utilisation de l'imagerie satellitaire adaptée.

9.2.2 Déroulement de la formation

La session de formation a inclus des séances de cours théoriques, des travaux pratiques de terrain et en laboratoire, ainsi que des exercices sur ordinateurs pour le traitement d'image satellite et l'élaboration de SIG. Les principales composantes de la session sont comme suit:

- Cours théoriques: 9 sessions
- Travail de terrain: 3 sessions
- Travail au laboratoire: 2 sessions
- Utilisation de SIG, images satellites et photographies aériennes: 3 sessions.

Les langues de travail de la session sont le français et l'anglais, une traduction simultanée entre ces deux langues a été assurée pour les cours théoriques.

La session a été ouverte le 16 juin 2007 à 14h00 par M. Abderrahmen Gannoun, Directeur du CAR/ASP en présence de Monsieur le Délégué de Tabarka, M. Badreddine Lahribi, qui a souhaité la bienvenue aux participants et aux formateurs au nom de Monsieur le Gouverneur de Jendouba.

La première séance a été consacrée à la biologie, l'écologie ainsi que le rôle des herbiers marins, thèmes traités par Gérard Pergent. Souha El Asmi (CAR /ASP) a présenté le Plan d'action pour la conservation de la végétation marine en mer Méditerranée et le Projet MedPosidonia. Giovanni Torchia et Christine Pergent-Martini ont présenté quelques exemples de projets pour la cartographie des herbiers de Posidonie (Italie, Corse).

Le second jour de la formation, Elodie Martin a présenté les activités de l'accord RAMOGE concernant les peuplements de végétaux marins et notamment le manuel élaboré dans le cadre de RAMOGE pour la préservation et conservation des herbiers à Posidonia oceanica.

Giovanni Torchia a présenté les techniques de cartographie des herbiers basées sur l'utilisation du sonar latéral.

Christine Pergent-Martini a décrit des techniques de travail de terrain et les différents paramètres étudiés afin d'évaluer la qualité des herbiers.

Une introduction au SIG et les concepts de base de la cartographie et de la télédétection ont été présentés par Faouzi El Khammasi.

La dernière communication de ces cours théoriques a porté sur la cartographie des biotopes marins comme outil de gestion des aires protégées marines, cette partie a été présentée par Renaud Dupuy de la Grandrive.

Le premier jour de terrain, les participants se sont initiés à la technique des transects pour la

cartographie des herbiers et à l'estimation de la densité, ainsi que la collecte des faisceaux de Posidonies pour les étudier ultérieurement en laboratoire.

Au laboratoire, les participantes ont été réparties en deux groupes. Le premier groupe, encadré par Gérard Pergent et Faouzi El Khammasi, s'est exercé à la cartographie des biotopes de la baie de Tabarka à partir d'une photo satellite SPOT 5. Le second groupe encadré par Christine Pergent-Martini et Aslam Djelouli a étudié les paramètres phénologiques et lépidochronologiques des faisceaux collectés.

Le dernier jour de la formation, les participants ont effectué une sortie de vérification terrain au niveau de la baie de Tabarka pour affiner la carte élaborée lors de l'exercice d'analyse de l'image satellite. Les données ainsi collectées ont permis de rectifier la carte sur la base des observations directes.

9.2.3 Evaluation du Cours

La dernière séance a été consacrée à l'évaluation du cours à travers des échanges entre les participants et l'équipe d'encadrement et notamment à travers un questionnaire qui a été distribué aux participants. Voici ci-après les principales conclusions de l'analyse des réponses au questionnaire:

- Pour tous les participants, le contenu des séances théoriques, de terrain et de laboratoire était adapté à l'objectif du cours.
- La plupart des participants ont jugé le programme trop chargé.
- Un seul participant a jugé la documentation fournie insuffisante, tous les autres l'ont jugée bonne et ont souligné que quelques parties de la documentation n'étaient disponibles qu'en version française.
- En réponse à la question sur les points faibles de la session, certains participants ont évoqué les conditions de logements (hygiène et climatisation) d'autres la courte durée de la session. Les suggestions d'amélioration ont concerné les points suivants:
 - o Organisation de sessions complémentaires
 - o Fourniture de l'information (guides) touristique sur Tabarka et la région
 - o Mise à disposition d'un accès à Internet
 - o Plus de pauses entre les séances.

Quelques photos des séances théoriques



Quelques Photos des séances de terrain



9.2 Session de Rafrat

Dans le cadre de ce projet, des actions de formation sont identifiées pour la cartographie des herbiers et les méthodes de surveillance des herbiers. Une première formation a eu lieu à Tabarka (Tunisie) en juin 2007. Organisée en partenariat avec la Société Okianos et Knowledge Crest, elle visait à présenter les principales techniques de cartographie des herbiers de magnoliophytes et de les appliquer sur un site atelier (acquisition de données terrain et réalisation d'une carte par utilisation d'un logiciel de traitement d'images).

Cette seconde formation vise à présenter et appliquer les différentes techniques utilisées pour la surveillance de ces magniophytes marines. Les principaux objectifs consistent à (i) informer les différents participants des différentes techniques utilisées pour la surveillance des herbiers de Posidonies, (ii) proposer un protocole standardisé, bénéficiant des expériences antérieures et des évolutions technologiques, pour standardiser la méthode appliquée dans les différents sites du projet MedPosidonia et (iii) appliquer ce protocole sur le site atelier de Sidi Ali El Mekki.

9.2.1. Déroulement du stage

Lundi 29 Octobre 2007

Séance plénière au CITET (Tunis) regroupant le Directeur et les experts du CAR/ASP, l'ensemble des participants et formateurs, les représentants des principaux organismes travaillant dans le domaine de l'environnement littoral (Agence pour la Protection et l'Aménagement du Littoral (APAL), Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (INSTM), Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture (DGPA), Centre International des Technologies de l'Environnement de Tunis (CITET), Okianos) et de nombreux étudiants de l'Institut National Agronomique de Tunisie (INAT) et de la Faculté des Sciences de Tunis.

Suite aux présentations des différents intervenants des débats très constructifs se sont engagés avec la salle.

Départ pour Rafrat et arrivée dans la soirée.

Mardi 30 Octobre 2007

Matinée : Présentation du "Protocole pour la mise en place d'une surveillance des herbiers de Posidonies " et présentation de la mise en place du réseau MedPosidonia (limites inférieures et supérieures). Préparation du matériel de terrain (équipement des balises, piquets, matériel scientifique,...).

Après-midi : Départ sur le terrain mais l'état de la mer ne permet pas la mise à l'eau du Zodiac. Retour à l'hôtel. Départ d'une équipe sur Bizerte (recherche d'un site plus abrité et récolte de faisceaux de Posidonies pour analyse ultérieure). Evaluation des images SPOT acquises dans le cadre du projet MedPosidonia avec les différents représentants nationaux :

- Kerkennah et Monastir pour la Tunisie
- El Kala et Bou Ismail pour l'Algérie
- Bozborum pour la Turquie.

Compte tenu des objectifs nationaux et des images disponibles, deux ou trois « imageries » de 25 km² présentant une très haute résolution (inférieure au mètre) devront être acquises pour l'Algérie et la Turquie.

Mercredi 31 Octobre 2007

Matinée : Départ 7h00 pour bénéficier de meilleures conditions météorologiques. Un nouvel essai de mise à l'eau du Zodiac à Rafrat se solde par un échec du fait d'une houle importante. Un embarquement est alors effectué directement au port de Ghar El Melh sur le bateau de plongée servant de base au stage. Arrivé sur site, les formateurs décident, pour des raisons de sécurité, d'annuler la plongée du fait de la houle persistante.

Après midi : Compte tenu des conditions météorologiques une session de formation théorique sur la cartographie des herbiers de Posidonies est organisée. Cette session permet d'initier les stagiaires à la manipulation d'un logiciel de traitement d'images (ENVI 4). Après un exposé théorique sur les conditions d'application (types d'images, données terrains, intégration dans le logiciel, fonctionnement du logiciel), un exercice pratique à partir d'une image est réalisé par binôme sur micro-ordinateur.

Jeudi 1 Novembre 2007

Matinée : Compte tenu des conditions météorologiques toujours défavorables, il est décidé de travailler sur le site de substitution à Bizerte. L'ensemble des stagiaires, le zodiac et le bateau de plongée sont déplacés sur ce nouveau site. Les formateurs identifient une station pouvant servir de nouveau site atelier ; toutefois, l'herbier se développe essentiellement sur roche et de nombreuses méduses (Pelagia) sont observées.

Après-midi : Réalisation de l'exercice pratique de mise en place d'un balisage de l'herbier. La visibilité réduite, le type de substrat, la faible profondeur et la présence des méduses permettent aux stagiaires d'appréhender les difficultés techniques liées à la mise en place de ce système de surveillance.

Vendredi 2 Novembre 2007

Matinée : Synthèse de la mission sur le site de Bizerte et organisation d'une séance de travaux dirigés consacrées au dépouillement des données acquises sur le terrain. Les stagiaires se répartissent en deux ateliers techniques : (i) application des méthodes lépidochronologiques et phénologiques sur les faisceaux de Posidonies récoltés la veille à Bizerte, (ii) report des données terrain avec notamment la construction du plan du balisage à partir des mesures réalisées sur le site de Bizerte.

Après-midi : Départ pour Tunis.

9.2.2. Synthèse

Malgré les conditions météorologiques tout particulièrement défavorables et l'obligation d'effectuer l'exercice pratique sur un site de substitution, il semble que cette formation a permis aux stagiaires de se familiariser avec plusieurs techniques de surveillance des herbiers de Posidonies et d'en tester un certain nombre :

- Présentations du projet MedPosidonia, du rôle des herbiers de Posidonies et des méthodes de surveillance préconisée (balisage, cartographie, vitalité de l'herbier)
- Echanges d'expériences avec les systèmes mis en place dans plusieurs pays méditerranéens
- Mise à disposition d'un protocole standardisé détaillé pour être appliqué dans les différents sites retenus dans le cadre du projet MedPosidonia
- Initiation à la cartographie des herbiers superficiels par traitement d'images et leur intérêt pour le suivi des limites supérieures
- Installation d'un balisage sur le terrain permettant de mieux apprécier le travail nécessaire et se familiariser avec les difficultés techniques inhérentes à ce type d'exercice
- Initiation aux techniques de reports des données (plan du balisage) et de mesures de la vitalité des herbiers.

Les principaux problèmes rencontrés sont liés aux conditions météorologiques particulièrement défavorables pendant toute la durée du stage. Si ce stage est appelé à être renouvelé, il serait judicieux de choisir une période plus favorable (mais il est difficile de prévoir l'état de la mer quelque soit la saison), d'allonger sa durée (afin de disposer de plus de créneaux pour les sorties-terrain), de choisir un site plus abrité situé à proximité de la zone d'embarquement.

Quelques photos de la session de Rafrat



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Agreil M., 2003. Contribution de la cartographie benthique et des systèmes d'informations géographiques à la gestion d'une aire spécialement protégée. Mem. DESS « Ecosystèmes méditerranéens littoraux », Université de Corse, France : 1-51.

Alcoverro T., Manzanera M., Romero J., 1998. Seasonal and age-dependent variability of *Posidonia oceanica* (L.) Delile photosynthetic parameters. *Journal Experimental Marine Biology Ecology*, 230(1) : 1-13.

Ami D., Boudouresque C.F., 2002. Valuing benefits from protecting the seagrass *Posidonia oceanica* beds in the Mediterranean Sea. *Conference on Risk and Uncertainty in Environmental and Resource Economics*, Wageningen University, The Netherlands : 7p.

Anonyme, 1998. Protocole relatif aux aires spécialement protégées et à la diversité biologique en Méditerranée (Barcelone, 1995). RAC-SPA édit., PNUE publ. : 46p.

Anonyme, 2000a. Action plan for the conservation of marine vegetation in the Mediterranean sea. CAR-ASP édit., PNUE publ. : 8p.

Anonyme, 2000b. Atlas des principales données environnementales. Observatoire de l'Environnement de Corse. OEC & DIREN édit., Siciliano publ. : 148p.

Ardizzone G.D., Pelusi P., 1984. Yield and damage evaluation of bottom trawling on *Posidonia* meadows. *International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A. et Olivier J. édit., GIS Posidonie publ., Marseille, 1 : 63-72.

Astier J.M., 1984. Impact des aménagements littoraux de la rade de Toulon, liés aux techniques d'endiguage, sur les herbiers à *Posidonia oceanica*. *International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A. et Olivier J. édit., GIS Posidonie publ., Marseille, 1 : 255-259.

Augier H., 1985. L'herbier à *Posidonia oceanica*, son importance pour le littoral méditerranéen, sa valeur comme indicateur biologique de l'état de santé de la mer, son utilisation dans la surveillance du milieu, les bilans écologiques et les études d'impact. *Vie marine*, 7 : 85-113.

Augier H., Boudouresque C.F., 1970. Végétation marine de l'île de Port-Cros (Parc National). V. La baie de Port-Man et le problème de la régression de l'herbier de Posidonies. *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, 30 : 145-164.

Augier H., Boudouresque C.F., 1976. Végétation marine de l'île de Port-Cros (Parc National). XIII. Documents pour la carte des peuplements benthiques. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, 2 : 9-22.

Augier H., Boudouresque C.F., 1979. Premières observations sur l'herbier de Posidonies et le détritique côtier de l'île du Levant (Méditerranée, France), à l'aide du sous-marin Griffon de la Marine Nationale. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, 5 : 141-153.

Augier H., Gilles G., Ramonda G., 1984. L'herbier de *Posidonia oceanica* et la pollution par le mercure sur le littoral des Bouches-du-Rhône et du Var (France). *International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A. et Olivier J. édit., GIS Posidonie publ., Marseille, 1 : 399-406.

Baroli M., Cristini A., Cossu A., De Falco G., Gazale V., Pergent-Martini C., Pergent G., 2001. Concentrations of trace metals (Cd, Cu, Fe, Pb) in *Posidonia oceanica* seagrass of Liscia bay, Sardinia (Italy). In " *Structure and Processes in the Mediterranean Ecosystem* " Faranda F.M. Guglielmo L & Spezie G. eds. Springer-Verlag publ., Proceed. Convegno Diversità e cambiamento, Ischia 10-14 Novembre 1998.

Bay D., 1978. Etude in situ de la production primaire d'un herbier de Posidonies (*Posidonia oceanica* (L.) Delile) de la baie de Calvi-Corse. *Progr. Rép. Stn. Océanogr. Stareso, Univ. Liège, Belgique*, 18 : 6 p non num. + 1-251.

Bellan-Santini D., Lacaze J. C., Poizat C., 1994. Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives. *Muséum National d'Histoire Naturelle publ., Paris* : 246p.

Bellan-Santini D., Willsie A., Arnoux A., 1986. Distribution comparée des crustacés amphipodes de la matte d'herbier de Posidonies mort et vivant. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, 30 (2) : 8.

Bernier, P., Guidi, J.-B., Böttcher, M.E., 1997. Coastal progradation and very early diagenesis of ultramafic sands as a result of rubble discharge from asbestos excavations (northern Corsica, western Mediterranean). *Marine Geology* 144, 163-175.

Bianchi C.N., Peirano A., 1995. Atlante delle fanerogame marine della Liguria : *Posidonia oceanica* e *Cymodocea nodosa*. ENEA, Centro Ricerche Ambiente Marino, La Spezia : 1-146.

Blanc J.J., Jeudy de Grissac A., 1978. Recherches de géologie sédimentaire sur les herbiers à Posidonies du littoral de la Provence. *Contrat CNEXO 76/4043, 77/4074, Centre nation. Exploit. Océans édit.* : 1-185, i-vii, 42 pl. h.t.

Borg J.A., Schembri P.J., 1995. Preliminary data on bathymetric and temporal changes in the morphology of a maltese *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadow. *Rapp. P.V. Comm. int. Mer Médit.*, 34 : 20.

Boudouresque C.F., 1996. Impact de l'homme et conservation du milieu marin en méditerranée. 2ème édition. GIS posidonie publ., Marseille : 1-243.

- Boudouresque C.F., Avon M., Pergent-Martini C., 1993. Qualité du milieu marin - indicateurs biologiques et physico-chimiques. In « *Rencontres scientifiques de la Côte Bleue* », APEDCB & GIS Posidonie, GIS posidonie Publ., 3, Marseille : 296p.
- Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L. 2006b. Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. RAMOGE pub. : 1-202.
- Boudouresque C.F., Charbonnel E., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Cadiou G., Bertrand M.C., Foret P., Ragazzi P., Rico-Raimondino V., 2000. A monitoring network based on the seagrass *Posidonia oceanica* in the northwestern mediterranean sea. *Biologia Marina Mediterranea*, 7(2) : 328-331.
- Boudouresque C.F., Crouzet A., Pergent G., 1983. Un nouvel outil au service de l'étude des herbiers à *Posidonia oceanica* : la Lépidochronologie. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, 28(3) : 111-112.
- Boudouresque C.F., Gravez V., Meinesz A., Molenaar H., Pergent G., Vitiello P., 1995. L'herbier à *Posidonia oceanica* en Méditerranée : Protection légale et gestion. In "Pour qui la méditerranée au 21 ème Siècle - Villes des rivages et environnement littoral en Méditerranée", OKEANOS 94, Maison de l'Environnement de Montpellier Edit. : 209-220.
- Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., 1983. L'herbier à *Posidonia oceanica* en Méditerranée : les interactions entre la plante et le sédiment. *Journal Recherche océanographique*, 8 (2-3) : 99-122.
- Boudouresque C.F., Mayot N., Pergent G., 2006a. The outstanding traits of the functioning of the *Posidonia oceanica* seagrass ecosystem. In "Mediterranean Seagrass Workshop", May 29 – June 3, Marsascala, Malta : 16.
- Boudouresque C.F., Meinesz A., 1982. Découverte de l'herbier de Posidonies. *Cahier Parc nation. Port-Cros*, 4 : 1-79.
- Boudouresque C.F., Meinesz A., Lefevre J.R., 1985. Cartographie des peuplements benthiques marins de Corse : I. La formation récifale à *Posidonia oceanica* de Saint-Florent. *Annales Institut océanographique*, 61(1) : 27-38.
- Boudouresque C.F., Pergent G., Francour P., Harmelin-Vivien M., Jangoux M., Mazzella L., Panayotidis P., Pergent-Martini C., Ramos-Espla R. Romero J., Scipione M.B., 1990. Le Cost 647 : *Posidonia* Project. *Posidonia Newsletter*, 3(2) : 27-34
- Bourcier M., 1989. Régression des herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) Delile, à l'Est de Marseille, sous l'action conjuguée des activités humaines et des modifications climatiques. *II International Workshop on Posidonia oceanica beds*, C.F. Boudouresque, A. Meinesz, E. Fresi & V. Gravez edit. GIS Posidonie publ., Marseille, 2 : 287-293.
- Bourcier M., Nodot C., Jeudy De Grissac A., Tine J., 1979. Répartition des biocénoses benthiques en fonction des substrats sédimentaires de la rade de Toulon (France). *Téthys*, 9 (2) : 103-112.
- Calmet D., Boudouresque C.F., Meinesz A., 1988. Memorization of nuclear atmospheric tests by rhizomes and scales of the mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. *Aquatic Botany*, 30 (4) : 279-294.
- Calvo S., Frada Orestano C., Abbadessa P., 1993. The suitability of a topographical instrument for an integrated approach to the cartography of *Posidonia oceanica* meadows. *Oceanologica acta*, 16(3) : 273-278.
- Capiomont A., Piazzis L., Pergent G., 2000. Seasonal variations of total mercury levels in foliar tissues of *Posidonia oceanica*. *Journal Marine Biology Association U.K.*, 80(6) : 1119-1123.
- Caye G., 1982. Etude sur la croissance de la Posidonie, *Posidonia oceanica* (L.) Delile, formation des feuilles et croissance des tiges au cours d'une année. *Téthys*, 10 (3) : 229-235.
- Chamley H., 1987. Sédimentologie. Dunot edit. : 1-175.
- Charbonnel E., Boudouresque C.F., Meinesz A., Pergent-Martini C., Rico-Raimondino V., San-Martin G., Bertrand M.C., Foret P., Ragazzi M., Leccia M., 1995. Le Réseau de surveillance Posidonies de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Rapport 1995 (4ème phase/2ème année). Région PACA/GIS Posidonie publ., Marseille : 1-193.
- Chessa L.A., Fustier V., Fernandez C., Mura F., Pais A., Pergent G., Serra S., Vitale L., 2000. Contribution to the knowledge of "banquettes" of *Posidonia oceanica* (L.) Delile in Sardinia island. *Biologia Marina Mediterranea*, 7(2) : 35-38.
- CIESM, 2002. Mediterranean Mussel Watch – Designing a regional program for detecting radionuclides and trace-contaminants. CIESM Workshop Series, 15, Monaco : 136p.
- Colantoni P., Galignani P., Fresi E., Cinelli F., 1982. Patterns of *Posidonia oceanica* (L.) Delile beds around the island of Ischia (Gulf of Naples) and adjacent waters. *Marine Ecology PSZNI*, 3 (1) : 53-74 + 2 cartes h.t.
- Costanza R., Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., Van den Belt M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387 : 253-260.
- Cristiani G., 1980. Biomasse et répartition de l'herbier de *Posidonia oceanica* de la Côte bleue (B.d. Rh., France) et pollution marine par les métaux lourds. Thèse 3ème cycle, Univ. Aix-Marseille III, France : 1-150 + I-IX, + 1 carte h.t.
- Crouzet A., 1981. Mise en évidence de variations cycliques dans les écailles de rhizomes de *Posidonia oceanica* (Potamogetonaceae). *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, 7 : 129-135.
- CTGREF, 1978. Inventaire des zones humides du littoral oriental corse. Mission interministerielle pour la protection et l'aménagement de l'espace naturel méditerranéen/CTGREF, Etude 7 : 225 p.

- Darmoul B., 1988. Pollution dans le Golfe de Gabès (Tunisie). Bilan de six années de surveillance (1976-1981). *Bulletin Institut Océanographie. Pêche, Salambô*, 15: 61-84.
- Darwin C., 1859. On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life. John Murray edit, London : 1-502.
- Dupuy de la Grandrive R., 2006. Rapport de mission en Libye, 13 juin – 19 juin 2006. PNUE – PAM – CAR/ASP, Projet MedPosidonia, CAR/ASP édit., Tunis:1-14.
- Drew E.A., 1971. Botany. *Underwater Science*. An introduction to experiments by divers. Woods et Lithgoe édit., London, 59 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.
- Francour P., 1990. Dynamique de l'écosystème à *Posidonia oceanica* dans le Parc national de Port-Cros. Analyse des compartiments matie, litière, faune vagile, échinodermes et poissons. Thèse Doct. Univ. Paris VI, France : 373 p.
- Francour P., 1997. Fish assemblages of *Posidonia oceanica* beds at Port Cros (France, NW Mediterranean) : Assessment of composition and long-term fluctuations by visual census. *Marine Ecology - PSZNI*, 18(2) : 157-173.
- Francour P., Ganteaume A., Poulain M., 1999. Effects of boat anchoring in *Posidonia oceanica* seagrass beds in the Port-Cros National Park (north-western Mediterranean sea). *Aquatic Conservation Marine Freshwater Ecosystem*, 9 : 391-400.
- Francour P., Poulain M., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., 1997. Impact des mouillages forains sur l'herbier à *Posidonia oceanica* dans le parc national de Port-Cros (Méditerranée Nord-occidentale). Contrat Parc national de port-Cros et GIS Posidonie, GIS Posidonie Publ. Marseille : 1-51.
- Friedman G.M., 1962. On sorting, sorting coefficients and the grain-size distribution of sandstones. *Journal Géologie*, 70 : 737-756.
- 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 oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Meinesz A., Fresi E. & Gravez V. edit., GIS Posidonie publ., Marseille, 2 : 101-112.
- Giraud G., 1977a. Contribution à la description et à la phénologie quantitative des herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Thèse Doctorat 3ème cycle, Université Aix-Marseille II, France : 1-150.
- Giraud G., 1977b. Essai de classement des herbiers de *Posidonia oceanica* (Linné) Delile. *Botanica Marina*, 20 (8) : 487-491.
- Giraud G., 1979. Sur une méthode de mesure et de comptage des structures foliaires de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. *Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille*, 39 : 33-39.
- Goldberg, E.D. and Bertine, K.K., 2000. Beyond the Mussel Watch - new directions for monitoring marine pollution. *Science Total Environment*, 247, 165-174
- Harmelin J.G., 1993. Invitation sous l'écume. Parc national Port-Cros, Cahier découverte, 10 : 83p.
- Jeudy de Grissac A., 1984. Effets des herbiers à *Posidonia oceanica* sur la dynamique marine et la sédimentologie littorale. *International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edit., GIS Posidonie publ., Marseille, 1 : 437-443.
- Jeudy de Grissac A., Audoly G., 1985. Etude préliminaire des banquettes de feuilles mortes de *Posidonia oceanica* de la région de Marseille, France. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internat. Explor. sci. Mer médit.*, 29(5) : 181-182.
- Jeudy de Grissac A., Boudouresque C.F., 1985. Rôles des herbiers de phanérogames marines dans les mouvements des sédiments côtiers : les herbiers à *Posidonia oceanica*. In "*Les aménagements côtiers et la gestion du littoral*", Coll. pluridisciplinaire franco-japonais océanographie, H.J. Ceccaldi & G. Champalbert Eds., 1 : 143-151.
- Kelly M.G., 1980. Remote sensing of seagrass beds. In « *Handbook of Seagrass Biology : An Ecosystem Perspective* » R.C. Phillips & C.P. Mc Roy Eds., Garland STPM Press, N.Y. : 69-86.
- Lafabrie C., Pergent G., Kantin R., Pergent-Martini C., Gonzalez J.-L., 2007a. Trace metals assessment in water, sediment, mussel and seagrass species - Validation of the use of *Posidonia oceanica* as a metal biomonitor. *Chemosphere*, 68 : 2033-2039.
- Lafabrie C., Pergent G., Pergent-Martini C., Capiomont A., 2007b. *Posidonia oceanica*: a tracer of past mercury contamination. *Environmental Pollution*, 148 : 688-692
- Lafabrie C., Pergent-Martini C., Pergent G., 2008. Metal contamination of *Posidonia oceanica* meadows along the Corsican coastline (Mediterranean). *Environmental Pollution*, 151(1) : 262-268.
- Leoni V., Pasqualini V., Pergent-Martini C., 2003. Descriptors of *Posidonia oceanica* meadows : general overview. In "*Proceedings of the Sixth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST 03*", 7-11 October 2003, Ravenna, Italy, E. Ozhan edit., MEDCOAST Secretariat, Middle East Technical University publ., Ankara, 2 : 831-842.
- Leoni V., Vela A., Pasqualini V., Pergent-Martini C., Pergent G., 2008. Effects of experimental reduction of light and nutrient enrichments (N and P) on seagrasses: a review. *Aquatic Conservation Marine Freshwater Ecosystems*, 18(2): 202-220.

Lopez y Royo C., 2008. Utilisation de *Posidonia oceanica* (L.) Delile comme outil de gestion de la qualité écologique du milieu littoral. Doctorat Université de Corse : 1-237.

Lopez y Royo C., Casazza G., Pergent-Martini C., Pergent G., *in press*. A biotic index using the seagrass *Posidonia oceanica* (BiPo), to evaluate ecological status and water quality. *Ecological indicator*.

Mazzella L., Cinelli F., Ott J., Klepal W., 1981. Studi sperimentali "in situ" sull'epifitismo della *Posidonia oceanica* Delile. *Quad. Lab. Technol. Pesca*, 3 (1 suppl.): 481-492.

McKenzie LJ, Lee Long WJ, Coles RG, Rodger CA, 2000 Seagrass-Watch: community-based monitoring of seagrass resources. *Biologia Marina Mediterranea*, 7(2): 393-396.

Meinesz A., 1977a. Balisage de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* en rade de Villefranche-sur-Mer (Alpes-maritimes, France). *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, 24(6) : 143-144.

Meinesz A., 1977b. Surveillance des herbiers de Posidonies dans la réserve sous-marine de Scandola. *Courrier Parc Corse*, 26 : 24-27.

Meinesz A., Boudouresque C.F., Bianconi C.H., Simonian M., 1987. Cartographie de la limite inférieure de l'herbier de Posidonies de la baie d'Elbo. *Trav. sci. Parc nat. rég. Rés. nat. Corse*, 13 : 27-37.

Meinesz A., Cuvelier M., Laurent R., 1981. Méthodes récentes de cartographie et de surveillance des herbiers de Phanérogames marines. Leurs applications sur les côtes françaises de la Méditerranée. *Vie Milieu*, 31 (1) : 27-34.

Meinesz A., Laurent R., 1978. Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes-maritimes (France). Campagne Poséidon 1976. *Botanica marina*, 21 (8) : 513-526.

Meinesz A., Verlaque M., 1989. Localisation de la limite inférieure des herbiers de *Posidonia oceanica* (L.) Delile, de la Réserve Naturelle des Lavezzi, II : mission Lavezzi 5 (1987). *Trav. sci. Parc nat. rég. Rés. nat. Corse*, 24 : 83-88.

Molenaar H., 1992. Etude de la transplantation de boutures de *Posidonia oceanica* (L.) Delile, Phanérogames marines. Modélisation de l'architecture et du mode de croissance. Thèse Doctorat., Univ. Nice-Sophia Antipolis, France : 1-221.

Molinier R., Picard J., 1952. Recherches sur les herbiers de Phanérogames marines du littoral méditerranéen français. *Annales Institut océanographique Paris*, 27 (3) : 157-234.

Morel M., 1999. Surveillance de la qualité de l'environnement littoral - propositions pour une meilleure coordination des réseaux. Ifremer édit., Bilans & prospectives : 36p. + Ann.

Paillard M., Gravez V., Clabaut P., Walker P., Blanc J.J., Boudouresque C.F., Belsher T., Ursheler F., Poydenot F., Sinnassamy J.M., Augris C., Peyronnet J.P., Kessler M., Augustin J.M., Le Drezen E., Prudhomme C., Raillard J.M., Pergent G., Hoareau A., Charbonnel E., 1993. Cartographie de l'herbier de Posidonie et des fonds marins environnants de Toulon à Hyères (Var - France). Reconnaissance par sonar latéral et photographie aérienne. Notice de présentation. Ifremer & GIS Posidonie Publ., Marseille. : 1-36 + 3 cartes annexes.

Panayotidis P., Boudouresque C.F., Marcot-Coqueugniot J., 1981. Microstructure de l'herbier de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. *Botanica marina*, 24 (3) : 115-124.

Pasqualini V., Pergent-Martini C., Clabaut P., Marteel H., Pergent G., 2001. Integration of aerial remote sensing, photogrammetry and GIS technologies in seagrass mapping. *Photogrammetric Engineering Remote Sensing.*, 67(1) : 99-105.

Peirano A., Bianchi N.C., 1995. Decline of the seagrass *Posidonia oceanica* in response to environmental disturbance : a simulation-like approach off Liguria (NW Mediterranean sea). *In Proceed. "30th European Marine Biological Symp."*, Southampton : 87-95.

Pergent G., 1987. Recherches Lépidochronologiques chez *Posidonia oceanica* (Potamogetonaceae). Fluctuations des paramètres anatomiques et morphologiques des écailles des rhizomes. Thèse Doctor. Océanol., Univ. Aix-Marseille II, France : 1-853.

Pergent G., 1990. Lepidochronological analysis in the seagrass *Posidonia oceanica*: a standardized approach. *Aquatic botany*, 37 : 39-54.

Pergent G., Djellouli A., Hamza A.A., Ettayeb K.S., El Mansouri A.A., Talha F.M., Hamza M.A., Pergent-Martini C., Platini F., 2002. Characterization of the benthic vegetation in the Farwà Lagoon (Libya). *Journal Coastal Conservation*, 8 : 119-126.

Pergent G., Kempf M., 1993. L'Environnement marin côtier en Tunisie (1) Rapport de synthèse, (2) Etude documentaire, (3) Annexes. Rapport IFREMER DEL Brest 92.06, Déc. 1993, 3vols : 55+395+173 p.

Pergent G., Leonardini R., Mimault B., 2008. Mise en œuvre d'un Réseau de Surveillance Posidonies le long du littoral de la Corse – Troisième phase : Ajaccio / Cap Corse. Contrat Office de l'Environnement de la Corse et GIS Posidonie Centre de Corse, GIS Posidonie Publ., Corte : 1 - 141.

Pergent G., Pergent-Martini C., 1990. Some applications of lepidochronological analysis in the seagrass *Posidonia oceanica*. *Botanica marina*, 33 : 299-310.

Pergent G., Pergent-Martini C., 1999. Mercury levels and fluxes in *Posidonia oceanica* meadows. *Environmental Pollution*, 106

: 33-37.

Pergent G., Pergent-Martini C., 2007. Mise en œuvre d'un réseau de surveillance Posidonies (RSP) en Corse. 3^{ème} Phase – Rapport intermédiaire. Contrat GIS Posidonie – Centre de Corse & Office de l'Environnement de la Corse, GIS Posidonie publ., Corte : 9p.

Pergent G., Pergent-Martini C., Boudouresque C.F., 1995. Utilisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée : Etat des connaissances. *Mésogée*, 54 : 3-29.

Pergent G., Pergent-Martini C., Casalta B., Lopez Y Royo C., Mimault B., Salivas-Decaux M., Short F. 2007. Comparison of three seagrass monitoring systems : SeagrassNet, "Posidonia" programme and RSP. Proceedings of the third Mediterranean symposium on marine vegetation (Marseille, 27-29 March 2007). C. Pergent-Martini, S. El Asmi, C. Le Ravallec edits., RAC/SPA publ., Tunis: 141-150.

Pergent G., Rico-Raimondino V., Pergent-Martini C., 1997. Fate of primary production in *Posidonia oceanica* meadows of the Mediterranean. *Aquatic Botany*, 59 (3-4) : 307-321.

Pergent-Martini C., 1998. *Posidonia oceanica* : a biological indicator of past and present mercury contamination in the Mediterranean sea. *Marine Environmental Research*, 45(2) : 101-111.

Pergent G., Djellouli A., Hamza A.A., Ettayeb K.S., Alkekli A., Talha M., Alkunti E., 2007. Structure of *Posidonia oceanica* meadows in the vicinity of ain al-ghazala lagoon (libya): the « macroatoll » ecomorphosis. Proceedings of the third Mediterranean symposium on marine vegetation (Marseille, 27-29 March 2007). C. Pergent-Martini, S. El Asmi, C. Le Ravallec edits., RAC/SPA publ., Tunis: 135-140.

Pergent-Martini C., 2006. Élément de qualité biologique : Posidonie – Compte-rendu de l'exercice d'intercalibration. Contrat Ifremer / Université de Corse - EqEL, Corte : 1-27.

Pergent-Martini C., Leoni V., Pasqualini V., Ardizzzone G.D., Balestri E., Bedini R., Belluscio A., Belsher T., Borg J., Boudouresque C.F., Boumaza S., Bouquegneau J.M., Buia M.C., Calvo S., Cebrian J., Charbonnel E., Cinelli F., Cossu A., Di Maida G., Dural B., Francour P., Gobert S., Lepoint G., Meinesz A., Molenaar H., Mansour H.M., Panayotidis P., Peirano A., Pergent G., Piazzì L., Pirrotta M., Relini G., Romero J., Sanchez-Lizaso J.L., Semroud R., Shembri P., Shili A., Tomasello A., Velimirov B., 2005. Descriptors of *Posidonia oceanica* Meadows : Use and application. *Ecological Indicators*, 5 : 213-230.

Pergent-Martini C., Pergent G., 1993. Impact of the Marseille sewage treatment plant after four years'operation. *Symposium international protection du milieu marin contre les pollutions urbaines*, Marseille, 20-22 Octobre 1993, Ville de Marseille publ., 3 : 3p.

Pergent-Martini C., Pergent G., 2000. Are marine phanerogams a valuable tool in the evaluation of marine trace-metal contamination : example of the Mediterranean sea ? *International Journal Environmental Pollution*, 13(1-6) : 126-147.

Pergent-Martini C., Pergent G., Fernandez C., Ferrat L., 1999. Value and use of *Posidonia oceanica* as a biological indicator. In proceed. MEDCOAST 99 - EMECS 99 Joint Conference " Land-ocean interactions : managing coastal ecosystems ", MEDCOAST, Middle East Technical Univ. Publ, Ankara, 1 : 73-90.

Platini F., 2000. La protection des habitats aux herbiers en Méditerranée. Rapp. PNUE, PAM, CAR/ASP edit., PNUE publ., Tunis : 65p.

PNUE, 1990. Livre rouge "Gérard Vuignier" des végétaux, peuplement et paysages marins menacés de Méditerranée. UNEP/IUCN/ GIS Posidonie. UNEP, *MAP Technical Reports*, 43 : 1-250.

Ramade F., 1990. La conservation des écosystèmes littoraux méditerranéens. *Bulletin Société zoologique France*, 114(3) : 121-136.

Ramos-Espla A.A., Aranda A., Gras D., Guillen J.E., 1994. Impactos sobre las praderas de *Posidonia oceanica* (L.) Delile en el SE español : necesidad de establecer herramientas de ordenamiento y gestión del litoral. *Pour qui la Méditerranée au 21^e siècle ? Villes des rivages et environnement littoral en Méditerranée*, Montpellier : 64-69.

Rico-Raimondino V., 1995. Contribution à l'étude des stocks et flux d'éléments dans les herbiers à *Posidonia oceanica*. Thèse Doct. Ecologie, Univ. Aix-Marseille II, France : 1-248.

Rivière A., 1977. Méthodes granulométriques – Techniques et interprétations. Masson publ., Paris : 1-170.

Romero J.; Alcoverro, T.; Martínez-Crego, B. and Pérez, M., 2005. The seagrass *Posidonia oceanica* as a quality element under the Water Framework Directive: POMI, a multivariate method to assess ecological status of Catalan coastal waters. Working document of the POMI group, University of Barcelona and Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CSIC).

Romero J., Martínez-Crego B., Alcoverro T., Pérez M. 2007a. A multivariate index based on the seagrass *Posidonia oceanica* (POMI) to assess ecological status of coastal waters under the water framework directive (WFD). *Marine Pollution Bulletin*, 55: 196–204.

Romero J., Pergent G., Pérez M., Pergent-Martini C., Alcoverro T., Lopez y Royo C., Martínez-Crego B., Mimault B., Vich A., García T., Sanmartí N., 2007b. Mise en cohérence, développement, harmonisation et validation de méthodes d'évaluation de la qualité du milieu littoral par le suivi de l'herbier de *Posidonia oceanica* ». Final Report -Sub-project: Bioindicators. Programme INTERREG « Posidonia » : 1-59.

Romero-Martinengo J., 1985. Estudio ecologico de las Fanerogamas marinas de la costa Catalana : produccion primaria de *Posidonia oceanica* (L.) Delile en las islas Medes. Tesis Doct. Facultad Biol. Univ. Barcelon, Spain : 1-261.

- Short, F.T. and Coles, R.G. (eds) 2001. Global Seagrass Research Methods. Elsevier Science B.V., Amsterdam. 473pp.
- Short F.T., Wolf J., Jones G.E., 1989. Sustaining eelgrass to manage a healthy estuary. Proc. Sixth Symp. Coastal and Ocean Management/ASCE, July 11-14, 1989, Charleston, SC : 3689-3706.
- Somaschini A., Gravina M.F., Ardizzone G.D., 1994. Polychaete Depth Distribution in a *Posidonia oceanica* Bed (Rhizome and Matte Strata) and Neighbouring Soft and Hard Bottoms. *Marine Ecology P.S.Z.N.I.*, 15(2) : 133-151.
- UNEP-MAP-RAC/SPA, 2002. Standard Data-Entry Form (SDF) for national inventories of natural sites of conservation interest. RAC/SPA edit, Tunis: 1-35 + annexes.
- Velimirov B., 1984. Grazing of *Sarpa salpa* L. on *Posidonia oceanica* and utilization of soluble compounds. *International Workshop Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac et Olivier J. edit., GIS Posidonie publ., Marseille, 1 : 381-387.
- Verlaque M., 1987. Relations entre *Paracentrotus lividus* (Lamarck) et le phytobenthos de Méditerranée occidentale. « *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles* », C.F Boudouresque edit., GIS Posidonie publ., Marseille : 5-36.
- Wittmann K., Mazzella L., Fresi E., 1981. Age specific patterns of leaf growth : Their determination and importance for epiphytic colonization in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, 27(2) : 189-191.
- Zupo V., Fresi E., 1985. A study on the food web of the *Posidonia oceanica* (L.) Delile ecosystem : analysis of the gut contents of echinoderms. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 29(5) : 189-192.

Annexe 1 : liste nominative des participants aux différentes actions du projet (Med*Posidonia*)

Liste nominative des participants aux différentes actions du projet

(MedPosidonia)

ALGERIE

Nadia CHENOUF

Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme (MATET)

Raouf HADJ AISSA

Conservatoire National des Formations à l'Environnement

Mohamed Larbi KHARDINE

Conservatoire National des Formations à l'Environnement

Saïda LAOUAR

Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme (MATET)

Rachid SEMROUD

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (ESSMAL)

LYBIE

Makie AGELEE

Environment General Authority

Mostafa ELAMARI

Environment General Authority

Mahmud Esediq ELFALLAH

Environment General Authority

Salah ELGARARI

Environment General Authority

Ali ELKIKLY

Environment General Authority

Elssaïed ELRAIS

Marin

Ashraf GLEDAN

Environment General Authority

Salah HALOUJ

Team driver

Naser Elhadi HWASS

Environment General Authority

Mohamed Elhadi SHERIF

Environment General Authority

Abdul-Raouf M. SHERIF

Team driver

Almoktar Mussa SAIED,

Environment General Authority

Mohamed TWEBI

Environment General Authority

TURQUIE

Aybars ALTIPARMAK

Ministry of Environment and Forestry

Barış AKÇALI

Dokuz Eylül University

Adem AKGÜÇ

Yelda AKTAN

İstanbul University

Herdem ARSLAN

Çanakkale Onsekizmart University

Yüksel. Ali CEMAL GUCU

Institute of Marine Sciences de Mersin, METU
Universität d'Ankara

Aysu GÜMÜSOĞLU

İstanbul University

Onur GÖNÜLAL

İstanbul University

Süheyla KARATAŞ

İstanbul University

Baris KIYA

Universität d'Adana

Alaaddin MEMIGÜVEN

Meltem OK

Institute of Marine Sciences de Mersin, METU
Université d'Ankara

Caner Enver OZYURT

Université d'Adana

İdil ÖZ

Çanakkale Onsekizmart University

H. Barış ÖZALP

Çanakkale Onsekizmart University

Rahmi ŞAHİN

Serdar SAKINAN

Institute of Marine Sciences de Mersin, METU
Université d'Ankara

Abdullah SEZGIN

Ant TÜRKMEN

Hacettepe University

Yusuf VOLKAN

TUNISIE

Walid BELGACEM

Faculté des sciences de Tunis

Khaled BEN AMARA

Club de plongée, Bizerte

Mourad BEN KHELIFA

Club de plongée, Bizerte

Montassar EL HARKI

Institut National des Sciences et Technologies
de la Mer

Wasim HAMMAMI

Agence de Protection et d'Aménagement du
Littoral

Chokri JEBALI

Institut National des Sciences et Technologies
de la Mer

Habib LANGAR

Institut National des Sciences et Technologies
de la Mer

ALI MAKNI

Marin Pêcheur

Wajdi MAKNI

Etudiant

Afif OTHMAN

Institut National des Sciences et Technologies
de la Mer

Anis ZARROUK

Agence de Protection et d'Aménagement du
Littoral (APAL)

Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées (CAR / ASP)

Marion BRICHET

Souha EL ASMI

Mohamed JENDOUBI

Atef LIMAM

Christine PERGENT-MARTINI

GROUPEMENT NAUTILUS- OKIANOS

Aslam DJELLOULI

Renaud DUPUY DE LA GRANDRIVE

Mathieu FOULQUIE

Youssef MAROUANI

Fabio MORFEA

Gérard PERGENT

Chedly RAIS

Yassine Ramzi SGHAIER

Giovanni TORCHIA

Annexe 2 : Protocole pour la mise en place d'une surveillance des herbiers de Posidonies



Programme MedPosidonia

Action Surveillance



Protocole pour la mise en place d'une surveillance des herbiers de Posidonies

Mémorandum d'accord n°21/2007/RAC/SPA_ MedPosidonia



Gérard Pergent



- Octobre 2007 -

Protocole pour la mise en place d'une surveillance des herbiers de Posidonies

Etude commandée par :

Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées (CAR/ASP)
Boulevard du Leader Yasser Arafat, BP 337, 1080 Tunis Cedex - Tunisie
Monsieur Abderrahmen Gannoun, Directeur.

Dossier suivi par :

Mlle Souha El Asmi

Avec la contribution financière de :

Fondation d'Entreprise Total pour la Biodiversité et la Mer
Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées

Référence de l'étude :

Mémoire d'accord n°21/CAR/ASP/2007

Expert en charge du rapport :

Gérard Pergent, Professeur Université de Corse, Expert - Groupement Nautilus-Okianos

Crédit photographique :

Gérard Pergent

Ce rapport doit être cité sous la forme :

Pergent G., 2007. Protocole pour la mise en place d'une surveillance des herbiers de Posidonies. Programme « MedPosidonia » / CAR/ASP - Fondation d'entreprise TOTAL pour la Biodiversité et la Mer ; Mémoire d'Accord N°21/2007/RAC/SPA/ MedPosidonia Nautilus-Okianos: 24p + Annexes.

Sommaire	3
Contexte et objectifs.....	4
Matériel nécessaire.....	6
• Matériel pour la mise en place du balisage	6
• Matériel pour les mesures scientifiques	6
Mise en place d'un balisage en limite inférieure.....	8
• Etape 1 : Repérage de la limite inférieure à baliser.....	8
• Etape 2 : Descente et positionnement des balises	9
• Etape 3 : Fixation des balises et des piquets-photos	9
• Etape 4 : Prélèvements et mesures scientifiques.....	10
• Etape 5 : Prise de vues.....	10
Observations & mesures scientifiques	11
• Mesures scientifiques <i>in situ</i>	11
Profondeur des balises.....	11
Orientations	11
Recouvrement.....	11
Densité.....	11
Pourcentage de rhizomes plagiotropes	12
Déchaussement.....	12
Nature du substrat.....	12
Type de limite.....	13
• Mesures scientifiques en laboratoire	14
Analyse phénologique	14
Analyse lépidochronologique.....	15
Analyse granulométrique du sédiment.....	16
Teneur en matière organique du sédiment	16
Restitution et interprétation des résultats	17
• Caractérisation de la limite inférieure	17
• Vitalité de l'herbier	18
Références bibliographiques	22
Annexes.....	24

Contexte et objectifs

Le programme Med*Posidonia* est un programme initié par le CAR/ASP en partenariat avec la Fondation d'entreprise Total pour la Biodiversité et la Mer. L'objectif est d'obtenir des informations complémentaires sur la présence et l'évolution des herbiers de Posidonies (*Posidonia oceanica*) dans quatre pays de Méditerranée (Algérie, Tunisie, Libye et Turquie) pour les aider à élaborer et/ou ajuster leurs programmes de conservation et d'utilisation durable de la biodiversité.

Dans le cadre de ce programme des activités de surveillance des herbiers de Posidonies sont clairement identifiées en Algérie, Tunisie et Turquie. La stratégie retenue s'appuie sur l'expérience du Réseau de Surveillance Posidonies (RSP), initié le long du littoral Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA ; France), en 1984, et régulièrement optimisé depuis (Boudouresque *et al.*, 2000 ; Pergent *et al.*, 2007). La surveillance des herbiers de phanérogames marines s'est développée depuis quelques années (i) en région Euro Méditerranéenne (Espagne, Italie et Grèce) à l'incitation de l'initiative européenne COST 647 (Boudouresque *et al.*, 1990), (ii) dans le bassin méditerranéen grâce aux initiatives du Centre d'Activité Régionale pour les Aires Spécialement Protégées (CAR/ASP) en particulier depuis 1999 avec l'adoption du Plan d'Action pour la Conservation de la Végétation Marine en Mer Méditerranée (UNEP-MAP-RAC/SPA, 1999 ; Pergent *et al.*, 2006) et (iii) au plan mondial avec la mise en place du SeagrassNet (Short *et al.*, 2002). La surveillance d'une zone précise et bien définie peut fournir des indications que l'on peut extrapoler à des secteurs géographiques beaucoup plus vastes et apporter des renseignements sur la qualité globale du milieu (Meinesz *et al.*, 1981). Les sites choisis doivent i) être représentatifs de la portion de côte étudiée (nature du substrat), ii) couvrir l'éventail le plus complet possible des situations, et iii) regrouper des zones sensibles (rejets en mer, débouchés de rivières ou de vallons, zones fortement anthropisées ou à hydrodynamisme modifié par des restructurations du rivage, des dépôts de dragage ou des décharges à la mer) et des zones stables ou zones de référence (réserves ou parcs marins; zones peu anthropisées).

De manière générale, l'herbier de Posidonies s'établit de la surface jusqu'à 40 mètres de profondeur environ. La limite supérieure correspond à la portion d'herbier la plus proche de la côte, en terme de bathymétrie, alors que la limite inférieure correspond à l'extension bathymétrique maximale (Boudouresque *et al.*, 2006).

Les méthodes d'investigation adoptées ont été choisies pour répondre à la nécessité d'une surveillance à long terme de ces deux types de limites; ces limites constituent en effet des secteurs

particulièrement sensibles à toutes modifications du milieu. La surveillance de ces limites est réalisée de manière à disposer d'un repérage précis de leur position dans l'espace et dans le temps. Ces mesures sont complétées par l'analyse de descripteurs traduisant la vitalité de l'herbier.

La mise en place du Réseau de Surveillance « Med*Posidonia* » est programmée sur deux années (2006 – 2008). Ce premier manuel technique, élaboré le cadre de ce programme, a pour but de proposer un protocole standardisé pour la surveillance des herbiers de Posidonies permettant (i) d'optimiser la collecte des informations sur le terrain, et (ii) de faciliter la comparaison entre les différents sites inventoriés.

Matériel pour la mise en place du balisage

Moyens à la mer : Equipements de plongée, oxygénothérapie et embarcation

1 GPS (avec cartes marines intégrées de préférence)

11 balises d'un poids compris entre 15 et 25 kg ; la description de ces balises et la méthode de fabrication sont jointes à ce rapport (Fiche A et vidéo).

33 piquets en fer (type fer à béton) d'un diamètre de 12 à 16 mm ; ces piquets d'un mètre de long doivent être biseautés à une extrémité pour faciliter leur enfoncement dans le substrat.

11 flotteurs équipés d'une drisse (\varnothing 1 à 2 mm) de 0.8 à 1.0 m (qui seront fixés aux balises pour en faciliter le repérage).

11 plaques en PVC (ou équivalent) numérotées qui seront fixées à chaque balise avec un collier plastique (11 colliers)

11 piquets en fer (type fer à béton) d'un diamètre de 12 à 16 mm et d'une longueur de 1.5 m, biseautés à une extrémité, avec une marque à 50 cm de l'extrémité non biseautée.

1 corde (drisse \varnothing 4 à 8 mm) de 50 m de longueur avec un nœud (2 à 3 cm de diamètre) tous les 5 m (11 nœuds ; fil d'Ariane) et 11 petits piquets (type « sardine » pour le montage des tentes)

2 à 3 masses d'un poids minimum de 2 kg pour l'enfoncement des piquets

2 parachutes permettant le transport des balises, un repère de surface (flotteur avec 45 m de drisse) et 2 bouées « grenades ».

Matériel pour les mesures scientifiques

1 appareil photo ou une vidéo numérique, avec le caisson étanche et un filtre orange ; un grand angle est aussi fortement recommandé.

1 boussole sous-marine permettant de relever les orientations

1 profondimètre électronique ou un ordinateur de plongée pour relever les profondeurs.

1 quadrat métallique (aluminium de préférence) de 60 ou 100 cm de côté et subdivisé en carrés de 20 cm de côté.

1 ardoise sous-marine en PVC (20 x 30 cm)

1 sac pour les prélèvements de Posidonies (20 à 25 faisceaux) et une boîte en plastique étanche pour le prélèvement de sédiments (300 à 500 g)

1 règle graduée, un cutter pour les mesures phénologiques et lépidochronologiques.

1 étuve, un four à moufle (550°C minimum), des godets en porcelaine, une série de tamis (\varnothing 0.063, 0.125, 0.250, 0.500, 1.0, 2.0 mm) et une balance pour le sédiment.

Fiche A : Descriptif des balises

- Description**
- Forme tronconique
 - Diamètre : 20 à 25 cm
 - Hauteur : 14 à 16 cm
 - Matériau : béton à prise marine (de préférence)
 - Poids : 15 à 25 kg
- Fixation**
- Chaque balise est percée de trois trous obliques permettant la fixation
 - Ces trous obliques sont matérialisés par trois tubes plastiques de Ø 20 mm (type gaine électrique)
 - Chaque balise est munie d'une poignée (de préférence en inox)
- Autres**
- Trois piquets en fer (Ø 12 à 16 mm, L = 1.0 m), biseautés à une extrémité
 - Un piquet en fer (Ø 12 à 16 mm, L = 1.5 m), biseautés à une extrémité
 - Une plaque en PVC (15 x 20 cm) numérotée fixée par un collier plastique
 - Un flotteur avec une drisse de 60 à 80 cm de hauteur
- Procédé de fabrication** voir le film vidéo distribué sous forme numérique (CD) avec le présent document.



Mise en place d'un balisage en limite inférieure

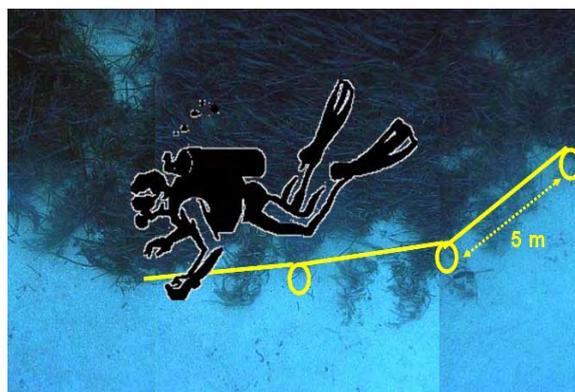
Compte tenu des règles de sécurité et de la réglementation en vigueur chaque équipe doit être composée d'au moins deux plongeurs ; au-delà de 30 m de profondeur les plongeurs ne doivent effectuer qu'une plongée par jour. La mise en place d'un balisage nécessite plusieurs étapes successives. En fonction de la profondeur, plusieurs étapes pourront être réalisées par la même équipe ou au contraire une même étape devra être subdivisée et assurée par plusieurs équipes.

✚ Etape 1 : Repérage de la limite inférieure à baliser

Une équipe de scientifiques (2 plongeurs) descend pour rechercher une limite représentative du secteur ; les limites totalement érosives sont à proscrire car elles n'apportent aucune information quant-à une modification de la turbidité de l'eau.



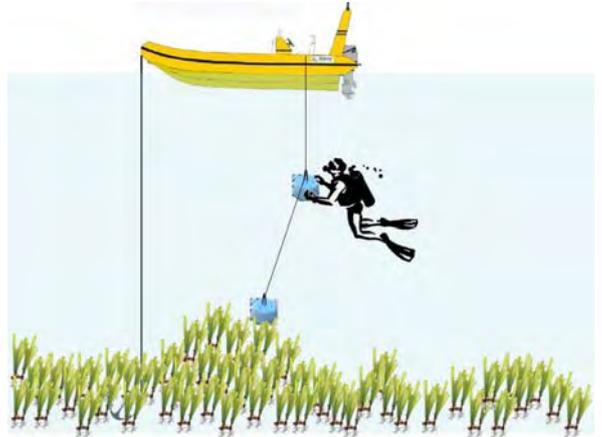
Une fois la limite identifiée, le fil d'Ariane de 50 m est déployé. Chaque boucle est fixée à l'aide d'une « sardine » au contact de l'herbier. La bouée grenade est placée au niveau de la partie centrale de cette limite (boucle N°6).



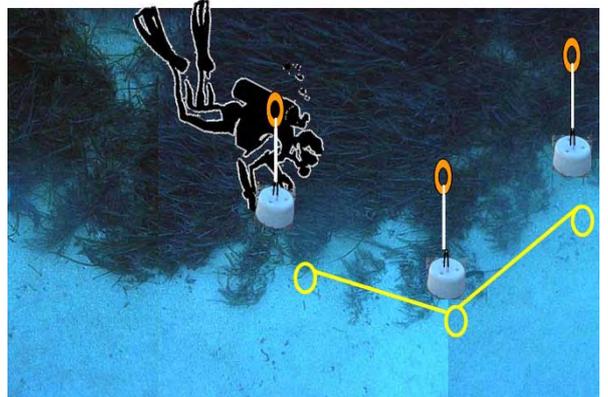
L'embarcation est ancrée de façon à être positionnée à la verticale de la bouée grenade. Un repère de surface peut être immergé sur le point (flotteur lesté). La position du site est recherchée par GPS et notée (en degrés, minutes, secondes, en WGS 84).

✚ Etape 2 : Descente et positionnement des balises

Les balises équipées (avec flotteur et plaque numérotées) sont descendues à la verticale du bateau à l'aide d'une corde ou lâchées depuis la surface.

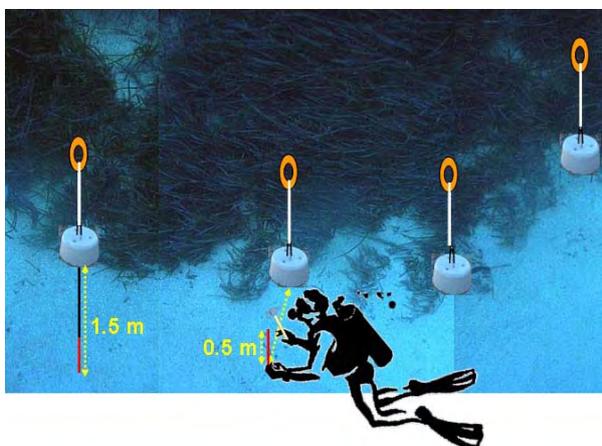


Une ou plusieurs équipes (2 à 3 plongeurs) positionnent les balises à la limite de l'herbier au niveau de chaque boucle, en prenant garde à dégager le fil d'Ariane et de ramasser les « sardines ». Le fil d'Ariane et les « sardines » seront ramenés à la surface une fois l'ensemble des 11 balises positionnées.



✚ Etape 3 : Fixation des balises et des piquets-photos

Une ou plusieurs équipes (2 à 3 plongeurs) descendent les piquets de fixation des balises et les « piquets-photos ». Chaque balise est fixée au substrat à l'aide de 3 piquets.



Le « piquet-photo » est placé perpendiculairement à la limite de l'herbier à une distance de 1.50 m et enfoncé en laissant dépasser 50 cm du sédiment.



✚ Etape 4 : Prélèvements et mesures scientifiques

Une équipe de scientifiques (2 à 3 plongeurs) intervient ensuite pour effectuer des relevés scientifiques¹.

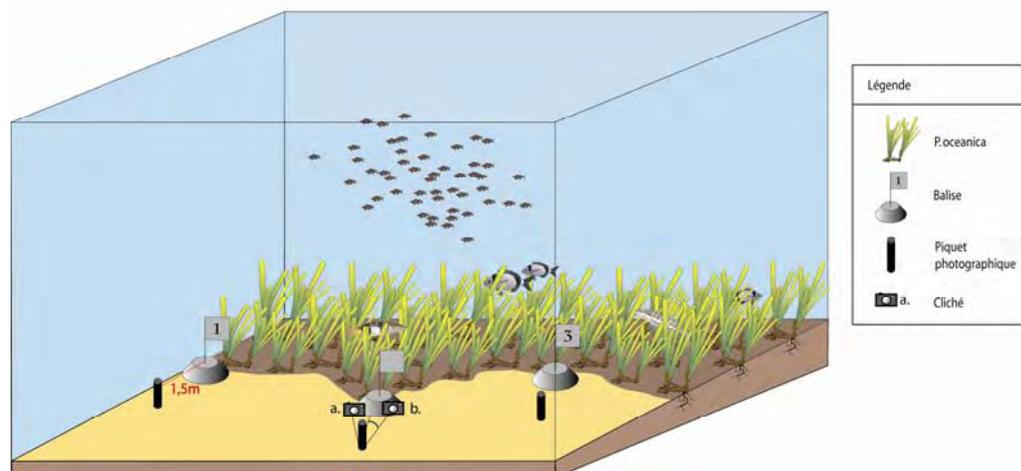
Au niveau de chaque balise plusieurs paramètres sont pris en considération :

- La profondeur de la balise
- Les orientations de balises à balises et de « piquets-photos » à balises.
- Le recouvrement de l'herbier
- La densité de l'herbier
- Le pourcentage de rhizomes plagiotropes
- Le déchaussement ou l'ensablement des rhizomes
- La nature du substrat
- Le type de limite

Un prélèvement de deux rhizomes orthotropes, à 2 m en arrière de chaque balise, et de sédiment, en avant de la balise 6, sur une épaisseur de 5 à 7 cm sont également effectués. A l'issue de la plongée les faisceaux sont conservés dans de l'alcool dénaturé (si aucune analyse chimique n'est envisagée) ou placés dans une glacière, puis congelés.

✚ Etape 5 : Prise de vues

Après avoir attendu que tout le sédiment se soit redéposé (turbidité), une équipe réalise des prises de vues de la limite de l'herbier, en plaçant l'appareil en appui sur le piquet photo (2 photos par balise – une à droite et une à gauche), puis des prises de vues verticales au dessus de chaque balise (environ 2 m au dessus du substrat).



¹Le détail des paramètres scientifiques est donné au chapitre « observations & mesures scientifiques ».

Différents paramètres peuvent être mesurés

Mesures scientifiques *in situ*

Profondeur des balises

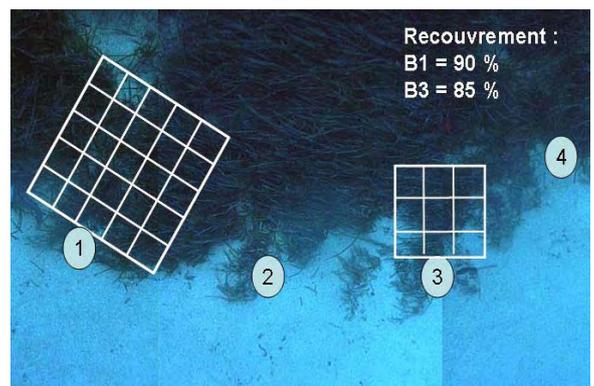
La profondeur est mesurée (précision 0.1 m), à l'aide d'un profondimètre électronique, au pied de chaque balise.

Orientations

Les orientations de balises à balises et de « piquets-photos » à balises sont mesurées à l'aide d'une boussole à visée latérale et exprimées en degrés, avec une précision de plus ou moins cinq degrés.

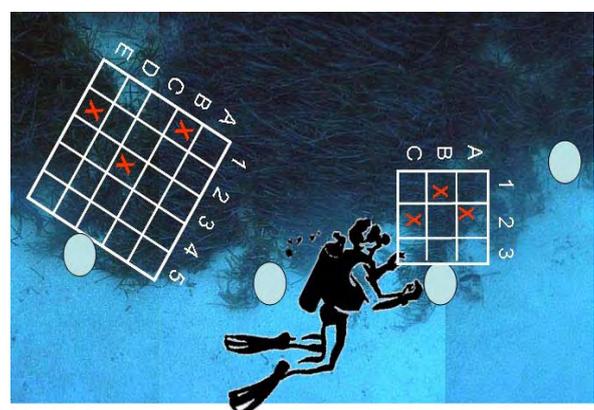
Recouvrement

Le recouvrement correspond au pourcentage occupé par l'herbier sur une surface donnée. La mesure peut être réalisée *in situ* en utilisant un quadrat de 1m² ou de 0.36 m². Il peut également être déterminé ultérieurement au laboratoire à partir de photographies, prises verticalement, à une hauteur fixe par rapport au substrat. La valeur est donnée à 10% près.



Densité

La densité représente le nombre de faisceaux par unité de surface (généralement par m²). Elle est déterminée par des comptages *in situ* à l'intérieur de quadrats de dimension donnée. Le quadrat est placé dans l'herbier, au contact de la balise de façon à ce que celle-ci soit au niveau du carré central droit (carré C5 ou B3). Les mesures sont effectuées dans 3 carrés, choisis au hasard, mais dont il convient de



noter la position pour le report ultérieur (ici B1, C3, E2 dans le quadrat de 1m² & A2, B1 et C2 pour le quadrat de 0.6 m²). Lorsque l'herbier est discontinu, les comptages sont réalisés à l'intérieur des taches d'herbier.

Pourcentage de rhizomes plagiotropes

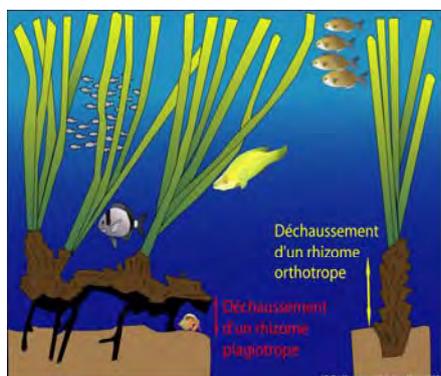
Les rhizomes plagiotropes sont caractérisés par une croissance selon un axe horizontal, parallèle au substrat. Le pourcentage de rhizomes plagiotropes informe sur la vitalité de l'herbier et sur sa capacité à coloniser de nouveaux espaces.



Le pourcentage de rhizomes plagiotropes est évalué au niveau de la limite de l'herbier, sur une bande de 1m de large de part et d'autre des balises, ou peut être mesurée, lors des mesures de densité, en dénombrant les rhizomes plagiotropes dans les carrés.

Déchaussement

Le déchaussement traduit le déficit sédimentaire qui entraîne une mise à nue des racines et des rhizomes et fragilise l'herbier. A l'inverse une augmentation des apports sédimentaires peut entraîner des phénomènes d'enfouissement de l'apex des rhizomes et éventuellement leur mortalité.



Pour les rhizomes plagiotropes, le déchaussement est la distance qui sépare le sédiment de la partie inférieure des rhizomes. Pour les rhizomes orthotropes, caractérisés par une croissance verticale, le déchaussement est la distance qui sépare le sédiment de la base du faisceau foliaire. Le déchaussement est mesuré au centimètre près.

Nature du substrat

La nature du substrat (sable grossier, sable fin, sable vaseux, matre morte y compris sous-jacente, algues en épave) et la présence de ripple-marks, peut apporter des informations sur les conditions hydrodynamiques du site.

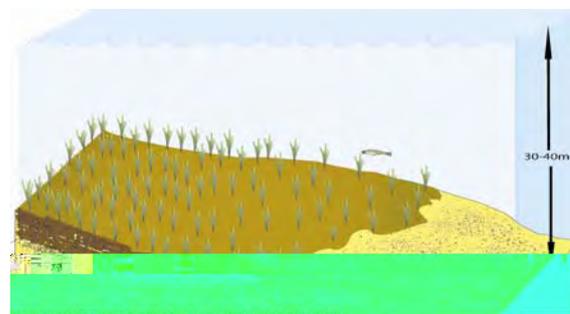
Type de limite

Le type de limite peut apporter des informations importantes quant à l'état de santé d'un herbier. Dans le cadre du réseau de surveillance, mis en place le long du littoral de la Corse, cinq types de limites ont été identifiés en dehors des limites érosives (Pergent *et al.*, 2004).

La limite progressive, qui est caractérisée par la présence de rhizomes plagiotropes en avant de la limite. Ceci indique une colonisation de l'herbier en direction de la profondeur.



Les limites franches qui peuvent être à fort ou à faible recouvrement



Il s'agit de limites nettes qui présentent soit un recouvrement supérieur à 25% (fort recouvrement), soit inférieur à 25% (faible recouvrement). Ces limites indiquent généralement un statut d'équilibre (limite nette) mais le faible recouvrement peut indiquer une détérioration de l'environnement et traduire un début de déséquilibre.

La limite clairsemée est constituée par un semi herbier, dont la densité est inférieure à 100 faiscs./m² et le recouvrement inférieur à 15%. Elle traduit en général un herbier en phase de démentellement.



La limite régressive est caractérisée par la présence de mattes mortes en avant de la limite, ce qui atteste d'un recul de l'herbier

Les données acquises *in situ* sont reportées au laboratoire dans les fiches standardisées.

Nom de la Station											
Coordonnées de la station											
Balise N°	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11
Profondeur											
Plan Balisage											
Balise	B1->B2	B2->B3	B3->B4	B4->B5	B5->B6	B6->B7	B7->B8	B8->B9	B9->B10	B10->B11	B11->B10
Orientations (en °)											
Piquet	P1->B1	P2->B2	P3->B3	P4->B4	P5->B5	P6->B6	P7->B7	P8->B8	P9->B9	P10->B10	P11->B11
Orientations (en °)											
Balise N°	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11
Recouvrement (%)											
Densité (Nb Faisc)	A	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3
	B										
	C										
Densité (m ²)											
Nombre de Rhiz. Plagio.											
% de Rhiz. Plagio											
Déchaussement (en cm)											
Substrat											
Remarques											

A partir des prélèvements effectués en plongée plusieurs analyses sont effectuées.

Analyse phénologique

L'analyse phénologique consiste à étudier les paramètres biométriques de la plante. Du fait de la grande variabilité saisonnière de ces paramètres, et afin de pouvoir comparer les résultats entre sites, il convient d'effectuer les prélèvements à la même période de l'année.

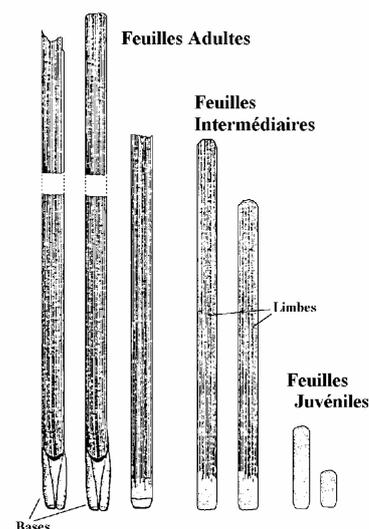
Lors du tri, le faisceau foliaire est détaché du rhizome et décortiqué en respectant l'ordre distique d'insertion des feuilles. Les feuilles sont séparées selon le protocole de Giraud (1977a ; 1979) puis dénombrées. En fonction de leur âge, on distingue :

↳ Les feuilles adultes, qui sont pourvues d'une base ou pétiole

↳ Les feuilles intermédiaires, qui sont dépourvues de pétiole ou dont le pétiole est inférieur à 2 mm.

↳ Les feuilles juvéniles, qui sont dépourvues de pétioles et dont la longueur n'excède pas 50 mm.

Pour chaque type de feuilles on mesure la longueur totale et la largeur, et lorsqu'il existe (feuille adulte), la longueur du pétiole.



On enregistre également le nombre de feuilles de chaque type par faisceaux et si elles sont entières ou cassées. L'état des apex apporte des renseignements, pour un site donné, sur le taux de consommation par les herbivores (Velimirov, 1984; Zupo & Fresi, 1985; Verlaque, 1987) ou sur

l'hydrodynamisme du site (Mazzella *et al.*, 1981; Wittmann *et al.*, 1981). Le « Coefficient A » traduit le pourcentage de feuilles ayant perdu leur apex (feuilles cassées ou broutées selon Giraud, 1977b). Les paramètres biométriques permettent de déterminer l'indice foliaire ou surface foliaire par faisceau (SF). Le Leaf Area Index (LAI) correspond à la surface des feuilles par m² (Drew, 1971; Drew & Jupp, 1976). L'ensemble des données est reporté dans les tableaux standardisés.

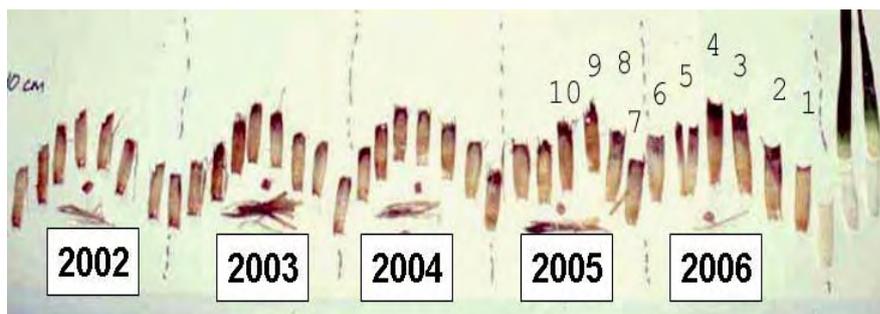
Analyse lépidochronologique

Chez les posidonies lorsque les feuilles meurent, seul le limbe se détache, la base foliaire ou pétiole reste fixée sur le rhizome (écaille). L'épaisseur de ces écailles varie en fonction de leur rang d'insertion sur le rhizome (Crouzet, 1981). Ces cycles ont une périodicité annuelle avec un maximum et un minimum d'épaisseur par an, les écailles "fines" apparaissant à la fin de l'hiver ou au début du printemps, les écailles "épaisses" en automne. La lépidochronologie est l'étude de ces variations cycliques. Elle donne la possibilité de dater les écailles et les segments de rhizomes, et d'identifier des années précises. Ainsi elle permet :

- (i) d'évaluer la vitesse de croissance et la production annuelle de rhizome.
- (ii) de modéliser le rythme de renouvellement des feuilles et d'évaluer la production primaire (présente et passée).
- (iii) d'identifier et de dater des floraisons anciennes.
- (iv) de suivre l'évolution temporelle d'une contamination (métaux traces, radioéléments)

Les faisceaux foliaires sont nettoyés et les écailles soigneusement détachées. Les écailles étant emboîtées les unes dans les autres, la dissection se fait des plus anciennes vers les plus récentes. Les écailles sont numérotées, en fonction de leur position sur le rhizome : l'écaille se trouvant juste en dessous de la première feuille vivante porte le rang N°1. Le rang des écailles augmente donc en s'éloignant du point végétatif (des plus récentes vers les plus anciennes). La position des maxima et minima d'épaisseur est notée. Lorsque l'épaisseur de l'écaille est minimale, le rhizome est coupé au niveau de l'insertion de cette écaille. On obtient ainsi une série de tronçons de rhizome, délimités par deux minima d'épaisseur. Les tronçons de rhizomes sont placés dans une étuve à 70°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant (généralement 72 heures).

Les pédoncules floraux (lorsqu'il y en a) occupent la place d'une écaille, leur rang est donc noté.



Analyse granulométrique du sédiment

Une analyse granulométrique est réalisée sur l'échantillon de sédiment prélevé en avant de la balise. L'analyse est réalisée mécaniquement sur des tamis de maille 0.063, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2 et 5 mm. Chaque refus de tamis est pesé et exprimé en % par rapport au poids total du sédiment étudié. Les courbes de fréquences et de fréquences cumulées sont construites avec en abscisse logarithmique, la dimension des mailles et en ordonnée, les fréquences. La forme de la courbe de fréquence indique le degré de classement du sédiment prélevé. La courbe cumulative permet de mesurer graphiquement la dimension des particules correspondant à un pourcentage donné et ainsi, de calculer la taille moyenne (TM), exprimée en mm, qui donne une idée de l'éventail granulométrique propre à l'échantillon et le degré de classement du sédiment (S_o), qui permet d'apprécier la pente des courbes cumulatives et exprime l'importance des actions hydrodynamiques ;

Teneur en matière organique du sédiment

La teneur en matière organique (exprimée en pourcentage) est déterminé par pesée de l'échantillon (refus de tamis 0.063mm) avant et après calcination (500°C, 4 heures minimum), lorsque le poids de cette fraction est au moins égal à un gramme.

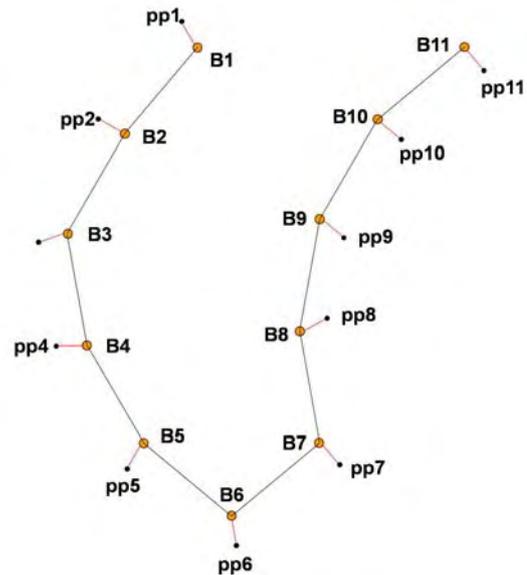
Restitution et interprétation des résultats

✚ Caractérisation de la limite inférieure

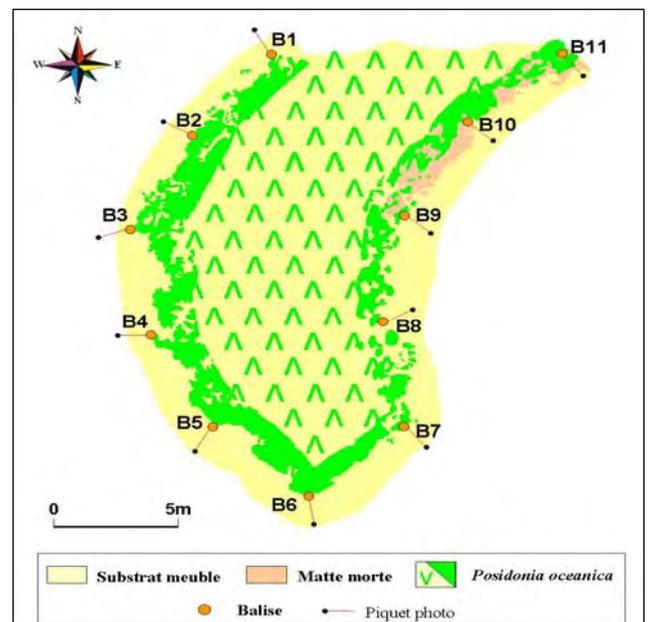
Les orientations (balise à balise et « piquet-photo » à balise) sont reportées pour établir un plan du balisage.

Balise	1⇒2	2⇒3	3⇒4	4⇒5	5⇒6
Angle (°)	220	210	170	150	130
Balise	6⇒7	7⇒8	8⇒9	9⇒10	10⇒11
Angle (°)	50	350	10	30	50

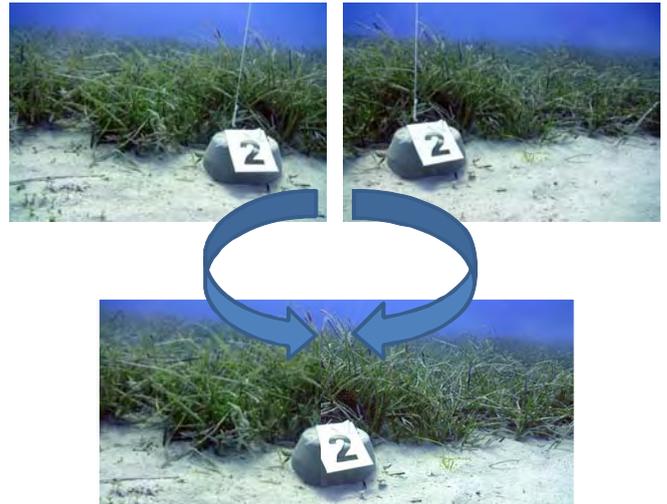
Piquet balise	P1⇒B1	P2⇒B2	P3⇒B3
Angle (°)	240	210	160
Piquet balise	P4⇒B4	P5⇒B5	P6⇒B6
Angle (°)	180	120	80
Piquet balise	P7⇒B7	P8⇒B8	P9⇒B9
Angle (°)	50	330	40
Piquet balise	P10⇒B10	P11⇒B11	
Angle (°)	40	50	



Les photographies verticales sont assemblées pour reconstituer avec précision le tracé de la limite et la prise en considération de l'ensemble des données permet d'établir une carte précise de la portion de limite inférieure étudiée.



Les prises de vues horizontales, réalisées à partir des piquets photos sont également assemblées pour constituer une vue panoramique qui servira d'état de référence pour visualiser les modifications ultérieures éventuelles de la limite.



A partir du type de limite observé en arrière de chaque balise une évaluation moyenne de la limite est réalisée.

Type de limite	Interprétation
Progressive (Pr)	Très bonne
Franche – Fort recouvrement (F+)	Bonne
Franche – Faible recouvrement (F-)	Normale
Clairsemée (Cl)	Médiocre
Régressive (Re)	Mauvaise

Vitalité de l'herbier

Les paramètres mesurés in situ sont reportés. La densité de l'herbier est mesurée en arrière de chaque balise. Trois répliquats (20 x 20 cm) parfaitement localisés dans le quadrat sont nécessaires (Fig. 1). A l'intérieur de chaque quadrat le pourcentage de rhizomes plagiotropes et le déchaussement des rhizomes sont estimés ; le recouvrement est évalué sur une surface d'un mètre carré, en arrière de chaque balise, à partir des prises de vues verticales (Fig. 1).



Fig. 1: Evaluation de la densité de l'herbier (avec localisation des mesures) en plongée. En arrière de la balise n°3 le quadrat est schématisé en rouge.

Tab. 1 : Paramètres caractéristiques de l'herbier au niveau du balisage des îles Kerkennah (dm = donnée manquante).

Balise	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Recouvrement (%)	40	80	50	20	80	90	30	10	40	60	70
Densité (faisc.m ⁻²)	175	183	183	250	350	200	183	150	167	225	192
Rhiz. Plagiotrope (%)	33	27	91	67	38	50	73	56	70	67	61
Déchaussement (cm)	dm	Dm	dm	-2	1	-2	2	0	2	-1	dm

Les faisceaux récoltés au niveau de la limite inférieure font l'objet d'études phénologique (Annexe A) et lépidochronologique (Annexe B). Les faisceaux foliaires et les rhizomes peuvent être conservés dans de l'alcool dénaturé avant d'être triés.

Tab. 2: Paramètres phénologiques des Posidonies, en arrière de la limite inférieure des îles Kerkennah, (moyenne ± intervalle de confiance 95%).

	Adultes	Intermédiaires	Global (Ad+Int)
Nb moyen feuilles.faisc. ⁻¹	4.2 ± 0.4	1.1 ± 0.1	5.5 ± 0.3
Longueur moyenne (mm)	404.1 ± 46.1	178.0 ± 31.9	291.1 ± 63.6
Largeur moyenne (mm)	9.1 ± 0.7	9.1 ± 0.4	9.1 ± 0.4
Coefficient A (%.faisc. ⁻¹)	59.4 ± 10.5	0.0	45.9 ± 7.4
Indice Foliaire (cm ² .faisc. ⁻¹)	152.7 ± 24.0	18.2 ± 4.5	170.9 ± 25.3
L.A.I. (m ² .m ⁻²)	3.4 ± 0.6	0.3 ± 0.1	3.8 ± 0.7

Tab. 3 : Nombre d'écailles par cycle et vitesse de croissance des rhizomes, en arrière de la limite inférieure des îles Kerkennah; N : nombre de réplicats, (moyenne ± intervalle de confiance 95%).

Année lépidochronologique	N	Nombre d'écailles	Croissance des rhizomes (mm)
2006	10	7.7 ± 1.1	6.7 ± 3.1
2005	10	7.5 ± 1.6	7.5 ± 3.8
2004	10	7.4 ± 1.3	6.2 ± 2.2
2003	9	7.1 ± 0,6	6.1 ± 2.7
2002	8	8.0 ± 1.1	8.0 ± 2.2
2001	8	7.3 ± 0.9	7.3 ± 2.5
2000	6	8.7 ± 1.0	6.2 ± 1.0

Les mesures de vitalité sont interprétées à l'aide de grilles standardisées, selon cinq niveaux de qualité, définies dans le cadre du programme INTERREG Posidonia.

Une interprétation des différents paramètres est fournie (Annexe C).

La présence d'espèces d'intérêt patrimonial (e.g. la magnoliophyte *Cymodocea nodosa*) et d'espèces invasives (e.g. la chlorophyte *Caulerpa racemosa*) est soigneusement reportée.

Les balisages s'avèrent à même de déceler et de suivre toute modification, même de faible ampleur (Meinesz *et al.*, 1981). Toutefois, leur efficacité est largement conditionnée par la visite régulière des structures mises en place. Au cours de ces visites, (i) les flotteurs et les plaques numérotées sont remplacés, (ii) la position des balises est contrôlée, afin de vérifier qu'elles n'ont pas été déplacées accidentellement (ancrages ou chalutages) et, le cas échéant, de les repositionner avec précision et (iii) de nouvelles photographies sont réalisées et comparées aux prises de vues initiales.

Afin de caractériser le type de sédiment rencontré, en fonction de sa taille, sept classes sont retenues :

- ↪ Inférieur à 0.063 mm : Silts et argiles
- ↪ De 0.063 à 0.125 mm : Sables très fins
- ↪ De 0.125 à 0.250 mm : Sables fins
- ↪ De 0.250 à 0.500 mm : Sables moyens
- ↪ De 0.500 à 1.0 mm : Sables grossiers
- ↪ De 1.0 à 2.0 mm : Sables très grossiers
- ↪ De 2.0 à 20.0 mm : Gravier.

Tab. 4: Principaux indices granulométriques.

Classement de Trask

$1.00 < So < 1.17$	Très bien classé
$1.17 < So < 1.20$	Bien classé
$1.20 < So < 1.35$	Moyennement bien classé
$1.35 < So < 1.87$	Moyennement classé
$1.87 < So < 2.75$	Mal classé
$So > 2.75$	Très mal classé

Asymétrie de Trask

$SK = 1$	Symétrie parfaite
$SK < 1$	Classement maximum du côté des matériaux grossiers
$SK > 1$	Classement maximum du côté des particules fines

Angulosité de Folk

$KG < 0.67$	Très platykurtique
$0.67 < KG < 0.90$	Platykurtique
$0.90 < KG < 1.11$	Mésokurtique
$1.11 < KG < 1.50$	Leptokurtique
$1.50 < KG < 3$	Très leptokurtique
$KG > 3$	Extrêmement leptokurtique

Triage de Folk

$\sigma_1 < 0.35$	Très bien trié
$0.35 < \sigma_1 < 0.50$	Très trié
$0.50 < \sigma_1 < 1$	Moyennement trié
$1 < \sigma_1 < 2$	Peu trié
$2 < \sigma_1 < 4$	Très peu trié
$4 < \sigma_1$	Pas trié

Références bibliographiques

- 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. : 202p
- Boudouresque C.F., Charbonnel E., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Cadiou G., Bertrand M.C., Foret P., Ragazzi M., Rico-Raimondino V., 2000. A monitoring network based on the seagrass *Posidonia oceanica* in the north-western Mediterranean Sea. *Biol. Mar. Medit.*, 7(2) : 328-331
- Boudouresque C.F., Pergent G., Francour P., Harmelin-Vivien M., Jangoux M., Mazzella L., Panayotidis P., Pergent-Martini C., Ramos-Esplas R., Romero J., Scipione M.B., 1990. Le COST 647 : *Posidonia* project. *Posidonia Newsletter*, 3(2) : 27-34.
- Drew E.A., 1971. Botany. Underwater Science. An introduction to experiments by divers. Woods et Lithgoe édit., London, 59 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.
- Giraud G., 1977. Contribution à la description et à la phénologie quantitative des herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Thèse Doctorat 3ème cycle, Université Aix-Marseille II : 1-150.
- Giraud G., 1979. Sur une méthode de mesure et de comptage des structures foliaires de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille, 39 : 33-39.
- Meinesz A., Astier J.M., Lefevre J.R., 1981. Impact de l'aménagement du domaine maritime sur l'étage infralittoral du Var, France (Méditerranée occidentale). *Ann. Inst. océanogr.*, N.S., 57 (2) : 65-77.
- Pergent G., Ouerghi A., Pasqualini V., Pergent-Martini C., Skoufas G., Sourbes L., Tsirika A., 2006. Caractérisations des herbiers à *Posidonia oceanica* dans le Parc Marin National de Zakynthos (Grèce). PNUE - PAM - CAR/ASP, Actes du deuxième symposium méditerranéen sur la végétation marine (Athènes, 12-13 Décembre 2003). CAR/ASP édit., Tunis : 199-204
- Pergent G., Pergent-Martini C., Casalta B., Lopez Y Royo C., Mimault B., Salivas-Decaux M., Short F. 2007. Comparison of three seagrass monitoring systems : SeagrassNet, "Posidonia" programme and RSP. Proceedings of the third Mediterranean symposium on marine vegetation (Marseilles, 27-29 March 2007). C.

Pergent-Martini, S. El Asmi, C. Le Ravallec edits., RAC/SPA publ., Tunis: 141-150.

Short F.T., McKenzie L.J., Coles R.G., Vidler K.P., 2002. SeagrassNet Manual for Scientific Monitoring of Seagrass Habitat. (QDPI, QFS, Cairns). 56pp.

UNEP-MAP-RAC/SPA, 1999. Action Plan for the conservation of marine vegetation in the Mediterranean sea. RAC/SPA edit, Tunis : 47p.

Annexe A : Analyse phénologique

1 - Principe

Les critères phénologiques peuvent apparaître comme de bons indicateurs de la vitalité de *Posidonia oceanica* et, par là même, de la qualité moyenne du milieu où elle se développe. La prise en compte de ces paramètres est facilitée par l'existence de méthodes d'études standardisées reconnues, et couramment utilisées par l'ensemble des chercheurs méditerranéens.

2 - Application pratique

Le faisceau foliaire est détaché du rhizome et décortiqué en respectant l'ordre distique d'insertion des feuilles. Les feuilles sont séparées en fonction de leur âge, on distingue :

- (i) Les feuilles adultes, qui sont pourvues d'une base ou pétiole
- (ii) Les feuilles intermédiaires, qui sont dépourvues de pétiole ou dont le pétiole est inférieur à 2 mm
- (iii) Les feuilles juvéniles, qui sont dépourvues de pétioles et dont la longueur n'excède pas 50 mm.

Chaque type de feuille est ensuite numéroté en fonction de sa position dans le faisceau (Figure 1). Ainsi la feuille la plus externe, qui correspond à la feuille adulte la plus âgée est notée comme étant l'adulte de rang 1 (Ad1), la feuille suivante portant le rang 2 et ainsi de suite. En cas de distinction de la base et du limbe, la base de la feuille adulte de rang 1 sera notée B1, l'appellation Ad1 caractérisant alors uniquement le limbe.

Les paramètres biométriques (longueur totale, longueur du pétiole, largeur) de chaque feuille sont mesurés. Ces différents éléments permettent de déterminer le Leaf Area Index (LAI) par faisceau ou surface foliaire par faisceau (S.F.). Il est également possible de calculer le « Coefficient A » qui traduit le pourcentage de feuilles ayant perdu leur apex (feuilles cassées ou broutées).

3 - Résultats

- (i) Regrouper les données obtenues sur 15 faisceaux au moins pour intégrer la variabilité liée à la plante.
- (ii) Calculer les paramètres biométriques moyens pour chaque catégorie de feuilles : nombre de feuilles, longueur totale, longueur des pétioles, largeur.
- (iii) Calculer les indices phénologiques moyens pour les feuilles adultes, intermédiaires et globales (adultes + intermédiaires) : Leaf Area Index et Coefficient « A ».

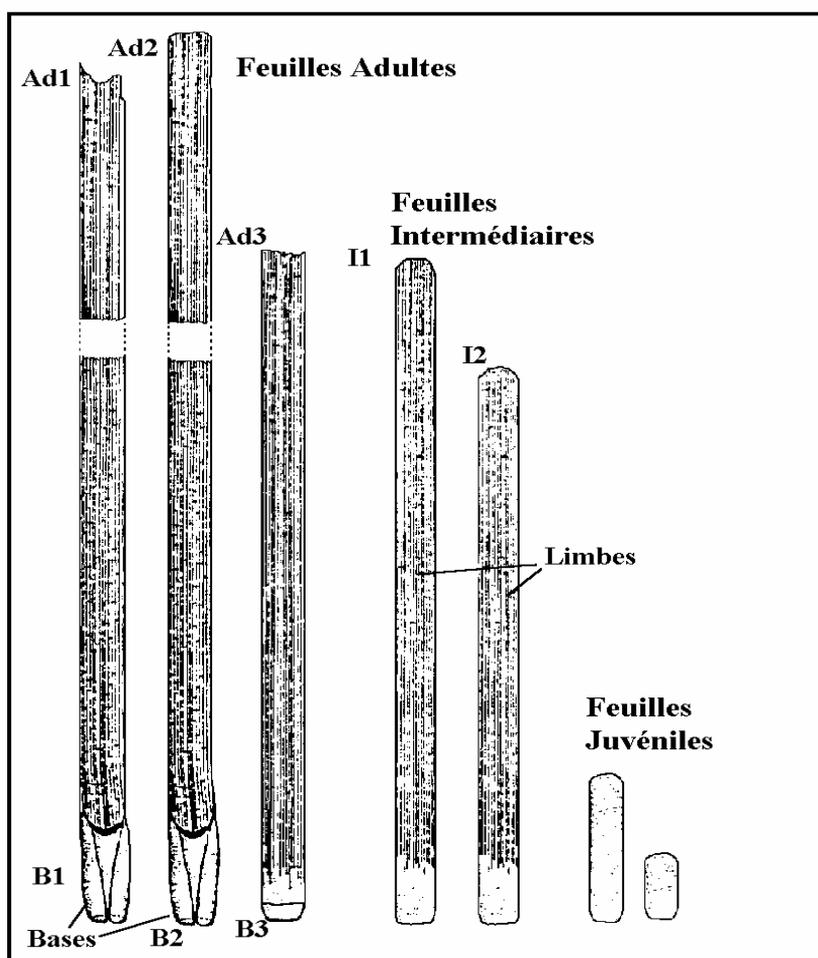


Figure 1 : Dissection d'un faisceau de *Posidonia oceanica* pour l'étude phénologique (échelle 1/2). La classification de chaque structure foliaire est indiquée (ex. Ad1, B1, I1). Les valeurs de ce faisceau sont reportées dans le premier tableau.

Données phénologiques : Conventions de mesures

Légende :

LT : Longueur totale de la feuille

B : Longueur de la base (ou pétiole)

l : largeur de la feuille

A : Feuilles adultes

I : Feuilles intermédiaires

J : Feuilles juvéniles

Nb A c : Nombre de feuilles adultes cassées du faisceau

Nb A : Nombre de feuilles adultes du faisceau

Lg A : Longueur moyenne des feuilles adultes du faisceau

Lg A th : Longueur moyenne théorique des feuilles adultes du faisceau (Lg A th diffère de Lg A lorsque la longueur de coupe est différente de 0)

LB : Longueur moyenne des bases du faisceau

la A : largeur moyenne des feuilles adultes du faisceau

Coef A : Coefficient A des feuilles adultes du faisceau

L.A.I. A : Leaf Area Index des feuilles adultes du faisceau

Nb I c : Nombre de feuilles intermédiaires cassées du faisceau

Nb I : Nombre de feuilles intermédiaires du faisceau

Lg I : Longueur moyenne des feuilles intermédiaires du faisceau

Lg I th : Longueur moyenne théorique des feuilles intermédiaires du faisceau (Lg I th diffère de Lg I lorsque la longueur de coupe est différente de 0)

la I : largeur moyenne des feuilles intermédiaires du faisceau

Coef I : Coefficient A des feuilles intermédiaires du faisceau

L.A.I. I : Leaf Area Index des feuilles intermédiaires du faisceau

Coef T : Coefficient A des feuilles adultes et intermédiaires du faisceau

L.A.I. T : Leaf Area Index des feuilles adultes et intermédiaires du faisceau

Nb total feuilles : Nombre total des feuilles de chaque catégorie pour la totalité du prélèvement

Nb feuilles cassées : Nombre total des feuilles cassées de chaque catégorie pour la totalité du prélèvement

Nb moyen feuilles : Nombre moyen des feuilles de chaque catégorie pour la totalité du prélèvement

Coefficient A : Coefficient A moyen de chaque catégorie de feuilles pour la totalité du prélèvement

Long moyenne R1 : Longueur moyenne des feuilles adultes de rang 1 pour la totalité du prélèvement

Long moyenne R1e : Longueur moyenne des feuilles adultes de rang 1 entières, pour la totalité du prélèvement

Long moyenne : Longueur moyenne des feuilles adultes pour la totalité du prélèvement

Long base : Longueur moyenne des bases pour la totalité du prélèvement

L. base R1 : Longueur moyenne des bases des feuilles adultes de rang 1 pour la totalité du prélèvement

L. base R1e : Longueur moyenne des bases des feuilles adultes de rang 1 entières, pour la totalité du prélèvement

Larg. moyenne : Largeur moyenne des feuilles de chaque catégorie, pour la totalité du prélèvement

L.A.I. / faisc (cm²) : Leaf Area Index par faisceaux (en cm²) pour chaque catégorie de feuilles.

Annexe B : Analyse lépidochronologique

1 - Principe

Chez *Posidonia oceanica* lorsque les feuilles meurent, seul le limbe se détache, la base foliaire ou pétiole reste fixée sur le rhizome et prend le nom d'écaille (Figure 2). L'épaisseur de ces écailles varie en fonction de leur rang d'insertion sur le rhizome. La lépidochronologie est l'étude de ces variations cycliques. Tous les rhizomes étudiés présentent ces cycles de variation d'épaisseur, qui ont une périodicité annuelle avec un maximum et un minimum d'épaisseur par an. Les écailles "fines" apparaissent à la fin de l'hiver ou au début du printemps, tandis que les écailles "épaisses" apparaissent en automne.

La lépidochronologie donne ainsi la possibilité de dater les écailles et les segments de rhizomes, et de délimiter des années précises. Elle apporte ainsi une solution à toute une série de problèmes spécifiques :

- (i) La possibilité de connaître l'âge d'un tronçon de rhizome, et d'y découper des segments correspondant à une ou plusieurs années, permet d'évaluer de façon précise la vitesse de croissance et la part de la production consacrée à l'allongement des rhizomes.
- (ii) Associée à la phénologie, la lépidochronologie permet de modéliser le rythme de renouvellement des feuilles et d'évaluer la production primaire. Sous certaines conditions, elle fournit également une bonne estimation de la production primaire passée.
- (iii) La présence de restes de pédoncules floraux, intercalés entre les écailles le long des rhizomes permet de retrouver et de dater des floraisons anciennes.

Cette possibilité de datation prend toute son importance dans l'étude de l'évolution temporelle des impacts d'une pollution (métaux traces, radioéléments), dans l'évolution chimique de la composition des rhizomes ou dans la compréhension du mécanisme d'édification des mattes.

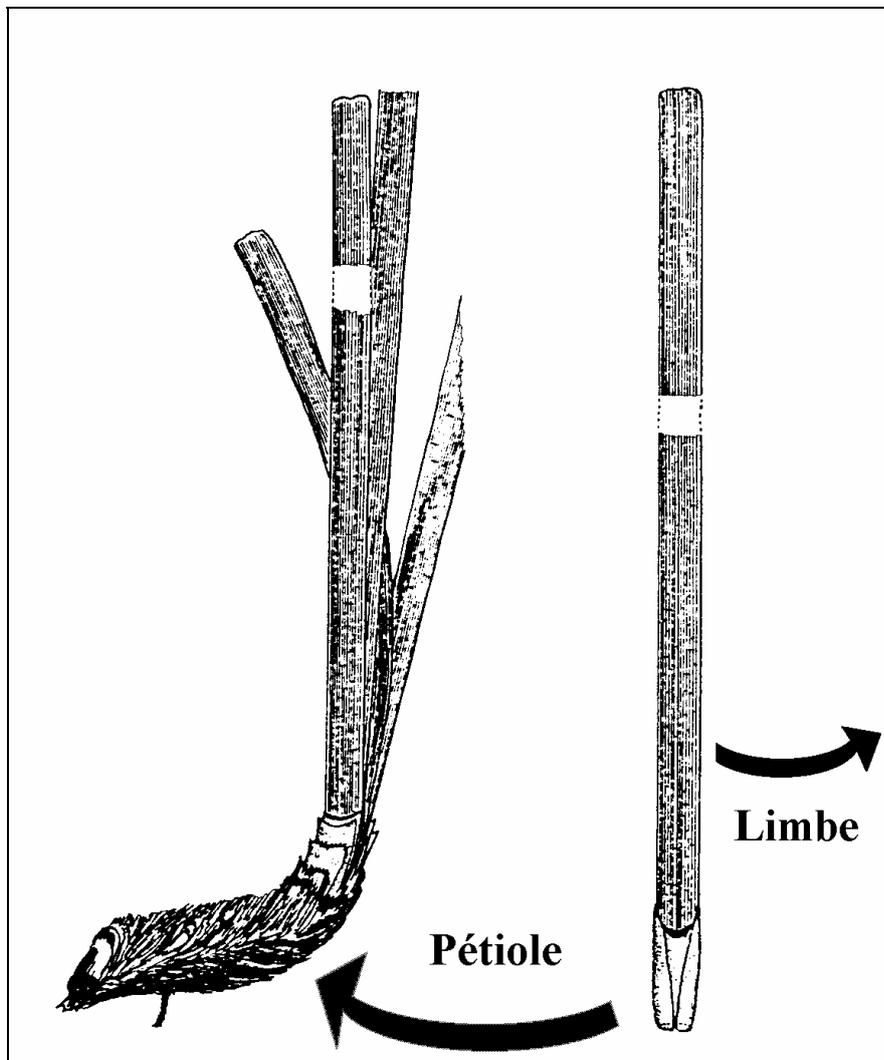


Figure 2 : Chute des feuilles chez *Posidonia oceanica*. Le limbe tombe, le pétiole reste attaché sur le rhizome.

2 - Application pratique

- (i) Nettoyer les rhizomes de façon à retirer le sédiment présent entre les écailles, ainsi que les épiphytes et les épibiontes macroscopiques qui colonisent le rhizome.
- (ii) Détacher les écailles en respectant l'ordre distique d'insertion. Les écailles sont emboîtées les unes dans les autres, la dissection se fait à partir des plus anciennes vers les plus récentes. Les rhizomes secondaires ne sont pas pris en compte.
- (iii) Numérotter les écailles, en fonction de leur position sur le rhizome : l'écaille se trouvant juste en dessous de la première feuille vivante a le rang N°1. Le rang des écailles augmente donc en s'éloignant du point végétatif (des plus récentes vers les plus anciennes) (Figure 3).
- (iv) Relever et noter le rang des maxima (M) et minima (m) d'épaisseur pour chaque rhizome.

(v) Repérer les restes éventuels de pédoncules floraux. Ces pédoncules, insérés au niveau des écailles épaisses, se distinguent par une nervure centrale bien marquée. Ces pédoncules occupent la place d'une écaille et leur rang est donc noté (Figure 3).

(vi) Lorsque l'épaisseur de l'écaille est minimale, couper le rhizome au niveau de l'insertion de cette écaille, à l'aide d'une lame de rasoir. On obtient ainsi une série de tronçons de rhizomes délimités par deux minima d'épaisseur.

(vii) Mesurer dater et noter la longueur des tronçons de rhizomes.

(viii) Placer les segments de rhizomes à l'étuve (60°C, 48h00) jusqu'à l'obtention d'un poids constant puis les peser.

3 - Résultats

(i) Regrouper les données obtenues sur 15 faisceaux au moins pour intégrer la variabilité liée à la plante.

(ii) Mesurer le nombre moyen de feuilles produites par an (= nombre d'écailles par cycle).

(iii) Calculer la vitesse de croissance annuelle des rhizomes (longueur moyenne des tronçons de rhizomes).

(iv) Peser les rhizomes pour estimer la production de rhizomes (en grammes de poids sec/an/rhizome).

(v) Rechercher l'existence d'éventuelles floraisons.

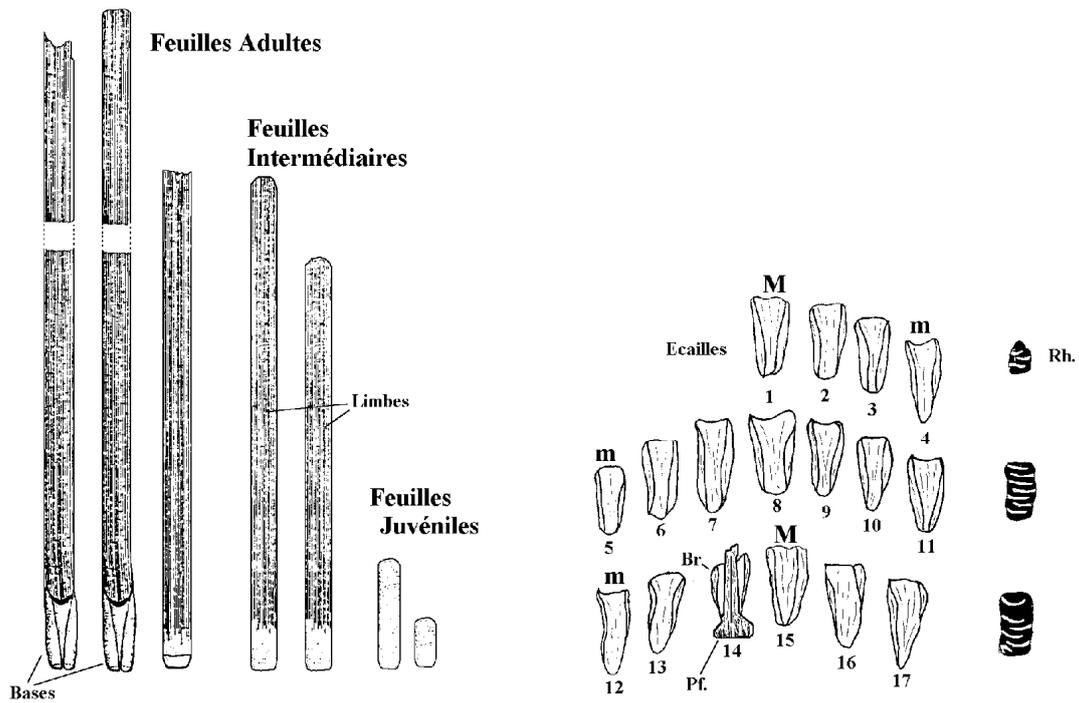


Fig. 3: Dissection d'un faisceau de *Posidonia oceanica* pour l'étude phénologique et lépidochronologique. Le rang des écailles (de 1 à 17) et les minima (m) et maxima (M) d'épaisseurs sont indiqués; les tronçons de rhizomes correspondant à chaque cycle sont figurés; un pédoncule floral (Pf) inséré avec sa bractée (Br) entre les écailles est indiqué en position 14.

Annexe C : Synthèse MedPosidonia

1 - Descripteurs proposés pour MedPosidonia

Catégories	Station	Descripteurs
Structure de l'herbier	Limite inférieure	Profondeur et type de limite
	Limite inférieure	Recouvrement
	-15 m	Densité
Structure de la plante	Limite inférieure	% plagiotrope
	-15 m	Surface foliaire
	-15 m	Coefficient A
	-15 m	Production de feuilles
	-15 m	Croissance des rhizomes
Enrichissement du milieu	-15 m	Biomasse des épiphytes
	-15 m	Concentration en chlorophylle
	-15 m	Teneur en azote (CHN)
	-15 m	Matière organique du sédiment
Contamination du milieu	-15 m	Argent
	-15 m	Cadmium
	-15 m	Mercure
	-15 m	Plomb

2 - Grilles d'évaluation des descripteurs proposés

Structure de l'herbier :

Type de limite inférieure

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
L. inf.	Progressive	Franche R+	Franche R-	Clairsemée	Régressive

Type de limite	Caractéristiques principales
Progressive	Présence de rhizomes plagiotropes en avant de la limite
Franche – Fort recouvrement (R+)	Limite nette présentant un recouvrement supérieur à 25%
Franche – Faible recouvrement (R-)	Limite nette présentant un recouvrement inférieur à 25%
Clairsemée	Densité inf. à 100 faiscs./m ² , recouvrement inf. à 15%
Régressive	Présence de mattes mortes en avant de la limite

Profondeur de la limite inférieure (en m)

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
L. inf.	> 34.2	34.2 à 30.4	30.4 à 26.6	26.6 à 22.8	< 22.8

Recouvrement de l'herbier (en pourcentage)

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
L. inf.	> 35%	35% à 25%	25% à 15%	15% à 5% ⁸	< 5%

Densité de l'herbier (nombre de faisceaux par m²)

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-14 m	> 522	522 – 397	397 – 272	272 – 147	< 147
-15 m	> 492	492 – 372	372 – 253	253 – 134	< 134
-16 m	> 463	463 - 349	349 - 236	236 - 122	< 122

Rhizomes plagiotropes (en pourcentage)

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
L. inf.	> 70%	70% à 30%	< 30%		

Structure de la plante :

Surface foliaire (en cm² par faisceau), entre Juin et Juillet

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-15 m	> 362	362 à 292	292 à 221	221 à 150	< 150

Coefficient A (en pourcentage) – non disponible à ce jour

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-15 m					

Nombre de feuilles par an

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-15 m	> 8.0	8.0 à 7.5	7.5 à 7.0	7.0 à 6.5	< 6.5

Vitesse de croissance des rhizomes (en mm par an)

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-15 m	> 11	11 à 8	8 à 5	5 à 2	< 2

Enrichissement du milieu :

Biomasse des épiphytes (en mg PS par cm²), feuilles adultes, entre Juin et Juillet – non disponible à ce jour

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-15 m					

Concentration en chlorophylle (en mg par g PS), feuilles adultes, entre Juin et Juillet – non disponible à ce jour

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-15 m					

Teneur en azote dans les feuilles adultes (en pourcentage)

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-15 m	< 1.9%	1.9% à 2.4%	2.4% à 3.0%	3.0% à 3.5%	> 3.5%

Matière organique du sédiment (en pourcentage, fraction 0.063 mm)

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-15 m	< 2.5%	2.5% à 3.5%	3.5% à 4.6%	4.6% à 5.6%	> 5.6%

Contamination du milieu :

Concentration en Argent (mg par g poids sec), limbe des feuilles adultes, de Juin à Juillet

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-15 m	< 0.29	0.29 à 0.45	0.45 à 0.61	0.61 à 0.77	> 0.77

Concentration en Cadmium (mg par g poids sec), limbe des feuilles adultes, de Juin à Juillet

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-15 m	< 1.92	1.92 à 2.52	2.52 à 3.16	3.16 à 3.98	> 3.98

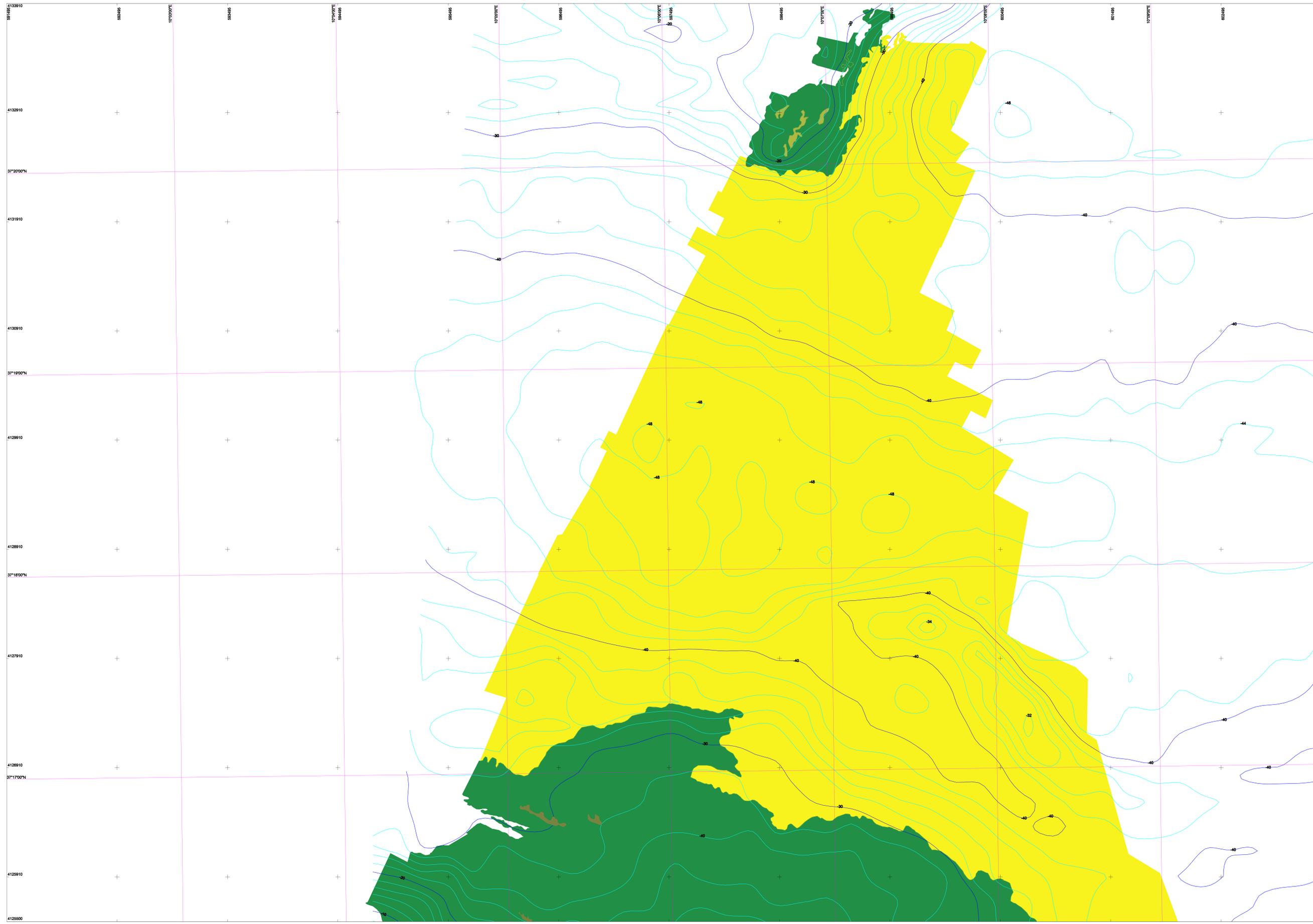
Concentration en Mercure (mg par g poids sec), limbe des feuilles adultes, de Juin à Juillet

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-15 m	< 0.035	0.035 à 0.053	0.053 à 0.067	0.067 à 0.092	> 0.092

Concentration en Plomb (mg par g poids sec), limbe des feuilles adultes, de Juin à Juillet

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
-15 m	< 1.31	1.31 à 1.83	1.83 à 2.42	2.42 à 3.54	> 3.54

**Annexe 3 : Carte du fond marin
de la zone de Sidi Ali Mekki
réalisée par sonar latéral**





Programme MEDPOSIDONIA
Action Cartographie

CARTOGRAPHIE DES BIOCENOSES BENTHIQUES
Sidi Ali El Mekki

Echelle 1 : 10.000 (0. Terefe)	A - 01 Rev. 1 Approuvé par Date (0. Terefe)	Traitement des données Rev. 1 Date (0. Terefe)	Traitement cartographique Rev. 1 Date (0. Terefe)
--------------------------------------	---	---	--

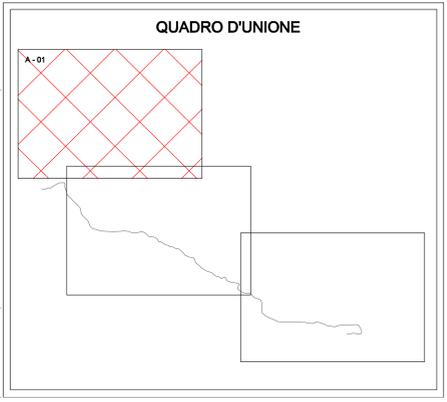
RÉFÉRENCES CARTOGRAPHIQUES

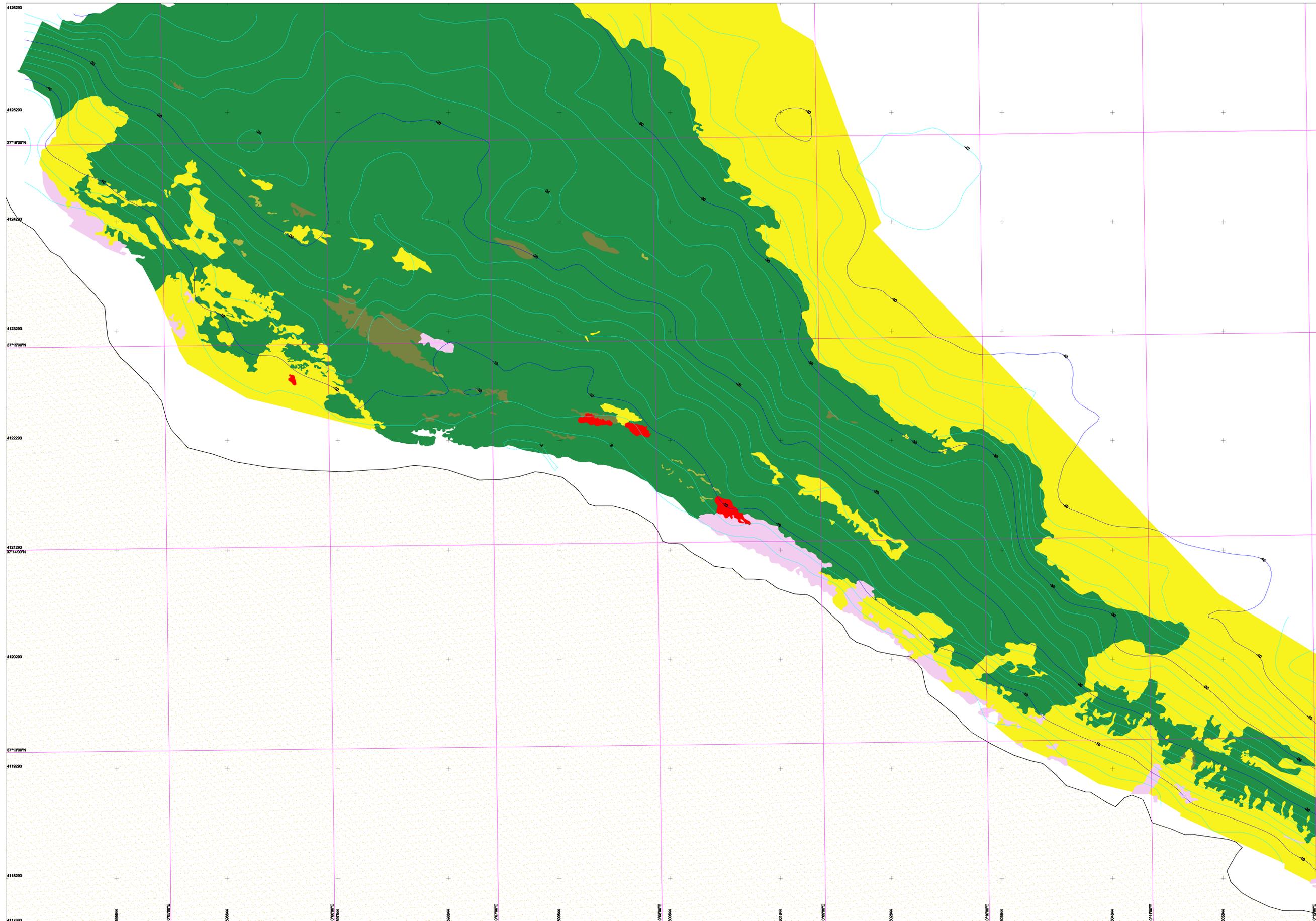
Projection UTM
Réseau kilométrique UTM fuseau 32

ELLIPSOÏDE:	WGS 84
DATUM:	WGS 84
MÉRIDIEN CENTRAL:	9°
LATITUDE ORIGINE:	0°
TRANSLATION HORIZONTALE:	500.000
TRANSLATION VERTICALE:	0
FACTEUR:	0.9998

LEGENDE

- Ligne de côte
- Réseau géographique
- Réseau kilométrique
- Isobathes (équidistance 2 mètres)
- Prévalence des peuplement photophiles sur substrat dur
- Herbière à Posidonia oceanica
- Sédiment meuble
- Chenaux intermatières
- Peuplement photophile sur roche
- Matte morte







Programme MEDPOSIDONIA
Action Cartographique

CARTOGRAPHIE DES BIOCENOSSES BENTHIQUES
Sidi Ali El Mekki

Echelle	A - 02	Traitement des données	Traitement cartographique
1 : 10.000	Rev. 1	(F. Marfak, C. Artaud)	(F. Marfak, C. Artaud)
Approuvé par	Date de mise	Date	Date
(G. Toubia)	Avril 2008	(G. Toubia)	(G. Toubia)

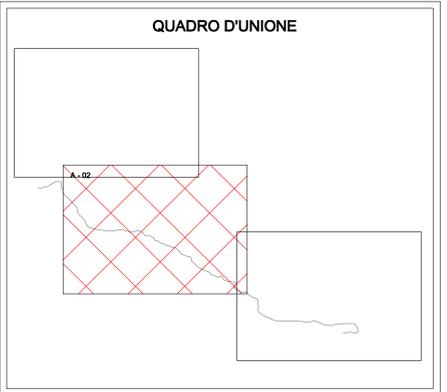
RÉFÉRENCES CARTOGRAPHIQUES

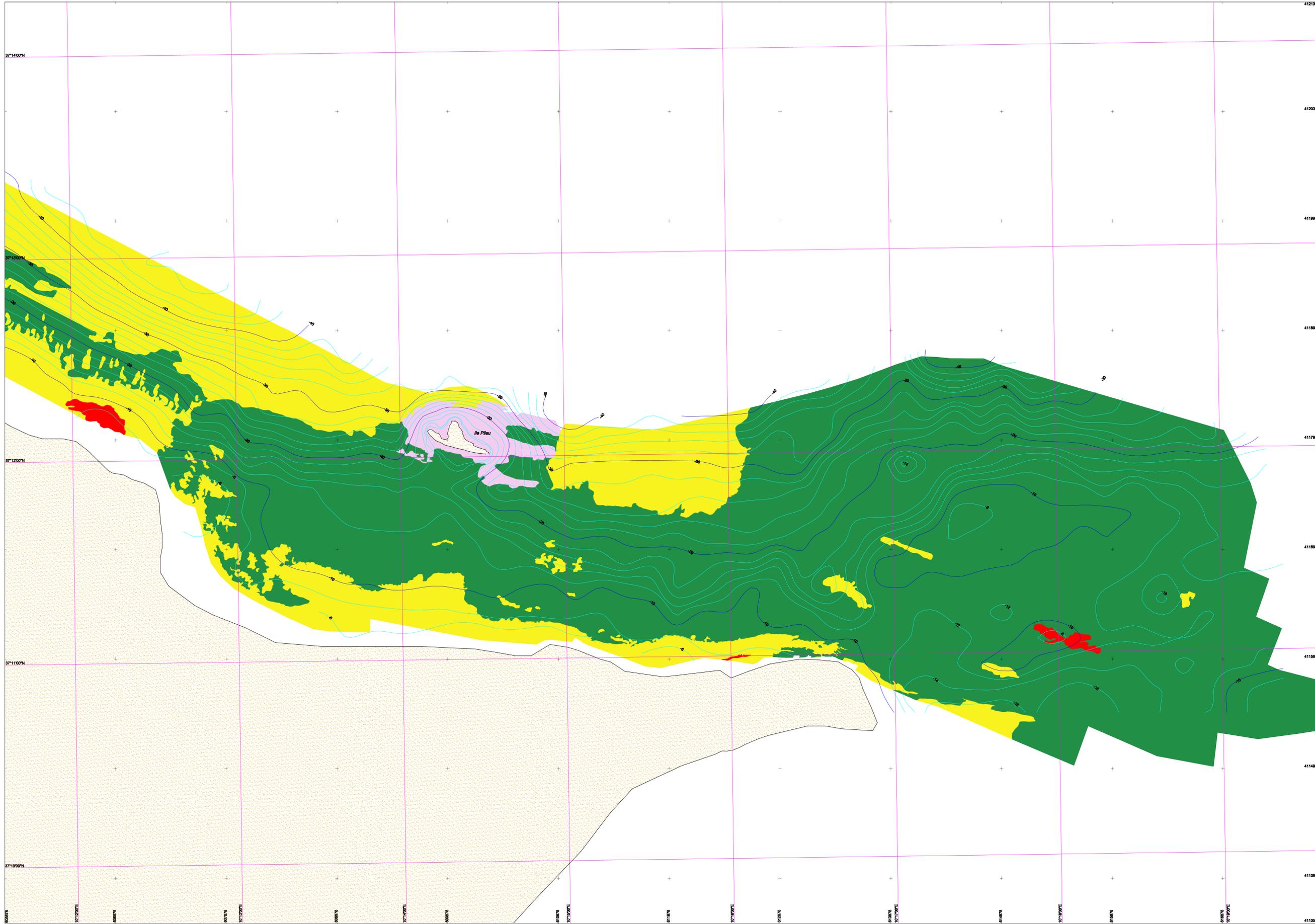
Projection UTM
Réseaux kilométrique UTM fuseau 32

ELLIPSOÏDE:	WGS 84
DATUM:	WGS 84
MÉRIDIEN CENTRAL:	9°
LATITUDE ORIGINALE:	0°
TRANSLATION HORIZONTALE:	500.000
TRANSLATION VERTICALE:	0
FACTEUR:	0.9996

LEGENDE

-  Ligne de côte
-  Réseau géographique
-  Réseau kilométrique
-  Iso bathes (équidistance 2 mètres)
-  Prévalence des peuplement photophiles sur substrat dur
-  Herbier à *Posidonia oceanica*
-  Sédiment meuble
-  Chenaux intermatées
-  Peuplement photophile sur roche
-  Matte morte







Programme MEDPOSIDONIA
Action Cartographie

CARTOGRAPHIE DES BIOCENOSSES BENTHIQUES
Sidi Ali El Mekki

Echelle 1:10.000	A - 03 Rev. 1 Elaboré par (G. Torale)	Traitement des données Rev. 1 Date au jour Avril 2008	Traitement cartographique (F. Morles, C. Arles) Date (Décembre 2008)
---------------------	--	--	---

RÉFÉRENCES CARTOGRAPHIQUES

Projection UTM
Réseau kilométrique UTM fuseau 32

ELLIPSOÏDE:	WGS 84
DATUM:	WGS 84
MÉRIDIEN CENTRAL:	9°
LATITUDE ORIGINE:	0°
TRANSLATION HORIZONTALE:	500.000
TRANSLATION VERTICALE:	0
FACTEUR:	0.9996

LEGENDE

	Ligne de côte
	Réseau géographique
	Réseau kilométrique
	Isobathes (équidistance 2 mètres)
	Prévalence des peuplement photophiles sur substrat dur
	Herbier à <i>Posidonia oceanica</i>
	Sédiment meuble
	Chenaux intermatées
	Peuplement photophile sur roche

