

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

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



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'ETUDES
UNIVERSITAIRES APPLIQUEES (D. E. U. A) EN SCIENCES DE LA MER

Sujet :

**Mise en place d'un carré permanent dans l'herbier à
Posidonia oceanica (L.) Delile de la plage de la
thalassothérapie (Sidi Fredj)**

Préparé par :

Encadré par :

Boughanem Hacem

M^r BOUKORTT R.Promoteur

Nait Tayeb Akli

M^{me} BOUMAZA S.Co-Promotrice

Examiné par :

M^{me} Ould Ahmed N.

Session : Juillet 2012



EMERCIEMENT
REMERCIEMENT

Nous rendons grâce à dieu, pour nous avoir accordé santé et courage jusqu'à l'aboutissement de nos études, et l'accomplissement de ce modeste travail.

*D'abord nous tenons à remercier **Mr Boukortt R.**, pour avoir accepté, de diriger et de suivre constamment le progrès de ce travail, par ses suggestions et ses critiques constructives qui ont été très précieuses pour structurer le travail et pour améliorer la qualité des différentes sections.*

*Nos remerciements les plus sincères vont également à **Mme Boumaza S.**, qui nous a beaucoup aidé dans la réalisation de ce travail.*

Nous tenons à exprimer nos vives gratitudee à tous nos enseignants depuis la première année fondamentale, jusqu'à la troisième année universitaire.

*Tous nos sincères remerciements s'adressent au professeur **Mr Semroud R.**, et aussi sans oublier **Mme Ould Ahmed N.**, pour avoir accepté d'assurer l'examen de notre mémoire.*

Finalement, nous tenons vivement à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce présent mémoire.



Dédicaces Dédicaces

Je tiens à dédier ce modeste travail :

*À mes chers parents qui m'ont encouragé et soutenu, surtout durant
toute la période estudiantine.*

*À ma grand-mère **Mama** qui est comme une mère pour moi.*

*À toute ma **Famille**. Mes frères : **Ahmed, Amar, Hachichou**
(**Khiredine**).*

*À mes oncles : **Noureddine, Samia, Kamel, Khaled, Mustapha,**
Abdelkrim*

*À mon grand-père **challal Houcine**..*

*À mes meilleurs ami (e)s en particulier **Nassim, Djamel, Salim, farid,**
Tarek, Ouahib, Zahir, Rachid, Katia, Lamia, Naila, ...*

*À toute la promotion **DEUA**.*

Hacen



Dédicaces Dédicaces

Je tiens à dédier ce modeste travail :

Â mes Chers parents qui m'ont encouragé et soutenu, surtout durant toute la période estudiantine.

Â mon enseignant Tofik Ayadi qui est mon cher ami pour moi.

Â toute ma Famille. Ma petite sœur : Lynda, mon frère : Abd raouf.

*Â mes meilleurs amis en particulier, Lyes, Anoir, Lamine, Hamza, Hacen, Abd rahmen, Yacine, Les collègues de L'ENSSMAL
Les copains de chambre de Beni messous et Sidi abd allah.*

Â la plus chère personne pour moi : SMFFI.

Â toute la promotion DEUA.

AKLI

SOMMAIRE

Sommaire

1.Introduction.....	1
Chapitre 1.....	3
2. Généralités	3
2.1. Présentation de <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile	3
2.2. Rôles des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> (L.) Delile.....	3
2.2.1. Rôle dans les équilibres écologiques.....	4
2.2.2. Rôle dans les équilibres physiques.....	4
2.2.3. Rôle économique.....	5
2.2.4. Rôle de bioindicateur.....	5
2.3. Menaces sur les herbiers.....	6
Chapitre 2.....	7
3. Matériel et méthodes	7
3.1. Présentation du site d'étude	7
3.2. Protocole de mise en place du carré permanent.....	7
3.3. Evaluation de l'état de vitalité de l'herbier.....	11
3.4. Etude au laboratoire	13
3.4.1. Analyse phénologique	13
3.4.2. Granulométrie du sédiment.....	14
Chapitre 3.....	16
4. Résultats et discussion.....	16
4.1. Localisation du carré permanent	16
4.1.1. Relèvements des tiges.....	16
4.1.2 Profondeurs des tiges.....	17
4.2. Observations <i>in situ</i>	17
4.3 Caractérisation de l'herbier	18
4.4. Paramètres biométriques	19
4.5.Granulométrie du sédiment	19
4.6. Faune et flore associées	21
Conclusion	23
Références bibliographiques	24
Annexes	27

INTRODUCTION

1. Introduction

L'herbier à *Posidonia oceanica* est considéré comme l'un des écosystèmes majeurs du littoral de la Méditerranée, en raison de son importance écologique et de son rôle dans les équilibres sédimentaires littoraux (Boudouresque *et al.*, 2006 ; Pergent-Martini et Le Ravellec, 2007). Par ailleurs, c'est un "point chaud" pour la diversité spécifique (Boudouresque *et al.*, 2006). Pourtant, de par leur répartition littorale, les herbiers sont très sensibles aux perturbations anthropiques (*e.g.* aménagement littoral, pollution, turbidité, ancrage, etc.) et les régressions qu'ils subissent sont particulièrement significatives aux abords des centres urbains et portuaires (Boudouresque *et al.*, 2006).

La dégradation des herbiers à *Posidonia oceanica* nécessite un suivi régulier de l'évolution de ce peuplement, c'est ainsi que se sont développées conjointement à la cartographie biocénotique différentes techniques de surveillance de l'herbier à *Posidonia oceanica* (Meinesz *et al.*, 1981 ; Augier, 1985). Il s'agit de techniques de surveillance directe basées sur l'utilisation de la plongée sous-marine consistant en l'installation de repères fixes au niveau des limites inférieures et supérieures des herbiers, de transects et de carrés permanents (Pergent *et al.*, 2005 ; Boudouresque *et al.*, 2007). A la mise en place de ces structures, sont associées des études de caractérisation de la vitalité des herbiers par la mesure de différents paramètres, elles permettent ainsi de suivre l'évolution de la dynamique des herbiers à *Posidonia oceanica* (recul, stabilité ou progression) (Charbonnel *et al.*, 2003).

Dans le cadre des activités de recherche de l'équipe des écosystèmes littoraux de l'ENSSMAL relatives à la surveillance des herbiers à *Posidonia oceanica*. Trois sites sont suivis dans la baie de Bou Ismaïl, et les méthodes adoptées ont été choisies pour répondre à la nécessité d'une surveillance à long terme des herbiers à *Posidonia oceanica*. Le premier a été mis en place au niveau d'El Djamila (Semroud *et al.*, 1998). Il comporte la mise en place, d'une part, d'un balisage d'une portion de la limite inférieure, et, d'autre part, d'un carré permanent au sein de l'herbier à *Posidonia oceanica*. L'analyse de l'évolution de ce site par rapport à la période de sa mise en place a été réalisée en août 2000 (Boumaza et Semroud, 2000). Le second a été mis en place au large du front de mer de la ville de Bou Ismaïl (Bengrine et Guelmami, 2007). Il comporte le balisage d'une portion de la limite inférieure de l'herbier et son suivi a été effectué en 2010 (Khazimi, 2010). Enfin, le troisième a été mis en place à Kouali (Guerrah et Nour, 2008).

Le but de cette étude est d'élargir le réseau de surveillance des herbiers à *Posidonia oceanica* par la mise en place d'un carré permanent, au sein de l'herbier situé au niveau de la plage de la thalassothérapie de Sidi Fredj. Ce type de structure permet de réaliser une micro-cartographie sur une zone test, peu étendue, avec une précision de l'ordre de quelques dizaines de centimètres. En outre, l'étude des paramètres qui rendent compte de la vitalité de cet herbier est réalisée à la fois au niveau de la population (densité, recouvrement) et du faisceau (biométrie foliaire). L'analyse granulométrique du sédiment de la matte et de l'intermatte est également effectuée.

GENERALITES

2. Généralités

2.1. Présentation de *Posidonia oceanica*

Posidonia oceanica est une Magnoliophyte marine endémique de la Méditerranée. Elle constitue des herbiers qui colonisent les fonds situés entre la surface et 40 m de profondeur (Duarte, 1991). La plante se présente sous la forme de rhizomes rampants (plagiotropes) ou dressés (orthotropes) terminés par des bouquets de 5-6 feuilles rubanées (faisceaux), larges d'environ 1 cm et longues de 50-120 cm (Caye, 1980 ; Boudouresque et Meinesz, 1982) (Figure 1). La densité des faisceaux peut atteindre 1000/m² près de la surface et diminue progressivement en profondeur, ou elle peut descendre en dessous de 100/m² en limite inférieure de l'herbier (Pergent *et al.*, 1995).

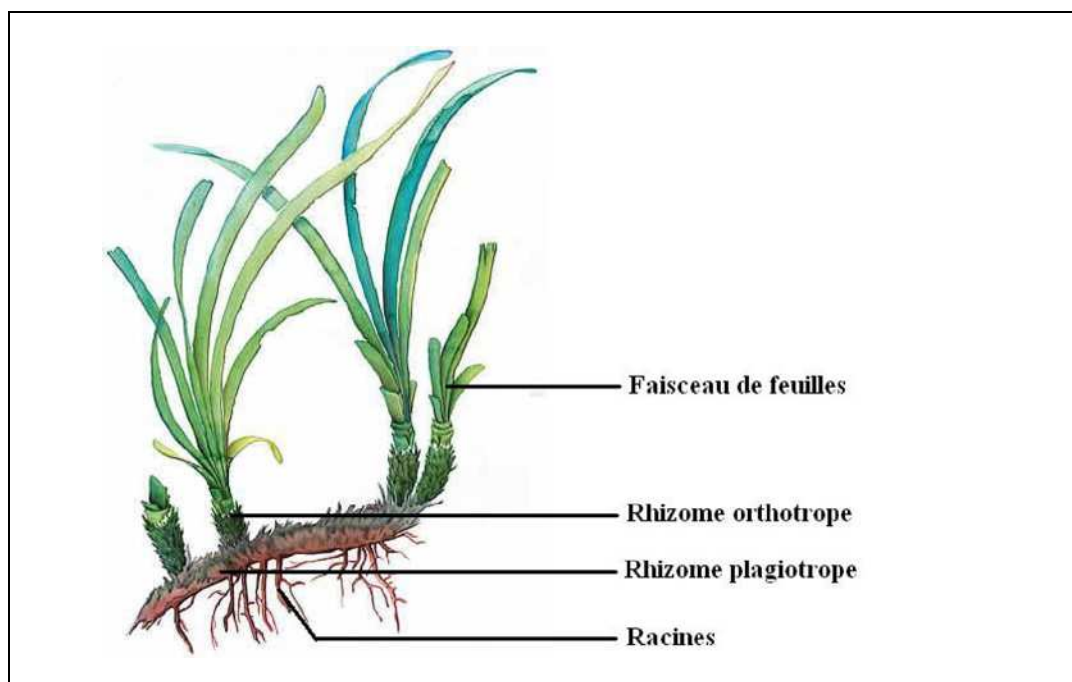


Figure 1 : Schéma d'un rhizome plagiotrope de *Posidonia oceanica*, d'où partent vers le haut des rhizomes orthotropes et, vers le bas, des racines (D'après Boudouresque et Meinesz, 1982).

2.2. Rôles des herbiers à *Posidonia oceanica*

En Méditerranée, les herbiers à *Posidonia oceanica* assument un rôle essentiel à la fois sur les plans structural, fonctionnel, économique et bioindicateur (Figure 2).

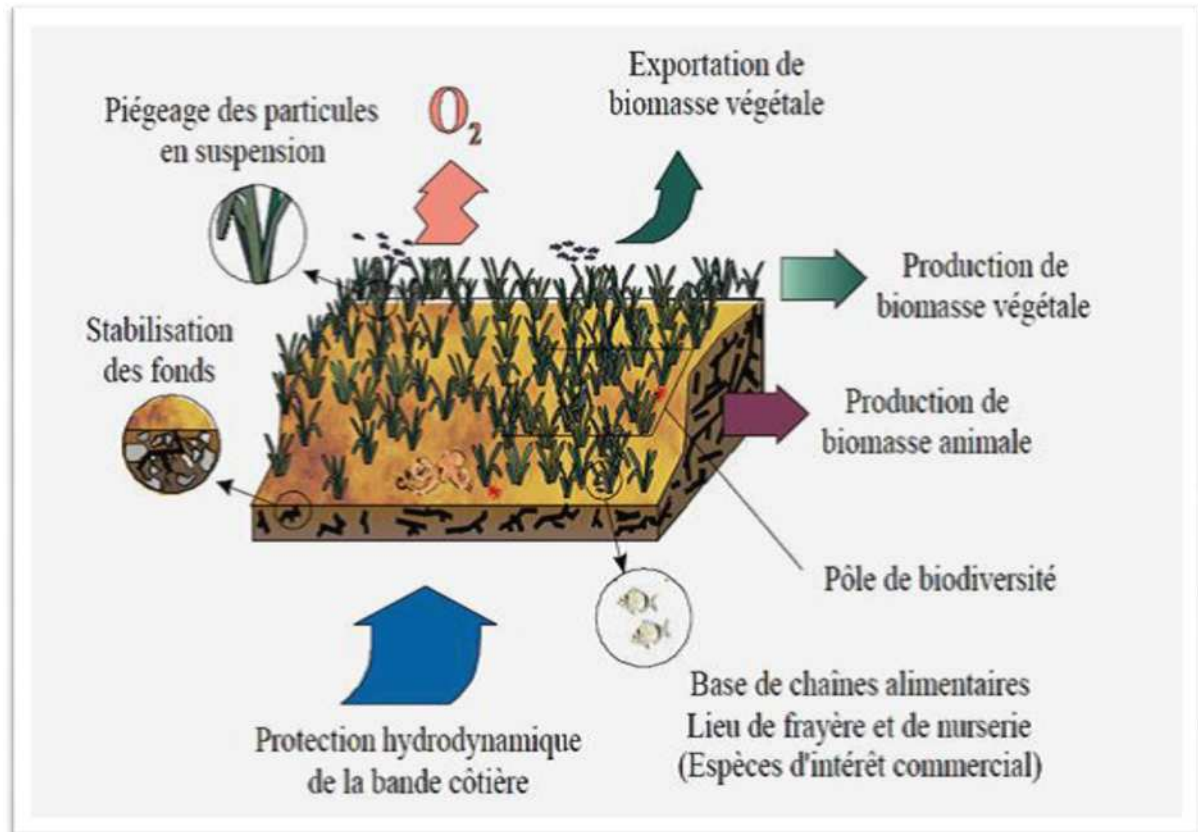


Figure 2 : Schématisation des principaux rôles de l'herbier de Posidonie dans l'équilibre des fonds littoraux méditerranéens (D'après Charbonnel *et al.*, 2000).

2.2.1. Rôle dans les équilibres écologiques

- **Production importante d'oxygène**, 1m² d'herbier dégage environ 14 litres d'oxygène/jour (Boudouresque et Meinesz, 1982).
- **Production primaire importante**, comprise entre 5 et 10 t/ha/an uniquement pour les feuilles (Pergent *et al.*, 1994).
- **Pôle de biodiversité important**, dans la mesure où 20 à 25% des espèces animales et végétales connues en Méditerranée y sont observées, soit plusieurs milliers d'espèces (Boudouresque *et al.*, 2004)

2.2.2. Rôle dans les équilibres physiques

- **Protection des plages**, grâce à la formation de banquettes de feuilles mortes de *Posidonia oceanica* qui protègent les plages de l'érosion lors des tempêtes hivernales (Boudouresque et Meinesz, 1982).

- **Stabilisation des fonds meubles**, l'herbier retient le sédiment dans son lacinis de rhizomes et favorise le piégeage des particules, ce qui permet en plus une bonne transparence des eaux (Boudouresque et Meinesz, 1982 ; Jeudy de Grissac et Boudouresque, 1985).
- **Atténuation de la puissance des courants et de la houle**, l'herbier constitue une barrière végétale naturelle, qui permet de freiner et d'amortir la force des houles et des courants, contribuant au ralentissement de l'érosion des plages (Jeudy de Grissac et Boudouresque, 1985).

2.2.3. Rôle économique

- **Développement d'espèces d'intérêt commercial** : (Crustacés, Céphalopodes, Poissons) en leur fournissant une frayère et une nurserie de premier ordre (Francour, 1997).
- **Exportation significative de richesses biologiques** (en termes d'espèces et de nourriture) vers d'autres biotopes plus recherchés (fonds rocheux) (Boudouresque *et al.*, 2006).

2.2.4. Rôle de bioindicateur

L'herbier à *Posidonia oceanica* est un puissant intégrateur de la qualité globale des eaux marines, c'est-à-dire qu'il rend compte par sa présence et sa vitalité de la qualité des eaux du milieu environnant (Pergent, 1991). Cet indicateur fonctionne à différents niveaux (Pergent, 1993) :

- **Au niveau de la population**, la limite inférieure de l'herbier renseigne sur la turbidité moyenne des eaux qui dérivent au-dessus de lui. En revanche, la limite supérieure renseigne sur les conséquences des aménagements littoraux, rejets,...etc. La présence de structures érosives (intermattes, chenaux,...) au sein de l'herbier témoigne de la présence de courants et de pêche destructive.
- **Au niveau de l'individu**, les modifications lépidochronologiques et phénologiques permettent de connaître l'évolution des paramètres caractéristiques du milieu et de suivre la pollution actuelle et passée. Au niveau anatomique, les cellules à tanin, qui sont des cellules riches en acide phénolique, et les enzymes de détoxification semblent augmenter en réponse à un état de stress de la plante.

2.3. Menaces sur les herbiers

Une grande partie de la régression des herbiers à *Posidonia oceanica* est due aux activités humaines, qui peuvent résulter de causes multiples :

- **Diminution de la transparence de l'eau** : soit à cause des rejets d'eau polluée, généralement riche en matière en suspension et en nutriments, réduisant la pénétration de la lumière, soit une eutrophisation des eaux, responsable de blooms phytoplanctoniques, qui entraîne une surcharge en épiphytes des feuilles. Ce qui a pour conséquence une diminution de la photosynthèse et provoque une remontée de la limite inférieure.
- **Aménagements littoraux** : l'impact des ports, des plages artificielles, de l'endiguage sur l'herbier peut être lourd de conséquences tant au niveau écologique et sédimentologique qu'au niveau économique (Pergent, 1993).
- **Pollution chimique** : les rejets urbains, industriels et l'activité agricole conduisent à une importante pollution chimique du milieu marin. Ce type de pollution affecte sensiblement la vitalité des herbiers ; **(1)** soit par l'action directe des agents polluants (métaux lourds, pesticides ou détergents) ; **(2)** soit par l'action indirecte des agents polluants sur l'un des paramètres physico-chimiques (salinité, turbidité, teneur en oxygène, température) (Pergent-Martini, 1994).
- **Ancrages et les engins de pêche** : l'ancrage des bateaux et l'action des arts traînant (dragues, chaluts) (Francour, 1994) conduisent à une altération ponctuelle de l'herbier, souvent suivie d'une érosion par les vagues et les courants. La régénération d'un herbier est très lente compte tenu de sa vitesse de croissance qui s'évalue à quelques centimètres par an (Molenaar, 1992) et si ces érosions sont fréquentes, elles peuvent conduire à des destructions irréversibles.
- **Compétition avec des espèces introduites** : *Caulerpa taxifolia*, qui colonise presque tous les types de substrats, en particulier la matte morte et les prairies de *Posidonia oceanica* ; notamment les herbiers stressés ou dégradés, dont elle peut accentuer le recul (Boudouresque *et al.*, 1995). *Caulerpa racemosa* var. *cylindraceae* la deuxième caulerpe introduite en Méditerranée, et dont l'expansion est extraordinairement rapide, puisqu'elle est aujourd'hui présente dans la plus grande partie de cette mer (Verlaque *et al.*, 2000).

MATERIEL & METHODES

3. Matériel et méthodes

3.1. Présentation du site d'étude

Le site d'étude se situe dans l'anse occidentale de la presqu'île de Sidi Fredj, au niveau de la plage de la thalassothérapie (Figure 3). L'éperon de Sidi Fredj est relié au littoral par un pédoncule d'environ 1 km de long. A l'est, la Pointe du Marabout est doublée vers le large par un chapelet d'îlots, alors que vers l'ouest, les îles du Grand Rocher et du Rocher du Milieu prolongent la pointe de Saint Janvier (De Giovanni, 1973). Dans la zone comprise entre les deux îles et la plage de la thalassothérapie, la profondeur ne dépasse guère les 7 m, mais à l'ouest des deux îles, l'herbier installé sur un fond rocheux, peut descendre jusqu'à 16 m de profondeur.

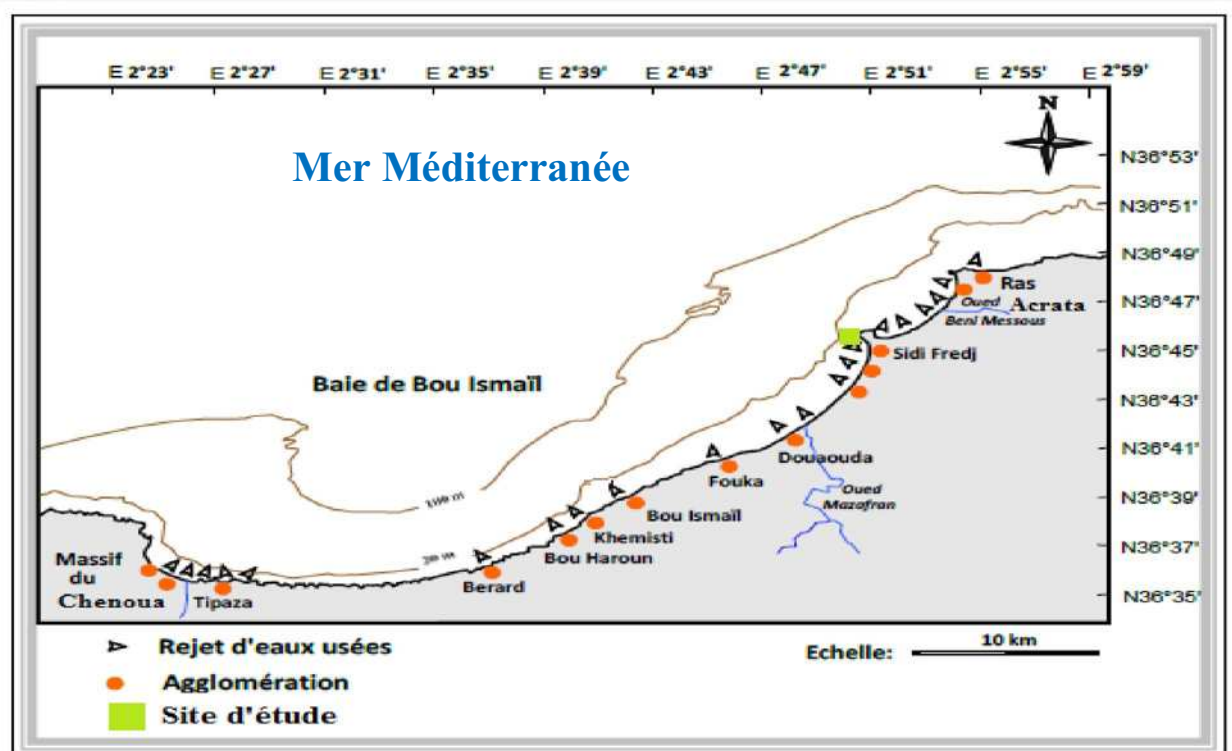


Figure 3 : Localisation de la zone d'étude (PAC, 2005).

3.2. Protocole de mise en place du carré permanent

La technique du carré permanent, utilisée pour la première fois en Corse dans la réserve marine de Scandola (Corse) (Boudouresque *et al.*, 1981) et dans le golfe de Giens (Var, France) (Gravez *et al.*, 1989), permet un relevé micro-cartographique et le suivi de la dynamique de l'herbier à *Posidonia oceanica* (déchaussement, stabilité, progression, régression). Cette structure est constituée de 8 balises qui déterminent un carré de 6 mètres de côté. Lors des travaux de micro-cartographie, le carré permanent est divisé en 36 quadrats de 1 m de côté (Figure 4).

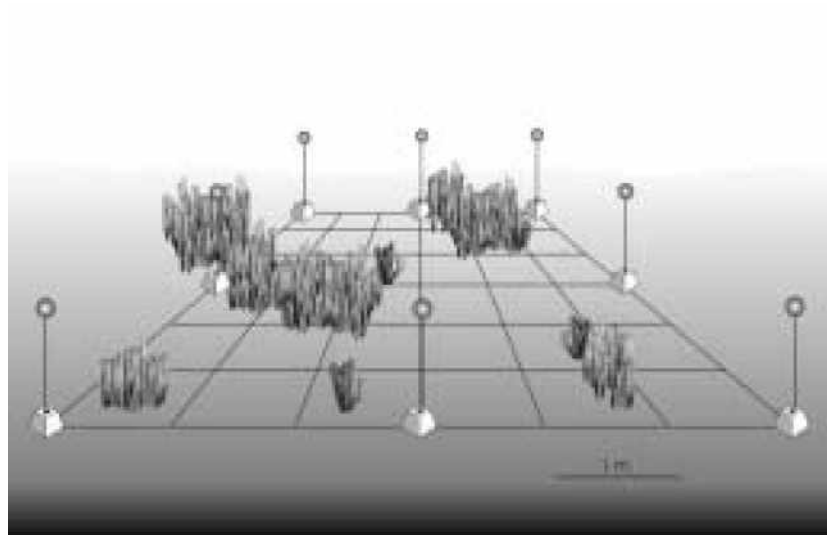


Figure 4 : Schéma d'un carré permanent de 6 m de côté, mis en place dans un herbier à *Posidonia oceanica* dégradé (D'après Boudouresque *et al.*, 2007).

Par définition un carré permanent est matérialisé définitivement au fond. Dans le cadre de notre travail, la méthode adoptée, seules 4 tiges métalliques sont fixées pour matérialiser le carré sur le fond. Cette méthode permet la même précision que celle de la méthode classique, à savoir une cartographie à 20 cm près. Cette technique a été motivée par le fait que la zone d'étude subit une sur fréquentation (chasse subaquatique, mouillage des bateaux, pêche, vandalisme) à même d'endommager les structures dans le cas où elles sont maintenues sur place.

Matériel :

- 1 gabarit en corde de 24 m en polypropylène
- 5 gabarits en cordelette de 6 m
- 4 tiges en fer à béton de diamètre 12 mm et de 1 m de longueur et peintes en blanc
- Equipements de plongée
- 1 massue de 2 kg.
- 1 décamètre de 30 m
- 1 carré de 1m de côté
- 1 compas de relèvement immergeable (précision $\pm 5^\circ$)
- GPS.
- 1 profondimètre électronique (précision ± 10 cm)
- 1 bouée de signalisation classique
- 1 flotteur

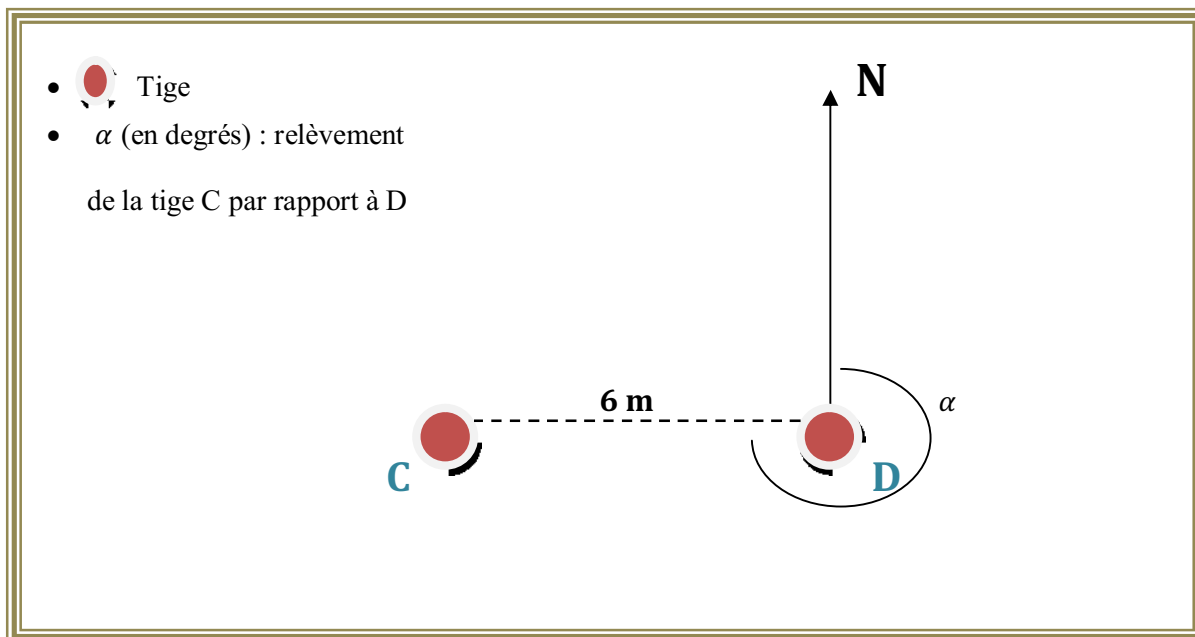


Figure 6 : Schéma illustrant le protocole de mesure des relèvements de la tige C à la tige D, donné par l'angle α .

Etape 3 : Cartographie

Des cordelettes de 6 m de longueur sont installées afin de diviser le carré en 6 couloirs de 1 m de large (Figure 7), elles seront retirées à l'issue de la cartographie. Un cadre de 1 m de côté est déplacé 6 fois à l'intérieur de chaque couloir au fur et à mesure de l'élaboration de la cartographie, afin de couvrir toute la surface du carré. Les contours de l'herbier sont reportés sur une ardoise immergeable graduée tous les 1 m².

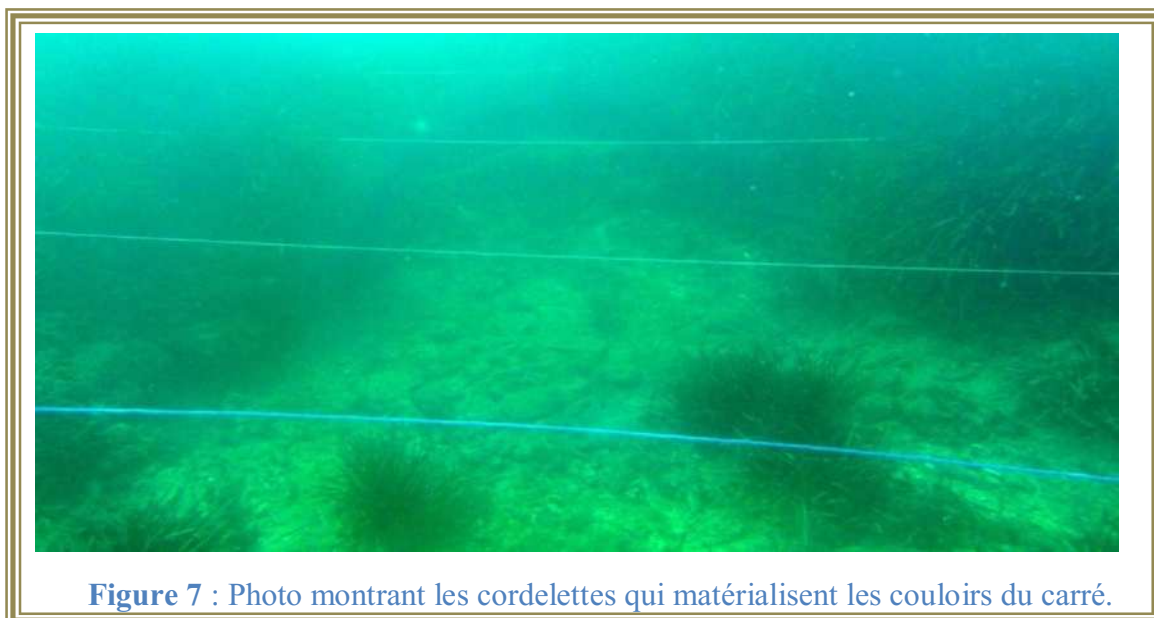


Figure 7 : Photo montrant les cordelettes qui matérialisent les couloirs du carré.

3.3. Evaluation de l'état de vitalité de l'herbier

Matériel :

- 2 ardoises de plongée
- 1 carré de 40 cm de côté
- 1 appareil photo numérique Sony CyberShot (compact) avec boîtier étanche Ikelite.
- 1 filet de prélèvements
- 1 cylindre sans fond
- Sachets en plastique
- 1 couteau

Etape 1. Structure générale de l'herbier

La structure générale de l'herbier (nature du substrat et macrofaune associée) est appréciée visuellement, et des photographies sous-marines sont réalisées. En outre, une délimitation de la matre autour du carré est effectuée par la mesure des distances entre les limites de la matre et celles du carré (Figure 8).



Etape 2. Prélèvement des échantillons

Un total de 15 faisceaux est prélevé en vue de l'étude phénologique (biométrie foliaire) (Figure 9). Ils sont conservés dans l'eau de mer formolée à 10 % jusqu'à leur étude au laboratoire. Des prélèvements de sédiment dans la matre et l'intermatre sont également réalisés (Figure 10). Le sédiment de l'intermatre est prélevé à l'aide d'un cylindre sans fond, enveloppé d'un sac de plastique à l'une de ses extrémités. Le sédiment de la matre s'obtient en découpant un bloc à l'aide

d'un couteau que l'on dépose dans un sac en plastique en prenant soin de le refermer immédiatement, afin de réduire au maximum les pertes de sédiment.



Figure 9 : Prélèvement de faisceaux.



Figure 10 : Prélèvement de sédiment.

Etape 3. Mesure de la densité de l'herbier

La densité correspond au nombre de faisceaux par unité de surface (m^2), Elle est déterminée par des comptages *in situ* à l'intérieur d'un cadre de 40 cm de côté (Boudouresque *et al.*, 1990). Six mesures sont réalisées dans le carré permanent (Figure11). En fonction de cette dernière estimation, le type d'herbier est défini selon la classification de Pergent *et al.* (1995).



Figure 11 : Comptage *in situ* de la densité avec un carré de 40 cm de côté.

3.4. Etude au laboratoire

3.4.1. Analyse phénologique

Les caractères morphologiques et l'âge des feuilles diffèrent selon la position de la feuille dans le faisceau. Les feuilles situées à la périphérie sont plus âgées que celles formées au centre du faisceau (Giraud, 1979) (Figure 12). Le faisceau foliaire est séparé du rhizome et décortiqué en respectant l'ordre distique d'insertion des feuilles. Les feuilles sont ensuite séparées en fonction de leur âge, selon le protocole de Giraud (1979). Seules les feuilles adultes et intermédiaires sont prises en compte :

- ❖ Les feuilles adultes, sont pourvues d'une base ou pétiole.
- ❖ Les feuilles intermédiaires, dépourvues de pétiole ou dont le pétiole est inférieur à 2 mm.

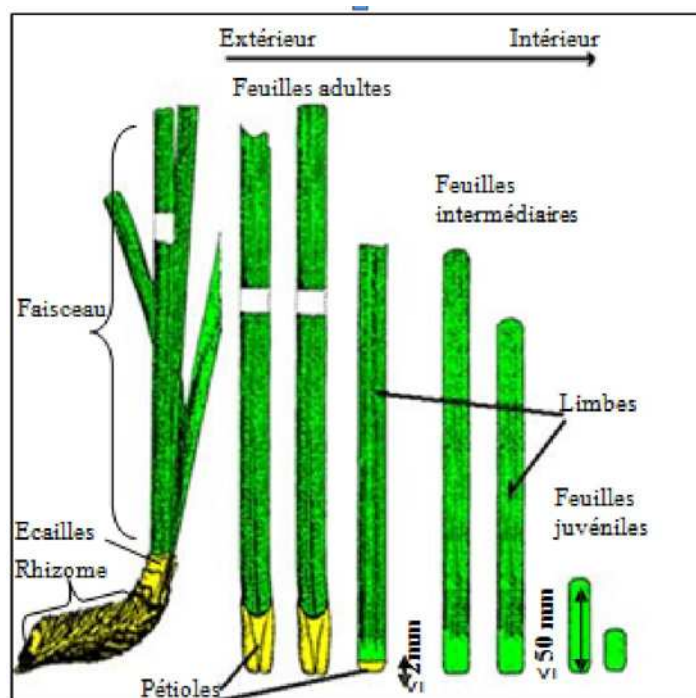


Figure 12 : Schéma de dissection d'un faisceau de *Posidonia oceanica* pour l'étude phénologique (d'après Pergent, 1987).

Pour chaque feuille, sa longueur totale et sa largeur sont mesurées et l'état de son apex est noté (entier ou cassé). Ces différentes mesures permettent de calculer :

- ❖ Le nombre, la longueur et la largeur moyens de feuilles adultes et intermédiaires par faisceau.
- ❖ Le Coefficient A de Giraud (1977), correspondant au pourcentage de feuilles ayant perdu

leur apex.

- ❖ La surface foliaire, correspondant à la surface des feuilles par faisceau, elle est exprimée en cm^2 / faisceau (Drew et Jupp, 1976).
- ❖ L'indice foliaire, correspondant à la surface des feuilles par mètre carré, il est obtenu en multipliant la surface foliaire par la densité (Drew, 1971).

3.4.2. Granulométrie du sédiment

Tous les échantillons prélevés sont soumis au même protocole. Le sédiment est d'abord séché à l'étuve à 70 °C pendant 48 h. Il est ensuite débarrassé des éventuelles restes macroscopiques de Posidonie (rhizomes, feuilles mortes, écailles...) et une fraction de l'échantillon (200 g) est passée sous l'eau dans un tamis de 0,063 mm, afin d'éliminer la fraction pélitique. La fraction restante est séchée à l'étuve, puis pesée et sa granulométrie est réalisée mécaniquement pendant 15 min sur des tamis de norme AFNOR, de maille 0,063 ; 0,125 ; 0,25 ; 0,5 ; 1 ; 2 et 4 mm. Chaque refus de tamis est pesé et exprimé en pourcentage du poids total du sédiment.

Les courbes des fréquences et fréquences cumulées sont construites avec en abscisse la dimension des diamètres des tamis avec une échelle logarithmique (Diamètre en $\phi = -\text{Log}_2$ (diamètre en mm)) 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 divers indices granulométriques (Charbonnel *et al.*, 1995 ; Pergent *et al.*, 2005).

La taille moyenne du sédiment (TM) exprimée en mm permet de donner une idée de l'éventail granulométrique propre à l'échantillon.

L'indice d'asymétrie (SKI) traduit la tendance de répartition vers les grandes tailles ou les petites tailles :

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

Le triage de Folk (DFI), traduit les réponses du milieu sédimentaire vis-à-vis des apports ou des conditions hydrodynamiques :

$DFI < 0,35$	Très bien trié
$0,35 < DFI < 0,50$	Bien trié
$0,50 < DFI < 1$	Moyennement trié
$1 < DFI < 2$	Peu trié
$2 < DFI < 4$	Très peu trié
$4 < DFI$	Pas trié

L'indice de tri (S_0), permet d'apprécier la pente de la partie centrale des courbes cumulatives et exprime l'importance de l'hydrodynamisme :

$1.00 < S_0 < 1.17$	Très bien classé
$1.17 < S_0 < 1.20$	Bien classé
$1.20 < S_0 < 1.35$	Moyennement bien classé
$1.35 < S_0 < 1.87$	Moyennement classé
$1.87 < S_0 < 2.75$	Mal classé
$S_0 > 2.75$	Très mal classé

L'indice hydrodynamique (FH) donne une idée du transport sédimentaire. Si l'indice est négatif alors le sédiment est difficilement mobilisable. Dans le cas où il est positif, cela indique que le sédiment peut être mis en mouvement.

Les paramètres suivants sont également calculés : le pourcentage de la fraction grossière ($>2\text{mm}$), le pourcentage de la fraction moyenne (de 2 à 0.5mm), le pourcentage de la fraction fine (de 0.5 à 0.063) et le pourcentage de pélites ($< 0.063 \text{ mm}$).

RESULTATS & DISCUSSION

4. Résultats et discussion

4.1. Localisation du carré permanent

Le carré permanent de 36 m² mis en place au niveau de la plage ouest de thalassothérapie, est situé à une distance de 326 m de la station marine de L'ENSSMAL. Ses coordonnées géographiques sont les suivantes : latitude 36°45.519'N / longitude 2°50.339'E ; repérage réalisé par GPS. Le positionnement du carré est effectué sur une carte, réalisée à partir d'une image satellitaire Google Earth, préalablement géoréférencée grâce au logiciel MAPINFO 7.8 (Figure 13).

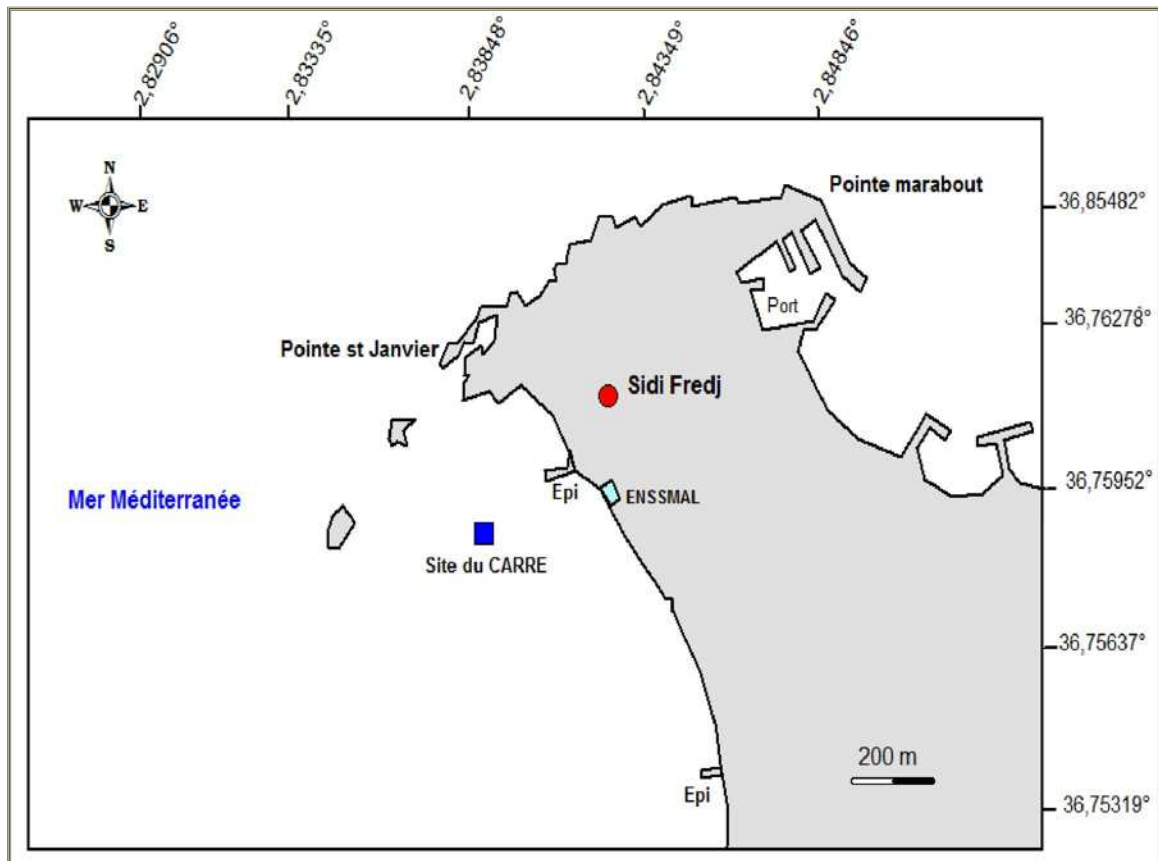


Figure 13 : Localisation du carré permanent.

4.1.1. Relèvements des tiges

Les relèvements, en degrés par rapport au nord des tiges (A, B, C, D) qui matérialisent le carré, pris à l'aide d'un compas de relèvement sont les suivants (Tableau 1).

Tableau 1 : Relèvements de tige à tige ; les angles sont donnés en degré.

Tiges	B / A	C / B	C / D	D / A
Relèvements (°)	255°	165°	255°	165°

Ces relèvements ont permis de réaliser un plan de tracé du carré permanent à l'aide du logiciel MAPINFO 7.8 (Figure 14).

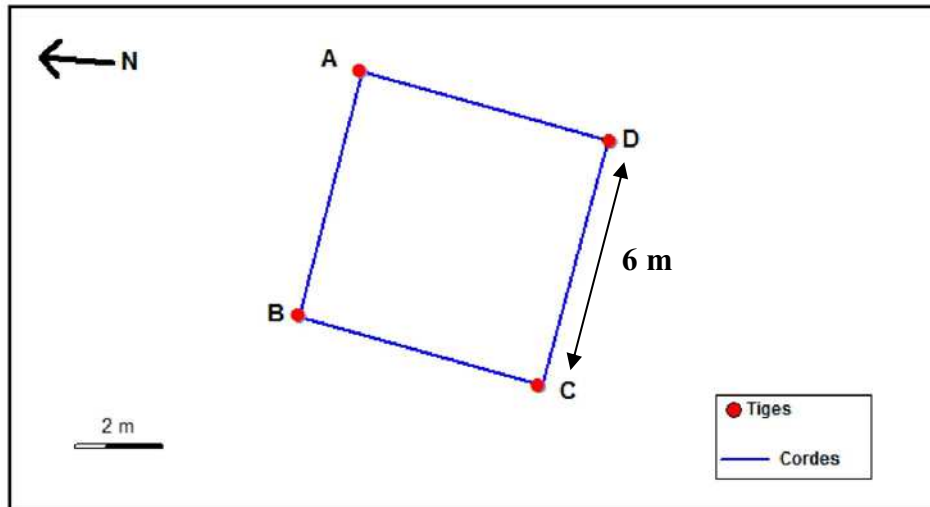


Figure 14 : Plan de tracé du carré permanent.

4.1.2 Profondeurs des tiges

Les résultats de la profondeur de chaque tige sont donnés dans le Tableau 2. La profondeur moyenne de l'emplacement du carré est de 3.4 m en moyenne.

Tableau 2 : Profondeurs mesurées au niveau des tiges du carré permanent.

Tiges	A	B	C	D
Profondeur(m)	3,7	3,4	3,4	3,1

4.2. Observations *in situ*

Le relevé cartographique réalisé à l'intérieur du carré permanent, indique que la surface occupée par l'herbier est d'environ 15 m² (Figure 15). Cette surface a été évaluée à partir d'une estimation du recouvrement de l'herbier par rapport au substrat, qui est d'environ 40 %. Il s'agit d'un herbier sur matre et se présente sous la forme d'une mosaïque, alternant taches de Posidonies et matre morte. Le sédiment de l'intermatre est constitué principalement par du sable coquillier, avec quelques galets. Le relief de l'herbier est accentué (type « herbier de colline ») lié à l'hydrodynamisme. L'herbier semble présenter une dynamique régressive, matérialisé par la présence de rhizomes morts. On note également la présence de quelques îlots aux formes irrégulières dont le diamètre est inférieur à 1m. L'herbier semble présenter une dynamique régressive, matérialisée par la présence de rhizomes

morts. Signalons par ailleurs, la présence de la chlorobionte *Caulerpa racemosa* var. *cylindraceae* à la périphérie du carré. En outre, les contours de la matte autour du carré permanent ont été cartographiés afin d'appréhender son évolution lors des suivis ultérieurs (Figure 15). En effet, la portion de la matte située dans la partie nord du carré est érodée, probablement en raison de l'hydrodynamisme.

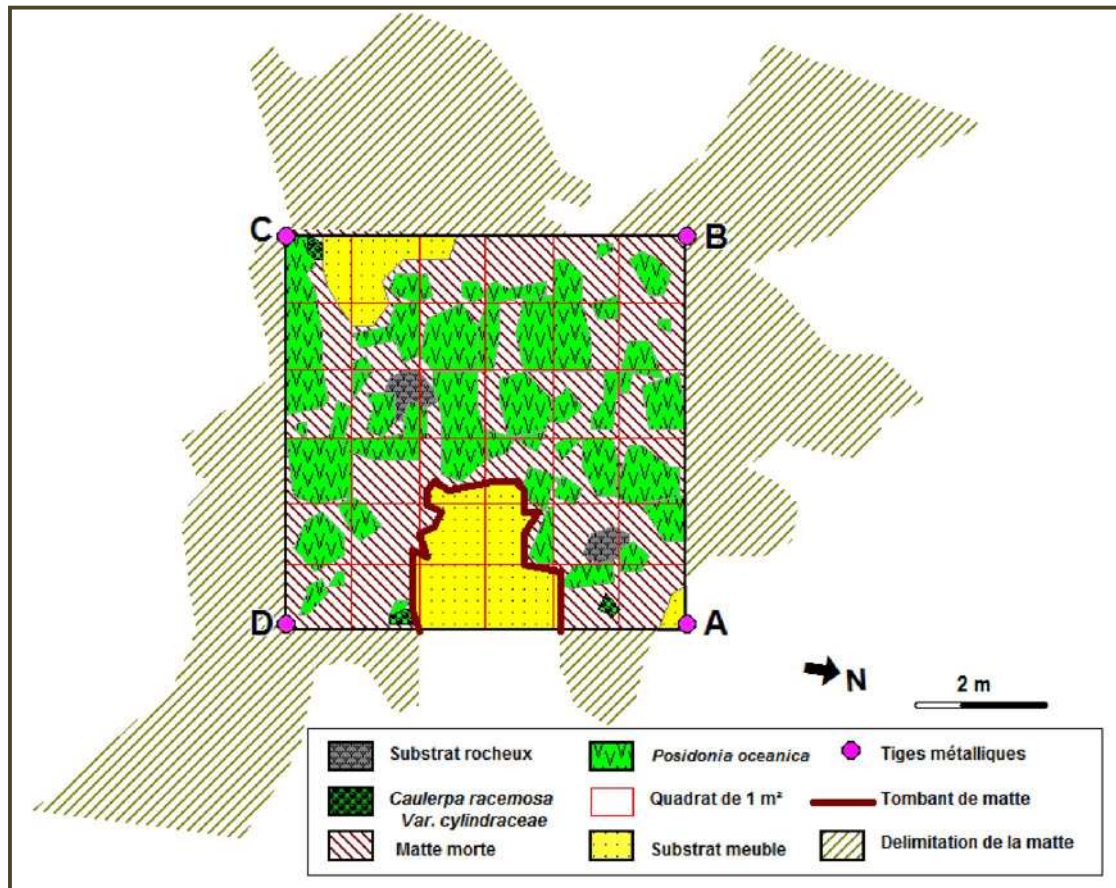


Figure 15 : micro-cartographie du carré permanent

4. 3. Caractérisation de l'herbier

❖ Densité de l'herbier

La densité ou le nombre moyen de faisceaux par m² est estimée à partir de 6 comptages réalisés au sein du carré permanent (Tableau 3). La densité moyenne de l'herbier est de 503.1 ± 137.0 . En tenant compte de la classification proposée par Pergent *et al.* (1995), qui intègre la profondeur, l'herbier présente une densité dite anormale pour une profondeur moyenne de 3,4 m.

Tableau 3 : Densités (nombre de faisceaux / m²).

Comptage	1	2	3	4	5	6
Densité	412,5	562,5	375	481,25	437,5	750

4.4. Paramètres phénologiques

L'analyse des paramètres biométriques permettra, lors de suivis ultérieurs, d'apprécier l'évolution de l'herbier à *Posidonia oceanica* à l'intérieur du carré permanent. Les résultats obtenus sont consignés dans le (Tableau 4).

Tableau 4: Biométrie foliaire de *Posidonia oceanica*.

Feuilles Paramètres	Adultes	Intermédiaires
Nombre de feuilles/faisceau	2.2 ± 0,7	2,9 ± 0,5
Longueur (mm)	277,6 ± 136,2	326,2 ± 91,5
Largeur (mm)	10,0 ± 0,7	9,8 ± 0,7
Coefficient A (%)	100 ± 0,0	82,9 ± 0,06
Surface foliaire (cm ² /faisceau)	64,4 ± 14,4	93,9 ± 10,1
Indice foliaire (m ² /m ²)	3,2 ± 0,7	4,7 ± 0,5

4.5. Granulométrie du sédiment

L'analyse granulométrique du sédiment prélevé au niveau de la matte, fournit un histogramme de fréquence unimodal (Figure 16a). La taille moyenne du sédiment est de 0.21 mm, ce qui correspond à des sables fins, et il est moyennement classé ($S_0=1.48$). Par contre le sédiment de l'intermatte fournit un histogramme de fréquence bimodale (Figure 16b). Sa taille moyenne est de 0,2 mm, ce qui correspond aussi à des sables fins, et il est très mal classé ($S_0 =3,08$). Le classement est maximal du côté des particules grossières à la fois pour le sédiment de la matte ($SKI = -0,91$) et de l'intermatte ($SKI = -0,71$). En outre, les deux types de sédiment sont peu triés avec un ($DFI = 1,60$) pour celui de la matte et un ($DFI= 1,76$) pour celui de l'intermatte. L'indice hydrodynamique (FH) est positif pour le sédiment de la matte ($FH=0,93$) et celui de l'intermatte ($FH=0,52$), ce qui indique que le sédiment est facilement mobilisable

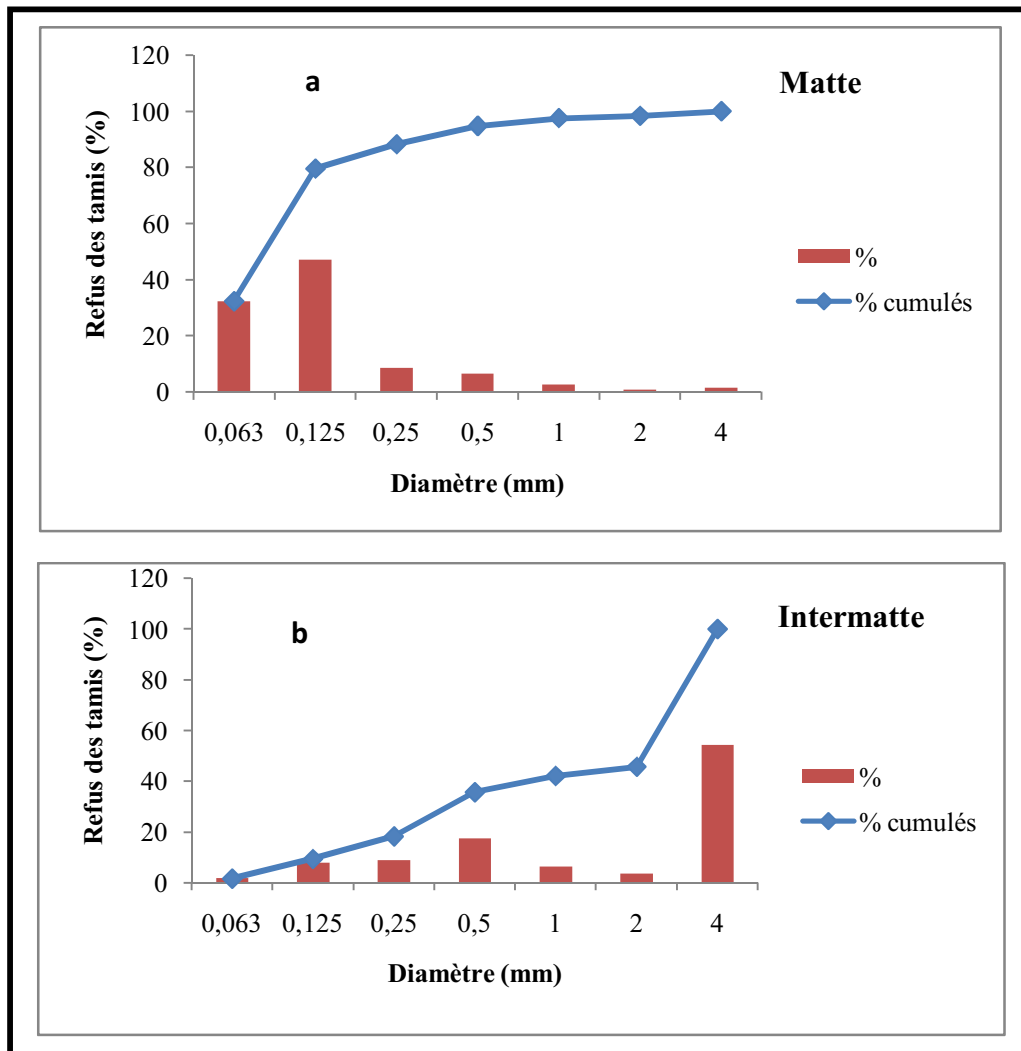


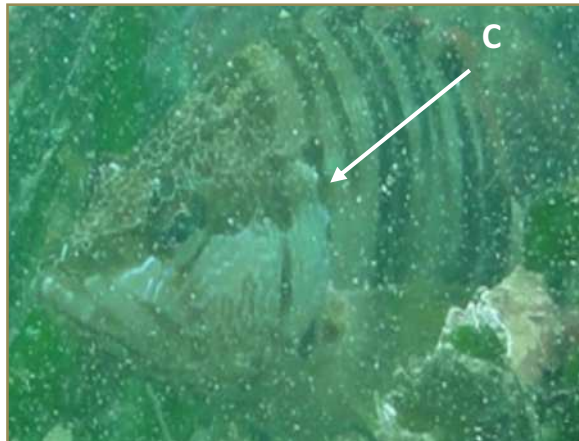
Figure 16 : Courbes de fréquences et fréquences cumulées du sédiment de la matte et l’intermatte.

- ❖ La fraction grossière (>2mm), présente une teneur très faible, elle est de 1,71% dans le sédiment de la matte, par contre elle est mieux représentée dans celui de l’intermatte (56,83%).
- ❖ La fraction moyenne (de 2 à 0.5mm), présente une faible teneur (6,71%) au niveau de la matte, contrairement à l’intermatte, où cette fraction est mieux représentée (23,45%).
- ❖ La fraction fine (de 0.5 à 0.063) est mieux représentée dans le sédiment de la matte avec 63,47%, par contre elle est moins importante au niveau de l’intermatte (17,93%).
- ❖ La fraction pélitique (< 0.063 mm) est bien représentée au niveau de la matte (28,07%) contrairement à l’intermatte (1,78%). En effet, les feuilles de *Posidonia*

oceanica et leurs épiphytes ont un effet de freinage sur les houles et les courants, ce qui influe sur le dépôt des sédiments. Cet amortissement est aussi dû à la structure à la fois souple et rigide de la matre qui peut absorber une partie de l'énergie de la houle (Jeudy de Grissac et Boudouresque, 1985).

4.6. Faune et flore associées

Des photographies ont été prises au niveau du carré permanent, il s'agit essentiellement d'espèces caractéristiques des herbiers à *Posidonia oceanica* (Figure 17).



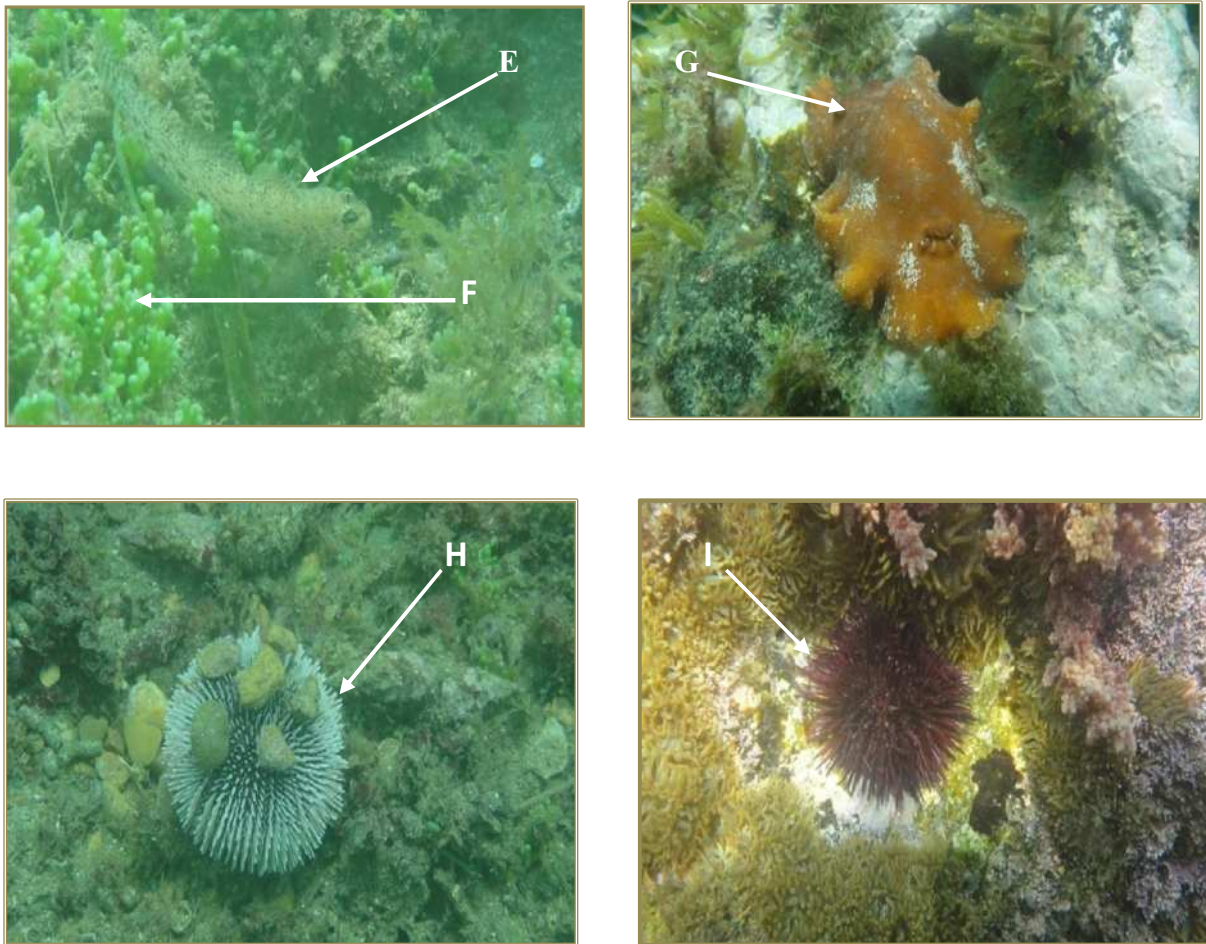


Figure 17 : Quelques photos de la macrofaune et flore présente au niveau de l'herbier de Posidonies : A) *Holothuria tubulosa* ; B) *Holothuria forskali* ; C) *Serranellus scriba* ; D) *Labridae* ; E) *Gobius bucchichi* ; F) *Caulerpa racemosa* var. *cylindraceae* ; G) Emb : Opisthobranchie et Fam : Discodorididae ; H) *Sphaerechinus granularis* ; I) *Paracentrotus lividus*.

CONCLUSION

4. Conclusion

Cette étude effectuée en juin 2012, s'intègre dans le cadre du suivi des herbiers à *Posidonia oceanica*. Elle a consisté en la mise en place d'un carré permanent de 36 m², au niveau de la plage de la thalassothérapie de Sidi Fredj. Le principal objectif est de suivre la dynamique évolutive de l'herbier de la plage de la thalassothérapie, qu'elle soit naturelle ou liée aux activités humaines. En effet, ce type de structure permet de visualiser des évolutions rapides de l'herbier à *Posidonia oceanica* dues à des phénomènes ponctuels comme météorologiques, mais également aux tendances évolutives sur un plus long terme (Bonhomme et al., 2002).

Le site choisi correspond à une zone dite « sensible », avec plusieurs sources de nuisances potentielles : centre de thalassothérapie, sur fréquentation en saison estivale (station balnéaire), chasse subaquatique, mouillage des bateaux, pêche, introduction de l'espèce invasive *Caulerpa racemose* var. *cylindraceae*. En outre, un hydrodynamisme élevé règne dans ce secteur, induisant des remaniements sédimentaires.

La micro-cartographie réalisée à l'intérieur du carré permanent a mis en évidence le caractère morcelé de l'herbier à *Posidonia oceanica*, avec une densité anormale et un taux de recouvrement moyen. Par ailleurs, le calcul des indices granulométriques confirme la présence de courants forts et turbulents, qui rendent difficile le maintien de l'herbier. En outre, la valeur élevée du coefficient A de Giraud indique à la fois une pression importante sur les feuilles par les boteurs, particulièrement les oursins, mais également l'impact de l'hydrodynamisme sur ces dernières qui entraîne leur cassure.

L'ensemble de ces données serviront d'éléments de référence pour les suivis ultérieurs, en outre elles pourront être extrapolées à un secteur géographique beaucoup plus vaste, dans la mesure où la zone choisie pour la mise en place du carré permanent est représentative de l'herbier de la plage de la thalassothérapie de Sidi Fredj.

BIBLIOGRAPHIE

Références bibliographiques

- AUGIER H., BOUDOURESQUE C.F., 1970.** Végétation marine de l'île de Port-cros (Parc national). VI. Le récif-barrière de Posidonies. *Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille*, 30: 221-228.
- 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.
- BENGRINE L., GUELMAMI A., 2007.** Mise en place d'un Système de surveillance de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L) Delile de Bou Ismail. Mémoire d'ingénieur en science de la Mer ; option environnement marin, *ISMAL, Alger* : 1-66
- BONHOMME P., CHARBONNEL E., BERNARD G., CADIOU G., 2002.** Système de surveillance de l'herbier de Posidonie sur le littoral des Maures dans le cadre de l'observatoire marin du SI- VOM du littoral des Maures : résultats du premier suivi 2002 - Rapport final. *Contrat SIVOM du littoral des Maures et GIS Posidonie. GIS Posidonie publ.* : 1-67.
- BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., PANAYOTIDIS P., 1981.** Mise en place d'un carré permanent dans un herbier de posidonie *Rapp. P.V. Reun.Comiss. internation. Explo. sci. Médit., monaco*, 27(9) : 245-246.
- BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., 1982.** Découverte de l'herbier de Posidonie. *Cah. Parc nation. Port-Cros*, 4: 1-79.
- 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.
- BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., RIBERA M.A., BALLESTEROS E., 1995.** Spread of the green alga *Caulerpa taxifolia* (Caulerpales, Chlorophyta) in the Mediterranean: possible consequences of a major ecological event. *Scientia marina*, 59(suppl. 1): 21-29.
- BOUDOURESQUE C.F., 1996.** Impact de l'homme et conservation du milieu marin en Méditerranée. 2^e édition. *GIS Posidonie publ.*: 1-243.
- BOUDOURESQUE C.F., CADIOU G., GUERIN B., LE DIREACH L., ROBERT P., 2004.** Is there a negative interaction between biodiversity conservation and artisanal fishing in a Marine Protected Area, the Port-Cros National Park (France, Mediterranean Sea). *Sci. Rep. Port-Cros nati. Park* 20: 147-160.
- BOUDOURESQUE C.F., BERNARD G., BONHOMME P., CHARBONNEL E., GIOVANNI D., MEINESZ A., PERGENT G., PERGENT-MARTINI C., RUITTON S., TINZSI L., 2006.** Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. *RAMOGE pub.* : 1-202.
- BOUDOURESQUE C.F., BERNARD G., BONHOMME P., CHARBONNEL E., LE DIREACH L., RUITTON S., 2007.** Monitoring methods for *Posidonia oceanica* seagrass meadows in Provence and the French Riviera. *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park, Fr.*, 22 : 17-38.
- BOUMAZA S., 1995.** Phénologie, biomasse, lépidochronologie et production primaire de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L) Delile de l'anse de Kouali, Tipasa (Algérie). Thèse de Magister en océanologie, *ISMAL, Alger* : 1-125 + annexe
- BOUMAZA S., SEMROUD R., 2000.** Surveillance de l'herbier à *Posidonia oceanica* d'El Diamila (Algérie). *Proceeding of the first Mediterranean symposium on marine vegetation. RAC/SPA publ., Tunis* : 1-114.
- CAYE G., 1980.** Sur la morphogénèse et le cycle végétatif de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Thèse Doct., Univ. Aix-Marseille 2 : 1-121.

- CHARBONNEL E., BOUDOURESQUE C. F., MEINESZ A., PERGENT-MARTINI C., RICO-RAIMONDINO V., SAN-MARTINE., BERTRANDY M C., FORET P., RAGAZZIM., LECCIA G., 1995.** Le Réseau de surveillance posidonies de la région Provence-Alpes. Côte d'Azur. Rapport 1995 (4ème phase 2ème année.) Région PACA/GIS Posidonies / CQEL 13 / CQEL 83/ DQECV / CQEL06. *GIS Posidonie Publ., Marseille, Fr.* : 1-193.
- CHARBONNEL E., BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., BERNARD G., BONHOMME P., PATRONE J., KRUCZEK R., COTTALORDA J. M., BERTRANDY M.C., FORET P., RAGAZZI M., LE DIREAC'H L., 2000.** Le Réseau de Surveillance Posidonies de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. *Première partie : présentation et guide méthodologique. Année 2000. Région PACA, Agence de l'Eau RMC, GIS Posidonie, CQEL 13, CQEL 83, Conseil Général 06, GIS Posidonie publ.* : 1-76.
- Charbonnel E., Boudouresque C.F., Meinesz A., Cadiou G., Bonhomme P., Cottalorda J.M., Patrone J., Kruczek R., Bertrandy M.C., Foret P., Bricout P., Marro C., Le Direach L., 2003.** Le Réseau de Surveillance Posidonies de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur : Résultats du suivi 2002. *GIS Posidonie publ., Fr.*: 1-176.
- De Giovanni C., 1973.** Etude de sédimentologie dynamique à la presqu'île de Sidi-Freuch (ouest d'Alger), thèse de doctorat, géologie marine et sédimentologie, *univ D'Aix marseille*, 105P.
- DUARTE., 1991.** Seagrass depth limits. *Aquat. Bot.*, 40 : 363-377.
- DREW E.A., 1971.** Botany. Underwater science. An introduction to experiments by divers Woods & Lithgoe edit., *London* : 1-59.
- DREW E.A., JUPP B.P., 1976.** Some aspects of the Growth of *Posidonia oceanica* in Malta. *Underwater Research, Academic Press, London* : 357-367.
- FRANCOUR P., 1994.** Pluriannuel analysis of the reserve effect on ichthyofauna in the scandola naturel reserve (Corsica, northern-occidental Mediterranean). *Oceanol. Acta*, 17(3) : 309-317.
- 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. *Mar. Ecol., PSZNI*, 18(2) : 157-173.
- GIRAUD G., 1977.** *Contribution à la description et à la phénologie des herbiers de Posidonia oceanica (L.) Delile.* Thèse Doct., *Univ. 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.
- GUERRAH R., NOUR I., 2008.** Mise en place du balisage au niveau de la limite inférieure de l'herbier à *Posidonia oceanica (L.) Delile* de l'anse de Kouâli. Mémoire de D.E.U.A., option environnement, *ISMAL, Alger* : 1-49.
- GRAVEZ V., NIERI M., BOULANDIER E, CARLE S., 1989.** Surveillance de l'herbier de Posidonies de la baie du Prado (Marseille). Suivi 1988. Direction générale des services techniques, *ville de Marseille et GIP Posidonie, Marseille, Fr* : 1-40.
- JEUDY DE GRISSAC A., BOUDOURESQUE C.F., 1985.** Rôle des herbiers de Phanérogames marines dans les mouvements de sédiments côtiers : les herbiers à *Posidonia oceanica*. *Colloque franco-japonais d'Océanographie, Marseille*, 1: 143-151.
- MEINESZ A., LAURENT R., 1981.** Méthodes récentes de cartographie de *posidonia oceanica* dans les Alpes-Maritimes (France). Campagne Poseidon. *Bot. Mar., Germ.*, 21(8) : 513-256.
- MEINESZ A, BOUDOURESQUE C.F., FALCONETTI C., ASTIER J. M., BAY D., BLANC J. J., BOURCIER M., CINELLI F., CIRIK S., CRISTIANI G., DI GERONIMO I., GIACCONE G., HARMELIN J. G., LAUBIER L., LOVRIC A. Z., MOLINIER R., SOYER J., VAMVAKAS C.,**

- 1983.** Normalisation des symboles pour la représentation et la cartographie des biocénoses benthiques littorales de méditerranée, *Paris New York Barcelone Milan, masson* : 1- 172.
- MOLENAAR H., 1992.** Etude de la transplantation de boutures de *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 129 Phanérogames marines. Modélisation de l'architecture et du mode de croissance. Thèse Doctorat, *Univ. Nice-Sophia Antipolis, France* : 1-221
- OUSSAMA K., 2010.** Surveillance de la limite inférieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* de Bou Ismail, Algérie. Mémoire de fin d'études DEUA en science de la mer, *ENSSMAL, Alger* : 1-42 + annexe.
- PAC, 2005.** Lutte contre la pollution liée aux déchets solides – Diagnostic – Programme d'aménagement côtier (PAC) « Zone Côtière Algéroise ». PAC-PAC. ALG/DS/04-04.
- PERGENT G., 1987.** Recherche lépidochronologique chez *Posidonia oceanica* (Potamogetonaceae) : Fluctuation des paramètres anatomiques et morphologiques des écailles des rhizomes. Thèse doctorat, océanographie. *Université Aix-Marseille II, France* : 21-45.
- PERGENT G., 1991.** Les indicateurs écologiques de la qualité du milieu marin en Méditerranée. *Oceanis* 17 (4): 341-350.
- PERGENT G., 1993.** L'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile : Approche structurelle fonctionnelle et appliquée. Diplôme d'Habilitation à diriger des recherches. *Université de Corse, spécialité écologie. France.*
- PERGENT G., ROMERO J., PERGENT-MARTINI C., MATEO, M., BOUDOURESQUE, C. F., 1994.** Primary production, stocks and fluxes in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 106 : 139-146.
- 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: état des connaissances. *Mésogée*, 54: 3-29.
- PERGENT G., CLABAUT P., MIMAUT B., PASQUALINI V., PERGENT-MARTINI C., 2005.** Mise en œuvre d'un Réseau de Surveillance Posidonies le long du littoral de la Corse. Deuxième phase : Porto-Vecchio / Ajaccio. *Contrat Office de l'Environnement de la Corse et GIS Posidonie Centre de Corse, GIS Posidonie Publ., Corte* : 1-133.
- PERGENT-MARTINI C., 1994.** Impact d'un rejet d'eaux usées urbaines sur l'herbier à *Posidonia oceanica* avant et après la mise en service d'une station d'épuration. Thèse Doct. *océanol., Univ. Corse, Fr.* : 1-190.
- PERGENT-MARTINI C., LE RAVALLEC C., 2007.** Lignes directrices pour les études d'impacts sur les herbiers marins. *Programme des Nations Unies pour l'Environnement, CAR/ASP.*
- SEMROUD R., BOUMAZA S., BOUKORTT R., BADJOU R., BOUMOULA N., HADJ AÏSSA R., SIDI BOUMEDIENNE T., 1998.** Surveillance de l'herbier à *Posidonia oceanica* au large de la Grande plage d'El-Djamila (Baie de Bou Ismail, Algérie). *Convention DGE/ ISMAL, Alger* : 1-43.
- VERLAQUE M., C. F. BOUDOURESQUE1, A. MEINESZ, GRAVEZ V., 2000.** The *Caulerpa racemosa* Complex (Caulerpales, Ulvophyceae) in the Mediterranean Sea. *Bot. Mar.*, 43 : 49-68.

ANNEXES

Liste des figures	Page
Figure 1. Schéma d'un rhizome plagiotrope de <i>Posidonia oceanica</i> , d'où partent vers le haut des rhizomes orthotropes et, vers le bas, des racines (D'après Boudouresque et Meinesz, 1982).	3
Figure 2 : Schématisation des principaux rôles de l'herbier de Posidonie dans l'équilibre des fonds littoraux méditerranéens (D'après Charbonnel <i>et al.</i> , 2000).	4
Figure 3 : Localisation de la zone d'étude (PAC 2005).	7
Figure 4. Schéma d'un carré permanent de 6 m de côté, mis en place dans un herbier à <i>Posidonia oceanica</i> dégradé (D'après (Boudouresque <i>et al.</i> , 2007).	8
Figure 5 : Méthode de positionnement successif des 4 tiges (A, B, C, D) formant le carré.	9
Figure 6 : Schéma illustrant le protocole de mesure des relèvements de la tige C à la tige D, donné par l'angle α .	10
Figure 7 : Photo montrant les cordelettes qui matérialisent les couloirs du carré.	10
Figure 8 : Délimitation de la matte.	11
Figure 9 : Prélèvement de faisceaux.	12
Figure 10 : Prélèvement de sédiment.	12
Figure 11 : Comptage <i>in situ</i> de la densité avec un carré de 40 cm de côté.	12
Figure 12 : Schéma de dissection d'un faisceau de <i>Posidonia oceanica</i> pour l'étude phénologique (d'après Pergent, 1987).	13
Figure 13 : Localisation du carré permanent d'étude.	16
Figure 14 : Plan de tracé du carré permanent.	17
Figure 15 : Micro-cartographie du carré permanent	18
Figure 16 : Courbes de fréquences et de fréquences cumulées du sédiment de la matte et de l'intematte.	20
Figure 17 : Quelques photos de la macrofaune et flore présente au niveau de l'herbier de Posidonies : A) <i>Holothuria tubulosa</i> ; B) <i>Holothuria forskali</i> ; C) <i>Serranellus scriba</i> ; D) <i>Labridae</i> ; E) <i>Gobius bucchichi</i> ; F) <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>cylindracea</i> ; G) <i>Discodorididae</i> ; H) <i>Sphaerechinus granularis</i> ; I) <i>Paracentrotus lividus</i> .	21

Liste des Tableaux	Pages
Tableau 1 : Relèvements de tige à tige ; les angles sont donnés en degré.	16
Tableau 2 : Profondeurs mesurées au niveau des tiges du carré permanent.	17
Tableau 3 : Densités (nombre de faisceaux / m ²).	19
Tableau 4 : Biométrie foliaire de <i>Posidonia oceanica</i>	19

Calendrier de mise en place du carré permanent

Début de travail	Nombre de plongées	Durée total des plongées	La durée moyenne de chaque plongée	profondeurs	Description
Du 06/05/2012 au 31/05/2012	8	6 heures	40 mn	(-4) m	<ul style="list-style-type: none"> - Positionnement des tiges (A, B, C, D). - Cartographie. - Evaluation de l'état de vitalité de l'herbier.

Phénologie

1	LB	LF	IF	2	LB	LF	IF	3	LB	LF	IF	4	LB	LF	IF	5	LB	LF	IF
A	40	210	10	A	38	120	10	A	39	290	11	A	35	200	10	A	35	226	10
	15	380	10		37	240	10		28	270	10		28	205	10		17	445	10
					5	492	10		4	575	10								
I	(325)	(9)		I	397	9		I	440	10		I	420	10		I	(383)	(10)	
	360	9			429	10			340	10			310	10			472	10	
	175	9			(225)	(9)							265	9			240	10	
6	LB	LF	IF	7	LB	LF	IF	8	LB	LF	IF	9	LB	LF	IF	10	LB	LF	IF
A	41	212	10	A	41	100	11	A	40	121	10	A	25	121	10	A	41	232	10
	16	455	10		37	323	11		44	69	10		17	189	10		36	453	10
					6	394	11		17	500	10								
I	315	10		I	(176)	(11)		I	(218)	(9)		I	268	10		I	364	10	
	(191)	(9)			480	11			315	9			193	9			477	10	
	360	9			358	10			394	9			235	9			313	10	
11	LB	LF	IF	12	LB	LF	IF	13	LB	LF	IF	14	LB	LF	IF				
A	38	222	11	A	31	136	8	A	47	223	10	A	35	172	10				
	34	495	11		29	200	8						36	332	10				
	384	11			370	9			338	10			396	10					
I	374	11		I	303	9		I	(212)	(9)		I	237	10					
	446	11			257	9			445	10									
	176	10																	

LB : longueur des bases

LF : longueur des feuilles

IF : largeur des feuilles

A : feuilles adultes

I : feuilles intermédiaires

De **1** à **14** : numéro de faisceau

Granulométrie**L'intermatte**

Tamis (mm)	Phi	%F	%F cumulé	poids
4	-2	54,2812055	100,00	106,63
2	-1	3,58379149	45,72	7,04
1	0	6,42435349	42,14	12,62
0,5	1	17,4557117	35,71	34,29
0,25	2	8,88821014	18,25	17,46
0,125	3	7,71227856	9,37	15,15
0,063	3,9885 0	1,6544492	1,65	3,25

La matre

Tamis (mm)	phi	%F	%F cumulé	poids
4	-2	54,2812055	100,00	106,63
2	-1	3,58379149	45,72	7,04
1	0	6,42435349	42,14	12,62
0,5	1	17,4557117	35,71	34,29
0,25	2	8,88821014	18,25	17,46
0,125	3	7,71227856	9,37	15,15
0,063	3,9885 0	1,6544492	1,65	3,25

Formules de calcul des indices granulométriques à partir des diamètres en ϕ

Indice	Formule
Taille moyenne	$TM = \phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84} / 3$
Triage	$DFI = (\phi_{84} - \phi_{16}) / 4 + (\phi_{95} - \phi_5) / 6,6$
Asymétrie	$SKI = \phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50} / 2 \phi_{84} - \phi_{16} + \phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50} / 2(\phi_{95} - \phi_5)$
Acuité des distributions	$KG = \phi_{95} - \phi_5 / 2,44(\phi_{75} - \phi_{25})$
Facteur hydrodynamique	$FH = KG - \phi_{75} - \phi_{25} / 2$
Indice de tri S_o	$S_o = (Q_{75} / Q_{25})^{1/2}$

A remplir d'après graphique semi-log

La matre	L'intermatre
$\phi_{16} = 0$	$\phi_{16} = - 0,1$
$\phi_{50} = 3,7$	$\phi_{50} = 3,1$
$\phi_{84} = 2,1$	$\phi_{84} = 3,75$
$\phi_{95} = 5,8$	$\phi_{95} = 3,9$
$\phi_5 = 0$	$\phi_5 = -1,4$
$Q_{75} = 01$	$Q_{75} = 3,1$
$Q_{25} = 0,22$	$Q_{25} = 0,325$