

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 :

**Cartographie du récif-barrière à *Posidonia oceanica*
de l'anse de Kouali**

Préparé par :

BAMAHAMMED Lahcen

NAIMI Mohamed Moundji

Mme S. BOUMAZA Maître-assistante A (ENSSMAL)

Promotrice

Mr R. BOUKORTT Assistant (ENSSMAL)

Co-promoteur

Examiné par :

Mr R. BOUKORTT

Session : Juillet 2012

Sommaire :

1. Introduction.....	1
2. Généralités.....	2
2.1. Présentation de <i>Posidonia oceanica</i>	2
2.2. Dynamique et structure des récifs-barrières.....	3
2.3. Distribution géographique des récifs-barrières.....	4
2.4. Méthodes de cartographie des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i>	4
3. Matériel et méthodes	7
3.1. Présentation du site d'étude.....	7
3.2. Cartographie du récif-barrière.....	9
3.2.1 Matériel utilisé.....	9
3.2.2. Méthode utilisée.....	9
3.3. Étude des paramètres de la vitalité de <i>Posidonia oceanica</i>	10
3.3.1. Densité.....	10
3.3.2. Recouvrement.....	11
3.3.2. Prélèvements.....	11
3.3.3. Études au laboratoire.....	11
3.3.3.1. Biométrie foliaire.....	11
3.3.3.2. Granulométrie.....	12

4. Résultats et discussion.....	15
4.1. Cartographie et description du récif-barrière à <i>Posidonia oceanica</i> ..	15
4.2. Caractérisation du récif-barrière	18
4.2.1. Densité et recouvrement.....	18
4.2.2. Paramètres biométriques.....	18
4.2.3. Granulométrie du sédiment.....	19
5. Conclusion.....	21
Références bibliographiques.....	22
Annexes.....	24

1. Introduction

Posidonia oceanica est l'une des cinq espèces de Magnoliophytes marines présentes en Méditerranée. Elle constitue des herbiers au niveau de l'étage infralittoral, entre la surface et 30-40 m de profondeur (Duarte, 1991). Dans les secteurs abrités, à faibles profondeurs, l'herbier affleure la surface de l'eau, constituant un récif-barrière. Les faisceaux foliaires constituent alors une barrière dense et compacte, contre laquelle les vagues viennent se briser (Molinier et Picard, 1952).

Les récifs-barrières ont payé un lourd tribut à l'aménagement du littoral depuis très longtemps, particulièrement à la construction des ports. En effet, si de multiples récifs-barrières ont été signalés dans le passé, nombre d'entre eux ont été plus ou moins détruits depuis (Boudouresque *et al.*, 2006). Leur localisation dans les fonds des baies abritées, qui constituent des sites de mouillages recherchés, les rend tout particulièrement sensibles à ce type d'agression (Boudouresque *et al.*, 2006). La prise en compte de ces menaces a d'ailleurs conduit à inscrire les récifs-barrières sur la liste des paysages marins menacés de Méditerranée (UNEP/IUCN/GIS Posidonie, 1990). En effet, ils doivent faire l'objet d'un statut spécifique sous peine de disparaître définitivement des rivages méditerranéens.

En Algérie, de multiples récifs-barrières ont été signalés dans le passé, particulièrement dans la baie de Bou Ismaïl (Molinier et Picard, 1953, Le Gall, 1969 ; Boumaza, 1995) et El Kala (Pergent *et al.*, 1991). Le récif-barrière de l'anse de Kouali a été décrit comme le plus prospère de ceux observés sur les côtes algériennes (Molinier et Picard, 1953). Malheureusement, à l'heure actuelle, il ne bénéficie d'aucun statut particulier permettant d'assurer sa conservation, d'autant plus qu'il est directement soumis à des agressions répétées, particulièrement durant la saison estivale (pollution, piétinement, ancrage...).

Dans cette optique, une cartographie détaillée de ce récif-barrière à *Posidonia oceanica* est envisagée, afin de connaître son extension actuelle. En outre, une étude de sa vitalité est réalisée, à la fois au niveau de sa structure spatiale (densité, recouvrement) et de sa morphologie (biométrie foliaire).

GÉNÉRALITÉS

2. Généralités

2.1. Présentation de *Posidonia oceanica*

Posidonia oceanica est l'une des cinq espèces de Magnoliophytes marines présentes en Méditerranée. Elle constitue des herbiers au niveau de l'étage infralittoral, entre la surface et 30-40 m de profondeur (Duarte, 1991). Ils constituent une des formations les plus caractéristiques, les plus riches et les plus productives du domaine benthique méditerranéen (Boudouresque *et al*, 2006). Par ailleurs, ils jouent un rôle important au niveau des équilibres littoraux (Jeudy de Grissac et Boudouresque, 1985).

Les tiges de *Posidonia oceanica*, de consistance ligneuse, totalement ou partiellement enfouies dans le sédiment sont appelées rhizomes, sont terminées par des bouquets de 5 à 8 feuilles. En fonction de l'espace disponible, et d'autre part de la sédimentation, les rhizomes se développent dans le plan vertical (rhizomes orthotropes) ou horizontal (rhizomes plagiotropes). Le lacis de rhizomes et le sédiment qui colmate les interstices constituent un ensemble très caractéristique désigné sous le nom de « matre ». Au cours du temps, la matre monte vers la surface. Molinier et Picard (1952), ont mesuré une élévation du fond de 1m/siècle. La montée de la "matre" peut amener l'herbier au voisinage de la surface. En mode battu, cette montée s'arrête à 1 ou 2 m sous la surface. L'hydrodynamisme s'oppose en effet à la poursuite de cette élévation et détermine la formation d'une pénéplaine de "matre morte" (Molinier et Picard, 1952 ;Boudouresque et Meinesz, 1982). En mode calme, plus particulièrement au fond des baies, en revanche, la montée de la "matre" peut se poursuivre jusqu'à la surface. Lesfeuilles s'étalent alors à la surface (Figure 1).

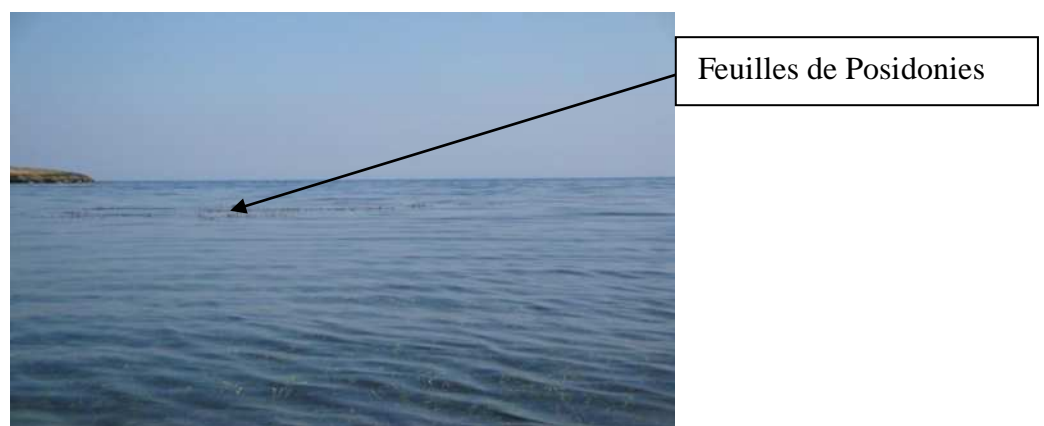


Figure 1. Photographie montrant les feuilles de *Posidonia oceanica* affleurant la surface (récif-barrière de l'anse de Kouali).

2.2. Dynamique et structure des récifs-barrières

Dans un premier temps, l'émergence de l'extrémité des feuilles se localise le long de la côte, cette formation est désignée sous le nom de récif frangeant (Figure 2). Par la suite, la poursuite de la montée de la « matte » élargit le récif frangeant, les feuilles et la faible profondeur gênent alors la circulation des eaux : la température peut descendre en dessous (en hiver) ou s'élever au-dessus (en été) des limites de tolérance de *Posidonia oceanica* ; il en va de même de la salinité, lors des épisodes de pluie. Entre la côte et le front d'émergence de *Posidonia oceanica*, les Posidonies meurent : il se forme ainsi un lagon (Molinier et Picard, 1952 ; Boudouresque et Meinesz, 1982).

Le front d'émergence de *Posidonia oceanica* constitue alors un récif-barrière. Avec le temps, le récif-barrière progresse vers le large et le lagon s'élargit (Molinier et Picard, 1952 ; Boudouresque et Meinesz, 1982). La progression vers le large du récif-barrière a été estimée à 8-10m par siècle (*in* Boudouresque *et al*, 2006). Dans le lagon, dont le fond est vaseux, deux Magnoliophytes peuvent s'installer : *Cymodocea nodosa* et *Nanozostera noltii*

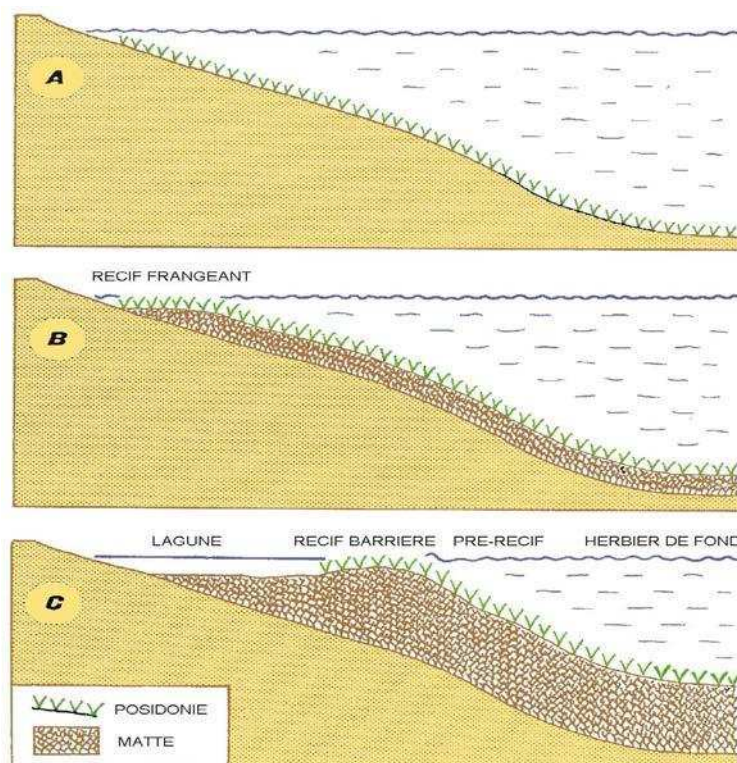


Figure 2. La formation d'un récif frangeant (B), puis d'un récif-barrière de posidonie (C), dans une baie de mode calme, par élévation de la matte (D'après Boudouresque et Meinesz, 1982).

2.3. Distribution géographique des récifs-barrières

Les récifs-barrières les plus spectaculaires encore existants sont ceux de Port-Cros, du Brusc et de la Madrague de Giens (Var, France). Des récifs-barrières moins typiques, ou moins bien connus, existent également : Sud de Port-Bou (Catalogne, France), Puerto de Sanitja (Minorque, Baléares, Espagne), Bajos de Roquetas (Almería, Espagne), Toulon (anse du Mourillon), Saint-Tropez (port du Pilon), Sainte-Marguerite (France continentale), golfe de Saint-Florent et l'avant-port de Centuri (Corse), Rapallo, Prelo (Italie), Sidi-el-Reiss et La Marsa (Tunisie), Urla-Iskele (golfe d'Izmir, Turquie), Abu-Qir (Alexandrie, Égypte) (synthèse *in* Boudouresque *et al.*, 2006).

2.4. Méthodes de cartographie des herbiers à *Posidonia oceanica*

L'intérêt considérable des herbiers à *Posidonia oceanica* pour l'économie des espaces littoraux, sa fragilité et sa dégradation rapide au voisinage des principaux centres urbains et touristiques du littoral, rendent nécessaire sa protection. Mais comment protéger des herbiers dont on ne connaît pas la localisation et l'extension exacte. Aussi, depuis quelques années, la cartographie des herbiers est devenue un objectif prioritaire.

Les méthodes de cartographies disponibles sont nombreuses et de plus en plus performantes, et présentent des avantages et des inconvénients respectifs. En fonction (I) du domaine d'intervention (profondeur), (II) de l'état des connaissances du milieu (i.e. travaux antérieurs), (III) des objectifs retenus (IV) de la précision nécessaire (V) de l'étendue des secteurs à inventorier, et (VI) des moyens disponibles (humains et financiers), les méthodes retenues seront différentes. Il est toutefois possible de les regrouper en trois grandes catégories (synthèse *in* Pasqualini *et al.*, 2001 ; Pergent *et al.*, 1995).

- **Cartographie à petite échelle**

Ces cartes (entre 1/20 000 et 1/50 000) ont pour objet une première approche du milieu, qui consiste en une évaluation des ressources. La précision est généralement inférieure à 5 m. Actuellement, la récolte des informations à petite échelle impose le recours à des moyens d'investigations performants, alliant une large couverture à une relative rapidité d'exécution. Concernant les peuplements benthiques, la télédétection est largement employée pour la réalisation de cartographies des herbiers à *Posidonia oceanica*. L'emploi de la télédétection permet une grande rapidité de traitement si les données sont numériques, mais nécessite la

validation des données sur le terrain et la réalisation de corrections géométriques. La taille du pixel des images satellites (10 et 20 m : SPOT) constitue une autre limitation d'utilisation, contrairement aux photographies aériennes, qui présentent l'avantage d'avoir une résolution modulable en fonction de la précision recherchée (1 à 10 m). L'emploi de scanners aéroportés constitue aussi un moyen d'investigation performant pour la cartographie des formations benthiques. Les méthodes d'investigation sous-marine s'appliquent à des domaines d'intervention plus profonds (à partir de 10 m de profondeur), souvent inaccessibles par télédétection. Le sonar à balayage latéral, initialement employé pour l'étude géologique des fonds est fréquemment utilisé depuis une quinzaine d'années, pour la cartographie de peuplements benthiques. Compte tenu du coût important de la mise en œuvre d'un tel système, l'utilisation d'un échosondeur semble apporter des informations intéressantes dans le cadre d'une première description des Magnoliophytes marines.

- **Cartographies à grande échelle**

Ces cartes (entre 1/500 et 1/20 000) permettent une description fine du milieu, mais intéressent des secteurs moins étendus et la précision est généralement comprise entre 1 et 5 m. La multiplication des aménagements et la mise en place d'une législation destinée à la protection des écosystèmes littoraux ont nécessité le recours à ce type de cartographies, afin de visualiser et d'appréhender les nuisances engendrées par les activités humaines. La télédétection aérienne est à l'origine de très nombreuses cartographies de Magnoliophytes marines, permettant un suivi spatio-temporel précis de l'évolution du milieu. Comme cela a déjà été signalé précédemment, l'emploi de photographies aériennes numérisées offre la possibilité de moduler la précision de l'image en fonction des objectifs recherchés (1 à 10 m), et permet un traitement rapide des données par ordinateur. Allié à des méthodes de corrections géométriques informatisées, le traitement d'images à partir de photographies aériennes s'avère tout particulièrement indiqué pour la réalisation de cartes précises. L'interprétation des clichés photographiques peut aussi se réaliser manuellement en délimitant les limites des peuplements par des changements de couleur ou d'intensité lumineuse.

Les méthodes d'investigation sous-marine sont largement employées pour la réalisation de cartographies benthiques, l'évaluation de biomasse et de l'état des peuplements. La méthode des transects (trajets sous-marins) consiste à dérouler des rubans gradués sur le fond, à partir de points fixes à la côte en suivant un cap précis. Si cette méthode paraît rigoureuse, en ce qui concerne la position des peuplements le long du transect (une dizaine de centimètres), elle ne

peut s'affranchir de toute une série d'artefacts (déclivité du fond, relief, cap, etc.). Quant à la méthode de krigeage, qui est une technique d'interpolation stochastique, elle permet de tracer des lignes d'égale intensité d'un paramètre observé sur le terrain.

- **Micro-cartographie**

Les micro-cartographies s'appliquent généralement à des zones tests, peu étendues et la précision est de quelques dizaines de centimètres. Ces dernières nécessitent le recours, de manière quasi systématique, à la mise en place de repères fixes, comme des transects permanents, des carrés permanents ou des balises. Leur utilisation en milieu marin date de la fin des années 1970, avec pour objectif principal d'appréhender la dynamique évolutive des formations végétales, qu'elle soit naturelle ou liée aux activités humaines. Des mesures complémentaires de recouvrement, de nature du substrat, d'estimation d'état et de densité des peuplements, sont généralement étudiées. Néanmoins, la reproductibilité des observations dans le temps dépend de la persistance de ces structures fixes dans le milieu.

Par ailleurs, la micro-cartographie par télémétrie acoustique constitue une nouvelle méthode de suivi des herbiers de *Posidonia oceanica*. Elle utilise un système de positionnement acoustique sous-marin. Ce système se compose d'un pointeur tenu par un plongeur et permettant de signaler précisément les contours de l'herbier et d'une base détectant les ultrasons émis par le pointeur. Cette méthode produit des micro-cartographies précises, repliables et aisées d'interprétation (Descamp *et al.*, 2010).

MATÉRIEL ET
MÉTHODES

3. Matériel et méthodes

3.1. Présentation du site d'étude

L'anse de Kouali est située dans la partie occidentale de la baie de Bou Ismaïl (Figure 3). Délimitée à l'ouest par le village touristique CET de Tipasa, elle occupe une surface de 5 km². Elle est l'une des anses les plus abritées de la baie de Bou Ismaïl, en raison de la présence d'un goulet, non loin du rivage, qui isole le fond et le protège de la houle du large (Le Gall, 1969). Une grande partie de l'étage infralittoral est occupé par un herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile, qui s'étend entre 0.3 et 20 m de profondeur. La tendance à l'émersion de l'herbier de Posidonies a conduit à l'édification de ce que Molinier et Picard (1952) ont nommé récif-barrière. Ce récif-barrière isole en arrière une lagune occupée par deux autres Magnoliophytes *Nanozostera noltii* et *Cymodoceanodosa*.

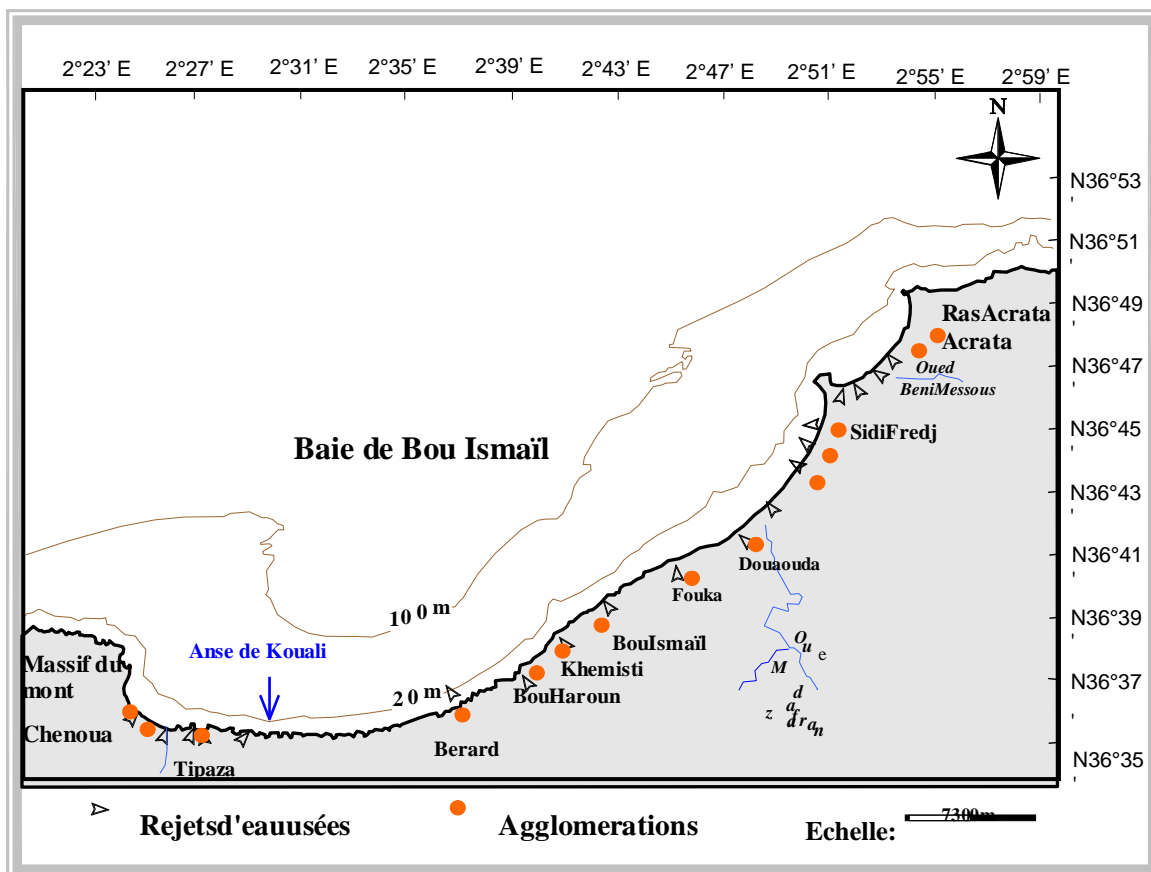


Figure 3. Localisation du site d'étude.

Le réseau hydrographique qui débouche au niveau de l'anse de Kouali est constitué de l'oued Gasbayan à l'ouest, un petit cours d'eau au centre reliant l'oued Seris et l'oued Hadjidji et un ravin à l'est (Amarouche, 2005). Depuis deux années environ, le cours d'eau central charrie des eaux usées générant une pollution organique, qui entraîne une forte turbidité (Figure 4). L'existence d'une pelouse à *Nanozostera noltii*, confirme le manque de renouvellement des eaux ainsi que la présence d'un substrat riche en matière organique.

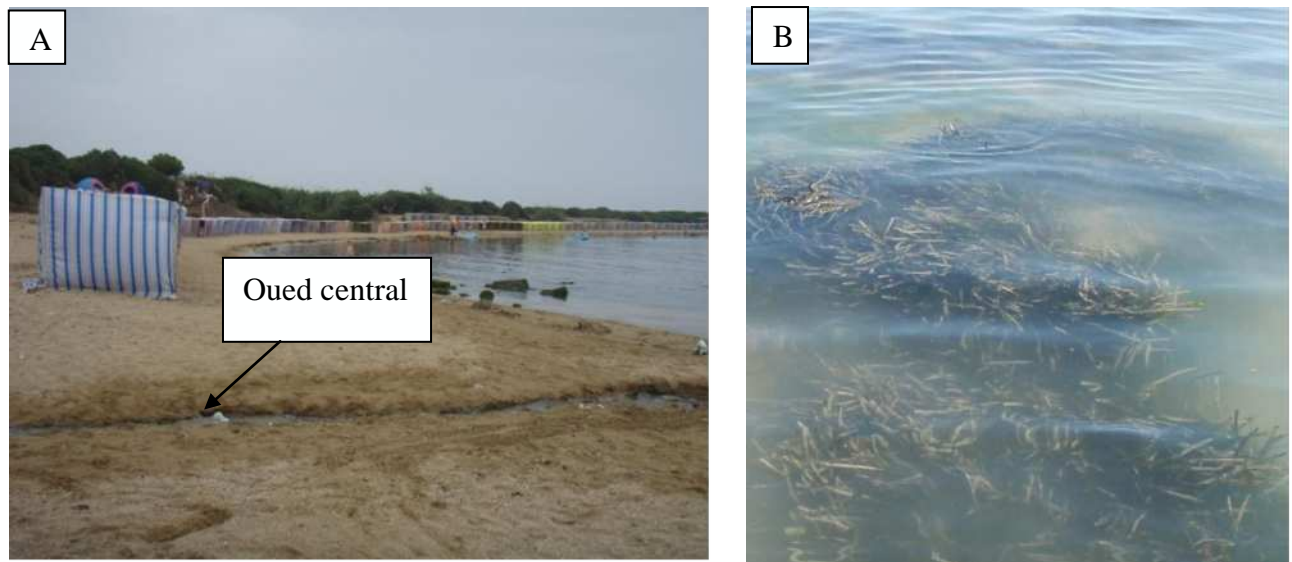


Figure 4. Photographies montrant le déversement du cours d'eau central (A) et la turbidité (B) engendrée à l'anse de Kouali.

En outre, l'anse de Kouali subit une fréquentation de plus en plus accrue durant la saison estivale, ce qui entraîne une pression importante sur le récif-barrière (piétinement, déchets solides) (Figure 5).

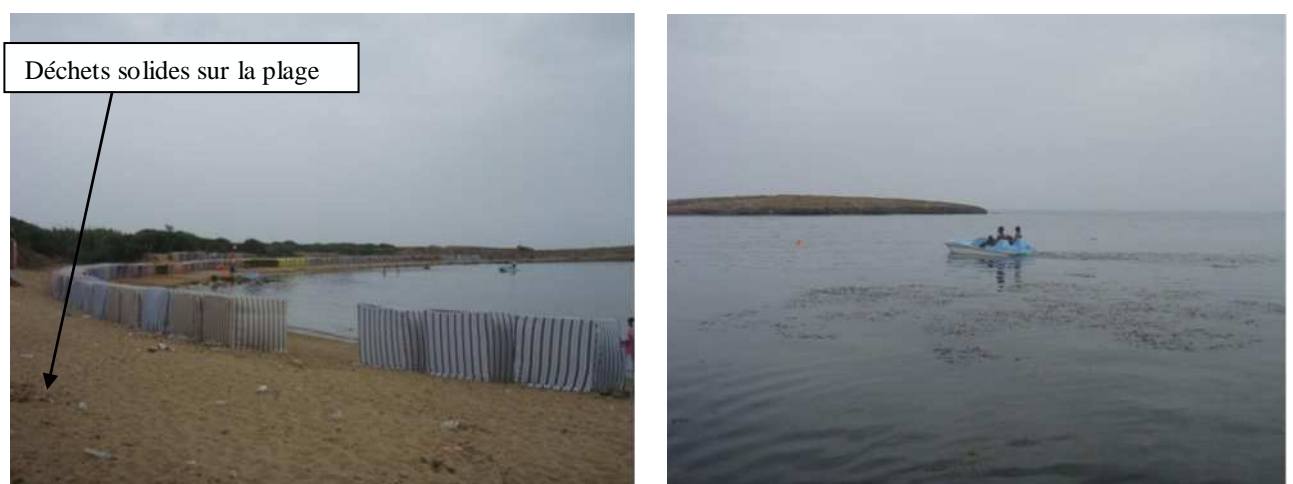


Figure 5. Différentes pressions enregistrées durant la saison estivale à l'anse de Kouali.

3.2. Cartographie du récif-barrière

3.2.1 Matériel utilisé

- 1 décamètre de 30 m
- GPS GarminEtrex
- Compas de relèvement avec une résolution de 2°
- Tiges métalliques en fer à béton
- Massue
- Flotteurs numérotés
- Ardoises en PVC et crayons graphite
- Appareil photo Sony Cybershot + caisson immergeable

3.2.2. Méthode utilisée

La cartographie du récif-barrière à *Posidonia oceanica* est réalisée à partir de la surface. En effet, en raison des faibles profondeurs, il est aisé de noter les changements de faciès.

Dans un premier temps, les contours de la matte sont matérialisés, à l'aide de tiges munies de flotteurs (Figure 6).

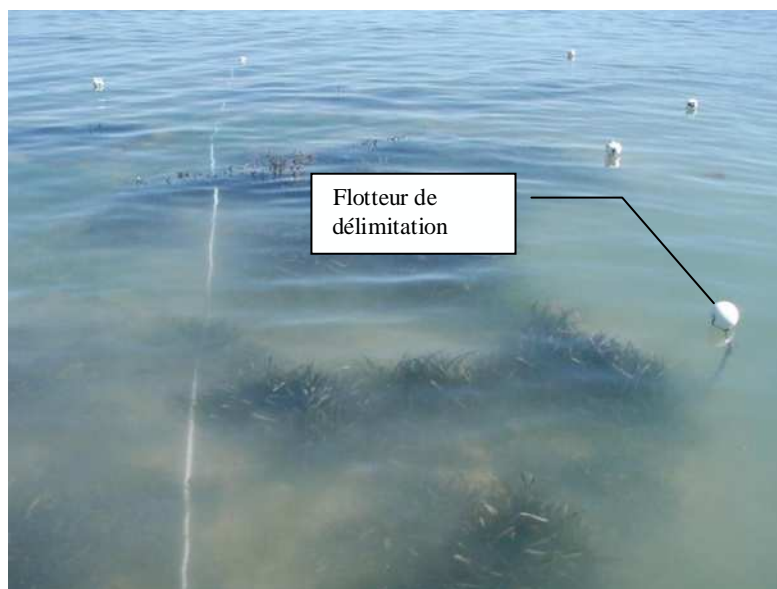


Figure 6. Photo montrant les flotteurs implantés au niveau des contours du récif-barrière.

Dans un deuxième temps, un point central est choisi au sein du récif-barrière et est positionné au moyen d'un GPS, après une acquisition longue (environ 10 min), pour une meilleure précision.

Dans un troisième temps, un décamètre est déroulé à partir du point central, afin de mesurer les distances entre ce point central et les tiges munies de flotteurs qui matérialisent les contours du récif-barrière. En outre, c'est à partir de ce point central que sont positionnés les flotteurs, à l'aide d'un compas de relèvement. Ces relèvements correspondent à des relèvements magnétiques, il est donc nécessaire de les corriger en relèvements vrais pour les porter sur une carte marine. La déclinaison magnétique notée en 1979 est de $3^{\circ} 35' W$, avec une diminution annuelle de $5'$. La déclinaison obtenue pour 2012 est de $0.66^{\circ} W$. Cette déclinaison est donc négligeable, compte tenu de la résolution du compas magnétique qui est de 2° . Ainsi, les relèvements magnétiques enregistrés sont considérés comme des relèvements vrais.

Dans un quatrième temps, la hauteur de la matte est estimée à l'aide d'une règle graduée au niveau des tiges matérialisant les contours de la matte.

3.3. Étude des paramètres de la vitalité de *Posidonia oceanica*

3.3.1. Densité

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 (Figure 7), dix mesures sont réalisées. Ces mesures permettent de classer l'herbier en fonction de la grille de lecture établie par Giraud (1977).



Figure 7. Comptage *in situ* de la densité avec un cadre de 40 cm de côté.

3.3.2. Recouvrement

Le recouvrement correspond au pourcentage de couverture du substrat par l'herbier à *Posidonia oceanica* vivant, par rapport aux zones non couvertes (sable, matre morte, roche). Il est estimé à l'aide d'un cadre de 1 m de côté ; 10 mesures sont réalisées. De nombreux facteurs peuvent biaiser l'estimation du recouvrement, liée d'une part à l'observateur (son expérience) et d'autre part à des paramètres extérieurs tels que la visibilité, la saison (surévaluation en période estivale où les feuilles sont plus longues) et la structure de l'herbier (Charbonnel *et al.*, 1995).

3.3.2. Prélèvements

Un total de 21 rhizomes orthotropes est prélevé en vue de l'étude phénologique (biométrie foliaire). 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. 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.

3.3.3. Études au laboratoire

3.3.3.1. Biométrie foliaire

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 (Figure8).

Le faisceau foliaire est séparé du rhizome et décortiqué en respectant l'ordre distique d'insertion des feuilles. Elles sont en suite séparées en fonction de leur âge, selon le protocole de Giraud (1979).

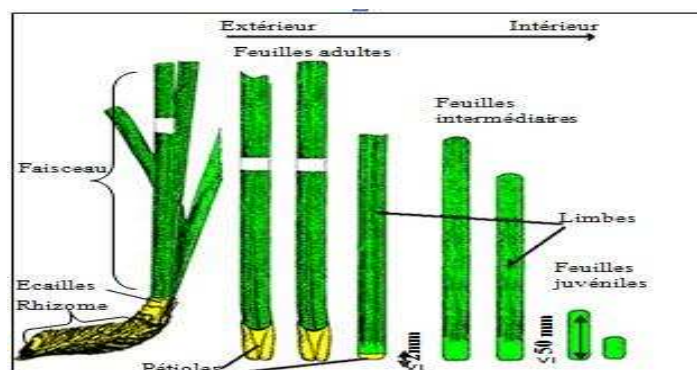


Figure8. Dissection d'un faisceau de *Posidonia oceanica* (D'après Pergent, 1987).

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
- Pour chaque feuille, la longueur totale et la largeur sont mesurées. Ces différentes mesures permettent de calculer :
- Le nombre moyen de feuilles adultes et intermédiaires par faisceau.
 - La longueur moyenne des feuilles adultes et intermédiaires par faisceau.
 - La largeur moyenne des feuilles adultes et intermédiaires par faisceau.
 - Le Coefficient A de Giraud, correspondant au pourcentage de feuilles ayant perdu leur apex (feuilles broutées ou brisées à cause de l'hydrodynamisme).
 - La surface foliaire (SF), correspondant à la surface des feuilles par faisceau, elle est exprimée en $\text{cm}^2/\text{faisceau}$.
- L'indice foliaire (IF), correspondant à la surface des feuilles par mètre carré, obtenu en multipliant la surface foliaire par la densité
- La largeur moyenne des feuilles adultes et intermédiaires par faisceau.
 - Le Coefficient A de Giraud, correspondant au pourcentage de feuilles ayant perdu leur apex (feuilles broutées ou brisées à cause de l'hydrodynamisme).
 - La surface foliaire (SF), correspondant à la surface des feuilles par faisceau, elle est exprimée en $\text{cm}^2/\text{faisceau}$.
 - L'indice foliaire (IF), correspondant à la surface des feuilles par mètre carré, obtenu en multipliant la surface foliaire par la densité.

3.3.3.2 Granulométrie

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 éventuels restes macroscopiques de Posidonie (rhizomes, feuilles mortes, écailles...). Une fraction de l'échantillon (200 g environ) est passée sous l'eau dans un tamis de 63 µm, afin d'éliminer la fraction pélitique. La fraction restante est séchée à l'étuve, puis pesée. Ensuite l'analyse granulométrique 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.

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 ; Pergentet *al.*, 2008).

- **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 <	Classement maximum du côté des matériaux grossiers
SKI >1	Classement maximum du côté des fines particules

Le triage de Folk (DFI)

Traduis 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	Très 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, s'il est positif ce la indique que le sédiment peut être mis en mouvement.

Les paramètres suivants sont également calculés : le pourcentage de la fraction grossière (>2 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 mm).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

4. Résultats et discussion

4.1. Cartographie et description du récif-barrière à *Posidonia oceanica*

Le logiciel Mapinfo version 7.8, a permis de donner une représentation cartographique des données obtenues sur terrain (annexes). Le fond de carte utilisé est une image satellitaire téléchargée depuis Google Earth, puis géoréférencée. Le premier type d'information cartographié concerne les contours du récif-barrière et les points de mesure de la hauteur de matte (Figure 9).

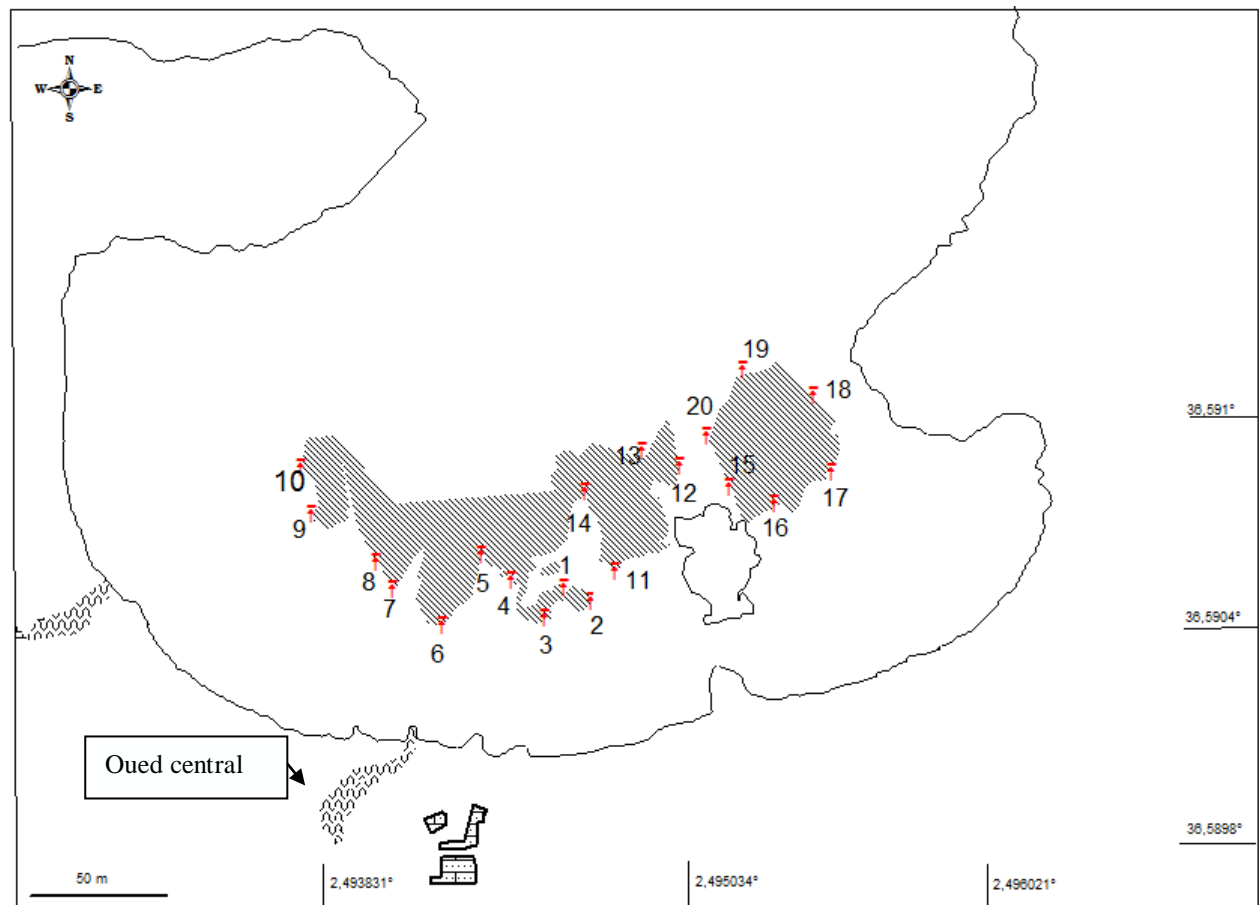


Figure 9. Cartographie des contours de la matte. Les numéros indiquent les points de mesure de hauteur de matte.

La vitesse de l'élévation des mattes d'herbier varie d'un point à un autre ; elle est comprise entre 25 et 68 cm (Tableau 1 ; Figure 10). Cette dernière varie en particulier, en fonction des courants et de l'alimentation en sédiments. À ce titre, la hauteur de la matte présente les valeurs les plus faibles du côté est du récif-barrière. Par ailleurs, des phases d'élévation peuvent alterner avec des phases de mort de l'herbier. Lors de la mort de l'herbier de *Posidonies*, ces

mattes restent en place, car elles sont peu putrescibles, et sont alors dénommées « mattes mortes ».

Tableau1. Valeurs des hauteurs de matte mesurées.

Station	Hauteur de matte (cm)	Station	Hauteur de matte (cm)
1	40	11	55
2	45	12	68
3	55	13	60
4	60	14	30
5	45	15	35
6	43	16	32
7	44	17	35
8	40	18	31
9	45	19	30
10	40	20	25

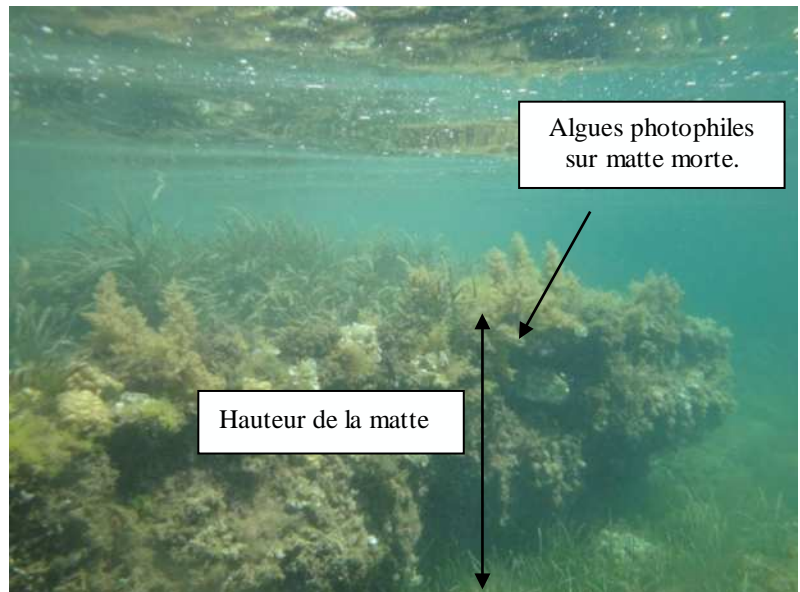
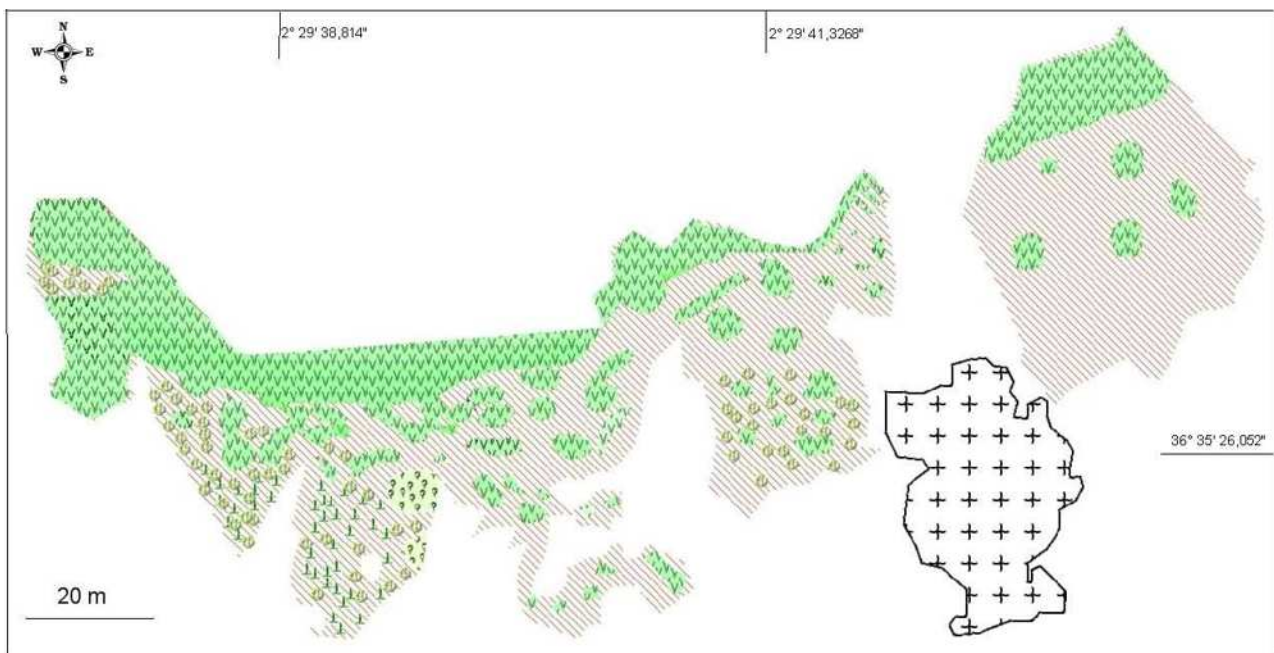


Figure 10. Photo montrant un tombant de matte.

La deuxième information cartographiée concerne la répartition de *Posidonia oceanica* sur les surfaces préalablement cartographiées (Figure 11). La surface occupée par le récif-barrière est estimée à environ 550 m², soit 60 % de la surface de la matte, qui est de 900 m². Les mattes mortes sont souvent recouvertes par le peuplement de la biocénose des algues photophiles (Figure 10). Plusieurs structures érosives sont observées au sein du récif-barrière : inter mattes de matte morte et de sable. La régression des herbiers qui se traduit généralement par la présence de matte morte n'est pas un signe univoque de l'impact de l'homme selon Boudouresque *et al.* (2006). Elles peuvent être par exemple la conséquence de l'hydrodynamisme. Par ailleurs, la majorité de matte morte rencontrée se situe au niveau du front interne du récif-barrière, qui présente une limite morcelée. À l'inverse vers le front externe du récif-barrière, l'herbier à *Posidonia oceanica* se continue vers le large. En effet, avec le temps, le récif-barrière progresse vers le large et le lagon dont le fond est vaseux, s'élargit (Molinier et Picard, 1952 ; Boudouresque et Meinesz, 1982).

Par ailleurs, nous avons observé l'espèce invasive *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*(Sonder) Verlaque, Huismanet Boudouresque, dans deux biotopes différents : sable à la périphérie de la matte et l'autre sur de la matte les touffes de *Posidonia oceanica* (Figure 12).



Légende :

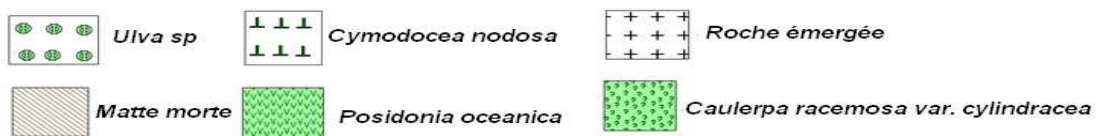


Figure 11. Cartographie biocénotique du récif-barrière à *Posidonia oceanica* de l'anse de Kouali.

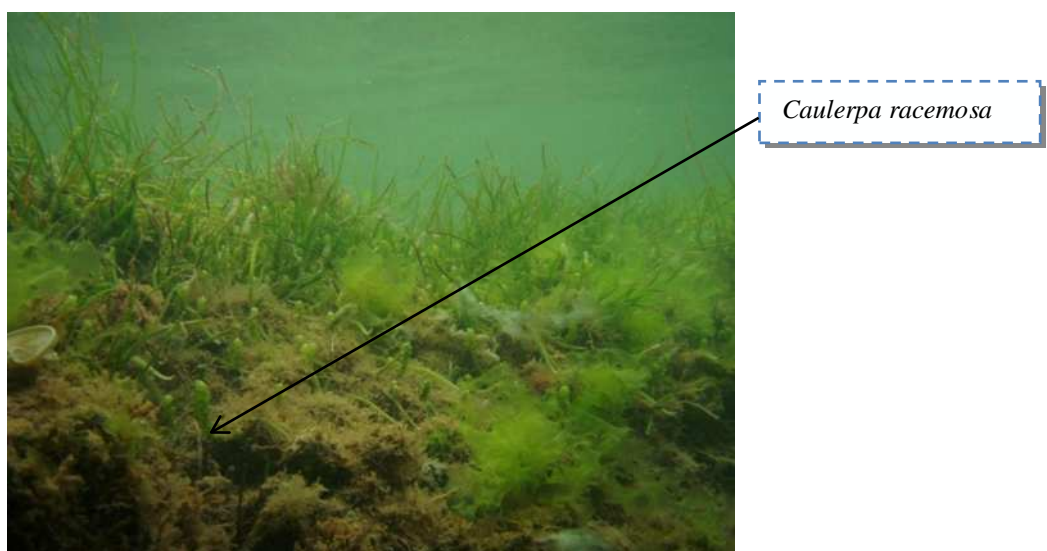


Figure 12. *Caulerpa racemosa var. Cylindracea* sur la matte morte.

4.2. Caractérisation du récif-barrière

4.2.1. Densité et recouvrement

La densité varie de 493.7 à 1000 faisceaux/m² ; elle est en moyenne de 736.2 ± 24,2 faisceaux/m², ce qui correspond à un herbier très dense, selon la classification de Giraud (1977). Le recouvrement est très variable, les valeurs oscillent entre 20 et 98 %. Le recouvrement moyen de l'herbier du récif-barrière est de 58,1 % (Tableau 2).

Tableau 2. Estimation de la densité et du recouvrement au niveau du récif-barrière à *Posidonia oceanica*.

Réplicas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Densité	750	937.5	183	562.5	493.7	1000	675.8	943.7	685.7	593.7	158
Recouvrement	65	55	35	28	98	80	95	20	80	25	

4.2.2. Paramètres biométriques

Les principaux résultats relatifs à l'étude phénologique sont représentés dans le tableau 3. Ils serviront d'éléments de référence pour le suivi de la vitalité du récif-barrière.

Tableau 3. Paramètres phénologiques de *Posidonia oceanica*.

	Feuilles adultes	Feuilles Intermédiaires
Nombre	2.6 ± 0,6	1.8 ± 0.5
Longueur(mm)	272.8 ± 70.3	225.7 ± 114.9
Largeur (mm)	9.24 ± 0.6	8.7 ± 0.8
Coefficient A (%)	100	40.5
Surface foliaire (cm ² /faisceau)	24.74 ± 4.53	19.3 ± 7.6
Indice foliaire (m ² /m ²)	1.8 ± 0.3	1.4 ± 0.5

4.2.3. Granulométrie du sédiment

L'analyse granulométrique du sédiment prélevé au niveau de l'intermatte fournit un histogramme de fréquence uni-modal (Figure 13). La taille moyenne du sédiment est de 0.39 mm, ce qui correspond à des sables moyens et il est moyennement classé (S₀=3.1). Le

sédiment de la matre fournit également un histogramme de fréquence uni-modal (Figure 14). Sa taille moyenne est de 0,28 mm, ce qui correspond aussi à des sables fins, et il est très mal classé ($S_0 = 2.28$). Le classement est maximal du côté des particules grossières à la fois pour le sédiment de l'intermatte ($SKI = -0,33$) et de la matre ($SKI = -0,5$). En outre, les deux types de sédiment sont très bien triés avec un ($DFI = 0,22$) pour celui de l'intermatte et un ($DFI = 0,031$) pour celui de la matre. L'indice hydrodynamique (FH) est positif pour le sédiment de l'intermatte ($FH=1.37$) et celui de la matre ($FH=1.96$), ce qui indique que le sédiment peut être mis en mouvement.

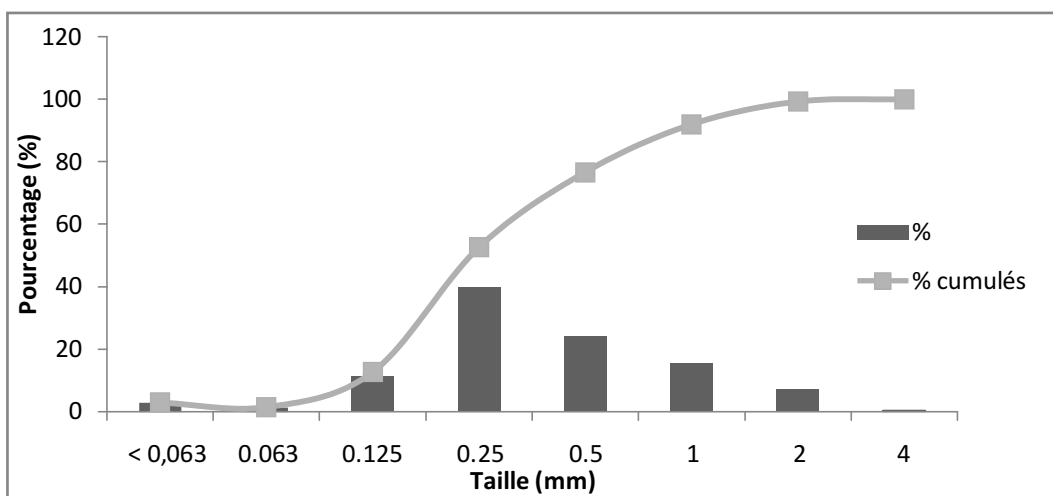


Figure 12. Courbes de fréquences et fréquences cumulées du sédiment de l'intermatte.

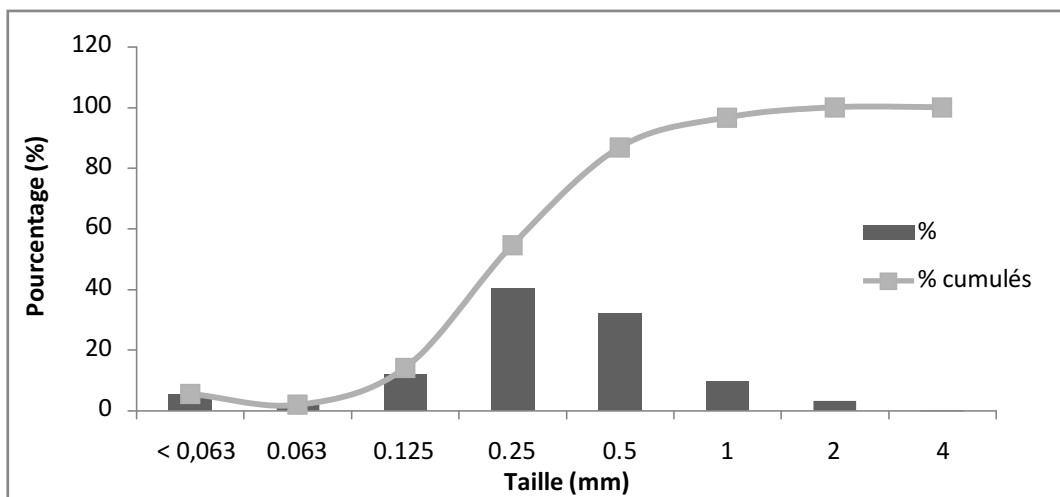


Figure 13. Courbes de fréquences et fréquences cumulées du sédiment de la matre.

La fraction grossière (>2 mm), présente une teneur très faible, elle est de 0.73 % dans le sédiment de la matre, par contre elle est mieux représentée dans celui de l'intermatte (49.2 %).

La fraction moyenne (de 2 à 0.5mm), présente (22.25 %) au niveau de l'intermatte, contrairement à la matte, où cette fraction est mieux représentée (31 %).

La fraction fine (de 0.5 à 0.063) est mieux représentée dans le sédiment de la matte avec 74,35 %, par contre elle est moins importante au niveau de l'intermatte (18 %).

La fraction pélitique (<0.063 mm) est bien représentée au niveau de la matte (5.53 %) contrairement à l'intermatte (2.86 %). 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 matte qui peut absorber une partie de l'énergie de la houle (Jeudy de Grissac et Boudouresque, 1985).

5. Conclusion

Le présent travail a permis de faire un premier état des lieux du récif-barrière de *Posidonia oceanica* de l'anse de Kouali. La présence de ce récif-barrière confère une haute valeur écologique, biologique et patrimoniale à la zone d'étude, du fait qu'il n'en subsiste plus que quelques-uns le long des côtes méditerranéennes

La cartographie détaillée d'un habitat d'intérêt communautaire, réalisée à partir de points de vérité terrain, fournira un état de référence dans le cadre du suivi de son évolution. En outre, la cartographie des habitats est la base nécessaire aux préconisations de gestion d'un site. Elle permet d'identifier les secteurs à forts enjeux écologiques, de localiser les zones dégradées et celles en bon état, et de connaître la superficie des habitats.

La mise en évidence de l'évolution spatio-temporelle de cet habitat en se basant sur des cartographies antérieures (Molinier et Picard, 1953 ; Le Gall, 1969 ; Boumaza, 1995) s'est heurté à de nombreuses difficultés. Elles sont dues aux différences de typologies biocénétiques, de délimitations des périmètres d'étude, d'échelle d'acquisition ainsi qu'à l'évolution des techniques employées. Néanmoins, il apparaît une régression qui a porté à la fois sur la largeur et sur la longueur de la formation récifale. Sa limite supérieure n'est plus continue, mais plutôt morcelée.

Dans l'état actuel, la vitalité et la structure du récif-barrière de Posidonies sont dans un état moyen. L'habitat est menacé par des pollutions et des perturbations biologiques qui affectent ses fonctions. On peut citer les macro-déchets, principalement localisés dans le récif-barrière et le long de la plage, les rejets en mer liés à la présence de l'émissaire de l'oued central et la colonisation par l'espèce invasive *Caulerpa racemosa* Var *cylindrica*. Les interactions entre les activités humaines (e.g. plaisance, tourisme) et les formations récifales apparaissent au niveau de l'utilisation de l'espace. En effet, les sites privilégiés par les activités de plaisance, le tourisme, c'est-à-dire, lieu abrité, faible profondeur, correspondent également aux conditions favorables pour l'installation d'une formation récifale. À ce titre, nous avons pu noter l'intense fréquentation de ce site durant la saison estivale.

Il apparaît donc urgent de tout mettre en œuvre pour tenter de protéger le récif-barrière de l'anse de Kouali, afin de sauver ce type de paysage marin, qui a déjà disparu de la quasi-totalité des côtes méditerranéennes.

RÉFÉRENCES

BIBLIOGRAPHIQUE

Références bibliographiques

Amarouche N., 2005. *Contribution à l'étude de l'accumulation et de la mémorisation des métaux traces (Hg, Zn, Cu) par Posidonia oceanica (Linnaeus) Delile dans la baie de Bou Ismail.* Thèse de Magister, USTHB., Alger : 1-140.

Boudouresque C.F., Bernard G, Bonhomme P., Charbonnel E., Giovanni D., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tinesi L., 2006. Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. RAMOGE pub. : 1-202.

Boudouresque C.F., Meinesz A., 1982. Découverte de l'herbier de Posidonie. *Cah. Parc nation. Port-Cros*, 4 : 1-79.

Boumaza S., 1995. *Phénologie, biomasse, lépido-chronologie et production primaire de l'herbier à Posidonia oceanica (L.) Delile de l'anse de Kouali (Algérie).* Thèse magistère, Écologie marine, ISMAL : 1-125.

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 (4e phase/2^{èmes} année). Région PACA/GIS Posidonie publi., Marseille : 1-193.

Descamp P., Holon F., Boissery P., Ballesta L., Guilbert An., Guillot M., Deter J. 2010. La micro-cartographie par télémétrie acoustique, une nouvelle méthode de suivi des herbiers de posidonie. Application sur 9 sites des côtes méditerranéennes françaises. Actes du Quatrième Symposium Méditerranéen sur la Végétation marine, CAR/ASP publi., Tunis : 55-60.

Duarte C.M., 1991. Allometric scaling of seagrass form and productivity. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 77 : 289-300.

Giraud G., 1977. *Contribution à la description et à la phénologie des herbiers de Posidonia oceanica (L.) Delile.* Thèse Doct. Spécialité, 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.

Judy 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.

Le Gall J.Y., 1969. Étude de l'endofaune des pelouses de Zostéracées superficielles de la baie de Castiglione. (Côtes d'Algérie). *Téthys*, 2 : 395-420.

Molinier R., Picard J., 1952. Recherches sur les herbiers de Phanérogames marines du littoral méditerranéen français. *Ann. Inst. Océanogr.* 27(3) : 157-234.

Molinier R., Picard J., 1953. Études biologiques sur les herbiers de phanérogames marines à l'ouest d'Alger. *Bull. Stats. Aquic. Pêche. Castiglione (N.S.)*, 4 : 335-362.

Pasqualini V., Pergent G., Finidori S., Pergent-Martini C., 2001. Cartographie des herbiers à *Posidonia oceanica* et leur utilisation en tant qu'indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Corse. Contrat équipe Écosystèmes littoraux — Université de Corse & Agence de l'Eau, N°99-1404 : 1-81.

Pergent G., 1987. *Recherche lépidochronologique chez Posidonia oceanica (Potamogetonacea) : Fluctuation des paramètres anatomiques et morphologiques des écailles des rhizomes.* Thèse doctorat, océanographie. Univ. Aix-Marseille II, France : 21-45.

Pergent G., Leonardini R., Lopez Y Royo C., Mimault B., Pergent-Martini C., 2008. *Mise en oeuvre d'un Réseau de surveillance Posidonies le long du littoral de la Corse.* Rapport de synthèse. Contrat Office de l'Environnement de la Corse et GIS Posidonie centre de Corse, GIS Posidonie Publ., Corte : 1-273.

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., Semroud R., Robert P., 1991. Inventaire des richesses écologiques littorales de la région d'El Kala (Algérie), en vue de l'extension du parc national au domaine maritime. Étude préliminaire. Contrat projet n°9112- IUCN/PNPC, Fr : 1-49.

UNEP/IUCN/GIS Posidonie, 1990. Livre rouge « GerardVuignier » des végétaux, peuplements et paysages marins menacent de Méditerranée. MapTechnical Report Series, UNEP, Athènes : 1-250.