

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'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : ENVIRONNEMENT MARIN

Thème :

Mise en place d'un réseau de surveillance sur la partie marine de la
plage Ouest de Sidi Fredj :

Macroflore benthique

Présenté par :

- **BOUTARENE Rafiqua Ouneiza**
- **GHANEM Narimene**

Soutenu le 01/07 /10 devant le jury suivant :

Mr (M^{me})	LOUANCHI F	Présidente
Mr (M^{me})	REFES W	Promoteur (trice)
Mr (M^{me})	AMROUCHE L	Examineur (trice)
Mr (M^{me})	GRIMES S	Examineur (trice)

Promotion : (2010)

Sommaire

Introduction.....p1

I. Matériel et méthode.....p4

I. 1. Présentation de la zone d'étude.....p4

I. 2. Localisation des stations et protocoles d'échantillonnage.....p4

I. 3. Détermination des espèces.....p12

I. 4. Analyses des données.....p13

I. 4.1. Cartographie.....p13

I. 4.2. Statistiques élémentaires.....p14

I. 4.2.1. La moyenne arithmétique.....p14

I. 4.2.2. Variance.....p15

I. 4.2.3. Ecart type.....p15

I. 4.2.4. Intervalle de confiance.....p15

**I. 4.3. Méthodologie de calcul des surfaces et des taux de
recouvrement.....p16**

II. Résultats et discussion.....p17

II. 1. Faciès sédimentaires.....p17

II. 2. Les peuplements végétaux.....p21

II. 2.1 Les peuplements algaux.....p21

II. 2.2 Les peuplements à phanérogame.....p34

II. 3. La cartographie des fonds marins.....p45

Conclusion.....p49

Références bibliographiques.....p51

Liste des figures

Liste des tableaux

Annexes

Introduction

La mise en place des réseaux de surveillance est une démarche nécessaire pour une gestion rationnelle et intégrée de l'environnement marin et littoral.

Selon Galaf et Ghannam (2003), un réseau de surveillance correspond à un ensemble de personnes ou d'organismes structurés et financés pour assurer la surveillance sur un territoire donné.

Les principaux réseaux spécifiques existants visent à répondre aux questions suivantes (Lascombe et Louis, 1994):

- a) Établissement des références naturelles sur des sites réputés non affectés par l'homme.
- b) Surveillance de base : localisation des problèmes.
- c) Surveillance spécifique : en vue d'un usage particulier et /ou ciblé sur un problème,
- d) Surveillance de tendance : des concentrations, des niveaux de qualité, ou des flux de polluants.
- e) Contrôle des impacts : échantillonnage près des sources de pollution (surtout ponctuelles) limité dans l'espace et /ou le temps.
- f) Suivis des catastrophes : inventaire rapide des causes et des effets.
- g) Alerte à la pollution : détection en temps réel de problème à des stations particulières.
- h) Détection avancée des changements : prévision des futurs problèmes (micro polluants essentiellement).
- i) Surveillance aux fins de modélisation : échantillonnage intensif mais de durée limitée.

Il s'avère à la lecture de travaux réalisés pour la mise en place et le suivi de réseau de surveillance que les descripteurs retenus sont nombreux. Selon Morel *et al.* (1999), on distingue les descripteurs suivants:

- Microbiologique (la surveillance de la qualité sanitaire de l'eau de mer et de coquillage repose essentiellement sur le dénombrement d'indicateurs de contamination fécale).
- Phytoplancton toxique (certaines espèces phytoplanctoniques produisent des toxines appelés phycotoxines dont les effets peuvent être néfastes pour l'homme ou les animaux marins)
- Enrichissement du milieu ou eutrophisation (La surveillance de l'enrichissement du milieu va porter sur les sels nutritifs, mais il est important de suivre aussi la chlorophylle et la matière organique. Pour observer et quantifier les effets de l'eutrophisation, la surveillance peut porter sur l'évolution des populations

phytoplanctoniques ou des communautés benthiques, ou sur les biomasses algales échouées sur les plages).

- Contaminants chimiques (Les contaminants chimiques recherchés sont en général sélectionnés pour leur toxicité ou leur rémanence. Les métaux lourds : cadmium, plomb, mercure, zinc, cuivre, chrome, ... et les molécules organiques des familles du DDT, du lindane, des polychlorobiphényles, des hydrocarbures polyaromatiques et des organostanneux).
- Milieu biologique (L'appréciation de la qualité du milieu peut être réalisée à l'aide de diagnostics fondés sur l'observation des bioindicateurs. L'éventail des possibilités est varié : phytoplancton, zooplancton, faune ou flore benthique, poissons, oiseaux ou mammifères. Les paramètres retenus sont l'abondance, la diversité des espèces, l'état physiologique, la croissance, la reproduction, l'état de l'herbier de posidonies, la biodiversité des peuplements de poissons et de la macrofaune benthique), ils sont utilisés essentiellement dans des études d'impact ou des programmes à caractère patrimonial.
- Milieu physique (l'étude des niveaux moyens de la mer, le trait de côte, qui est surtout façonné par les événements extrêmes comme les tempêtes, la houle, la réfraction, le déferlement, ...).

Certains de ces descripteurs font l'objet de réseaux de surveillance spécifiques dans plusieurs pays méditerranéens :

- Le réseau national d'observation de la qualité du milieu marin (RNO), dont l'objectif est l'évaluation des niveaux et des tendances des polluants et des paramètres généraux de la qualité du milieu marin. Le réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines (REPHY), se base sur la détection des espèces toxiques dans l'eau mais également sur celle des toxines dans les coquillages issus des zones de production aquacole. Le réseau REBENT (Réseau Benthique), est un réseau de surveillance de l'environnement marin côtier, dédié au macrobenthos marin (organismes de taille supérieure à 1 mm). Ces trois réseaux s'étendent sur l'ensemble des côtes françaises et sont coordonnés par l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) (Doual *et al.*, 2006).
- Le programme national de surveillance continue de la qualité physico-chimique et microbiologique du milieu marin en Tunisie, qui fait parti du Programme d'Evaluation et de Maîtrise de la Pollution dans la région Méditerranéenne (MEDPOL) sous l'égide du Plan d'Action de la Méditerranée (PAM). Dans ce programme de surveillance, il existe le réseau d'Epidémiologie-surveillance zoonositaire des mollusques (REZOM), qui est coordonné par l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer (INSTM) de Tunis, (Doual *et al.*, 2006).
- Étude et surveillance du phytoplancton et biotoxines marines le long des côtes marocaines régis par l'Institut National de Recherches Halieutiques (Maroc), l'Institut Espagnol Océanographique (Espagne) et Institut Portugais des Investigations Marines (Portugal), (Doual *et al.*, 2006).

- Commission Internationale pour l'Exploration scientifique de la Méditerranée (CIESM), soutient la recherche multilatérale en Méditerranée et en mer Noire depuis 1910 (<http://www.ciesm.org>), où elle contribue au fonctionnement de plusieurs réseaux de surveillance : Hydrochanges Program (réseau de surveillance hydrologique à long terme de la Méditerranée). Mussel Watch Program (réseau de surveillance des contaminants dans la moule en Méditerranée). Exotic Species Program (réseau de surveillance des espèces exotiques en Méditerranée).

En Algérie, on recensait un programme de surveillance se basant sur le suivi continu des sources de pollution situées le long de la côte particulièrement pour des descripteurs microbiologiques, enrichissement du milieu ou eutrophisation, contaminants chimiques et recherche des bioindicateurs marins (phytoplancton – zooplancton – phytobenthos – zoobenthos – poissons – mammifères). Actuellement, les différentes surveillances du milieu marin se font sporadiquement à l'exception des analyses microbiologiques, où elles sont réalisées systématiquement avant le début de la saison estivale en raison de problèmes sanitaires que peut engendrer l'insalubrité des plages fréquentées par les estivants.

Le présent travail consiste à mettre en place un réseau de surveillance au niveau de la partie sous marine de la plage Ouest de Sidi Fredj en se basant sur des descripteurs du milieu biologiques en particulier le macrobenthos, qui est un excellent indicateur de l'état de santé des écosystèmes aquatiques. Notre démarche consiste à cartographier les fonds marins en observant visuellement en plongée libre les différents faciès, qui composent les fonds de la plage ouest de Sidi Fredj.

Cette approche biologique de la surveillance du milieu marin tend à se renforcer au fur et à mesure de la prise en considération de la notion d'écosystème. Elle a désormais sa place dans les réseaux d'observation des cours d'eau, mais cherche encore sa voie en milieu marin.

Notre mémoire s'articulera selon la démarche suivante:

- Introduction qui traitera du concept de réseau de surveillance et des différents réseaux qui puissent exister.
- Matériel et méthodes (géographie de la zone d'étude – stratégies d'échantillonnage et d'observation – protocoles de mise en forme des données récoltées).
- Résultats et discussion (cartographie des différents faciès répertoriés – choix des descripteurs à retenir pour le réseau de surveillance).
- Conclusion.
- Références bibliographiques.
- Annexes

I. Matériel et méthodes

I. 1. Présentation de la zone d'étude

La plage ouest de Sidi Fredj est une localité ayant un versant littoral d'un kilomètre au bord de la mer. Du point de vue administratif, elle appartient à la commune de Staouili, daïra administrative de Zéralda et wilaya d'Alger. La presqu'île de Sidi Fredj est un promontoire rocheux en sailli par rapport aux côtes sableuses limitrophes caractérisées par deux pointes :

La pointe de Marabout à l'est où se situe le port de plaisance de Sidi Fredj.

La pointe de St janvier à l'ouest à la limite de la baie d'El Djamila.

Sidi Fredj renferme l'une des plus grandes stations balnéaires algériennes à vocation touristique, fréquentée tout au long de l'année par de nombreux touristes.

Elle se situe à une vingtaine de kilomètres à l'ouest d'Alger entre 2° 50'48''E de longitude et 36°45'17''N de latitude jusqu'à 2°50'41''E de Longitude et 36°45'06''N de Latitude (figures 1 et 2).

I. 2. Localisation des stations et protocoles d'échantillonnage

Une première campagne de plongée libre a été réalisée, du 11 au 15 avril 2010, par la mise en place d'une grille d'échantillonnage de 6 radiales partant de la côte et allant vers le large, où chaque radiale est composée de 8 stations, qui s'étendent sur l'ensemble de la zone d'étude soit 48 stations réparties sur une superficie de 18,27 ha (Figures 3 et tableau 1).

Tableau 1 : Coordonnées géographiques en degrés décimaux des stations.

Stations	Longitude est	Latitude nord	Profondeur (m)	Température(°C)
1	2,84161	36,75471	2,3	17
2	2,8422	36,75469	2,1	17
3	2,84227	36,75466	1,2	18
4	2,84383	36,75468	0,84	18
5	2,84389	36,75466	0,5	18
6	2,84437	36,75464	0,5	18
7	2,84474	36,75462	0,5	19
8	2,84512	36,75462	0	19
9	2,84129	36,75574	1,7	18
10	2,84125	36,75573	1,7	17
11	2,84253	36,75572	0,5	17
12	2,84323	36,75577	0,8	17
13	2,84388	36,75581	0,8	17
15	2,84447	36,75582	0,5	17

Suite tableau

16	2,84481	36,75581	0	17
17	2,84098	36,7562	2,2	17
18	2,84166	36,75625	1,8	17
19	2,84222	36,75627	1,8	17
20	2,84287	36,75633	1,3	17
21	2,84338	36,75637	0,8	17
22	2,8439	36,75639	0,5	17
23	2,84432	36,75638	0,5	17
24	2,84462	36,75638	1,5	17
25	2,84053	36,75769	2	17
26	2,84102	36,75777	0,8	18
27	2,84168	36,75783	1,1	18
28	2,84208	36,75784	0,8	18
29	2,84251	36,75788	0,8	18
30	2,84271	36,7578	1,2	18
31	2,84306	36,75787	0,8	18
32	2,84347	36,75785	0,5	18
33	2,84022	36,7594	2,2	18
34	2,84054	36,75941	1,7	17
35	2,84112	36,75941	1,7	17
36	2,84153	36,75943	1,4	17
37	2,84175	36,75943	1,4	17
38	2,84196	36,75941	1	17
39	2,84209	36,75939	1	17
40	2,84222	36,75943	1	17
41	2,83867	36,7604	2,2	17
42	2,83902	36,76044	0,5	18
43	2,83943	36,76044	1,3	18
44	2,83995	36,7604	0,8	18
45	2,84043	36,76028	0,8	18
46	2,84078	36,76017	0,5	18
47	2,84089	36,76008	0,5	18
48	2,84109	36,76005	0,5	18

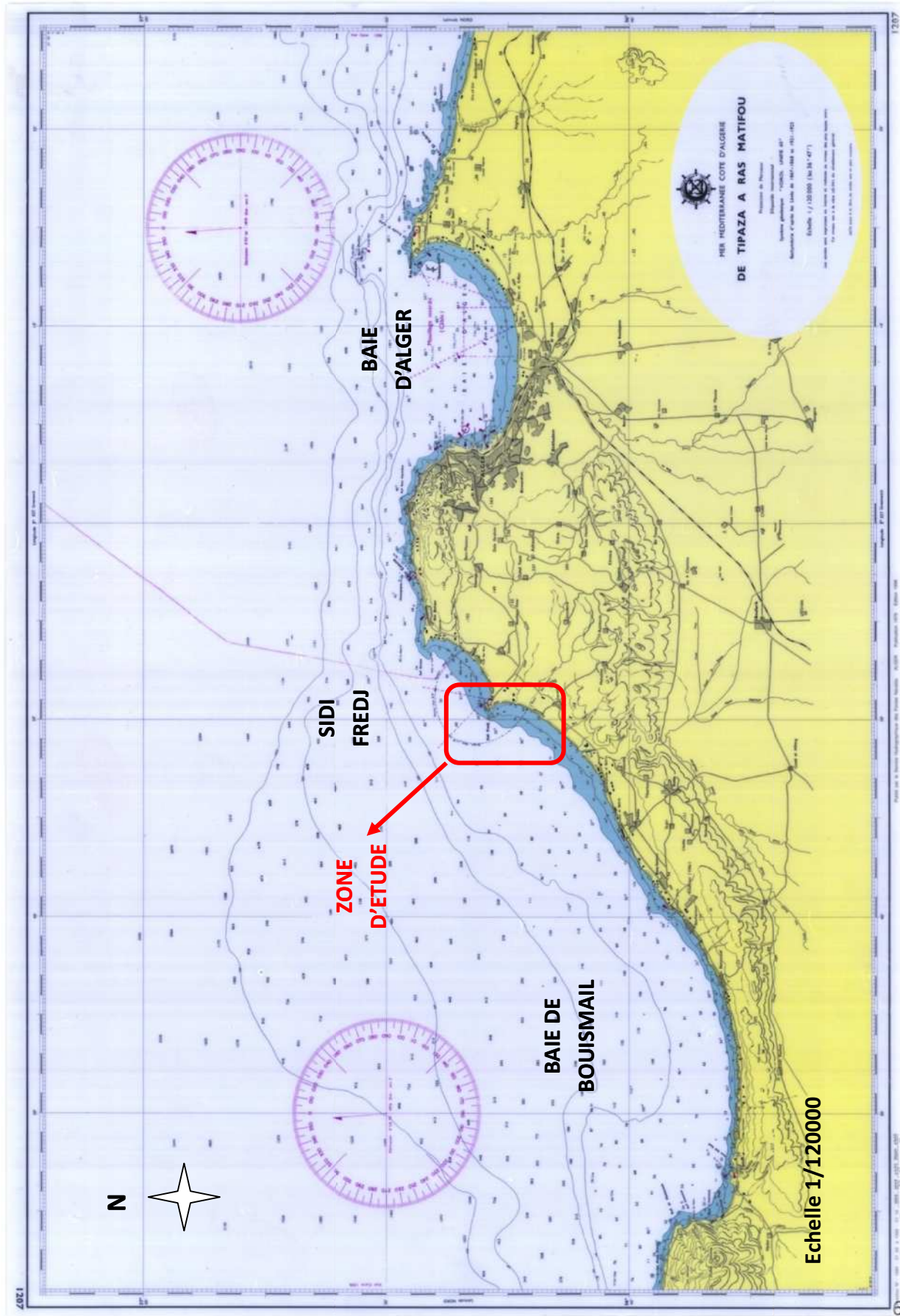


Fig.1 Présentation de la zone d'étude



Fig.2 Localisation de la zone d'étude, Anse Ouest de la presque île de Sidi Fredj
(Image Quickbird, 2006, 60 cm de résolution.)

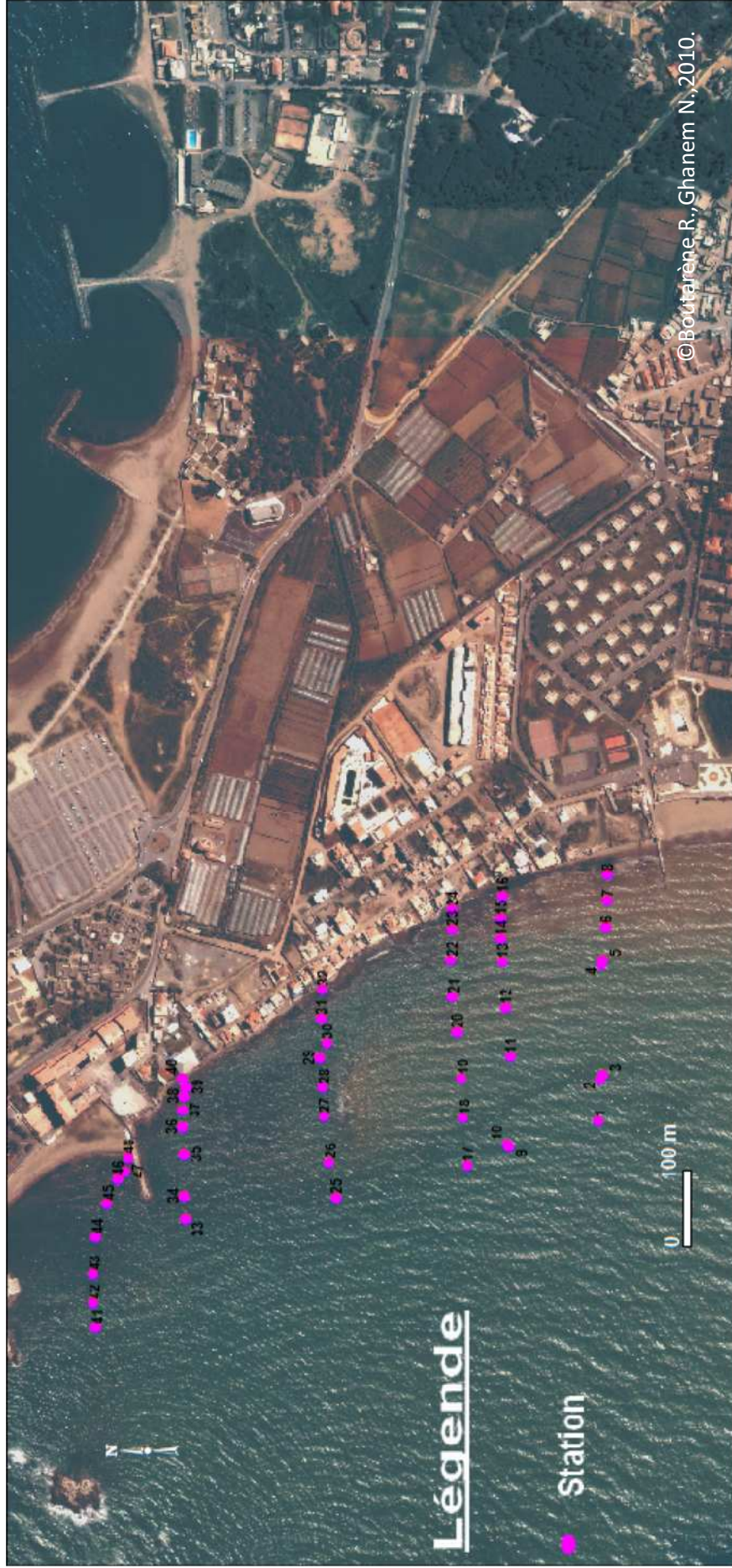


Fig. 3 Localisation des stations

Une radiale est matérialisée par une corde de 200 mètres et subdivisée par des traverses de 25 mètres en plusieurs stations numérotées de 1 à 8. La distance entre une radiale et une autre est de 100 m .Pour cela nous avons procédé comme suit :

- Fixation de la corde sur un support au niveau du rivage « rocher ».
- Déroulement de la corde de 200 mètres selon une direction identique pour toute les radiales soit un cap 350°, qui est la direction Nord Nord - Ouest.
- Localisation des stations à l'aide d'un GPS (Global Positionning System).
- Mise en place d'un quadrat de 1m sur 1m sur le fond.
- Prise de photos sous-marines .
- Relevé des différents faciès apparents.
- Relevé de la profondeur et de la température au niveau de chaque station à l'aide de l'ordinateur de plongée.
- Relevé de la nature du substrat et collecte des espèces ayant une surface de recouvrement importante dans chaque quadrat, les échantillons sont stockés dans des sacs en plastique en vue de leur détermination.



Fig. 4. Quadrat d'1m×1m

Les premières observations in-situ réalisées sur la grille d'échantillonnage ont relevé une importante hétérogénéité des fonds sous-marins explorés.

Suite à cela, on a décidé de réaliser une seconde campagne de plongée libre pour déterminer les différents faciès sédimentaires de la plage ouest de Sidi Fredj.

Cette campagne a eu lieu les 21 et 29 avril 2010 lors de laquelle 628 relevés ont été réalisés (figure 4) ; en adoptant le protocole suivant :

- Localisation de la station à l'aide d'un GPS (Global Positioning System).
- Prise de photo sous-marine à l'aide d'un appareil.
- Relevé des faciès apparents
- Relevé de la profondeur et de la température au niveau de chaque station à l'aide de l'ordinateur de plongée.
- Relevé de la nature du substrat.

Sur la base des données collectées lors de la précédente campagne, une troisième campagne de plongée en scaphandre autonome a été réalisée le dimanche 02/05/2010 pour effectuer un comptage de la densité des faisceaux de *Posidonia oceanica* présente au niveau de la zone d'étude, soit le nombre de faisceaux/m² (Gobert *et al.*, 2003).

La densité correspond au nombre de faisceaux de Posidonie par unité de surface. Le faisceau est défini comme un ensemble de feuilles de Posidonie regroupées autour d'un même centre de croissance. La base du faisceau de Posidonie est entourée par les écailles des anciennes feuilles qui se sont détachées du faisceau. Suivant les conventions présentées par Pergent *et al.* (1995) : Les faisceaux ont été dénombrés à l'intérieur de quadrats de 0,25×0,25m (0,0625m²) posés aléatoirement à l'intérieur d'une « tâche » de Posidonie, trois mesures ou répliquats de densité ont été réalisées au niveau de chaque station afin de quantifier la variabilité de ce paramètre.

La Posidonie *Posidonia oceanica* (L.) Delile, qui est une plante à fleurs sous-marine endémique de la Méditerranée, se présente sous la forme de faisceaux de feuilles situés à l'extrémité d'axes végétaux, appelés rhizomes (figures 5 et 6). 4 à 8 feuilles de 40 à 80 cm de longueur et de 1 cm de largeur environ composent généralement le faisceau de feuilles (E.O.L., 2004).



© L. Ballesta/L'OEil d'Andromède

Fig. 5: Comptage du nombre de faisceaux sur un herbier de Posidonie à l'aide d'un quadrat de 25×25 Cm (Descamp *et al.*, 2007)

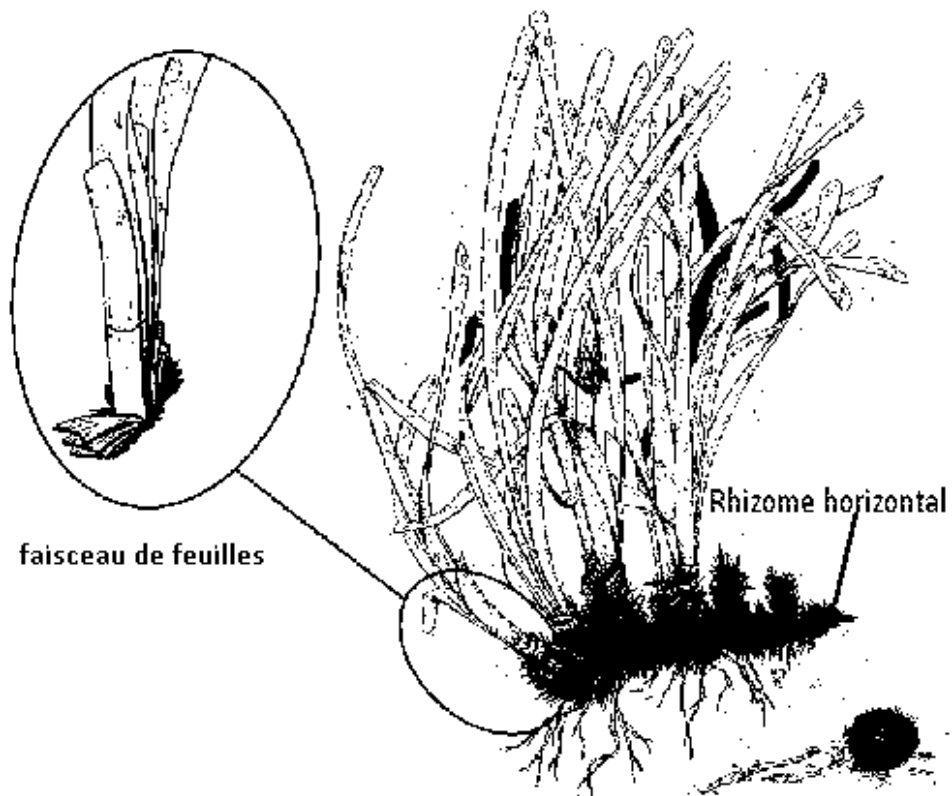


Fig.6(a) : Rhizome et faisceau de *Posidonia oceanica* (E.O.L., 2004).



Fig.6(b) : Rhizome et faisceau de *Posidonia oceanica* (Boudouresque *et al.*, 2006)

I. 3. Détermination des espèces

Les algues prélevées au niveau de chaque station ont été conservées au réfrigérateur puis séchées pour la constitution d'un herbier et leur identification :

- Déposer les algues sur le bristol (privilégier du papier épais et non du papier Canson ou du papier journal classique). Le papier bristol est du 180 ou 250g/m².
- Bien étaler avec le pinceau (le tremper dans l'eau salée si besoin). Si l'algue est résistante lors de la mise en forme au pinceau, il est possible d'immerger la feuille de bristol et l'algue dans de l'eau de mer. Il sera plus facile de l'étaler ainsi. D'un point de vue scientifique, l'étalement n'a pas à être « esthétique ». Par exemple, il n'est pas nécessaire d'éplucher une algue touffue, surtout si l'on veut conserver l'impression de port et du volume. Par ailleurs, on ne dispose, pour un alguier scientifique, qu'une seule espèce par feuille.
- Déposer une lingette sur l'algue. Du tissu de type tergal peut aussi être utilisé. L'important est que le maillage de la toile laisse passer l'humidité.
- Recommencer les étapes une à trois pour les autres algues. Penser à noter sur le papier bristol par exemple le nom de l'algue correspondante.
- Empiler les préparations en suivant cet ordre : bristol/lingette/journal et recommencer. Finir par une feuille de journal.
- Mettre sous presse. Privilégier les presses aérées aux presses en bois du commerce. Pour les fixer, les sangles sont plus utiles que les vis filetées. Du carton peut aussi être utilisé. Quelques élastiques permettront de les attacher.
- Changer le papier journal régulièrement (en mission il est changé une fois par jour) pendant 5 jours. Finir ensuite le séchage à l'air libre.

Pour plus d'information, on peut consulter le site internet suivant :

http://www.laplaneterevisitee.org/fr/107/realiser_un_herbier_a_partir_d_algues_marines

La détermination s'est basée sur des flores (Delepine *et al.*, 1987) ainsi que sur le guide des algues des mers d'Europe (Delepine *et al.*, 2006)

I. 4. Analyses des données

I. 4.1. Cartographie :

La cartographie des peuplements benthiques et des types de fond, constituent un outil essentiel pour la gestion des espaces littoraux (Belsher *et al.*, 2005). Ceci est tout particulièrement vrai pour ce qui concerne d'une part la cartographie des prairies à *Posidonia oceanica* (Linnaeus) et d'autre part la délimitation d'une Aire Marine Protégée.

La carte des peuplements et des types de fond permet au gestionnaire des espaces littoraux d'organiser le zonage des usages des différentes aires marines (transport maritime, activités de plaisance, mouillage, pêches et aquaculture) en fonction des types d'habitats et de leur sensibilité. En cas d'invasions biologiques, elle permet d'identifier les habitats les plus susceptibles à la colonisation et d'y concentrer la surveillance (Belsher *et al.*, 2005).

Selon Denis *et al.* (2003), La cartographie des différents faciès fait appel à de nombreuses données, d'origine et de nature différentes dont l'ensemble est destiné à être traité pour être cartographié. Le traitement de cet ensemble de données nécessite de suivre une méthode rigoureuse depuis leur collecte jusqu'à leur restitution sous forme cartographique.

Les données requises font appel, outre à la bibliographie pour bénéficier de la connaissance existante en la matière, à de nouvelles données, à acquérir au moyen d'un GPS et d'image satellitaire ainsi qu'à des plongées pour des prélèvements et des photographies.

Globalement, la méthode suit une démarche articulée autour de trois grandes étapes (Fig. 7) portant sur (Denis *et al.*, 2003) :

- Étape 1 : l'acquisition de données de base
- Étape 2 : le traitement des données et la production d'information géographique
- Étape 3 : la restitution de l'information sous forme de cartes.

Les différentes données auxquelles la méthode fait appel, suivent une filière qui leur est propre depuis l'origine (étape 1), en parcourant les stades successifs de la démarche. Pour chacune d'elles, il s'agit, en effet, d'opérer la transformation (étape 2) de la donnée de base en information géographique représentative des thèmes caractéristiques, la cartographie (étape 3) est exécutée en fin de chaîne de traitement par suite de l'intégration des filières et mixage de l'information géographique qu'elles ont produite (Denis *et al.*, 2003). Pour cela nous avons eu recours au logiciel MAPINFO®.

Le logiciel MapInfo est un Système d'Information Géographique, soit un système informatique permettant à partir de diverses sources de rassembler, d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement. Un tel système permet, en outre, d'assurer la pérennité de la base de connaissance qu'il gère au sein de sa base de données géolocalisées. Son objectif premier est la cartographie automatique. Il permet d'élaborer des cartes à la demande. Les données étant localisées, il est possible de choisir à tout moment, d'une part les objets que l'on

souhaite cartographier, d'autre part l'échelle de représentation ; l'objectif final étant de réaliser des synthèses utiles à la décision. Il gère, outre des objets géographiques, des données de type attributaires qui leur sont attachés. Ces données, de par leur nature très diverse, apportent autant d'informations complémentaires que possible comme du texte, des tableaux, des photos ou encore des images (Barbier, 2003).

MAPINFO est de ce fait un véritable outil d'aide à la décision qui permet de représenter sur des cartes toute information comportant une donnée géographique, il est utilisé aussi bien dans le secteur privé que dans le secteur public pour sectoriser des territoires géographiques, optimiser des réseaux d'agences, administrer des patrimoines, gérer des infrastructures, prévenir les risques.

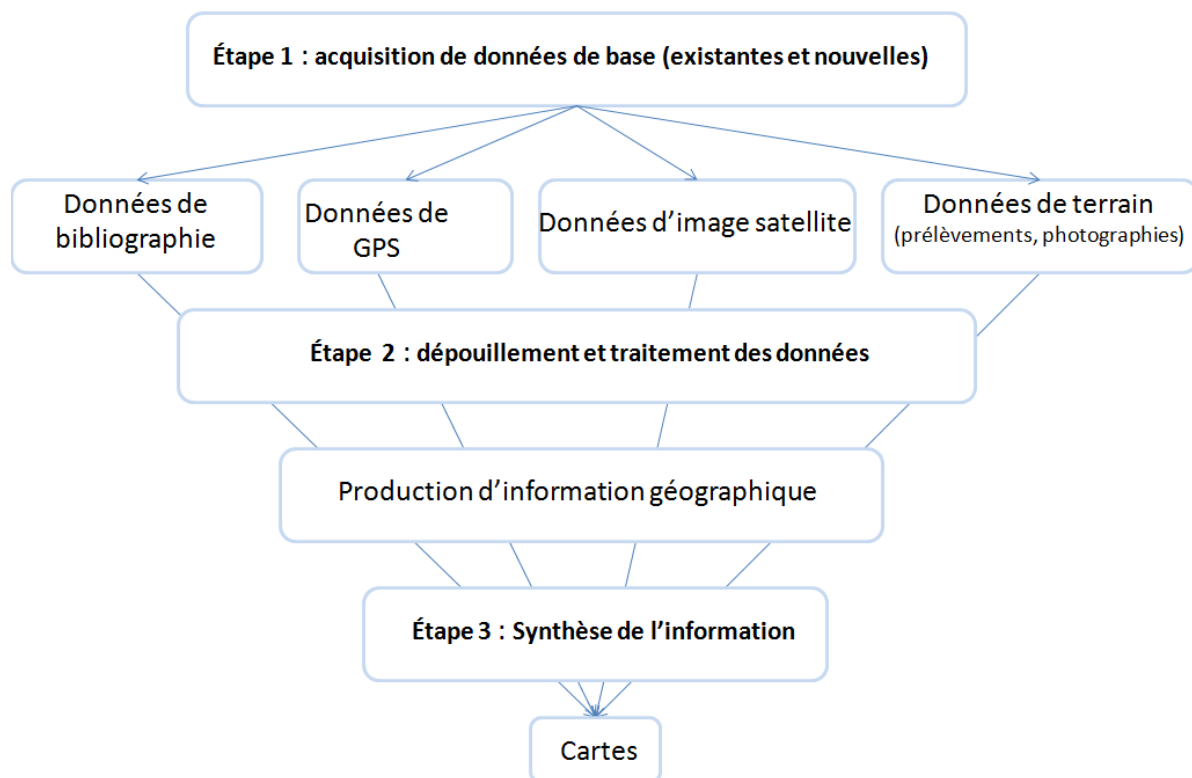


Fig.7 : Organigramme pour la réalisation d'une carte numérique d'après (Denis *et al.*, 2003) .

I. 4.2. Statistiques élémentaires

I. 4.2.1. La moyenne arithmétique

La moyenne arithmétique est une mesure de tendance centrale qui permet de caractériser le centre de la distribution de fréquences d'une variable quantitative en considérant toutes les observations et en leur attribuant le même poids (par opposition à la moyenne arithmétique pondérée) (Dodge, 2007).

Elle est calculée selon la loi suivante :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n},$$

x_i : observation "i",

n : nombre d'observations,

\bar{x} : moyenne arithmétique.

I. 4.2.2. Variance

La variance est une mesure de dispersion d'une distribution d'une variable aléatoire (Dodge, 2007).

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

I. 4.2.3. Ecart type

L'écart type est une mesure de dispersion. Il correspond à la racine carrée de la variance, il exprime la même caractéristique que la variance, mais en tenant compte de l'unité de mesure (Dodge, 2007).

$$S = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

I. 4.2.4. Intervalle de confiance

On appelle intervalle de confiance tout intervalle construit autour d'un estimateur ayant une certaine probabilité de contenir la valeur du paramètre correspondant à la population (Dodge, 2007).

L'intervalle de confiance, au niveau de confiance 0.95, est défini par ses limites (Droesbeke, 1997).

$$\left[\bar{x} - 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \bar{x} + 1.96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right]$$

I. 4.3. Méthodologie de calcul des surfaces et des taux de recouvrement :

Pour analyser les cartes réalisées, nous avons fait le choix de deux indices qui synthétisent la répartition des différents paramètres étudiés; les surfaces et les taux de recouvrements

Le calcul des surfaces a été effectué suivant deux méthodes; une méthode graphique réalisée à l'aide du logiciel MAPINFO© selon laquelle une surface est une aire dans laquelle sont compris les points GPS (relevés). Cette méthode étant une méthode manuelle nous avons utilisé une autre méthode dite numérique en utilisant le logiciel EXCEL© afin d'éviter qu'il y ait une surestimation quand les points sont trop distants les uns par rapport aux autres sur la carte ou au contraire une sous-estimation quand ils sont superposés. Cette seconde méthode nous a permis d'aboutir à des taux de recouvrement calculés selon la méthode suivante :

$$\text{Taux de recouvrement du paramètre } (i) = \frac{\text{nombre de relevés où le paramètre } (i) \text{ est présent}}{\text{nombre de relevés total}}$$

II. Résultats et discussion

II. 1. Faciès sédimentaires

La cartographie des faciès sédimentaires de la partie sous-marine de la plage ouest de Sidi Fredj indique la présence de deux principaux faciès : roche et sable répartis de façon hétérogène sur 628 relevés compris dans une superficie totale de 18,27 hectares. Le sable représente 62,32 % de l'ensemble des relevés alors que le substrat rocheux constitue 37,68 % (Fig.8 et annexe 4).

Sur un plan micro-cartographique, l'analyse des six radiales représentant 48 quadrats, montre une forte hétérogénéité des faciès sédimentaires particulièrement aux stations les plus au large. Les sables (Fig.9) présentent une moyenne de 55,17 % (annexe 2) et le substrat rocheux (Fig.10) présente une moyenne de 19,58 % (Fig.11 et annexes 2).

Selon Djema (1997), les études réalisées par le laboratoire maritime (L .E.M) en 1994 sur la zone côtière (0-20m) située entre Douaouda marine et le promontoire de Sidi Fredj ont montré que cette zone possède une topographie sous-marine à pente douce. Entre 0 et -5m de profondeur, les isobathes présentent des perturbations soulignées par des petits hauts fonds, reflétant l'existence de sillons et de dunes allongées. Ces structures se situent le long de la côte, essentiellement entre la partie Est et entre les isobathes -2m et -4m.

D'après Chenoufi et Fernane (2009), le facteur hydrodynamique est supérieur à zéro, dans la plupart des stations, ce qui traduit un transfert sédimentaire actif sous l'effet d'une action hydrodynamique moyenne ou forte. Pour les autres stations, le facteur est inférieur à zéro, c'est-à-dire que l'action hydrodynamique est pratiquement nulle en temps normal (sauf tempêtes avec une dominance de la houle nord nord-ouest), les sédiments sont fixés, et ne sont plus déplacés dans leur totalité. En effet, la direction Nord-ouest du courant est assez faible au cours de l'année, mais présente des houles assez fortes en période hivernale, la direction Est, est également prépondérante en été, mais les houles restent faibles (Benghanem *et al.*, 2006) .



Fig. 8 : Répartition des faciès sédimentaires de la zone d'étude (plage ouest de Sidi Fredj).



©Refes W., Ghanem N. et Boutarène R.

Fig.9 : Quadrat sur un fond sableux.



©Refes W., Ghanem N. et Boutarène R.

Fig.10 : Quadrat sur un fond rocheux.

II. 2. Les peuplements végétaux

II. 2.1. Les peuplements algaux

Six espèces d'algues macro-benthiques sont dominantes spatialement dans notre zone d'étude, où on recense principalement :

- *Asparagopsis taxiformis* (Delile) Collins & Harvey (Fig.12)

- *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh (Fig.13)

- *Dictyota linearis* (Agardh) Greville (Fig.14)

- *Dilophus fasciola* (Roth) Howe, 1914 (Fig.15)

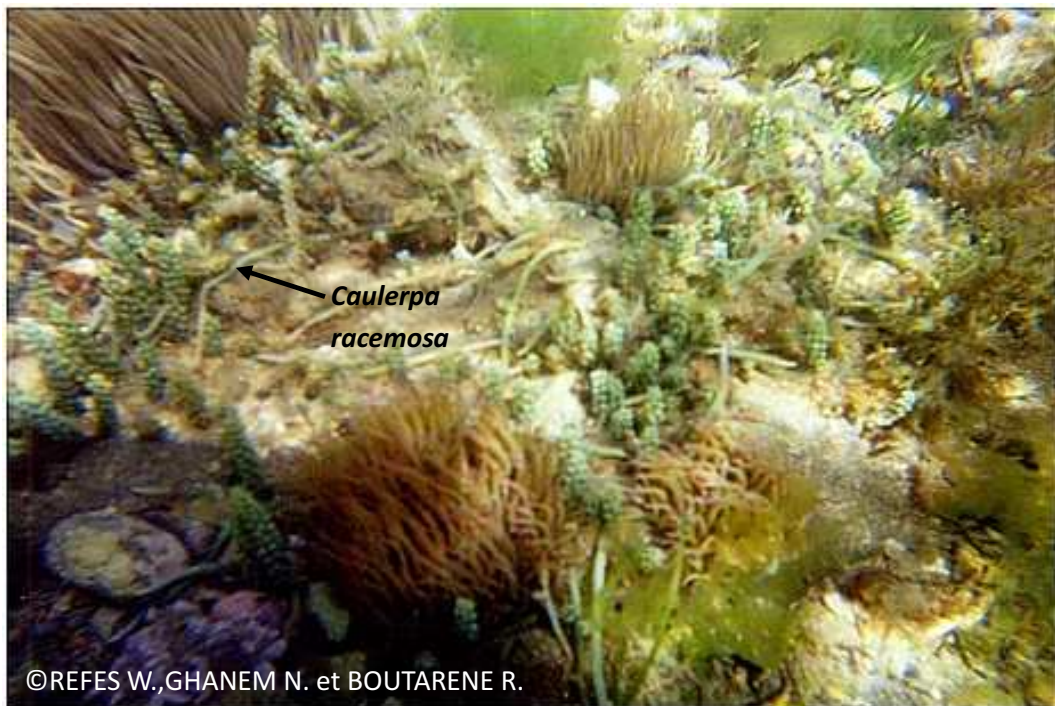
- *Stypocaulon scoparium* (Linnaeus) Kützinger, 1843 (Fig.16)

- *Ulva lactuca* (Linné, 1753) (Fig.17)



©Refes W., GHANEM N. et BOUTARENE R.

Fig.12 : *Asparagopsis taxiformis* dans la zone d'étude (station 10 à 1,7m de profondeur).



©REFES W.,GHANEM N. et BOUTARENE R.

Fig.13 : *Caulerpa racemosa* dans la zone d'étude (station 10 à 1,7m de profondeur).



Fig.14 : *Dictyota linearis* dans la zone d'étude (station 34 à 1,7m de profondeur).



Fig.15 : *Dilophus fasciola* dans la zone d'étude (station 1 à 2,3m de profondeur).



Fig.16 : *Stypocaulon scoparium* dans la zone d'étude (station 19 à 1,8 m de profondeur).



Fig.17 : *Ulva lactuca* dans la zone d'étude (station 42 à 0,5 m de profondeur).

La cartographie de *Caulerpa racemosa*, montre que cette espèce colonise 5,09 % de l'ensemble des relevés de la zone (Fig.18). 71, 87 % de cette algue couvrent les substrats meubles alors que 28,12 % colonisent les fonds rocheux (annexe3) (Fig.19). Elle est répartie entre 0 et 2,8 m de profondeur soit une moyenne de 0,72 m (annexe 3).

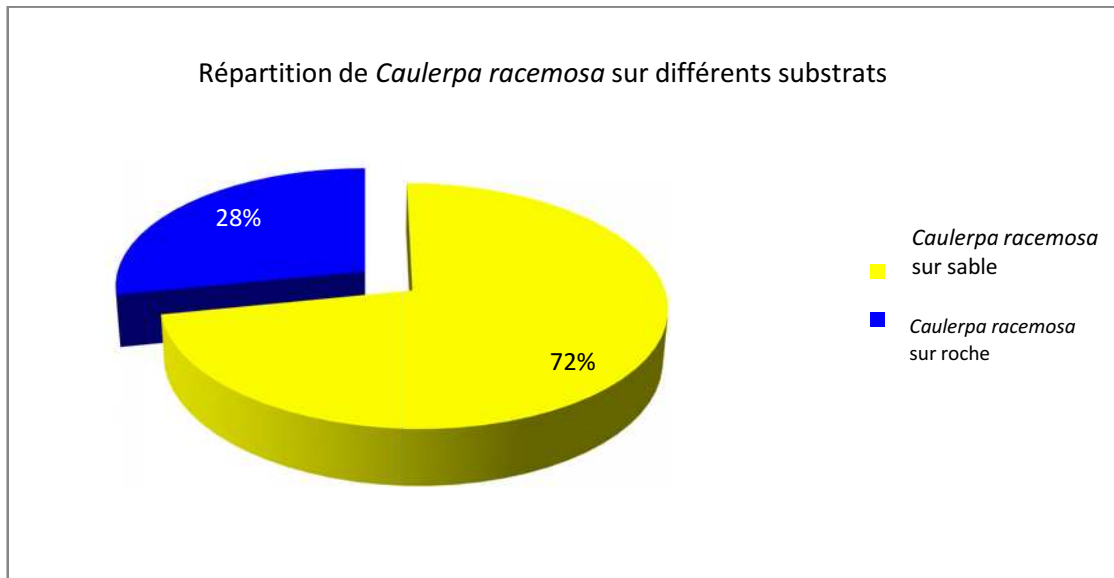


Fig.19 : Répartition de *Caulerpa racemosa* sur différents substrats dans la zone d'étude.

L'analyse micro-cartographique (Fig. 11 et annexe 2) des 48 stations parcourues révèle que les algues couvrent 11,25 % de l'ensemble des stations (annexe 2).

On remarque que les algues sont réparties de façon inégale sur les six radiales. Les radiales 2 et 6 sont couvertes respectivement de 16,50 % (annexe 2) et 22,50 % (annexe2) d'algues. Nous avons constaté que les algues sont plus abondantes sur les stations les plus au large, à partir de 75 m de la côte.

Le fort pourcentage des algues dans les radiales 2 et 6 par rapport aux autres radiales revient à la présence de *Caulerpa racemosa* qui couvre respectivement 48 % (annexe 2) et 24 % (annexe 2) des stations 2 et 47 d'où l'intérêt de s'intéresser à cette dernière.



Fig. 18 : Répartition de *Caulerpa racemosa* dans la plage ouest de Sidi Fredj (Présente étude).

Caulerpa racemosa (Forsskål) J. Agardh var. *cylindracea* (Sonder) est une espèce « d'algue verte » (Chlorophyte), appartenant au groupe des Caulerpales (Ulvophycées) et au genre *Caulerpa* dont les différentes espèces vivent sur de nombreux types de substrats. Cependant, elles préfèrent les substrats mobiles, riches en substances organiques, qu'elles utilisent grâce à leur métabolisme photochimio-organotrophe (Crawford et Richardson, 1972). En ce qui concerne le facteur lumière elles sont euryphotiques, même si elle se développe de manière plus intense dans l'infralittoral moyen et inférieur (Giaccone, 1997).

Parmi les espèces faisant partie du genre *Caulerpa*, il existe une autre espèce nommée : *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh .

Depuis leur introduction en Méditerranée, ces deux Caulerpales originaires de régions tempérées et subtropicales australiennes ont un comportement envahissant. A ce jour, aucun indice ne permet de penser que leur progression ralentira durablement, et encore moins qu'elles disparaîtront naturellement. Début 2006, 6 pays méditerranéens étaient atteints par une souche de *Caulerpa taxifolia* originaire du sud-est de l'Australie. Après Monaco (en 1984), cette Caulerpale a été découverte en France (en 1990), en Italie et Espagne (en 1992), en Croatie (en 1994) et en Tunisie (en 2000). Depuis, elle a également été découverte dans un 7^{ème} pays méditerranéen : la Turquie. En une vingtaine d'années, on est passé de 1 m² à plus de 17 000 hectares de fonds méditerranéens plus ou moins directement concernés (Meinesz et Hesse, 1991 ; Meinesz *et al.*, 1993, 1994, 1995, 1997, 1998, 2001, 2002, 2003, 2004 et 2005 ; Vaugelas *et al.*, 1996 ; Javel *et al.*, 2005 ; Javel et Meinesz, 2006 ; Cevik *et al.*, 2007 ; Cottalorda *et al.*, 2008).

Caulerpa racemosa var. *cylindracea* (Sonder), est originaire du sud ouest australien (Verlaque *et al.*, 2003). Cette souche envahissante de *Caulerpa racemosa* s'est depuis rapidement étendue en Méditerranée. En 2006, sa présence avait déjà été enregistrée devant les côtes de 13 pays méditerranéens (Albanie, Algérie, Chypre, Croatie, Espagne, France, Grèce, Italie, Libye, Malte, Monténégro, Tunisie et Turquie) mais également dans le proche Atlantique, au niveau de l'archipel des Canaries (Verlaque *et al.*, 2000, 2003 et 2005 ; Durand *et al.*, 2002 ; Zuljevic *et al.*, 2005 ; Klein, 2007 ; Ould-Ahmed et Meinesz, 2007 ; Klein et Verlaque, 2008).

En Algérie et particulièrement sur le littoral algérois (tableau 2), à partir de l'été 2005, *Caulerpa racemosa* a été observée sur différents sites aux environs d'Alger à partir de quelques centimètres jusqu'à 29 m de fond sur des types de fond divers (Ould-Ahmed et Meinesz, 2007). La colonie la plus importante a été observée dans le secteur de Rais Hamidou-Miramar (Lamouti, 2006).

Tableau 2 : Présence de *Caulerpa racemosa* sur le littoral algérois (Lamouti, 2006)

Secteurs	Profondeurs	Type de fonds
Tamentfoust	10m	Sablo-vaseux
Rais Hamidou	1-17m	Roche, herbier, galet
Miramar	29m	Roche, herbier, Sable
Bainem	6m	Roche, herbier
El Djamila	8m	Roche, herbier
Sidi fredj	1-3m	Vase, sable, herbier, déchets solides
Bou-Ismaïl	<1m	Roche

En 2006, Lamouti a constaté lors de son travail qui a consisté à cartographier les herbiers de *Posidonia oceanica* de la plage de Thalassothérapie de Sidi Fredj, la présence de *Caulerpa racemosa*. Les résultats, auxquels elle a pu aboutir (Fig.20), ont montré que *Caulerpa racemosa* couvre 1,43 % de la plage ouest de Sidi Fredj situés au niveau de la plage de Thalassothérapie, dont 66,67% sur sable et 33,34 % sur roche.

La comparaison des résultats obtenus en 2006 et ceux obtenus en 2010, montre que la répartition de *Caulerpa racemosa* n'est pas la même. En 2006 on a remarqué la présence de cette espèce uniquement au niveau de la plage de Thalassothérapie alors qu'en 2010, on l'a observé sur plusieurs sites de la plage ouest de Sidi Fredj (Fig.21). Cela peut s'expliquer par plusieurs hypothèses :

- La campagne de prospection de 2006, ne s'est faite qu'au niveau de la plage de thalassothérapie.
- *Caulerpa racemosa* n'avait pas été recensée du fait de colonie peu visible (trop petite) à l'époque.
- *Caulerpa racemosa* est apparue sur divers sites de la partie sous marine de la plage ouest de Sidi Fredj après la campagne de 2006, ce qui traduit une expansion de cette espèce.

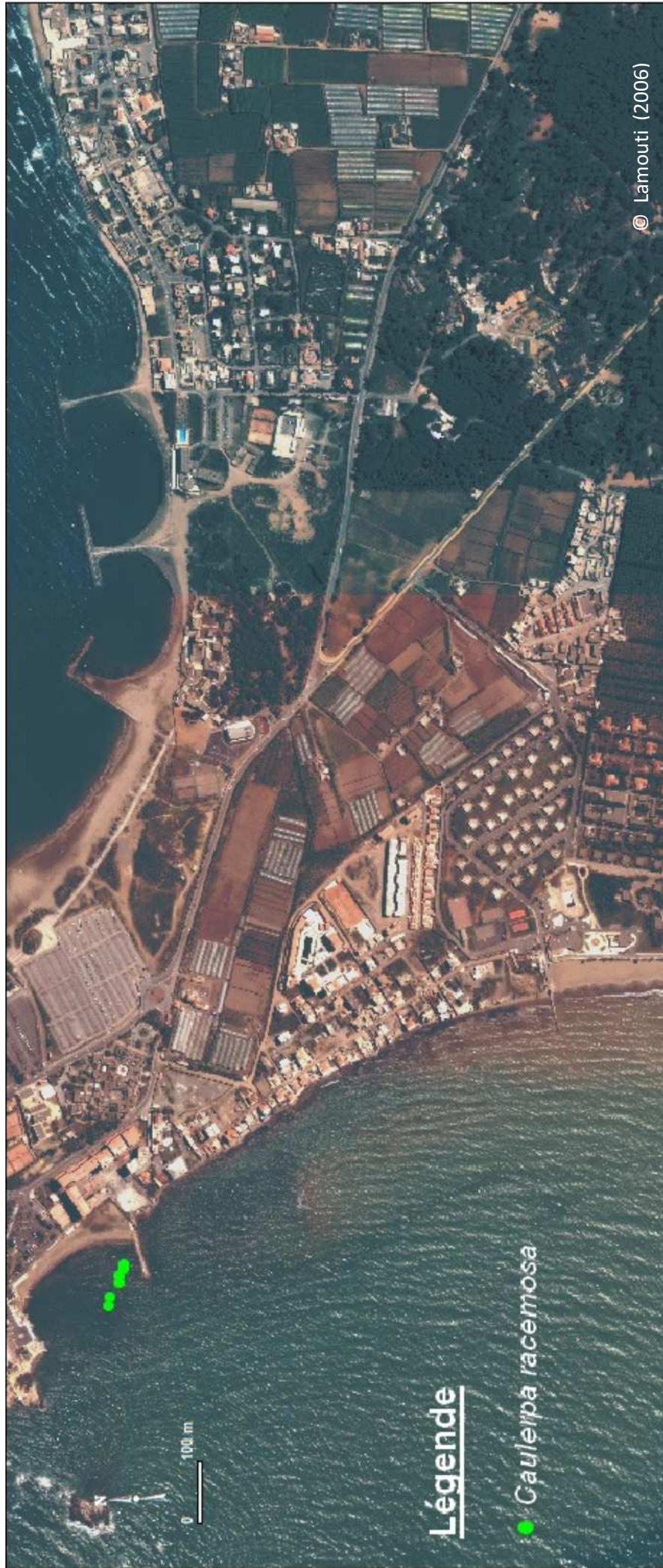


Fig.20 : Répartition de *Caulerpa racemosa* dans la plage de Thalassothérapie (Lamouti, 2006).



Fig.21 : Evolution de la répartition de *Caulerpa racemosa* entre 2006 et 2010 au niveau de de la plage ouest de Sidi Fredj.

Caulerpa taxifolia contrairement à *Caulerpa racemosa* n'a pas été observé au niveau de notre zone d'étude. *Caulerpa racemosa* colonise aussi bien les petits fonds rocheux (Fig.22) que les substrats meubles (Fig.23). Elle se développe aussi au sein des herbiers à *Cymodocea nodosa* (Fig.24), et s'installe également avec d'autres algues photophiles (Fig.25).

Depuis sa découverte en Méditerranée, la progression de *Caulerpa racemosa* a été très rapide sur différents types de substrat : en limite inférieure de l'herbier de Posidonie, dans les intermattes, au sein des herbiers peu denses, sur le détritique côtier, sur les substrats rocheux à faible profondeur et à la base des tombants coralligènes en contact avec des substrats meubles fortement colonisés (Cottalorda *et al.*, 2008).

Il ressort que *Caulerpa racemosa* peut potentiellement affecter les paysages sous-marins en colonisant d'une manière permanente tous les habitats : petits fonds rocheux, fonds coralligènes, sédiments meubles stables et herbiers de Posidonies. La présence de cette espèce peut profondément modifier les communautés végétales et animales en occasionnant une diminution de la diversité spécifique (invertébrés fixés en particulier), en éliminant notamment les espèces encroûtantes et dressées. Il est nécessaire qu'un suivi des champs de *Caulerpa racemosa* de la plage ouest de Sidi Fredj soit mis en place.

La progression de cette espèce se déroule comme suit : le stolon s'allonge par une extrémité et se ramifie, donnant de nouvelles frondes et de nouveaux rhizoïdes (Fig.26).



Fig.22: *Caulerpa racemosa* sur fond rocheux.



Fig.23: *Caulerpa racemosa* sur fond meubles.



Fig.24 : *Caulerpa racemosa* progressant sur un herbier à *Cymodocea nodosa*.

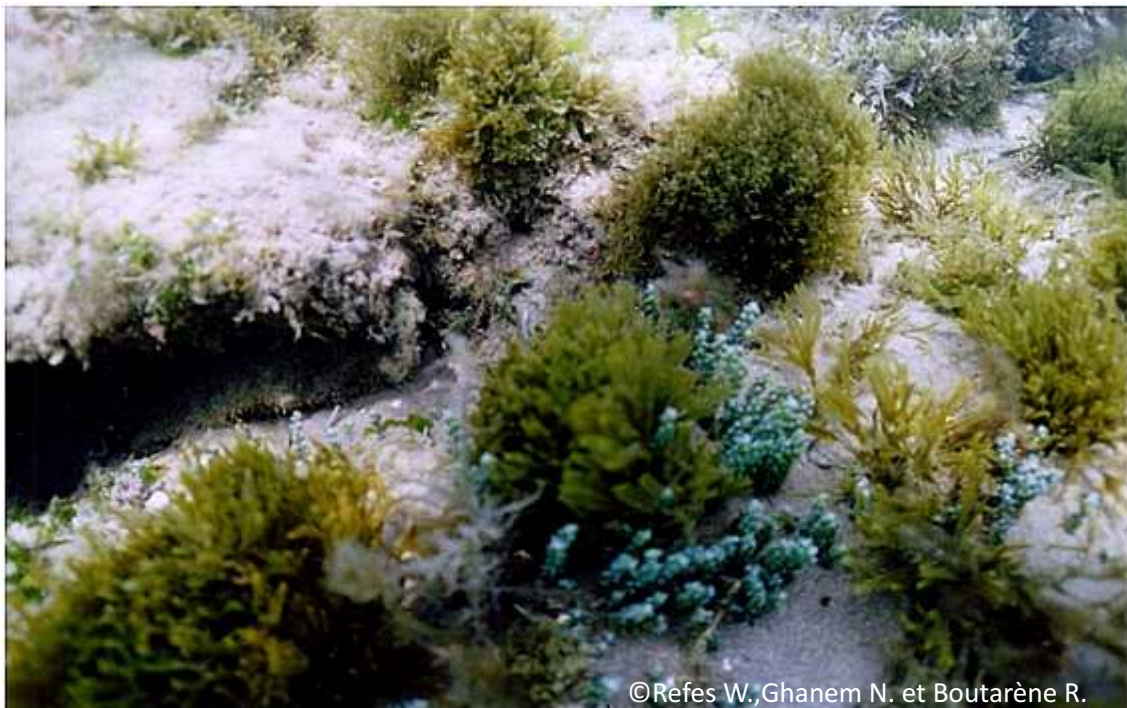


Fig.25 : *Caulerpa racemosa* progressant sur une population d'algues photophiles.



©Refes W.,Ghanem N. et Boutarène R.

Fig.26 : *Caulerpa racemosa* en phase de progression sur fond rocheux avec stolons apparents (Plage ouest de Sidi Fredj).

La dispersion invasive de certaines végétations à Caulerpes en Méditerranée, est due à des causes complexes agissant séparément et (ou) de façon synergique, comme par exemple (Giaccone, 1997) :

- L'intensification du trafic maritime
- L'approfondissement du canal de suez (après 1966)
- La fermeture de la digue d'Assouan (après 1965)
- La multiplication des aquariums et des sites de mariculture
- La dégradation excessive de la zone côtière.
- L'augmentation des valeurs moyennes de la température de l'eau de mer.

II. 2.2 Les peuplements à phanérogame

Les phanérogames marines sont représentées en Méditerranée par cinq espèces : *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson, *Zostera noltii* Hornemann, *Zostera marina* Linnaeus et *Halophila stipulacea* (Forsskal) Ascherson. Lors de notre étude nous avons identifié et cartographié, *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa*.

Posidonia oceanica, communément appelée *Posidonie*, est une phanérogame endémique de la Méditerranée. Elle forme dans cette mer des prairies sous marine réparties généralement entre la surface et quarante mètres de profondeur. Cette plante à rhizomes fleurit le plus généralement en automne. Après une phase de germination et de croissance embryonnaire, les graines sont dispersées dans le milieu marin (Belsher et Houlgatte, 2000).

Cymodocea nodosa est essentiellement une espèce méditerranéenne, mais elle se rencontre également dans l'Atlantique, sur les côtes ouest de l'Afrique jusqu'en Mauritanie. C'est par sa fréquence et l'étendue de ses peuplements, la deuxième espèce de phanérogame marine de Méditerranée (Bellan-Santini *et al.*, 1994).

La Posidonie recouvre 15,74 % de l'ensemble des relevés alors que *Cymodocea nodosa* occupe 6,04 % (annexe 4 et Fig.27). Elles s'implantent aussi bien sur du substrat meuble (Fig.28 a. et b.) que sur du substrat dur (Fig. 29 a. et b.).



Fig.27 : Répartition des principaux peuplements végétaux le long de la plage ouest de Sidi Fredj (Présente



Fig.28 a. : *Cymodocea nodosa* sur un substrat meuble.



Fig.28 b. : *Cymodocea nodosa* sur un substrat gravilleux.



Fig.29 a. : *Posidonia oceanica* sur un substrat meuble.

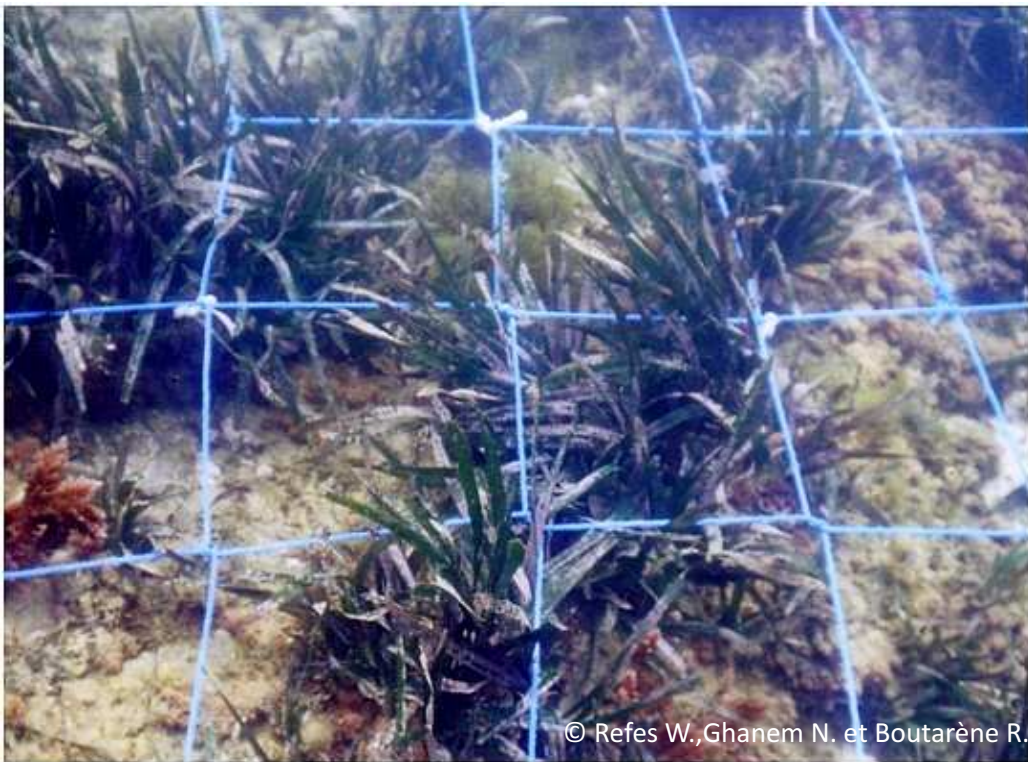


Fig.29 b. : *Posidonia oceanica* sur roche.

Lors de la cartographie de notre domaine d'étude, on a pu constater que *C. nodosa* rencontrée s'installe uniquement sur des fonds sableux (Fig.30) ce qui est conforme à sa répartition en Méditerranée décrite selon Delepine *et al.*,(2006) qui se présente sous forme de pelouse sur substrats sableux dans les stations bien éclairées et abritées . 15,15 % de la Posidonie s'installe sur des fonds rocheux et 84,85 % sur des fonds meubles. (annexe 3 et Fig.31), présence également confirmée par Delepine *et al.*,(2006) sur substrats rocheux ou meubles.

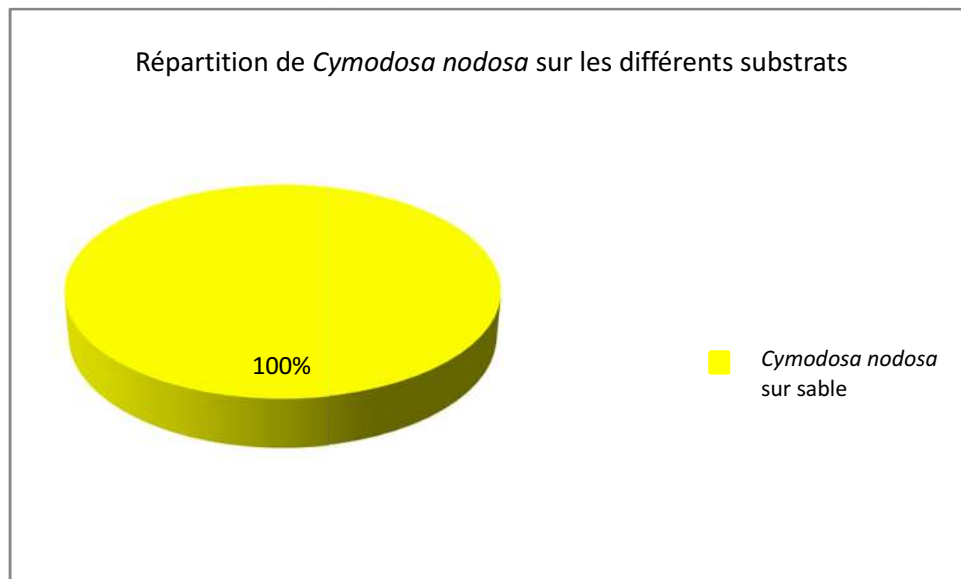


Fig.30 : Répartition de *Cymodocea nodosa* sur les différents substrats

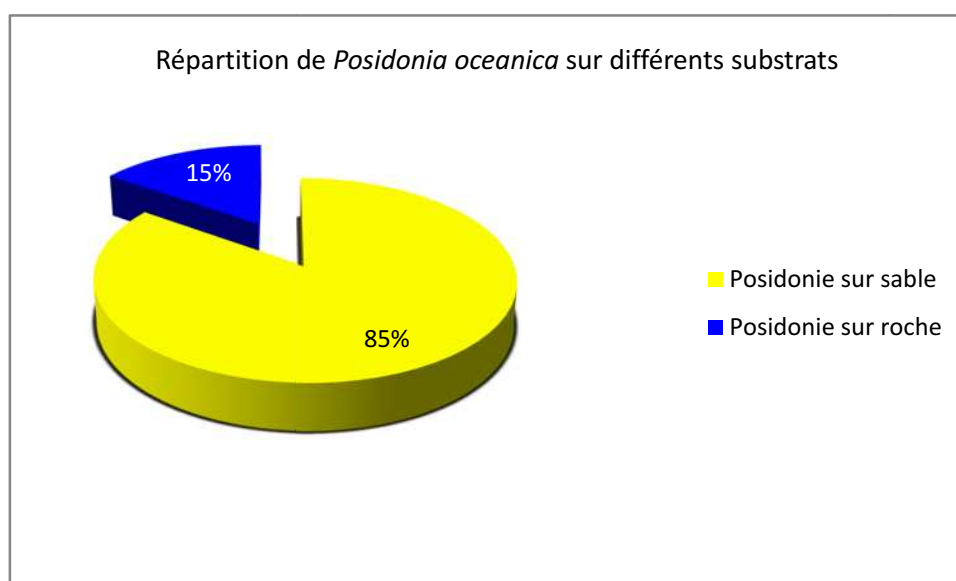


Fig.31 : Répartition de *Posidonia oceanica* sur différents substrats

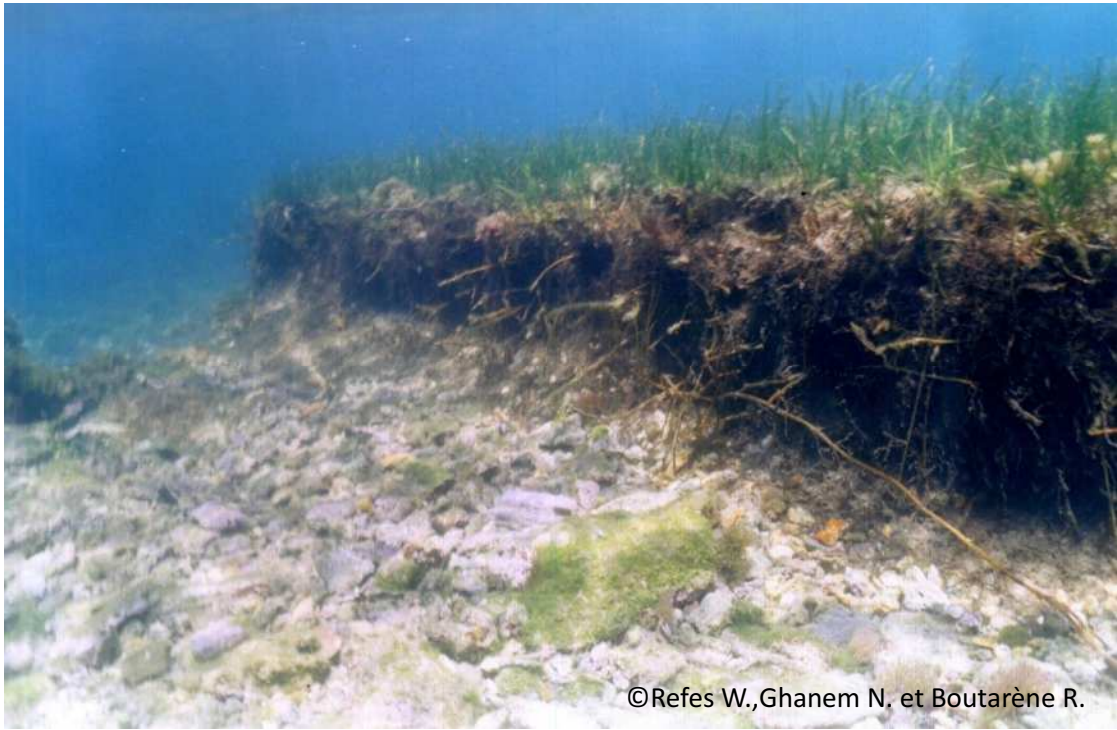
Au niveau de notre domaine d'étude, les herbiers à cymodocées sont présents essentiellement entre 0,25 et 1 mètre de profondeur (annexe 3). Bellan-Santini *et al.* (1994) indiquent que *Cymodocea nodosa* sont :

- Des herbiers monospécifiques denses, sur substrat meuble, de la surface à 15 mètres de profondeur, ce que nous avons rencontré dans notre zone d'étude (Fig. 28 a.).
- Des herbiers, où ils sont associés à la phanérogame *Zostera noltii*.
- Des herbiers, où ils sont associés à l'Ulvophyceae *Caulerpa prolifera*, tandis qu'on a rencontré dans notre zone d'étude avec *Caulerpa racemosa* (Fig. 24).
- Des herbiers épars dans les intermattes de l'herbier à *Posidonia oceanica* ou sur matte morte, qu'on a rencontré dans notre d'étude sur zones d'intermattes (Fig. 32).

Cymodocea nodosa a été localisée en amont de l'herbier à Posidonie qui se trouve en touffes disparates en mode abrité, ce qui correspond à sa répartition en Méditerranée. Selon Bellan-Santini *et al.*, (1994), *Cymodocea nodosa* se rencontre de préférence en mode calme. Cette répartition peut être expliquée également par le fait que la cymodocée semble supporter, mieux que *Posidonia oceanica* de légères dessalures dues aux différents émissaires côtiers. La répartition de *Cymodocea nodosa* serait moins due à des exigences écologiques qu'à l'action des brouteurs : très appréciée en particulier par le poisson *Sarpa salpa* (L., 1758) et par l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816), l'herbier est en effet cantonné à des "biotopes refuges" peu accessibles à ces derniers.

Par rapport à l'ensemble de la zone d'étude (628 relevés), l'herbier de la limite supérieure de la Posidonie a été localisé entre 0,5 et 2,8 m de profondeur sous forme de taches ou de faisceaux dispersés formant une ceinture parallèle à la côte. Parmi les 21 relevés effectués à son niveau, les valeurs de densité de l'herbier de Posidonie s'échelonnent de 261,33 à 378,66 faisceaux/m², la densité moyenne sur l'ensemble des relevés s'élève à 310,85±28,84 faisceaux/m² (tableau 3).

D'après le modèle de classification des densités présenté en tableau 4 par Pergent (2009), la densité moyenne de faisceaux obtenue sur l'ensemble des relevés correspond à une mauvaise vitalité de l'herbier de la limite supérieure de *Posidonia oceanica* présente au niveau de notre zone d'étude.



©Refes W.,Ghanem N. et Boutarène R.

Fig. 32 : *Cymodocea nodosa* sur la matte morte de *Posidonia oceanica*.

Tableau 3 : Densités de la limite supérieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* de notre zone d'étude.

Stations	Profondeur moyenne (m)	Nombre de faisceaux minimal /m ²	Nombre de faisceaux maximal /m ²	Nombre de faisceaux moyen / m ²
1	2,000	256	336	304±39,112
2	0,933	304	336	320±14,782
3	0,966	192	368	261,333±86,620
4	1,533	176	400	282,666±103,832
5	1,000	272	432	378,666±85,349
6	1,866	272	384	325,333±51,916
7	1,566	288	320	304±14,782

Tableau 4 : Indices de vitalité de l'herbier à *Posidonia oceanica* (limite supérieure)

(Pergent, 2009).

Indice de vitalité de l'herbier à *Posidonia oceanica* (limite supérieure) (Pergent, 2009).

Profondeur (m)	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
1	>1195	1195-964	964-732	732-501	<501
2	>1126	1126-895	895-679	679-456	<456
3	>1061	1061-846	846-630	630-415	<415
4	>1000	1000-792	792-585	585-377	<377
5	>942	942-742	742-543	543-343	<343
10	>699	699-538	538-376	376-214	<214
15	>519	519-391	391-262	262-134	<134
20	>385	385-285	285-184	184-83	<83
25	>286	286-208	208-130	130-52	<52
30	>212	212-152	152-92	92-32	<32
35	>158	158-112	112-66	66-20	<20
40	>117	117-82	82-47	47-13	<13

Ex : (-15 m)

Densité = 420 faisceaux /m²

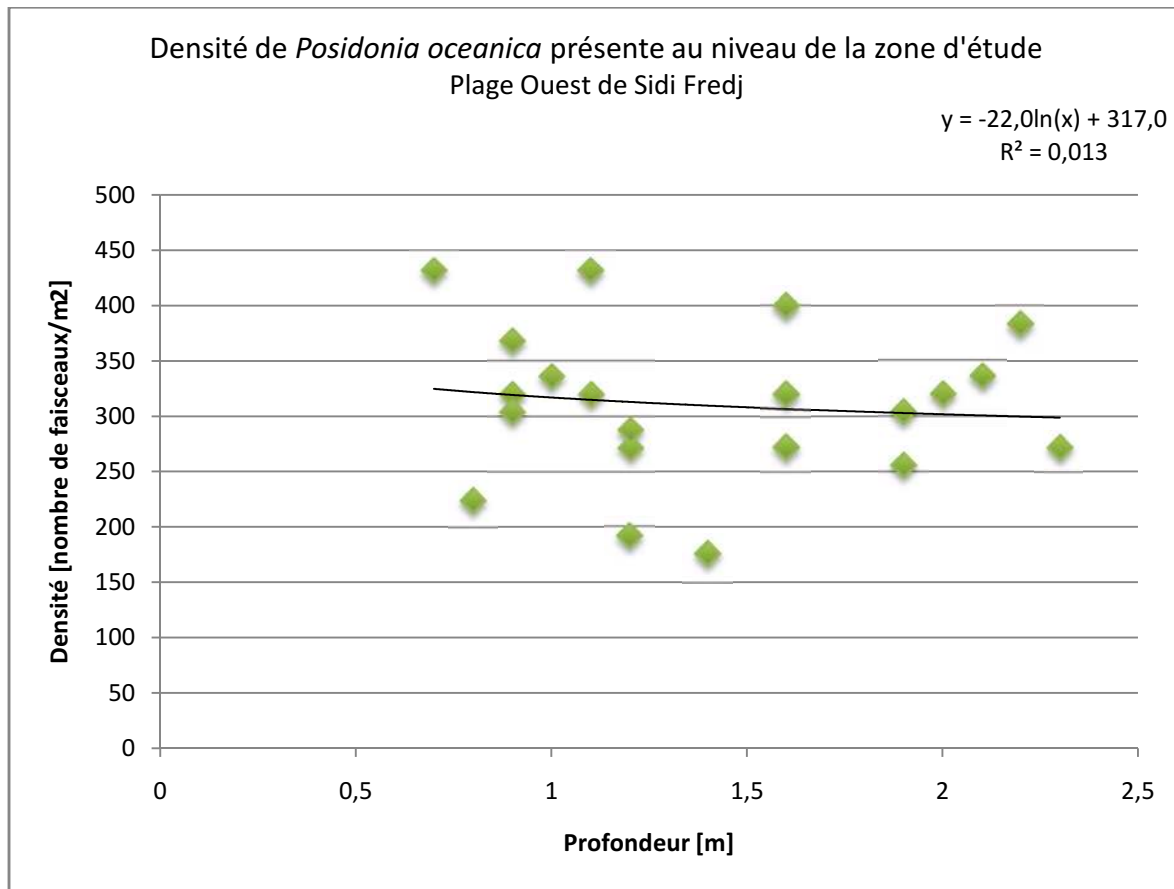


Fig. 33 : Droite de régression représentant la densité de *Posidonia oceanica* au niveau de la zone d'étude de la plage ouest de Sidi Fredj en fonction de la profondeur.

D'après la Fig. 33, on remarque qu'il existe une très faible corrélation entre la densité de l'herbier de la limite supérieure et la profondeur. La *Posidonie* localisée au niveau des 21 relevés réalisés au niveau de la limite supérieure se trouve entre 0,93 et 2 m de profondeur (Fig. 34). Selon Boudouresque *et al.* (2006), en mode calme *Posidonia oceanica* peut se développer très près du niveau moyen de la mer, ses feuilles s'étalent alors à la surface, elle craint un hydrodynamisme trop intense ; en mode battu elle ne s'approche pas à plus de 1 ou 2 m de la surface.

Les faibles profondeurs en alternance de l'herbier de la limite supérieure (tableau 3) et sa répartition en taches disparates de mauvaise vitalité laissent croire qu'il est en phase intermédiaire entre l'herbier de plaine de faible profondeur et l'herbier en pain de sucre qui est selon Boudouresque *et al.* (2006) due « à la mortalité de *Posidonia oceanica* dans des eaux chaudes ne laisse subsister que des taches isolées, qui poursuivent leur montée vers la surface ».

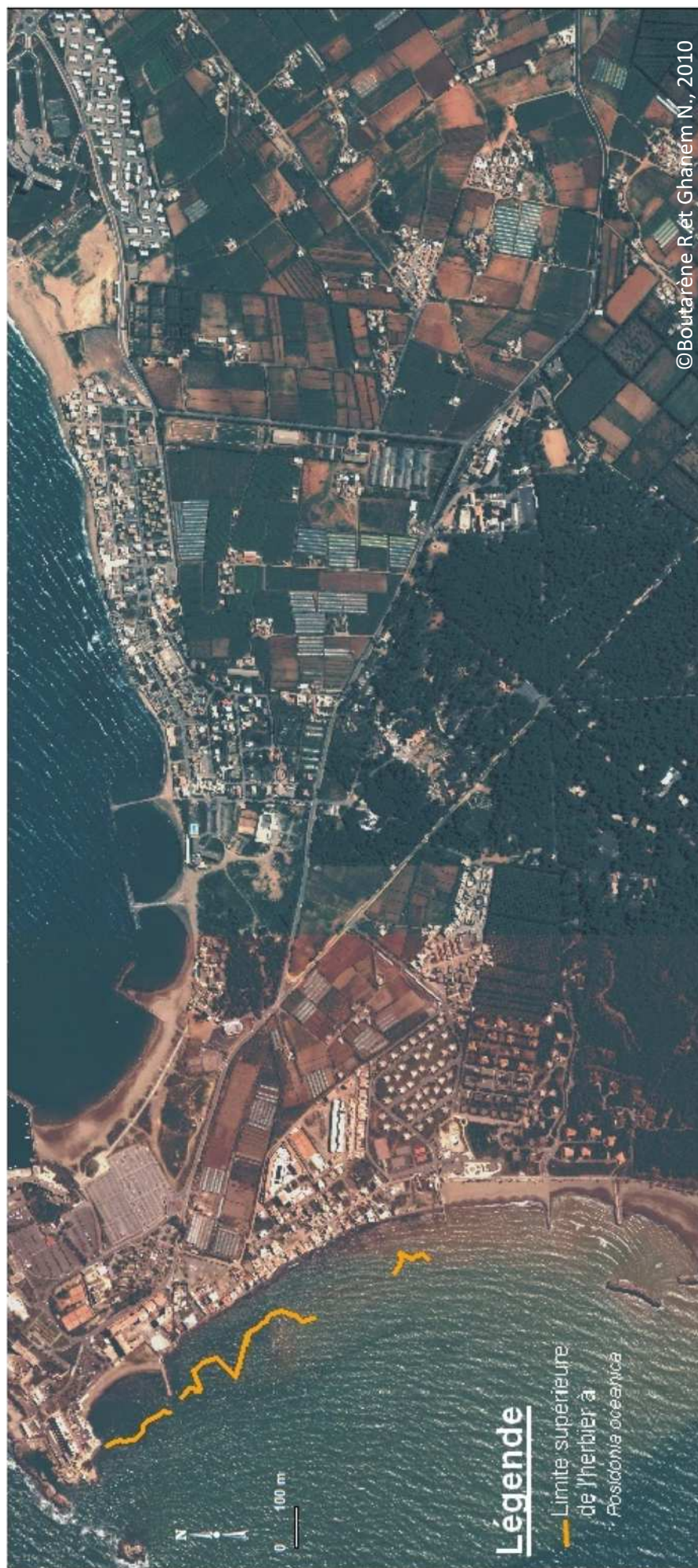


Fig. 34 : Limite supérieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* au niveau de la plage ouest de Sidi Fredj (Présente étude).

Sur un plan micro-cartographique, la *posidonie* est cantonnée à une station couverte à 28 % sur la deuxième radiale et une seconde station où elle s'établit à 92 % sur la troisième radiale ,soit, des proportions respectives de 3,50 % et 11,50 % sur les radiales 2 et 3.

Cymodocea nodosa a été localisée également sur deux radiales, uniquement la troisième et la sixième, mais sur plusieurs stations. Une station est recouverte à 100 % sur la troisième radiale soit 12,50 % de cette dernière et plusieurs stations au niveau de la sixième radiale avec un fort taux de recouvrement soit 56,50 % de la sixième radiale.

On remarque par rapport à l'ensemble des 48 stations que *la Posidonie* ne représente que 2,50 % alors que la *C. nodosa* couvre 11,50 % soit une proportion très proche de l'ensemble des algues observé, ce qu'il lui vaut d'être, l'élément végétal dominant dans la zone d'étude. (annexe 2 et Fig. 11).

De par leur localisation, la Posidonie est présente à partir de 125 m de la côte alors que *C. nodosa* se trouve dès les premiers mètres mais pas au delà des 125 mètres. (Fig.11)

II. 3 La cartographie des fonds marins

La cartographie des fonds marins nous a permis d'avoir des informations sur les faciès sédimentaires, sur les peuplements algaux et les peuplements à phanérogames, vu le manque de travaux réalisés sur notre zone d'étude auparavant, il serait utile de considérer cette carte comme étant la phase initiale dans une perspective de suivi de la qualité du milieu marin situé au niveau de la plage ouest de Sidi Fredj (Fig. 35). Le tableau de l'annexe 4, nous informe sur le taux de recouvrement des différents faciès sédimentaires et des peuplements végétaux, ainsi que sur les surfaces de recouvrement.

La topographie des fonds de la plage ouest de Sidi Fredj est variée. Des fonds rocheux, sableux, les taches de *Posidonia oceanica*, de *Caulerpa racemosa* et les prairies de *Cymodocea nodosa* se répartissent en une mosaïque irrégulière.

Au niveau de notre zone d'étude située entre 0 et 3 m de profondeur, soit, l'étage infralittoral supérieur, le peuplement le plus étendue est celui de *Posidonia oceanica* (Fig. 35), ce dernier se présente sous forme clairsemée entre 0,5 et 2,8m de profondeur.

Les principaux faciès sédimentaires observés sont le faciès sableux et le faciès rocheux qui se présentent sous une forme hétérogène. On remarque cependant une dominance du sable (Fig. 35).

Le second peuplement présent est celui de la *C. nodosa* avec un taux de recouvrement plus faible que celui de la Posidonie (Fig. 35). Son domaine de répartition est inférieur à celui de la Posidonie avec une limite de profondeur maximale d'1 m et de profondeur minimale de 0,25 m.

La *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*, qui est une espèce invasive, est présente au niveau de la plage ouest de Sidi Fredj. Les surfaces couvertes sont faibles à l'échelle de notre carte mais toutefois non négligeable avec un taux de recouvrement proche de celui de *C. nodosa* (Fig. 35).

L'apparition et l'expansion de cette espèce pourraient être dues aux changements des facteurs abiotiques environnants :

- probabilité de dessalure causée par les rejets des émissaires localisés au niveau de la côte (Fig. 36 a. et b.).
- Apparition de nouveaux faciès sédimentaires résultant des différents éboulis et gravats dus à l'érosion de la côte (Fig.37).
- Selon Crawford et Richardson (1972), les différentes espèces du genre *Caulerpa* préfèrent les substrats mobiles riches en substances organiques.
- Selon Giaccone(1997), l'expansion des espèces du genre *Caulerpa* peut être due à leurs caractères euryphotique, psamophiles, pélophiles, galénophiles et eurythermes.

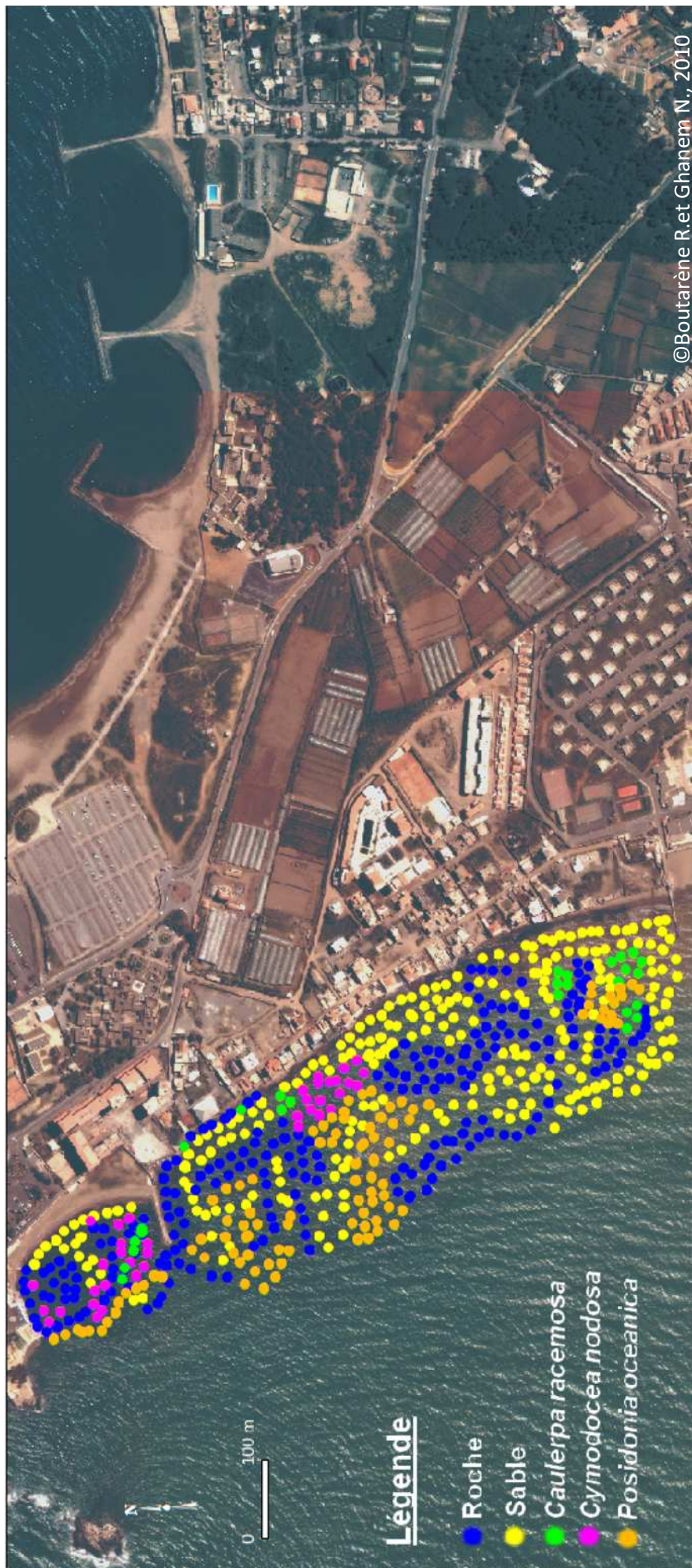


Fig. 35: La cartographie des fonds marins de la plage ouest de Sidi Fredj (Présente étude).



Fig. 36 a. : Evacuation des eaux domestiques des habitations le long de la côte (plage ouest de Sidi Fredj).



Fig. 36 b. : Evacuation des eaux domestiques des habitations le long de la côte (plage ouest de Sidi Fredj).



Fig. 37 : Eboulis due à l'érosion de la côte (plage ouest de Sidi Fredj.)

Conclusion

Parmi les principaux facteurs favorisant l'érosion de la biodiversité marine, on cite les impacts immédiats des rejets d'eaux usées domestiques de nature organique en se déversant directement ou indirectement dans le milieu marin. L'aménagement du littoral comporte principalement l'urbanisation en bord de mer (comme les marinas), la construction de ports, de brise-lames (digues parallèles à la côte) ou d'épis (digues perpendiculaires à la côte), la mise en place de plages artificielles et le déplacement vers le large du trait de côte par endigage. Les moyens susceptibles de permettre la lutte contre l'érosion de la biodiversité peuvent consister en l'utilisation rationnelle du littoral et de la mer et par la mise en place de réseaux de surveillance (Doual *et al.*, 2006).

Le présent travail a consisté à mettre en place un réseau de surveillance sur niveau de la partie sous marine de la plage Ouest de Sidi Fredj en se basant sur des descripteurs du milieu biologiques en particulier le macrobenthos, qui est un excellent indicateur de l'état de santé des écosystèmes aquatiques.

Il ressort de ce présent travail une nécessité d'étendre la cartographie des fonds marins de la plage ouest de Sidi Fredj jusqu'à la limite inférieure des herbiers à *Posidonia oceanica* pour obtenir une image globale et représentative des fonds marins. Ceci se justifie par la mise en évidence dans notre étude de deux faciès sédimentaires uniquement : les sables et les roches en précisant la granulométrie des sédiments superficiels (sables fins – sables à débris coquilliers – graviers – sables et graviers sous l'influence de courants de fond – détritique côtiers – détritique à sables grossiers, graviers et cailloutis – détritique côtier envasé – vase et détritique envasé du large), ainsi que les dépôts sédimentaires anthropiques (enrochements – sables et dépôts grossiers – sédiments envasés et débris divers), qui sont issus des activités d'aménagement du littoral.

On a pu mettre en évidence trois principaux descripteurs, qu'il serait intéressant de suivre à long terme et d'une manière saisonnière au niveau de la plage ouest de Sidi Fredj à savoir :

- La dynamique des herbiers à *Posidonia oceanica*.
- La dynamique des herbiers à *Cymodocea nodosa*.
- La dynamique de *Caulerpa racemosa*.

Ce suivi consistera à réaliser des balisages des limites inférieures et supérieures de ces descripteurs en particulier pour l'herbier à *Posidonia oceanica*, mais aussi de réaliser des mesures de recouvrement de ces trois espèces à l'aide de transects et de quadrats permanents.

Un dénombrement périodique de la richesse spécifique de la flore et de la faune, qui vivent dans et sur ces peuplements algaux et à phanérogamiques, permettra d'apporter des précisions dans le suivi de la qualité du milieu par la recherche d'autres bio-indicateurs.

Ces mesures et observations sur *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa* et *Caulerpa racemosa* doivent se faire conjointement avec des mesures de la qualité physico-chimiques des eaux (température – salinité – pH – oxygène dissous – produits azotés – phosphates –

silicates – matière organique particulaire - chlorophylle) et du sédiment (matière organique – chlorophylle), qui permettront de confirmer la dégradation du milieu établi dans cette étude à partir de la mesure des densités des faisceaux de Posidonie.

Vu que ce travail rentre dans le cadre d'un projet de fin d'étude, uniquement, il serait intéressant que les propositions, que nous formulons, fassent l'objet d'autres mémoires de fin d'étude.

Références bibliographiques

BARBIER P., 2003. Cours MAPINFO V7.0. Livret 1. IGN- ENSG-CERSIG (France), 28p.

BELLAN D., SANTINI J., LACAZE C., POIZAT C., 1994. Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée. Synthèse, menaces et perspectives. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 245p.

BELSHER T., HOULGATTE E., 2000. Etude des sédiments superficiels marins, des herbiers à phanérogames et des peuplements à *Caulerpa taxifolia* de Menton au Cap d'Ail .IFREMER (Brest), 43p.

BELSHER T., HOULGATTE E., BOUDOURESQUE C-F ., 2005. Cartographie de la prairie à *Posidonia oceanica* et des principaux faciès sédimentaires marins du Parc national de Port-Cros (Var, France, Méditerranée). *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park, Fr.*, 21 : 19-28.

BENGHANEM I., DELMI L., KHARFALLAH M., LAHLOU A., 2006. Morphologie et sédimentologie de la zone est de Sidi Fredj. DEUA Science de la mer. Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (Dély Ibrahim), 57p.

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 conservations des herbiers à *Posidonia oceanica*. RAMOGE Publication, 202p. www.ramoge.org

CEVIK C., YOKES M. B., CAVAS L., ERKOL L. I., DERICI O. B., VERLAQUE M., 2007. First report of *Caulerpa taxifolia* (Bryopsidales, Chlorophyta) on the Levantine coast (Turkey, Eastern Mediterranean). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 74 : 549-556.

CHENOUIFI R., FERNANE A., 2009. Etude hydrosédimentaire pour l'installation d'une filière conchylicole dans la zone est de la presqu'île de Sidi Fredj. Mémoire d'ingénieur en sciences de la mer (Dély Ibrahim), 47p.

COTTALORDA J.M., GRATIOT J., MANNONI P.A., VAUGELAS J., MEINESZ A., 2008. Suivi de l'invasion des algues introduites *Caulerpa taxifolia* et *Caulerpa racemosa* en Méditerranée : situation devant les côtes françaises au 31 décembre 2007 - E.A. 4228 ECOMERS - Laboratoire Environnement Marin Littoral - Université de Nice-Sophia Antipolis publ., 42 p.

CRAWFORD G. H., RICHARDSON N., 1972. Heterotrophic potential of the macroscopic alga *Caulerpa racemosa*. *Proc. of the 7th Int. Seaweed Symp.* : 272.

DELEPINE R., BOUDOURESQUE C.F., FRADA ORESTANO C., NOAILLES M.C., ASENSI A., 1987. Algues et autres végétaux marins. In : FISCHER W., SCHNEIDER M., BAUCHOT M.L., Fiche FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche : Méditerranée et Mer Noire. FAO – CEE (Rome) : 1-136.

DELEPINE R., CABIOC'H J., FLOC'H J.Y., LE TOQUIN A., BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., VERLAQUE M., 2006. Guide des algues des mers d'Europe. Delachaux et Niestlé (Paris), 272p.

DENIS J., HERVE G., DENEUX F., SAUZADE D., BONHOMME P., BERNARD G., BOUDOURESQUE C- F., LERICHE A., CHARBONNEL E., LE DIREAC'H L., 2003. Guide méthodologique pour la cartographie des biocénoses marines : Volet n°1 : l'herbier à *Posidonia oceanica*. IFREMER, Centre Océanologique de Marseille, GIS-posidonie(Marseille), 95p.

DESCAMP P., BALLESTA L. HOLON F., 2007. Suivi de deux herbiers de Posidonie dans la réserve marine de Cerbre-Banylus : *Baie de Tancade et Anse du Pin Parasol*. Contrat Conseil Général des Pyrénées Orientales. L'Œil d'Andromède publ., 45p.

DJEMAI F., 1997. Etude morpho-sédimentaire et perspectives d'aménagement de la plage Ouest de Mazafran (colonel Abbes). Mémoire d'ingénieur d'état en aménagement du littoral et protection de l'environnement. Institut des sciences de la mer et de l'aménagement du littoral (Dély Ibrahim), 99p.

DODGE Y., 2007. Statistique. Springer-Verlag (Paris), 613p.

DOUAL F., GASMI M., ZERROUKI K., 2006. Protocole de mise en place de réseaux de surveillance environnementaux dans la zone côtière de la Wilaya d'Alger. Mémoire d'ingénieur d'état en Océanographie. Institut des sciences de la mer et de l'Aménagement du littoral (Dély Ibrahim), 78p.

DROESBEKE J-J. , 1997.Éléments de statistique. Ellipses (Bruxelles), 550p.

DURAND C., MANUEL M., BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., VERLAQUE M., LE PARCO Y., 2002. Molecular data suggest a hybrid origin for the invasive *Caulerpa racemosa* (*Caulerpa taxifoliales*, Chlorophyta) in the Mediterranean sea. *Journal of Evolutionary Biology*, 15 : 122-133.

E.O.L., 2004. Suivi de l'herbier de Posidonie sur le site du SIVOM du littoral des Maures. Rapport de campagne, 43p (www.eol-mer.org).

GALAF F., GHANNAM S., 2003. Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin « chapitre réglementation ». Mémoire de troisième cycle. Institut agronomique et vétérinaire Hassan 2 (Rabat), 26.

GIACCONE G., 1997. Phytosociologie et écologie du genre *Caulerpa* en Méditerranée. In : Dynamique d'espèces marines invasives : application à l'expansion de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée. Actes de colloques, Académie des sciences, Paris : 130-140.

GOBERT S., KYRAMARIOS M., LEPOINT G., PERGENT-MARTINI C., BOUQUEGNEAU J.-M., 2003. Variation à différentes échelles spatiales de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile ; effets sur les paramètres physico-chimiques du sédiment *Oceanologica Acta*, 26 : 199-207.

JAVEL F., MEINESZ A., THIBAUT T., COTTALORDA J.-M., 2005. Suivi de l'invasion des algues introduites *Caulerpa taxifolia* et *Caulerpa racemosa* en Méditerranée : situation devant les côtes françaises à la fin 2004. Rapport final, Laboratoire Environnement Marin Littoral - Université de Nice-Sophia Antipolis, Mai 2005. LEML-UNSA publ., 26p.

JAVEL F., MEINESZ A., 2006. Suivi de l'invasion des algues introduites *Caulerpa taxifolia* et *Caulerpa racemosa* en Méditerranée : situation devant les côtes françaises à la fin 2005. Rapport final, Laboratoire Environnement Marin Littoral - Université de Nice-Sophia Antipolis, Mars 2006. LEML-UNSA publ., 24 p.

KLEIN J., 2007. Impact de *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Caulerpales, Chlorophyta) sur les communautés macrophytiques en Méditerranée nord-occidentale. Thèse de Doctorat, Université Aix-Marseille II, France, 315 p.

KLEIN J., VERLAQUE M., 2008. The *Caulerpa racemosa* invasion: a critical review. *Marine Pollution Bulletin*, 56 : 205-225.

LAMOUTI S., 2006. Essai de cartographie des herbiers à *Posidonia oceanica* dans la zone du PAC (plage de thalassothérapie Sidi Fredj). Mémoire d'ingénieur en sciences de la mer. Institut national des sciences de la mer et de l'aménagement du littoral (Dély Ibrahim), 49p.

LASCOMBE C., LOUIS A., 1994. Les réseaux d'observation et de surveillance. In : Chartier-Touzé N., Lévêque C., Souchon Y. Etat de santé des écosystèmes aquatiques. Les variables biologiques comme indicateurs. Actes du séminaire national Hydrosystèmes du 2 au 3 novembre 1994 (Paris) : 259-273.

MEINESZ A., HESSE B., 1991. Introduction et invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée nord-occidentale. *Oceanologica Acta*, 14 (4) : 415-426.

MEINESZ A., VAUGELAS J. de, BENICHOU J., CAYE G., COTTALORDA J.-M., DELAHAYE L., FEBVRE M., GARIN S., KOMATSU R., LEMEE R., MARI X., MOLENAAR H., PERNEY L., VENTURINI A., 1993. Suivi de l'invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée: situation devant les côtes françaises et monégasques au 31 décembre 1992. LEML-UNSA publ., 80p.

MEINESZ A., VAUGELAS J. de, COTTALORDA J.-M., BENICHOU J., BLACHIER J., CAYE G., CHAMBLET P., DELAHAYE L., FEBVRE M., GARIN S., KOMATSU R., LEMEE R., MARI X., MOLENAAR H., PERNEY L., PIETKIEWICZ D., 1994. Suivi de l'invasion de l'algue tropicale

Caulerpa taxifolia en Méditerranée : situation devant les côtes françaises et monégasques au 31 décembre 1993. LEML-UNSA publ., 100p.

MEINESZ A., VAUGELAS J. de, COTTALORDA J.-M., CAYE G., CHARRIER T., COMMEAU T., DELAHAYE L., FEBVRE M., JAFFRENOU F., LEMEE H., MOLENAAR H., PIETKIEWICZD., 1995. Suivi de l'invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée : situation devant les côtes françaises et monégasques au 31 décembre 1994. LEML-UNSA publ., 191p.

MEINESZ A., COTTALORDA J.-M., CHIAVERINI D., BRAUN M., CARVALHO N., FEBVRE M., IERARDI S., MANGIALAJO L., PASSERON-SEITRE G., THIBAUT T., VAUGELAS J. de, 1997. Suivi de l'invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée : situation devant les côtes françaises et monégasques au 31 décembre 1996. LEML-UNSA publ., 191p.

MEINESZ A., COTTALORDA J.-M., CHIAVERINI D., CASSAR N., VAUGELAS J. de, 1998. Suivi de l'invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée : situation au 31 décembre 1997. LEML-UNSA publ., 238p.

MEINESZ A., BELSHER T., THIBAUT T., ANTOLIC B., BEN MUSTAPHA K., BOUDOURESQUE C.-F., CHIAVERINI D., CINELLI F., COTTALORDA J.-M., DJELLOULI A., EL ABED A., ORESTANO C., GRAU A. M., IVESA L., JAKLIN A., LANGAR H., MASSUTI-PASCUAL E., PEIRANO A., TUNESI L., VAUGELAS J. de, ZAVODNIK N., ZULJEVIC A., 2001. The introduced green alga *Caulerpa taxifolia* continues to spread in the Mediterranean. *Biological invasions*, 3 : 201-210.

MEINESZ A., COTTALORDA J.-M., CHIAVERINI D., GARCIA D., JAVEL F., GILLETTA L., 2002. Suivi de l'invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée: situation devant les côtes françaises et monégasques au 31 décembre 2001. LEML-UNSA publ., 261p.

MEINESZ A., JAVEL F., COTTALORDA J.-M., GARCIA D., 2003. Suivi de l'expansion des algues tropicales *Caulerpa taxifolia* et *Caulerpa racemosa* en Méditerranée – situation devant les côtes françaises et monégasques au 31 décembre 2002. LEML-UNSA publ., 115p.

MEINESZ A., JAVEL F., COTTALORDA J.-M., 2004. Suivi de l'invasion des algues *Caulerpa taxifolia* et *Caulerpa racemosa* en Méditerranée : situation devant les côtes françaises et monégasques. Fin 2003. Rapport fi nal. LEML-UNSA publ., 103p.

MEINESZ A., JAVEL F., COTTALORDA J.-M., 2005. Suivi de l'invasion des algues *Caulerpa taxifolia* et *Caulerpa racemosa* en Méditerranée : situation devant les côtes françaises. Fin 2003 - Rapport fi nal. LEML-UNSA publ., 103p.

MOREL M., ANDRAL B., BERTHOME J. P., JOANNY M., 1999. Surveillance de la qualité de l'environnement littoral. Propositions pour une meilleure coordination des réseaux. IFREMER (Brest), 36 p.

OULD-AHMED N., MEINESZ A., 2007. First record of the invasive alga *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta) on the coast of Algeria. *Cryptogamie algologie*, 28 (3) : 303-305.

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., 2009. Les herbiers de Posidonies. Indicateurs de la qualité écologique et de la contamination chimique du milieu. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 15p.

VAUGELAS J. DE, COTTALORDA J.-M., CHARRIER S., COMMEAU T., DELAHAYE L., JAFFRENNOU F., LEMÉE R., MEINESZ A., MOLENAAR H., 1996. Cartographie de l'invasion de *Caulerpa taxifolia*. Situation sur les côtes françaises de la Méditerranée à la fin de 1994. In : Ribera M.A., Ballesteros E., Boudouresque C.F., Gomez A., Gravez V. Second International Workshop on *Caulerpa taxifolia*., Univ. Barcelona Publ. : 91-97.

VERLAQUE M., BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ, A., GRAVEZ V., 2000. The *Caulerpa racemosa* complex (Caulerpales, Ulvophyceae) in the Mediterranean Sea. *Botanica marina*, 43 : 49-68.

VERLAQUE M., DURAND C., HUISMAN J.M., BOUDOURESQUE C.F., LE PARCO, Y., 2003. On the identity and origin of the Mediterranean invasive *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta) . *European Journal of Phycology*, 38, 325-339.

VERLAQUE M., AFONSO-CARRILLO J., GIL-RODRIGUEZ.C., DURAND C., BOUDOURESQUE C.F., LE PARCO Y., 2005. Blitzkrieg in a marine invasion: *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Bryopsidales, Chlorophyta) reaches the Canary Islands (NE Atlantic). *Biological Invasions*, 6 : 269-281.

ZULJEVIC A., ANTOLIC B., DESPALATOVIC M., ONOFRI V., 2005. The spread of the invasive variety of *Caulerpa racemosa* in the Adriatic Sea. *Rapport Commission Internationale Exploration Scientifique Mer Méditerranée*, 37 : 466.

Liste des figures

Figure 1 : Présentation de la zone d'étude, p6.

Figure 2 : Localisation de la zone d'étude, Anse Ouest de la presque île de Sidi Fredj (Image Quickbird, 2006, 60 cm de résolution), p7.

Figure 3 : Localisation des stations, p8.

Figure 4 : Quadrat d'1m*1m, p9.

Figure 5: Comptage du nombre de faisceaux sur un herbier de Posidonie à l'aide d'un quadrat de 25*25 Cm (Descamp *et al.*, 2007), p11.

Figure 6 a. : Rhizome et faisceau de *Posidonia oceanica* (E.O.L., 2004), p11.

Figure 6 b. : Rhizome et faisceau de *Posidonia oceanica* (Boudouresque *et al.*, 2006), p12.

Figure 7 : Organigramme pour la réalisation d'une carte numérique (Denis *et al.*, 2003) modifiée, p14.

Figure 8 : Répartition des faciès sédimentaires de la zone d'étude (plage ouest de Sidi Fredj), p18.

Figure 9 : Quadrat sur un fond sableux, p19.

Figure 10 : Quadrat sur un fond rocheux, p19.

Figure 11 : Microcartographie des fonds marins de la plage ouest de sidi fredj, zone d'étude répartie sur six radiales, p20.

Figure 12 : *Asparagopsis taxiformis* dans la zone d'étude, p22.

Figure 13 : *Caulerpa racemosa* dans la zone d'étude, p22.

Figure 14 : *Dictyota linearis* dans la zone d'étude, p23.

Figure 15 : *Dilophus fasciola* dans la zone d'étude, p23.

Figure 16 : *Stypocaulon scoparium* dans la zone d'étude, p24.

Figure 17 : *Ulva lactuca* dans la zone d'étude, p24.

Figure 18 : Répartition de *Caulerpa racemosa* dans la plage ouest de Sidi Fredj (Présente étude), P26.

Figure 19 : Répartition de *Caulerpa racemosa* sur différents substrats dans la zone d'étude, p25.

Figure 20 : Répartition de *Caulerpa racemosa* dans la plage de thalassothérapie (Lamouti, 2006), p29.

Figure 21 : Evolution de la répartition de *Caulerpa racemosa* entre 2006 et 2010 au niveau de la plage ouest de Sidi Fredj, p30.

Figure 22 : *Caulerpa racemosa* sur fond rocheux, p31.

Figure 23 : *Caulerpa racemosa* sur fond meubles, p31.

Figure 24 : *Caulerpa racemosa* progressant sur un herbier à *Cymodocea nodosa*, p32.

Figure 25 : *Caulerpa racemosa* progressant sur une population d'algues photophiles, p32.

Figure 26 : *Caulerpa racemosa* en phase de progression sur fond rocheux avec stolons apparents (Plage ouest de Sidi Fredj), p33.

Figure 27 : Répartition des principaux peuplements végétaux dans la plage ouest de Sidi Fredj (Présente étude), p35.

Figure 28 a. : *Cymodocea nodosa* sur un substrat meuble, p36.

Figure 28 b. : *Cymodocea nodosa* sur un substrat meuble, p36.

Figure 29 a. : *Posidonia oceanica* sur un substrat meuble, p37.

Figure 29 b. : *Posidonia oceanica* sur roche, p37.

Figure 30 : Répartition de *Cymodocea nodosa* sur les différents substrats, p38.

Figure 31 : Répartition de *Posidonia oceanica* sur différents substrats, p38.

Figure 32 : *Cymodocea nodosa* sur la matre morte de *Posidonia oceanica*, p40.

Figure 33 : Droite de régression représentant la densité de *Posidonia oceanica* au niveau de la zone d'étude de la plage ouest de Sidi Fredj en fonction de la profondeur, p42.

Figure 34 : Limite supérieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* au niveau de la plage ouest de Sidi Fredj (Présente étude), p43.

Figure 35 : La cartographie des fonds marins de la plage ouest de Sidi Fredj (Présente étude), p46.

Figure 36a. : Evacuation des eaux domestiques des habitations le long de la côte (plage ouest de Sidi Fredj), p47.

Figure 36b. : Evacuation des eaux domestiques des habitations le long de la côte (plage ouest de Sidi Fredj), p47.

Figure 37 : Eboulis due à l'érosion de la côte (plage ouest de Sidi Fredj), p48.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Coordonnées géographiques en degrés décimaux des stations.

Tableau 2 : Présence de *Caulerpa racemosa* sur le littoral algérois (Lamouti, 2006).

Tableau 3 : Densités de la limite supérieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* de notre zone d'étude, p40.

Tableau 4 : Indices de vitalité de l'herbier à *Posidonia oceanica* (limite supérieure), (Pergent, 2009), p40.

Annexes

Annexe 1 : Caractéristiques des relevés réalisés dans la zone d'étude de la plage ouest de Sidi Fredj

longitude	latitude	Substrat	profondeur(m)	Espèce dominante
2,83985	36,76068	sableux	0,8	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,83964	36,76069	sableux	0,8	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,83957	36,7606	sableux	1	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,83946	36,76065	sableux	1	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84088	36,76029	sableux	0,25	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84079	36,7604	sableux	0,25	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84052	36,76038	sableux	0,5	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,8404	36,76038	sableux	0,5	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84026	36,76027	sableux	0,8	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84005	36,76021	sableux	0,8	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84018	36,76012	sableux	0,8	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84038	36,76007	sableux	0,5	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84052	36,76007	sableux	0,25	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84088	36,76011	Sablo-rocheux	0,25	
2,84077	36,76023	Sablo-rocheux	0,25	
2,84066	36,76028	Sablo-rocheux	0,25	
2,84065	36,76014	Sablo-rocheux	0,25	
2,84052	36,76022	Sablo-rocheux	0,5	
2,84039	36,76022	Sablo-rocheux	0,5	
2,84014	36,76034	Sablo-rocheux	0,8	
2,83999	36,76037	Sablo-rocheux	0,8	
2,83991	36,7603	Sablo-rocheux	0,8	
2,84036	36,76133	sableux	0,25	
2,84021	36,76138	sableux	0,25	
2,84061	36,76084	sableux	0,5	
2,84052	36,76091	sableux	0,5	
2,84045	36,76104	sableux	0,5	
2,84028	36,76071	sableux	0,5	
2,84033	36,76086	sableux	0,5	
2,84018	36,76078	sableux	0,5	
2,84009	36,76062	sableux	0,8	
2,83995	36,76073	sableux	0,8	
2,84004	36,7599	sableux	0,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84006	36,76	sableux	1,2	<i>Posidonia oceanica</i>
2,83993	36,76011	sableux	1,2	<i>Posidonia oceanica</i>
2,83987	36,76021	sableux	1	<i>Posidonia oceanica</i>
2,83981	36,76032	sableux	1,2	<i>Posidonia oceanica</i>

2,83968	36,76041	sableux	1	<i>Posidonia oceanica</i>
2,83953	36,76044	sableux	1,5	<i>Posidonia oceanica</i>
2,8394	36,76053	sableux	1,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,83927	36,7606	sableux	1,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,83927	36,76074	sableux	1,5	<i>Posidonia oceanica</i>
2,83925	36,76083	sableux	1,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,83928	36,76088	sableux	1,5	<i>Posidonia oceanica</i>
2,83922	36,76102	sableux	1,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,83915	36,76115	sableux	2,1	<i>Posidonia oceanica</i>
2,83992	36,76139	sableux	0,5	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,83957	36,76127	sableux	0,5	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,8394	36,76121	sableux	0,5	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,83955	36,76108	sableux	0,5	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84084	36,76073	sableux	0,5	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84022	36,76059	sableux	0,5	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,83992	36,76056	sableux	0,5	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,8417	36,75858	sableux	1	
2,84158	36,75857	sableux	1,2	
2,84141	36,75854	sableux	1	
2,84118	36,75853	sableux	1,8	
2,84112	36,75845	sableux	1,2	
2,8412	36,75886	sableux	0,5	
2,84108	36,75894	sableux	0,5	
2,84103	36,75913	sableux	0,5	
2,841	36,75928	sableux	0,5	
2,84161	36,75966	sableux	0,8	
2,84141	36,75966	sableux	0,8	
2,84132	36,75959	sableux	1	
2,84116	36,75955	sableux	1	
2,84099	36,75951	sableux	1,2	
2,84093	36,7594	sableux	1,5	
2,84063	36,75933	sableux	1,8	
2,84048	36,759124	sableux	2,2	
2,84028	36,7592	sableux	2,5	
2,84035	36,75987	rocheux	1,5	
2,84024	36,75993	rocheux	1,8	
2,8402	36,75985	rocheux	2,5	
2,83996	36,75982	rocheux	2,8	
2,83976	36,75991	rocheux	2,5	
2,83966	36,75996	rocheux	2,2	
2,83958	36,76007	rocheux	2,5	
2,84074	36,7607	rocheux	0,5	
2,84073	36,76058	rocheux	0,5	
2,84051	36,76062	rocheux	0,8	
2,84054	36,76048	rocheux	1	

2,84034	36,76049	rocheux	1,2	
2,84015	36,76047	rocheux	1	
2,84004	36,76048	rocheux	0,8	
2,83982	36,7605	rocheux	0,5	
2,83971	36,76058	rocheux	1,5	
2,84014	36,76147	rocheux	0,25	
2,83998	36,7615	rocheux	0,25	
2,83984	36,76149	rocheux	0,25	
2,83966	36,76143	rocheux	0,25	
2,83944	36,76138	rocheux	0,25	
2,83933	36,76134	rocheux	0,25	
2,83925	36,76124	rocheux	0,25	
2,83933	36,76111	rocheux	0,8	
2,83941	36,76099	rocheux	0,5	
2,83947	36,76087	rocheux	0,5	
2,83955	36,76078	rocheux	0,8	
2,84026	36,76109	rocheux	0,5	
2,84017	36,76119	rocheux	0,5	
2,84011	36,76127	rocheux	0,5	
2,84019	36,76095	rocheux	0,8	
2,84008	36,76104	rocheux	0,8	
2,83996	36,76115	rocheux	0,5	
2,83978	36,76127	rocheux	0,5	
2,83975	36,7612	rocheux	0,8	
2,83972	36,76102	rocheux	1,2	
2,83974	36,76092	rocheux	1	
2,83986	36,7609	rocheux	1,2	
2,84002	36,76089	rocheux	1	
2,83988	36,76103	rocheux	0,8	
2,83974	36,76012	sableux	2,5	
2,83972	36,76023	sableux	2,2	
2,84104	36,76026	sableux	0,25	
2,84099	36,76042	sableux	0,25	
2,84096	36,76054	sableux	0,25	
2,8409	36,76069	sableux	0,25	
2,84086	36,76082	sableux	0,25	
2,84079	36,76092	sableux	0,25	
2,84069	36,76104	sableux	0,25	
2,84057	36,76113	sableux	0,25	
2,84048	36,76125	sableux	0,25	
2,84004	36,7586	sableux	2	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84012	36,75883	sableux	2,5	<i>Posidonia oceanica</i>
2,83988	36,75873	sableux	2,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,83995	36,75895	sableux	1,5	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84035	36,75891	sableux	1,8	<i>Posidonia oceanica</i>

2,84025	36,75901	sableux	1,5	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84039	36,75909	sableux	1,2	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84061	36,75918	sableux	0,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84085	36,75915	sableux	0,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84062	36,75894	sableux	0,5	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84078	36,75897	sableux	0,5	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84063	36,75891	sableux	1,5	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84079	36,75881	sableux	1,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84096	36,75889	sableux	1,2	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84059	36,75945	rocheux	1,5	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84044	36,75956	rocheux	1,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84032	36,75942	rocheux	1,5	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84253	36,75876	sableux	0,5	
2,84241	36,75887	sableux	0,5	
2,84232	36,75902	sableux	0,5	
2,84224	36,75911	sableux	0,5	
2,84217	36,75926	sableux	0,5	
2,84208	36,75939	sableux	0,5	
2,842	36,7595	sableux	0,5	
2,8418	36,7596	sableux	0,8	
2,84163	36,75964	sableux	0,8	
2,84236	36,75868	sableux	0,8	
2,84221	36,7588	sableux	0,8	
2,84209	36,75895	sableux	0,8	
2,84204	36,75912	sableux	0,8	
2,84197	36,75922	sableux	0,8	
2,84183	36,75935	sableux	0,8	
2,84172	36,75945	sableux	0,8	
2,8416	36,75964	sableux	0,8	
2,84263	36,75882	rocheux	0	
2,84254	36,75891	rocheux	0	
2,84243	36,75899	rocheux	0	<i>Caulerpa racemosa</i>
2,84239	36,75911	rocheux	0	
2,8423	36,75918	rocheux	0	
2,84223	36,75934	rocheux	0	
2,84216	36,75943	rocheux	0	
2,84206	36,75958	rocheux	0	
2,84191	36,75966	rocheux	0	<i>Caulerpa racemosa</i>
2,84172	36,75975	rocheux	0	
2,84163	36,75985	rocheux	0	
2,84145	36,75989	rocheux	0,5	
2,84125	36,75987	rocheux	0,5	
2,84124	36,75976	rocheux	0,5	
2,84105	36,75985	rocheux	0,5	
2,84098	36,7597	rocheux	0,5	

2,84089	36,75983	rocheux	0,8	
2,84082	36,75965	rocheux	0,8	
2,84064	36,75977	rocheux	0,8	
2,84052	36,75966	rocheux	0,8	
2,84044	36,75976	rocheux	0,8	
2,84023	36,7597	rocheux	1	
2,84016	36,75957	rocheux	1	
2,84006	36,75933	rocheux	1,5	
2,84005	36,75915	rocheux	2	
2,84226	36,75852	rocheux	0,5	
2,84211	36,75881	rocheux	0,5	
2,84196	36,75883	rocheux	0,5	
2,84183	36,75897	rocheux	0,5	
2,84176	36,75911	rocheux	0,5	
2,84166	36,75924	rocheux	0,5	
2,84158	36,75937	rocheux	0,5	
2,84148	36,75947	rocheux	0,5	
2,84203	36,7585	rocheux	0,25	
2,84195	36,75862	rocheux	0,25	
2,84178	36,75871	rocheux	0,25	
2,84169	36,75886	rocheux	0,25	
2,84161	36,75901	rocheux	0,25	
2,8415	36,75914	rocheux	0,25	
2,84138	36,75929	rocheux	0,25	
2,84129	36,75952	rocheux	0,25	
2,84154	36,75873	rocheux	0,8	
2,84137	36,75871	rocheux	0,8	
2,8411	36,75869	rocheux	1	
2,8409	36,75865	rocheux	1	
2,84075	36,75861	rocheux	1,25	
2,84056	36,75874	rocheux	1,5	
2,84049	36,75885	rocheux	1,8	
2,84177	36,75844	rocheux	0,5	
2,84154	36,7584	rocheux	0,8	
2,84122	36,75838	rocheux	0,8	
2,84103	36,75831	rocheux	1	
2,84087	36,75827	rocheux	1	
2,84065	36,75825	rocheux	2,2	
2,84044	36,7582	rocheux	2,2	
2,84143	36,75886	rocheux	0,5	
2,84135	36,75901	rocheux	0,8	
2,8413	36,75916	rocheux	0,8	
2,84114	36,75932	rocheux	1	
2,84092	36,75843	sableux	1	
2,84079	36,75845	sableux	1,5	

2,84042	36,75844	sableux	1,5	
2,84043	36,75856	sableux	1,8	
2,84024	36,75853	sableux	2	
2,84022	36,75867	sableux	2,2	
2,84341	36,75447	rocheux	1	
2,84325	36,7546	rocheux	1	
2,84312	36,75466	rocheux	1	
2,84305	36,7548	rocheux	1	
2,84298	36,75491	rocheux	1	
2,84341	36,75469	rocheux	0,8	
2,84331	36,75475	rocheux	0,8	
2,84323	36,75488	rocheux	0,8	
2,84357	36,7547	rocheux	0,5	
2,84343	36,75487	rocheux	0,5	
2,8436	36,75485	rocheux	0,5	
2,84469	36,75447	sableux	0,8	<i>Caulerpa racemosa</i>
2,84463	36,75462	sableux	0,8	<i>Caulerpa racemosa</i>
2,84456	36,75473	sableux	0,8	<i>Caulerpa racemosa</i>
2,84456	36,75438	sableux	0,8	<i>Caulerpa racemosa</i>
2,84445	36,75457	sableux	0,8	<i>Caulerpa racemosa</i>
2,8444	36,75442	sableux	0,8	<i>Caulerpa racemosa</i>
2,84426	36,75464	sableux	0,8	<i>Caulerpa racemosa</i>
2,84417	36,7544	sableux	1	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84423	36,75448	sableux	1	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84418	36,75463	sableux	1	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84407	36,75461	sableux	1	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84407	36,75474	sableux	1	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84397	36,75469	sableux	1	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84368	36,75466	sableux	1	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84379	36,75472	rocheux	0,5	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84368	36,75476	rocheux	0,5	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84387	36,75481	rocheux	0,5	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84374	36,75484	rocheux	0,5	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84394	36,75443	rocheux	0,5	<i>Caulerpa racemosa</i>
2,84384	36,75455	rocheux	0,8	<i>Caulerpa racemosa</i>
2,84376	36,75443	rocheux	0,8	<i>Caulerpa racemosa</i>
2,84361	36,75455	rocheux	0,8	<i>Caulerpa racemosa</i>
2,84388	36,75434	rocheux	0,8	
2,84374	36,75433	rocheux	0,8	
2,84362	36,75433	rocheux	0,8	
2,84351	36,75439	rocheux	0,8	
2,84245	36,75506	sableux	2,5	
2,84259	36,7552	sableux	2	
2,84241	36,75523	sableux	2,5	
2,84245	36,75532	sableux	2,5	

2,84218	36,75538	sableux	3	
2,84441	36,75535	sableux	0,8	<i>Caulerpa racemosa</i>
2,84436	36,75524	sableux	0,8	<i>Caulerpa racemosa</i>
2,84425	36,75535	sableux	0,8	<i>Caulerpa racemosa</i>
2,84423	36,75524	sableux	0,8	<i>Caulerpa racemosa</i>
2,84408	36,75534	sableux	0,8	<i>Caulerpa racemosa</i>
2,84455	36,75512	rocheux	0,5	
2,8445	36,75499	rocheux	0,5	
2,84439	36,75511	rocheux	0,5	
2,8443	36,75502	rocheux	0,5	
2,84424	36,75509	rocheux	0,5	
2,84416	36,75502	rocheux	0,5	
2,84409	36,75517	rocheux	0,5	
2,84399	36,75509	rocheux	0,5	
2,84396	36,75524	rocheux	0,5	
2,84385	36,75511	rocheux	0,5	
2,84377	36,75522	rocheux	0,8	
2,8436	36,75517	rocheux	0,8	
2,84337	36,75516	rocheux	0,8	
2,84393	36,75511	rocheux	0,8	
2,84421	36,75496	rocheux	0,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,8441	36,75496	rocheux	0,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84393	36,75499	rocheux	0,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,8438	36,75505	rocheux	0,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84432	36,75473	sableux	0,5	
2,8443	36,75485	sableux	0,5	
2,84445	36,75486	sableux	0,5	
2,84453	36,7549	sableux	0,5	
2,8442	36,75423	sableux	0,8	
2,84405	36,75428	sableux	0,8	
2,84412	36,75406	sableux	0,8	
2,84395	36,7541	sableux	0,8	
2,84386	36,75425	sableux	1	
2,84371	36,75406	sableux	1,5	
2,84364	36,75417	sableux	1,5	
2,84344	36,75402	sableux	2	
2,84342	36,75413	sableux	2	
2,8432	36,75407	sableux	2	
2,84329	36,75426	sableux	2	
2,84318	36,75438	sableux	2	
2,8431	36,7543	sableux	2	
2,8431	36,75421	sableux	2	
2,84294	36,75437	sableux	2,5	
2,843	36,75453	sableux	2	
2,84272	36,75445	sableux	2,5	

2,84269	36,75466	sableux	2,5	
2,84289	36,75465	sableux	2	
2,84281	36,7548	sableux	2	
2,84277	36,7549	sableux	2	
2,84255	36,75489	sableux	2,5	
2,84275	36,7549	sableux	2	
2,84271	36,75501	sableux	2	
2,84266	36,75512	sableux	2	
2,84474	36,75414	sableux	0,5	
2,8448	36,75427	sableux	0,5	
2,84483	36,75442	sableux	0,5	
2,8448	36,75461	sableux	0,5	
2,84474	36,7548	sableux	0,5	
2,84471	36,75491	sableux	0,5	
2,84471	36,75506	sableux	0,5	
2,84471	36,75523	sableux	0,5	
2,84462	36,75537	sableux	0,5	
2,84455	36,75547	sableux	0,5	
2,84461	36,75564	sableux	0,5	
2,8444	36,75562	sableux	0,5	
2,84443	36,75547	sableux	0,5	
2,8444	36,75558	sableux	0,5	
2,84428	36,7555	sableux	0,8	
2,84413	36,75552	sableux	0,8	
2,84403	36,75545	sableux	0,8	
2,84383	36,75538	sableux	1	
2,84358	36,7553	sableux	1	
2,84345	36,75526	sableux	1	
2,84321	36,75532	sableux	1,5	
2,84302	36,7552	sableux	1,5	
2,8429	36,75508	sableux	1,8	
2,84316	36,75501	sableux	1,5	
2,84333	36,755	sableux	1,5	
2,84349	36,75499	sableux	1,5	
2,84381	36,75493	sableux	1	
2,844	36,75482	sableux	1	
2,84419	36,75474	sableux	0,8	
2,84121	36,75704	rocheux	2	
2,84153	36,75703	rocheux	2	
2,84117	36,75705	rocheux	2	
2,84126	36,75719	rocheux	2	
2,84145	36,75721	rocheux	2	
2,8416	36,75712	rocheux	2	
2,84516	36,7541	sableux	0,25	
2,84514	36,75419	sableux	0,25	

2,8451	36,75431	sableux	0,25	
2,84504	36,75447	sableux	0,25	
2,84501	36,75455	sableux	0,25	
2,845	36,75469	sableux	0,25	
2,84498	36,75487	sableux	0,25	
2,84498	36,75496	sableux	0,25	
2,84497	36,75507	sableux	0,25	
2,84492	36,7552	sableux	0,25	
2,84493	36,75532	sableux	0,25	
2,84485	36,75541	sableux	0,25	
2,84489	36,75551	sableux	0,25	
2,84478	36,75564	sableux	0,25	
2,84479	36,75572	sableux	0,25	
2,84489	36,75405	sableux	0,5	
2,84498	36,75415	sableux	0,5	
2,84435	36,75397	sableux	1	
2,84459	36,75398	sableux	0,8	
2,84445	36,75414	sableux	0,8	
2,84442	36,75426	sableux	0,8	
2,84458	36,75427	sableux	0,8	
2,84472	36,75413	sableux	0,8	
2,84337	36,75711	rocheux	0,5	
2,84322	36,75723	rocheux	0,5	
2,84305	36,7573	rocheux	0,5	
2,84293	36,75743	rocheux	0,5	
2,84273	36,75697	rocheux	0,8	
2,84273	36,75714	rocheux	0,8	
2,84292	36,7571	rocheux	0,8	
2,84297	36,75723	rocheux	0,8	
2,84277	36,75729	rocheux	0,8	
2,8428	36,75535	rocheux	2	
2,84254	36,75545	rocheux	2	
2,84233	36,75558	rocheux	2	
2,84215	36,75566	rocheux	2	
2,84207	36,75582	rocheux	2	
2,84208	36,75596	rocheux	2	
2,84211	36,75613	rocheux	2	
2,8423	36,75621	rocheux	2	
2,84205	36,75625	rocheux	2	
2,84226	36,75639	rocheux	2	
2,84191	36,75635	rocheux	2	
2,8421	36,75643	rocheux	2	
2,84199	36,75656	rocheux	2	
2,842	36,75663	rocheux	2	
2,84173	36,75652	rocheux	2,5	

2,84163	36,75668	rocheux	2,5	
2,84145	36,75679	rocheux	2,5	
2,84193	36,75676	rocheux	2	
2,84175	36,75683	rocheux	2	
2,84165	36,75688	rocheux	2	
2,84129	36,75686	rocheux	2,5	
2,84389	36,75599	rocheux	0,5	
2,84394	36,75611	rocheux	0,5	
2,84383	36,7562	rocheux	0,5	
2,84404	36,75625	rocheux	0,25	
2,8442	36,75637	rocheux	0,25	
2,8435	36,75607	rocheux	0,8	
2,84332	36,75607	rocheux	0,8	
2,8432	36,75617	rocheux	0,8	
2,84307	36,75626	rocheux	0,8	
2,84293	36,75634	rocheux	0,8	
2,84278	36,75641	rocheux	0,8	
2,84362	36,75617	rocheux	0,5	
2,84353	36,75629	rocheux	0,5	
2,84338	36,75624	rocheux	0,5	
2,84331	36,7564	rocheux	0,5	
2,84323	36,75643	rocheux	0,5	
2,843	36,75645	rocheux	0,8	
2,84289	36,75659	rocheux	0,8	
2,84317	36,75659	rocheux	0,5	
2,84326	36,75671	rocheux	0,5	
2,84329	36,75685	rocheux	0,5	
2,8431	36,75678	rocheux	0,5	
2,84288	36,7567	rocheux	0,8	
2,84273	36,75676	rocheux	0,8	
2,84287	36,75688	rocheux	0,8	
2,84304	36,75694	rocheux	0,8	
2,8432	36,75701	rocheux	0,5	
2,84115	36,75763	sableux	1	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84121	36,75735	sableux	1	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84112	36,75748	sableux	1	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84097	36,75758	sableux	1	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84081	36,75771	sableux	1	<i>Posidonia oceanica</i>
2,841	36,75713	sableux	2	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84104	36,75729	sableux	1,5	<i>Posidonia oceanica</i>
2,8408	36,75723	sableux	2	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84071	36,75742	sableux	2	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84085	36,75743	sableux	2	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84077	36,75757	sableux	2	<i>Posidonia oceanica</i>
2,8406	36,75753	sableux	2	<i>Posidonia oceanica</i>

2,84058	36,75765	sableux	2	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84427	36,75576	rocheux	0,25	
2,84442	36,75594	rocheux	0,25	
2,84443	36,75609	rocheux	0,25	
2,84444	36,75623	rocheux	0,25	
2,84444	36,75635	rocheux	0,25	
2,84317	36,75544	rocheux	1	
2,84343	36,75545	rocheux	1	
2,84334	36,7556	rocheux	1	
2,84367	36,75558	rocheux	0,8	
2,84352	36,75574	rocheux	0,8	
2,84352	36,75591	rocheux	0,8	
2,8438	36,75572	rocheux	0,8	
2,84366	36,75599	rocheux	0,8	
2,84391	36,75586	rocheux	0,5	
2,84271	36,75749	sableux	0,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84266	36,7576	sableux	0,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84257	36,75775	sableux	0,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,8424	36,75781	sableux	0,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84231	36,75781	sableux	0,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84233	36,75795	sableux	0,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84209	36,7579	sableux	0,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84196	36,75795	sableux	0,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84196	36,75808	sableux	0,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84221	36,75804	sableux	0,5	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84212	36,75817	sableux	0,5	<i>Posidonia oceanica</i>
2,8425	36,75683	sableux	1	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84229	36,75705	sableux	1	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84244	36,75702	sableux	1	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84256	36,75715	sableux	1	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84248	36,75728	sableux	0,5	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84233	36,75739	sableux	0,5	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84224	36,75724	sableux	0,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84197	36,75729	sableux	0,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84173	36,75747	sableux	0,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84192	36,75761	sableux	0,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84204	36,75747	sableux	0,5	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84218	36,7575	sableux	0,5	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84194	36,75758	sableux	0,5	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84171	36,75747	sableux	0,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84167	36,75767	sableux	0,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84148	36,75749	sableux	0,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84142	36,75768	sableux	0,8	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84137	36,75736	sableux	1	<i>Posidonia oceanica</i>
2,84126	36,75749	sableux	1	<i>Posidonia oceanica</i>

2,843	36,75798	sableux	0,5	
2,84297	36,75758	sableux	0,8	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84315	36,75767	sableux	0,5	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84279	36,75767	sableux	0,8	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84282	36,75776	sableux	0,8	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84303	36,75781	sableux	0,5	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84267	36,75786	sableux	0,8	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84285	36,7579	sableux	0,5	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84283	36,75798	sableux	0,5	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84244	36,75796	sableux	0,8	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84257	36,75808	sableux	0,8	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84282	36,75811	sableux	0,5	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84289	36,75811	sableux	0,5	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84236	36,7581	sableux	0,8	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84244	36,75819	sableux	0,5	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84259	36,75824	sableux	0,5	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84272	36,75829	sableux	0,5	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,8422	36,75834	sableux	0,8	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84234	36,75835	sableux	0,8	<i>Cymodocea nodosa</i>
2,84256	36,75843	sableux	0,25	<i>caulerpa racemosa</i>
2,84243	36,75853	sableux	0,25	<i>caulerpa racemosa</i>
2,84263	36,75855	sableux	0,25	<i>caulerpa racemosa</i>
2,84207	36,75833	rocheux	0,25	
2,84187	36,7583	rocheux	0,25	
2,84198	36,75821	rocheux	0,25	
2,84169	36,75828	rocheux	0,5	
2,84179	36,75812	rocheux	0,5	
2,84162	36,75808	rocheux	0,8	
2,84142	36,75812	rocheux	0,8	
2,84147	36,75825	rocheux	0,8	
2,84307	36,75816	sableux	0,25	
2,84296	36,75826	sableux	0,25	
2,84282	36,75835	sableux	0,25	
2,84277	36,75849	sableux	0,25	
2,8437	36,75632	sableux	0,8	
2,8435	36,75647	sableux	0,8	
2,84342	36,75659	sableux	0,8	
2,84398	36,75639	sableux	0,8	
2,84375	36,75654	sableux	0,8	
2,84364	36,75666	sableux	0,8	
2,84405	36,75651	sableux	0,5	
2,84399	36,75659	sableux	0,5	
2,84389	36,75667	sableux	0,5	
2,84377	36,75682	sableux	0,5	
2,84402	36,75674	sableux	0,5	

2,84391	36,75688	sableux	0,5	
2,84377	36,75702	sableux	0,5	
2,84358	36,75687	sableux	0,8	
2,84349	36,75703	sableux	0,8	
2,84339	36,75725	sableux	0,8	
2,84331	36,75734	sableux	0,8	
2,84322	36,7574	sableux	0,8	
2,8431	36,75746	sableux	0,8	
2,8432	36,75753	sableux	0,8	
2,84323	36,75752	sableux	0,8	
2,8438	36,75705	sableux	0,5	
2,84363	36,7572	sableux	0,5	
2,84365	36,75729	sableux	0,5	
2,84348	36,75739	sableux	0,5	
2,84341	36,75751	sableux	0,5	
2,84338	36,75762	sableux	0,5	
2,84324	36,75773	sableux	0,5	
2,84317	36,75782	sableux	0,5	
2,84187	36,75715	sableux	2	
2,84176	36,75729	sableux	2	
2,84259	36,75736	sableux	1	
2,84249	36,75747	sableux	1	
2,84249	36,75759	sableux	1	
2,84221	36,7576	sableux	1	
2,84227	36,75771	sableux	1	
2,84212	36,75774	sableux	1	
2,84194	36,75775	sableux	1	
2,84172	36,75775	sableux	1	
2,84174	36,7579	sableux	1,5	
2,8416	36,75781	sableux	1,5	
2,84149	36,75791	sableux	1,5	
2,84123	36,75781	sableux	2	
2,84104	36,7578	sableux	2	
2,84092	36,75804	sableux	2	
2,84122	36,758	sableux	1,5	
2,84119	36,75814	sableux	1,5	
2,84064	36,75809	sableux	2,5	
2,84047	36,75799	sableux	3	
2,84065	36,75782	sableux	3	
2,84434	36,7565	sableux	0,25	
2,84423	36,75664	sableux	0,25	
2,84419	36,75676	sableux	0,25	
2,84415	36,75689	sableux	0,25	
2,84405	36,75703	sableux	0,25	
2,84401	36,75715	sableux	0,25	

2,84391	36,75729	sableux	0,25	
2,84378	36,75738	sableux	0,25	
2,84372	36,7575	sableux	0,25	
2,84362	36,75763	sableux	0,25	
2,84347	36,75774	sableux	0,25	
2,84336	36,75785	sableux	0,25	
2,84325	36,75727	sableux	0,25	
2,84314	36,75805	sableux	0,25	
2,8446	36,75585	sableux	0,5	
2,84465	36,75603	sableux	0,25	
2,84461	36,75621	sableux	0,25	
2,84399	36,75572	sableux	1	
2,84409	36,75579	sableux	1	
2,84409	36,75595	sableux	0,8	
2,84424	36,7561	sableux	0,8	
2,84427	36,75625	sableux	0,5	
2,84293	36,75543	sableux	2,5	
2,84303	36,75554	sableux	2,2	
2,84322	36,75571	sableux	2	
2,84321	36,75582	sableux	2	
2,84331	36,75585	sableux	2	
2,84325	36,75597	sableux	2	
2,84272	36,75545	sableux	2,5	
2,84291	36,7556	sableux	2,5	
2,84298	36,75578	sableux	2,5	
2,84277	36,75573	sableux	2,5	
2,84253	36,75566	sableux	3	
2,84237	36,75572	sableux	3	
2,84252	36,75587	sableux	3	
2,84231	36,7559	sableux	3	
2,84239	36,75604	sableux	3	
2,84286	36,75592	sableux	2,5	
2,843	36,756	sableux	2	
2,84272	36,75612	sableux	2,5	
2,84288	36,75614	sableux	2	
2,84251	36,75633	sableux	2,5	
2,84273	36,75633	sableux	2	
2,8425	36,75654	sableux	2	
2,84227	36,75665	sableux	2,5	
2,84239	36,75672	sableux	2	
2,84217	36,75689	sableux	2	
2,842030	36,756990	sableux	2	
2,840871	36,750125	rocheux	0,5	<i>Caulerpa racemosa</i>
2,840673	36,760144	sableux	0,25	<i>Caulerpa racemosa</i>
2,840730	36,760144	sableux	0,25	<i>Caulerpa racemosa</i>

2,840547	36,760221	rocheux	0,5	<i>Caulerpa racemosa</i>
2,840414	36,760227	sableux	0,25	<i>Caulerpa racemosa</i>
2,840547	36,760221	sableux	0,25	<i>Caulerpa racemosa</i>
2,840170	36,760340	sableux	0,25	<i>Caulerpa racemosa</i>
2,840000	36,760370	sableux	0,25	<i>Caulerpa racemosa</i>
2,839950	36,703000	rocheux	0,5	<i>Caulerpa racemosa</i>

Annexe 2 : Taux de recouvrement des différents faciès présents dans l'analyse des radiales réalisées dans la zone d'étude de la plage ouest de Sidi Fredj.

Radiale	Station	Sable %	Roche %	<i>Posidonia oceanica</i> %	<i>Cymodosa nodosa</i> %	Algue %	
						Algue & <i>Caulerpa racemosa</i> %	<i>Caulerpa racemosa</i> %
1	1	0,00	64,00	0,00	0,00	36,00	0,00
	2	0,00	96,00	0,00	0,00	4,00	0,00
	3	0,00	96,00	0,00	0,00	4,00	0,00
	4	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	6	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	7	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	8	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Σ	62,50	32,00	0,00	0,00	5,50	0,00
2	9	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	10	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	48,00
	11	52,00	0,00	28,00	0,00	20,00	0,00
	12	52,00	36,00	0,00	0,00	12,00	0,00
	13	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	14	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	15	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	16,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Σ	75,50	4,50	3,50	0,00	16,50	6,00
3	17	64,00	36,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	18	8,00	0,00	92,00	0,00	0,00	0,00
	19	44,00	0,00	0,00	0,00	56,00	0,00
	20	56,00	44,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	21	28,00	72,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	22	48,00	52,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	23	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
	24	48,00	52,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Σ	37,00	32,00	11,50	12,50	7,00	0,00
4	25	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	26	0,00	96,00	0,00	0,00	4,00	0,00
	27	80,00	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	28	0,00	80,00	0,00	0,00	20,00	0,00
	29	28,00	0,00	0,00	0,00	72,00	0,00
	30	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	31	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	32	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Σ	63,50	24,50	0,00	0,00	12,00	0,00
5	33	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

	34	0,00	68,00	0,00	0,00	32,00	0,00
	35	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	36	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	37	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	38	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	39	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	40	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Σ	87,50	8,50	0,00	0,00	4,00	0,00
6	41	0,00	92,00	0,00	0,00	8,00	0,00
	42	0,00	36,00	0,00	0,00	64,00	0,00
	43	20,00	0,00	0,00	0,00	80,00	0,00
	44	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
	45	20,00	0,00	0,00	80,00	0,00	0,00
	46	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
	47	0,00	0,00	0,00	72,00	28,00	24,00
	48	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
	Σ	5,00	16,00	0,00	56,50	23,00	3,00
	Σ Σ	55,17	19,58	2,50	11,5	11,25	1,50

Annexe 3 : Pourcentage de répartition des principaux peuplements végétaux au niveau de la zone d'étude de la plage ouest de Sidi Fredj.

Peuplements végétaux Paramètres de mesure	<i>Posidonia oceanica</i>	<i>Cymodosa nodosa</i>	<i>Caulerpa racemosa</i>
% sur Roche	15,15	0,00	28,12
% sur Sable	84,85	100,00	71,87
Profondeur minimale (m)	0,50	0,25	0
Profondeur maximale (m)	2,80	1,00	2,80
Profondeur moyenne(m)	1,17	0,60	0,72

Annexe 4 : Taux de recouvrement des faciès sédimentaires et des peuplements végétaux et les surfaces les contenant au niveau de la plage ouest de Sidi Fredj.

Faciès Paramètres de mesure	<i>Posidonia oceanica</i>	<i>Cymodosa nodosa</i>	<i>Caulerpa racemosa</i>	Roche	Sable	Zone d'étude (628 relevés)
Surface (ha)	2,01	0,55	0,36	7,59	10,68	18,27
Taux de recouvrement %	15,74	6,04	5,09	37,68	62,32	100,00