

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Badji Mokhtar – Annaba
Faculté des Sciences
Département des Sciences de la Mer

Laboratoire d'Ecobiologie des
Milieux Marins et Littoraux
Département des Sciences de la Mer
Janvier 2006.

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de **MAGISTER**
en Sciences de la mer option:
Biologie et physiologie des organismes marins

Thème :

**Eutrophisation en méditerranée: conditions de l'herbier de
posidonie *posidonia oceanica* dans le golfe d'Annaba.**

Par
M^{elle} Mammeria Aicha Beya

Sous la direction du Pr. A. B. Djebar
Président: Tahar Ali.
1^{er} Examineur: Bensouilah M.
2^{ème} Examinatrice: Seridi R.

Univrsité Badji Mokhtar - Annaba.
Pr. Univrsité Badji Mokhtar - Annaba.
Pr. Univrsité Badji Mokhtar - Annaba.
Pr. Univrsité Badji Mokhtar - Annaba.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à mes parents qui sont sans doute le meilleur père et la meilleure mère qui ont toujours été des modèles de gentillesse à mon égard.

A mon frère Kamel et à toute ma famille en gage de mon affection..

A - B

Remerciements

Je suis heureuse d'adresser mes remerciements à toutes les personnes qui m'ont aidé et soutenue.

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à monsieur le professeur Tahar Ali qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury en surcroît à sa participation à l'analyse statistique de cette étude.

Toute ma gratitude va à monsieur le Professeur Djebbar Abdellah Borhane qui m'a guidé dans l'élaboration de ce travail et qui m'a permis de le mener à bien en donnant non seulement l'étincelle initiale de ce travail mais également un suivi chaleureux et efficace tout le long de cette étude.

Mes parfaites considérations vont à monsieur le Professeur Bensouilah Mourad directeur du laboratoire EMMAL, qui a aimablement accepté d'examiner mon travail et aussi pour tous ses conseils.

Enfin, je suis aussi reconnaissante à madame le Professeur Seridi ratiba qui a accepté de faire partie de mon jury en tant qu'examinatrice.

Liste des tableaux :

N° du tableau	Titre	page
1	Classification des herbiers de <i>P.oceanica</i> en fonction des faisceaux selon Giraud, (1977b).	14
2	Représentation de la densité moyenne des faisceaux de <i>P. oceanica</i> par m ² en automne 2004.	21
3	Densité moyenne des herbiers à <i>P. oceanica</i> ; valeurs relevées dans la littérature pour différentes localités et profondeurs.	21
4	Représentation des nombres moyens de feuilles par faisceau, par type de feuilles et par saison.	23
5	Nombre moyen de feuilles globales par faisceau de <i>P. oceanica</i> . Valeurs extrêmes (Maximum: M; Minimum: m) pour différentes localités et profondeurs.	23
6	Longueur moyenne des feuilles par faisceau et par type de feuille (Minimum: min; maximum : Max), et moyennes saisonnières dans les stations étudiées.	33
7	Longueur moyenne des feuilles globales adultes et intermédiaires. Valeurs extrêmes Min; Max relevées dans la littérature pour différentes localités et profondeurs.	33
8	Longueur moyenne des feuilles adultes et intermédiaires. Valeurs extrêmes: Min, max: relevées dans la littérature pour différentes localités et profondeurs.	40
9	Largeur moyenne des feuilles globales par faisceau et par type de feuille: minimum, maximum et moyennes saisonnières et écart-types observés dans les stations étudiées.	42
10	Valeurs de la largeur moyenne des feuilles adultes et intermédiaires relevées dans la littérature pour différentes localités et profondeurs.	50
11	Moyenne des longueur des pétioles L.P: Valeurs extrêmes relevées. Minimum: min; Maximum: max, moyennes saisonnières et écart-types observés dans les stations étudiées.	50
12	Moyenne extrême des L.P. (maximum: max; minimum: min), relevées dans la littérature pour différentes localités et profondeurs.	51
13	Valeurs extrême (Maximum: max; Minimum: min) du coefficient A moyen des différents feuilles dans les stations étudiées.	53
14	Coefficient A moyen des F.A.I. Valeurs extrêmes (maximum: max; minimum: min) relevées dans la littérature pour différentes localités et profondeurs:	53
15	Surface S.F. et indices foliaires I.F par type de feuilles. St (A): caroube; St (B): club de la mer.	55
16	Surface et indices foliaires moyens des feuilles globales. Valeurs extrêmes (M: max; m: min) relevées dans la littérature pour différentes localités et profondeurs.	56

Liste des figures:

N° de figure	Titre	Page
1	Photographie montrant 2 vues d'herbiers superficiels à <i>P. oceanica</i> .	1
2	Photographies montrant la fleur et les rhizomes de <i>P. oceanica</i> .	2
3	Morphologie de l'herbier à <i>P. oceanica</i> .	2
4	Photographie d'un rhizome plagiotrope de posidonie.	2
5	Schéma et photographie montrant un fond d'herbier de posidonie et sa matte.	3
6	Photographie de fruits et de fleur de posidonie.	3
7	Photographie de pelotes de mer de posidonie.	4
8	Photographies de posidonie (1), aegagropyle (2) et sa fleur (3).	5
9	Formules des chlorophylles <i>a</i> et <i>b</i> .	8
10	Représentation spatiale de la chlorophylle <i>a</i> .	8
11	Photo microscopique de chloroplastes "x10 000"	9
12	Carte représentant le golfe d'Annaba et les 2 sites de Posidonies: caroube et le club.	12
13	Photographie de la station (A) plage de baignade: La Caroube	13
14	Photographie de la station club de la mer montrant l'étendue de la posidonie.	13
15	Schéma montrant les 3 étapes de la macération des feuilles dans le solvant organique.	17
16	Courbe cumulative de température.	20
17	Courbe cumulative des salinités.	20
18	Fluctuation saisonnière du nombre moyen des F.A.I / faisceau.	22
19	Fluctuation saisonnière du nombre des F.A/ faisceau.	25
20	Fluctuation saisonnière du nombre moyen de F.I /faisceau.	27
21	Fluctuation saisonnière du nombre moyen de F.J / faisceau.	29
22	Fluctuation saisonnière de la longueur moyenne des F.A.I.	31
23	Fluctuation saisonnière de la longueur moyenne des F.A.	34
24	Fluctuation saisonnière de la longueur des F.I.	36
25	Fluctuation saisonnière de la longueur des F.J.	38
26	Fluctuation saisonnière de la largeur des F.A.I.	41
27	Variation saisonnière de la largeur des F.A.	44
28	Variation saisonnière de la largeur F.I.	46
29	Variation saisonnière de la largeur des FJ.	48
30	Evolution saisonnière de la L.P.	51
31	Evolution saisonnière du coefficient A moyen des F.A.I.	53
32	Evolution saisonnière du coefficient A moyen des F.A.	54
33	Evolution saisonnière du coefficient A moyen des F.I.	54
34	Evolution saisonnière de S.F. des F.A.I.	55
35	Evolution saisonnière de I.F des F.A.I.	55
36	Evolution saisonnière de la S.F des F.A.	57

37	Evolution saisonnière de I.F des F.A.	57
38	Evolution saisonnière de S.F des F.I.	58
39	Evolution saisonnière de I.F des F.I.	58
40	Evolution saisonnière de la S.F des F.J.	58
41	Evolution saisonnière de I.F des F.J.	59
42	Teneur en <i>chlorophylle a</i> .	59
43	Teneur en <i>chlorophylle b</i> .	61
44	Teneur en <i>chlorophylle a+b</i> .	62
45	Teneur en <i>chlorophylle a/b</i> .	63
46	Photographie montrant la région Nord du complexe ASMIDAL et ses rejets en mer.	70
47	Schéma de fonctionnement d'écosystème marin vis-à-vis des différentes formes de pollution industrielles et urbaines déversées dans la baie d'Annaba et contribuant au phénomène d'eutrophisation.	78
48	Schéma récapitulatif de différentes formes de pollution industrielles et urbaines dans la baie d'Annaba et contribuant au phénomène d'eutrophisation	79

Liste des planches:

N° de planche	Titre	Page
1	Microphotographie de coupes transversales de feuille A et d'écaille B de <i>P. oceanica</i> (sans coloration).	65
2	Photographie de coupe transversale du rhizome de <i>p. oceanica</i> L. après double coloration (coloration vitale: vert d'iode et rouge congo).	65
3	Microphotographie de coupes transversales d'écaille A et B et de feuille C et D de <i>P. oceanica</i> (sans coloration). La représentation E montre une section longitudinale d'une feuille colorée au bleu de toluidine.	67
4	Photographie montrant 2 types d'épiphytes de <i>P. oceanica</i> . Le 1 ^{er} en pyramides superposées A, avec la loupe B et le second en cercle dit <i>Melobesia farinosa</i> .	68
5	Microphotographie montrant une vue générale sans coloration de la racine A, et avec une loupe B.	69

Table des matières

1. Introduction.....	1
1.1. La photosynthèse	8
1.1.1. Les chloroplastes	9
2. Matériels et méthodes	12
2.1. Présentation de la région d'étude	12
2.1.1. Choix et localisation des stations.....	12
2.1.1.1. La caroube: St (A)	13
2.1.1.2. Le club de la mer: St (B).....	13
2.2. Méthode d'analyse des paramètres physico-chimiques	14
2.3. Densité de l'herbier de posidonie.....	14
2.3.1. Méthodologie de mesure.....	14
2.4. L'analyse phénologique.....	14
2.4.1. Echantillonnages	15
2.4.2. Analyse biométrique.....	15
2.4.2.1. Méthode de calcul.....	16
2.5. Quantification de la chlorophylle.....	16
2.5.1. Techniques de dosage de la chlorophylle.....	17
2.5.1.1. Matériels.....	17
2.5.1.2. Réactifs.....	17
2.5.1.3. Mode opératoire.....	17
2.6. Traitements statistiques utilisés.....	18
2.6.1. Analyse statistique uni variée.....	18
2.6.1.1. Les statistiques de base: (Minitab).....	18
2.6.2. Test (<i>t</i>) de Student.....	18
2.7. Histologie.....	19
2.7.1. Matériels.....	19
2.7.2. Réactifs.....	19
2.7.3. Mode opératoire.....	19
3. Résultats et interprétations.....	20
3.1. Résultats des paramètres physico-chimiques.....	20
3.1.1. Concernant les températures.....	20
3.1.2. Concernant les salinités.....	20
3.2. Densité des faisceaux.....	21
3.3. Evolution saisonnière des paramètres phénologiques.....	22
3.3.1. Nombre de feuilles par faisceau:.....	22
3.3.1.1. Nombre de feuilles globales F.A.I./ faisceau.....	22
3.3.1.2. Nombre de feuilles adultes F.A. /faisceau.....	25
3.3.1.3. Nombre de feuilles intermédiaires F.I. /faisceau.....	27
3.3.1.4. Nombre de feuilles juvéniles F.J. /faisceau.....	29
3.3.2. Longueur des feuilles.....	31
3.3.2.1. Longueur des feuilles globales F.A.I.....	31

3.3.2.2. Longueur des feuilles adultes F.A	34
3.3.2.3. Longueur des feuilles intermédiaires F.I.....	36
3.3.2.4. Longueur des feuilles juvéniles F.J.....	38
3.3.3. Largeur des feuilles.....	41
3.3.3.1. Largeur des feuilles globales F.A.I.....	41
3.3.3.2. Largeur des feuilles adultes F.A.....	43
3.3.3.3. Largeur des feuilles intermédiaires F.I	46
3.3.3.4. Largeur des feuilles juvéniles F.J.....	48
3.3.4. Longueur des pétioles L.P.....	50
3.3.5. Coefficient A	53
3.3.5.1. Coefficient A des feuilles globales F.A.I.....	53
3.3.5.2. Coefficient A des feuilles adultes F.A.....	54
3.3.5.3. Coefficient A des feuilles intermédiaires F.I	54
3.3.6. Résultats de Indice (Leaf Area Index) et la surface foliaire.....	54
3.3.6.1. Surface foliaire et indice foliaire des F.A.I.....	55
3.3.6.2. Surface foliaire et indice foliaire des F.A.....	57
3.3.6.3. Surface foliaire et indice foliaire des F.I	57
3.3.6.4. Surface foliaire et indice foliaire des F.J.....	58
3.4. Résultats du dosage de la chlorophylle.....	59
3.4.1. La chlorophylle <i>a</i>	59
3.4.2. La chlorophylle <i>b</i>	61
3.4.3. La chlorophylle <i>a+b</i>	62
3.4.3. La chlorophylle <i>a/b</i>	63
3.5. Résultats histologiques	64
3.5.1. Sans coloration	64
3.5.2 Avec coloration : Structure secondaire.....	64
4. Discussion	69
5. Conclusion.....	76
6. Perspectives.....	80
7. Références bibliographiques.....	81
Annexes.....	88

Résumé.

Endémique à la méditerranée, la posidonie est suffisamment présente dans la baie d'Annaba pour permettre d'aborder l'étude du phénomène d'eutrophisation.

Ainsi, nous avons analysé la morphologie de l'herbier à posidonie *Posidonia oceanica* et analysé sa chlorophylle.

Nous avons étudié cette phanérogame marine dans 2 plages situées à l'Ouest de la baie d'Annaba pour leur abondance en posidonie: la Caroube, plage protégée des vents et le Club de la mer qui subit un important hydrodynamisme.

Nous avons mesuré préalablement la température et la salinité, importants paramètres abiotiques dans lesquels *Posidonia oceanica* vie et se développe.

Nos résultats montrent que:

- Les températures et les salinités annuelles moyennes des eaux sont stables depuis une décennie avec respectivement 21°C et 37,3 ‰.
- Les épiphytes qui couvrent les feuilles de posidonie, les longueurs et le nombre de feuilles sont plus nombreux dans la plage la Caroube que dans le Club de la mer.
 - Les résultats de l'étude phénologique comparés montrent que la longueur des feuilles dans le golfe d'Annaba est plus importante que celle rencontrée généralement en méditerranée elle atteint souvent les 500 mm.
- Le nombre élevé de feuilles broutées dans les 2 stations d'étude montre que l'herbier à *Posidonia oceanica*, constitue un lieu de frayère et de nurseries particulièrement pour les poissons et les oursins.
- La concentration en chlorophylle est de 8,91 mg / g de matière fraîche dans plage la Caroube et 11,99 mg / g dans le Club de la mer.
- L'extraction de la chlorophylle montrent que le ratio *a/b* indicateur de tolérance est plus élevé dans la plage la caroube que dans le club de la mer avec respectivement 1,42 mg / g de matière fraîche et 1,36 mg / g de matière fraîche.

Ainsi, nous pouvons confirmer l'existence d'une grande quantité d'herbiers de posidonie dense avec 226,3 faisceau / m² dans la baie d'Annaba. Cet indicateur fondamental de l'état de santé du littoral nous permet également de considérer que le littoral d'Annaba reste à ce jour pas ou peu pollué.

Mot-clés: Eutrophisation, posidonie, méditerranée, pollution.

Summary:

Endemic in the Mediterranean, the posidonia is sufficiently present in bay of Annaba to make it possible to approach the study of the phenomenon of eutrophication.

Thus, we analyzed the morphology of the herbarium of posidonia *Posidonia oceanica* and analyzed its chlorophyl.

We studied this marin phanerogame in 2 beaches located at the west of bay of Annaba for their abundance in posidonie: the Caroube beach, protected from the winds and the Club de la mer which undergoes an important hydrodynamism.

We measured beforehand the temperature and salinity, important abiotic parameters in which *Posidonia oceanica* life and develop.

Our results show that:

- The annual average of the temperatures and salinities of water are stable since one decade with respectively 21°C and 37,3 ‰.

- The epiphytes which cover the sheets of posidonie, the lengths and the number of sheets are more numerous in the beach the Caroube than in the Club de la mer.

- The results of the phenologic compared study show that the length of the sheets in the gulf of Annaba is more important than that generally met in the Mediterranean sea it often reaches the 500 mm.

- The high number of sheets grazed in the 2 stations of study shows that the herbarium with *Posidonia oceanica*, constitutes a place of spawning ground and nurseries particularly for fish and the sea urchins.

- The chlorophyl concentration is 8,91 mg/g of fresh matter in beach the Caroube and 11,99 mg / g in the Club de la mer.

- The extraction of chlorophyl show that the indicating ratio a/b of tolerance is higher in the beach the Caroube than in the club de la mer with respectively 1,42 mg/g of fresh matter and 1,36 mg/g.

Thus, we can confirm the existence of a great dense quantity of posidonia with 226.3 beam / m² in bay of Annaba. This fundamental indicator of the health of the littoral also enables us to consider that the littoral of Annaba remains to date or little not polluted.

Key-word: Eutrophication, posidonia, the Mediterranean, pollution.

1. Introduction :

La Posidonie *Posidonia oceanica* «herbe de Poseidon, dieu de la mer» est une des rares plantes phanérogames avec racines et fleurs (fig.1), comme ces ancêtres terrestres dont elle est issue qui s'est adaptée à la vie aquatique (Boudouresque et *al.* ,(1994); Pergent-Martini, (1994). Elle est endémique de la méditerranée et forme d'immenses prairies sous marines appelées herbiers.



Figure 1 : Photographie montrant 2 vues d'herbiers superficiels à *Posidonia oceanica*.

La posidonie appartient au règne des Plantae selon Delile (1813) elle fait partie du:

Sous règne des Tracheobionta ou Plantes vasculaires.

Embranchement: des Magnoliophyta ou Spermaphytes angiospermes.

Classe: des Liliopsida ou Monocotylédones.

Sous classe : des Alismatidae.

Ordre: des Najadales.

Famille: des Posidoniaceae.

Genre: *Posidonia*

Espèce: *oceanica* (L.)

La Posidonie est formée de rhizomes sur lesquels poussent des racines et des touffes de feuilles en forme de rubans de 30 à 80 cm de long en moyenne et de 7 à 12 cm de largeur; ces feuilles sont regroupées à l'apex des rhizomes en faisceaux de 4 à 8 en moyenne (Panayotidis et Giraud, (1981) (figs. 2 et 3).

Les boutures de posidonies ne peuvent pas s'enraciner sur un substrat non préparé au préalable par d'autres végétaux, qu'il s'agisse de roche ou de sable (Duarte, (1991); le sédiment doit être huméfié; puis viennent s'y fixer des algues ou de petites phanérogames marines - parfois les 3 en même temps, accueillant une vaste population d'épiphytes (Engene, (1978), (1979); Panayotidis, (1980); assurant ainsi une intense activité photosynthétique (Baye, 1978).

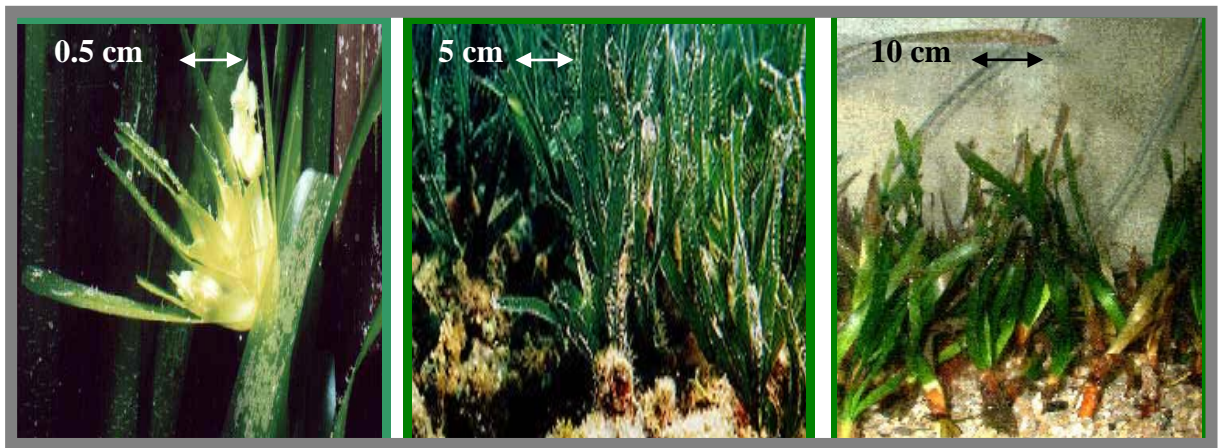


Figure 2: Photographies montrant la fleur et les rhizomes de *P. oceanica*.

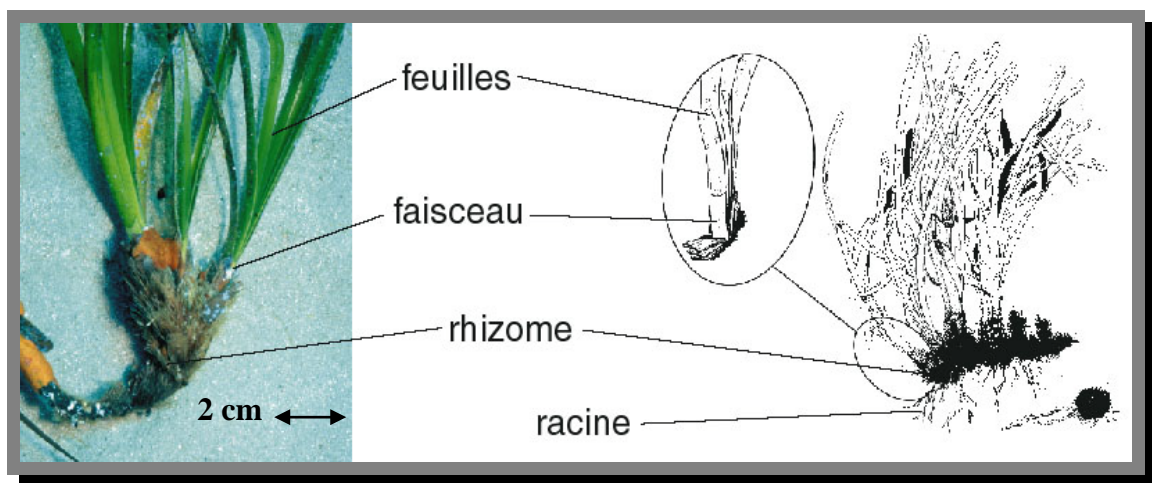


Figure 3: Morphologie de l'herbier à *P. oceanica* notez la disposition des feuilles par rapport aux faisceaux et aux rhizome.

La matte constitue ainsi une ou plusieurs couches de rhizomes, stolons, racines ou rhizoïdes enchevêtrés, qui maintiennent fortement le sédiment et édifient une sorte de sol capable de recevoir la posidonie en la maintenant fermement. Boutures où graines s'y ancrent et peuvent y développer leurs racines. La jeune posidonie s'étale et ses rhizomes se développent horizontalement ces derniers suivent la direction de la plage ils sont dits plagiotropes (fig. 4).



Figure 4: Photographie d'un rhizome plagiotrope de posidonie.

La croissance de la posidonie est très lente et tant que l'espace disponible n'a pas entièrement été colonisé, elle permet de coloniser des espaces restant (Boudouresque et Jeudi de Grissac, (1983); Boudouresque et *al.*, (1984); Caye, (1982), (1989).

L'extension linéaire de l'herbier lui permet d'augmenter sa superficie (Pergent, (1987)). Les rhizomes se développent verticalement ils sont alors perpendiculaire au fond ils sont dits orthotropes. Ce passage à la croissance verticale «rhizomes orthotropes» lorsque la densité des faisceaux de feuilles devient trop élevé; cela permet de lutter contre l'ensevelissement par le sédiment et contribue à l'évolution de l'herbier vers la surface (Meineisz et Laurent, (1978); Caye, (1980)). On peut comparer ce comportement à celui du chêne, si l'accumulation des sédiments est insuffisante pour compenser l'allongement des rhizomes verticaux, il y a déchaussement des rhizomes et donc destruction de l'herbier, lorsque l'équilibre croissance / sédimentation est établie l'herbier remonte très lentement à la surface.

Les feuilles de posidonie ralentissent les courants et piègent les sédiments et les feuilles mortes. Les particules sédimentaires en suspensions sont freinées par ces feuilles et sédimentent au pied des faisceaux (Boudouresque et Jeudi de Grissac, (1983); Cinnelli *et al.*, (1984); Gambi *et al.*, (1989)). Toute cette matière s'accumule et se compacte, les déjections et débris d'organismes comme les épibiontes, les rhizomes et les feuilles viennent s'y ajouter pour former ce que l'on appelle la matte (voir fig. 5) par ce processus, le fond s'élève au dessus du fond initial et peut monter de 1cm par an.

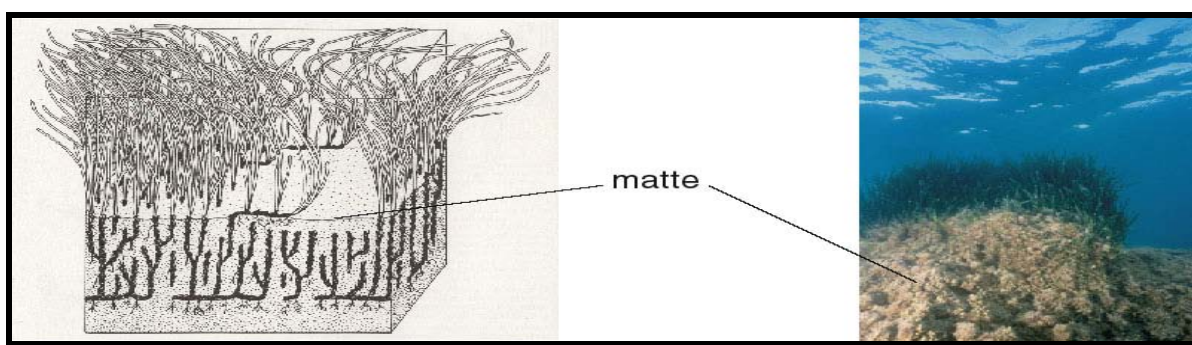


Figure 5: Schéma et photographie montrant un fond d'herbier de posidonie et sa matte.

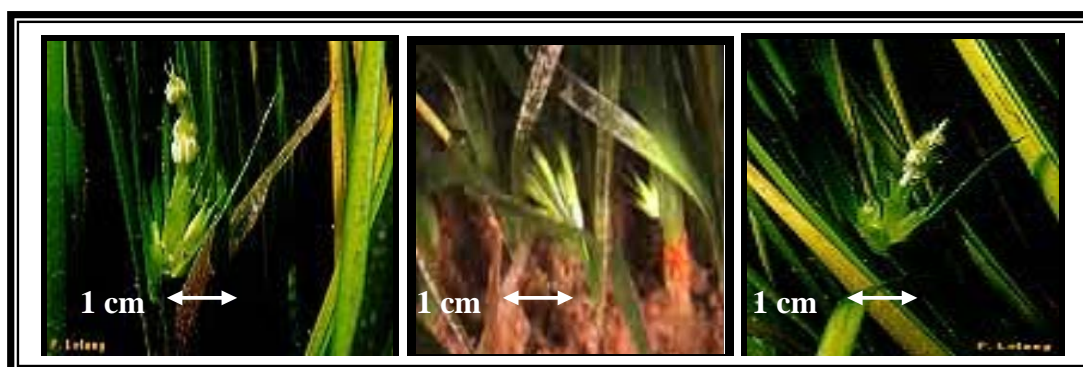


Figure 6: Photographie de fruits et de fleur de posidonie.

La floraison des posidonies est un phénomène très irrégulier qui ne se produit pas chaque année (fig. 6), à la différence des algues, elles fleurissent en automne et engendrent des fruits dans un milieu relativement froid, cette floraison a lieu moins d'une année sur 2 et seulement dans des secteurs localisés. Les fleurs hermaphrodites (de 4 à 10) sont de couleur verte, souvent cachées au cœur du réseau de feuilles rubanées de la plante (figs 2 et 6).

Les organes sexuels sont identiques à ceux des plantes terrestres on a les étamines pour les mâles et le pistil pour les femelles. Le pollen, filaments visqueux dérive au gré des courants et les ovaires sont adaptés à la capture de ce pollen à l'aide de denticulations. La posidonie se reproduit aussi par voie asexuée (végétative) c'est le bouturage naturel de ses fragments cassés et transportés lors des tempêtes qui finissent par s'enraciner à nouveau (Meineisz et Lefevre, (1984); Buia et Mazzella, (1991); Boudouresque et *al.*, (1994).

Les fruits appelés aussi olives de mer de couleur brun foncé à noire, mûrissent en 6 à 9 mois l'été entre mai et juillet, ils se détachent de la plante et commencent à dériver au gré des courants (Caye et Meineisz, (1984) (voir fig. 6). Au bout d'une quinzaine de jours l'enveloppe du fruit pourrit et se déchire, la graine tombe alors vers le fond.

Si le substrat et les conditions physico-chimiques sont convenables la germination commence et assure la dissémination de l'espèce (Boudouresque et *al.*, (1994). En automne, les feuilles de posidonie sont arrachées par la houle et les pelotes de mer (figs. 7 et 8) « aegagropyles » sont formées de morceaux de feuilles qui s'agglomèrent pour former des petites boules de quelques cm de diamètre, sont généralement rencontrées sur le sable des plages.

En hiver, les rhizomes donnent naissance à de nouvelles feuilles vertes qui vont pousser avec vigueur tout au long du printemps. Au fur et à mesure qu'elles se développent, de petits organismes s'y incrustent et c'est ainsi qu'à la fin de l'été, elles paraissent blanches et se couchent sous le poids de ces incrustations.



Figure 7 : Photographie montrant des pelotes de mer de posidonie.

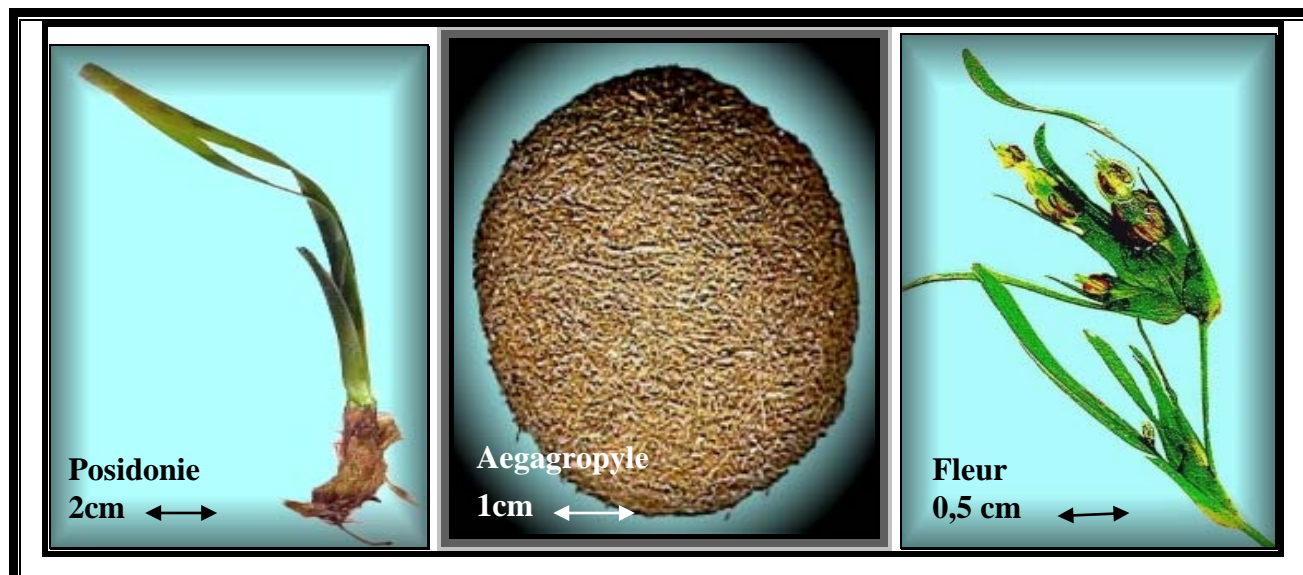


Figure 8: Photographies de posidonie, aegagropyle et sa fleur.

L'herbier de posidonie à une importance biologique, écologique et économique considérable, en assurant la production primaire. La matière végétale produite par cet herbier constitue la base de nombreuses chaînes trophiques, il constitue également un vaste écosystème hébergeant une communauté d'êtres vivants dont la production primaire ou la matière organique est l'une des plus fortes de la méditerranée où elle équivaut à 2 tonnes produites par 1 forêt tropicale ou encore 4 à 6 tonnes produites par un champ de céréales (Boudouresque et Meneisz, (1982); Semroud et *al.*, (1992).

Grâce aux pigments chlorophylliens des faisceaux foliaires et des algues épiphytes associées, la posidonie produit une quantité considérable d'O₂. Ainsi, l'herbier contribue à l'oxygénation de l'eau: 1 m² d'herbier soit 1 200 à 1 300 m de longueur de feuilles produit 10 à 14 l d' O₂ / 24 h, c'est le poumon de la mer. L'O₂ est transporté des feuilles vers les racines puis libéré des feuilles vers le sédiment.

L'azote moléculaire N₂ peut être métabolisé par les cyanobactéries de la phyllosphère, ce dernier peut être selon Bay, (1978), (1984); Augier et Cristiani, (1984); Frankignoulle et Distèche, (1984) transféré à la feuille. Les racines, les rhizomes et les écailles sont riches en composés antibiotiques et en acide phénolique ils sont très peu dégradés après leur mort. Ceci à pour conséquence de conserver très longtemps une importante épaisseur de mat (racine et rhizome). Ce phénomène est accentué par la durée de vie d'un rhizome soit 40 ans entre le moment où il naît et celui où il meurt (Buia et *al.*, (1992); Sanchez Lizaso, (1993).

La posidonie a besoin d'une température d'eau comprise entre 10 et 29°C, elle y est très tolérante, cependant elle craint la dessalure qui doit être supérieure à 37 ‰, la pollution, l'action

des vagues et surtout l'excès de nitrate. Il existe d'autres paramètres qui font varier les cycles biologiques de la posidonie (plus longs ou plus courts) comme l'ensoleillement, la turbidité de l'eau ou la température.

Les phanérogames marines sont parcourues par un aërium ou lacune, canal gazeux qui va de l'extrémité de la feuille à la racine. Toutes les cellules du tissu baignent dans un milieu gazeux équivalent aux poumons des mammifères et tous les échanges gazeux se font dans le milieu interne [1]. Dans la journée, le milieu gazeux est riche en O₂, lorsqu'il y a diffusion de l'excès de ce dernier, qui apparaît sur les feuilles et les racines sous forme de bulles. Sa libération par les racines, peut aller jusqu'à 70 cm de profondeur, permettant une importante oxygénation du sédiment.

Chez les phanérogames marines, les nutriments principalement azote et phosphate, très abondants dans les eaux, pénètrent par les feuilles, passent dans les rhizomes puis dans les racines et se retrouvent enfin dans les sédiments. Si le sédiment est plus riche en nutriment que l'eau, les nutriments vont des racines aux rhizomes puis aux feuilles à partir desquelles ils sont diffusés dans l'eau. .

L'herbier à posidonie offre des habitats variés à de nombreuses espèces animales et végétales pour lesquelles il constitue un abri, une frayère et une nurserie. L'herbier contient de la cellulose en grande quantité et seules quelques espèces peuvent s'en nourrir, cette phanérogame apporte une possibilité de vie à beaucoup d'espèce. Plus de 400 espèces différentes d'algues et plusieurs milliers d'espèces animales peuplent les herbiers de posidonies de notre littoral et en font l'un des milieux les plus riches de la méditerranée.

C'est un des plus vastes écosystèmes de la mare Nostrum. Terme d'une succession de peuplements évolutifs, l'herbier est l'expression d'un équilibre parfait entre la vie et les conditions de milieu non perturbées par les activités humaines.

Parmi les espèces qui vivent sur les feuilles de posidonie: on a les algues encroûtantes ou dressées épiphyte formant un feutrage qui abrite une microfaune variée. Invertébrés épibiontes; des bryozoaires et des hydrozoaires. Invertébrés sédentaires comme les gastropodes, astérides, et crustacés. Espèces qui nagent au milieu des feuilles: tel que les crustacés, méduses, céphalopodes, et poissons

Parmi les espèces qui vivent sur les rhizomes: on rencontre les algues sciaphiles, et les ascidies.

Parmi les espèces vivent dans les mattes endogées: comme les mollusques (Crustacés; Echinodermes; et vers polychètes).

En plus on rencontre des espèces vagiles, Nageant sous ou à proximité de la frondaison, on compte plus d'une centaine d'espèces qui vivent toute l'année ou à certaines périodes dans l'herbier

et qui constituent une ressource économique pour la pêche aux petits métiers selon (Khoury, (1984); Harmelie Vivien et Francour (1992).

On trouve également des poissons: comme les serranidés, Labridés, Syngnathiformes (hippocampes), Mullidés, (rouget), Sparidés: (sar commun), Mugillidés: (mulet), Scorpénidés, et dans les Céphalopodes : tel que seiche, poulpe, et pieuvre commune.

Des Bivalves et des Crustacés (Gambi et *al.*, (1995).

Dans un milieu aquatique, la chlorophylle est considérée comme étant un indicateur de la biomasse et de la productivité végétale et algale, lors de la mort de celle ci, accompagné de la dégradation de la chlorophylle qu'elle contient [4]. Toutefois, pendant un certain temps après la mort de la cellule, la chlorophylle peut être détectée, bien qu'il ne puisse plus y avoir de synthèse de matière organique. D'où la présence d'un indicateur en question.

La chlorophylle, du grec *chloros*, "vert pâle" et *phyllon*, "feuille" est un pigment coloré qui absorbe une partie du spectre lumineux. La *chlorophylle a* est ubiquitaire, les plantes et les algues vertes renferment de la *chlorophylle b*, les algues brunes et les diatomées de la *chlorophylle c* et certaines cyanobactéries, une *chlorophylle d* découverte en 1996 [2].

Les caroténoïdes servent d'antioxydants et protègent les chlorophylles des dégâts de l'oxygène. Ils interviennent également dans la transformation et le transfert de l'énergie jusqu'à ce qu'elle soit regroupée dans une molécule de sucre.

Les principaux constituants des chlorophylles sont des ions métalliques: le potassium, l'azote, le magnésium, le fer, le phosphore et le zinc souvent complexés avec des molécules organiques [3].

Les chlorophylles *a* et *b* sont aisément séparées et facilement caractérisées. La chlorophylle *a* constitue 0.5 à 2% du poids sec des algues [4], à de rares exceptions près, utilisées aussi dans la classification d'espèces algales. La chlorophylle est constituée d'un noyau tétrapyrollique avec un magnésium en son centre et estérifié avec un alcool à très longue chaîne en C20 «Chaîne d'hydrocarbures apolaires» qui présente quelques groupements hydrophiles [5] (fig. 9).

Dans la membrane des thylakoïdes, les chlorophylles sont associées à des protéines et forment des complexes protéines- pigments.

La chlorophylle *b* est légèrement plus polaire car elle présente une fonction aldéhyde à la place d'un groupement méthyle. Les doubles liaisons conjuguées du noyau tétrapyrollique donnent ses propriétés à la chlorophylle (figs. 9 et 10).

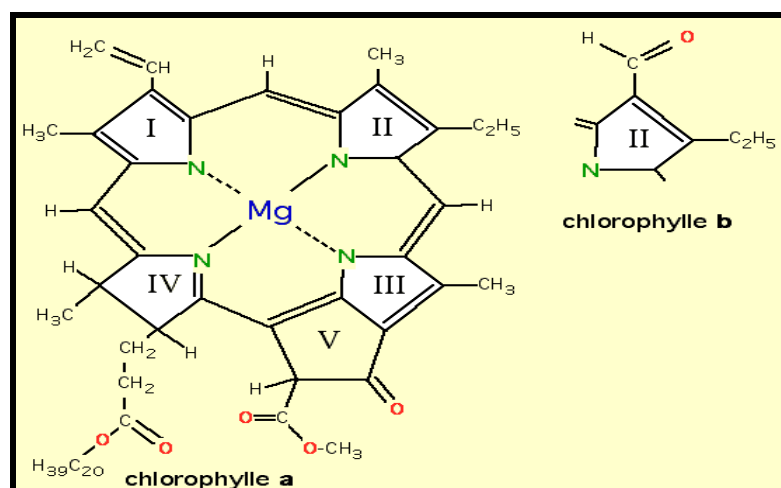


Figure 9: Formules des chlorophylles *a* et *b*. (Les 2 chlorophylles diffèrent par les substituants des groupements pyrroles. I, II, III, IV: groupements pyrroles. V: cycle supplémentaire).

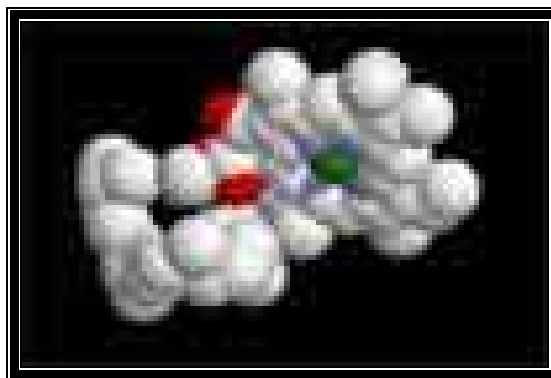


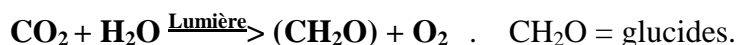
Figure 10: Représentation spatiale de la chlorophylle *a*. (L'ion métallique en vert est le Mg et celui qui est en rouge c'est N).

Les chlorophylles *a* et *b* absorbent dans les régions bleues (420 – 495 nm) et rouge (600-660nm). En solution dans l'acétone ou un autre solvant organique la chlorophylle *a* est bleu-vert et la chlorophylle *b* est jaune verte. Leur structure n'étant pas identique, leurs pics d'absorption ne coïncident pas exactement, ainsi, elles sont complémentaires dans l'absorption de la lumière incidente (Jupin H. et Lamant A., (1999)).

1.1. La photosynthèse :

La photosynthèse est un processus physiologique, appelé autrefois assimilation chlorophyllienne. Ce terme, vient du grec *phôtos*, "lumière", et *synthesis*, réunion/composition, date du début du XX^{ème} siècle. Mais la découverte du processus de photosynthèse, remonte au XVIII^{ème} siècle. C'est dans 1770 que le chimiste anglais Joseph Priestley montre qu'une plante peut restaurer l'air "vicié" par une bougie ou par un animal. Il a mis le doigt sur une composante clé de la photosynthèse, la libération d'oxygène - alors même que ce gaz n'est pas encore connu. Un ancien médecin à la cour d'Autriche, Jan Ingenhousz, découvre bientôt que cette purification nécessite de la lumière et met en jeu les parties vertes de la plante [6].

Il faudra encore quelques années pour réunir les pièces du puzzle chimique. En 1845, l'Allemand Julius Von Mayer met en évidence la facette énergétique du processus: ce dernier repose sur la conversion de l'énergie solaire en énergie chimique en utilisant l'anhydride carbonique (CO₂), l'eau et les minéraux, les premières molécules produites sont les Glucides (Anonyme, (1981). L'équation est la suivante : L'anhydride carbonique



Chaque année, à l'échelle du Globe, 200 milliards de tonnes de dioxyde de carbone soit plus de 10% du carbone atmosphérique sont ainsi transformés en biomasse (Farquhar *et al.*, (1998) signalant que la photosynthèse et gaz échangeables des feuilles de la plupart des végétaux chlorophylliens sont affectés par une perturbation de leur physiologie due aux conditions défavorables du milieu : salinité, froid, hautes températures, nutrition inadéquate.

Ainsi que la conduction stomatique et la carboxylation photosynthétique diminuent par unité de surface foliaire avec l'apparition du stress (Farquhar *et al.*, (1998), Gimnez *et al.*, (1992).

1.1.1. Les chloroplastes: Sont les organites dans lesquelles s'effectue la photosynthèse.

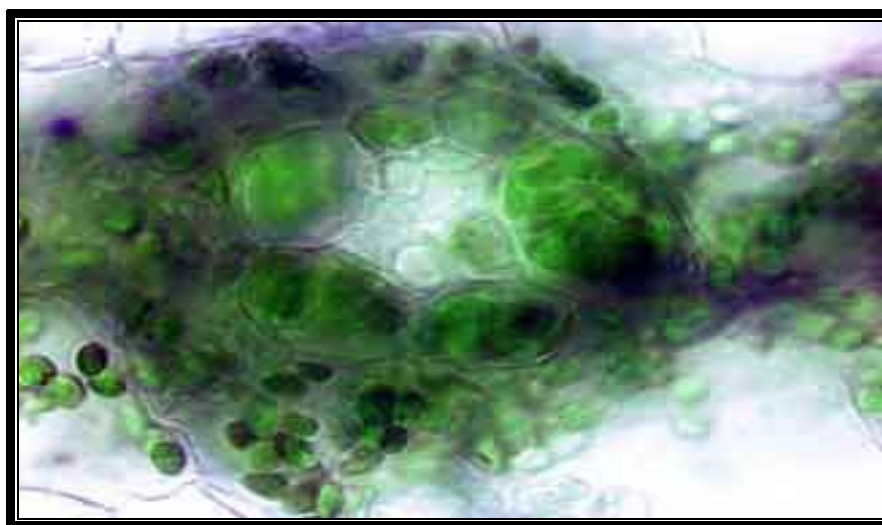


Figure 11: Photo microscopique de chloroplastes x10 000

L'herbier à posidonie assure une protection et un équilibre géologique des littoraux et plages en stabilisant les fonds meubles et en retenant le sédiment dans ses lacis de rhizomes. Ainsi l'herbier est capable d'amortir la force des houles et des courants en forment une barrière avec ces feuilles. Les herbiers jouent un rôle primordial sur la position et la stabilité des lignes de rivage (Jeudi de Grissac, (1984); Jeudi de Grissac et Boudoursque, (1985); Gambi *et al.*, (1989). Cette phanérogame marine protège également les fonds et rivages de l'érosion grâce à l'accumulation de banquettes formées par ses feuilles mortes sur les plages, à la fin de l'été et en automne suite à l'accélération du rythme de chute des feuilles. De plus, l'herbier constitue un puissant intégrateur de la qualité globale des eaux marines.

Très largement distribué sur tout le littoral méditerranéen, particulièrement sensible à la pollution et aux agressions liées aux activités humaines solidaires du fond, l'herbier rend compte par sa présence et sa vitalité, de la qualité des eaux qui dérivent au-dessus de lui. Il peut pousser entre la surface et 60 m de profondeur, mais ces limites dépendent de plusieurs facteurs, sa limite supérieure qui vers la côte est déterminée par l'hydrodynamisme. Cette limite est plus profonde dans les zones exposées à la houle et aux courants. Cependant, dans les zones abritées, la posidonie peut pousser jusqu'au bord. La limite inférieure qui va vers le large est déterminée par la quantité de lumière, plus les eaux sont claires, plus les posidonies poussent profondément [7].

La turbidité liée à la pollution de la mer fait régresser les herbiers, malgré les efforts faits en méditerranée pour une meilleure qualité des eaux marines, les aménagements littoraux détruisent par recouvrement les fonds qui leur sont propices.

Espèce protégée, dans les pays de la rive nord méditerranéenne essentielle au maintien des équilibres biologiques et à la conservation de biodiversité, *P. oceanica* est actuellement en danger surtout dans la rive sud d'autant plus que sa régénération est difficile et lente. A Annaba, elle est constamment exposée aux risques de pollution, aux engins de traîne ainsi qu'à la modification des courants marins causés par la construction qui aménage les bords de mer.

En tenant compte des échanges gazeux permanents s'exerçant à l'interface entre le milieu atmosphérique et le milieu aquatique, on conçoit bien, dès lors, l'importance du déficit d'oxygène pouvant résulter, dans le même secteur littoral, de la destruction de l'herbier de posidonies par les aménagements et la pollution.

Sur le littoral d'Annaba, l'herbier de posidonies présente une grande sensibilité aux perturbations artificielles. Il est fragile et vulnérable, son domaine, en bordure du littoral, est justement la zone de déversement des égouts urbains et industriels et des oueds (Seybousse et Mafragh) qui drainent les pollutions d'immenses bassins versants. C'est aussi cette frange littorale qui est sans cesse écorchée et labourée par des dizaines de milliers d'ancres et recouverte par des gravats et du béton. Depuis une quarantaine d'années les herbiers régressent et sont enfouis de façon inversible. Il a été estimé, par exemple, que la construction des ports sur la mer, des plages alvéolaires artificielles, des endigages, etc., dans les Alpes Maritimes, avait détruit 700 ha d'herbier, soit 13 % des surfaces disponibles [8].

En baie du Prado, à Marseille, par exemple la majeure partie de l'herbier de posidonie a été asphyxiée, intoxiquée et détruite par la pollution amenée par l'Huveaune qui était devenue au fil du temps, un véritable égout à ciel ouvert. Dans le golfe de Fos, avec la construction de l'Europort du Sud, l'herbier a complètement disparu. Dans les calanques, l'herbier a été détruit sur un rayon d'environ 2 Km à partir du point de rejet des eaux usées de l'agglomération marseillaise (Cortiou).

Il est profondément affecté entre le cap Croisette et le plateau des Chèvres [9]. A Sormiou, l'herbier souffre non seulement des arrivées sporadiques de polluants issus de la nappe polluante de Cortiou, mais également de l'arrachage et du labourage par les ancrs mal utilisées des bateaux. Depuis la mise en service d'une station d'épuration, la régression de l'herbier de posidonies dans les calanques paraît stoppée, mais sa régénération n'est pas encore évidente.

A partir de ce constat, il faut reconnaître qu'à Annaba, un effort important doit être fait en urgence pour réduire la pollution de la mer sur le littoral. Citons à ce sujet l'exemple du P.A.L. (Plan d'Assainissement du Littoral) dans la région marseillaise qui prévoyait de 1981 à 1991 une réduction de 80 à 90 % de la pollution en terme de matières en suspension et de matières organiques. Cet objectif a été atteint grâce à la construction des nombreuses stations d'épuration. Cet effort doit être poursuivi, notamment pour éliminer les produits toxiques tels que les détergents, les pesticides et les métaux lourds qui ne sont éliminés que partiellement par la plupart des stations d'épuration [9], [10].

A Annaba, le champ d'investigation dans la posidonie est suffisamment vaste pour nous permettre de grandes perspectives de recherches. C'est ainsi que ce travail fait partie d'un projet de recherche MERS agréé en 2005 sous le N°: 2301/01/05 qui s'intéresse à l'eutrophisation de la méditerranée à travers l'impact des pollutions urbaines et industrielles sur le littoral d'Annaba et de Skikda.

Dans cette étude qui a fait l'objet de 2 communications (Djebar et *al.*, (2003); Mammaeria et Djebar, (2005) et une publication soumise au journal science et technologie, nous nous sommes intéressées à la connaissance de l'herbier de Posidonie qui peuple quelques plages d'Annaba. Pour cela nous avons choisi 2 plages situées à l'ouest de la ville: la caroube et club de la mer.

Nous avons mesuré 2 paramètres abiotiques des plus influençant sur l'herbier de Posidonies: la température et la salinité. Ensuite, nous avons suivi la croissance des herbiers à travers l'analyse sur un cycle biologique de tous les paramètres phénologiques à savoir:

- La densité des faisceaux.
- Le nombre de feuilles par faisceau: feuilles globales, adultes, intermédiaires et juvéniles.
- La longueur et largeur des feuilles: globales, adultes, intermédiaires et juvéniles.
- La longueur des pétioles.
- Le coefficient A: des feuilles adultes, intermédiaires et juvéniles.
- L'indice foliaire (Leaf Area Index): feuilles globales, adultes, intermédiaires et juvéniles.
- La surface foliaire des feuilles globales, adultes, intermédiaires, et juvéniles.

Ensuite et pour apprécier l'état de santé des herbiers, nous avons quantifié les chlorophylles a , b , $a+b$, a/b sur un cycle biologique et abordé l'étude histologique de la posidonie.

2. Matériels et méthodes.

2. 1. Présentation de la région d'étude:

Le golfe d'Annaba se situe à l'extrême Nord Est de l'Algérie, entre le cap Rosa ($8^{\circ}15' E$ et $36^{\circ}58' N$) et le cap de garde ($7^{\circ}16' E$ et $36^{\circ}58' N$) (fig. 12). Les eaux de ce golfe reçoivent dans la zone Est les déversements des oueds Seybouse et Mafragh transportant des régions de Guelma, El Taref, et Annaba eaux terrigène, agricole, domestique et industrielle.

Le fond du plateau continental est débuté par du sable fin au voisinage du secteur Ouest, au large on rencontre de la vase terrigène molle mélangée à des sables et à des débris de coquilles.

Dans le golfe d'Annaba, les fonds sont en général meubles à sédiments vaseux et sablo-vaseux, avec par endroit un tapis très réduit d'herbier à posidonie installé sur des substrats rocheux en bordure des caps et sur substrats meubles tout le long de la côte.

Cette phanérogame marine montre actuellement des signes de dégradation surtout à l'ouest des 2 oueds probablement en raison de l'effet entre autres des polluants chimiques rejetés par les 2 complexes industriels d'El-Hadjar (complexe sidérurgique) et ASMIDAL (complexe d'engrais phosphatés).

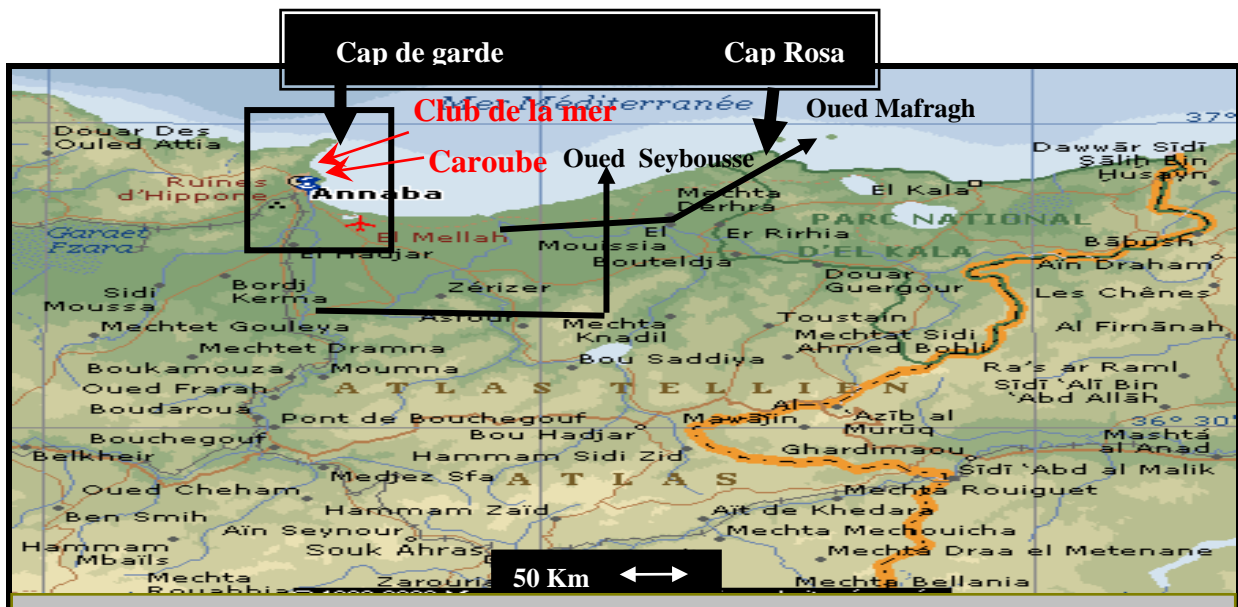


Figure 12: Carte représentant le golfe d'Annaba et les 2 sites de posidonies dans les plages de: La caroube et le club de la mer. Noter la présence des oueds Seybouse et Mafragh à l'Est des stations retenues (Encarta 2005 modifiée).

2.1.1. Choix et localisation des stations:

Nous avons choisi 2 stations dans le secteur Ouest du golfe d'Annaba, elles ont été retenues pour leur abondance en posidonie. Les 2 sites sont soumis à une pollution directe par les rejets d'agglomérations, la turbidité des eaux et par le faible hydrodynamisme qui caractérise cette zone.

2.1.1.1. La caroube (station A):

Cette station (fig. 13) se situe au centre ouest de la baie d'Annaba au niveau de l'étage infra littoral accessible en plongée sous-marine, les photographies prises sur les 2 sites montrent que l'herbier prolifère sur un substrat rocheux et meuble. Les herbiers de cette région sont influencés d'une part par les rejets des eaux usées des agglomérations et d'autre part par les barques à moteur qui ont pris cette plage pour port. L'herbier s'étend sur environ 2 hectares et ses rhizomes sont en grande majorité plagiotropes.



Figure 13: Photographie de la station (A) plage de baignade: La caroube. Noter la présence d'habitations et d'embarcations artisanales tout le long de la plage ainsi que l'étendue de l'herbier (changement de couleur de l'eau) délimité en rouge.

2.1.1.2. Le Club de la mer (station B) :

Cette plage (fig. 14) se trouve de la baie d'Annaba à l'ouest de la station la caroube. Vu la présence de 2 complexes touristiques, l'herbier de cette plage, sont moins important que celui de la 1^{ère}, (1 hectare) ils prolifère sur un substrat rocheux.

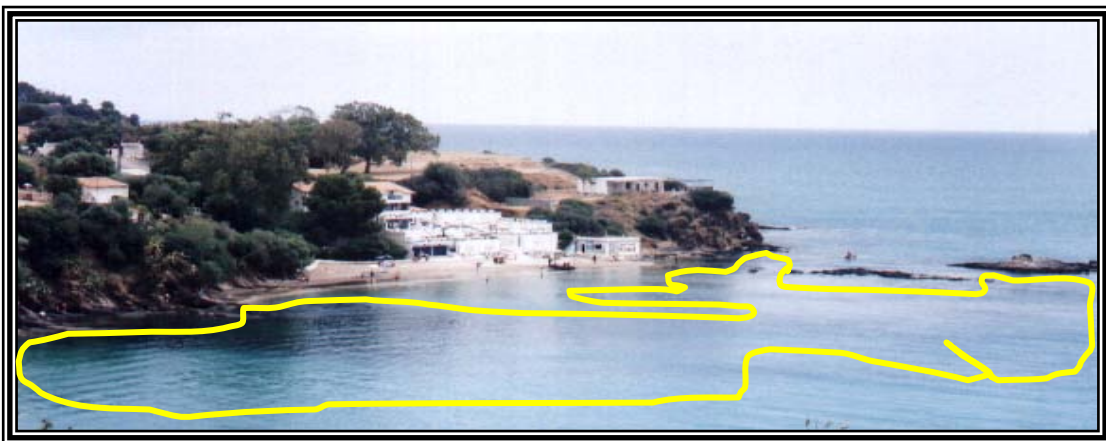


Figure 14: Photographie de la station Club de la mer montrant l'étendue de l'herbier de posidonie (changement de couleur de l'eau délimité en jaune) noter la présence des complexes touristiques.

2.2. Méthodes d'analyse des paramètres physico-chimiques:

Nous avons utilisé lors de nos sorties, un multi paramètre de terrain «Consort C 535» qui nous a permis de mesurer, la température et la salinité (voir annexe 1).

Chaque plage a été découpée en plusieurs stations à partir desquelles, nous avons prélevé des échantillons d'1/2 litre d'eau de mer à une profondeur moyenne de 1m depuis Octobre 2004 jusqu'à Août 2005 (automne, hiver, printemps et été 2005).

2.3. Densité de l'herbier de posidonie:

2.3.1. Méthodologie de mesure:

La densité correspond au nombre de faisceaux de *P. oceanica* par unité de surface (m^2). Elle est déterminée par comptage *in situ*, à l'intérieur d'un quadra de 40 cm de coté (Boudouresque et *al.*, (1980). Les mesures sont effectuées au hasard à l'intérieur de l'herbier homogène selon la méthode de (Panayotidis, (1980).

Du fait de la structure agrégative des herbiers (répartition en taches), Panayotidis et *al.*, (1981), préconisent, dans l'évaluation de la densité moyenne, la réalisation des répliquats. Aussi, 10 répliquats sont effectués dans chaque station (voir annexe 2).

Les faisceaux foliaires en division sont comptabilisés comme séparés (Giraud, (1977b). Chaque valeur de densité est ramenée au m^2 ; la densité moyenne est ainsi estimée. En fonction de la densité moyenne, représenté dans le (Tableau 1), le type d'herbier est défini selon la classification proposée par (Giraud, (1977b).

Tableau 1: Classification de *P. oceanica* en fonction de la densité des faisceaux selon Giraud, (1977b).

Types	Densité (Nb de fsc. / m^2)	Nature d'herbier
Type I	700 faisceaux / m^2 et au dessus	Herbiers très denses
Type II	300 à 399 faisceaux / m^2	Herbiers denses
Type III	150 à 299 faisceaux / m^2	Herbiers clairsemés
Type IV	50 à 149 faisceaux / m^2	Herbiers très clairsemés
Type V	400 à 699 faisceaux / m^2	Semi Herbiers
Type VI	Moins de 50 faisceaux / m^2	Faisceaux isolés

2.4. Analyse phénologique:

Les caractéristiques morphologiques et l'âge des feuilles différent selon la position de la feuille dans le faisceau. Au sein de chaque faisceau, les feuilles se forment au centre et sont d'autant plus âgées qu'elles sont situées vers la périphérie. Ces dernières acquièrent un pétiole lorsque leur allongement est presque terminé (Giraud, (1977a).

Pour l'étude phénologique, nous avons exploité la méthode de Caye (1980) seul les faisceaux orthotropes sont pris en compte. En effet, *P. oceanica* peut présenter au cours de son développement 2 types de croissances: une croissance verticale ou orthotrope et une croissance horizontale ou plagiotrope. Ce dimorphisme lié au mode de croissance présente une diversité de fonction des rhizomes. Les axes plagiotropes assurent la multiplication végétative et les axes orthotropes sont responsables du maintien en place et de la multiplication sexuelle.

Du fait de cette diversité de fonction, les rhizomes plagiotropes et orthotropes ne présentent pas un rythme de développement similaire (nombre de feuilles produites, vitesse de croissance), et ne peuvent donc être directement comparés. La phénologie des faisceaux: nombre de feuilles et biométrie foliaire est étudiée selon la méthode de Giraud (1977a).

2.4.1. Echantillonnage:

Les paramètres phénologiques fluctuent en fonction des saisons, aussi les prélèvements sont effectués, pour les 2 stations, à la même période pour pouvoir être comparés dans chaque station «Caroube» et «Club de la mer». Vingt faisceaux sont prélevés en plongée 1 fois par saison pour chaque station. Les rhizomes sont orthotropes et comme le prédit Pergent (1987) ils sont distants de 0,5 à 1 m les uns des autres pour éviter de récolter des individus rattachés à un même rhizome plagiotrope encore vivant.

Ces critères phénologiques peuvent apparaître comme de bons indicateurs de la vitalité de *P. oceanica* et par là même, de la qualité moyenne du milieu où elle se développe.

2.4.2. Analyse biométrique:

Les faisceaux sont décortiqués feuille par feuille en respectant l'ordre distique de leur insertion. En fonction de la maturité des feuilles, celles-ci sont classées en 3 catégories comme le préconise Giraud, (1977a):

- Les feuilles adultes, de plus de 50 mm de long et pourvues d'un pétiole.
- Les feuilles intermédiaires, de plus de 50 mm de long dépourvues de pétiole.
- Les feuilles juvéniles, de longueur inférieure ou égale à 50 mm et dépourvues de pétiole.

Les mesures pour chaque faisceau sont réalisées et consignées dans des tableaux (voir annexe 3):

- Longueur totale de la feuille (L.O).
- Longueur du pétiole (L.P).
- Largeur du limbe (L.A).

Lorsque les mesures portant sur l'ensemble des faisceaux sont terminées les différents paramètres relatifs à la phénologie sont calculés, à savoir:

- Le nombre moyen de feuilles adultes, intermédiaires et juvéniles par faisceau.
- La longueur moyenne des feuilles adultes, intermédiaires et juvéniles.
- La largeur moyenne des feuilles adultes, intermédiaires et juvéniles.

- La longueur moyenne des pétioles.

Le coefficient A a été calculé selon Giraud (1977a), il correspond au pourcentage de feuilles ayant perdues leur apex. En effet, l'extrémité des feuilles ou apex peut être entière ou brisée, ce qui correspond soit à une consommation par les herbivores (Nedelec, (1982); Velimirov, (1984); Zupo et Fresi, (1984), soit à l'action de l'hydrodynamisme favorisée par la présence des épiphytes (Eugene, (1978); Mazzella et *al.*, (1981); Wittmann et *al.*, (1981); Mazzella et *al.*, (1991).

L'état des apex, paramètre purement descriptif, permet d'apprécier, pour un site donné, le taux de bouturage et par conséquent l'importance des populations herbivores.

Pour faciliter l'identification des feuilles entières nous les avons représenté (voir annexe 3) sur un fond de couleur grise.

La surface foliaire moyenne (SF) exprimée en cm²/ faisceau (Drew et Jupp, (1976) est calculée à partir de l'équation suivante pour chaque catégorie de feuilles:

- SF moyen des feuilles Adultes = $(\sum \text{long. FA} \times \sum \text{larg. FA}) \text{ par faisceau} / \text{nr. de faisceaux}$.
- SF moyen des feuilles Intermédiaires = $\sum (\text{long. FI} \times \sum \text{larg. FI}) \text{ par faisceau} / \text{nr. de faisceaux}$.
- SF moyen des feuilles Totales = $\sum \text{long. (FA+FI)} \times \sum \text{larg. (FA+FI)} \text{ par faisceau} / \text{nr. de faisceaux}$. Connaissant la densité, l'indice foliaire est calculé en m² / m², en multipliant la surface foliaire par la densité.

2.4.2.1. Méthode de calcul:

Le calcul des paramètres biométriques et indices phénologiques est effectué comme suit :

1. Regrouper les données obtenues sur 20 rhizomes pour intégrer la variabilité liée à la plante.
2. Calculer les paramètres biométriques moyens pour chaque catégorie de feuilles: nombre de feuilles, longueur et largeur totales de la feuille et longueur des pétioles.
3. Calculer les indices phénologiques moyens pour les feuilles adultes, intermédiaires, juvéniles et globales (adultes + intermédiaires) : Leaf Area Index et coefficient A.

2.5. La chlorophylle:

La quantification des pigments chlorophylliens se fait par plusieurs méthodes, dont la plus ancienne est celle de MC-Kinney-Arnon (*in* Arnon, (1949) qui extrait les chlorophylles après macération du végétal dans le solvant acétone à 80%. D'autres techniques plus rapides telle que la méthode de Hiscox et Israelsiam (1978), qui remplace l'acétone par le dimethyl sulfoxyde (D.M.S.O) et réalise l'extraction sans macération des feuilles [8].

Principe de séparation: Mise en solution des pigments dans différents solvants.

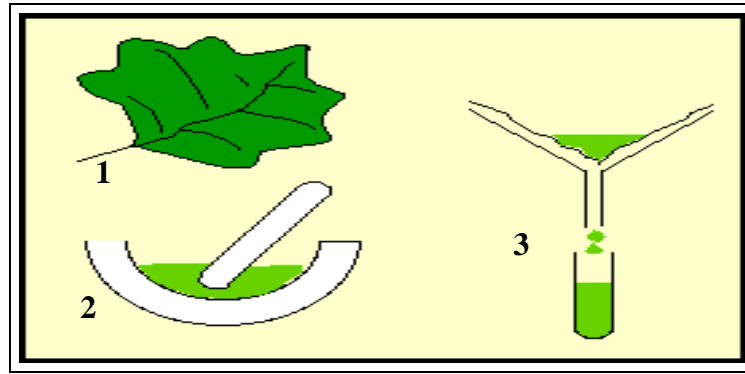


Figure 15: Schéma montrant les 3 étapes de la macération des feuilles dans le solvant organique.

2.5.1. Techniques de dosage de la chlorophylle:

La posidonie utilisée est celle qui a été récoltée pour l'étude phénologique et histologique. Nous avons préféré extraire la chlorophylle sans la mettre en présence de polluants, vue que les 2 stations d'étude sont considérées comme polluées. Cette extraction est faite sur 10 échantillons pour chacune des 2 plages: la caroube et la club de la mer.

2.5.1.1. Matériels: Spectrophotomètre, cuve pour spectrophotomètre, balance, mortier, éprouvette graduée, pipette graduée 5ml, entonnoir, boîtes noires, papier filtrant et feuilles fraîches de posidonie.

2.5.1.2. Réactifs: Acétone à 80% et quelques mg de bicarbonate de sodium et de l'eau distillée.

2.5.1.3. Mode opératoire: L'extraction de la chlorophylle des tissus foliaire a été exécutée selon la méthode de Mc Kinney Arnon (*in* Arnon, 1949).

Des échantillons de 1g (1/3 médian de feuille) sont prélevés sur les feuilles de Posidonie à raison de 10 répartitions; pour chaque variété, on ajoute 25 ml d'acétone à 80% et quelques mg de bicarbonate de sodium. Le tout broyé dans un mortier jusqu'à dissolution totale du végétal. La solution obtenue est filtrée dans des boîtes noires pour éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière.

Les densités optiques des échantillons biologiques sont ensuite déterminées à l'aide d'un spectrophotomètre à 2 longueurs d'onde (645 et 663 nm).

Le zéro de l'appareil est réglé à l'aide d'un blanc qui n'est autre que le solvant (acétone 80%). la teneur en chlorophylle est alors calculée par la formule relative au solvant, établie par Arnon (1949) :

$$Ch a = 12,7 \times DO.663 - 2,96 \times DO.645.$$

$$Ch b = 22,5 \times DO.645 - 4,68 \times DO.663.$$

$$Ch a + Ch b = 8,02 \times DO.663 + 20,20 \times DO.645.$$

DO: densité optique (Valeur donnée par le spectrophotomètre aux longueurs d'ondes 645nm pour *Ch a* et 663 nm pour *Ch b*).

2.6. Traitements statistiques utilisés :

2.6.1. Analyse statistique uni variée:

2.6.1.1. Les statistiques de base: (Minitab, 10147 p).

La moyenne (\bar{x}) ; L'écart type (δ) ; Les valeurs maximales (x_{\max}) ; Les valeurs minimales (x_{\min}).

2.6.2. : Test (t) de Student:

L'étude comparative entre les 2 posidonies pour chacun des 2 sites d'études a été effectuée grâce au test (t) de Student pour des échantillons indépendants selon Dagnellie, (1973).

Le test en question consiste à calculer, une quantité appelée *tobs* tout en la comparant avec une valeur théorique appelée $t_{1-\alpha/2}$ qu'on trouve à partir des tables statistiques de Student. Selon ce même auteur, si la valeur de *tobs* est supérieure ou égale à la valeur $t_{1-\alpha/2}$ des différences significatives se révèlent entre les 2 sites pour la variable en question de la posidonie étudiée.

Inversement, si *tobs* est strictement inférieure à $t_{1-\alpha/2}$ on conclue l'absence de différences significatives entre les Posidonies des 2 sites.

Ainsi nous pouvons étudier d'une autre façon la signification et la comparer avec la valeur de la probabilité p tout en mettant l'existence des différences significatives avec leur niveau de signification. A cet effet, nous considérons les 4 situations suivantes:

- Si $P > 0,05 \Rightarrow$ Il n'existe pas de différences significatives entre les 2 sites pour le même paramètre du même herbier.
- Si $P \leq 0,05 \Rightarrow$ Des différences significatives apparaissent entre les 2 sites (*).
- Si $P \leq 0,005 \Rightarrow$ On constate des différences hautement significatives entre les 2 sites (**).
- Si $P \leq 0,001 \Rightarrow$ On signale des différences très hautement significatives entre les 2 sites (***)

2.7. L'histologie:

2.7.1. Matériels:

Microscope optique, lames porte-objet, lamelles couvre-objet, lames de rasoir, boîtes de Pétri, pince fine, bouchons de liège, feuilles, écailles, rhizomes et épiphyte de posidonie.

2.7.2. Réactifs:

Eau distillée, eau de Javel, acide acétique, vert d'iode et bleu de Toluidine.

2.7.3. Mode opératoire : 2 méthodes histologiques ont été exploitées:

Sans coloration:

L'étude histologique de *p. oceanica*. a été faite suivant la méthode de Gorenflot (1980) en réalisant des coupes transversales fines dans l'organe à étudier (feuilles, écailles) en utilisant une lame de rasoir neuve. Les échantillons sont alors placés entre lame et lamelle et observés au microscope avec une goutte d'eau distillée.

Double coloration des parois ou coloration vitale: l'étude histologique de *p. oceanica*. a été réalisée selon les étapes suivantes :

Réalisation de coupes transversales fines dans l'organe à étudier (rhizome), en utilisant une lame de rasoir neuve.

Coloration des parois : les coupes sont immergées dans les réactifs suivants:

- l'eau de Javel pendant 15 min pour vider les cellules de leur contenu cytoplasmique; il ne reste que les parois squelettiques.
- l'acide acétique pendant 10 min pour neutraliser l'excès d'eau de Javel.
- Le vert d'iode pendant 10 min pour colorer les parois lignifiées ou subérifiées en vert.
- Le rouge congo pendant 10 min pour colorer les parois cellulosesiques en rose.

Il est important de rincer abondamment les coupes à l'eau distillée avant chacune des étapes de coloration. Les échantillons sont enfin placés entre lame et lamelle pour l'observation microscopique photonique « Motic » et la prise des photographies.

3. Résultats et interprétations :

3.1. Résultats des paramètres physico - chimiques:

3.1.1. Concernant les températures: Les relevés mensuels des températures instantanées, accomplis entre septembre 2004 et mai 2005 (voir les moyennes en annexe1), montrent que les variations saisonnières des températures sont similaires dans les eaux des 2 stations distantes l'une de l'autre de 5 km on a:

- en automne 16°C en moyenne pour les 2 stations.
- en hiver : 19°C pour le club de la mer et 18°C dans la caroube.
- au printemps de 24°C pour le club et 23°C pour la caroube.
- en été 26°C est enregistrée au niveau des 2 stations (fig. 16).

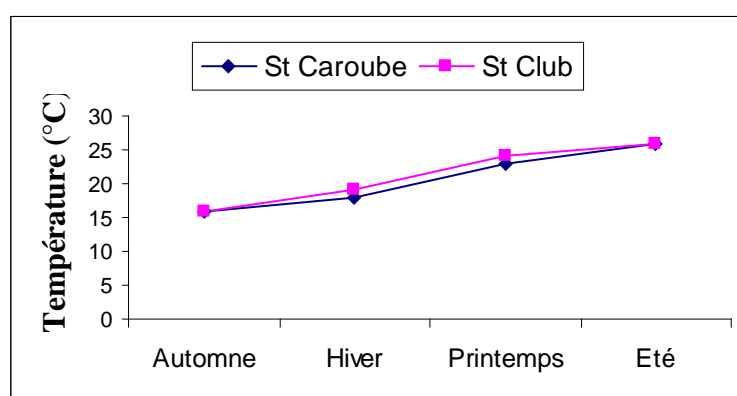


Figure 16 : Courbe cumulative montrant les variations saisonnières des températures moyennes dans les 2 stations étudiées entre septembre 2004 et mai 2005.

3.1.2. Concernant les salinités: Les mesures de salinité des eaux dans les 2 stations d'étude, achevées entre septembre 2004 et mai 2005 (voir les moyennes en annexe1), montrent que les variations saisonnières présentent de faibles fluctuations (fig. 17) avec:

- en automne 36,39 ‰ pour la caroube et 36,91‰ en moyenne pour le club.
- en hiver: 37,29 ‰ pour le club de la mer et 37,09 ‰ dans la caroube.
- au printemps de 37,79 ‰ pour le club et 37,66 ‰ pour la caroube.
- en été 37,82 ‰ pour la caroube et 38 ‰ en moyenne pour le club.

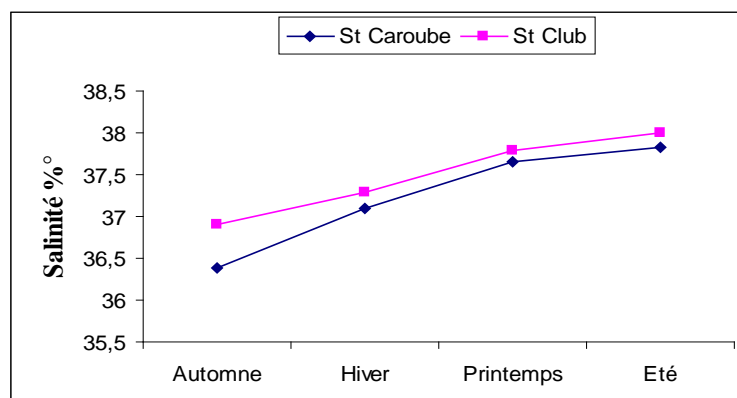


Figure 17: Courbe cumulative des salinités (‰) des eaux dans les 2 stations étudiées entre septembre 2004 et mai 2005.

3.2. Densité des faisceaux:

La densité moyenne des faisceaux, ou nombre moyen de rhizomes par m², est estimée à partir de 10 comptages effectués *in situ* dans les herbiers recouvrant les fonds entre - 0.5 m et -2m (voir annexe 2). Les densités obtenues sont de 255,1 ± 34,93 faisceaux /m² à la caroube: St (A) et 197,4 ± 14,87 faisceaux /m² à la St (B) (tab. 2).

Tableau 2: Représentation de la densité moyenne des faisceaux de *P. oceanica* par m² (automne 2004).

Densité (faisceau /m ²)	St (A) caroube	St (B) club de la mer
	255,1 ± 34,93	197,4 ± 14,87

Selon la classification de Giraud (1977b), les densités moyennes estimées dans les 2 stations correspondent à un herbier très clairsemé de type IV.

Les valeurs de densité obtenues restent assez comparables à celles observées dans d'autres sites de la méditerranée représentés dans le tableau 3.

Tableau 3: Densité moyenne des herbiers à *P. oceanica*; valeurs relevées dans la littérature pour différentes localités et profondeurs:

Localité	Prof. (m)	Densité (faisceaux / m ²)	Type	Référence
Golfe d'Annaba (Club de la mer, Caroube)	-2	255,1 198	IV	Mammeria, (2005)
Golfe d'Annaba (Amphore, Belvédère)	-5	235,6 256	IV IV	Bouhayene, (2002)
Anse de Kouali (Algérie)	-2	640	II	Boumaza, (1995)
Cote bleue (France)	-3	811	I	Cristiani, (1980)
Port de Galéria (Corse)	-2	800	I	Giraud, (1977b)
Banlyus - sur - Mer (Pyrénées-Orientales, France)	-2	1163	I	Pergent et Pergent- Martini, (1988)
Urla-Iskele (Turquie)	-2	510	III	
Port-Cros (Var, France)	-2	645	II	
Tamentfoust (Algérie)	-2	476	III	Semroud, (1993)
La Marsa (Algérie)	-2	275	IV	

Le substrat n'est pas le seul facteur déterminant de la densité de l'herbier qui peut diminuer également sous l'effet de la pollution.

3.3. Evolution saisonnière des paramètres phénologiques:

3.3.1. Nombre de feuilles par faisceau:

3.3.1.1. Nombre de feuilles globales F.A.I. : (adultes et intermédiaires) par faisceau.

Dans chaque station, le nombre moyen de feuilles adultes et intermédiaires par faisceau F.A.I. présente des variations saisonnières et le test (t) de Student, montre des différences significatives en automne et au printemps entre les 2 stations.

Pour l'hiver et l'été ce nombre est maximal et ne présente pas de différence significative entre les 2 stations alors qu'en automne et au printemps il est minimal (tab. 4 et fig. 18). L'analyse des résultats en fonction des saisons montre:

Pour la plage la caroube:

- en automne en moyenne 5 feuilles / faisceau.
- en hiver 5,4 feuilles / faisceau en moyenne.
- au printemps 5,1 feuilles / faisceau.
- en été 6,05 feuilles / faisceau.

Pour la plage club de la mer la moyenne du nombre de F.A.I. est moins importants avec:

- en automne 4,25 feuilles / faisceau.
- en hiver 4,9 feuilles / faisceau en moyenne.
- au printemps 4,4 feuilles / faisceau.
- en été 5,55 feuilles / faisceau.

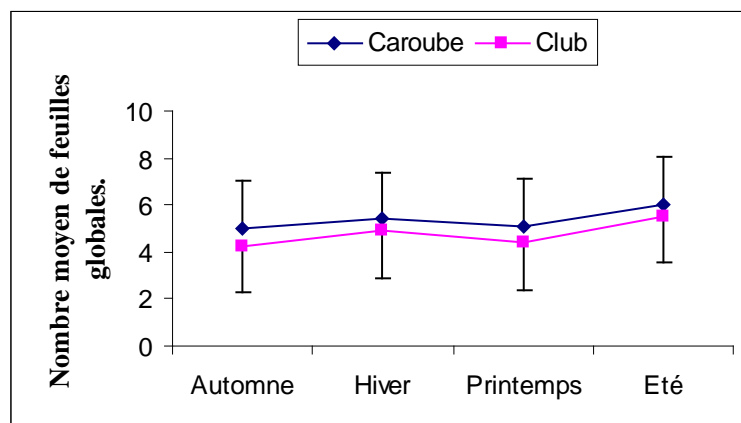


Figure 18: Fluctuation saisonnière du nombre moyen des F.A.I. par faisceau.

Pour mieux exprimer les fluctuations des différents types de feuilles (adultes, intermédiaires et juvéniles), nous avons établi un tableau des moyennes et écart types pour chaque cas et par station d'étude (tab. 4).

Tableau 4: Représentation des nombres moyens de feuilles par faisceau, par type de feuilles et par saison.

Nous avons calculé ces valeurs à partir de moyennes mensuelles de nombre de feuilles, nous avons retenu la valeur maximale (max) et la valeur minimale (min) pour établir les écarts type pour chaque saison.

Type de feuilles	Sta.	Nombre moyen de F.A.I.				
		min.	saison	max.	saison	moyenne
Adulte	St.A	2,0 ± 0,725	Printemps	3,4 ± 0,821	Hiver	3,26 ± 0,39
	St.B	1,7 ± 0,47	Printemps	2,95 ± 0,605	Hiver	2,87 ± 0,38
Intermédiaire	St.A	1,95 ± 0,887	Automne	3,5 ± 0,761	Ete	2,18 ± 0,49
	St.B	1,75 ± 0,444	Automne	3,2 ± 0,410	Ete	1,91 ± 0,53
Juvénile	St.A	1,2 ± 0,523	Printemps	1,9 ± 0,95	Automne	1,39 ± 0,26
	St.B	1,1 ± 0,447	Hiver	1,45 ± 0,605	Automne	1,18 ± 0,15
Globale	St.A	5,00 ± 1,34	Automne	6,05 ± 1,15	Été	2,75 ± 0,37
	St.B	4,25 ± 0,55	Automne	5,55 ± 0,686	Été	2,74 ± 0,45

Les variations du nombre de F.A.I. par faisceau en fonction de la zone d'échantillonnage seraient dues aux variations des facteurs du milieu comme la lumière, l'hydrodynamisme et les éléments nutritifs qui influent sur le rythme de formation des feuilles. Pour mieux apprécier nos résultats phénologiques et pour donner une image sur le degré d'eutrophisation de l'herbier de posidonie dans le golfe d'Annaba par rapport à la méditerranée nous les avons comparés dans le tableau 5 avec ceux obtenus par d'autres auteurs.

Tableau 5: Nombre moyen de F.A.I. par faisceau de *P. oceanica*. Valeurs extrêmes (Maximum: M; Minimum: m) pour différentes localités et profondeurs.

Localité	Prof. (m)	Densité de feuilles	Référence
Golfe d'Annaba (Club de la mer, Caroube) Algérie	-2	5,00 (automne) m 6,05 (été) M 4,25 (automne) m 5,55 (été) M	Mammeria, (2005)
Golfe d'Annaba (Amphore, Belvédère) Algérie	-5	3,67 (mai) m 3,90 (juin) M 3,52 (mai) M 2,72 (juin) m	Bouhayene, (2002)
Calvi (Corse, France)	-4	5,30 (novembre) M 4,10 (septembre) m	Bay, (1984)
Mondello (Sicile, Italie)	-2.5	6,80 (octobre) M 4,60 (juin) m	Frada'Orestano et al., (1993)
Banlyus-sur-Mer (Pyrénées-Orientales, France)	-2	5,90 (mars) 4,60 (juin) m	Pergent, (1987)
Port-Cros (Var, France)	-2	7,30 (décembre) M 5,60 (août) m	
Tamentfoust (Algérie)	-2	6,40 (avril) M 5,00 (octobre) m	Semroud, (1993)

Etude statistique:**FAI (Caroube)- FAI_1(Club)****Test t pour 2 échantillons indépendants : Nbr FAI; Nbr FAI_1 (Automne)**

	N	Moyenne	Ecart-type
Nbr FAI	20	5,00	1,34
Nbr FAI_	20	4,250	0,550

$T = 2,32$; $P = 0,026$; $DDL = 38$: $P \leq 0,05 \Rightarrow$ il existe des différences significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : Nbr FAI; Nbr FAI_1 (Hiver)

	N	Moyenne	Ecart-type
Nbr FAI	20	5,400	0,995
Nbr FAI_	20	4,900	0,788

$T = 1,76$; $P = 0,086$; $DDL = 38$: $P > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : Nbr FAI; Nbr FAI_1 (Printemps)

	N	Moyenne	Ecart-type
Nbr FAI	20	5,10	1,12
Nbr FAI_	20	4,400	0,681

$T = 2,39$; $P = 0,022$; $DDL = 38$: $P \leq 0,05 \Rightarrow$ il existe des différences significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : Nbr FAI; Nbr FAI_1 (Eté)

	N	Moyenne	Ecart-type
Nbr FAI	20	6,05	1,15
Nbr FAI_	20	5,550	0,686

$T = 1,67$; $P = 0,102$; $DDL = 38$: $P > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

3.3.1.2. Nombre des feuilles adultes par faisceaux F.A.:

Le nombre moyen de feuilles adultes par faisceaux F.A. par faisceau présente des différences hautement significatives en automne, significatives en hiver entre les 2 stations d'études et pas de différences significatives au printemps et en été.

Le schéma évolutif présente une allure presque identique à celui du nombre moyen des F.A.I., avec des maxima en hiver dans les 2 stations et des minima au printemps (fig. 19 et tab. 4). En effet, l'analyse des résultats en fonction des saisons montre:

Pour la plage la caroube:

- en automne en moyenne 3,3 feuilles / faisceau.
- en hiver 3,4 feuilles / faisceau en moyenne.
- au printemps 2 feuilles / faisceau.
- en été 2,55 feuilles / faisceau.

Pour la plage club de la mer la moyenne du nombre est moins importantes avec:

- en automne 2,5 feuilles / faisceau.
- en hiver 2,95 feuilles / faisceau en moyenne.
- au printemps 1,7 feuilles / faisceau.
- en été 2,35 feuilles / faisceau.

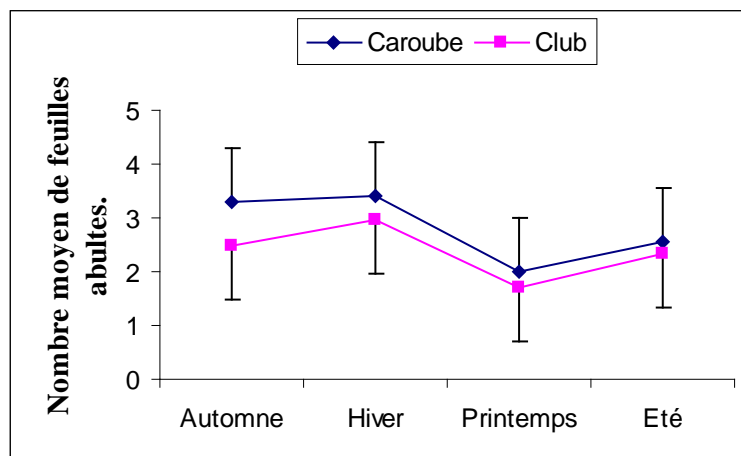


Figure 19: Fluctuation saisonnière du nombre des F.A. par faisceau.

Etude statistique:**FA (Caroube)- FA_1(Club)****Test t pour 2 échantillons indépendants : Nbr FA; Nbr FA_1 (Automne)**

	N	Moyenne	Ecart-type
Nbr FA	20	3,30	1,03
Nbr FA_1	20	2,500	0,513

$T = 3,11$; $P = 0,004$; $DDL = 38$: $P \leq 0,01 \Rightarrow$ il existe des différences hautement significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : Nbr FA; Nbr FA_1 (Hiver)

	N	Moyenne	Ecart-type
Nbr FA	20	3,400	0,821
Nbr FA_1	20	2,950	0,605

$T = 1,97$; $P = 0,056$; $DL = 38$: $P \leq 0,05 \Rightarrow$ il existe des différences significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : Nbr FA; Nbr FA_1 (Printemps)

	N	Moyenne	Ecart-type
Nbr FA	20	2,000	0,725
Nbr FA_1	20	1,700	0,470

$T = 1,55$; $P = 0,129$; $DDL = 38$: $P > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : Nbr FA; Nbr FA_1 (Eté)

	N	Moyenne	Ecart-type
Nbr FA	20	2,550	0,605
Nbr FA_1	20	2,350	0,489

$T = 1,15$; $P = 0,257$; $DDL = 38$: $P > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

3.3.1.3. Nombre des feuilles intermédiaires par faisceaux F.I.:

Les feuilles intermédiaires par faisceaux F.I. sont moins abondantes que les F.A., elles présentent un déficit permanent en nombre qui ne diffère pas significativement entre les 2 stations.

Le nombre des feuilles intermédiaires atteint un maximum en été dans les 2 stations (tab. 4 et fig. 20).

Ces résultats restent très faibles quel que soit le mois de l'année. Le pic des feuilles intermédiaires coïncide avec le minimum des feuilles juvéniles dans les 2 stations, cette évolution met en évidence la succession des générations. L'analyse des résultats en fonction des saisons montre:

Pour la plage la caroube:

- en automne en moyenne 1,95 feuilles / faisceau.
- en hiver 2 feuilles / faisceau en moyenne.
- au printemps 3,1 feuilles / faisceau.
- en été 3,5 feuilles / faisceau.

Pour la plage le club de la mer la moyenne du nombre est moins importante avec:

- en automne 1,75 feuilles / faisceau.
- en hiver 1,95 feuilles / faisceau en moyenne.
- au printemps 2,7 feuilles / faisceau.
- en été 3,2 feuilles / faisceau.

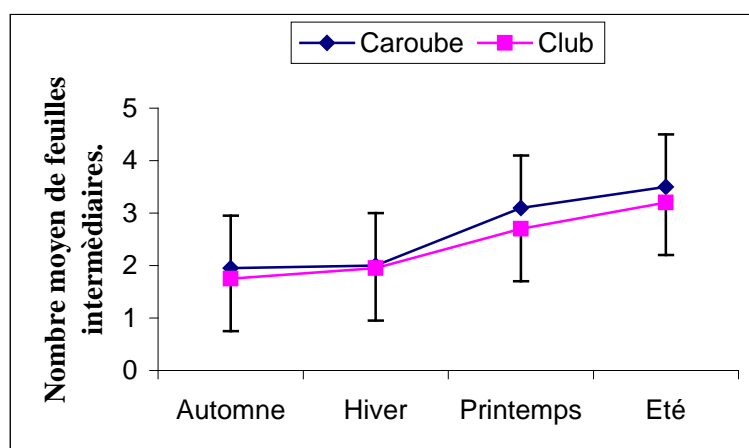


Figure 20: Fluctuation saisonnière du nombre des F.I par faisceau.

Etude statistique:

FI (Caroube)- FI_1(Club)

Test t pour 2 échantillons indépendants : Nbr FI; Nbr FI_1 (Automne)

	N	Moyenne	Ecart-type
Nbr FI	20	1,950	0,887
Nbr FI_1	20	1,750	0,444

T = 0,90 ; P = 0,373 ; DDL = 38 : $p > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : Nbr FI; Nbr FI_1 (Hiver)

	N	Moyenne	Ecart-type
Nbr FI	20	2,000	0,562
Nbr FI_1	20	1,950	0,510

T = 0,29 ; P = 0,770 ; DDL = 38 : $p > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

Test t pour deux échantillons indépendants : Nbr FI; Nbr FI_1 (Printemps)

	N	Moyenne	Ecart-type
Nbr FI	20	3,100	0,912
Nbr FI_1	20	2,700	0,470

T = 1,74 ; P = 0,089 ; DDL = 38: $p > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les deux stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : Nbr FI; Nbr FI_1 (Eté)

	N	Moyenne	Ecart-type
Nbr FI	20	3,500	0,761
Nbr FI_1	20	3,200	0,410

T = 1,55 ; P = 0,129 ; DL = 38 : $p > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

3.3.1.4. Nombre des feuilles juvéniles par faisceaux F.J.:

Le nombre moyen des feuilles juvéniles par faisceau F.J, varie peu dans les 2 stations, l'évolution mensuelle ne diffère pas significativement et présente un maximum en automne et un minimum en hiver et en été et ce dans les 2 stations, ce qui explique l'apparition des F.J. tout le long de l'année (tab. 4 et fig. 21). L'analyse de ses résultats statistiques en fonction des saisons montre:

Pour la plage la caroube:

- en automne en moyenne 1,9 feuilles / faisceau.
- en hiver 1,2 feuilles / faisceau en moyenne.
- au printemps 1,2 feuilles / faisceau.
- en été 1,3 feuilles / faisceau.

Pour la plage club de la mer la moyenne du nombre est moins importantes avec:

- en automne 1,45 feuilles / faisceau.
- en hiver 1,1 feuilles / faisceau en moyenne.
- au printemps 1,4 feuilles / faisceau.
- en été 1,3 feuilles / faisceau.

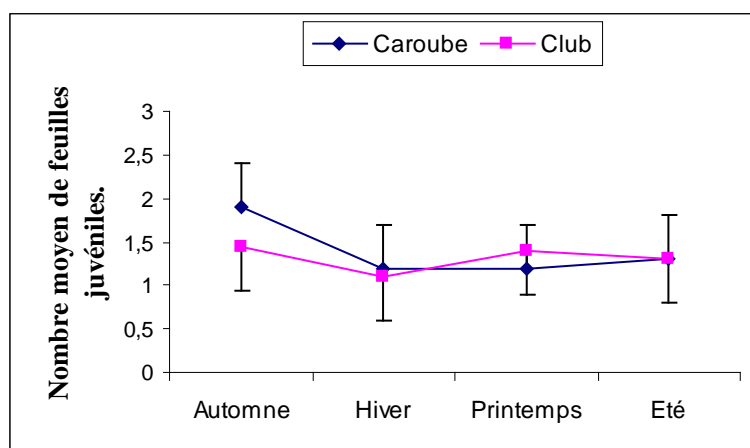


Figure 21: Fluctuation saisonnière du nombre des F.J. par faisceaux.

Etude statistique :

FJ (Caroube)- FJ_1(Club)

Test t pour 2 échantillons indépendants : Nbr FJ; Nbr FJ_1 (Automne)

	N	Moyenne	Ecart-type
Nbr FJ	20	7,9	29,5
Nbr FJ_1	20	1,450	0,605

T = 0,97 ; P = 0,338 ; DDL = 38 : $p > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : Nbr FJ; Nbr FJ_1 (Hiver)

	N	Moyenne	Ecart-type
Nbr FJ	20	1,200	0,616
Nbr FJ_1	20	1,100	0,447

T = 0,59 ; P = 0,560 ; DDL = 38 : $p > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : Nbr FJ; Nbr FJ_1 (Printemps)

	N	Moyenne	Ecart-type
Nbr FJ	20	1,200	0,523
Nbr FJ_1	20	1,400	0,821

T = -0,92 ; P = 0,364 DL = 38 : $p > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

Test t pour deux échantillons indépendants : Nbr FJ; Nbr FJ_1 (Été)

	N	Moyenne	Ecart-type
Nbr FJ	20	1,300	0,571
Nbr FJ_1	20	1,300	0,470

T = 0,00 ; P = 1,000 ; DDL = 38 : $p > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les deux stations.

3.3.2. Longueur des feuilles:

3.3.2.1. Longueur des feuilles globales F.A.I. (adultes et intermédiaires):

La longueur moyenne des feuilles globales adultes et intermédiaires F.A.I. présente des différences très hautement significatives entre la caroube et le club de la mer, elle varie en fonction de la période de la récolte. Le schéma évolutif présente une longueur importante des feuilles en été et en hiver pour la St (A) et entre l'été et le printemps pour la St (B), la moins importante est rencontrée en automne dans les 2 stations (fig. 22).

Ces variations de la longueur des feuilles le long d'un cycle annuel peuvent s'expliquer par un rythme de chute et de formation des feuilles, donc de la succession des différents types de feuilles dans le faisceau. L'analyse des résultats en fonction des saisons montre:

Pour la plage la caroube:

- en automne en moyenne 145,5 mm.
- en hiver 187,8 mm en moyenne.
- au printemps 245,9 mm.
- en été 253,8 mm.

Pour la plage club de la mer la moyenne de la longueur est plus importantes avec:

- en automne 282,2 mm.
- en hiver 326,5 mm en moyenne.
- au printemps 305,4 mm.
- en été 335,5 mm.

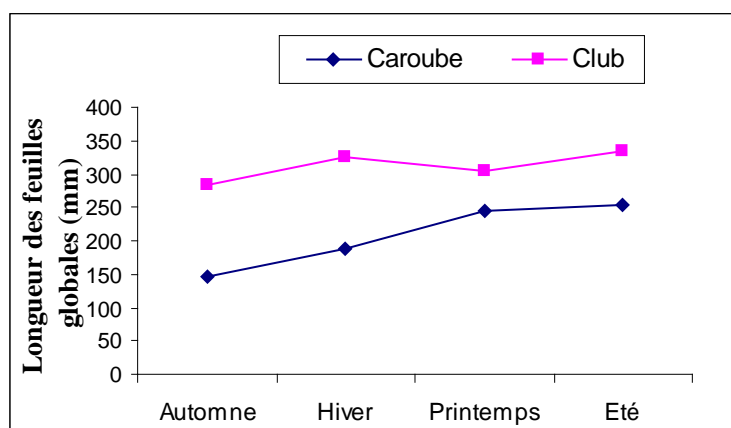


Figure 22: Fluctuation saisonnière de la longueur des F.A.I.

Etude statistique :

FAI (Caroube)- FAI_1(Club)

Test t pour 2 échantillons indépendants : LO FAI; LO FAI_1 (Automne)

	N	Moyenne	Ecart-type
LO FAI	20	145,5	43,3
LO FAI_1	20	282,2	50,7

T = -9,16 ; P = 0,000 ; DDL = 38 : $p \leq 0,001 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : LO FAI; LO FAI_1 (Hiver)

	N	Moyenne	Ecart-type
LO FAI	20	187,8	24,5
LO FAI_1	20	326,5	72,3

T = -8,13 ; P = 0,000 ; DDL = 38 : $p \leq 0,001 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants: LO FAI; LO FAI_1 (Printemps)

	N	Moyenne	Ecart-type
LO FAI	20	245,9	82,8
LO FAI_1	20	305,4	68,9

T = -2,47 ; P = 0,018 ; DDL = 38 : $p \leq 0,01 \Rightarrow$ il existe des différences hautement significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : LO FAI; LO FAI_1 (Eté)

	N	Moyenne	Ecart-type
LO FAI	20	253,8	52,4
LO FAI_1	20	335,5	73,4

T = -4,05 ; P = 0,000 ; DDL = 38 : $p \leq 0,001 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significatives entre les 2 stations.

Les valeurs les plus élevées de la longueur moyenne des F.A.I. sont rencontrées en été dans la caroube et en hiver dans le club. En effet, le printemps correspond à la période la plus favorable à la croissance des feuilles contrairement à l'automne (tab. 6) période où la croissance des feuilles est ralentie. Notons la prédominance des feuilles longues en été et courtes en hiver. Le même schéma évolutif est mentionné dans la littérature dans différents sites de la méditerranée (tab. 7).

Tableau 6: Longueur moyenne des feuilles par faisceau et par type de feuille (Minimum: min; maximum : Max), et moyennes saisonnières dans les stations étudiées :

Type de feuilles	longueur moyenne des feuilles (mm)				
	Sta.	min.	saison	max.	saison
Adultes	St.A	128 ± 36,9	Automne	147,4 ± 32,9	Eté
	St.B	137,5 ± 35,4	printemps	235,8 ± 46,6	Automne
Intermédiaire	St.A	198 ± 58	Automne	326,9 ± 76,9	Eté
	St.B	347± 76	Automne	500 ± 130	Hiver
Juvénile	St.A	32,1±17	Automne	38,3 ± 12,9	Hiver
	St.B	22,13± 7,26	Eté	41 ± 12,9	Hiver

Tableau 7: Longueur moyenne des feuilles globales: F.A.I. Valeurs extrêmes (Minimum: m, maximum: M) relevées dans la littérature pour différentes localités et profondeurs.

Localité	Prof. (m)	Longueur des feuilles (mm)	Référence
Golfe d'Annaba (Club de la mer, Caroube) Algérie	-2	145,5 (automne) m 253,8 (été) M 282,2 (automne) m 335,5 (été) M	Mammeria, (2005)
Golfe d'Annaba (Amphore, Belvédère) Algérie	-5	535,61 (juillet) M 317,26 (Octobre) m 545,88 (juin) M 367,09 (juillet) m	Bouhayene, (2002)
Anse de Kouali (Algérie)	-2	675,61 (juin) M 325,71 (septembre) m	Boumaza, (1995)
Port-Cros, (France)	-2.2	476,8 (juin) M 155,8 (Novembre) m	Giorgi et Thelin, (1984)
Tabarca, (Espagne)	-3	129 (août) M 66 (janvier) m	Sanchez et Lizaso, (1993)
Tamentfoust (Algérie)	-2	302 (juin) M 66 (janvier) m	Semroud, (1993)
La Marsa (Algérie)	-2	254 (juillet) M 158 (octobre) m	

3.3.2.2. Longueur des feuilles adultes F.A.:

La longueur moyenne des feuilles adultes F.A. varie en fonction des saisons dans les 2 stations et présente des différences très hautement significatives, pendant 3 saisons, au printemps cette longueur ne présente pas de différences significatives entre les 2 stations (fig. 23 et tab. 6).

Les longueurs de ces feuilles sont plus importantes dans la station club de la mer que dans la caroube ceci est dû à plusieurs facteurs comme la chute de feuilles, le coefficient A est élevé, l'abondance d'oursin et des rejets d'émissaires urbains. Les maxima sont observés en automne pour la St (A) et au printemps pour la St (B), les longueurs maximales des F.A. sont toujours différentes par rapport à celles relevées dans la littérature (tab. 7). L'analyse des résultats en fonction des saisons montre:

Pour la plage la caroube:

- en automne en moyenne 128,0 mm.
- en hiver 131,4 mm en moyenne.
- au printemps 144,9 mm.
- en été 147,4 mm.

Pour la plage club de la mer la moyenne de la longueur est plus importantes avec:

- en automne 235,8 mm.
- en hiver 207,7 mm en moyenne.
- au printemps 137,5 mm.
- en été 214,8 mm.

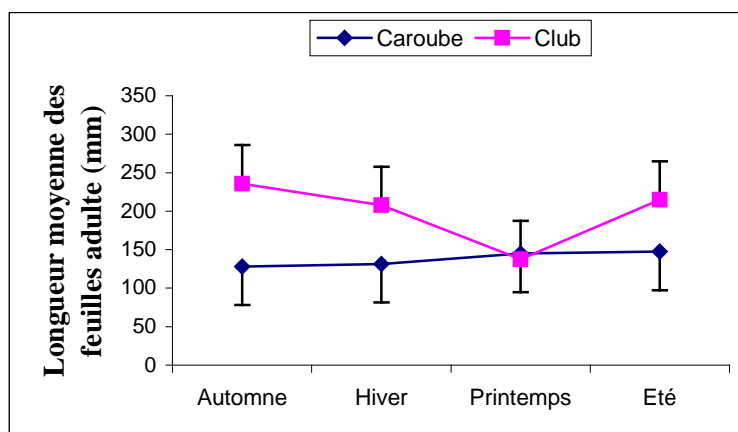


Figure 23: Fluctuation saisonnière de la longueur des F.A.

Etude statistique :

FA (Caroube)- FA_1(Club)

Test t pour 2 échantillons indépendants : LO FA; LO FA_1 (Automne)

	N	Moyenne	Ecart-type	Er-T moy
LO FA	20	128,0	36,9	8,3
LO FA_1	20	235,8	46,6	10

T = -8,11 ; P = 0,000 ; DDL = 38 : $p \leq 0,001 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significative entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : LO FA; LO FA_1 (Hiver)

	N	Moyenne	Ecart-type
LO FA	20	131,4	19,5
LO FA_1	20	207,7	88,4

T = -3,77 ; P = 0,001 ; DDL = 38 : $p \leq 0,001 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : LO FA; LO FA_1 (Printemps)

	N	Moyenne	Ecart-type
LO FA	20	144,9	45,9
LO FA_1	20	137,5	35,4

T = 0,58 ; P = 0,567 ; DDL = 38 : $p > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : LO FA; LO FA_1 (Eté)

	N	Moyenne	Ecart-type
LO FA	20	147,4	32,9
LO FA_1	20	214,8	68,0

T = -3,98 ; P = 0,000 ; DDL = 38 : $p \leq 0,001 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significatives entre les 2 stations.

3.3.2.3. Longueurs des feuilles intermédiaires F.I.:

Les longueurs des feuilles intermédiaires F.I. présentent des variations importantes au cours de la période d'étude (tab.6 et fig. 24), elles sont toujours moins longues que les F.A. car leur croissance n'est pas encore achevée.

Pour les 2 stations le test (*t*) de Student révèle des différences très hautement significatives en automne et en hiver et hautement significatives au printemps et en été. La longueur des F.I. de la station club de la mer est plus importante que celles de la station la caroube. Les F.I. atteignent leur maximum en hiver dans les eaux de la plage le club et en été pour la caroube, tandis que leur minimum est enregistré en automne et ce, dans les 2 stations (tab.6). Les valeurs obtenues diffèrent généralement de celles obtenues par d'autres auteurs (voir tab.7).

L'analyse des résultats en fonction des saisons montre :

Pour la plage la caroube:

- en automne en moyenne 198,0 mm.
- en hiver 289,1mm en moyenne.
- au printemps 312 mm.
- en été 326,9 mm.

Pour la plage club de la mer la moyenne de la longueur est plus importantes avec:

- en automne 347,0 mm.
- en hiver 500 mm en moyenne.
- au printemps 416 mm.
- en été 425 mm.

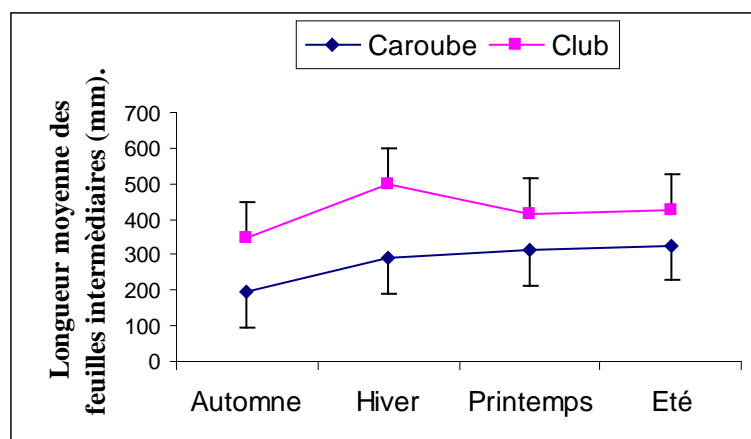


Figure 24: Fluctuation saisonnière de la longueur des F.I.

Etude statistique :**FI (Caroube)- FI_1(Club)****Test t pour 2 échantillons indépendants : LO FI; LO FI_1 (Automne)**

	N	Moyenne	Ecart-type
LO FI	20	198,0	58,0
LO FI_1	20	347,0	76,0

T = -6,97 ; P = 0,000 ; DDL = 38 : $p \leq 0,001 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : LO FI; LO FI_1 (Hiver)

	N	Moyenne	Ecart-type
LO FI	20	289,1	42,9
LO FI_1	20	500	130

T = -6,91 ; P = 0,000 ; DL = 38 : $p \leq 0,001 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : LO FI; LO FI_1 (Printemps)

	N	Moyenne	Ecart-type
LO FI	20	312	112
LO FI_1	20	416	116

T = -2,87 ; P = 0,007 ; DDL = 38 : $p \leq 0,01 \Rightarrow$ il existe des différences hautement significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : LO FI; LO FI_1 (Eté)

	N	Moyenne	Ecart-type
LO FI	20	326,9	76,9
LO FI_1	20	425	107

T = -3,32 ; P = 0,002 ; DDL = 38 : $p \leq 0,01 \Rightarrow$ il existe des différences hautement significatives entre les 2 stations.

3.3.2.4. Longueurs des feuilles juvéniles F.J.:

La longueur des feuilles juvéniles F.J. ne présente pas des différences significatives entre les 2 stations, sauf en été. Elles sont longues plus en hiver et courtes en été (tab. 6 et fig. 25) mettant ainsi en évidence la succession des générations. L'analyse des résultats en fonction des saisons montre :

Pour la plage la caroube:

- en automne en moyenne 32,1mm.
- en hiver 38,3 mm en moyenne.
- au printemps 34,1 mm.
- en été 32,47 mm.

Pour la plage club de la mer la moyenne de la longueur est plus importante avec:

- en automne 37,3 mm.
- en hiver 41,0 mm en moyenne.
- au printemps 36,1 mm.
- en été 22,13 mm.

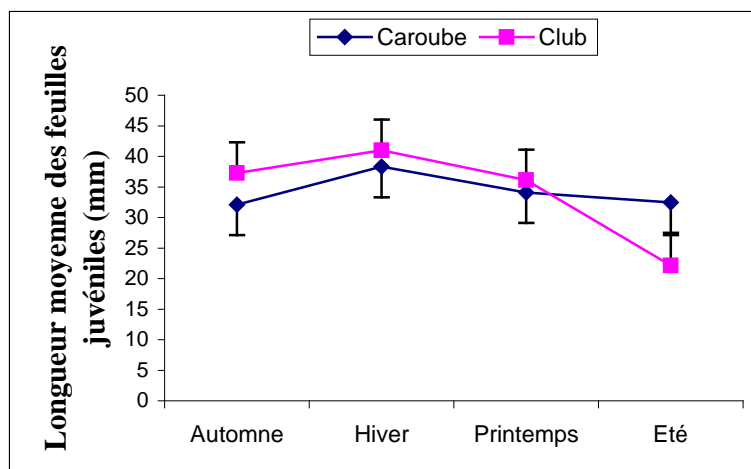


Figure 25: Fluctuation saisonnière de la longueur des F.J.

Etude statistique :**FJ (Caroube)- FJ_1(Club)****Test t pour 2 échantillons indépendants : LO FJ; LO FJ_1 (Automne)**

	N	Moyenne	Ecart-type
LO FJ	20	32,1	17,0
LO FJ_1	20	37,3	12,3

T = -1,10 ; P = 0,277 ; DDL = 38 : $p > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : LO FJ; LO FJ_1 (Hiver)

	N	Moyenne	Ecart-type
LO FJ	20	38,3	12,9
LO FJ_1	20	41,0	12,9

T = -0,67 ; P = 0,508 ; DDL = 38 : $p > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : LO FJ; LO FJ_1 (Printemps)

	N	Moyenne	Ecart-type
LO FJ	20	34,1	12,7
LO FJ_1	20	36,1	13,4

T = -0,48 ; P = 0,631 ; DDL = 38 : $p > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

Test t pour deux échantillons indépendants : LO FJ; LO FJ_1 (Eté)

	N	Moyenne	Ecart-type
LO FJ	20	32,47	9,90
LO FJ_1	20	22,13	7,26

T = 3,77 ; P = 0,001 ; DDL = 38 : $p \leq 0,001 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significatives entre les 2 stations.

Les valeurs les plus élevées de la longueur moyenne des F.A et F.I. sont en été, et les plus faibles sont en automne. Ces valeurs, se rapprochent à celles relevées par d'autres auteurs (tab. 8).

Tableau 8: Longueur moyenne des F.A. et F.I. Valeurs extrêmes (Minimum : m ; maximum : M) relevées dans la littérature pour différentes localités et profondeurs :

Localité	Prof. (m)	FI	FA	Référence
Golfe d'Annaba (Club de la mer, Caroube) Algérie	-2	326,9 (été) M 198 (automne) m 500 (hiver) M 347 (automne) m	147,4 (été) M 128 (automne) m 235,8 (automne) M 137,5 (printemps) m	Mammeria, (2005)
Golfe d'Annaba (Amphore, Belvédère) Algérie	-5	429,85 (mai) M 234 (octobre) m 576,56 (juin) M 299 (octobre) m	639,16 (juillet) M 385,15 (octobre) m 545,88 (juillet) M 326,9 (octobre) m	Bouhayene, (2002)
Anse de Kouali (Algérie)	-2	637 (juin) M 135 (octobre) m	746 (juin) M 390 (mars) m	Boumaza, (1995)
Banyuls sur mer (Pyrénées-Orientales, France)	-2	171(juin) m 64 (août) m	181(juin) M 85 (mars) m	Pergent et Pergent-Martini, (1988)
Port-Cros (Var, France)	-2	653 (juin) M 81 (septembre) m	686 (juillet) M 261(décembre-janvier) m	
Urla-Isecle (Turquie)	-4	384 (avril)M 113 (septembre)m	530 (juillet) M 263 (mai) m	
Tabarka (Espagne)	-4	829 (juin) M 58 (août) m	1150 (juillet) M 227 (janvier) m	Sanchez et Lizaso, (1993)
Tamentfoust (Algérie)	-2	304 (juin) M 135 (octobre) m	334 (juillet) M 161 (avril) m	Semroud, (1993)
La Marsa (Algérie)	-2	234 (juillet) M 105 (octobre) m	254 (juillet) M 158 (octobre) m	

3.3.3. Largeurs des feuilles:

La largeur moyenne des feuilles augmente avec le temps, c'est les feuilles les plus externes, par conséquent les plus âgées, qui sont les plus larges quelque soit la station et la saison.

3.3.3.1. Largeur des feuilles globales F.A.I. (adultes et intermédiaires):

Le test de signification des largeurs des F.A.I. présente des différences très hautement significatives entre les 2 stations tout le long du cycle saisonnier.

Les F.A.I. sont plus larges dans les herbiers de la caroube que celles du club (tab. 9 et fig. 26). Cette largeur est maximale en été pour la St (A) et en automne pour la (B), tandis que les minima sont enregistrés au printemps pour les 2 stations. L'analyse des résultats en fonction des saisons montre:

Pour la plage la caroube:

- en automne en moyenne 9,53 mm.
- en hiver 9,509 mm en moyenne.
- au printemps 9,478 mm.
- en été 9,589 mm.

Pour la plage club de la mer la moyenne de la largeur est moins importante avec:

- en automne 8,891 mm.
- en hiver 8,709 mm en moyenne.
- au printemps 8,125 mm.
- en été 8,719 mm.

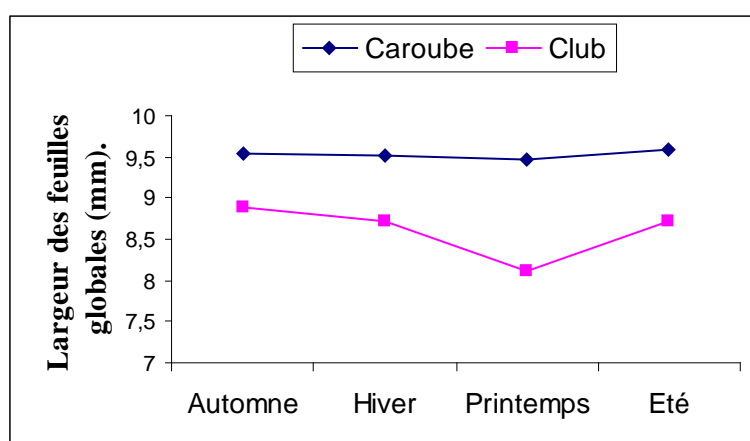


Figure 26: Fluctuation saisonnière de la largeur des F.A.I.

Tableau 9: Largeur moyenne des feuilles F.A.I. par faisceau et par type de feuille: minimum, maximum, moyennes saisonnières et écart-types observés dans les stations étudiées.

Type de feuilles	Stat.	Largeurs des F.A.I. (mm).			
		min.	saison	max.	saison
Adulte	St. A	9,55± 0,348	Hiver	9,72 ± 0,319	Eté
	St. B	8,25 ± 0,925	Printemps	8,98 ± 0,553	Automne
Intermédiaire	St. A	9,35 ± 0,079	Printemps	9,589 ± 0,195	Eté
	St. B	8,125 ± 0,76	Printemps	8,89 ± 0,53	Automne
Juvenile	St. A	6,00 ± 1,91	Printemps	8,63 ± 6,39	Automne
	St. B	5.52 ± 0,716	Eté	7,43 ±1,89	Automne
Globale	St. A	9,47± 0,352	Printemps	9,58 ± 0,195	Eté
	St. B	8,12 ± 0,761	Printemps	8,89± 0,53	Automne

De nombreux travaux faits en méditerranée montrent que la largeur des feuilles varie de façon importante en fonction de la localité.

Les valeurs obtenues se situent entre 8 et 10 mm, et se rapprochent de celles mesurées par Périgent-Martini (1994) dans l'Archipel de Riou et par Semroud et *al.*, (1992) à la Marsa (Algérie).

Pour ces auteurs, ce paramètre constitue l'un des critères de différenciation d'une population à feuilles large.

Etude Statistique :

FAI (Caroube)- FAI_1(Club)

Test t pour 2 échantillons indépendants : LA,FAI; LA,FAI_1 (Automne)

	N	Moyenne	Ecart-type
LA,FAI	20	9,530	0,517
LA,FAI_1	20	8,891	0,530

T = 3,86 ; P = 0,000 ; DDL = 38 : $p \leq 0,001 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : LA,FAI; LA,FAI_1 (Hiver)

	N	Moyenne	Ecart-type
LA,FAI	20	9,509	0,272
LA,FAI_1	20	8,709	0,401

T = 7,38 ; P = 0,000 ; DDL = 38 : $p \leq 0,001 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : LA,FAI; LA,FAI_1 (Printemps)

	N	Moyenne	Ecart-type
LA,FAI	20	9,478	0,352
LA,FAI_1	20	8,125	0,761

T = 7,22 ; P = 0,000 ; DDL = 38 : $p \leq 0,001 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : LA,FAI; LA,FAI_1 (Eté)

	N	Moyenne	Ecart-type
LA,FAI	20	9,589	0,195
LA,FAI_1	20	8,719	0,659

T = 5,67 ; P = 0,000 ; DDL = 38 : $p \leq 0,001 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significatives entre les 2 stations.

3.3.3.2. Largeur des feuilles adultes F.A.:

La largeur moyenne des F.A. montre également des variations mensuelles dans les stations étudiées (fig. 27). L'analyse statistique montre des différences très hautement significatives entre les 2 stations. Les valeurs extrêmes de la largeur des F.A. coïncident avec celles des F.A.I. (tab. 9). Elles sont respectivement maximales en été et minimales en hiver pour la caroube et maximales en automne et minimales au printemps dans les herbiers du club de la mer (les valeurs sont également similaires à celles relevées dans la littérature (tab. 10).

L'analyse des résultats en fonction des saisons montre :

Pour la caroube:

- en automne en moyenne 9,6 mm.
- en hiver 9,5 mm en moyenne.
- au printemps 9,7 mm.
- en été 9,7 mm.

Pour le club de la mer la moyenne de la largeur est moins importante avec:

- en automne 8,9 mm.
- en hiver 8,7 mm en moyenne.
- au printemps 8,2 mm.
- en été 8,8 mm.

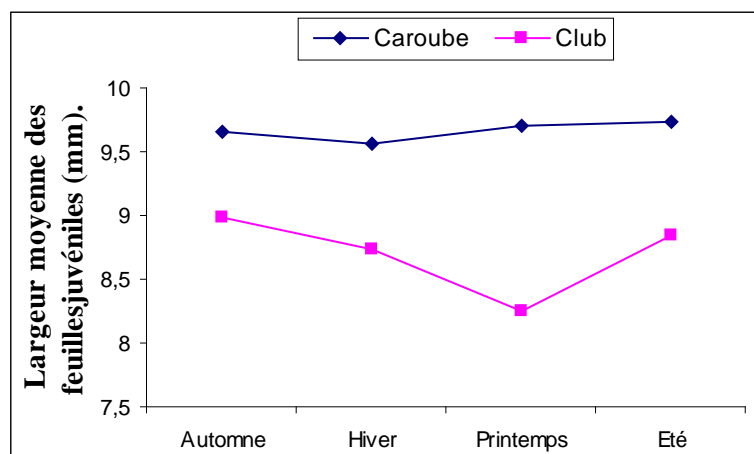


Figure 27: Variation saisonnière de la largeur des F.A.

Etude statistique :

FA (Caroube)- FA_1(Club)

Test t pour 2 échantillons indépendants : LA,FA; LA,FA_1 (Automne)

	N	Moyenne	Ecart-type
LA,FA	20	9,655	0,246
LA,FA_1	20	8,983	0,553

T = 4,96 ; P = 0,000 ; DDL = 38 : $p \leq 0,001 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : LA,FA; LA,FA_1 (Hiver)

	N	Moyenne	Ecart-type
LA,FA	20	9,555	0,348
LA,FA_1	20	8,729	0,443

T = 6,55 ; P = 0,000 ; DDL = 38 : $p \leq 0,001 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : LA,FA; LA,FA_1 (Printemps)

	N	Moyenne	Ecart-type
LA,FA	20	9,700	0,431
LA,FA_1	20	8,250	0,925

T = 6,35 ; P = 0,000 ; DDL = 38 : $p \leq 0,001 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : LA,FA; LA,FA_1 (Eté)

	N	Moyenne	Ecart-type
LA,FA	20	9,729	0,319
LA,FA_1	20	8,842	0,744

T = 4,90 ; P = 0,000 ; DDL = 38 : $p \leq 0,001 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significatives entre les 2 stations.

3.3.3.3. Largeur des feuilles intermédiaires F.I.:

La largeur moyenne des F.I. présente des variations mensuelles (fig. 28), avec un maximum en automne dans les St (A) et (B), et un minimum, au printemps (tab. 9).

Les différences sont très hautement significatives pour les 2 sites. Les valeurs obtenues pour la largeur des F.I. sont similaires à celles relevées dans la littérature (tab. 10).

L'analyse des résultats en fonction des saisons montre :

Pour la caroube:

- en automne en moyenne 9,5 mm.
- en hiver 9,4 mm en moyenne.
- au printemps 9,3 mm.
- en été 9,5 mm.

Pour le club de la mer la moyenne de la largeur est moins importante avec:

- en automne 8,7 mm.
- en hiver 8,6 mm en moyenne.
- au printemps 8,0 mm.
- en été 8,6 mm.

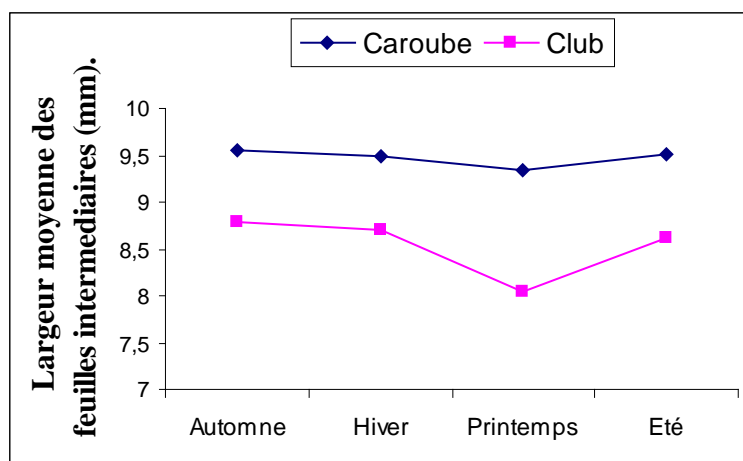


Figure 28: Variation saisonnière de la largeur des F.I.

Etude statistique :

FI (Caroube)- FI_1(Club)

Test t pour 2 échantillons indépendants : LA,FI; LA,FI_1 (Automne)

	N	Moyenne	Ecart-type
LA,FI	20	9,553	0,352
LA,FI_1	20	8,788	0,527

T = 5,40 ; P = 0,000 ; DDL = 38 : $p \leq 0,001 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : LA,FI; LA,FI_1 (Hiver)

	N	Moyenne	Ecart-type
LA,FI	20	9,483	0,446
LA,FI_1	19	8,693	0,413

T = 5,74 ; P = 0,000 ; DDL = 38 : $p \leq 0,001 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : LA,FI; LA,FI_1 (Printemps)

	N	Moyenne	Ecart-type
LA,FI	20	9,349	0,357
LA,FI_1	20	8,033	0,704

T = 7,45 ; P = 0,000 ; DDL = 38 : $p \leq 0,001 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : LA,FI; LA,FI_1 (Eté)

	N	Moyenne	Ecart-type	Er-T moy
LA,FI	20	9,514	0,207	0,046
LA,FI_1	20	8,625	0,641	0,14

T = 5,90 ; P = 0,000 ; DDL = 38 : $p \leq 0,001 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significative entre les 2 stations.

3.3.3.4. Largeur des feuilles juvéniles F.J.:

Le test de signification pour la largeur des F.J. montre qu'il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations pour le cycle annuel. La largeur des F.J. est importante en automne et en début d'été. Pour les 2 stations, on enregistre des maxima en automne et des minima en hiver et au printemps (fig. 29). Les valeurs enregistrées pour la largeur des F.J. sont similaires à celles relevées par de nombreux auteurs (tab. 10).

L'analyse statistique montre :

Pour la caroube:

- en automne en moyenne 8,6 mm.
- en hiver 6,7 mm en moyenne.
- au printemps 6,0 mm.
- en été 6,0 mm.

Pour le club de la mer la moyenne de la largeur est moins importante avec:

- en automne 7,4 mm.
- en hiver 7,2 mm en moyenne.
- au printemps 5,8 mm.
- en été 5,5 mm.

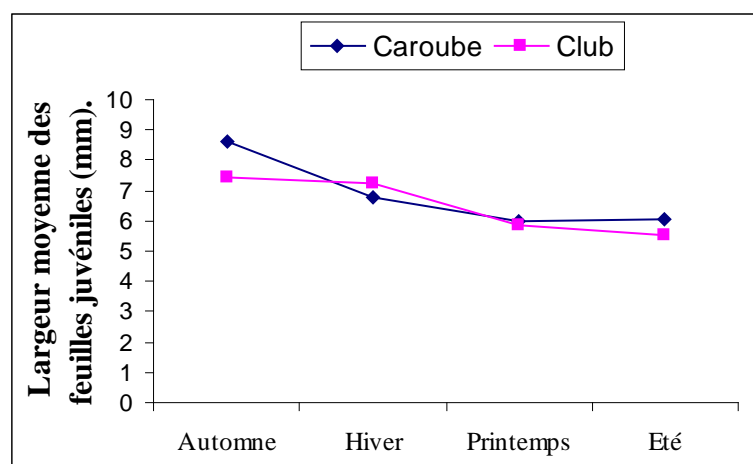


Figure 29: Variation saisonnière de la largeur des F.J.

Etude statistique :

FJ (Caroube)- FJ_1(Club)

Test t pour 2 échantillons indépendants : LA,FJ; LA,FJ_1 (Automne)

	N	Moyenne	Ecart-type
LA,FJ	20	8,63	6,39
LA,FJ_1	20	7,43	1,89

T = 0,81 ; P = 0,424 ; DDL = 38 : $p > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

Test t pour deux échantillons indépendants : LA,FJ; LA,FJ_1 (Hiver)

	N	Moyenne	Ecart-type
LA,FJ	20	6,78	1,79
LA,FJ_1	19	7,24	1,82

T = -0,78 ; P = 0,438 ; DDL = 38 : $p > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : LA,FJ; LA,FJ_1 (Printemps)

	N	Moyenne	Ecart-type
LA,FJ	20	6,00	1,91
LA,FJ_1	20	5,85	2,14

T = 0,23 ; P = 0,816 ; DDL = 38 : $p > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : LA,FJ; LA,FJ_1 (Eté)

	N	Moyenne	Ecart-type
LA,FJ	20	6,03	1,41
LA,FJ_1	20	5,525	0,716

T = 1,41 ; P = 0,165 ; DDL = 38 : $p > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

Pour mieux apprécier nos résultats, nous les avons comparés dans ce tableau avec ceux obtenus par d'autres auteurs.

Tableau 10 : Valeurs de la largeur moyenne des F.A. et F.I., relevées dans la littérature pour différentes localités et profondeurs:

Localité	Prof. (m)	Largeur des FI (mm)	Largeur des FA (mm)	Référence
Golfe d'Annaba (Club de la mer, Caroube) Algérie	-2	9,55 8,78	9,72 8,98	Mammeria, (2005).
Golfe d'Annaba (Amphore, Belvédère) Algérie	-5	10,31 9,02	11,07 9,08	Bouhayene, (2002)
Anse de Kouali (Algérie)	-2	10,1	10,6	Boumaza, (1995)
Banyuls sur mer (Pyrénées-Orientales) Fr.	-2	8	8,6	Pergent et Pergent-Martini, (1988)
Port-Cros (France)	-2	9,6	10	
Urla-Isecle (Turquie)	-2	9,4	9,9	
Tabarka (Espagne)	-4	9,6	9,9	Sanchez et Lizaso, (1993)
Tamentfoust (Algérie)	-2	10,7	10,9	Semroud, (1993)

3.3.4. Longueur des pétioles L.P.:

La longueur moyenne des pétioles entre les 2 stations présente des différences très hautement significatives pour les 1^{ères} saisons qui se succèdent, tandis que pour l'été le test statistique révèle qu'il n'existe pas de variations significatives entre les 2 stations (fig. 30).

Les L.P. varient avec le rang de la feuille (son emplacement dans le rhizome); il est maximal pour les feuilles les plus âgées, leur croissance étant achevée (tab. 11).

Tableau 11: Moyenne des L.P: Valeurs extrêmes relevées. Minimum: min; Maximum: max, moyennes saisonnières et écart-types observés dans les stations étudiées.

Stations	L.P. (mm)			
	min.	saison	max.	saison
St. A	22,48 ± 6,82	Automne	29,80 ± 2,04	Été
St. B	29,96 ± 1,66	Hiver	36,38 ± 4,61	Printemps

La moyenne des L.P. varie non seulement avec le rang de la feuille, mais également avec la période et le lieu de prélèvement des rhizomes. Elle atteint des valeurs maximales en été à la caroube et au printemps au club de la mer alors que les valeurs minimales sont retrouvées respectivement en automne et en hiver (fig. 30).

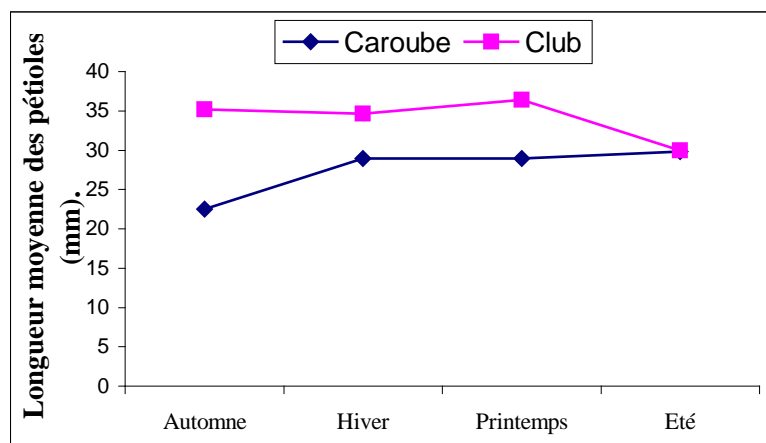


Figure 30: Evolution saisonnière des L.P.

Les L.P. moyennes enregistrées sont comparables à celles mesurées dans d'autres régions du bassin méditerranéen (voir tab. 12).

Tableau 12: Moyenne extrême des L.P. (maximum: max; minimum: min), relevées dans la littérature pour différentes localités et profondeurs.

Localité	Prof. (m)	L.P. (mm)	Référence
Golfe d'Annaba (Club de la mer, Caroube) Algérie	-2	23,8 (hiver) m 25,87 (printemps) M 31,58 (hiver) m 34,08 (automne) M	Mammeria, (2005).
Golfe d'Annaba (Amphore, Belvédère) Algérie	-5	37,62 (juillet) M 31,18 (octobre) m 37,57 (septembre) M 32,81 (juin) m	Bouhayene, (2002)
Anse de Kouali (Algérie)	-2	44,60 (août) M 25,60 (février) m	Boumaza, (1995)
Port-Cros (Var, France)	-2	35,1 (juillet) M 28,5 (mars) m	Pergent et Pergent-Martini, (1988)
Tabarka (Espagne)	-3	16,6 (aout) M 13,6 (janvier) m	Sanchez et Lizaso, (1993)
Tamentfoust (Algérie)	-2	33,1 (avril) M 26,6 (janvier) m	Semroud, (1993)
La Marsa (Algérie)	-2	31,1 (avril) M 19,6 (octobre) m	

Etude Statistique :**LP (Caroube)- LP_1(Club)****Test t pour 2 échantillons indépendants : L,P; L,P_1 (Automne)**

	N	Moyenne	Ecart-type
L,P	19	22,45	7,01
L,P_1	20	35,16	6,39

T = -5,92 ; P = 0,000 ; DDL = 38 : $p \leq 0,001 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : L,P; L,P_1 (Hiver)

	N	Moyenne	Ecart-type
L,P	20	28,98	3,19
L,P_1	20	34,66	4,89

T = -4,35 ; P = 0,000 ; DDL = 38 : $p \leq 0,001 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : L,P; L,P_1 (Printemps)

	N	Moyenne	Ecart-type
L,P	20	28,93	3,04
L,P_1	20	36,38	4,61

T = - 6,03 ; P = 0,000 ; DDL = 38 : $p \leq 0,001 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants: L,P; L,P_1 (Eté)

	N	Moyenne	Ecart-type
L,P	20	29,80	2,04
L,P_1	20	29,96	1,66

T = -0,27 ; P = 0,789 ; DL = 38 : $p > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

3.3.5. Coefficient A:

3.3.5.1. Coefficient A des feuilles globales F.A.I.: Le coefficient A des F.A.I. correspond au pourcentage de F.A et F.I sans apex, résultant de l'action de l'hydrodynamisme et le broutage par les herbivores, comme le sparidé *Sarpa salpa* et l'oursin régulier *Paracentrotus lividus* qui consomment les épiphytes des feuilles de *P. oceanica* (tab. 13 et fig. 31).

Tableau 13: Valeurs extrême (Maximum: max; Minimum: min) du coefficient A moyen des différents feuilles dans les stations étudiées.

Type de feuilles	St.	Coefficient A			
		min.	saison	max.	saison
Adultes	St. A	82,14	Hiver	98,53	Eté
	St. B	76,32	Hiver	90,19	Eté
Intermédiaires	St. A	66,67	Automne	82,05	Printemps
	St. B	47,06	Automne	73,33	Eté
Globales	St. A	55,9	Hiver	69,5	Eté
	St. B	62,99	Printemps	88,3	Eté

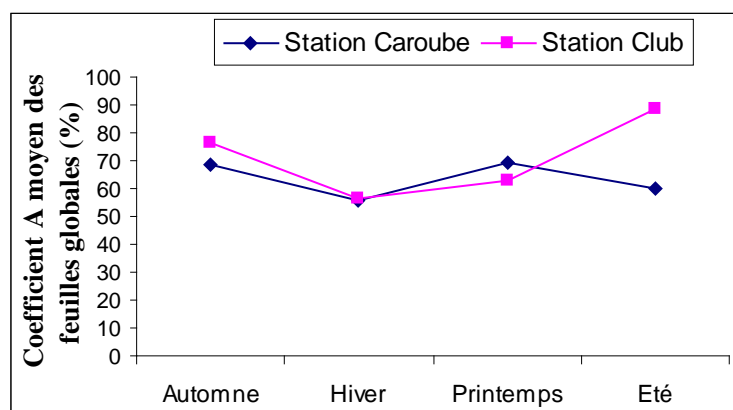


Figure 31 : Coefficient A moyen des F.A.I.

Le tableau 14 montre une évolution similaire en méditerranée où le coefficient A global possède la même dynamique dans plusieurs localités.

Tableau 14: Coefficient A moyen des F.A.I. Valeurs extrêmes (maximum: max; minimum: min) relevées dans la littérature pour différentes localités et profondeurs:

Localité	Prof. (m)	Coefficient A global (%)	Référence
Golfe d'Annaba (Club de la mer, Caroube) Algérie	-2	69,5 (été) M 55,9 (hiver) m 88,3 (été) M 62,99 (printemps) m	Mammeria, (2005)
Golfe d'Annaba (Amphore, Belvédère) Algérie	-5	72,64 (juillet) M 44,66 (octobre) m 85,61 (mai) M 64,60 (octobre) m	Bouhayene, (2002)
Banyuls sur mer (pyrénées-Orientales, France)	-2	91,5 (mai) M 62,5 (novembre) m	Pergent et Pergent-Martini, (1988)

3.3.5.2. Coefficient A des feuilles adultes F.A.:

Le coefficient A des F.A. varie de la même façon que le coefficient A des F.A.I., on enregistre pour les 2 stations des valeurs maximales en été et en automne et minimales en hiver et au printemps (fig. 32). Puisque la majorité des F.A. sont cassées ou broutées, à cause de l'hydrodynamisme ou la consommation des feuilles par les espèces animales, on retrouve les valeurs maximales en été, car la couverture épiphytique y est très importante et l'activité des herbivores accrue. Les minima sont enregistrées en automne et en hiver du faite de l'important renouvellement des feuilles qui se traduit par une plus grande proportion de jeunes feuilles entières.

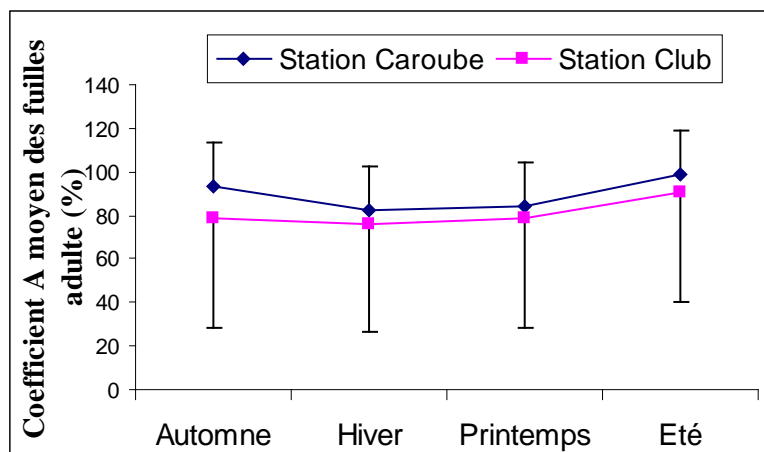


Figure 32: Coefficient A moyen des F.A.

3.3.5.3. Coefficients A des feuilles intermédiaires F.I.:

Le coefficient A des F.I. est relativement faible, car ces dernières sont plus récentes et mieux protégées de l'action des consommateurs et de l'hydrodynamisme, du fait de leur position à l'intérieur du faisceau (fig. 33).

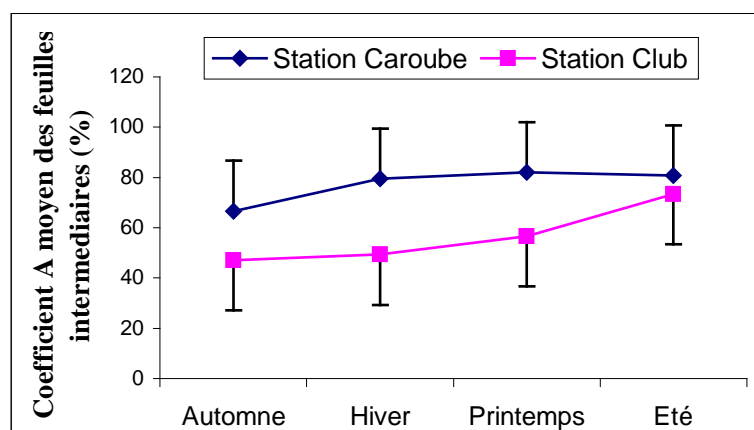


Figure 33: Coefficient A moyen des F.I.

3.3.6. Résultats de l'Indice (Leaf Area Index) I.F. et la surface foliaire S.F.:

La surface foliaire inclue la longueur, la largeur et le nombre des feuilles par faisceau de chaque type de feuilles considérées (F.A., F.I. et F.J.), c'est un paramètre synthétique de la physiologie de la plante.

3.3.6.1. Surface (S.F) et indices foliaires (I.F) des feuilles globales F.A.I.:

La surface moyenne des F.A.I. exprimée en cm²/ faisceau présente des variations tout le long du cycle annuel (fig. 34), les maxima sont enregistrées en été avec respectivement 318,09 cm² / faisceau pour la caroube et 278,09 cm² / faisceau au niveau du club. Les minima sont de l'ordre de 281 cm² / faisceau en hiver dans la St (A) et de 234,23 cm² / faisceau au printemps dans la St (B) (tab. 15), cette variation de la surface foliaire globale au cour de l'année est mentionnée par plusieurs auteurs (voir tab. 16). L'indice foliaire des F.A.I. présente un maximum en été de 8,11 pour la caroube et de 5,49 pour le club, ainsi qu'un minimum en hiver de 7,1 pour la caroube, et de 4,62 au printemps pour le club (fig. 35).

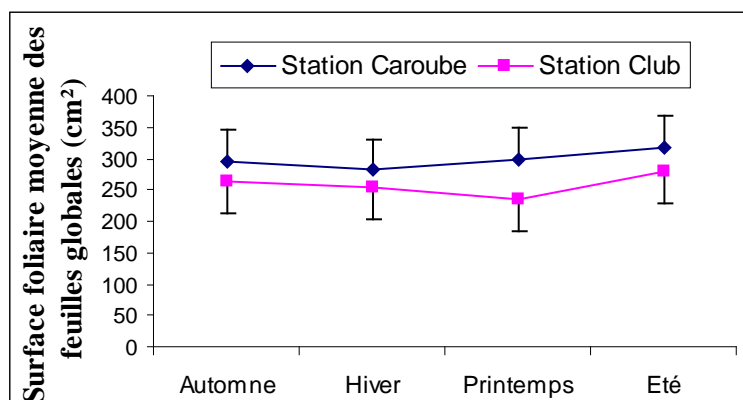


Figure 34: Evolution saisonnière de la S.F des F.A.I.

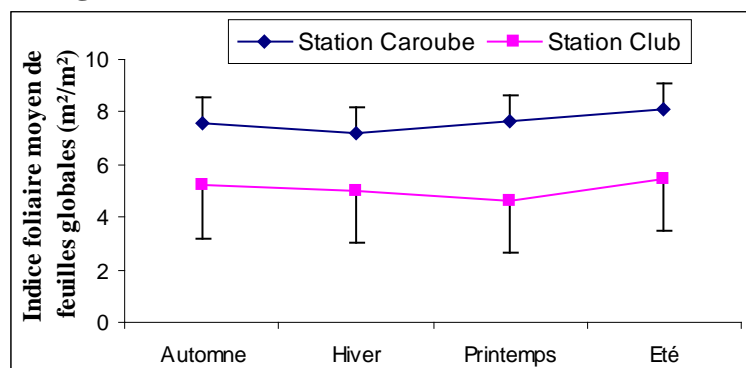


Figure 35: Evolution saisonnière de I.F. des F.A.I.

Tableau 15: Surface S.F. et indices foliaires I.F par type de feuilles. St (A): caroube; (B): le club.

Type de feuilles	St.	Surface foliaire (S.F) (cm ²) et indice foliaire (I.F) (m ² /m ²)					
		min		saison	max		saison
		S. F	I. F		S. F	I. F	
Adulte	St. A	284 ± 19	7,11 ± 1,41	Automne	309,9 ± 198,8	7,88 ± 0,79	Été
	St. B	263,5 ± 111,3	5,2 ± 0,93	Hiver	289,7 ± 161,1	5,72 ± 0,96	Été
Intermédiaire	St. A	129 ± 63,3	3,29 ± 0,8	Hiver	315,8 ± 58,8	6,4 ± 1,11	Automne
	St. B	125,77 ± 41,3	4,62 ± 0,98	Hiver	272,13 ± 110	5,49 ± 1,13	Hiver
Juvénile	St. A	1,2 ± 1,23	0,03 ± 0,026	Automne	2,2 ± 1,7	0,06 ± 0,04	Printemps
	St. B	0,87 ± 0,81	0,022 ± 0,02	Automne	1,99 ± 0,98	0,05 ± 0,048	Été
Globales	St. A	281,00 ± 98,8	7,16 ± 1,18	Hiver	318,09 ± 98,1	8,11 ± 1,82	Été
	St. B	234,23 ± 119	4,62 ± 0,98	Printemps	278,09 ± 98,8	5,49 ± 1,13	Été

Le tableau 16 montre une évolution similaire en méditerranée où la surface S.F. et l'indice foliaire I.F possède la même dynamique dans plusieurs localités.

Tableau 16: Surface et indices foliaires moyens des feuilles globales. Valeurs extrêmes (M : max; m: min) relevées dans la littérature pour différentes localités et profondeurs.

Localité	Prof m	I.F (m²/m²)	S.F (cm²/faisceau)	Référence
Golfe d'Annaba (Club de la mer, Caroube) Algérie	-2	8,11 (été) M 7,16 (hiver) m 5,49 (été) M 4,62 (printemps) m	318,09 (été) M 281,00 (hiver) m 278,09 (été) M 234,23(printemps) m	Mammeria, (2005)
Golfe d'Annaba (Amphore, Belvédère) Algérie	-5	8,32 (mai) M 4,85 (octobre) m 8,28 (juillet) M 6,35 (octobre) m	352,67 (mai) M 205,8 (octobre) m 289,56 (juillet) M 222,13(octobre) m	Bouhayene, (2002)
Altea (Espagne)	-2	6,5 (juillet) M 2,9 (novembre) m	108 (juillet) M 49 (novembre) m	Esteban, (1989)
Mondello (Sicile, Italie)	-2,5	230,64 (juin) M 6,73 (avril)m	314,58 (juin) M 84,95 (avril)m	Frada'Orestan o et al., (1993)
Port-Cros (Var, France)	-2.2	14,9 (avril)M 6,3 (février) m	233 (avril) M 99 (février) m	Giorgi et thelin, (1983)
Anse de Kouali (Algérie)	-2	15,00 (juin) M 5,0 (septembre) m	167,30 (juin) M 55,1(septembre) m	Boumaza, (1995)
Banyuls sur mer (Pyrénées Orientales,Fr)	-2	8,5 (juillet) M 4,3 (décembre) m	73 (juillet) M 251 (décembre) m	Pergent et Pergent- Martini, (1988)
Port-Cros (Var, France)	-2	18,5 (juillet) M 9,9 (novembre) m	262 (juin) M 153 (novembre) m	
Urla-Isele (Turquie)	-2	13,4 (juin) M 6,4 (octobre) m	530 (juillet) M 263 (octobre) m	
Tabarka (Espagne)	-4	35,1 (juillet) M 12,4 (octobre) m	327 (juillet) M 115 (octobre) m	Sanchez et Lizaso, (1993)
Tamentfoust (Algérie)	-2	5,1 (juin) M 2,9 (janvier) m	334 (juillet) M 104,2 (janvier) m	Semroud, (1993)
La Marsa (Algérie)	-2	7,8 (juillet) M 3,2 (octobre) m	186 (juin) M 69,4 (octobre) m	

3.3.6.2. Surface et indice foliaire des F.A.:

L'évolution mensuelle de la surface foliaire moyenne des F.A. présente respectivement en été des maxima de 309,9 cm² dans la St (A) et 289,71 cm² pour la St (B). Les minima qui s'expliquent par la chute des feuilles âgées, sont rencontrées en automne avec 284 cm² dans la St (A) et de 263 cm² en hiver à la St (B) (tab. 15, fig. 36), avec des indices foliaires variant entre 7,88 pour la caroube et de 5,72 au club de la mer en été, et des minima en hiver avec 7,1 pour la caroube et de 5,2 pour le club de la mer (fig. 37).

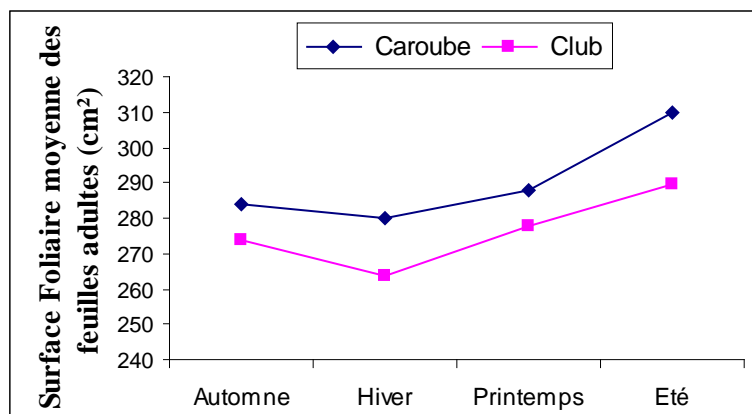


Figure 36: Evolution saisonnière de la S.F. des F.A.

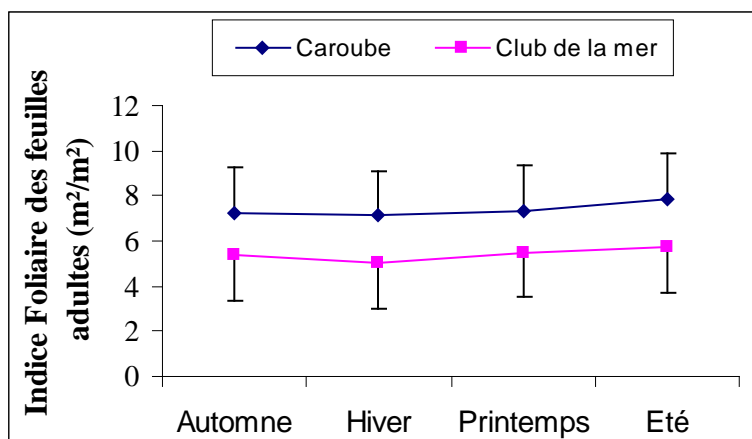


Figure 37: Evolution saisonnière de I.F. des FA.

3.3.6.3. Surface et indice foliaire des F.I.:

Les valeurs extrêmes de la surface foliaire des F.I. sont enregistrées en automne et en été avec un maximum de 315,8 cm² et 272,13 cm² respectivement dans la St (A) et St (B); tandis que les minimales sont rencontrés en hiver avec 129 cm² dans la St (A) et de 125,77 cm² au niveau de la St (B) (fig. 38, 39 et tab. 15), avec des indices foliaires variant entre 6,4 pour la caroube et de 5,49 au club de la mer en été, et des minima entre 3,1 pour la caroube en automne et de 4,6 pour le club de la mer au printemps (fig. 37).

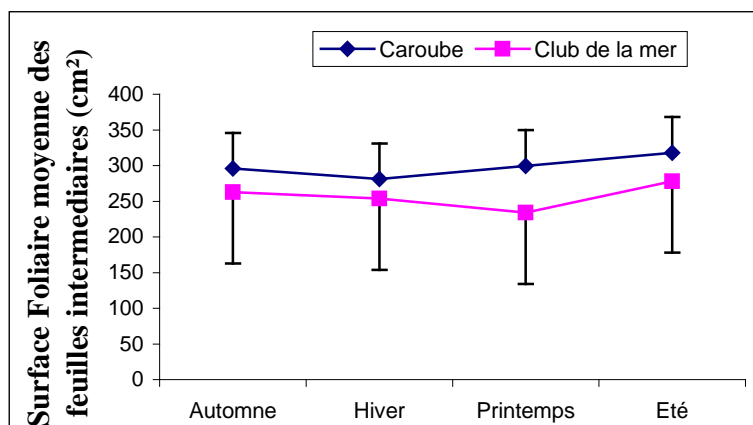


Figure 38: Evolution saisonnière S.F. des FI.

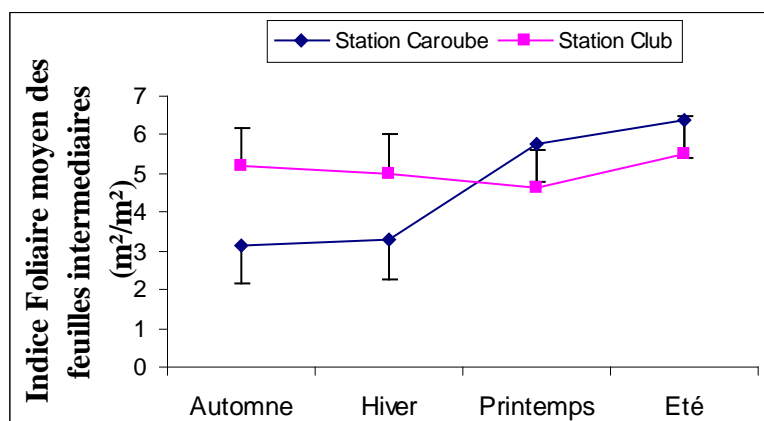


Figure 39: Evolution saisonnière S.F. des FI.

3.3.6.4. Surface et indice foliaire des FJ:

La surface foliaire des F.J. suit un schéma évolutif avec un maximum de 2,2 cm² au printemps à la St (A) et de 1.99 cm² les mois estivaux à la St (B), alors que les minima s'élèvent respectivement à 1,2 et 0,87 cm² en automne (Tab.15) (fig. 40), avec des indices foliaires variant entre 0,06 pour la caroube et de 0,05 au club de la mer en été (fig. 41).

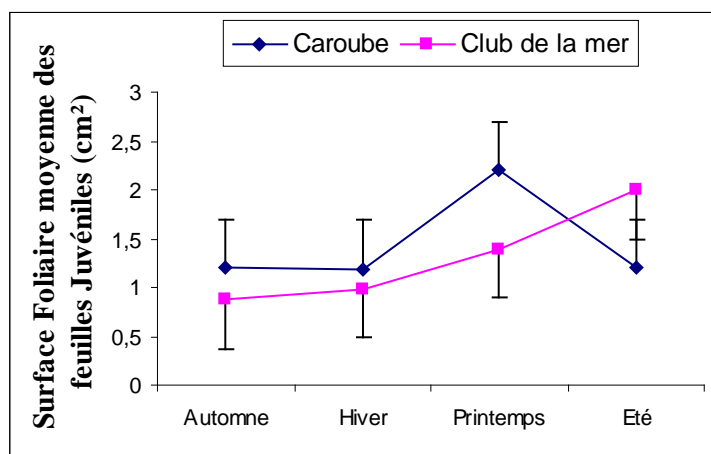


Figure 40: Evolution saisonnière S.F. des FJ.

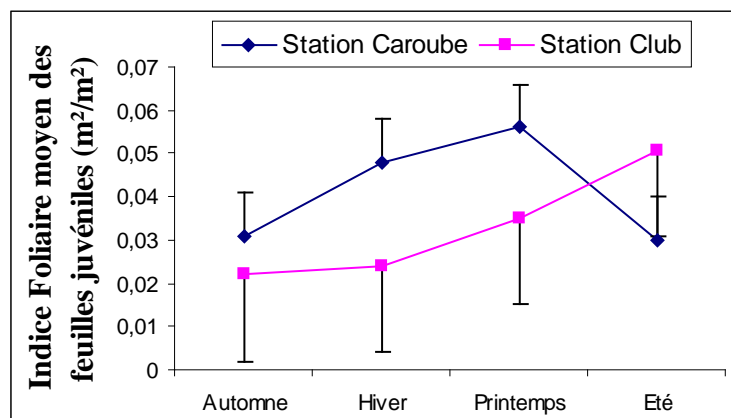


Figure 41: Evolution saisonnière de I.F. des FJ.

3.4. Résultats du dosage de la chlorophylle (*ch. a*):

Les teneurs en chlorophylles *a*, *b*, *a+b*, *a/b* sont quantifiées séparément afin de mesurer leur degré d'affinité ainsi que leur dispersion au cour du temps dans les 2 stations d'études.

3.4.1. La chlorophylle *a* :

La teneur en chlorophylle *a* dans les 2 stations d'étude est mesurée en mg / g de matières fraîche (mg /g MF). L'étude statistique montre des variations significatives pour les 3 périodes allant de l'automne jusqu'au printemps; tandis que pour l'été ces variations ne sont plus significatives ce qui donne au graphe le point de rapprochement des 2 courbes (fig. 42).

La teneur maximale en *ch. a* est enregistrée au printemps avec 6,09 mg / g MF pour la caroube et 6,785 mg / g MF pour le club. Les minima sont rencontrées en été avec respectivement 3,76 et 3,40 mg / g MF.

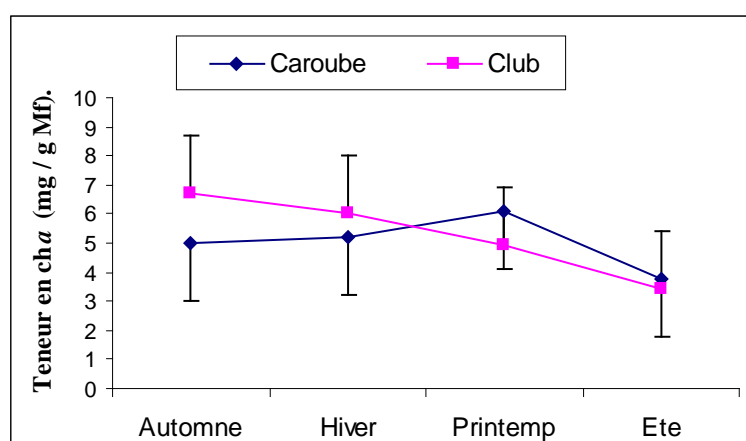


Figure 42: Teneur en chlorophylle *a*.

Etudes statistiques:**Cha (Caroube); Cha_1(Club)****Test t pour 2 échantillons indépendants : Cha; Cha_1 (Automne)**

	N	Moyenne	Ecart-type
Cha	10	5,03	1,40
Cha_1	10	6,785	0,956

T = -3,39 ; P = 0,003 ; DDL = 18 : $p \leq 0,01 \Rightarrow$ il existe des différences hautement significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : Cha; Cha_1 (Hiver)

	N	Moyenne	Ecart-type
Cha	10	5,23	1,11
Cha_1	10	6,207	0,520

T = 2,52 ; P = 0,021 ; DDL = 18 : $p \leq 0,05 \Rightarrow$ il existe des différences significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : Cha; Cha_1 (Printemps)

	N	Moyenne	Ecart-type
Cha	10	6,09	1,41
Cha_1	10	4,918	0,976

T = 2,16 ; P = 0,044 ; DDL = 18 : $p \leq 0,05 \Rightarrow$ il existe des différences significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : Cha; Cha_1 (Eté)

	N	Moyenne	Ecart-type
Cha	10	3,76	1,14
Cha_1	10	3,40	1,07

T = 0,73 ; P = 0,475 ; DDL = 18 : $p > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations

3.4.2. La chlorophylle *b*:

Dans les 2 stations d'échantillonnage l'analyse statistique des résultats des teneurs en chlorophylle *b* montre des différences hautement significatives en l'automne et seulement significatives en l'hiver; toutefois, il n'existe pas de différences au printemps et en été (fig. 43). La teneur maximale est enregistrée au printemps avec 4.40 mg / g MF pour la caroube et 4,978 mg / g MF pour le club de la mer, les minima sont rencontrées en été avec respectivement 2,895 et 2,552 mg / g MF.

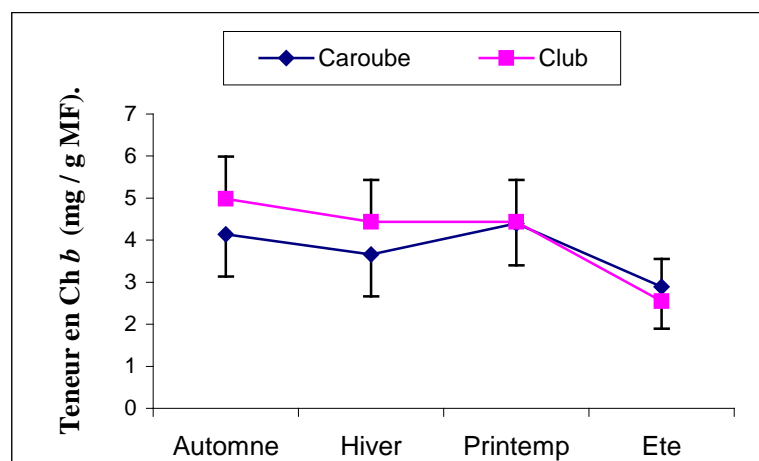


Figure 43: Teneur en chlorophylle *b*.

Etudes statistiques

Ch*b* (Caroube); Ch*b*_1(Club)

Test t pour 2 échantillons indépendants : Ch*b*; Ch*b*_1 (Automne)

	N	Moyenne	Ecart-type
Ch <i>b</i>	10	3,661	0,596
Ch <i>b</i> _1	10	4,436	0,623

T = 2,84 ; P = 0,011 ; DDL = 18 : $P \leq 0,05 \Rightarrow$ il existe des différences significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : Ch*b*; Ch*b*_1(Hiver)

	N	Moyenne	Ecart-type
Ch <i>b</i>	10	4,14	1,13
Ch <i>b</i> _1	11	4,978	0,586

T = 2,17 ; P = 0,043 ; DDL = 18 : $P \leq 0,05$ il existe des différences significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : Ch*b*; Ch*b*_1 (Printemps)

	N	Moyenne	Ecart-type
Ch <i>b</i>	10	4,40	1,43
Ch <i>b</i> _1	10	4,436	0,623

T = -0,08 ; P = 0,940 ; DDL = 18 : $p > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : Ch*b*; Ch*b*_1 (Eté)

	N	Moyenne	Ecart-type
Ch <i>b</i>	10	2,895	0,895
Ch <i>b</i> _1	10	2,552	0,745

T = 0,93 ; P = 0,364 ; DDL = 18 : $p > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

3.4.3. La chlorophylle $a+b$:

Pour la chlorophylle $a + b$ le graphe à une allure similaire à celle de la chlorophylle a . L'étude statistique montre des variations hautement significatives en automne, en hiver et au printemps. La chlorophylle $a+b$ varie en fonction de 3 saisons cependant, en été on n'a pas de différences significatives (fig. 44). Les maxima sont enregistrées en automne avec 8,91 mg / g MF pour la caroube et 11,99 mg / g MF pour le club de la mer et les minima sont obtenues en été avec respectivement 6,43 et 6,10 mg / g MF.

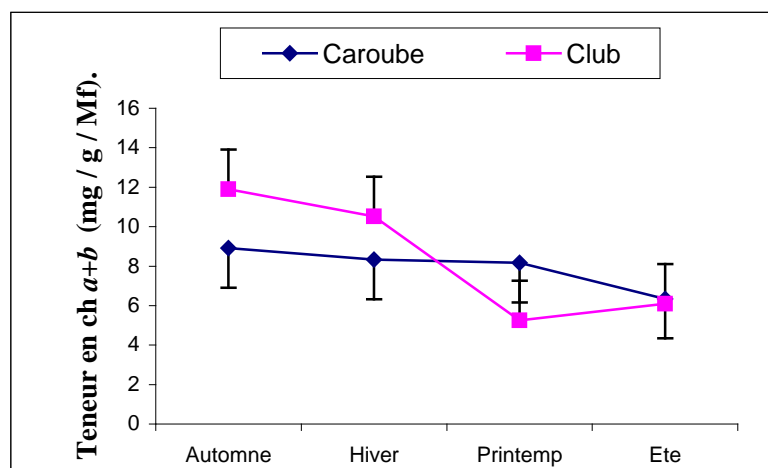


Figure 44: Teneur en chlorophylle $a+b$.

Etude statistique:

$a+b$ (Caroube); $a+b$ _1 (Club)

Test t pour 2 échantillons indépendants: $a+b$; $a+b$ _1 (Automne)

	N	Moyenne	Ecart-type
$a+b$	10	8,91	1,95
$a+b$ _1	10	11,99	1,48

$T = -4,11$; $P = 0,001$; $DDL = 18$: $p \leq 0,001 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significatives entre les 2 stations.

Test t pour deux échantillons indépendants : $a+b$; $a+b$ _1 (Hiver)

	N	Moyenne	Ecart-type
$a+b$	10	8,33	2,01
$a+b$ _1	10	10,53	1,07

$T = -3,06$; $P = 0,007$; $DDL = 18$: $P \leq 0,01 \Rightarrow$ il existe des différences hautement significatives entre les 2 stations.

Test t pour deux échantillons indépendants : $a+b$; $a+b$ _1 (Printemps)

	N	Moyenne	Ecart-type
$a+b$	10	8,17	2,07
$a+b$ _1	10	5,26	1,98

$T = 3,22$; $P = 0,005$; $DDL = 18$: $p \leq 0,005 \Rightarrow$ il existe des différences très hautement significatives entre les 2 stations.

Test t pour deux échantillons indépendants : $a+b$; $a+b$ _1 (Eté)

	N	Moyenne	Ecart-type
$a+b$	10	6,43	2,06
$a+b$ _1	10	6,10	1,68

$T = 0,39$; $P = 0,699$; $DDL = 18$: $p > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

3.4.3. La chlorophylle *a/b*:

Une fois les teneurs en chlorophylles *a* et *b* établies, nous avons calculé le rapport *a/b* (fig. 44) qui selon Guettouche, (1990), représente un indicateur de tolérance au stress.

L'approche statistique montre des maxima en hiver avec 1,422 mg / g MF pour la caroube et de 1,365 mg / g MF automne pour le club de la mer et les minima sont enregistrées au printemps avec respectivement 1,228 et 1,046 mg / g MF (fig. 45).

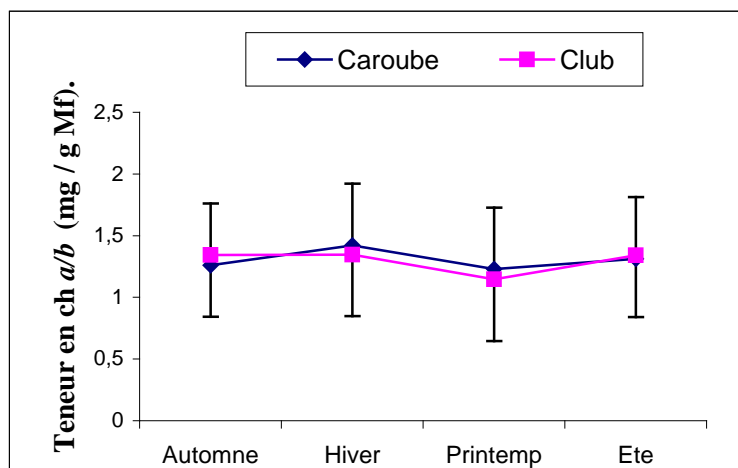


Figure 45: Teneur en chlorophylle *a/b*.

Etude statistique:

a/b (Caroube); *a/b* _1 (Club)

Test t pour 2 échantillons indépendants : *a/b*; *a/b* _1 (Automne)

	N	Moyenne	Ecart-type
<i>a/b</i>	10	1,261	0,348
<i>a/b</i> _1	10	1,365	0,134

T = -0,92 ; P = 0,367 ; DDL = 18 : $p > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : *a/b*; *a/b* _1 (Hiver)

	N	Moyenne	Ecart-type
<i>a/b</i>	10	1,422	0,211
<i>a/b</i> _1	10	1,347	0,236

T = 0,75 ; P = 0,463 ; DDL = 18 : $p > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : *a/b*; *a/b* _1 (Printemps)

	N	Moyenne	Ecart-type
<i>a/b</i>	10	1,228	0,269
<i>a/b</i> _1	10	1,046	0,395

T = 1,20 ; P = 0,245 ; DDL = 18 : $p > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

Test t pour 2 échantillons indépendants : *a/b*; *a/b* _1 (Eté)

	N	Moyenne	Ecart-type
<i>a/b</i>	10	1,312	0,149
<i>a/b</i> _1	10	1,338	0,200

T = -0,33 ; P = 0,745 ; DDL = 18 : $p > 0,05 \Rightarrow$ il n'existe pas de différences significatives entre les 2 stations.

3.5. Résultats histologiques:

Les principaux caractères de la posidonie permettent de déterminer son origine primaire ou secondaire de l'échantillon. Chaque tissu est décrit selon : sa position dans l'organe étudié; le nombre de couches cellulaires (1, 2 ou 3 assises), leur agencement, leur forme et la paroi: son épaisseur, sa couleur et sa nature (Gorenflot (1980)).

3.5.1. Sans coloration : (planche 1, 3, 4 et 5). Structure primaire: la feuille de posidonie comprend le limbe constitué de 2 faces l'une supérieur et l'autre inférieur (planche 1).

Face supérieure:

- Epiderme: un tissu de revêtement constitué d'une seule couche de cellules cutinisées. Aérien sans chloroplastes, il isole les parenchymes du milieu extérieur. L'épiderme de la face supérieure est plus épais que celui de la face inférieure.
- Présence de parenchyme chlorophyllien.

Face inférieure:

- L'épiderme est moins épais.
- Présence du parenchyme lacuneux (de réserve).

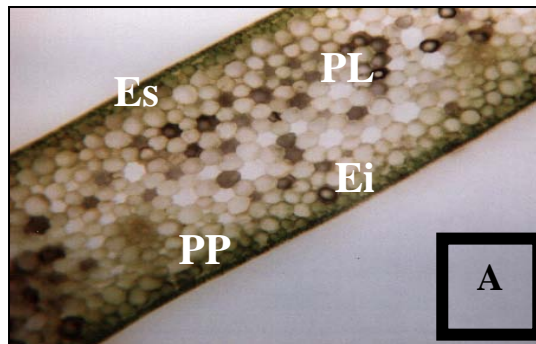
3.5.2 Avec coloration : Structure secondaire : (planche 2).

Suber : comme nous sommes en présence d'une structure secondaire, l'épiderme se détache. Il est remplacé par le suber qui est un tissu conducteur secondaire, constitué de cellules aplaties de petites tailles sans méat, il meurt rapidement après sa formation. La paroi suberifiée empêche les échanges avec l'extérieur ou avec les cellules voisines.

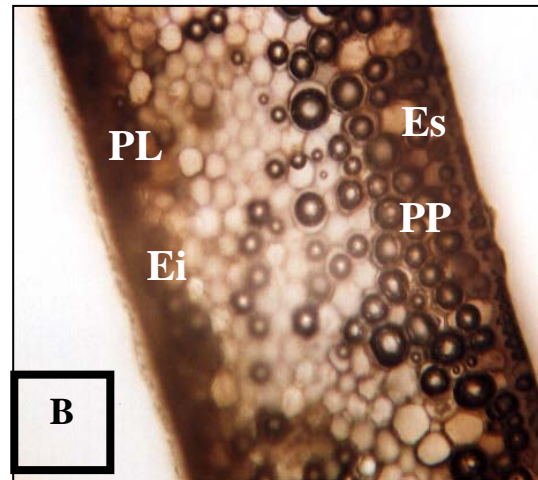
Zone génératrice subéro-phyllodermique : zone responsable de la formation des liéges des phyllodermes.

Faisceaux libéro-ligneux : comme il s'agit d'une structure secondaire, nous observons :

- Phloème secondaire : les éléments fonctionnaires du liber sont des tubes criblés.
- Cambium : c'est un méristème secondaire qui provient de la dédifférenciation des cellules des tissus primaires.
- Xylème secondaire : il renferme 2 types de cellules: cellules du parenchyme ligneux vertical, cellules du parenchyme horizontal visible; il renferme aussi de grandes vésicules (vaisseaux du bois secondaire).



x1000

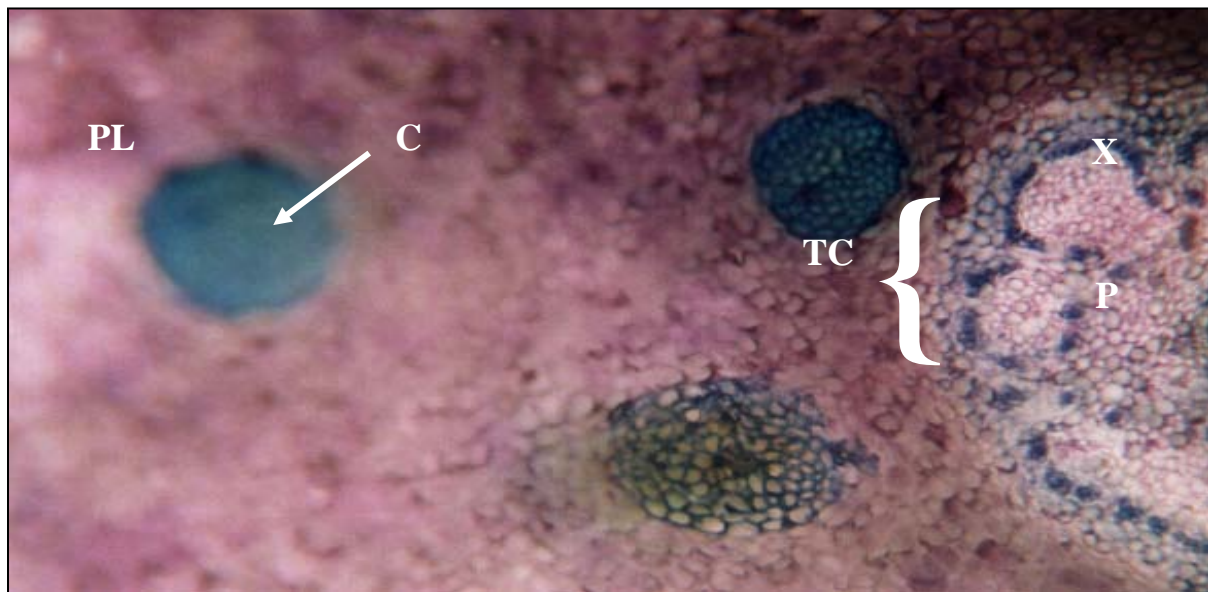


x1000

Es : Epiderme de la face supérieure.
PP : Parenchyme palissadique.

PL : Parenchyme lacuneux.
Ei : Epiderme de la face inférieure.

Planche 1: Microphotographie de coupes transversales de feuille A et B d'écaille de *P. oceanica* (sans coloration).



x 10 000

PL : Parenchyme lacuneux
C : Combium

TC : Tissu conducteur
X : Xylème.
P : phloème.

Planche 2: Microphotographie de coupe transversale du rhizome de *p. oceanica* L. après double coloration (coloration vitale : Vert d'Iode et Rouge Congo).

Planche 3: Microphotographie de coupes transversales d'écaïlle **A** et **B** et de feuille **C** et **D** de *P. oceanica* (sans coloration). La représentation **E** montre une section longitudinale d'une feuille colorée au bleu de toluidine.

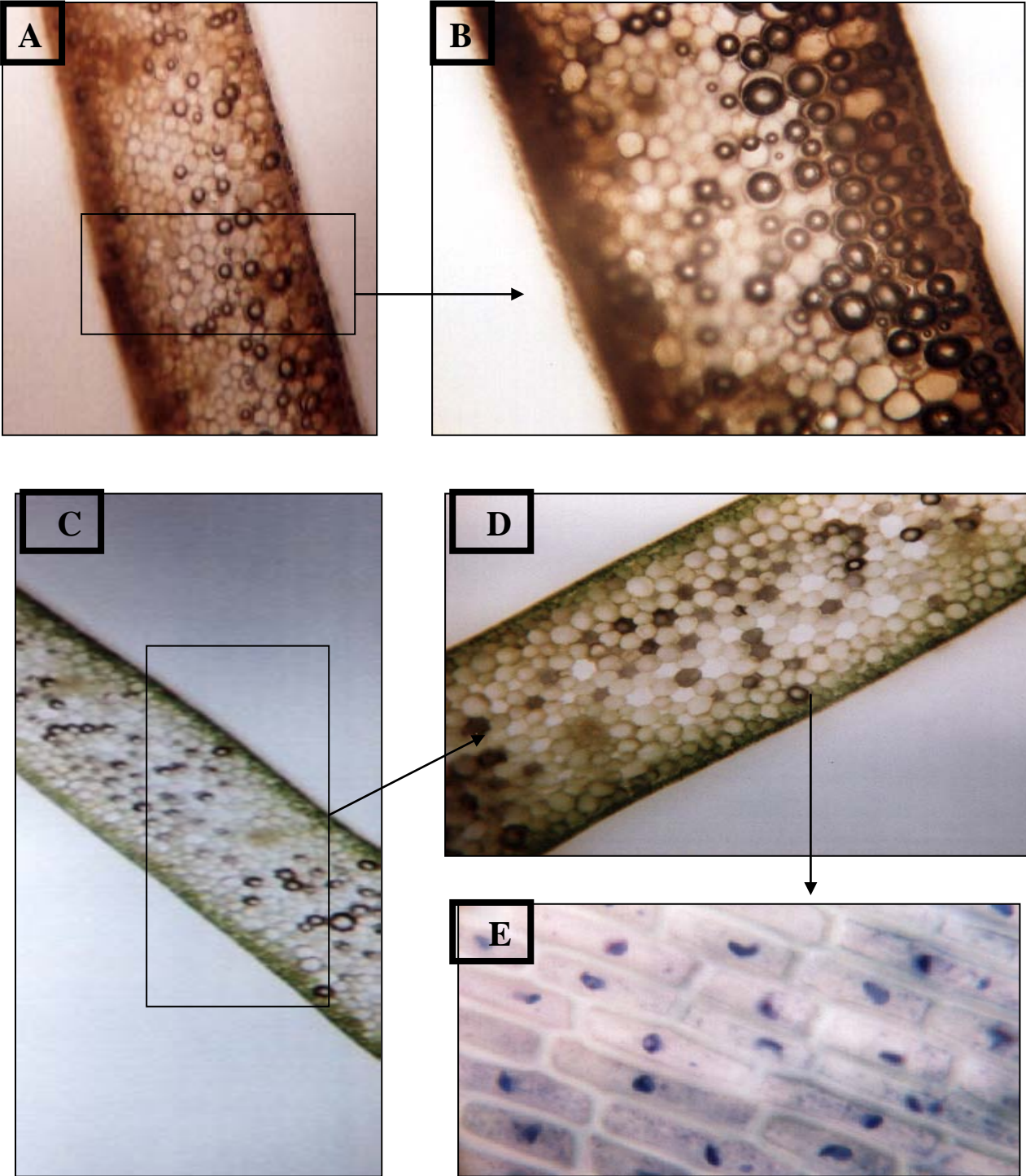
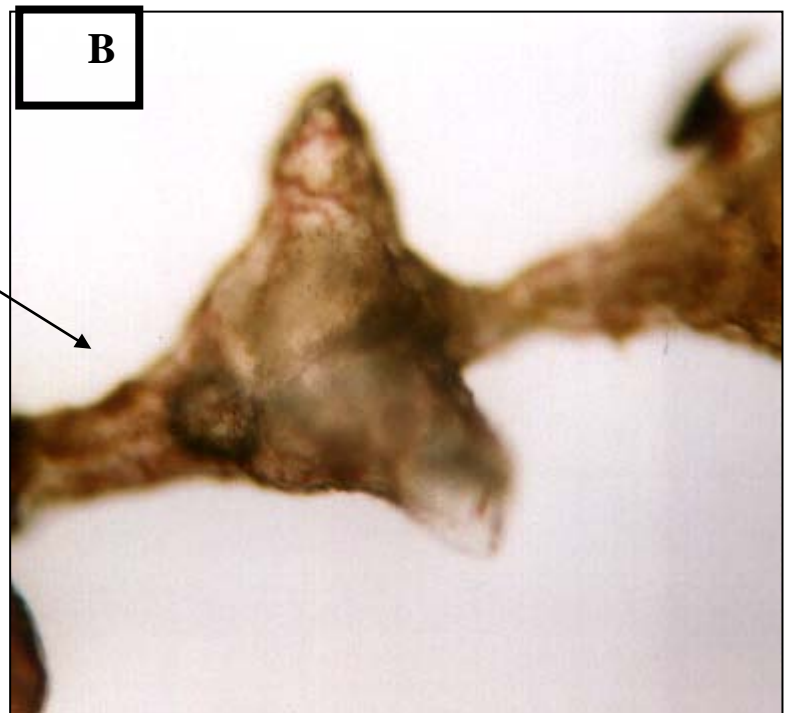


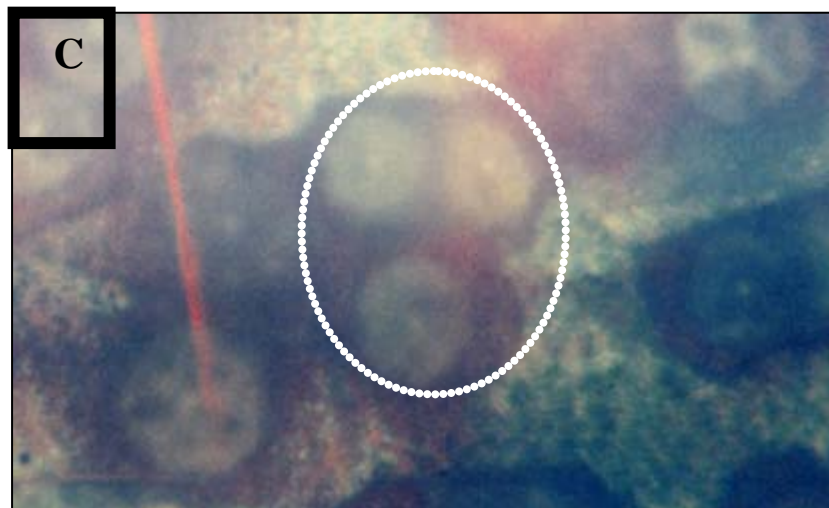
Planche 4: Microphotographie montrant 2 types d'épiphytes de *p. oceanica*. Le 1^{er} en pyramides superposées **A** avec la loupe **B** et le second **C** en cercle dit *Melobesia farinosa*.



x 400

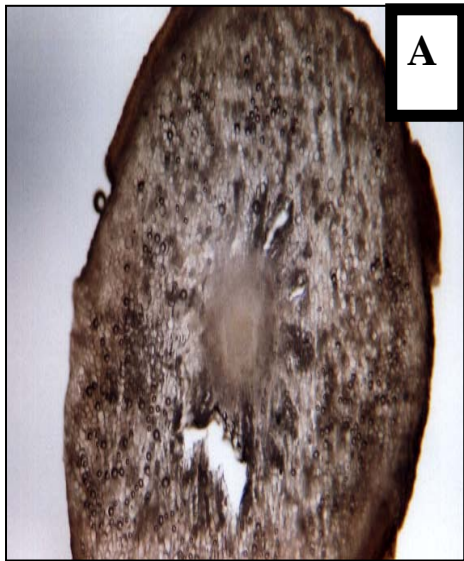


x 1000

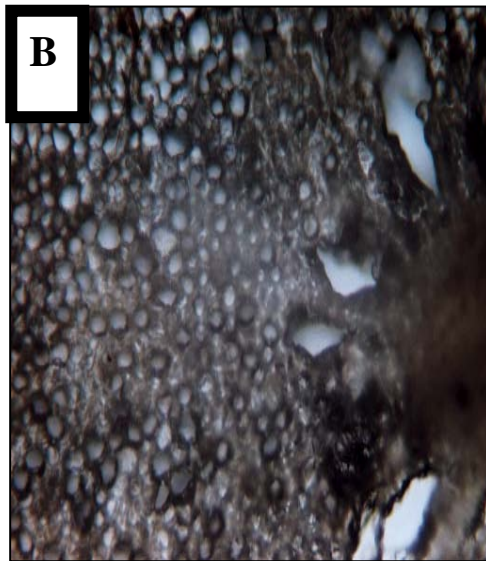


x1000

Planche 5: Microphotographie montrant une vue générale sans coloration de la racine **A**, et avec une loupe **B**.



x 400



x 1000

4. Discussion :

Il n'est pas aisé d'évaluer l'eutrophisation anthropique de la méditerranée du fait des conditions de variabilités naturelles et influences climatiques. Par ailleurs on doit noter la rareté des séries chronologiques de travaux relatifs à la posidonie qui pourraient être utilisés pour illustrer des tendances sur les différentes aires de la méditerranée.

Globalement les effets de l'eutrophisation sont les suivants :

- Augmentation des concentrations en nutriments durant les périodes hivernales;
- Accroissement de la production et de la biomasse du phytoplancton;
- Modifications de la composition des phytoplanctons, notamment apparition d'algues présentant des risques pour la faune marine et la santé humaine;
- Transformation des communautés végétales et animales benthiques;
- Modifications du régime de l' O₂ dans l'eau et les sédiments.

En méditerranée le stock d'oxygène des eaux profondes n'est pas inépuisable il est limité par les quantités d'O₂ dissous que les eaux de surface emportent avec elles lors de leur plongée hivernales. Ainsi les apports terrestres en substances polluantes s'ils se poursuivent au rythme actuel entraîneront la consommation totale de l'O₂ des eaux des fonds vers 2020 pour la méditerranée occidentale et vers 2035 pour la méditerranée orientale [8].

Au début du 21^{ème} siècle, la mer méditerranéenne pourrait commencer à présenter quelques caractéristiques de la mer Noire et de la mer baltique c'est-à-dire une anoxie des eaux profondes [9] avec pour conséquence une prochaine disparition de la faune benthique et son remplacement par des micro-organismes anaérobies. Les délais de constitution de zones anoxiques pourraient être repoussés si l'on parvient à stabiliser les apports d'origine terrestres après 2020, en limitant ainsi la consommation croissante de l'O₂ dissous par la protection des herbiers de posidonie. La crise interviendrait alors vers 2045 en méditerranée occidentale et vers 2060 en méditerranée orientale [10].

A Annaba, en dépit des efforts consentis depuis 10 ans, l'élimination des déchets rejetés en mer n'est pas satisfaisante. Aussi n'est-il pas étonnant de noter dans de nombreux cas une dégradation de la qualité des eaux réceptrices et du milieu naturel aquatique en général.

D'autres part, la population dans la région de la caroube et du club de la mer n'est pas raccordée à une station d'épuration (voir figs. 13 et 14). La baie d'Annaba, semi enclose est alimentée par des cours d'eau chargés en fertilisants il s'agit de:

Oued seyhouse et Mafragh,

Des rejets d'égouts principalement: Oued Kouba, Oued Edaheb, Oued Forcha,

Des rejets industriels parmi lesquels: ASMIDAL et oued Boumedja

Et des rejets mixtes urbains et industriels dans le port commercial et de pêche.

Si nous nous référons à l'historique de la zone Est du golfe d'Annaba, suite à l'installation du complexe ASMIDAL destiné à la fabrication d'engrais azotés et phosphorés et donc aux rejets partiels de ces mêmes composés (voir fig. 46) le problème reste entier. Il s'agit d'une eutrophisation pratiquement installée dans le secteur allant d'El Battah (oued Mafragh) jusqu'au port de pêche d'Annaba.

Le fond marin est sableux, désertique contenant par endroit des populations d'étoiles de Mer (communication personnelle). Cette eutrophisation des eaux se manifeste aussi par des proliférations algales pouvant conduire, lors de leur dégradation sous l'action bactérienne, à des désoxygénations pour la faune. La production d'agrégats muqueux et l'apparition d'algue phytoplanctonique toxique vis-à-vis des animaux marins et de l'homme à long terme. Cette situation, si elle n'est pas prise en charge immédiatement risque de se répandre à la zone Est quant on sait que depuis juin 2005, ASMIDAL est sous statut mixte Algéro – espagnol et par conséquent les productions d'engrais seront plafonnées.



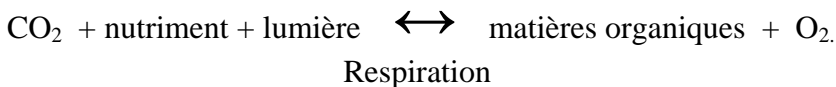
Figure 46: Photographie montrant la région Nord du complexe ASMIDAL et ses rejets en mer (cercle rouge).

La superficie et le volume d'eau dans le golfe d'Annaba étant restreints, les brassages par les courants y sont faibles ainsi, elle est particulièrement sujette à l'eutrophisation et à ses conséquences; la menace est alors inversement proportionnelle à sa dimension. Cette eutrophisation résulte d'une surabondance de la matière organique algale qui est produite en excès. Cette dernière sédimente puis subit une réaction chimique de dégradation suite à une minéralisation qui nécessite une consommation d' O_2 , or le stock d' O_2 des eaux profonde n'est pas inépuisable, il est limité par la quantité d' O_2 dissous que les eaux de surface emportent avec elles lors de leur plongée hivernale [8].

Lors de ces phénomènes d'eutrophisation les désoxygénations liées à la dégradation des matières organiques ont des conséquences considérables sur l'environnement et la pollution organique est la forme la plus courante. En effet, l'eau résiduaire déverse dans l'environnement aquatique la matière organique sujette à l'action des bactéries. Par ailleurs elle apporte les sels nutritifs générant, des matières organiques algales sujette à la minéralisation biologique [10].

Du fait de l'activité bactérienne, la concentration d'O₂ dissous diminue, cette déléation est compensée par l'apport d'O₂ atmosphérique qui est lent. Ainsi le taux d'oxydation bactérienne aérobie est réduit, des molécules organiques peuvent alors s'oxyder sans l'usage d' O₂, mais les produits terminaux comprennent des composés tels que H₂ S (l'hydrogène sulfuré), NH₃ (ammoniac), CH₄ (méthane) lesquels sont toxiques pour de nombreux organismes. La concentration d'O₂ dissous est ainsi élevée dans les couches de surface et diminue dans les couches du fond. La faune benthique disparaît jusqu'à un nouvel apport d'eau de mer qui permet généralement une recolonisation [9]. Lorsque les nutriments inorganiques ou de la matière organique sont introduits dans l'environnement marin, on a une intensification de la relation :

Photosynthèse



La baie d'Annaba peut être considérée, à l'échelle de quelques décennies comme anoxique et commence à devenir dans certains secteurs, inadapté à la vie et si rien n'est fait tout de suite, une disparition des communautés benthiques des eaux profondes nous paraît inévitable. Pour cela un plan d'action urgent, la mise en place de 4 mesures nous paraissent indispensables, il s'agit de:

1. L'élimination de tous les déchets solides fluviaux où ils doivent être traités en installant.
2. des stations d'épuration ce qui réduirait la quantité de résidus qui parviennent à la mer.
3. De même des installations pour le nettoyage des ports.
4. La protection légale de nombreuses espèces d'animaux et plantes ainsi les communautés à grand intérêt écologique, comme les prairies de posidonie.

L'étude de l'herbier de posidonie *p. oceanica* dans le golfe d'Annaba nous a permis d'aborder indirectement le degrés d'eutrophisation du secteur Est du golfe d'Annaba.

Nous nous sommes intéressé au suivi de l'évolution des différents paramètres phénologiques des faisceaux d'herbier de *P. oceanica* et leur biométrie foliaires pendant un cycle biologique allant de septembre 2004 à août 2005. Nos résultats montrent que la croissance de *P. oceanica* est liée aux variations des paramètres physico chimiques de l'eau. En effet, la croissance de *P. oceanica* est liée

non seulement à la température comme le signale Buia et *al.*, (1992), mais aussi à l'habitat de cet herbier, qui est soumis à différents facteurs comme l'hydrodynamisme et la turbidité. Les variations enregistrées entre les 2 stations seraient principalement liées à l'hydrodynamisme qui influence sur le nombre, la largeur, le rythme de chute des feuilles et l'état des apex, ce résultats a été constaté par (Mazzella et Ott, (1984); Buia et *al.*, (1985). C'est ce qui lui permet de coloniser de vaste surface (Augier et *al.*, (1980); Augier et Boudouresque, (1979). Les valeurs extrêmes ont montré que *P. oceanica* est euritherme par excellence.

Les différents paramètres phénologiques mesurés restent faibles par rapport à ceux observés dans d'autres sites de la méditerranée (Giraud, (1977b), cette différence ce serait liée au degré de l'enfoncement de l'herbier sur le substrat dur (Perssani et *al.*, (1984).

Pour la densité de l'herbier, le substrat n'est pas le seul facteur déterminant, il peut diminuer également sous l'effet de la pollution comme le montre Drew et Jupp, (1976); Giraud, (1977). La densité et le Leaf Area Index varient d'une station à l'autre, car les conditions ambiantes de pénétrations de la lumière et de la température y sont différentes. Ce résultat est similaire à celui de Mazzella et *al.*, (1981), (1989); Pirc, (1984), (1985); Buia et *al.*, (1992) qui l'expliquent par des variations dans le métabolismes de la plante. D'ailleurs, Cette diminution de densité est valable aussi pour la majorité des phanérogames marines (Duarte, (1991).

Le nombre de feuilles globales/faisceau présente des variations tout le long de l'année avec une augmentation en été et une diminution en automne et le printemps. Ces variations sont signalées en méditerranée par plusieurs auteurs (Caye, (1982); Thelin et Giorgio, (1984); Pergent, (1987). Selon Caye (1989), ces fluctuations sont dues aux variations de la température qui module l'activité des méristèmes végétatifs que nous avons abordés dans l'approche histologique.

Le déficit en nombre des F.I à été déjà observé à Ischia par Giraud et *al.*, (1979) et Mazzella et *al.*, (1991), le pic du nombre des F.I coïncide avec le minimum des F.J dans les 2 stations, cette évolution met en évidence la succession des générations Buia et *al.*, (1992); Mazzella, (1991); Sanchez Lizaso, (1993); Boumaza, (1995); Bouhayene, (2002) montre des résultats similaires.

Dans les 2 stations, le nombre moyen des F.J comme le montre Wittmann, (1984) est maximal en automne et diminue en hiver et en été. Ce qui explique l'apparition des feuilles juvéniles tout le long de l'année.

La longueur des F.A.I présente d'importantes variations saisonnières dans les 2 stations, avec un maximum en été et au printemps et un minimum en automne. En effet, Molinier et Zevaco (1962), et Wittmann (1984) Caye (1989), explique ce résultats par le fait que le printemps constitue la période la plus favorable au développement végétatif de la plante, et l'automne la période où la croissance des feuilles est ralentie.

Nos résultats montrent que les longueurs des F.A sont plus importantes dans le club de la mer que dans la caroube. Ceci serait dû à plusieurs facteurs; nous pensons à la chute de feuilles, coefficient A élevé, l'abondance de l'espèce d'oursin *Paracentrotus lividus* et surtout les rejets des émissaires urbains, dont les maximums sont observés en automne pour la St (A) et le printemps pour la St (B).

En méditerranée, de nombreux auteurs Pergent, (1990); Semroud, (1993); Boumaza, (1995); Bouhayene, (2002) mentionnent les mêmes résultats.

Les longueurs des F.I sont toujours moins importantes que celles des F.A, car leur croissance n'est pas encore achevée Rico-Raimondino, (1989).

Les F.J sont longues en hiver et courtes en automne pour la St.(A) et en été pour la (B) mettant ainsi en évidence la succession des générations ce résultat est similaire à celui de Buia et *al.*, (1992), alors que d'autres auteurs (Pergent, (1987); Semroud, (1993); Boumaza, (1995); Rico-Raimondino, (1995); Bouhayene, (2002) notent une prédominance des feuilles longues en été et courtes en hiver.

Ces variations de la longueur des feuilles le long d'un cycle annuel peuvent s'expliquer par un rythme de chute et de formation des feuilles, donc de la succession de différents types de feuilles dans le faisceau. Qui s'accompagnent avec les variations de l'épaisseur du limbe et du pétiole.

Ces différences de longueurs d'une station à l'autre sont dues à la réduction de l'intensité lumineuse qui est causée par les eaux confinées et turbides; en effet, Drew (1978) a montré que le taux de chlorophylle est plus important sur l'apex des feuilles dans les stations profondes, tandis que dans les stations superficielles la concentration la plus élevée est localisée dans la partie centrale de la feuille de *P. oceanica*. Genot et *al.*, (1994), lors d'expérience de transplantation de faisceau de *P. oceanica*. Ont montré que la capacité photosynthétique des plantes récoltées à une grande profondeur est plus importante que celles récoltées en eau superficielle. Ces variations saisonnières de la longueur des feuilles ont été également décrites chez d'autres phanérogames marines telles que *Thalassia testudinums* (Zieman, 1975).

Les largeurs moyennes relevées dans les 2 stations sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans différents secteurs de la méditerranée. Alors que Pergent-Martini, (1994) ne décèle aucun critère particulier sur les faisceaux, qui trouvent un nombre de faisceau libéro-ligneux plus important que celui généralement rencontré en méditerranée. Ces largeurs seraient une réponse aux conditions environnementales.

La largeur moyenne des feuilles augmente avec le temps, ce sont les feuilles les plus externes, par conséquent les plus âgées, qui sont les plus larges quel que soit la station et la saison. Ce résultat est confirmé à ceux obtenus par Giorgi et Thelin, (1983) ; Sanchez et Lizaso, (1993); Pergent-Martini, (1994); Boumaza, (1995); Rico-Raimondino, (1995); Bouhayene, (2002).

Des travaux antérieurs (Drew et Jupp, (1976); Bay, (1978); Panauotidis et Giraud, (1981). n'ont pas décelé de variation notable de la largeur des feuilles chez *P. oceanica*. D'ailleurs, la largeur est considérée par Wittmann, (1984) comme intégrateur des conditions du milieu donc un paramètre stable. Cependant Caye, (1989) et Meinesz *et al.*, (1984) ont mis en évidence une variabilité génétique se manifestant par des variations de longueur et de largeur des feuilles et du fonctionnement des méristèmes apicaux au niveau de jeunes plantes obtenues à partir de graines. Enfin, la largeur des feuilles varie d'une localité à l'autre en raison de la réduction de l'intensité lumineuse Pergent-Martini, (1994).

Les fluctuations du coefficient A en fonction de la localité traduisent une pression de prédation et/ou des conditions hydrodynamiques différentes, il résulte d'une part de l'action de l'hydrodynamisme et d'autre part du broutage par les herbivores, comme le sparidé *Sarpa salpa* et l'oursin régulier *Paracentrotus lividus* qui consomment les épiphytes des feuilles de *p. oceanica* nous confirmons par ces résultats les constatations de Wittmann *et al.*, (1981), Pergent, (1987); Rico-Raimondino, (1989); Verlaque, (1990).

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau de la St (A) et (B). En été et au printemps, quand le recouvrement épiphytique est à son maximum comme l'indiquent Dauby et Coulon, (1993), Mazzella *et al.*, (1992). Ce recouvrement est composé essentiellement de phéophycées dressées (*Gyrandia*, *Castagneae*) pour lesquelles *Sarpa salpa* montre une prédilection; tandis qu'il est minimum en automne du fait du renouvellement des feuilles. Ce résultat a été également constaté de travaux en méditerranée par Verlaque, (1990); Sanchez et Lizaso, (1993), Boumaza, (1995).

Le coefficient A des F.I est relativement faible, par rapport à celui des F.A, car ces feuilles sont plus récentes et mieux protégées de l'action des consommateurs et de l'hydrodynamisme, du fait de leur position à l'intérieur du faisceau.

Les valeurs du coefficient A obtenues sont élevées, mais restent du même ordre de grandeur que celles mesurées par Pergent Pergent-Martini, (1988); Semroud (1993), et Boumaza, (1995), elles sont cependant plus importantes que celles relevées par Buia *et al.* (1989) ou encore Frada O'Restano *et al.* (1993).

Pergent-Martini, (1994), par son analyse des valeurs relevées dans la littérature identifie 2 types de stations: celles dont le coefficient A est élevé et qui se trouvent en France et en Algérie et

sont caractérisées par une importante population d'oursin *P. lividus*, et celles qui en sont dépourvus. L'auteur conclue que l'action exercée par les oursins est plus importante que celle exercées par *Sarpa salpa*.

La surface foliaire inclue la longueur, la largeur et le nombre de feuille / faisceau de chaque type de feuilles considérées, c'est un paramètre synthétique de la physionomie de la plante. Les maxima sont enregistrées en été avec 318,09 cm²/ faisceau pour la St (A) et 278,09 cm²/faisceau pour la St (B). Le minima est de 281 cm²/ faisceau en hiver dans la St (A) et de 234,23 cm²/faisceau au printemps dans la St (B), ce type de fluctuation de la surface foliaire est mis en évidence par de nombreux auteurs (Semroud, (1993); Silvestri, (1993) ; Boumaza, (1995); Bouhayene, (2002).

Les teneurs en chlorophylles *a* et *b* sont les plus élevées dans les feuilles de posidonie du club de la mer, pour la ch *a/b* qui est un indicateur de tolérance (Gettouche, (1990); Selon ce même auteur, l'herbier le plus tolérant aux conditions défavorables du milieu à un rapport *a/b* plus élevé avec une coloration plus pale du feuillage que celui moyennement tolérant.

Par conséquent le ratio *a/b* est plus élevé dans la plage la caroube que dans le club de la mer avec respectivement 1,42 Mg/g/Mf et 1,36 Mg/g/Mf (Mammeria et Djebbar (2005).

Enfin, les variations des différents paramètres phénologiques sur la période allant de Septembre 2004 à Mai 2005, et les différences observées en fonction de la localité, montrent bien l'influence des conditions hydrodynamiques, de l'ensoleillement, de la pression de prédation et de l'eutrophisation de la baie d'Annaba (Mammeria et Djebbar (2005); Djebbar et *al.*, (2003).

5. Conclusion.

La baie d'Annaba, est semi enclose, alimentée par des cours d'eau chargés en fertilisants il s'agit principalement de:

- Oued seybouse et Mafragh;
- Des rejets d'égouts principalement oued Kouba, oued Edaheb, et oued Forcha;
- Oued Boumedja et ASMIDAL qui rejettent des composés partiels d'engrais azotés et phosphorés. Les rejets urbains et industriels des ports.

Les brassages par les courants y sont faibles ainsi, l'absence de station d'épuration dans la caroube et dans le club de la mer (Belvédère); fait que toute cette matière contribue à l'eutrophisation du secteur ouest du golfe d'Annaba, après celle de la zone de l'est allant d'El Battah jusqu'au port de pêche. La conséquence de cette mort lente du fond marin se traduit par un sol sableux, désertique et la présence de population d'étoiles de Mer.

De plus l'eutrophisation des eaux de la zone est de la baie d'Annaba se manifeste par des proliférations algales conduisant, lors de leur dégradation sous l'action bactérienne, à des désoxygénations pour la faune et la flore. Ce phénomène est à l'origine de la production d'agrégats muqueux et de l'apparition d'algues phytoplanctoniques toxique. La réduction du taux d'oxydation bactérienne aérobie entraîne une oxydation de la matière organique sans l'usage d'O₂ donnant naissance à des produits toxiques tels que H₂S, NH₃, CH₄. La faune benthique disparaît jusqu'à un nouvel apport d'eau de mer qui permet à long terme une recolonisation. Ainsi il nous paraît urgent de mettre en place les opérations suivantes:

- 1- Traitement ou élimination des déchets en amont des oueds par la:
- 2- Construction de stations d'épuration ou la remise en marche des stations défectueuses ce qui réduit la quantité de résidus qui parviennent à la mer.
- 3- Entretien et nettoyage des ports.
- 4- La protection légale des communautés à grand intérêt écologique, de nombreuses espèces d'animaux et plantes parmi lesquels les prairies de posidonie.

L'analyse des principaux descripteurs qui rendent compte de la vitalité de l'herbier à *P. oceanica* permet d'aborder l'étude du phénomène d'eutrophisation dans le golfe d'Annaba. Ainsi 2 sites ont été retenus dans la région ouest d'Annaba; l'échantillonnage, il s'agit de -l'étude des paramètres phénologiques et la quantification des chlorophylles- s'étalant sur les 4 saisons de prélèvement, jusqu' a l'été 2005, effectué à 2 mètres de profondeur, nous à permis de comparer les herbiers de ces 2 sites. Le choix des stations est basé sur les critères écologiques et anthropiques afin

de pouvoir les comparer. La première St (A) la caroube, se situe à ouest de la baie d'Annaba. Au niveau de l'étage infra littorale accessible en plongée sous-marine, dans une zone influencée par les rejets des eaux usées des agglomérations et d'autre part par les barques à moteur qui utilisent abusivement les plages comme port de pêche.

La seconde St (B) se situe un peu plus à l'ouest de la baie. Vu la présence de 2 complexes touristiques, les herbiers de cette plage, moins importants que la 1^{ère}, prolifèrent sur un substrat rocheux. Au terme de cette étude, on peut dire que:

La températures et la salinité), n'ont pas subit de grande variations dans la zone d'étude depuis une décennie.

L'herbier présente une densité moyenne $255,1 \pm 34,93$ faisceau/m² à la station (A) et de $197,4 \pm 14,87$ faisceau/m² à la station (B), ce qui correspond à un herbier très clairsemé de type IV, ce qui est normal pour un herbier superficiel.

L'étude phénologique nous a permis d'évaluer les différents paramètres existant entre les 2 stations et les comparer aux résultats avancés par d'autres auteurs sur les herbiers méditerranéens:

Les feuilles de l'herbier du Club de la mer sont plus longues et moins larges que celles de la Caroube, le nombre de feuilles et le coefficient A sont faible, par rapport à ceux de la caroube. Ce constat est dû à l'importance de la couverture épiphytique à l'origine d'une consommation accrue par les herbivores, et qui est également la conséquence des impacts de l'hydrodynamisme.

La plupart des descripteurs, sont à leur maximum en été, période favorable pour le développement de l'herbier et au minimum à partir de l'automne influencés par l'hydrodynamisme, tandis que l'évolution des paramètres phénologiques montre que le nombre et la longueur des feuilles varient en fonction des saisons, elles augmentent en été et diminuent en automne et ce, en fonction de la station.

Pour le ratio ch *a/b* les 2 courbes se superposent avec une légère augmentation dans la caroube expliquant la tolérance de l'herbier à son milieu.

Le champ d'investigation dans l'herbier à *P. oceanica* dans l'Est Algérien est suffisamment vaste pour nous permettre de nombreuses perspectives de recherches. Cependant, d'autres descripteurs nécessitent une étude plus détaillée, élargie sur l'herbier afin de mettre en évidence, l'impact des conditions naturels et anthropiques sur l'évolution de la croissance de l'herbier dans le golfe d'Annaba, et de faire le diagnostique de son état de santé.

Enfin et pour résumer notre étude, nous proposons un schéma (fig. 47) récapitulatif de l'impacte des pollutions industrielles et urbaines sur l'eutrophisation du golfe d'Annaba.

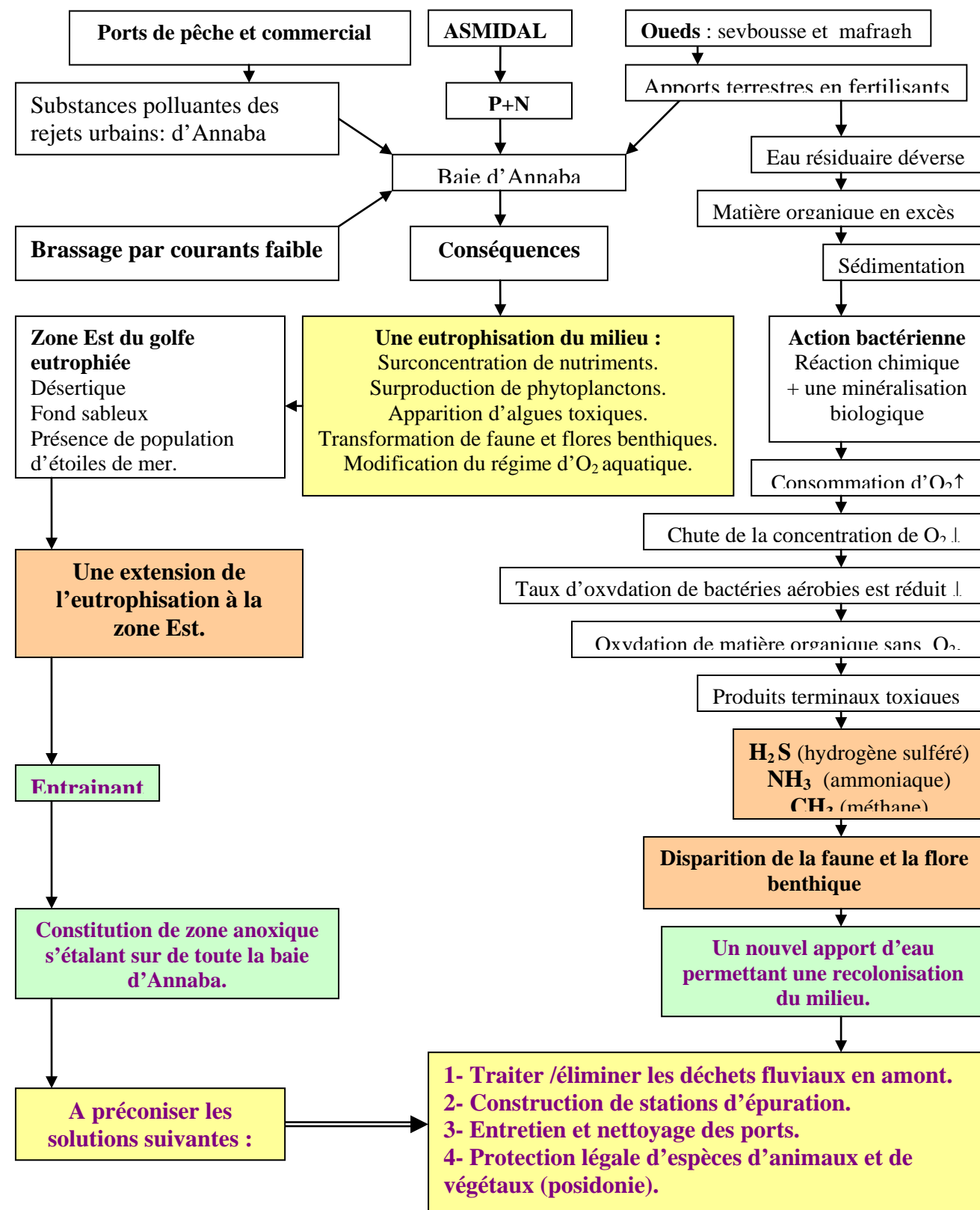
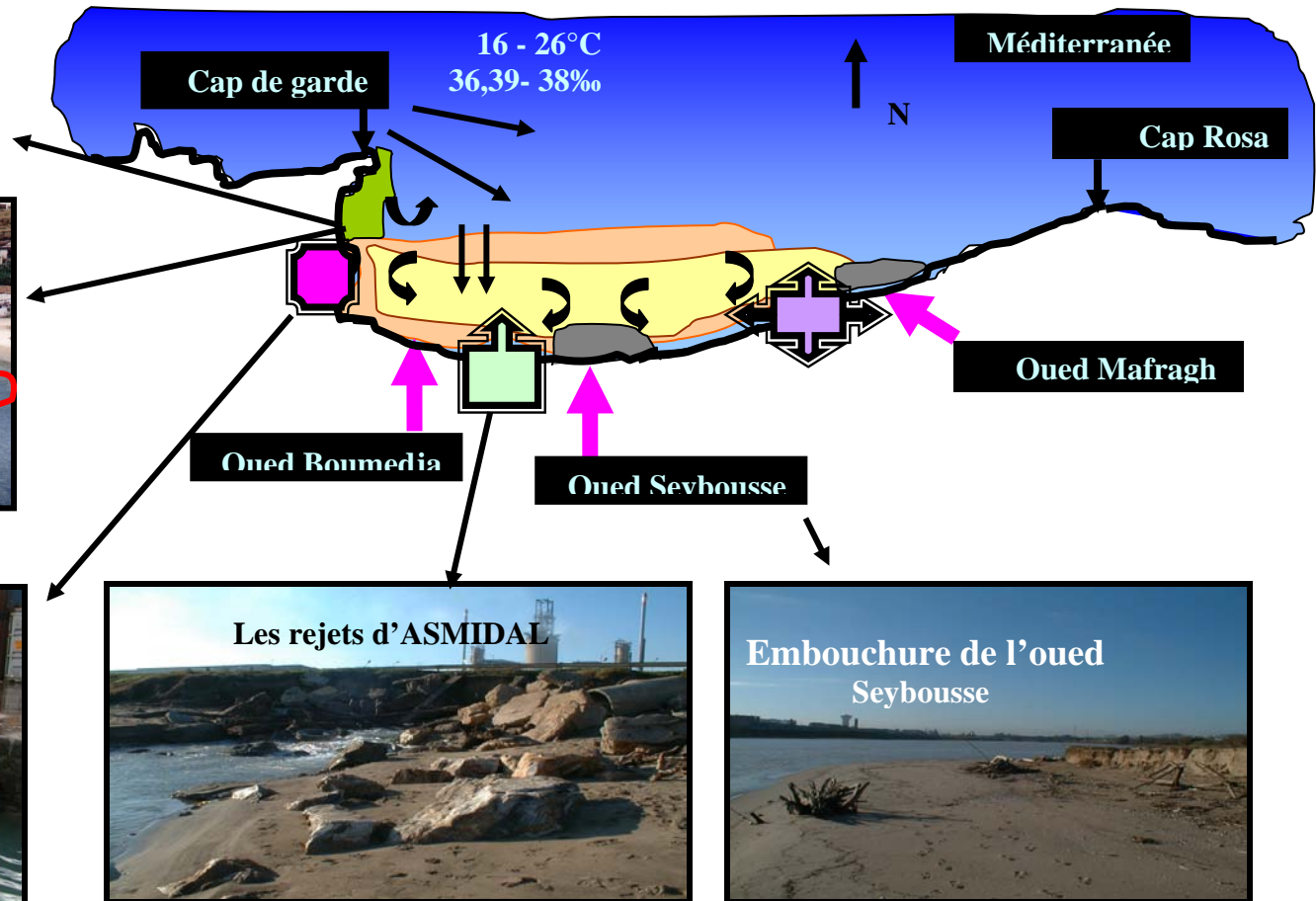
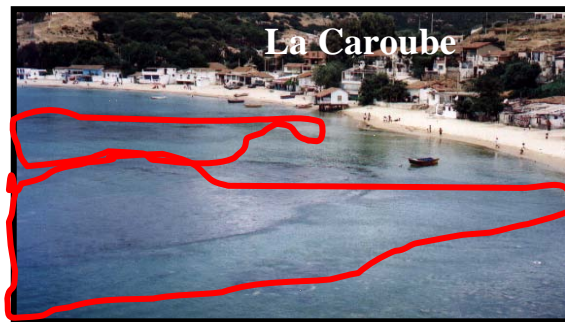


Figure 47: Schéma de fonctionnement d'écosystème marin vis-à-vis des différentes formes de pollution industrielles et urbaines déversées dans la baie d'Annaba et contribuant au phénomène d'eutrophisation.

Figure 48 : Schéma récapitulatif de différentes formes de pollution industrielles et urbaines dans la baie d'Annaba et contribuant au phénomène d'eutrophisation.

Echelle: 1/25.000^{eme}



ASMIDAL.



Usine de dessalement.



Le Port Commercial. Les flèches en noir représentent les courants.

6. Perspectives:

La dernière décennie a vu conjointement, la construction de ports, d'établissements touristiques et autres restructurations des rivages anarchiques, qui sont à l'origine de l'eutrophisation de la zone Est du golfe d'Annaba avec la disparition totale de l'herbier de posidonie poumon du littoral. Cette eutrophisation est bien établie.

On se pose actuellement 2 questions:

- 1- est ce que l'eutrophisation de la zone Est du golfe d'Annaba, est réversible ? Si oui comment peut-on amorcer une régénération de l'herbier.
- 2- Comment préserver la zone Ouest du golfe ?

A la première question nous proposons:

- **Technique de bouturage** destiné à réimplanter les posidonies là où elles ont péri, à l'aide de plants en épave, une fois que seront supprimées les causes de leur disparition. Cette méthode a été validée par le programme **Europosidonia** [7].

- Il faudrait mettre en place une loi sur la protection de la posidonie. Dès lors, si cet effort de dépollution et de réduction des autres nuisances est poursuivi, on peut espérer que s'amorce une régénération naturelle des herbiers à partir des prairies survivantes. Cependant la reproduction sexuée des posidonies étant très rare et la colonisation des fonds par leurs rhizomes traçants extrêmement lente d'où l'idée de rechercher des techniques capables d'accélérer cette régénération naturelle.

A la 2^{ème} question nous proposons les suggestions suivantes:

- des études approfondis sur la dynamique de l'herbier tels que la position bathymétrique de sa limite inférieure qui renseigne sur la turbidité moyenne des eaux de mer, l'indice d'épiphytisme qui permet d'estimer séparément la contribution des différents groupes d'épiphytes, le recouvrement et le déchaussement des rhizomes qui renseigne sur le taux de sédimentation.

- Evaluer l'impacte des pollutions côtières; ainsi que l'évolution naturelle des herbiers sur le littoral d'Annaba grâce à la surveillance par les méthodes de balisage de la limite inférieure et par le carré permanent, aussi par l'analyse et l'étude du compartiment animal (Crustacés et poissons) associé à l'herbier ayant un grand intérêt économique.

- Incrire le littoral d'Annaba dans un programme méditerranéen global tel que le **GIS Posidonie** (Groupement d'Intérêt Scientifique) créé en 1981 en Europe, à pour mission d'étudier le dynamisme et le fonctionnement de ces herbiers car, gérer c'est d'abord comprendre.

Références bibliographiques :

Anonyme (1981) «Larousse agricole» édition Larousse. Publié sous la direction de Jean Michel Clément.

Arnon D. I., (1949) «Copper enzymes in isolated chloroplasts polynoloxydase in *Beta vulgaris*». *Plant Physiol.* 24 : pp. 1-25.

Augier H. et Boudouresque C. F., (1979) «Premières observations sur l'herbier de Posidonies et le détritique côtier de l'île du Levant (Méditerranée, France) à l'aide du sous marin Griffon de la marine nationale». *Trav. Sci. Parc national. Port-Cros, Fr.*, 5 :141-153.

Augier H., Robert P. et Maffer R., (1980) «Etude du régime thermique annuel des eaux au niveau des peuplements des phanérogames marines de la baie de Port-Cros». *Trav.Sci. Parc national. Port-Cros, Fr.*, 6 : 69-130.

Augier H., et Cristiani G, (1984) «Indice foliaire et biomasse de l'herbier de posidonie dans la zone de Carry-Sausset (Cote bleue, Bouches-du-Rhone, France)». *International workshop posidonia oceanica beds Port-Cros, Fr.*, p: 262.

Bay D., (1978) «Etude *in situ* de la production primaire d'un herbier de posidonie *posidonia oceanica* (L) Delile) de la baie de Calvi, Corse». *Prog. Rap. Stn. Océanog. Stareso. Univ. Liège, Belge.*, p 251.

Bay D., (1979) «Etude *in situ* de la production primaire d'un herbier de posidonie *posidonia oceanica* (L) Delile de la baie de Calvi, Corse». *Rapp. P.V. Réun. Commiss. International. Explor. Sci.Médit., Monaco*, 25-26 (4): 201 –202.

Bay D., (1984) «A field study of the growth dynamics and productivity of *posidonia oceanica* (L) Delile in Calvi Bay, Corsica». *Aqua. Bot., Netherl.*, 20: 43-64.

Bedhomme A.L., Thelin I. et Boudouresque C.F., (1983) «Mesure de la production 1^{ère} des feuilles de *p. oceanica*: modification de la méthode de ZIEMAN». *Bot. Mar., Germ.*, 26:35-43

Bell J.D. and Harmelin-Vivien M.L., (1982) «Fish fauna of French Mediterranean *posidonia oceanica*.Community structure». *Téthys, Fr.*, 10 (4): 337-347.

Bell J.D. and Harmelin-Vivien M.L., (1983) «Fish fauna of French Mediterranean *posidonia oceanica*. sea grass meadows». *Feeding habits. Téthys, Fr.*, 10 (4): 337-347.

Blanc J.J. et Jeudi De Grissac A., (1978) «Recherche de géologie sédimentaire sur la posidonie du littoral de la Provence». *Centre nation. Exploit.Oceans.édit.*, fr.IVII, 1-185, 42 PL.h.t.

Boudouresque C.F., Guiraud G. et Panayotidis P., (1980a) «Végétation marine de l'île de Port-Cros (Parc national).XIX : mise en place d'un transept permanent». *Trav. Sci. Parc National. Port-Cros* : 207-221.

Boudouresque C. F. et Meinez A., (1982) «Découverte de l'herbier de Posidonie. Cah. Parc nation». *Port-Cros, Fr.*, 4 : 1-79.

- Boudoureque C.F. et Jeudi De Grissac A., (1983)** «L'herbier à *posidonia oceanica* en méditerranée les interactions entre la plante et le sédiment» .*J.Rech.Océano., Fr.*, 8 (2,3): 99-122.
- Boudouresque C.F., Jeudi De Grissac A. et Meinesz A., (1984)** «Relation entre la sédimentation et l'allongement des rhizomes orthotropes de *p. oceanica* dans la baie d'Elbu (Corse)». *International Workshop p. oceanica beds .édit., GIS Posidonie publ., Fr.*, 1 : 185-191.
- Boudouresque C.F., Meinesz A., Ledoyer M. et Vitiello P., (1994)** «Les herbiers à phanérogames marines in les biocénoses marines et littorales de méditerranée : synthèse, menace et perspectives». Bellan-Santini D., Lacaze JC, Poizat C., *édit., collection patrimoine Naturels- Vol. N° 19.Série patrimoine écologique, Paris* : 98.118.
- Boumaza S., (1995)** «Phénologie, biomasse, lépidochronologie et production primaire de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L) Delile, de l'anse de Kouali, Tipaza (Algérie)». *Thèse de magister, Inst. Sci. Mer. et Aménagement Littoral (ISMAL), océano. Ecologie marine.* 137p.
- Bouhayene. S., (2002)** «Contribution à la connaissance des herbiers à *Posidonia oceanica* dans la baie d'Annaba (Algérie)». *Thèse de magister, Dept. Sci. Mer.* 1- 151pp.
- Buia M.C. and Mazzella L., (1991)** «Reproduction phonology of the mediterranean seagrasses *posidonia oceanica* (L) Delile, *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers and *Zostera noltti* Hornem». *Aquatic Botany*, 40: 343-362.
- Buia M.C., Zupo V. and Mazzella L., (1992)** «Primary production and growth dynamics in *posidonia oceanica*». *Mar. Ecol., Germ.* 13(1): 2-16.
- Caye G., (1980)** «Analyse du polymorphisme caulinaire chez *posidonia oceanica* (L) Delile». *Bull. Soc. Bot .Fr. Lett. Bot.*, 127 (3) : 257-262.
- Caye G., (1982)** «Etude sur la croissance de la Posidonie *posidonia oceanica* (L.) Delile formation des feuilles et croissance des tiges au cour d'une année ». *Téthys, Fr.*, 10 (3) : 229-235.
- Caye G. et Meinesz A., (1984)** «Observation sur la floraison et la fructification de *P. oceanica* (dans la baie Ville franche et en Corse du sud) ». *International workshop P. oceanica. édit., GIS Posidonie publ., Fr.*, 2 : 86-89.
- Caye G., (1989)** «Sur la morphogénèse, le cycle végétatif et la reproduction de 2 phanérogames marines de méditerranée *posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, et *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson». *Thèse d'habilitation à diriger des recherches, Univ. Nice, Fr* 1-229.
- Cinnelli F., Cormaci M., Furnari G. and Mazzella L., (1984)** «Epiphytic macroflora of *p. oceanica*. leaves around the Island of Ischia». *édit. GIS Posidonie pub. Fr.*, 1: 101-108.
- Cooper G., (1976)** «La posidonie, plante étonnante. La pêche ou la mariculture ?» *Association Fondation Cooper G., Jardinier de la mer, cahier, Fr.*, 1 :57.
- Cristiani G., (1980)** «Biomasse et répartition de l'herbier de *P oceanica* de la cote bleu (Fr.) et pollution marine par métaux lourds». *Thèse 3^{ème} Cycle, Univ., Aix-Marseille III.*Fr:1-150.
- Dagnellie P., (1973)** «Théories et méthodes statistiques : applications agronomique» (vol.2). *Les presses agronomiques. edit. Fr.*: 1-378, 1-463.

- Dauby P. and Coulon P., (1993)** «The actual food of macro consumers grazing on leaves or ingesting detritus of *p. oceanica* seagrass»: *aS13 c study. Belg. J. Zool., 123 (Suppl. 1)* : 14-15.
- Djebar. A. B; Kout. S; Benameur. K; Mammeria. A. B. (2003)** «L'herbier de posidonie *posidonia oceanica* dans les 2 plages d'Annaba». *1^{er} Séminaire National –El- Taref du 15 au 17 Décembre 2003.*
- Drew E.A. and Jupp B.P., (1976)** «Some aspect of the growth of *posidonia oceanica* in the malta under water recherch» *Uk: 357-367.*
- Drew E.A., (1978)** «Factors affecting photosynthesis and its seasonal variation in the sea grasses *Cymodocea nodosa*. Asher's and *p. oceanica*. in the Mediterranean». *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 31: 173-194.
- Duarte C.M, (1991)** «Seagrass depth limits». *Aquat. Bot., 40: 363-377.*
- Esteban J.L.A., (1989)** «Dinamica ciclo de hojas y produccion foliar en praderas de *posidonia oceanica* del litoral de la comunidad valenciana (Mediterraneo Occidental)». *Thesi de licenciatura, Univ. De Valencia: 1-142.*
- Eugene C, (1978)** «Note préliminaire sur l'épifaune de la phanérogame marine *p. oceanica* à L'île de Port-Cros: Méthodes et stations». *Trav.sci. Parc nation.Port Cros, Fr., 4: 275-280.*
- Eugene C, (1979)** «Epifaune des herbiers a *posidonia oceanica* du littoral provençal dans les secteurs pollués et non pollués». *Rapp. Comm. Int. Mer Médit., 25/26. 4 : 213-214.*
- Farquhar G.D., Wongs. G. and Evens J. R (1988)** «Photosynthetic and gas exchange» *Aust. J.Agric.*
- Frada'Orestano C., Calvo S. and Arico S., (1993)** «Structural analysis of *p. oceanica* (Linnaeus) D. meadow in the bay of Mondello (Sicily, Italy)». *Posidonia Newsletter, 4 (2): 21-30.*
- Frankignoulle M. and Disteche A., (1984)** «CO sub (2) chemistry in the water colum above a *posidonia* sea grass bed and related air-sea exchanges». *Oceanol.Acta.Fr.,7 (2) : 209-218.*
- Gambi M.C., Buia C., Casola E. and Scrdi M., (1989)** «Estimates of water movements in *posidonia oceanica* beds: a first approach». *International workshop posidonia oceanica beds. édit., GIS Posidonie publ., 1 : 66-67.*
- Genot G., Caye G., Meinesz A. and Orlandini M., (1994)** «Role of chlorophyll and carbohydrate contents in survival of *posidonia oceanica* cutting transplanted to different depths». *Marine Biology, 119: 23-29.*
- Giorgi J. et Thelin I., (1983)** «Phénologie, biomasse et production primaire de *P. oceanica* dans la baie de Port-Cros». *D.E.A. Ecole. Médit. Univ. Aix-Marseille III, Fr.:* 1-150.
- Gimnez C., Mitchell V. J. and Lawlor D. W. (1992)** «Regulation of Photosynthetic rate of two sunflower hybrids under water stress». *Plant. Physio. 98: pp. 516-524.*
- Giraud G., (1977a)** «Contribution à la description et à la phénologie quantitative des herbiers à of *p. oceanica* (L) Delile». *Thèse Doct. 3^{ème} cycle, Univ. Ex-Marseille, 39: 33-39.*

- Giraud (1977b)** «Recensement des flottaisons de *posidonia oceanica* (L) Dellile en Méditerranée». *Rapp. Comm Int. Mer Médit., Monaco*, 24 :126-130.
- Giraud G., Boudouresque C.F., Cinnelli F., Fresi E. et Mazzella L., (1979)** «Observation sur l'herbier de *P. oceanica* (L) D. Autour de l'île d'Ischia (Italie)». *Giorn. Bot., tal.* 114 : 261-274.
- Gorenflot R., (1980)** «Biologie végétale, plantes supérieures, appareil végétatif». *Ed. Masson et Cie.* P: 34.
- Guettouche R. (1990)** «Contribution à l'identification des caractères morpho physiologiques d'adaptation à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum* DESF)». *Thèse de diplôme d'Agronomie approfondie. Mise en valeur du milieu naturel. ENSAM.*
- Harmelin-Vivien M.L., (1984)** «Ichtyo faune de herbiers de *P. oceanica* du parc naturel régional du Corse». *International workshop p. oceanica beds, edit., GIS, Posidonie publ., Fr.* 1: 291-301.
- Harmelin-Vivien M.L. and Francour P., (1992)** «Trawling of visual censuses methodological bias in the assessment of fish population in sea grass beds». *Marine Ecology, PSZNI., 13 (1) :* 41-51.
- Hiscox J.D. and Israelsiam G. F. (1978)** «A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration». *Can. J. Bot. vol.* 57.
- Jeu de Grissac A. et Boudouresque C.F., (1985)** «Rôle des herbiers de phanérogames marines dans les mouvements des sédiments côtiers: les herbiers à *posidonia oceanica*». *Colloq.Fr-Jap.Oceanogr., Marseille. Fr., 1 :*143-151.
- Jupin, H. et Lamant, A., (1999)** «La photosynthèse» *.Ed. Dunod, Paris,* p : 20-28.
- Khoury C., (1984)** «Ethologie alimentaire de quelques poissons de l'herbier de *posidonia oceanica* de la région de Banyuls». *Vie milieu, Fr., 11(2):* 145-187
- Libes M, (1985)** «Contribution à l'étude de la production primaire des l'herbiers à *posidonia oceanica* par la méthode du C14 appliquée « *in situ* » «*Stat. Mar.Endorme, Fr.:* 24-28.
- Mammeria. A. B. et Djebbar. A. B (2005)** «Eutrophisation en méditerranée: Etat actuel de l'herbier de posidonie *Posidonia oceanica* dans le golf d'Annaba». *1^{er} Colloque euro-méditerranéen en biologie végétale et environnement, le 28, 29 et 30 /11/ 2005 - Annaba.*
- Mazzella L., Cinnelli F., Ott J. and Klepal W., (1981)** «Studi sperimentali « *in situ* » sull epifitismo della *p oceanica* (L) Delile». *Quad. Lab. Tecnol. Pesca, Ital., 3 (1 suppl.):* 481-492.
- Mazzella L. and Ott J., (1984)** «Seasonal changes in some features of *p. oceanica* leaves and epiphytes at different depths». *International workshop. P. oceanica beds., edit., GIS Posidonie publ., Fr., 1 :* 119-127.
- Mazzella L., Scipione M.B. and Buia M.C., (1989)** «Spatio-temporal distribution of algal and animal communities in a *p. oceanica* meadow». *Marine Ecology, PSZNI., 10 (2) :* 107-129.

Mazzella L., Buia M.C., Gambi M.C, Lorenti M., Russo G., Scipione M.B. and Zupo V., (1991) «Primary production of *posidonia oceanica* and the vagile fauna of leaf stratum: a spatio temporal analysis in a meadow of the island of ishia (gulf of Naples, Italy)». *édit. Coast 647-project on coast benthic ecology, commission of the European community, Bruxelles*: 519-540.

Mazzella L. and Scipione M.B., (1992) «Epiphytic diatoms of leaf blades of the Mediterranean sea grass *posidonia oceanica* (L) Dellile». *Giorn. Bot. Ital.*, 126 (6) : 752-754.

Meinesz A. and Laurent R., (1978) «Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de *p. oceanica*; dans les Alpes Maritimes (France)». *Botanica Marina, Germ.*, 21(8):513-256.

Meinesz A. et Lefevre JR., (1984) «Régénération d'un herbier de *p. oceanica* quarante années après sa destruction par une bombe dans la rade de Ville franche Alpes –Maritimes, Fr.». *International workshop p. oceanica beds. GIS Posidonie publ.*, 2: 69-71.

Molinier R. et Zevaco C., (1962) «Etude écologiques et biocénotiques dans la baie du brusco (Var)». *Fascicule 3 : étude statistique et physiologique de la croissance des feuilles de Posidonie (Posidonia oceanica Dellile)*.

Nedelec H., (1982) «Ethologie alimentaire de *paracentritus lividus* dans la baie de Galéria (Corce) et son impact sur les peuplements phytobenthiques». *Thèse Doct. 3^e. Cycle Océanogr. Bio., Univ. Paris 6*, fr : 1-175.

Panayotidis P., (1980) «Contribution à l'étude de l'association *posidonietum oceanicae* Funk 1927». *Thèse 3eme Cycle, Univ. Aix-Marseilles II. Fr.* 1-213.

Panayotidis P. et Giraud G., (1981) «Sur un cycle de renouvellement des feuilles de *posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile dans le Golfe de Marseille». *Vie et milieu, Fr.*, 31 :129-136.

Panayotidis P., Boudouresque C.F. et Marcot-Coqueniot J., (1981) «Structure de l'herbier de *posidonia oceanica* (L) Delile». *Botanica Marina XXIV* : 115-124.

Pergent G., (1987) «Recherches lépidochronologiques chez *posidonia oceanica* (Potamogetonaceae). Fluctuations des paramètres anatomiques et morphologiques des écailles des rhizomes». *Thèse doct. Océanol., Univ. Aix-Marseille II, Fr.* : 1-853.

Pergent G., (1990) «Lepidochronological analysis of the sea grass *posidonia oceanica* (L.) Delile : a standardized approach». *Aquat. Bot., Netherl.*, 37 : 39-54.

Pergent G., Boudouresque C.F. et Crouzet A., (1983) «Variation cyclique dans les écailles de rhizome de *p. oceanica* ». *Trav. Sci. Parc national Port-Cros, Fr.*, 9: 107-148.

Pergent G. et Pergent-Martini C., (1988) «Phénologie de *posidonia oceanica* (L.) Delile dans le bassin méditerranéen ». *Ann.Inst. Oceanog* ; 64 (2) : 79-100.

Pergent-Martini C., (1994) «Impact d'un rejet d'eau usées urbaines sur l'herbier à *posidonia oceanica* avant et après la mise en service d'une station d'épuration». *Thèse de Doct. Océanol., Univ. de Corse, Fr.*, 1-190.

Pensani D., Poncini F. et Vetere M., (1984) «Première donnée sur la distribution de *P.oceanica* (L) autour de l'île de Salina (Ile Eoliennes, Sicile)». *International workshop p. oceanica. édit. GIS Posidonie pub. Fr.*, 1: 129-135.

- Pirc H., (1984)** «Depth adaptation in *P. oceanica*». *International workshop p. oceanica beds. édit. GIS Posidonie pub. Fr.*, 1: 227-234.
- Pirc H., (1985)** «Growth dynamics in *posidonia oceanica* (L.) Delile: seasonal changes in soluble carbohydrates, starch, free amino acids, nitrogen and organic anions in parts of the plants». *Marine Ecology*, PSZNI., 6 (2) : 141-165.
- Rico- Raimondino V., (1995)** «Contribution à l'étude des stocks et flux d'éléments dans les herbiers à *Posidonia oceanica*». *Thèse de Doct. D'écologie. Univ. Aix- Marseille II.* 248 p.
- Sanchez Lizaso J.L., (1993)** «Estudio de la pradera de *P. oceanica* de la reserva marina de Tabarca (Alicante): fenologia y produccion primaria». *Thesi Doctoral, Univ. de Alicante*:1-121.
- Semroud R., Verlaque M., Crouzet A. and Boudouresque C. F., (1992)** «On a broad-leaved form of the sea grass *p. oceanica* (Posidoniacea) from Algeria » *Aquat. Bot.*, 43 : 181-198.
- Semroud R., (1993)** «Contribution à la connaissance de l'écosystème à *Posidonia oceanica* (L), Delile, dans la région d'Alger (Algérie): étude de quelques compartiments». *Thèse de Doct. D'état. U.S.T. H.B, Alger.* 218p
- Silvestri C., (1993)** «Studio sinecologoco sulla prateria di *P. oceanica* (L) di Monterosso almare (SP): cartografia quali-quantitativee dinamica stragionale». *Tesi, Univ. Roma, Italy.* : 1-97.
- Thelin I. et Giorgi J., (1984)** «Production de feuilles dans un herbier superficiel à *P. oceanica* évaluée par une méthode dérivée de Zieman ». *International workshop p. oceanica beds. édit. GIS Posidonie pub., Fr.*, 1:271-276.
- Thibaut T., Javel F., Cottalorda J-M. et Hereu B. (2005)** «Evaluation cartographique de l'expansion des caulerpes introduites et envahissantes le long du littoral de la commune de Saint-Tropez. Contrat Ville de Saint-Tropez & GIS Posidonie. GIS Posidonie-LEML-UNSA publ. 38p.)
- Velimirov B., (1984)** «Crazing of *Sarpa salpa* L. of *posidonia oceanica* and utilisation of soluble compunds» *International workshop posidonia oceanica beds. édit. GIS Posidonie pub., Fr.*, 1:381-387.
- Verlaque M., (1990)** «Relations entre *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1975), les autres poissons brouteurs et le phytobenthos algal Méditerranéen». *Oceanologica Acta*, 13 (3): 373-388.
- Wittmann K.J., (1984)** «Temporal and morphological variations of growth in natural stand of *Posidonia oceanica* (L) Dellile". *P.S.Z.N.I. Marine Ecology*, 5(4): 301-316.
- Wittmann K.J., Mazella L. and Fresi E., (1981)** «Age specific patterns leaf growth: their determination and importance epiphytic colonization in *posidonia oceanica* (L.) Dellile». *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 27: 189-191.
- Zieman J.C., (1975)** «Seasonal variation of turtle grass, *Thalassia testudium* König, with reference to temperature and salinity effects». *Aquat. Bot.*, 1: 107-123.
- Zupo V. and Fresi E., (1984)** «A study on the food web of the *P. oceanica* ecosystem: analysis of the gut contents of Echinodermes». *International workshop posidonia oceanica beds. édit. GIS Posidonie pub., Fr.*, 1:373-379.

Référence des sites d'Internet :

Internet [http:// A: Posidonie. Htm](http://A:Posidonie.Htm). (Photos).

www.parc-naturel-corse.com/casamarina/rbmer.htm.

www4.aclille.fr/~svt/Clubs/meduses/ploposi.htmwww.radiofrance.fr/chaines/franceinfo/chroniques/mer/index.php?m=3&chro_diff_id=115000407

www.cegel.univ-montp2.fr/posidonies.html

www.cg66.fr/bienvenue/publications/accent_catalan/numero_24/environnement.html

www.tvo.org/tfo/CatinterEmiTFO/photosyn.html

www.nyu.edu/pages/mathmol/library/photo/

<http://www.cegel.univ-montp2.fr/posidonies.html>

<http://www.institut-paul-ricard.org/oceanonline/posid.htm>

<http://www4.aclille.fr/~svt/Clubs/meduses/ploposi.htm>.

<http://www.cegel.univ-montp2.fr/posidonies.html>

<http://www.aquanaute.com/gem/index.html>

[1] www.formentera.es/fr/turismo/mondesous-marin/index.php

[2] perso.wanadoo.fr/gonzales.manuel/textes/definiti.htm

[3] www.chez.com/sentier2cavalaire/modela1.htm

[4] www.enpc.fr/cergrene/homepages/tassin/mesenv/terrain7/chloro/node27.html #bib :rey90

[5] www.enpc.fr/cergrene/homepages/tassin/mesenv/terrain7/chloro/node27.html #bib :row89

[6] www.enpc.fr/cergrene/homepages/tassin/mesenv/terrain7/chloro/node27.html #bib :leh93

[7] www.ecoleg.vigneault.free.fr/html/ce2/calanques2002/posidonies.html

[8] http://asame.ifrance.com/francais/events/01_2000/posidonie.htm

9] <http://echocalanques.ifrance.com/posidonie.htm>

[10] <http://www.cegel.univ-montp2.fr/posidonies.html>

Annexe 3: Phénologie

Codification utilisée:

L.O	Longueur total de la feuille (limbe et pétiole)
L.P	Longueur de pétiole (mm)
L.A	Largeur de la feuille (mm)
A	Feuilles adultes
P	Feuilles intermédiaires
J	Feuilles juvéniles
Nb F.A	Nombre moyen de feuilles adultes
Nb F.I	Nombre moyen de feuilles intermédiaires
Nb F.J	Nombre moyen de feuilles juvéniles
Nb F.A.I	Nombre moyen de feuilles globales (adultes et intermédiaires)
L.O F.A	Longueur moyenne de feuilles adultes (mm)
L.O F.I	Longueur moyenne de feuilles intermédiaires (mm)
L.O F.J	Longueur moyenne de feuilles juvéniles (mm)
L.O F.A.I	Longueur moyenne de feuilles globales (adultes et intermédiaires) (mm)
L.P	Longueur du pétiole (mm)
L.A F.A	Largeur moyenne des feuilles adultes (mm)
L.A F.I	Largeur moyenne des feuilles intermédiaires (mm)
L.A F.J	Largeur moyenne des feuilles juvéniles (mm)
L.A F.A.I	Largeur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires) (mm)
S.F F.A	Surface foliaire des feuilles adulte.
S.F F.I	Surface foliaire des feuilles intermédiaires.
S.F F.J	Surface foliaire des feuilles juvéniles.
S.F F.A.I	Surface foliaire des feuilles globales (adultes et intermédiaires).
LA.I.FA	Indice foliaire des feuilles adulte.
LA.I.FI	Indice foliaire des feuilles intermédiaires.
LA.I.FJ	Indice foliaire des feuilles juvéniles.
LA.I.FAI	Indice foliaire des feuilles globales (adultes et intermédiaires).
S.e	Erreur standard

- Le numéro de rhizome est indiqué dans le coin supérieur gauche de chaque tableau.
- Lorsque la longueur totale est indiquée dans un fond grisâtre, la feuille est considérée entière.

Annexe 1: Variation de la température et de Salinité:

Codification utilisée:

St (A): Station Caroube.

St (B): Station Club de mer.

1 Température

Evolution saisonnière de la Température (°C) de l'eau.

Saisons de récolte.	St. A	St. B
Automne	16	16
Hiver	18	19
Printemps	23	24
Eté	26	26

2 Salinité

Evolution saisonnière de la salinité (‰) de l'eau.

Saisons de récolte.	St. A	St. B
Automne	36,39	36,91
Hiver	37,09	37,29
Printemps	37,66	37,79
Eté	37,82	38.00

Annexe 2 : La densité.

Codification utilisée:

N° de relevé: Numéro de l'échantillon relevé.

St (A): Station Caroube.

St (B): Station Club de mer.

Nombre de Faisceaux par relevé (dans 1 m²)

N° de relevé	St. club de la mer	St. caroube
1	199	228
2	203	222
3	175	206
4	218	229
5	188	236
6	201	301
7	186	255
8	177	308
9	220	268
10	207	298
M	197,4	255,1
σ	14,87	34,93

Station caroube Automne (2004):

1	LP	LO	LA
A	30	230	7
	28	210	8
	29	180	9
I		280	9
J		50	9

2	LP	LO	LA
A	15	150	10
	17	70	9
I		190	10
		180	9
J		25	7
		25	7

3	LP	LO	LA
A	25	140	9
	24	180	9
	26	70	9
	24	110	10
I		210	9
J		50	9

4	LP	LO	LA
A	10	140	10
	14	130	8
	15	180	9
	17	100	8
I		260	9
J		50	8

5	LP	LO	LA
A	17	49	8
	17	150	8
	15	100	9
	17	140	8
	22	140	8
	25	100	9
I		220	9
		160	9
		156	10
J			

6	LP	LO	LA
A	22	120	9
	20	100	9
	25	70	10
		60	
I		160	
		260	10
		60	
J		50	9

7	LP	LO	LA
A	20	140	10
	23	90	10
	25	90	10
	25	120	9
I		120	7
		180	8
J		18	6
		20	8

8	LP	LO	LA
A	30	110	9
	27	90	9
I		210	9
		130	10
J		47	8

9	LP	LO	LA
A	20	120	9
	17	130	10
	18	110	9
I		185	9
J		47	8

10	LP	LO	LA
A	40	110	10
	38	120	8
I		160	8
J		40	8

11	LP	LO	LA
A	39	120	10
	37	140	10
I		170	9
		185	10
J		40	8

12	LP	LO	LA
A	20	110	9
	15	180	8
	14	130	8
I		240	9
		185	10
J		45	9

13	LP	LO	LA
A	20	280	8
	19	210	8
	18	260	9
	14	180	9
I		270	9
J		23	7
		20	7

14	LP	LO	LA
A	30	120	10
	32	140	10
	35	180	10
I		140	9
		155	9
J		35	8
		45	9

15	LP	LO	LA
A	20	100	7
	22	240	7
	24	220	8
	24	180	7
I		160	10
		150	10
J		28.5	5.5
		15	4

16	LP	LO	LA
A	28	140	8
	29	90	8
	30	160	9
I		120	8
		180	9
J		46	5.5
		18	4

17	LP	LO	LA
A	17	140	10
	20	120	10
	22	70	10
I		100	9.5
J		41	7
		35	6

18	LP	LO	LA
A	15	210	10
	14	140	9
	12	240	9
I		180	9
J		49	9.5
		35	6

19	LP	LO	LA
A	25	280	10
	22	260	10
I		210	10
J		21	5

20	LP	LO	LA
A	30	110	9
	28	110	9
	30	120	10
I		70	9.5
		100	9
		60	10
J			

Station la caroube Hiver (2005):

1	LP	LO	LA
A	30	240	10
	32	260	10
I		160	9
		160	9
J		50	9
		45	7

2	LP	LO	LA
A	30	120	9
	29	180	10
I		180	9
		150	10
J		50	8
		25	5
		35	6

3	LP	LO	LA
A	25	140	9
	26	190	9
	26	230	9
	25	160	10
I		230	9
J		50	9
		50	9

4	LP	LO	LA
A	20	190	10
	22	200	9
	22	260	9
I		190	9
		210	9
J		20	5

5	LP	LO	LA
A	18	150	10
	19	180	10
	15	240	10
	20	220	10
I		200	9
		160	9
		280	9
J		25	5

6	LP	LO	LA
A	15	170	9
	14	260	9
	15	90	9
I		260	10
J		45	9

7	LP	LO	LA
A	22	140	10
	26	260	10
	25	160	10
I		190	7
		180	8
J		40	8
		42	8

8	LP	LO	LA
A	30	210	10
	28	100	10
I		210	9
		200	9
J		49	9

9	LP	LO	LA
A	20	120	9
	18	140	9
	18	120	9
I		190	9
J		30	6

10	LP	LO	LA
A	26	130	10
	25	120	9
	28	150	9
I		160	9
J		40	7

11	LP	LO	LA
A	16	150	10
	19	140	9
I		190	9
		210	9
J		47	7

12	LP	LO	LA
A	20	210	10
	15	280	10
	17	230	10
I		140	10
		280	10
J		45	7

13	LP	LO	LA
A	20	210	10
	19	260	9
	15	280	9
I		290	10
J		38	8

14	LP	LO	LA
A	33	120	10
	32	180	10
	35	180	10
I		140	10
		190	10
J		50	8

15	LP	LO	LA
A	24	120	9
	22	260	9
	24	220	9
	24	180	10
I		160	10
		160	10
J		49	8

16	LP	LO	LA
A	29	150	9
	30	160	9
I		140	8
		180	9
J			

17	LP	LO	LA
A	19	140	10
	20	120	10
I		130	9.5
			9
			10
J		45	9

18	LP	LO	LA
A	16	240	10
	19	140	10
		240	9
I		220	9
J		44	8.5

19	LP	LO	LA
A	29	260	9
	30	260	9
I		270	10
J		25	5

20	LP	LO	LA
A	28	120	9
	33	160	9
	33	120	10
I		100	9.5
		100	
		230	
J		35	6

Station Caroube Printemps (2005):

1	LP	LO	LA	2	LP	LO	LA	3	LP	LO	LA	4	LP	LO	LA
A	28	380	9	A	35	470	9	A	26	130	9	A	32	300	9
	29	280	9		32	200	9		27	190	9				
	30	340	8						28	100	9				
I		470	9	I		410	9	I		210	9	I		180	9
		600	8			560	9			190	9			270	9
						150	9							340	8
						510	10								
J		29	6	J		50	9	J		50	8	J		41	8

5	LP	LO	LA	6	LP	LO	LA	7	LP	LO	LA	8	LP	LO	LA
A	30	200	9	A	20	150	10	A	20	250	9	A	26	190	9
	29	380	9						17	190	9				
I		270	9	I		190	9	I		110	8	I		250	9
		330	9			510	9			150	8			310	9
		350	9			470				280					
J		50	9	J		50	9	J		16	8	J		45	10
		49	8			20	5			20	9			25	6

9	LP	LO	LA	10	LP	LO	LA	11	LP	LO	LA	12	LP	LO	LA
A	33	490	9	A	41	150	10	A	20	200	9	A	30	300	10
	29	190	9						22	160	10				
I		310	8	I		500	9	I		270	9	I		190	10
		500	8			480	9			330	9			260	10
		470	8			190	9			270	9			380	10
J		50	9	J		50	9	J		45	8	J		42	8

13	LP	LO	LA	14	LP	LO	LA	15	LP	LO	LA	16	LP	LO	LA
A	35	480	9	A	39	310	9	A	18	170	10	A	30	310	9.5
	38	210	10		34	200	9						29	110	
	36	160	10							150	9			250	10
I		390	10	I		470	9	I		190	9			310	10
		530	10			610	9			190	9			320	10
		180	10			300	9			210	9				
J		50	8	J		30	7	J		29	6	J		19	4
		33	7												

17	LP	LO	LA	18	LP	LO	LA	19	LP	LO	LA	20	LP	LO	LA
A	35	280	9	A	23	180	10	A	38	380	9	A	39	180	10
	42	250	9		21	250	9		41	290	9		36	150	10
	40	38											38	190	10
I		350	9	I		280	9	I		480	10			560	10
		300	9			250	9			630	10			580	10
		450	9							300	10				
J		29	6	J		50	9	J				J		30	6
						47	8								

Station Caroube Été (2005):

1	LP	LO	LA
A	28	380	9
	29	280	8
I		340	9
		470	8
		600	8
J		29	6

2	LP	LO	LA
A	35	470	9
	32	200	9
I		410	9
		560	9
		150	9
		510	10
J		50	9

3	LP	LO	LA
A	27	130	10
	26	100	10
	26	190	9
I		210	9
		190	9
J		50	8

4	LP	LO	LA
A	33	100	9
	32	180	10
I		280	9
		340	10
J		41	8

5	LP	LO	LA
A	30	200	9
	29	380	9
I		270	9
		330	9
		350	9
J		50	9
		49	8

6	LP	LO	LA
A	20	190	10
	22	150	10
I		510	9
		470	9
J		50	9
		20	5

7	LP	LO	LA
A	20	250	9
	17	190	9
I		150	8
		280	8
J		16	8
		20	9

8	LP	LO	LA
A	26	190	9
I		250	9
		310	9
J		45	10
		25	6

9	LP	LO	LA
A	33	490	9
	29	190	9
I		310	8
		500	8
		470	8
J		50	9

10	LP	LO	LA
A	41	150	10
	42	190	10
	40	210	9
I		500	9
		480	9
J		50	9

11	LP	LO	LA
A	20	200	9
	22	160	10
I		270	9
		330	9
		270	9
J		45	8

12	LP	LO	LA
A	30	300	10
I		190	10
		260	10
		380	10
J		42	8

13	LP	LO	LA
A	35	480	9
	35	180	10
	38	210	10
I		390	10
		530	10
J		50	8
		33	7

14	LP	LO	LA
A	39	310	9
	34	200	9
I		470	9
		610	9
		300	9
J		30	7

15	LP	LO	LA
A	18	150	10
	20	190	10
	26	170	10
I		210	9
J		29	6

16	LP	LO	LA
A	29	110	10
	30	310	9
I		250	10
		310	10
		320	10
J		19	4

17	LP	LO	LA
A	35	280	9
	42	250	9
I		350	9
		3004	9
		50	9
J		29	6

18	LP	LO	LA
A	23	480	10
	21	250	9
I		280	9
		250	9
J		50	9
		47	8

19	LP	LO	LA
A	38	380	9
	41	290	9
I		480	10
		630	10
		300	10
J			

20	LP	LO	LA
A	38	150	10
	39	180	
I		560	9
		190	10
		580	10
J		30	6

Station Club de la mer Automne (2004):

1	LP	LO	LA
A	30	330	9
	28	398	9
	28	300	8
	29	120	8
I		170	9
J		50	9

2	LP	LO	LA
A	44	401	8
	42	442	10
	36	288	7
	34	670	7
I		340	10
		110	9
J		25	8

3	LP	LO	LA
A	40	339	8
	39	350	7
	26	299	7
	24	123	6.5
I		189	9
		202	9
J		50	9

4	LP	LO	LA
A	34	309	10
	32	279	9.5
	28	176	9
	29	296	10
I		150	9
		277	9
J		50	9

5	LP	LO	LA
A	17	298	8
	29	302	9
	22	153	8
	30	336	8
I		190	9
J		23	6

6	LP	LO	LA
A	22	273	8
	20	374	9
	25	312	9
	23	150	8
I		230	10
J		50	9

7	LP	LO	LA
A	40	262	8
	42	452	9
	39	410	10
I		360	7
			8
J		16	8
		45	9

8	LP	LO	LA
A	31	234	8
	39	405	9
	30	309	10
I		90	9
		170	8.5
J		47	7

9	LP	LO	LA
A	23	300	8
	29	230	9
	22	359	10
	20	389	10
	26	100	10
I		84	9
J		29	6

10	LP	LO	LA
A	26	151	8
	25	394	9
	26	373	9
	28	342	10
	30	380	10
I		144	9
		230	8
J		40	7
		50	9

11	LP	LO	LA
A	39	371	10
	36	380	10
	36	391	10
	33	148	9
I		123	8.5
		176	8
J		45	8
		34	7

12	LP	LO	LA
A	22	114	10
	24	316	10
	25	262	10
	30	373	9.5
	28	380	10
I		230	9
J		26	7
		45	6

13	LP	LO	LA
A	30	400	8
	32	144	8
	35	380	9
	33	290	9
	35	425	
I		79	9
		372	10
J		25	8
		50	9

14	LP	LO	LA
A	22	250	10
	20	270	10
	30	320	10
	20	160	
I		138	9
J		42	8
		29	6

15	LP	LO	LA
A	30	77	7
	31	303	7
	35	331	8
	26	336	9
	20	219	7
I		160	10
		150	10
J		42	8
		33	7

16	LP	LO	LA
A	34	134	10
	32	273	10
	28	210	9
	29	122	9
I		150	9
		160	9
		159	10
		243	10
J		46	8
		25	4.5

17	LP	LO	LA
A	20	281	9
	28	68	9
	26	176	10
I		148	10
		240	9.5
J			

18	LP	LO	LA
A	20	101	10
	22	229	9
	21	131	9
	22	299	9
I		240	8
		260	8.5
		160	9
		190	10
J		49	8
		35	5

19	LP	LO	LA
A	26	242	10
	23	266	10
	22	320	10
	21	114	9
I	48	222	10
	57	183	10
J	55	45	9
		21	4

20	LP	LO	LA
A	30	294	10
	33	215	10
	35	347	10
	20	318	9
	22	93	9
I		110	9.5
		198	10
J		42	7

Station Club de la mer Hiver (2005):

1	LP	LO	LA
A	42	340	9
	33	400	9
	40	300	9
I		350	9
J			

2	LP	LO	LA
A	28	444	10
	35	288	9
	32	690	10
I		600	10
		699	9
J		50	9

3	LP	LO	LA
A	29	333	9
	28	350	9
	29	299	9
	28	333	10
I		460	9
J		50	9

4	LP	LO	LA
A	37	279	10
	39	376	8
	39	296	9
I		460	9
		360	9
J		50	9

5	LP	LO	LA
A	41	300	8
	33	302	8
	40	336	9
I		400	9
J		50	9
		30	6

6	LP	LO	LA
A	48	300	9
	29	302	10
	45	336	10
I		390	10
J		39	7

7	LP	LO	LA
A	30	300	10
	24	450	10
	31	410	10
I		360	7
		380	8
J		45	8

8	LP	LO	LA
A	30	240	9
	28	405	9
	29	309	9
I		120	9
		180	10
J		49	9

9	LP	LO	LA
A	20	350	9
	18	240	10
	18	359	9
	17	389	9
	20	200	9
			9
I		150	9
J		45	8

10	LP	LO	LA
A	25	390	10
	28	380	10
	28	350	8
	27	380	8
			8
I		230	8
		250	
J		20	4.5
		24	6

11	LP	LO	LA
A	16	379	10
	19	380	10
	18	391	10
I		200	9
		280	10
J		39	6

12	LP	LO	LA
A	17	316	9
	18	262	8
	20	373	8
	20	380	9
			9
I		260	9
		260	10
J		45	8

13	LP	LO	LA
A	15	400	8
	16	380	8
	20	290	9
	20	425	9
I		370	9
		390	
J		50	9

14	LP	LO	LA
A	26	250	10
	28	270	10
	27	320	10
I		100	9
		160	9
J		50	9

15	LP	LO	LA
A	33	303	7
	32	331	7
	31	336	8
	20	200	7
			7
I		143	10
		149	10
J		50	9

16	LP	LO	LA
A	28	290	8
	29	273	8
	25	210	9
	28	122	9
I		160	8
		159	9
		243	9
J		50	9

17	LP	LO	LA
A	33	300	10
	32	215	10
	33	347	10
	25	318	10
	32	100	10
I		320	9.5
		220	9
J		49	9

18	LP	LO	LA
A	31	222	10
	30	229	9
	28	299	9
	30	150	10
I		240	9
		260	
		190	
J		50	9
		35	6

19	LP	LO	LA
A	28	266	10
	27	320	10
	33	114	10
I		222	10
		444	10
J		22	4

20	LP	LO	L
A	35	280	9
	30	100	9
	29	180	10
I		390	9.5
		290	9
J		47	8

Station Club de la mer Printemps (2005):

1	LP	LO	LA
A	41	280	9
	40	340	9
I		450	8
		350	9
		450	8
J		50	9

2	LP	LO	LA
A	35	270	8
	36	350	9
I		470	9
		380	8
		390	8
J		30	7.5
		50	8.5

3	LP	LO	LA
A	40	370	9
I		390	8
		420	8
		200	9
		260	9
J		45	8

4	LP	LO	LA
A	31	180	9
	28	240	8
	32	490	9
I		140	8
		390	8
		330	9
J		30	7

5	LP	LO	LA
A	40	260	9
I		330	8
		360	8
		420	9
		140	9
J		39	8

6	LP	LO	LA
A	32	80	6
	33	90	7
I		110	6
		140	7
J		50	9
		45	8

7	LP	LO	LA
A	29	68	9
	30	220	9
	32	155	9
I		250	9
		200	9
J		16	8
		20	6

8	LP	LO	LA
A	39	140	8
	40	150	8
I		270	7.5
		230	8
J		29	6

9	LP	LO	LA
A	32	70	9
	34	180	9
I		280	8
		190	9
		185	7
		260	8
		280	7
J		45	8

10	LT	LO	LA
A	32	40	8
	33	60	9
	35	70	9
I		110	8
		120	9
		170	9
J		40	8

11	LT	LO	LA
A	35	77	8
	35	60	9
	30	170	8
	31	200	9
I		330	8
		150	8
		140	8
		270	7
		310	8
J		23	5

12	LT	LO	LA
A	40	230	8
I		290	8
		280	7
J		50	7
		25	6

13	LT	LO	LA
A	36	290	8
	38	320	8
I		470	8
		360	7
		450	7
J		21	5

14	LP	LO	LA
A	31	380	7
I		400	7
		430	8
		250	7
J		30	6

15	LP	LO	LA
A	29	110	8
	31	150	8
I		380	7
		350	8
J		35	7

16	LP	LO	LA
A	26	180	8
I		270	8
		190	7
		140	8
J		50	7
		37	8

17	LP	LO	LA
A	30	60	9
		80	9
I		140	8
		180	8
J		25	5

18	LP	LO	LA
A	29	130	9
	31	160	9
I		290	8
		220	8
J		29	6

19	LP	LO	LA
A	32	380	9
	34	220	8
I		390	8
		350	8
		490	8
J		49	8
		40	7

20	LP	LO	LA
A	36	60	8
	33	80	
I		430	8
		220	8
J			

Station Club de la mer été (2005):

1	LP	LO	LA
A	41	280	9
	40	340	9
I		450	8
		350	9
		450	8
J		50	9

2	LP	LO	LA
A	35	270	8
	36	350	9
I		470	9
		380	8
		390	8
J		30	7.5
		50	8.5

3	LP	LO	LA
A	40	370	9
I		390	8
		420	8
		200	9
		260	9
J		45	8

4	LP	LO	LA
A	31	180	9
	28	240	8
	32	490	9
I		140	8
		390	8
		330	9
J		30	7

5	LP	LO	LA
A	40	260	9
I		330	8
		360	8
		420	9
		140	9
J		39	8

6	LP	LO	LA
A	32	80	6
	33	90	7
I		110	6
		140	7
J		50	9
		45	8

7	LP	LO	LA
A	29	68	9
	30	220	9
	32	155	9
I		250	9
		200	9
J		16	8
		20	6

8	LP	LO	LA
A	39	140	8
	40	150	8
I		270	7.5
		230	8
J		29	6

9	LP	LO	LA
A	32	70	9
	34	180	9
I		280	8
		190	9
		185	7
		260	8
		280	7
J		45	8

10	LT	LO	LA
A	32	40	8
	33	60	9
	35	70	9
I		110	8
		120	9
		170	9
J		40	8

11	LT	LO	LA
A	35	77	8
	35	60	9
	30	170	8
	31	200	9
I		330	8
		150	8
		140	8
		270	7
		310	8
J		23	5

12	LT	LO	LA
A	40	230	8
I		290	8
		280	7
J		50	7
		25	6

13	LT	LO	LA
A	36	290	8
	38	320	8
I		470	8
		360	7
		450	7
J		21	5

14	LP	LO	LA
A	31	380	7
I		400	7
		430	8
		250	7
J		30	6

15	LP	LO	LA
A	29	110	8
	31	150	8
I		380	7
		350	8
J		35	7

16	LP	LO	LA
A	26	180	8
I		270	8
		190	7
		140	8
J		50	7
		37	8

17	LP	LO	LA
A	30	60	9
		80	9
I		140	8
		180	8
J		25	5

18	LP	LO	LA
A	29	130	9
	31	160	9
I		290	8
		220	8
J		29	6

19	LP	LO	LA
A	32	380	9
	34	220	8
I		390	8
		350	8
		490	8
J		49	8
		40	7

20	LP	LO	LA
A	36	60	8
	33	80	
I		430	8
		220	8
J			

Résultats du nombre moyen des feuilles adultes (F.A):

	Station Caroube		Station Club	
	N b. F.A	S.e	N b. F.A	S.e
Automne	3,30	1,03	2,50	0,513
Hiver	3,400	0,821	2,950	0,605
Printemps	2,000	0,725	1,700	0,470
Eté	2,550	0,605	2,350	0,489

Nombre moyen des feuilles intermédiaires (F.I):

	Station Caroube		Station Club	
	N b. F.I	S.e	N b. F.I	S.e
Automne	1,950	0,887	1,750	0,444
Hiver	2,000	0,562	1,950	0,510
Printemps	3,100	0,912	2,700	0,470
Eté	3,500	0,761	3,200	0,410

Nombre moyen des feuilles juvéniles (F.J):

	Station Caroube		Station Club	
	N b. F.J	S.e	N b. F.J	S.e
Automne	7,9	2,95	1,45	0,605
Hiver	1,200	0,616	1,100	0,447
Printemps	1,200	0,523	1,400	0,821
Eté	1,300	0,571	1,300	0,470

Nombre moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires) (F.A.I):

	Station Caroube		Station Club	
	N b. F.A.I	S.e	N b. F.A.I	S.e
Automne	5,00	1,34	4,250	0,550
Hiver	5,400	0,995	4,900	0,788
Printemps	5,10	1,12	4,400	0,681
Eté	6,05	1,15	5,550	0,686

Résultats de la largeur moyenne des feuilles adultes (mm):

	Station Caroube		Station Club	
	LA. FA	S.e	LA. FA	S.e
Automne	9,655	0,246	8,983	0,553
Hiver	9,555	0,348	8,729	0,443
Printemps	9,700	0,431	8,250	0,925
Eté	9,729	0,319	8,842	0,744

Largeur moyenne des feuilles intermédiaires (mm)

	Station Caroube		Station Club	
	LA. FI	S.e	LA. FI	S.e
Automne	9,553	0,352	8,788	0,527
Hiver	9,483	0,446	8,693	0,413
Printemps	9,349	0,357	8,033	0,704
Eté	9,514	0,207	8,625	0,641

Largeur moyenne des feuilles juvéniles (mm)

	Station Caroube		Station Club	
	LA. FJ	S.e	LA. FJ	S.e
Automne	8,63	6,39	7,43	1,89
Hiver	6,78	1,79	7,24	1,82
Printemps	6,00	1,91	5,85	2,14
Eté	6,03	1,41	5,525	0,716

Largeur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires) (mm)

	Station Caroube		Station Club	
	LA. FAI	S.e	LA. FAI	S.e
Automne	9,530	0,517	8,891	0,530
Hiver	9,509	0,272	8,709	0,401
Printemps	9,478	0,352	8,125	0,761
Eté	9,589	0,195	8,719	0,659

Résultats de la longueur moyenne des feuilles adultes (F.A) (mm):

	Station Caroube		Station Club	
	LO. F.A	S.e	LO. F.A	S.e
Automne	128,0	36,9	235,8	46,6
Hiver	131,4	19,5	207,7	88,4
Printemps	144,9	45,9	137,5	35,4
Eté	147,4	32,9	214,8	68,0

Longueur moyenne des feuilles intermédiaires (F.I) (mm):

	Station Caroube		Station Club	
	LO. F.I	S.e	LO. F.I	S.e
Automne	198,0	58,0	347,0	76,0
Hiver	289,1	42,9	500	130
Printemps	312	112	416	116
Eté	326,9	76,9	425	107

Longueur moyenne des feuilles juvéniles (F.J) (mm):

	Station Caroube		Station Club	
	LO. F.J	S.e	LO. F.J	S.e
Automne	32,1	17,0	37,3	12,3
Hiver	38,3	12,9	41,0	12,9
Printemps	34,1	12,7	36,1	13,4
Eté	32,47	9,90	22,13	7,26

Longueur moyenne des feuilles globales (adultes et intermédiaires) (F.A.I) (mm):

	Station Caroube		Station Club	
	LO. FAI	S.e	LO. FAI	S.e
Automne	145,5	43,3	282,2	50,7
Hiver	187,8	24,5	326,5	72,3
Printemps	245,9	82,8	305,4	68,9
Eté	253,8	52,4	335,5	73,4

Résultats de la longueur des pétioles (L.P) (mm):

	Station Caroube		Station Club	
	L .P	S.e	L .P	S.e
Automne	22 , 48	6 , 82	35 , 16	6 , 39
Hiver	28 , 98	3 , 19	34 , 66	4 , 89
Printemps	28 , 93	3 , 04	36 , 38	4 , 61
Eté	29 , 80	2 , 04	29 , 96	1 , 66

Résultats de la surface foliaire moyenne (S.F) des feuilles adultes (en %):

	Station Caroube		Station Club	
	S.F. FA	S.e	S.F. FA	S.e
Automne	284 , 00	19 , 00	273 , 66	119 , 9
Hiver	279 , 9	121 , 2	263 , 5	111 , 3
Printemps	287 , 9	126 , 7	278 , 00	1154 , 45
Eté	309 , 9	198 , 3	289 , 71	161 , 11

Surface foliaire moyenne (S.F) des feuilles intermédiaires (en %):

	Station Caroube		Station Club	
	S.F. FI	S.e	S.F. FI	S.e
Automne	315 , 8	58 , 80	131 , 0	49 , 80
Hiver	129 , 0	63 , 30	125 , 77	41 , 30
Printemps	226 , 2	147 , 32	198 , 61	43 , 07
Eté	250 , 9	168 , 7	272 , 13	110 , 0

Surface foliaire moyenne (S.F) des feuilles juvéniles (en %):

	Station Caroube		Station Club	
	S.F. FJ	S.e	S.F. FJ	S.e
Automne	1 , 2	1 , 23	0 , 87	0 , 81
Hiver	1 , 19	1 , 30	0 , 98	0 , 83
Printemps	2 , 2	1 , 70	1 , 39	0 , 90
Eté	1 , 2	1 , 35	1 , 99	0 , 98

Surface foliaire moyenne (S.F) des feuilles globales (adultes et intermédiaires) (en %):

	Station Caroube		Station Club	
	S.F. FAI	S.e	S.F. FAI	S.e
Automne	295 , 8	91 , 00	263 , 0	118 , 3
Hiver	281 , 00	98 , 8	254 , 0	109 , 4
Printemps	299 , 69	139 , 1	234 , 23	119 , 8
Eté	318 , 09	98 , 08	278 , 09	98 , 08

Coefficient A moyen des feuilles adultes (en %):

	Station Caroube	Station Club
Automne	93,75	78,38
Hiver	82,14	76,32
Printemps	84,62	78,46
Eté	98,53	90,19

Coefficient A moyen des feuilles intermédiaires (en %):

	Station Caroube	Station Club
Automne	66,67	47,06
Hiver	79,41	49,31
Printemps	82,05	56,67
Eté	80,70	73,33

Coefficient A moyen des feuilles juvéniles (en %):

	Station Caroube	Station Club
Automne	68,33	84,3
Hiver	69,5	69,00
Printemps	79,11	66,5
Eté	54,66	61,6

Leaf Area Index (L.A.I) moyen des feuilles adultes (en m²/m²):

	Station Caroube		Station Club	
	L.A.I. FA	S.e	L.A.I. FA	S.e
Automne	7,244	1,23	5,38	1,01
Hiver	7,117	1,41	5,201	0,93
Printemps	7,321	1,5	5,487	0,68
Eté	7,883	0,79	5,720	0,96

Leaf Area Index (L.A.I) moyen des feuilles intermédiaires (en m²/m²):

	Station Caroube		Station Club	
	L.A.I. FI	S.e	L.A.I. FI	S.e
Automne	3,158	0,77	5,192	0,99
Hiver	3,290	0,80	5,013	0,59
Printemps	5,770	1,32	4,623	0,98
Eté	6,400	1,11	5,490	1,13

Leaf Area Index (L.A.I) moyen des feuilles juvéniles (en m²/m²):

	Station Caroube		Station Club	
	L.A.I. FJ	S.e	L.A.I. FJ	S.e
Automne	0,031	0,029	0,022	0,02
Hiver	0,048	0,028	0,024	0,02
Printemps	0,056	0,04	0,035	0,03
Eté	0,03	0,026	0,051	0,049

**Leaf Area Index (L.A.I) moyen des feuilles globales (adultes et intermédiaires)
(En m²/m²):**

	Station Caroube		Station Club	
	L.A.I. FAI	S.e	L.A.I. FAI	S.e
Automne	7,546	1,09	5,192	0,99
Hiver	7,168	1,18	5,013	0,59
Printemps	7,645	1,16	4,623	0,98
Eté	8,112	1,82	5,49	1,13

Annexe 4: la quantification de la chlorophylle

Matériels utilisés:

- Spectrophotomètre
- Cuve pour spectrophotomètre
- Balance
- Mortier
- Eprouvette graduée
- Pipette graduée 5ml
- Entonnoir
- Boite noires
- Papier filtrant
- Feuilles fraîches de *P. oceanica*.

Réactifs utilisés:

- Acétone 80%
- Bicarbonate de sodium
- Eau distillée

Résultat de l'extraction de la chlorophylle dans les 2 stations.

	Station Caroube				Station Club			
	Ch a	Ch b	A+b	A/b	Ch a	Ch b	A+b	A/b
Automne	5,032	4,136	8,912	1,261	6,689	4,987	11,906	1,343
Hiver	5,228	3,661	8,328	1,422	6,027	4,436	10,526	1,347
Printemps	6,09	4,398	8,168	1,228	4,918	4,436	5,257	1,146
Eté	3,763	2,895	6,343	1,312	3,4	2,55	6,103	1,34