

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**République Algérienne Démocratique et Populaire**

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

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



**Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme**

**d'Ingénieur d'état et master en Sciences de la Mer**

**Option : Biodiversité et gestion des écosystèmes**

**Thème :**

**Bioévaluation de la qualité des eaux marines côtières par  
les peuplements macrophytes benthiques**

Présenté par :

**Mlle BENBIDA Fériel**

Soutenu le 28/10/2020, devant le jury composé de :

Mme CHERNAI-HAMDI S.	Professeur.....ENSSMAL	Présidente
M. KABRANE A.	MAA.....ENSSMAL	Promoteur
Mme HENDA A.	MAA.....ENSSMAL	Examinatrice
M. KASSAR A.	MAA.....ENSSMAL	Examinateur

**Année universitaire: 2019- 2020**



## **DEDICACE**

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect et la reconnaissance à toutes les personnes à qui je dédie ce modeste travail.

À mon très cher père Mohammed : aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

À la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable mère Fella. J'espère que mon travail sera le témoignage de ma gratitude et mon respect le plus profond.

À ma grand-mère : à qui je souhaite une longue vie et bonne santé.

À mon frère Naoufel et mes chères sœurs Rihab, Marwa et Anfel pour leurs amour, que Dieu les protèges.

À ma chère copine Imen, qui m'a toujours donné le soutien et le courage de continuer, que Dieu la protège.

À toutes mes amies Ania, Tinhinane, Mounia, Marwa, Abir, Chaima, Djamila, Imen, qui m'ont toujours encouragé. Je leur souhaite que du bonheur et de la réussite.

À toute la promotion de Biodiversité et gestion des écosystèmes de l'année 2019-2020

## REMERCIEMENTS

Je remercie chaleureusement **Mme CHERNAI-HAMDI S**, de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire. Trouvez ici l'expression de ma profonde gratitude.

Mes sincères remerciements vont également à **M. KASSAR A** et **Mme HENDA A**, pour m'avoir fait l'honneur d'examiner ce modeste travail.

Un remerciement particulier va à mon encadreur **M. KABRANE**, pour son aide précieuse tout au long de la réalisation de ce mémoire, pour ses orientations et conseils, ainsi que pour sa disponibilité et sa compréhension.

J'exprime ma reconnaissance au **M. ORFANIDIS S.** (*National Agricultural Research Foundation, Fisheries Research Institute / Kavala - Grèce*), qui a daigné répondre à notre sollicitation.

Je remercie mes enseignants qui ont veillés à mon apprentissage depuis mon jeune âge, reconnaissante tout le savoir qui m'ont transmis et la patience dont ils ont fait preuve à mon égard.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce modeste travail.

## LISTE DES TABLEAUX

---

### Liste des tableaux

Tableau I.1 : Limites de la classe d'état écologique des eaux de transition et des eaux côtières selon la formule continue de l'indice d'évaluation écologique ( <i>EEI-c</i> ) appliquée dans les valeurs théoriques.....	13
Tableau II.2 : Inventaire spécifique des peuplements algaux de la station Ilot .....	16
Tableau II.3 : Nombre d'espèces ( <i>T</i> ) dans divers peuplements algaux en Méditerranée et l'Atlantique.....	21
Tableau II.4 : La diversité des ranges taxonomiques saisonniers.....	22
Tableau II.5 : Le nombre d'espèces ( <i>T</i> ) et le pourcentage de recouvrement ( <i>R%</i> ) des groupes systématiques.....	24
Tableau II.6: Les Recouvrements moyens les plus importants.....	25
Tableau II.7 : Tableau synthétique des indices de diversité.....	32
Tableau II.8 : Groupes écologiques ( <i>ESG</i> = Statu Ecologique des Groupes - source : <a href="http://www.eei.gr/EN/coastal.html">http://www.eei.gr/EN/coastal.html</a> ).....	36
Tableau II.9 : Évaluation et classification de l'état écologique sur la base de la formule continue de l'indice d'évaluation écologique ( <i>EEI-c</i> ).....	40

# TABLE DES MATIÈRES

---

DÉDICACE

REMERCIEMENT

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION..... 1

## Chapitre I : MATÉRIELS ET MÉTHODES

1. Stratégie d'échantillonnage.....	3
2. Présentation de la station d'étude.....	4
2.1. Situation géographique de la Plage ILOT (Ain Benian).....	4
2.2. Pollution et pression anthropique.....	6
3. Echantillonnage et traitement des échantillons.....	6
4. Paramètres bionomiques.....	7
4.1. Paramètres analytiques.....	8
4.1.1. Le coefficient ( $T$ ).....	8
4.1.2. Le coefficient ( $Q$ ).....	8
4.1.3. Le Recouvrement ( $R_i$ ).....	8
4.1.4. Le Recouvrement Moyen Global ( $RMG$ ).....	8
4.2. Paramètres synthétiques.....	8
4.2.1. La dominance qualitative ( $DQ_i$ ).....	8
4.2.2. La dominance quantitative ( $DR_i$ ).....	9
4.2.3. Indice de diversité spécifique.....	9
4.2.3.1. L'indice de shannon ( $H'$ ).....	9
4.2.3.2. L'Equitabilité ( $E$ ).....	10
5. Diagramme Rang - Fréquence ( $DRF$ ).....	10
6. Indice d'évaluation écologique ( $EEI-c$ ).....	11

## TABLE DES MATIÈRES

---

### Chapitre II : RESULTATS ET DISCUSSION

1. Inventaire floristique .....	15
2. . Etude structurale des peuplements saisonniers .....	27
2.1. Dominance qualitative ( <i>DQ</i> ) des groupes systématiques.....	27
2.2. Dominance quantitatives ( <i>DR</i> ) des groupes systématiques .....	29
3. . Indices de diversité de shannon ( <i>H'</i> ) d'Equitabilité ( <i>E</i> ).....	31
4. Les Diagrammes Rangs - Fréquences ( <i>DRFs</i> ) .....	33
5. L'indice d'évaluation écologique ( <i>EEI-c</i> ) et le Ratio de Qualité Ecologique ( <i>EQR</i> ).....	35
6. Discussion générale.....	42
CONCLUSION.....	44
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	46
ANNEXES	

## LISTE DES FIGURES

---

### Liste des figures

Figure I.1 : Platier rocheux de la plage Ilot (Aïn Bénian).....	3
Figure I.2: Cartes de la situation géographique de la station d'étude - Source : INCT-.....	5
Figure I.3: Quadrat (a : Quadrat d'échantillonnage ; b : Quadrat d'estimation de recouvrement).....	7
Figure I.4 : Schéma de la déformation des courbes rang-fréquence le long d'une succession écologique dans le plancton .....	10
Figure I.5: Modèle conceptuel de deux états stables alternatifs des communautés des macroalgues dans un gradient d'état dans les eaux côtières. Une vue conventionnelle (A) et dynamique (B) des changements de succession .....	12
Figure II.6 : Aspect général de <i>Chondracanthus acicularis</i> (Roth) Fredericq, 1993, à l'œil nu.....	19
Figure II.7 : Aspect général d'un rameau terminal d' <i>Amphiroa rigida</i> J.V. Lamouroux, 1816,.....	19
Figure II.8 : Aspect général d' <i>Ulva lactuca</i> Linnaeus, 1753, à l'œil nu.....	19
Figure II.9 : Aspect général de l'extrémité terminale d'un stolon de <i>Caulerpa racemosa</i> (Forsskål) J. Agardh, 1873, sous loupe (G. x 20). .....	19
Figure II.10: Aspect général de l'extrémité terminale d' <i>Ellisolandia elongata</i> (J.Ellis & Solander) K.R.Hind & G.W.Saunders, 2013, sous la loupe (G. x 20) .....	20
Figure II.11: Aspect général de <i>Jania longifurca</i> Zanardini, 1844, à l'œil nu.....	20
Figure II.12: Aspect général de <i>Pterocliadiella capillacea</i> (S.G.Gmelin) Santelices & Hommersand, 1997, à l'œil nu.....	20
Figure II.13: Aspect général de <i>Cystoseira amentacea</i> var. <i>stricta</i> Montagne, 1846, à l'œil nu.....	20
Figure II.14 Aspect général de l'extrémité terminale de <i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) J.V. Lamouroux, 1813, sous la loupe (G. x 20).....	21
Figure II.15 : Aspect général de l'extrémité terminale de <i>Ceramium diaphanum</i> (Lightfoot) Roth, 1806, sous la loupe (G. x 20) .....	21

## LISTE DES FIGURES

---

Figure II.16 : Evolution saisonnière des dominances quantitatives (DQ) des groupes systématiques (Ordre) du peuplement algal de la station Ilot.....	28
Figure II.17: Evolution saisonnière des dominances qualitatives (DR) des groupes systématiques (Ordre) du peuplement algal de la station Ilot.....	29
Figure II.18 : Digramme Rang-Fréquence des quatre peuplements saisonniers.....	33

# **INTRODUCTION**

### INTRODUCTION

Les écosystèmes marins côtiers sont désormais affectés d'une façon ou d'une autre, par le développement des sociétés humaines et les rejets agricoles, urbains et industriels qui peuvent mener à de hauts niveaux de pollution dans les écosystèmes marins côtiers (**SMOLDERS *et al.*, 2003**).

Dans le milieu aquatique, les substances toxiques peuvent exercer leurs effets négatifs sur l'environnement, même à de très faibles concentrations et présentent souvent une grande variabilité de concentrations dans le temps et dans l'espace. Ceci complique l'évaluation des quantités rejetées et de leurs impacts sur les écosystèmes. Pour ces raisons, un grand nombre d'intervenants du milieu marin (scientifiques...) s'intéresse au développement de différents moyens permettant de mesurer les effets de la pollution urbaine, industrielle et agricole sur les écosystèmes marins (**BURGER, 2006**).

Les indicateurs biologiques, ou bioindicateurs, sont des détecteurs qui révèlent l'existence de conditions complexes, résultant de facteurs biotiques ou abiotiques qu'il est très difficile d'appréhender individuellement, c'est-à-dire, en se référant uniquement à leurs valeurs intrinsèques (**DAUVIN *et al.*, 2010**).

Les assemblages de macroalgues marines ont été proposés comme un élément de qualité pour l'évaluation de l'état écologique des masses d'eau du littoral dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive cadre sur l'eau (DCE, 2000/60 / CE – communauté européenne -)(Annexe I) en France. À cet effet, pour la mise en œuvre de la DCE, des indices de qualité écologique ont été suggérés : L'indice d'évaluation écologique (*EEI*) proposé par **ORFANIDIS *et al.* (2001)**, a été développé, à l'origine, pour être appliqué sur des données de dynamique saisonnière des communautés macroalgales (*comm. pers.*, **ORFANIDIS**).

L'*EEI-c* a été développé pour couvrir les conditions préalables de la DCE européenne, qui est l'outil opérationnel pour fixer les objectifs pour la protection de l'eau en Europe (CE 2000), et d'offrir aux gestionnaires de l'eau du monde entier un outil de comparaison, de classement et de fixation des priorités de gestion à différentes niveaux. Conceptuellement, il est plus approprié pour évaluer l'impact des pressions telles que l'eutrophisation, la sédimentation, destruction de l'habitat aquatique, pollution par la matière organique, et la dégradation générale (**ZUBIA *et al.*, 2012**).

Un recensement exhaustif\* de la flore algale des côtes algériennes a été réalisé par **PERRET-BOUDOURESQUE et SERIDI (1989)** et **SERIDI (1990)**. Ces inventaires ont été réactualisés par **OULD-AHMED (1994)** et **KADARI-MEZIANE (1994)**.

---

\* : Opération de dénombrement consistant à collecter des informations sur chacun des membres d'une population. Un recensement est exhaustif, à la différence d'un sondage qui interroge un échantillon représentatif de la population étudiée.

## INTRODUCTION

---

En Algérie, la bioévaluation de la qualité des eaux avait commencé par l'étude de l'impact de la pollution sur la fraction algale des peuplements benthiques, ainsi que la mise en évidence d'espèces ou groupes d'espèces indicatrices de pollution, en fonction de leur disparition, ou de leur prolifération (**KADARI-MEZIANE, 1994**).

**OULD-AHMED (1994)** s'est intéressée à l'impact des rejets thermiques sur le phytobenthos, au niveau de la centrale thermique de Mers-El-Hadjadj (Arzew).

**SERIDI (2007)** et **SERIDI et al. (2007)** ont étudié l'impact de la pollution sur la flore marine algale de la côte algérienne, avant de faire une étude comparée de la bioévaluation de la qualité des eaux par le biais des macrophytes de la région algéroise et un gradient de pollution situé en région marseillaise.

**BENALI (2010)** et **KARALI (2010)** se sont intéressées respectivement aux peuplements à *Cystoseira spp.* (Abréviation de « species » au pluriel pour indiquer que l'auteur estime inutile d'être plus précis que le niveau du genre) et aux encorbellements à *Lithophyllum spp.* très sensibles aux diverses perturbations, utilisés dans la biosurveillance de la qualité des eaux.

**KABRANE (2012)** fait une étude sur la dynamique saisonnière des peuplements macrophytiques, en relation avec la qualité des eaux marines côtières, en s'inspirant de la théorie de la stratégie adaptative des espèces r et K.

Plus récemment, **CHABANE et al. (2018)** et **CHABANE (2019)** font une étude sur le fonctionnement et la diversité d'un écosystème à macroalgues, de la région algéroise, tout en appliquant l'indice *EEI*.

En raison de la conjoncture sanitaire due à la Covid 19, le travail initialement prévu n'a pas pu être poursuivi, à savoir, faire une étude de la dynamique spatiale des peuplements macrophytes de trois stations de localisation différentes, suivant un gradient de pollution (du moins anthropisé vers le plus anthropisé) ; en raison des mesures de confinement, et surtout, l'inaccessibilité du laboratoire de l'école, jusqu'à une date tardive, le travail de paillasse a dû être interrompu. À cet effet, une réorientation du sujet vers l'étude de la dynamique temporelle associée à l'aspect fonctionnel des peuplements macrophytes, appliquée sur une base de données existante (**KABRANE, 2012**), a été préconisée.

En plus de l'évolution structurelle des peuplements macrophytes, sur une échelle saisonnière, le présent travail, se propose également d'établir un lien de causalité avec la qualité des eaux côtières, tout en s'aidant de l'indice biotique *EEI*, faisant l'objet d'une première application à l'ENSSMAL.

# **Chapitre I**

## **MATERIELS ET METHODES**

## Chapitre I : MATERIELS ET METHODES

### 1. Stratégie d'échantillonnage

L'objectif d'une stratégie d'échantillonnage est de parvenir à une estimation la plus précise possible des paramètres étudiés et de leur variabilité (dominances, richesses spécifiques...), en prenant en compte les connaissances préalables du milieu et les Contraintes logistiques - temps, matériel, ressources, etc. (BLANCHET, 2004). Pour notre part, la considération des interactions entre la structuration des peuplements et les facteurs anthropiques, en particulier les sources de pollution, constituent un élément fondamental de notre stratégie d'échantillonnage.

Suivant le protocole d'échantillonnage suivi par KABRANE (2012), les macroalgues benthiques ont été échantillonnées au niveau de platier rocheux de la Plage Ilot (Ain Benian), de l'étage infralittoral supérieur (profondeur 0.1 m), de mode battu avec une pente horizontale (Figure I.1).



Figure I.1 : Platier rocheux de la plage Ilot (Ain Bénian) (Photo original, 2020)

Les relevés ont été faits au niveau de l'étage infralittoral supérieur situé au-dessous du niveau inférieur des basses mers de vive eau. Il est subdivisé en deux sous étages, l'un superficiel (photophile : Affinité des espèces pour la lumière) et l'autre profond (sciaphile : Affinité des espèces pour l'ombre). Dans l'étage infralittoral, les conditions de vie sont beaucoup

plus clémentes que dans le Supralittoral et dans le Médiolittoral : faibles variations de la température et de la salinité, humectation constante, éclaircissement généralement non limitant. Le franchissement du zéro biologique est donc marqué par une explosion de la diversité spécifique : de très nombreuses espèces sont en effet capables de vivre dans l'infralittoral, et ce sont les phénomènes de compétition interspécifique qui sont déterminants pour expliquer la présence ou l'absence d'une espèce en un point donné (**BOUCHET et CAYRE, 2005**).

Un suivi saisonnier d'une même station est opéré ; c'est donc, *à priori*, un schéma caractéristique de l'évolution temporelle (ou dynamique temporelle) qui requiert toute notre attention, et non pas l'évolution spatiale.

Le choix de la fréquence d'échantillonnage (autrement, un concept arbitraire) est cohérent avec l'objectif assigné à l'étude, néanmoins dit, l'échelle saisonnière d'observation suivrait les impératifs du problème écologique que l'on s'attelle à résoudre.

La surveillance saisonnière permettra de mieux montrer les différentes étapes du cycle évolutif des macroalgues (sporophytes, gamétophytes, etc.). Cependant, il est légitime de s'interroger sur la validité d'un seul cycle annuel, car il est plus nécessaire d'optimiser toutes les observations sur la dynamique saisonnière des macroalgues et de révéler leurs caractéristiques depuis la station d'étude.

Dans la mise en place d'une stratégie d'échantillonnage, une des priorités est le respect de la surface minimale qui devrait conduire à l'obtention d'un échantillon représentatif notion jugée trop fallacieuse par **FRONTIER (1983)**.

## 2. Présentation de la station d'étude

### 2.1. Situation géographique de la Plage ILOT (Ain Benian)

L'étude a concerné la station dite "Ilot" (plage), sise à quelques encablures du Ras Acrata (limite Est de la Baie d'El-Djamila), et constitue, d'ailleurs, une limite avec le port d'El Djamila (ex La Madrague) (Figure I.2).

Cette plage est en partie sablonneuse, et compte un long platier rocheux. « Ilot » appartient à la commune de Aïn Bénian (ex Guyotville), dans la banlieue ouest d'Alger : cette circonscription côtière s'étend sur une superficie de 1326.5 ha, avec un domaine littoral couvrant 906,5 ha et un linéaire côtier de 9,47 km qui a fait d'elle une zone attractive (**CADASTRE, 2004**). Elle compterait désormais plus de 90 000 habitants.

## Chapitre I: MATERIELS ET METHODES

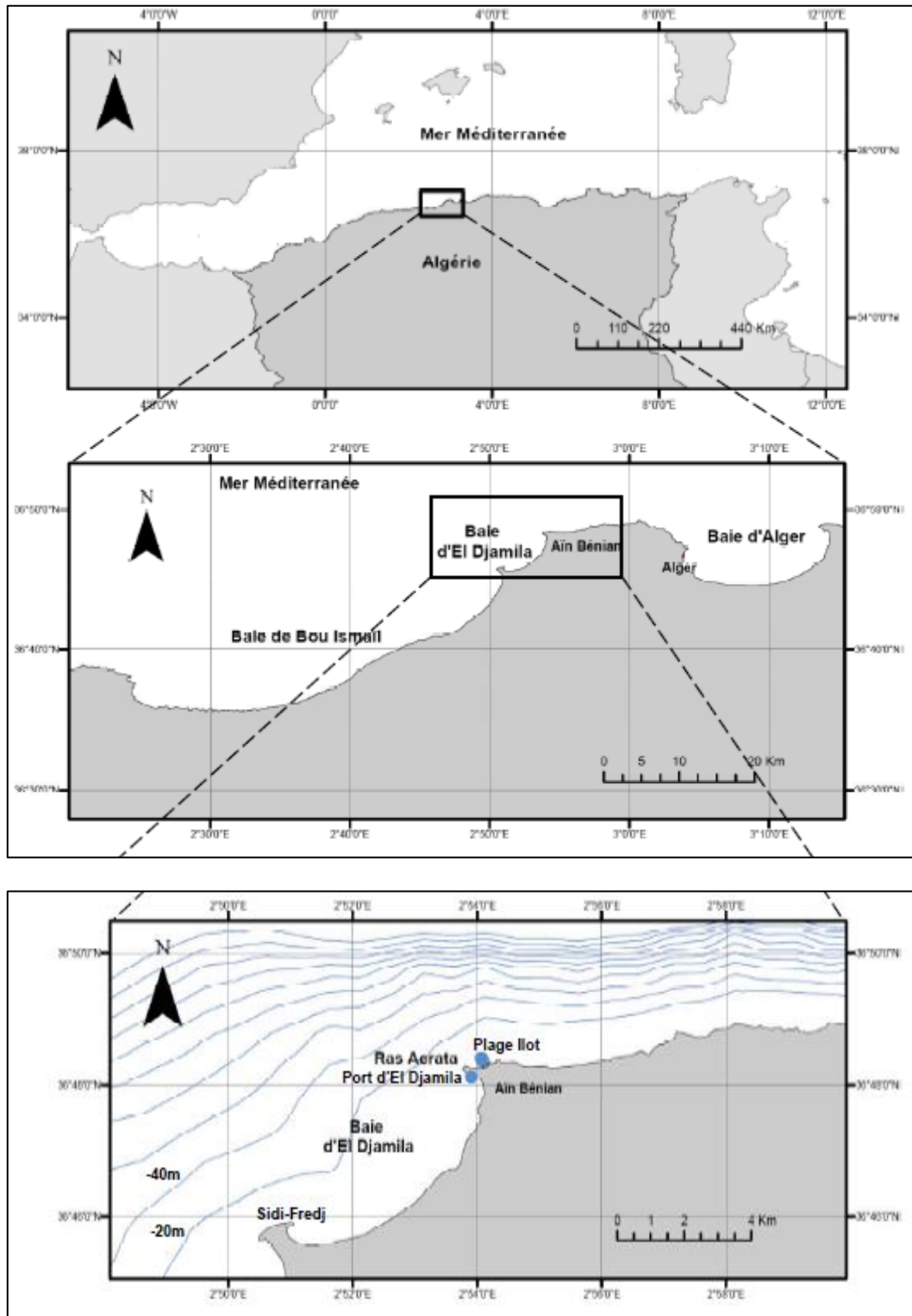


Figure I.2: Cartes de la situation géographique de la station d'étude -Source : INCT - (KABRANE, 2012).

### 2.2. Pollution et pression anthropique

La principale pollution serait de nature organique, résultant des rejets d'eaux usées domestiques des agglomérations côtières (PAC, 2005). L'eau a été rejetée dans la mer par plusieurs drains sauvages sans traitement préalable, et ce n'est qu'en 2010 que la station de recyclage implantée au niveau de la plage de l'Ilot aurait permis de rediriger ces eaux vers la station d'épuration située non loin de l'embouchure de oued Béni Messous. Ce dernier transporte les eaux usées et les eaux de ruissellement agricoles de plusieurs villes voisines, et se déverse au niveau de la plage « les dunes » (baie d'El Djamila).

En raison de la défaillance d'un réseau de raccordement, la capacité d'épuration est encore relativement faible. Aïn Bénian n'échappe pas à la tendance générale à la littoralisation : l'effet conjugué d'un tissu urbain chaotique et de l'action érosive de la mer menace éminemment la stabilité de la côte, ainsi que tous les écosystèmes inféodés (PAC, 2005). C'est pourquoi Aïn Bénian - El Djamila fait partie des ZET (Zones d'Expansion Touristique : définie par la loi du 17.02.2003 relative au développement durable du tourisme) et intègre le schéma global du Programme d'Aménagement Côtier (PAC) de la région algéroise.

L'analyse prospective de ce dernier, stipule qu'en cas de maintien des pressions actuelles avec le même rythme, conduirait entre autres, à :

- Une perte de 50% de la biodiversité remarquable aux environs de 2025.
- Une perte de 20 à 50% des habitats d'intérêt écologique majeur.

### 3. Echantillonnage et traitement des échantillons

Ces données ont été récupérées depuis des échantillons prélevés sur le magistère intitulé Dynamique des peuplements macrophytiques : relation macrophytes - qualité des eaux réalisé par KABRANE publié l'an 2012 ; entre la période de 14/06/2010 et 11/07/2011, par contre, j'ai effectué une étude fonctionnelle basée sur l'indice d'évaluation écologique (EEI).

L'échantillonnage consistait à effectuer des prélèvements saisonniers de 4 à 5 relevés phytosociologiques, à raison d'un seul prélèvement par saison.

Les relevés sont obtenus par prélèvement intégral de la roche et du peuplement par grattage complet à l'aide d'une spatule sur une surface de 900cm<sup>2</sup> (quadrat de 30cm x 30cm), les

## Chapitre I: MATERIELS ET METHODES

quadrats y ont été installés de façon à couvrir un maximum du platier rocheux (BOUDOURESQUE, 1971) (Figure I.3). La surface adoptée dans notre étude est largement supérieure à l'aire minimale représentative, préconisée pour les communautés infralittorales méditerranéennes, qui est de 250cm<sup>2</sup> (BOUDOURESQUE et BELSHER, 1979).



Figure I.3 : Quadrat (a : Quadrat d'échantillonnage ; b : Quadrat d'estimation de recouvrement) (Photo original, 2020)

Les échantillons sont placés dans les sacs en plastique avec des étiquettes, en présence d'une petite quantité d'eau de mer et transportés au laboratoire.

Au laboratoire, les échantillons sont conservés dans l'eau de mer formolée à 5%, en vue d'une identification sous loupe binoculaire et après une phase d'identification plus fine, qui repose sur des observations microscopiques de coupes histologiques, réalisées sur les différentes parties du thalle.

Pour établir un inventaire aussi complet que possible de la zone d'étude, plusieurs sites numériques, notamment la base de données [www.algaebase.org](http://www.algaebase.org), le registre mondial des espèces marines *WoRMS* (*World Register of Marine Species*) ([www.WoRMS.com](http://www.WoRMS.com)) - lié au premier – ont été utilisés afin d'actualiser les noms scientifiques des taxons recensés, et les affecter à leurs systématiques de référence.

#### 4. Paramètres bionomiques

On en distingue deux types de paramètres bionomiques : les paramètres analytiques, qui décrivent les espèces (ou groupes d'espèces - cas limite : le relevé tout entier) à l'intérieur d'un relevé ; les paramètres synthétiques, s'appliquent aux espèces (ou groupes d'espèces) d'un ensemble de relevés (BOUDOURESQUE, 1971).

## 4.1. Paramètres analytiques

### 4.1.1. Le coefficient $T$

Le coefficient ( $T$ ) représente le nombre d'espèces d'un relevé.

### 4.1.2. Le coefficient $Q$

Nous nommons  $Q$  l'effectif spécifique d'un sous ensemble quelconque dans un relevé (un groupe écologique ...). Par exemple, s'il existe 2 Phéophycées dans un relevé, le coefficient  $Q_P$  est de 2.

Le coefficient  $Q$  se calcule toujours pour un relevé et non pour un ensemble de relevés ou pour un tableau ce qui serait un non-sens méthodologiques. (BOUDOURESQUE, 1971 ; 1973).

$$Q = \sum T \text{ .....EQ1}$$

### 4.1.3. Le Recouvrement ( $R_i$ )

Le Recouvrement ( $R_i$ ) est le premier des deux coefficients principaux attribués à chaque espèce. C'est le pourcentage approximatif de la surface du substrat couverte en projection horizontale par l'espèce  $i$ . La végétation se disposant sur plusieurs strates, le recouvrement total est très généralement supérieur à 100% (BOUDOURESQUE, 1971).

$$\left( \sum_{i=1}^T R_i \right) \text{ .....EQ2}$$

### 4.1.4. Le Recouvrement Moyen Global ( $RMG$ )

Le recouvrement moyen global ( $RMG$ ) d'une espèce est la moyenne de son recouvrement pour un certain nombre de relevés, c'est-à-dire le pourcentage de la surface du substrat couverte en moyenne par l'espèce considéré, en projection. La végétation se disposant sur plusieurs strates, la somme des  $RMGs$  peut dépasser de beaucoup 100%. (BOUDOURESQUE, 1973).

$$RMG = \frac{\sum R_i p_{i=1}}{P} \times 100 \text{ .....EQ3}$$

## 4.2. Paramètres synthétiques

### 4.2.1. La dominance qualitative ( $DQ_i$ )

La dominance qualitative ( $DQ_i$ ) d'un sous ensemble d'espèce (groupe ou super groupe systématiques...) par rapport à un ensemble d'espèce auquel il appartient, est le rapport de  $Q$  sur

le nombre total des espèces ou le nombre moyen d'espèces de l'ensemble considéré, multiplié par 100. (BOUDOURESQUE, 1971).

$$DQi = (Qi/T) \times 100 \quad \text{.....EQ4}$$

#### 4.2.2. La dominance quantitative (DRi)

La dominance en fonction du Recouvrement d'une espèce *i* (ou d'un groupe d'espèces), pour le même relevé, est le rapport exprimé en pourcentage, de son recouvrement *Ri* (ou  $\Sigma Ri$  du groupe considéré) au Recouvrement total ( $R_T$ ). Il est de 100% pour le même relevé.

$$DRi = \sum R_i / R_T \times 100 \quad \text{.....EQ5}$$

#### 4.2.3. L'indice de diversité spécifique

##### 4.2.3.1. L'indice de SHANNON ( $H'$ )

L'indice de SHANNON ( $H'$ ) évalue la diversité au niveau d'un site d'échantillonnage ou d'un habitat. Cet indice est un indicateur de l'équitabilité d'un milieu, il est compris entre 0 et l'infini. Il se calcule de la manière suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^T p_i \cdot \log_2 p_i \quad \text{avec } p_i (\text{recouvrement relatif de l'espèce } i) = \frac{R_i}{R_t}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T : \text{nombre total des espèces d'un relevé.} \\ R_i : \text{recouvrement de l'espèce } i. \\ R_t : \text{recouvrement total des espèces.} \end{array} \right. \quad \text{.....EQ6}$$

Il implique que l'échantillon soit prélevé aléatoirement, d'une communauté indéfiniment large, et que l'ensemble des espèces de la communauté soit représenté (LEGENDRE et LENGENDRE, 1979 ; BURCKARD *et al*, 2008).

Il est exprimé en unités d'information par individu (ou bits par individu, si les logarithmes sont de base 2).

L'indice est maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon égale sur toutes les espèces. Il dépasse rarement 4.5 bits/individu, même dans les communautés très diversifiées, et varie généralement entre 1.5, et 3.5 (FRONTIER, 1983).

4.2.3.2. L'Équitabilité (E)

L'indice d'équitabilité E de PIELOU (1966), appelé également indice d'équirépartition (BLONDEL, 1979), qui représente le rapport de  $H'$  à l'indice maximal théorique dans le peuplement ( $H_{max}$ ). Cet indice peut varier de 0 à 1, il est maximal quand les espèces ont des abondances identiques dans le peuplement et il est minimal quand une seule espèce domine tout le peuplement.

$$E_{\text{(indice de PIELOU)}} = \frac{H'}{H_{\text{max}}} = \frac{H'}{\log_2 T} \dots\dots\dots \text{EQ7}$$

Avec T : nombre total des espèces recensées

5. Diagramme Rang - Fréquence (DRFs)

Diagramme Rang - Fréquence (DRFs) est une description plus détaillée de la diversité spécifique d'un échantillon est donnée par une représentation de la distribution des individus en espèces. Ces distributions seront données sous forme d'un diagramme rang-fréquence (D.R.F.) (FRONTIER, 1976). Les espèces d'un échantillon sont classées par ordre de fréquences décroissantes, et le graphique donne la fréquence de chaque espèce en fonction de son rang (Figure I.4).

Il a pour objectif d'informer sur la diversité et l'état d'abondance d'un peuplement. Lors de l'évolution naturelle d'un écosystème, (FRONTIER, 1976) reconnaît trois stades principaux dans la succession écologique avec un stade intermédiaire entre les deux premiers :

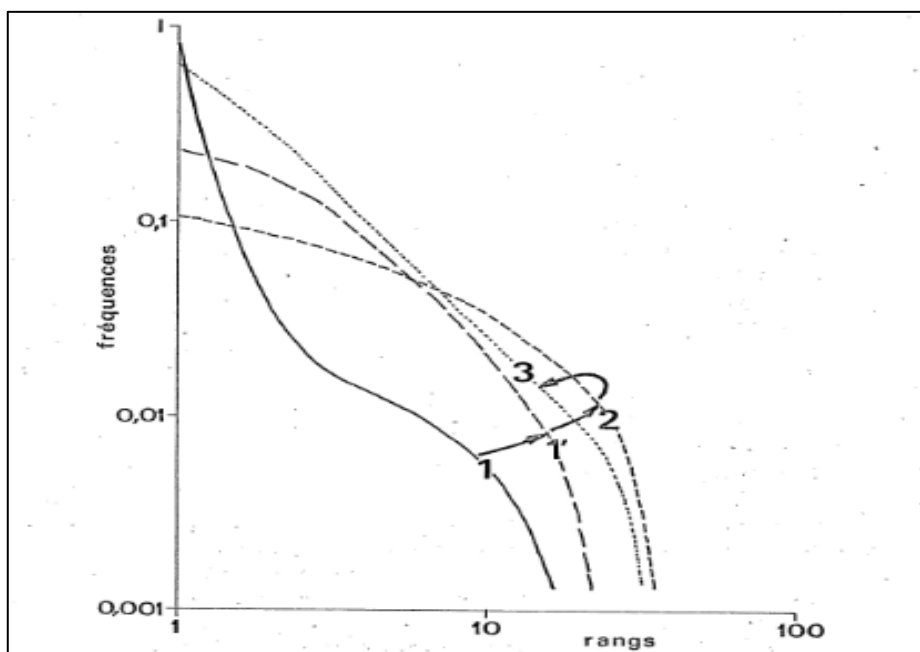


Figure I.4 : Schéma de la déformation des courbes rang-fréquence le long d'une succession écologique dans le plancton. (FRONTIER, 1976).

**Stade 1 « début de succession »** : la courbe montre une allure concave vers le haut dans sa partie gauche, indiquant la prédominance d'un très petit nombre d'espèces. Puis elle subit une inflexion, et devient convexe dans sa partie droite. Enfin, chute rapide pour les espèces rares. La diversité est faible. Au cours de la succession, la partie convexe gagne vers la gauche: les espèces fréquentes deviennent nombreuses et d'abondances plus uniforme. La diversité augmente. La chute brutale des espèces rares persiste. (**FRONTIER, 1976**).

**Stade intermédiaire 1'**: l'allure convexe se déplace vers le haut de la courbe, les espèces abondantes sont plus nombreuses avec une chute rapide des espèces peu abondantes ; la diversité augmente. (**CHABANE, 2019**)

**Stade 2 « maturité du système »**: la courbe devient entièrement convexe, se rapprochant de la distribution en bâton brisé. Cependant les espèces fréquentes sont toujours plus fréquentes, et les espèces rares moins fréquentes, que dans le modèle de MAC ARTHUR. La diversité est maximale. (**FRONTIER, 1976**).

**Stade 3 « fin de succession »**: le diagramme devient sensiblement rectiligne par augmentation des espèces les plus abondantes du peuplement précédent ; on observe parfois une flexure vers le bas dans la partie gauche; l'ajustement à une courbe de MANDELBROT est tout à fait correcte, à la chute des espèces rares près. La diversité a diminué par rapport au stade précédent. (**FRONTIER, 1976**).

### 6. Indice d'évaluation écologique (*EEI-c*)

L'indice d'évaluation écologique (*EEI-c*) a été développé par (**ORFANIDIS *et al*, 2001**) visant à étudier les communautés algales d'un point de vue fonctionnel, plutôt que du point de vue composition spécifique. Cet indice différencie le statut écologique des espèces pour évaluer la qualité de l'eau.

L'*EEI-c* a été développé, à l'origine, pour être appliqué sur des données de dynamique saisonnière des communautés macroalgales. Il est conçu pour estimer l'état écologique des eaux de transition et des eaux côtières (**ORFANIDIS *et al*, 2003**).

L'indice est basé sur l'étude des macrophytes benthiques, présentant une coévolution morphologique en fonction de leurs besoins en photosynthèse et nutriments et en réponse aux variations biotiques et abiotiques (**GRALL et COÏC, 2005**).

Le concept du *EEI-c* est basé sur le schéma évident et universel selon lequel les

perturbations anthropiques, par exemple la pollution-eutrophisation, font passer l'écosystème de l'état vierge où les espèces de fin de succession sont dominantes, à l'état dégradé, où les espèces opportunistes sont dominantes (voir figure I.5).

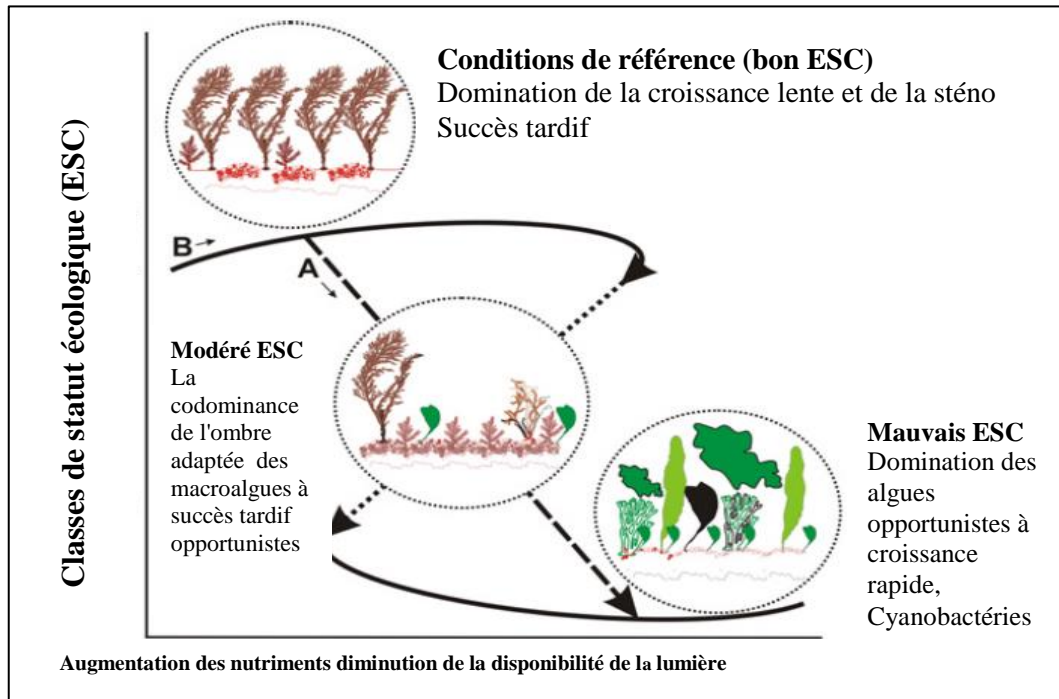


Figure I.5 : Modèle conceptuel de deux états stables alternatifs des communautés des macroalgues dans un gradient d'état dans les eaux côtières. Une vue conventionnelle (A) et dynamique (B) des changements de succession (Modifier) (ORFANIDIS *et al*, 2011).

Les macrophytes benthiques marines (algues, angiospermes) ont été utilisés comme bio-indicateurs des modifications de l'écosystème, de l'état vierge avec des espèces en fin de succession - groupe de statut écologique I (*ESG I*) - à l'état dégradé avec des espèces opportunistes (*ESG II*). Selon (ORFANIDIS *et al*, 2001), les macrophytes benthiques sont classées en sept groupes discriminés sur la base de critères morpho-physiologiques et écologiques, eux-mêmes rassemblés en deux grands groupes de statut écologiques (*ESG*) :

- *ESG I* (principalement sélection K) correspond aux stades ultimes des successions (espèces au thalle épais ou calcaire, différencié, ayant un cycle de vie long et un taux de croissance faible).
- *ESG II* (principalement sélection r) correspond aux opportunistes (espèces foliacées ou filamenteuses, à taux de croissance fort et cycle de vie court).

Certainement, aucun organisme n'est complètement de la sélection r ou complètement de la sélection K, mais tous doivent parvenir à un compromis entre les deux extrêmes (r, K

## Chapitre I: MATERIELS ET METHODES

continuum) (PIANKA, 1970).

Le groupe de statut écologique I (*ESG I*) comprend les espèces pérennes épaisses (*IA*), les espèces plastiques épaisses (*IB*) et les espèces plastiques adaptées à l'ombre (*IC*), et le groupe écologique II (*ESG II*) comprend les espèces opportunistes charnues (*IIA*) et les espèces opportunistes filamenteuses en feuille (*IIB*).

Dans le cas de la présente étude, l'affectation des groupes des statuts écologiques (*ESC*= *Ecological Status Classes*) aux différents taxons recensés a été réalisé en se basant sur le référentiel élaboré par (ORFANIDIS *et al*, 2011), dont un supplément d'informations est disponible sur un site internet spécialement dédié à l'indice ([www.eei.gr](http://www.eei.gr)).

Un système permet, ensuite, d'attribuer une valeur aux différentes catégories de statut écologique observé pour chaque prélèvement. La valeur finale de l'*EEI*, variant de 2 à 10, est ensuite reliée à l'état écologique du milieu (*EQR*= *Ecologique Qualité Ratio*) (Tableau II.1)

Tableau II.1 : Limites de groupe de statut écologique des eaux de transition et des eaux côtières selon la formule continue de l'indice d'évaluation écologique (*EEI-c*) (ORFANIDIS *et al.*, 2011) - modifié.

Etat Ecologique ( <i>ESC</i> )	<i>EEI-c</i>	<i>EQR</i>
Excellent	$9.72 \leq 8.09$	$0.97 \leq 0.76$
Bon-Excellent	$8.09 \leq 5.84$	$0.76 \leq 0.48$
Bon-Modéré	$5.84 \leq 4.04$	$0.48 \leq 0.25$
Modérer -Médiocre	$4.04 \leq 2.34$	$0.25 \leq 0.04$
Mauvais	$2.34 \leq 0$	$0.04 \leq 0$

L'*EEI-c* a été appliqué en utilisant les formules suivantes :

$$ESG I (\% \text{ coverage}) = [(IA \times 1) + (IB \times 0.8) + (IC \times 0.6)]$$

$$ESG II (\% \text{ coverage}) = [(IIA \times 0.8) + (IIB \times 1)]$$

$$P(x, y) = a + b \times (ESG I / 100) + c \times (ESG I / 100)^2 + d \times (ESG II / 100) + e(ESG II / 100)^2 + f \times (ESG I / 100) \times (ESG II / 100)$$

$$EEI-c (ESGI, ESGII) = 2 + 8 \times \min[1, p(x, y)]$$

Les coefficients de l'hyperbole sont : a = 0,468, b = 1,2088, c = -0,3583, d = -1,1289, e = 0,5129, f = -0,1869 (ORFANIDIS *et al*, 2011).

## Chapitre I: MATERIELS ET METHODES

---

L'*EEI-c* peut être transformé en fonction des ratios de qualité écologique comme :

$$EEI-c \text{ EQR} = 1.25 \times (EEI \text{ value} / RC \text{ value}) - 0.25 \quad RC = 10$$

## **Chapitre II**

# **RESULTATS ET DISCUSSION**

## Chapitre II : RESULTATS ET DISCUSSION

### 1. Inventaire floristique

L'inventaire floristique a été établi à partir de l'ensemble des relevés phytosociologiques. Au total, cet inventaire a permis de recenser 84 taxons de macroalgues dans la plage Ilot - Aïn Bénian - (Tableau II. 2 ; Annexe II), soit un taux de 17% du nombre total de 494 espèces inventoriées à l'échelle nationale (**PERRET-BOUDOURESQUE et SERRIDI, 1989 ; SERIDI, 1990 ; KADARI-MEZIANE, 1994 ; OULD - AHMED, 1994**).

Dans notre inventaire, le groupe des Rhodophyceae domine avec 57 espèces, suivi des Ulvophyceae (20 espèces) et des Phaeophyceae avec 7 espèces.

Aux taxons recensés sont affectés les groupes écologiques pouvant aider à mieux percevoir la notion de biodindication. Les espèces d'un même peuplement partagent en commun la même écologie, mais, n'ont pas, forcément, toutes les mêmes exigences écologiques, d'où la différence du poids de celles-ci dans un même peuplement. Idem, s'agissant des réponses de celles-ci aux stress qu'occasionne le milieu (**KABRANE ; comm. pers.**)

Tableau II.2 : Inventaire spécifique des peuplements algaux de la station Ilot (\* : Voir les groupes écologiques en Annexe III)

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Genre	Grp. Ecolo.*	Espèces
Chlorophyta	Ulvophyceae	Bryopsidales	Bryopsidaceae	<i>Bryopsis</i>	LRE - SSP	<i>Bryopsis</i> sp.J.V.Lamouroux, 1809
			Caulerpacae	<i>Caulerpa</i>	LRE PhIM	<i>Caulerpa racemosa</i> (Forsskål) J. Agardh, 1873 <i>Caulerpa prolifera</i> (Forsskål) J.V. Lamouroux, 1809
			Codiaceae	<i>Codium</i>	PhIC	<i>Codium fragile</i> (Suringar) Hariot, 1889
		Cladophorales	Cladophoraceae	<i>Chaetomorpha</i>	LRE - SSP	<i>Chaetomorpha</i> sp Kützinger, 1845
				<i>Cladophora</i>	LRE - SSP RMM2 SCI RMM2 SCI AS ETN LRE-SSP	<i>Cladophora albida</i> (Nees) Kützinger, 1843 <i>Cladophora dalmatica</i> Kützinger, 1843 <i>Cladophora hutchinsiae</i> (Dillwyn) Kützinger, 1845 <i>Cladophora laetevirens</i> (Dillwyn) Kützinger, 1843 <i>Cladophora lehmanniana</i> (Lindenberg) Kützinger, 1843 <i>Cladophora prolifera</i> (Roth) Kützinger, 1843 <i>Cladophora sericea</i> (Hudson) Kützinger, 1843
				<i>Lychaete</i>	SSB	<i>Cladophora</i> sp Kützinger, 1843 <i>Lychaete pellucida</i> (Hudson) M.J.Wynne, 2017
		Ulvales	Kornmanniaceae	<i>Blidingia</i>	LRE - SSP	<i>Blidingia</i> sp Kylin, 1847
			Ulvaceae	<i>Ulva</i>	RMM2 PhIP PhIP Tsl - PhIP HSPP	<i>Ulva compressa</i> Linnaeus, 1753 <i>Ulva intestinalis</i> Linnaeus, 1753 <i>Ulva lactuca</i> Linnaeus, 1753 <i>Ulva rigida</i> C. Agardh, 1823 <i>Ulva rotundata</i> Bliding, 1968
Ochrophyta	Phaeoophyceae	Fucales	Sargassaceae	<i>Cystoseira</i>	SSBc - PhIB	<i>Cystoseira amentacea</i> var. <i>stricta</i> Montagne, 1846
		Dictyotales	Dictyotaceae	<i>Dictyopteris</i>	SIC LRE-SSP	<i>Dictyopteris polypodioides</i> (A.P.De Candolle) J.V.Lamouroux, 1809 <i>Dictyopteris</i> sp. J.V.Lamouroux, 1809
				<i>Dictyota</i>	PhIC	<i>Dictyota fasciola</i> (Roth) J.V. Lamouroux, 1809
		Sphacelariales	Stypocaulaceae	<i>Halopteris</i>	SCIT-PhIC LRE - SSP	<i>Halopteris filicina</i> (Grateloup) Kützinger, 1843 <i>Halopteris</i> sp. Kützinger, 1843
			Sphacelariaceae	<i>Sphacelaria</i>	APsl - PhI	<i>Sphacelaria cirrosa</i> (Roth) C. Agardh, 1824
Rhodophyta	Florideophyceae	Ceramiales	Ceramiaceae	<i>Antithamnion</i> <i>Antithamnionella</i> <i>Ceramium</i>	ISR SSBf RMSl - FM SC	<i>Antithamnion cruciatum</i> (C. Agardh) Nägeli, 1847 <i>Antithamnionella elegans</i> (Berthold) J.H. Price et D.M. John, 1986 <i>Ceramium ciliatum</i> (J. Ellis) Ducluzeau, 1806 <i>Ceramium codii</i> (H.Richards) Mazoyer, 1938



Suite Tableau II.2

		Gelidiales	Gelidiellaceae Gelidiaceae	<i>Millerella</i> <i>Gelidium</i>	SSBc RMsI - FM SSB PhIB	<i>Millerella pannosa</i> (Feldmann) G.H.Boo & L.Le Gall, 2016 <i>Gelidium crinale</i> (Hare ex Turner) Gaillon, 1828 <i>Gelidium pulchellum</i> (Turner) Kützing, 1868 <i>Gelidium pusillum</i> (Stackhouse) Le Jolis, 1863
			Pterocladaceae	<i>Pterocladella</i>	SSB	<i>Pterocladella capillacea</i> (S.G.Gmelin) Santelices & Hommersand, 1997
		Gigartinales	Cystocloniaceae	<i>Hypnea</i>	LRE PhIT	<i>Hypnea cervicornis</i> J.Agardh, 1851 <i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) J.V. Lamouroux, 1813
			Gigartinaceae Phylloporaceae	<i>Rhodophyllis</i> <i>Chondracanthus</i> <i>Gymnogangrus</i>	SSB Tsl - PhIP SSBf	<i>Rhodophyllis divaricata</i> (Stackhouse) Papenfuss, 1950 <i>Chondracanthus acicularis</i> (Roth) Fredericq, 1993 <i>Gymnogongrus crenulatus</i> (Turner) J.Agardh, 1851
		Gracilariales	Gracilariaceae	<i>Gracilaria</i>	CC PhI	<i>Gracilaria bursa-pastori</i> (S.G. Gmelin) P.C. Silva, 1952 <i>Gracilaria dura</i> (C. Agardh) J. Agardh, 1842
		Halymeniales	Halymeniaceae	<i>Pachymeniopsis</i>	SSBc	<i>Pachymeniopsis lanceolata</i> (K.Okamura) Y.Yamada ex S.Kawabata, 1954
		Colaconematales	Colaconemataceae	<i>Colaconema</i>	PhIG	<i>Colaconema caespitosum</i> (J.Agardh) Jackelman, Stegenga & J.J.Bolton, 1991
		Plocamiales	Plocamiaceae	<i>Plocamium</i>	SSBf	<i>Plocamium cartilagineum</i> (Linnaeus) P.S. Dixon, 1967
		Rhodymeniales	Champiaceae Lomentariaceae	<i>Champia</i> <i>Lomentaria</i>	SC SSBf	<i>Champia parvula</i> (C. Agardh) Harvey, 1853 <i>Lomentaria articulata</i> (Hudson) Lyngbye, 1819

Ci-dessous, des images illustrant quelques espèces remarquables :



Figure II.6 : Aspect général de *Chondracanthus acicularis* (Roth) Fredericq, 1993, à l'œil nu ([www.algaebase.org](http://www.algaebase.org)).



Figure II.7 : Aspect général d'un rameau terminal d'*Amphiroa rigida* J.V. Lamouroux, 1816, ([www.southafrseaweeds.uct.ac.za](http://www.southafrseaweeds.uct.ac.za)).



Figure II.8 : Aspect général d'*Ulva lactuca* Linnaeus, 1753, à l'œil nu (**BENMEHIDI, 2017**).



Figure II.9 : Aspect général de l'extrémité terminale d'un stolon de *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh, 1873, sous loupe (G. x 20). (**Photo original 2020**).

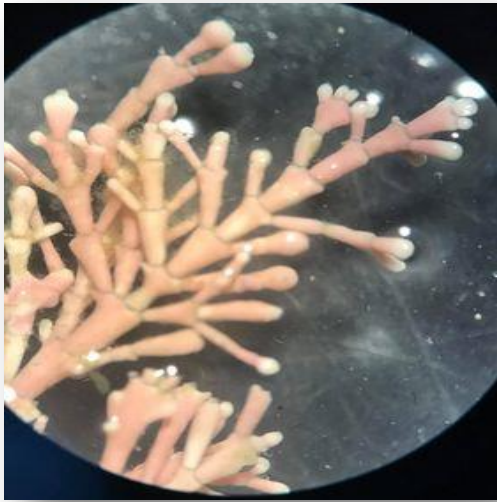


Figure II.10: Aspect général de l'extrémité terminale d'*Ellisolandia elongata* (J.Ellis & Solander) K.R.Hind & G.W.Saunders, 2013 sous la loupe (G. x 20) (Photo original 2020).



Figure II.11: Aspect général de *Jania longifurca* Zanardini, 1844 à l'œil nu ([www.algaebase.org](http://www.algaebase.org)).



Figure II.12: Aspect général de *Pterocliadiella capillacea* (S.G.Gmelin) Santelices & Hommersand, 1997, à l'œil nu ([www.alamy.com](http://www.alamy.com)).



Figure II.13: Aspect général de *Cystoseira amentacea var. stricta* Montagne, 1846, à l'œil nu ([www.WoRMS.com](http://www.WoRMS.com)).



Figure II.14: Aspect général de l'extrémité terminale de *Hypnea musciformis* (Wulfen) J.V. Lamouroux, 1813 sous la loupe (G. x 20) (Photo original 2020).

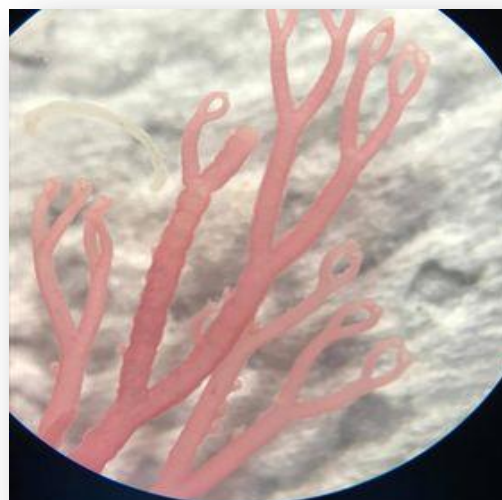


Figure II.15 : Aspect général de l'extrémité terminale de *Ceramium diaphanum* (Lightfoot) Roth, 1806 sous la loupe (G. x 20) (Photo original 2020).

Le nombre de taxons récoltés peut être comparé à d'autres inventaires ; le nombre total pour la présente étude ( $T=84$ ) est élevée par rapport aux nombres de taxons recensés au niveau de différentes stations d'étude, réparties sur la côte méditerranéenne, comme le montre le tableau suivant (Tableau II.3) :

Tableau II.3 : Nombre d'espèces ( $T$ ) dans divers peuplements algaux en Méditerranée et l'Atlantique.

Région	$T$	Surface	Auteur	Année
Grèce (Côte égéenne)	113	20x20 cm <sup>2</sup>	ORFANIDIS <i>et al.</i>	2011
Espagne (Tossa de Mar)	22-78	15x15 cm <sup>2</sup>	ARÉVALO <i>et al.</i>	2007
Slovénie (Golfe de Trieste)	51	20x20cm <sup>2</sup>	ORLANDO-BONACA <i>et al.</i>	2008
Bulgarie (Baie de Varna, Lac Beloslav, Baies de Treta Buna et Burgas)	32	15-20 m	DENCHEVA.	2010
Italy (Venise)	80	20-30 m	SFRISOA <i>et al.</i>	2014
Algérois	34-86	30x30 cm <sup>2</sup>	SERIDI <i>et al.</i>	2018
Ténès	11	25x25 cm <sup>2</sup>	BENKHEDDA et BEZZINA.	2019
Présente étude	84	30x30 cm <sup>2</sup>	BENBIDA.	2020

## Chapitre II: RESULTATS ET DISCUSSION

À cette valeur est comparable à celle trouvées en Italie (venise) où (T= 80) (**SFRISOA et al., 2014**). Ou en Algérois où (T=34-86) (**CHABANE et al., 2018**). Ce nombre est toutefois, relativement élevé si l'on considère que la plupart de ces taxons proviennent des récoltes effectuées pour la majorité dans les niveaux superficiels (Tableau II. 3). **ORLANDO-BONACA et al. (2008)** notent une valeur de (T=51) en Slovénie, tandis que (**BENKHEDDA et BEZZINA ,2019**) ont dénombré 11 espèces à Ténès.

La diversité des rangs taxonomiques est basés sur le principe que, dans une communauté benthique non perturbée, à un stade de succession avancé, le nombre d'espèces différentes apparentées à différents niveaux taxonomiques augmente (**WARWICK et CLARKE, 1995**).

Lorsque la perturbation s'amplifie, la diversité prise à tous les niveaux de classification tend à baisser. Une étude de la structure taxonomique d'un peuplement peut donc refléter son état (**GRALL et COÏC, 2006**).

L'analyse de la distribution des rangs systématiques correspondant aux relevés saisonniers (Tableau II.4) révèle une richesse d'espèces, permet de distinguer deux catégories de saison bien individualisées :

Tableau II.4 : La diversité des rangs taxonomiques saisonniers.

Rangs \ Saison	Hiver	Printemps	Été	Automne
<b>Espèces (E)</b>	53	<b>54</b>	<b>45</b>	33
<b>Genres (G)</b>	39	<b>37</b>	<b>31</b>	25
<b>Familles (F)</b>	21	<b>26</b>	<b>19</b>	18
<b>Ordre (O)</b>	11	<b>12</b>	<b>10</b>	10
<b>Classes (C)</b>	3	3	3	3

**Des saisons fortement peuplées** avec une richesse en espèces élevée : Dans cette première catégorie, nous retrouvons la saison hivernale (E=53, G=39, F=21 et O=11), mais surtout la saison printanière qui représente la diversité la plus élevée (E=54, G=37, F=26 et O=12). De plus, en hiver, les eaux de ruissellement et des autres types de rejets sont plus importantes, en revanche, c'est plutôt le brassage des eaux qui serait la raison d'une atténuation de l'effet de pollution. Un nombre modéré de taxons d'algues macroscopiques et d'angiospermes sensibles aux perturbations et associés aux conditions non perturbées sont absents. La couverture d'algues macroscopiques et l'abondance d'angiospermes sont modérément perturbées et peuvent être de nature à entraîner une perturbation indésirable de l'équilibre des organismes présents dans la

masse d'eau (ANON, 2000 ; *in* CASAZZA *et al*, 2002).

Ces saisons sont caractérisées par la codominance des espèces suivantes : *Chondracanthus acicularis* (indiatrice de milieux moyennement pollués), *Amphiroa rigida*, *Cystoseira amentacea var. stricta*, cette dernière est une espèce vivace à patrimoine élevé (DELEPINE *et al*, 1987 ; BOUDOURESQUE *et al*, 1996 ; BOUDOURESQUE, 2002 ; BULLERI *et al*, 2002)

En effet, la richesse spécifique augmente également dans les stations éloignées de toute source de pollution (la station d'épuration située non loin de l'embouchure d'oued Béni Messous). En revanche, toute source de pollution provoque une forte perturbation de la richesse spécifique (THIBAUT *et al*, 2005).

**Des saisons faiblement peuplée ou oligospécifiques**, avec une richesse en espèces très réduite : dans cette seconde catégorie, les deux saisons estivale (E=45, G=31, O=10 et F=19), automnale (E=33, G=25, O=10 et F=18), en sont la meilleure illustration, en effet, les peuplements qui en sont inféodés sont caractérisées par la dominance des espèces suivantes : *Ellisolandia elongata*, *Ulva lactuca*, *Chondracanthus acicularis*. En effet, Les chlorophytes telles que *Ulva rigida*, *Ulva intestinalis* et *Caulerpa racemosa* établissent une structure dominante dans l'environnement et limitent les zones de vie d'autres algues (CIRIK *et al*, 2001). Des études antérieures ont montré qu'avec un gradient d'enrichissement en nutriments, les sites les plus touchés se caractérisent systématiquement par une faible richesse en taxons et la présence de taxons nitrophiles (espèce qui se développe préférentiellement sur les sols ou dans les eaux riches en nitrates. Ce nitrate provient généralement de la décomposition d'apports organiques liés aux activités humaines) tels que *Ulva spp* et *Cladophora. spp*. (AREVALO *et al.*, 2007 ; PINEDO *et al*, 2007).

Les rejets d'eaux usées, véhiculées par les oueds qui traversent les centres urbains, et qui se déversent en mer, drainant les eaux de ruissellement des terres agricoles, des effluents urbains et industriels (HOUMA, 2009) cela pourrait avoir une influence sur la réduction du nombre d'espèces. Ces eaux riches en matières organiques, matières en suspension et sels nutritifs permettent le développement des espèces tolérantes à la pollution telles que *Ellisolandia elongata*, cette dernière supporte des épisodes d'assèchement et se développe bien en présence de pollution jusqu'à former des ceintures denses (ceinture à Corallinaceae) suivi par *Cystoseira amentacea var. stricta*, qui forme une ceinture plus profonde marquant le début d'un autre étage ; de telles espèces, sont dites sentinelles de la pollution, renseignement, effectivement, sur la qualité des eaux (PINEDO *et al*, 2007).

La diversité taxonomique a l'avantage d'être indépendante de la taille des échantillons,

## Chapitre II: RESULTATS ET DISCUSSION

permettant la comparaison d'études ayant des plans d'échantillonnage différents. Elle est plus représentative de la diversité fonctionnelle et semble être plus sensible à la modification dans la structure des peuplements. La structure peut être appréhendée plus en détail en modifiant le poids donné aux différents niveaux taxonomiques (GRALL J. et COÏC N., 2005)

Le tableau suivant (Tableau II.5), illustre le nombre de taxons et le recouvrement des classes systématiques :

Tableau II.5 : Le nombre d'espèces (*T*) et le pourcentage de recouvrement (*R*%) des groupes systématiques.

Groupe systématique	Hiver		Printemps		Eté		Automne	
	<i>T</i>	<i>R</i> %	<i>T</i>	<i>R</i> %	<i>T</i>	<i>R</i> %	<i>T</i>	<i>R</i> %
Ulvophyceae	12	224,3	16	321,9	13	<b>393,03</b>	10	171,7
Fucophyceae	1	25,35	4	107,25	6	202,11	1	85
Florideophyceae	40	<b>871,7</b>	34	<b>797,88</b>	26	<b>185,31</b>	22	<b>253,55</b>
<b>TOTAL</b>	53	1121	54	1227	45	780,45	33	510,25

La distribution des taxons suit un aspect saisonnier : c'est précisément au printemps et en hiver que le nombre de taxons enregistrés est le plus important (respectivement, 54 et 53 taxons) et le taux de recouvrement est le plus élevé (respectivement, 1227% et 1121%).

La saison estivale montre un net fléchissement du recouvrement total (780.45%) et de la diversité spécifique (45 taxons identifiés).

L'automne est également le moins structuré, avec un faible recouvrement (510.25%) et un nombre de taxon égal à 33. Le plateau rocheux ayant été partiellement dénudé, il est normal que la densité algale y soit la plus faible.


Au cours des quatre saisons, les Florideophyceae dominent qualitativement et quantitativement sauf en été, où le recouvrement des Ulvophyceae est le plus important (393.03: cela renseignerait sur une possible succession des peuplements, qui aurait pour origine, une probable variation de la qualité du milieu, ce qui se traduit par une diminution ou quasi-disparition de taxons, consécutivement, leur possible remplacement : les Ulvophyceae ((*Ulva spp.* ; *Cladophora spp.* ) qui sont des thionitrophiles (tolèrent des eaux riches en composés soufrés (*thio*) et azotés (*nitro*). Ces composés sont issus de fermentations organiques ou du lessivage de sols contenant un excès

## Chapitre II: RESULTATS ET DISCUSSION



de produits fertilisants) dominant dans les milieux hautement perturbés par les eaux usées des émissaires urbains.

Les recouvrements moyens les plus importants correspondant aux quatre saisons sont représentés dans le tableau suivant (Tableau II.6, Annexe IV). Sur le total des taxons recensés (84 taxons), 16 d'entre eux présentent des recouvrements moyens importants, tandis que les autres sont très faiblement représentés ; étant - pour la plupart - de petites épiphytes, elles ne sont pas régulièrement présentes sur les quatre saisons, c'est ce qui justifierait leurs faibles recouvrements moyens.

Tableau II.6: Les Recouvrements moyens les plus importants.

Espèce	Recouvrement Moyen Global (%)
<i>Ellisolandia elongata</i>	 193,74
<i>Cystoseira amentacea var. stricta</i>	 102,71
<i>Chondracanthus acicularis</i>	 87,988
<i>Ulva lactuca</i>	 65

## Chapitre II: RESULTATS ET DISCUSSION

<i>Caulerpa racemosa</i>	 57
<i>Ceramium virgatum</i>	 55.193
<i>Ulva intestinalis</i>	50
<i>Pterocladia capillacea</i>	48,685
<i>Amphiroa rigida</i>	42,998
<i>Polysiphonia mottei</i>	31,65
<i>Codium fragile</i>	30,845
<i>Ulva compressa</i>	25,25
<i>Ulva rotundata</i>	21,525
<i>Jania rubens</i>	15,115
<i>Cladophora prolifera</i>	10,65
<i>Gelidium pusillum</i>	10

D'après les résultats, il ressort qu'*Ellisolandia elongata*, *Chondracanthus acicularis*, *Cystoseira amentacea var. stricta*, etc, sont des espèces qui représentent le recouvrement moyen le plus important (pionnier : espèce capable de coloniser un milieu instable, très pauvre en matière organique et aux conditions édaphiques et climatiques difficiles) durant les quatre saisons.

Des espèces, à l'exemple des Ulvaceae (ex. : *Ulva intestinalis*, etc.), *Chondracanthus acicularis* ou encore *Pterocladia capillacea*, sont très sensibles à l'enrichissement du milieu en éléments nutritifs, et par conséquent, elles présentent des recouvrements importants en milieu enrichi en substances susceptibles d'induire des proliférations anormales (KABRANE, 2012). Ces espèces se développent bien en présence de pollution jusqu'à former des ceintures denses, ce qui renseignerait sur la qualité des eaux (AREVALO *et al*, 2007 ; PINEDO *et al*, 2007).

*Caulerpa racemosa* représente l'un des phénomènes invasifs en Méditerranée, marqué par de vastes zones colonisées dans l'ensemble du bassin où interfère la xénophyte avec les

communautés autochtones (CIRIK *et al*, 1998 ; CECCHERELLI et PIAZZI, 2002 ; BOUDOURESQUE et VERLAQUE, 2002 ; VERLAQUE *et al*, 2003). L'invasion de cette espèce est particulièrement menaçante en raison de sa capacité à se propager rapidement sur tout type de substrat et de son taux élevé de dispersion végétative (MEINESZ et HESSE, 1991 ; LEMEE *et al*, 1993 ; VERLAQUE et FRITAYRE, 1994 ; CECCHERELLI et PIAZZI, 2002).

*Ceramium virgatum* et *Polysiphonia mottei* sont dans ce cas épiphytes par excellence ; elles constituent souvent la strate épibionte du peuplement à *Cystoseira amentacea var. stricta*, et dans une moindre mesure, épiphytes des *Ulva lactuca* et de la Coralline (*Ellisolandia elongata*).

### 2. Etude structurale des peuplements saisonniers

Les deux facteurs écologiques majeurs, régissant la physionomie et le développement des peuplements superficiels de substrats rocheux, sur une portion de côte, sont le plus souvent l'hydrodynamisme et la pollution (BELLAN-SANTINI, 1969 ; BALLESTEROS, 1992). Les 15 ordres systématiques ainsi que leurs valeurs de dominances sont illustrées en Annexe V.

#### 2.1. Dominance qualitative (DQ) des groupes systématiques

La dominance qualitative (DQ%) déterminée pour chaque groupe permet de comparer et de constater les variations des différents groupes du peuplement algal d'une station, en reflétant le poids du nombre de taxons respectifs des groupes systématiques (Figure II.16).

À partir des secteurs de l'évolution des dominances qualitatives des groupes systématiques, il apparaît qu'en saison hivernale, les Ceramiales sont les mieux représentés (DQ%=47,17) suivis des Corallinales (DQ%=13,21), ensuite des Cladophorales, avec une dominance de 9,43% ; les Ulvales et les Gigartinales représentent 5,66% de la dominance spécifique ; les Gelidiales, quant à elles, sont particulièrement remarquables (DQ%=3,77), tandis que les Fucales, les Gracilariales, les Halymeniales et les Rhodymeniales sont parmi les moins représentés (DQ=1.89%).

Le peuplement printanier montre une codominance qualitative des ordres systématiques reflétant ainsi un stade mieux équilibré où il est constaté des dominances qualitatives plus riches et mieux équiréparties, avec relativement le même éventail de groupes systématiques, dominés par les Ceramiales (DQ%=29.6).

Le peuplement estival enregistre 10 ordres sur une totalité de 15, en revanche, une dominance plus marquée des ceramiales (DQ%=28.29), suivi des Corallinales et des Cladophorales avec respectivement, 17.77 % et 17.18 %. Les Dictyotales et les Bryopsidales

## Chapitre II: RESULTATS ET DISCUSSION

sont particulièrement remarquables ( $DQ=6.66\%$ ,  $DQ=4.44\%$ ).

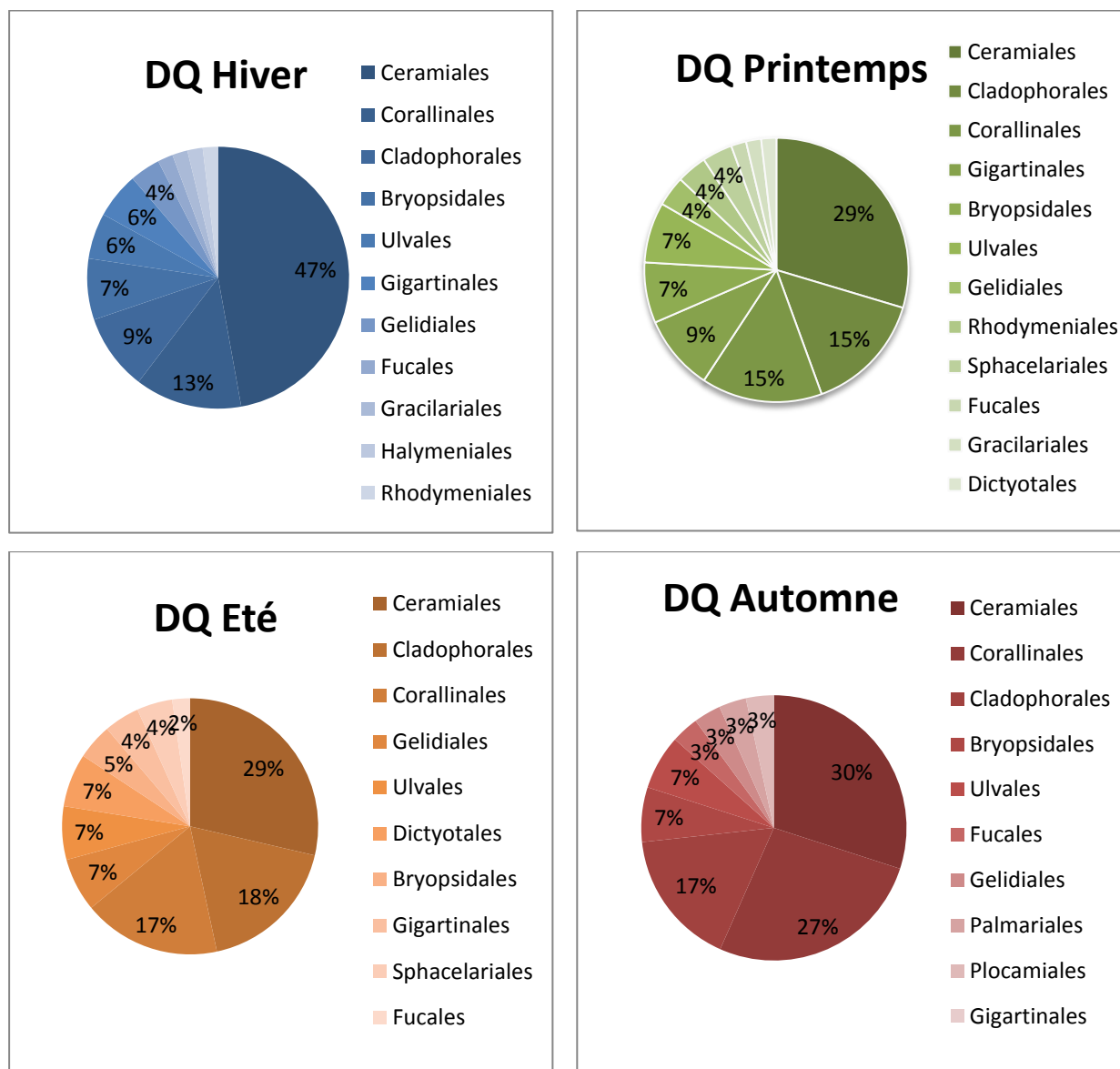


Figure II.16 : Evolution saisonnière des dominances qualitatives ( $DQ$ ) des groupes systématiques (Ordres) du peuplement algal de la plage Ilot.

La saison automnale, qui ressemble beaucoup, écologiquement, à La saison hivernale est marquée par un même éventail de groupes systématiques, qui plus est, caractérisée par l'apparition de deux groupes systématiques absents dans toutes les autres saisons, qui sont les Colaconematales et les Plocamiales avec la même dominance qualitative ( $DQ\%=3,03$ ).

Le printemps semble être la saison la plus riche en groupes systématiques, dont les dominances qualitatives dans le peuplement algal sont relativement bonnes. D'autre part,

## Chapitre II: RESULTATS ET DISCUSSION

l'automne est la saison où l'on recense un peuplement qualitativement pauvre en espèces.

Le groupe des Ceramiales est le mieux représenté dans toutes les saisons, suivi par les Corallinales régulièrement recensés dans les peuplements d'algues saisonnières.

Les Cladophorales se classent au troisième rang, et sont les plus abondants pendant la saison estivale. C'est pendant cette saison que l'on recense le groupe des Dictyotales et des Sphacelariales, qui apparaissent en fin de printemps. La saison estivale enregistre une nette dominance des Gelidiales ( $DQ\%=6,67$ ), comparée aux dominances qualitatives respectives de ce même groupe, aux autres saisons, quant à eux ne sont présents qu'en hiver et au printemps.

Enfin, malgré les importants recouvrements que peuvent atteindre les peuplements d'Ulvales et de Fucales, ils demeurent néanmoins qualitativement très peu abondants et ce pendant toutes les saisons.

### 2.2. Dominance quantitatives (DR) des groupes systématiques

L'Evolution saisonnière des dominances quantitatives des ordres systématiques des peuplements algaux de la station Ilot Est illustrée comme suit (Figure II.17).

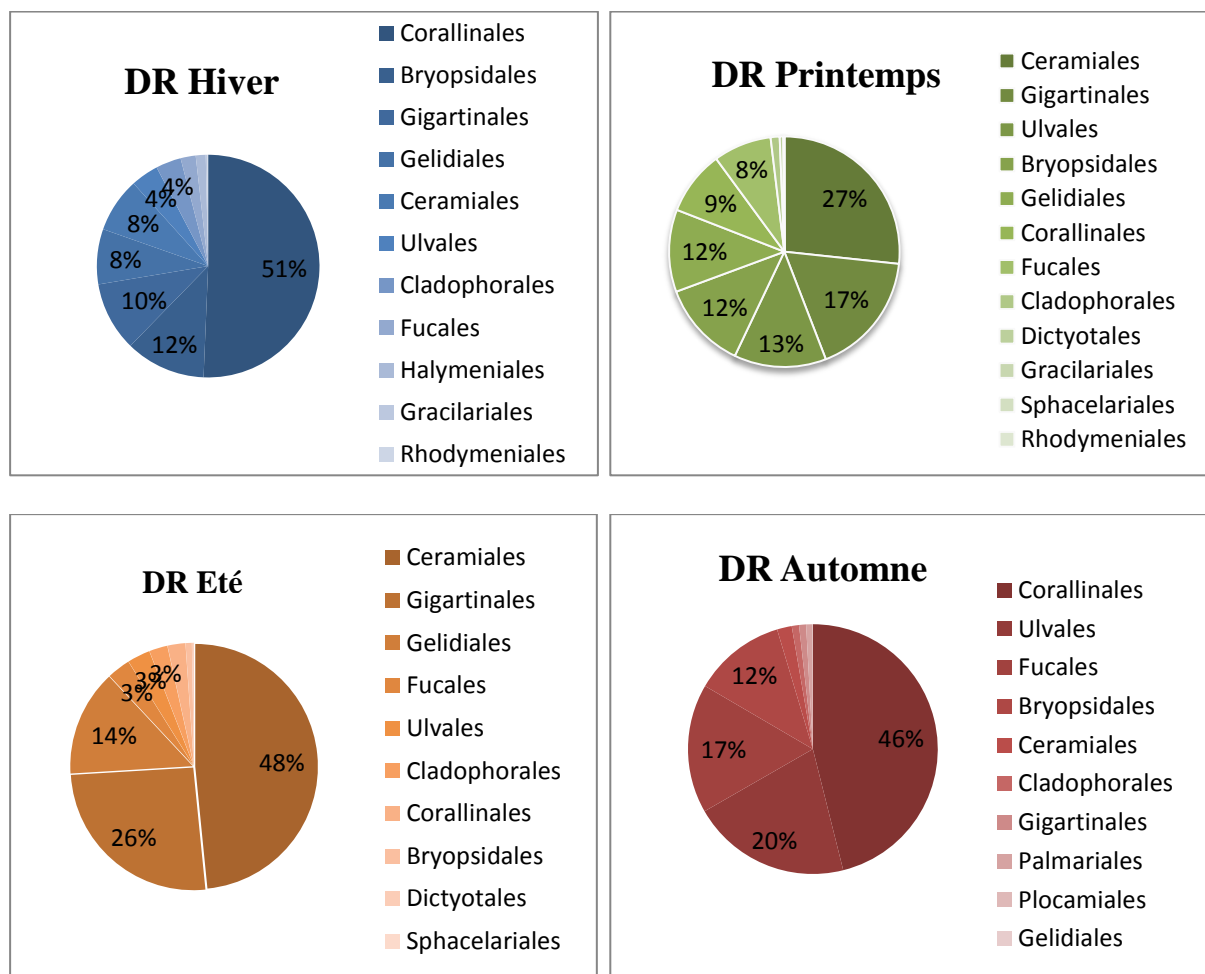


Figure II.17 : Evolution saisonnière des dominances quantitatives (DR) des groupes systématiques (Ordres) du peuplement algal de la station Ilot.

## Chapitre II: RESULTATS ET DISCUSSION

---

Les Corallinales présentent une large dominance quantitative en hiver ( $DR\%=52.2$ ) et en automne ( $DR\%=46.04$ ). La saison estivale enregistre un recouvrement moindre en Ulvales ( $DR\%=3,01$ ) comparé aux autres saisons. Les Ulvales et les Fucales affichent des dominances quantitatives particulièrement importantes au printemps et en automne. En outre, Les Ceramiales qualitativement abondants au printemps, sont aussi bien représentés quantitativement pendant la même saison ( $DR\%=26.81$ ).

Les Corallinales sont représentés essentiellement par *Ellisolandia elongata* (précédemment connue sous le nom de *Corallina elongata*) qui occupe toute la frange inférieure du médiolittoral photophile. En effet, cette espèce est indicatrice de pollution et tolérantes aux changements brutaux du biotope (SERIDI, 2007), d'où leur dominance en saison hivernale, tandis qu'en été, leur faible dominance s'expliquerait par l'affinité aux faibles températures qui caractérise les taxons de cet ordre.

Les Fucales sont exclusivement représentées par le peuplement à *Cystoseira amentacea* var. *stricta* ; ce dernier est un peuplement qui colonise les rochers éclairés et battus de l'étage infralittoral de la Méditerranée (CABANE, 2007). Ce sont des espèces très longévives - plusieurs dizaines d'années - (GAYRAL et COSSON, 1997; BALLESTEROS *et al.*, 1998).

Le peuplement affiche un net appauvrissement en période hivernale, et se reconstitue dès la fin de l'hiver (MENIOUI, 1992).

Les Cystoseires ont également un rôle important dans l'évaluation de la qualité des eaux marines. Leurs caractéristiques biologiques font de ces macroalgues des espèces très vulnérables, incapables de supporter de trop fortes perturbations du milieu. Elles sont toutes très sensibles à la pollution et à la turbidité des eaux, ainsi qu'au surpâturage (surexploitation des ressources végétales servant à l'alimentation), comme en témoigne leur régression dans toute la Méditerranée (BOUDOURESQUE *et al.*, 1990). Une fois détruites, les chances d'une restauration naturelle sont faibles.

Au niveau de la station Ilot, il est remarqué une apparition - même si elle reste fragmentaire - des Dictyotales et des Sphacelariales au printemps et en été.

Sur les côtes italiennes, les communautés complexes et bien structurées de *Cystoseira* spp. (Sthéniques : qui a du tonus et de la force en excès, mais ne tolérant pas le changement de conditions environnementales) ont été substituées par des communautés plus simples et moins structurées de Sphacelariales et de Dictyotales, des changements dont l'origine serait

l'augmentation de la turbidité de l'eau de mer à cause des activités anthropiques (**FURNARI, 2009**).

Par conséquent, l'apparition de Dictyotales et de Sphacelariales au niveau de la station Ilot, surtout en été, serait due à la diminution de la qualité de l'eau en cette saison.

Les tempêtes automnales couplées aux intenses précipitations occasionnent une discontinuité dans la dynamique des communautés benthiques ; avec la disparition des Cystoseires, il y a simplification de la structure du peuplement, et une baisse de la diversité (**BALLESTEROS, 1984 ; AREVALO et al., 2007**). C'est ce qui est constaté au niveau des peuplements algaux inféodés à la saison froide (hiver et automne).

Les épiphytes associées au peuplement de *Cystoseira amentacea* var. *stricta* changent saisonnièrement ; c'est ainsi qu'il y a dominance des Ceramiales durant l'automne.

La régression des Cystoseires est un phénomène bien documenté en Méditerranée, et les causes avérées sont multiples : eutrophisation, pollution, augmentation de la turbidité de l'eau, prédation/compétition, d'après **DIEZ et al. (2011)** et **THIBAUT et al. (2005)**.

Ces algues brunes sont alors très souvent remplacées par les Ceramiales, Ce qui est perçu comme étant un second stade successional d'un peuplement soumis à des conditions d'eutrophisation (**MONTESANTO et PANAYOTIDIS, 2001**).

Beaucoup de Rhodophyceae présentent une affinité aux gradients de pollution, qui ne semble pas les régresser. En effet, la dominance quantitative élevée des Corallinaceae (ex. : *Ellisolandia elongata*) démontre leur large potentialité écologique ainsi que leur tolérance à la pollution.

Décidément, la composition et la structure des peuplements algaux sont directement liées aux conditions environnementales, notamment, l'hydrodynamisme, la nature du substrat, et la qualité physique et chimique de l'eau ; il n'est pas exclu que la prédominance de certains groupes systématiques ayant une affinité pour les régimes hydrodynamiques battus et les températures froides qui prévalent en hiver, ne soit interprétée instinctivement, comme une réponse à une quelconque perturbation du milieu.

### 3. Indices de diversité de SHANNON ( $H'$ ) et d'Equitabilité ( $E$ )

L'indice de SHANNON a été utilisé pour étudier les changements temporels de la diversité liés à l'augmentation ou la réduction d'une pollution (**PEARSON et ROSENBERG, 1978**). L'indice de SHANNON est souvent accompagné par l'indice d'Equitabilité de PIELOU qui

## Chapitre II: RESULTATS ET DISCUSSION

permet de mesurer la répartition des espèces parmi les observations (Tableau II.7).

Tableau II.7 : Tableau synthétique des indices de diversité.

	Hiver (H)	Printemps (P)	Eté (E)	Automne (A)
$H'$ (bits/individu)	3,34	<b>3,91</b>	<b>2,73</b>	2,87
(E)	0,58	<b>0,68</b>	<b>0,5</b>	0,57

En effet, l'indice de diversité SHANNON ( $H'$ ) et d'Equitabilité montrent des valeurs assez élevées pendant la saison de printemps où le peuplement algal est le plus diversifié et le mieux équilibré ( $H'=3,91$  bits/individu,  $E=0,68$ ). Des indices de diversité élevés traduisent un peuplement évolué pour lequel le degré d'organisation est important (**BOUDOURESQUE, 1970 ; TRAVERS, 1971**).

Par contre les valeurs les plus faibles de l'indice ont été observées pendant les autres saisons (hiver, été, automne) avec une diversité plus ou moins faible et un degré d'équitabilité moyen ( $H'$  de 3.34 bits/individu à 2,73 bits/individu /  $E$  de 0.58 à 0.5). Ces faibles indices traduiraient le fait que les espèces ne sont pas installées de façon stable, chacune avec sa niche écologique, mais qu'elles sont en compétition pour l'occupation de ces niches (**MARCO-COQUEUGNIOT, 1986**), ces valeurs reflèteraient, donc, une flore perturbée.

**COSSON et THOUIN (1980)** estiment qu'un peuplement échantillonné n'est pas considéré comme stable et évolué tant que les valeurs de  $H'$  enregistrées sont inférieures à 3 ( $H' < 3$ ).

Les valeurs de l'Equitabilité ( $E$ ) sont toutes supérieures ou égales à 0.5 durant les quatre saisons. **FRONTIER et PICHOT-VIAL (1991)** considèrent une valeur d'équitabilité de 0,5 comme étant faible.

Dans les phytocénoses benthiques infralittorales de Méditerranée, on retrouve cette gamme de variation pour l'indice de diversité, par contre les indices d'Equitabilité restent toujours moyens, même dans les peuplements assez bien structurés, en raison du nombre important de petites espèces d'abondance négligeable (**GERBAL, 1994**).

Enfin, ces valeurs sont comparables à celle trouvées à Ain El Benian (plage Fontaine, COF) par **CHABANE (2019)**, qui montre une valeur assez élevée ( $H'=3,05$ ,  $E=0,58$ ). L'indice est maximal quand tous les individus sont repartis d'une façon égale sur toutes les espèces (**FRONTIER, 1983**). Il est admis qu'un indice de diversité élevé traduit généralement un peuplement algal évolué pour lequel le degré d'organisation est important (**BOUDOURESQUE,**

1970).

#### 4. Les Diagrammes Rangs - Fréquences (DRFs)

Le DRF offre une représentation synthétique de la structure de la communauté de macroalgues, observée au niveau de la zone d'étude. Les diagrammes rangs- fréquences tracés sur la base des dominances quantitatives (Annexe VI), présentent différentes allures décrivant le degré de maturité des peuplements saisonniers, comme suit (Figure II.18) :

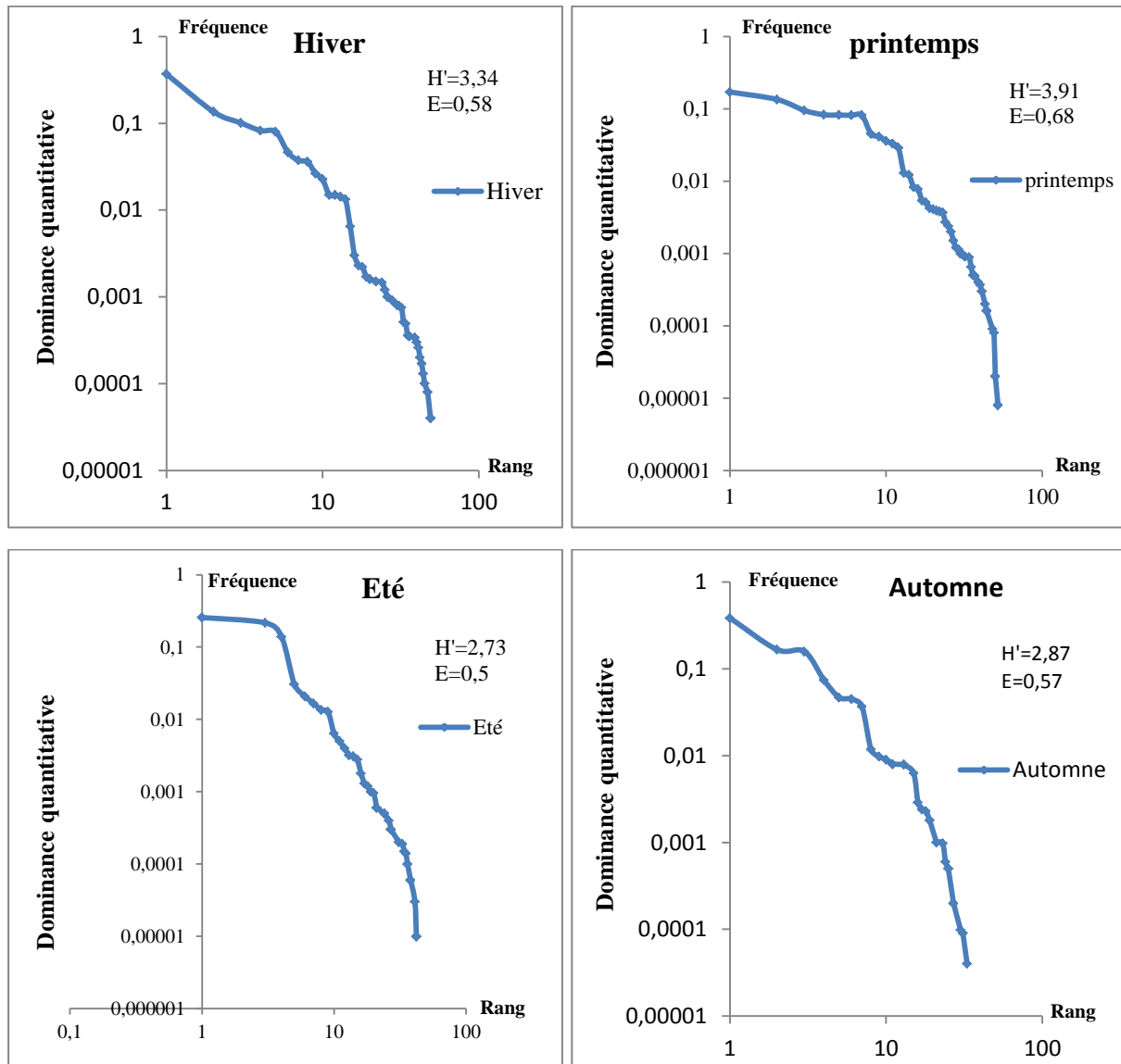


Figure II.18 : Digrammes Rangs-Fréquences des quatre peuplements saisonniers.

La lecture des graphiques couplée aux indices de diversité, permet de tirer un nombre de remarques :

**Hiver / stade 1** ( $H' = 3,34$  bits/individu ;  $E = 0,58$ ) : le DRF obtenu pour cette saison montre

## Chapitre II: RESULTATS ET DISCUSSION

---

la prédominance des Corallinaceae *Ellisolandia elongata* et *Amphiroa rigida* (espèces tolérantes à la pollution) qui occupent les premiers rangs. Ceci est indiqué par les allures des courbes, concaves dans la partie gauche, ce qui caractérise la prédominance d'une ou deux espèces, puis les courbes deviennent convexes et chutent rapidement pour les espèces à faible dominance : *Chondracanthus acicularis* et *Pterocliadiella capillacea*, occupant respectivement le 3<sup>ème</sup> et le 4<sup>ème</sup> rang du peuplement hivernal, sont connues pour être indicatrices de milieu moyennement pollués.

La diversité élevée et la bonne équitabilité du peuplement sont les traits d'un peuplement juvénile favorable à la dominance d'un petit nombre d'espèces en raison probablement d'un enrichissement en éléments nutritifs du milieu; les plus rares d'entre elles le deviennent de plus en plus (KABRANE, 2012).

**Printemps / Stade 2** ( $H' = 3.91$ bits/individu ;  $E = 0.68$ ) : l'allure de la courbe est entièrement convexe ; la diversité augmente et devient maximale. La Gigartinale *Chondracanthus acicularis* est une espèce dominante dans la saison printanière (premier rang), qui est associée aux milieux moyennement pollués, et qui occupe des milieux hautement stressés (AREVALO *et al*, 2007).

Ensuite, l'été, qui semble être en **stade 3**, avec vers le bas, une courbe en escalier, synonyme d'une perturbation du peuplement, un constat étayé par les faibles valeurs de diversité.

En dernier, l'**automne**, qui semble être au **stade 1**, illustrant, probablement, nouvelle succession, appuyée par un rehaussement des valeurs des indices de diversité, comparées à celles enregistrées en été.

La plupart des espèces du genre *Cystoseira* laissent apparaître des symptômes de régression lorsque la pollution augmente (SOLTAN *et al*, 2001 ; THIBAUT *et al*, 2005). Une dégradation de la qualité des frondes de *Cystoseira amantaceae* var. *stricta* constatée pendant l'été traduirait donc l'imminence de la probable pollution. Cette perturbation Serait la raison de la prolifération des Ulvophyceae : *Ulva intestinalis* et *U. lactuca* connues pour être thionitrophiles.

En conclusion, on remarque une succession écologique du peuplement algal, qui est un processus naturel d'évolution des écosystèmes d'un stade initial vers un stade théorique final dit climacique. Ce stade final est le stade le plus stable possible et le niveau de développement maximal d'un écosystème compte tenu des conditions existantes. Il est caractérisé par un équilibre dynamique à partir duquel l'énergie et les ressources ne servent qu'à maintenir

l'écosystème en l'état (KABRANE. 2012).

Le peuplement hivernal représente le stade juvénile, caractérisé par la dominance d'un petit nombre d'espèce, en raison probablement d'un enrichissement en éléments nutritifs du milieu, laissant apparaître un milieu moyennement pollué, puisque la constante agitation en cette saison estomperait probablement l'effet de la pollution. La plagellot étant exposée aux rejets d'émissaires sauvages, lesquels seraient maintenus à proximité de la frange côtière, et se dissiperaient sous l'action des vagues et des précipitations. En revanche, en été, la fréquentation massive de ces endroits, couplée à des rejets importants en eaux usées conduiraient à une diminution de la salubrité des eaux côtières, ce qui conduirait à un peuplement perturbé dont l'une des conséquences palpables est une prolifération importante des algues thionitrophiles (Ulvophyceae).

L'eutrophisation est considérée comme une forme de contamination qui affecte la qualité de l'eau et de l'écosystème aquatique, Changeant ainsi l'écosystème d'un état vierge, où l'espèce au dernier rang de succession est dominante, à un état dégradé, où l'espèce opportuniste est dominante. On peut expliquer ce modèle par le pouvoir compétitif des espèces dans des conditions eutrophes et limitantes, conformément à la théorie *r* et *k* de sélection (ORFANIDIS, 2007).

### 5. L'indice d'évaluation écologique (*EEI-c*) et le Ratio de Qualité Ecologique (*EQR*)

Le système de classification *EEI-c* est appliqué dans les habitats aquatiques côtiers et de transition où la croissance des macrophytes benthiques n'est pas limitée par l'absence de substrat dur et par une faible salinité. Pour éviter toute interférence du gradient environnemental (ex. : atténuation de la lumière), l'échantillonnage est réalisé en eaux peu profondes. L'*EEI-c* prend en considération les attributs fonctionnels des espèces pour tenter de comprendre les mécanismes de réaction, et de prédire comment les communautés sont affectées par le stress induit par les activités humaines (ORFANIDIS *et al.*, 2011).

Les résultats de cette étude ont montré qu'il existe des différences entre la structure et le fonctionnement des approches pour étudier les assemblages de macroalgues benthiques, avec cette dernière liée à la pollution chronique (PANAYOTIDIS *et al.*, 2004 ; ORFANIDIS *et al.*, 2014) et en accord avec la théorie écologique (ODUM, 1985).

Le classement des taxons recensés, d'après le référentiel d'ORFANIDIS *et al.* (2001) - Téléchargeable sur : <http://www.eei.gr/> - permet de construire le tableau suivant (Tableau II.8) :

Tableau II.8 : Groupes écologiques (ESG= groupe de statut écologique, source : (<http://www.eei.gr/EN/coastal.html>)).

Espèces	ESG
<i>Cystoseira amentacea</i> var. <i>stricta</i> Montagne, 1846	IA
<i>Gymnogongrus crenulatus</i> (Turner) J.Agardh, 1851	IA
<i>Plocamium cartilagineum</i> (Linnaeus) P.S. Dixon, 1967	IB
<i>Rhodophyllis divaricata</i> (Stackhouse) Papenfuss, 1950	IB
<i>Amphiroa rigida</i> J.V. Lamouroux, 1816	IC
<i>Ellisolandia elongata</i> (J.Ellis & Solander) K.R.Hind & G.W.Saunders, 2013	IC
<i>Jania virgata</i> (Zanardini) Montagne, 1846	IC
<i>Jania adherens</i> J.V. Lamouroux, 1816	IC
<i>Jania longifurca</i> Zanardini, 1844	IC
<i>Jania rubens</i> (Linnaeus) J.V. Lamouroux, 1816	IC
<i>Lithophyllum incrustans</i> Philippi, 1837	IC
<i>Lithophyllum</i> sp. Philippi, 1837	IC
<i>Cryptopleura ramosa</i> (Hudson) L.Newton, 1931	IIA
<i>Apoglossum ruscifolium</i> (Turner) J. Agardh, 1898	IIA
<i>Caulerpa prolifera</i> (Forsskål) J.V. Lamouroux, 1809	IIA
<i>Caulerpa racemosa</i> (Forsskål) J. Agardh, 1873	IIA
<i>Champia parvula</i> (C. Agardh) Harvey, 1853	IIA
<i>Chondria capillaris</i> (Hudson) M.J.Wynne, 1991	IIA
<i>Dictyopteris polypodioides</i> (A.P.De Candolle) J.V.Lamouroux, 1809	IIA
<i>Dictyopteris</i> sp. J.V.Lamouroux, 1809	IIA
<i>Dictyota fasciola</i> (Roth) J.V. Lamouroux, 1809	IIA
<i>Millerella pannosa</i> (Feldmann) G.H.Boo & L.Le Gall, 2016	IIA
<i>Gelidium crinale</i> (Hare ex Turner) Gaillon, 1828	IIA
<i>Gelidium pulchellum</i> (Turner) Kützing, 1868	IIA

## Suite Tableau II.8

<i>Gelidium pusillum</i> (Stackhouse) Le Jolis, 1863	IIA
<i>Chondracanthus acicularis</i> (Roth) Fredericq, 1993	IIA
<i>Gracilaria bursa-pastoris</i> (S.G. Gmelin) P.C. Silva,1952	IIA
<i>Gracilaria dura</i> (C. Agardh) J. Agardh, 1842	IIA
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i> (K.Okamura) Y.Yamada ex S.Kawabata, 1954	IIA
<i>Halopteris filicina</i> (Grateloup) Kützing, 1843	IIA
<i>Halopteris sp.</i> Kützing, 1843	IIA
<i>Hypnea cervicornis</i> J.Agardh, 1851	IIA
<i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) J.V. Lamouroux, 1813	IIA
<i>Hypoglossum hypoglossoides</i> (Stackhouse) Collins et Hervey, 1917	IIA
<i>Osmundea pinnatifida</i> (Hudson) Stackhouse, 1809	IIA
<i>Lomentaria articulata</i> (Hudson) Lyngbye, 1819	IIA
<i>Pterocliadiella capillacea</i> (S.G.Gmelin) Santelices & Hommersand, 1997	IIA
<i>Sphacelaria cirrosa</i> (Roth) C. Agardh, 1824	IIA
<i>Antithamnion cruciatum</i> (C. Agardh) Nägeli, 1847	IIB
<i>Antithamnionella elegans</i> (Berthold) J.H. Price et D.M. John,1986	IIB
<i>Blidingia sp.</i> Kylin, 1847	IIB
<i>Bornetia secundiflora</i> (J. Agardh) Thuret,1855	IIB
<i>Bryopsis sp.</i> J.V.Lamouroux, 1809	IIB
<i>Callithamnion corymbosum</i> (J.E. Smith) Lyngbye,1819	IIB
<i>Callithamnion granulatum</i> (Ducluzeau) C. Agardh, 1828	IIB
<i>Centroceras clavatum</i> (C. Agardh) Montagne, 1846	IIB
<i>Ceramium ciliatum</i> (J. Ellis) Ducluzeau,1806	IIB
<i>Ceramium codii</i> (H.Richards) Mazoyer, 1938	IIB
<i>Ceramium diaphanum</i> (Lightfoot) Roth, 1806	IIB
<i>Ceramium virgatum</i> Roth, 1797	IIB

## Suite Tableau II.8

<i>Ceramium tenerrimum</i> (G. Martens) Okamura,1921	IIB
<i>Ceramium tenuissimum</i> (Roth) Areschoug, 1847	IIB
<i>Chaetomorpha</i> sp.Kützing, 1845	IIB
<i>Cladophora albida</i> (Nees) Kützing, 1843	IIB
<i>Cladophora dalmatica</i> Kützing, 1843	IIB
<i>Cladophora hutchinsiae</i> (Dillwyn) Kützing, 1845	IIB
<i>Cladophora laetevirens</i> (Dillwyn) Kützing, 1843	IIB
<i>Cladophora lehmanniana</i> (Lindenberg) Kützing, 1843	IIB
<i>Lychaete pellucida</i> (Hudson) M.J.Wynne, 2017	IIB
<i>Cladophora prolifera</i> (Roth) Kützing, 1843	IIB
<i>Cladophora sericea</i> (Hudson) Kützing, 1843	IIB
<i>Cladophora</i> sp.Kützing, 1843	IIB
<i>Codium fragile</i> (Suringar) Hariot, 1889	IIB
<i>Halurus flosculosus</i> (J.Ellis) Maggs & Hommersand, 1993	IIB
<i>Griffithsia opuntioïdes</i> J. Agardh, 1842	IIB
<i>Herposiphonia secunda</i> (C. Agardh) Ambronn, 1880	IIB
<i>Herposiphonia</i> sp. Nägeli, 1846	IIB
<i>Herposiphonia tenella</i> (C. Agardh) Ambronn, 1880	IIB
<i>Heterosiphonia crispella</i> (C. Agardh) M.J. Wynne, 1985	IIB
<i>Vertebrata reptabunda</i> (Suhr) Díaz-Tapia & Maggs, 2017	IIB
<i>Neosiphonia sertularioides</i> (Grateloup) K.W.Nam & P.J.Kang, 2012	IIB
<i>Carradoriella denudata</i> (Dillwyn) A.M.Savoie & G.W.Saunders, 2019	IIB
<i>Vertebrata fruticulosa</i> (Wulfen) Kuntze, 1891	IIB
<i>Polysiphonia mottei</i> Lauret, 1967	IIB
<i>Symphyocладиella parasitica</i> (Hudson) D.Bustamante, B.Y.Won, S.C.Lindstrom & T.O.Cho, 2019	IIB
<i>Xiphosiphonia pennata</i> (C.Agardh) Savoie & G.W.Saunders, 2016	IIB
<i>Vertebrata thuyoides</i> (Harvey) Kuntze, 1891	IIB

### Suite Tableau II.8

<i>Colaconema caespitosum</i> (J.Agardh) Jackelman, Stegenga & J.J.Bolton, 1991	IIB
<i>Sphondilothamnion multifidum</i> (Hudson) Nägeli, 1862	IIB
<i>Ulva compressa</i> Linnaeus, 1753	IIB
<i>Ulva intestinalis</i> Linnaeus, 1753	IIB
<i>Ulva lactuca</i> Linnaeus, 1753	IIB
<i>Ulva rigida</i> C. Agardh, 1823	IIB
<i>Ulva rotundata</i> Bliding, 1968	IIB

## CHAPITRE II : RESULTAT ET DISCUSSION

Afin de rendre nos résultats comparables aux différents systèmes de monitoring internationaux, les données ont été exprimés en Ratio de Qualité Ecologique (*EQR*), c'est-à-dire, le rapport entre la valeur du paramètre biologique observé, pour une masse d'eau de surface donnée, et la valeur dans les conditions de référence (**ORFANDIS *et al.*, 2011**).

D'après les résultats de l'indice *EEI-c*, estimé pour les peuplements macroalgaux saisonniers de la station Ilot (Tableau II.9, ANNEXE VII), il en résulte trois (3) *ESC* (*ESC= Statu Ecologique des Classes*) : Bon, modéré et modéré / médiocre.

En effet, Les saisons printanière et automnale affichent une valeur de *EQR* élevée, comparée aux autres saisons (respectivement : 0,51 et 0.54), les classant ainsi en catégories « Bon ».

Le peuplement hivernal, quant à lui, a été classé comme *ESC* « Modéré » avec un *EQR* égale à 0.45 ; en revanche, la saison estivale a été classée comme *ESC* « Modéré /Médiocre » (*EQR* =0.26).

Tableau II.9 : Évaluation et classification de l'état écologique sur la base de la formule continue de l'indice d'évaluation écologique (*EEI-c*).

	Hiver	Printemps	Eté	Automne
<b>IA</b>	25,35	100,7	<b>200</b>	85
<b>IB</b>	1,8	0,1	0	0,32
<b>IC</b>	<b>585,46</b>	110,46	140,05	234,68
<b>ESG I</b>	377,95	167,06	227,74	207,78
<b>IIA</b>	325,33	<b>479</b>	30,64	43,77
<b>IIB</b>	234,39	<b>541,84</b>	<b>409,82</b>	142,43
<b>ESG II</b>	494,654	924,86	434,028	177,52
<b>EEI-c</b>	<b>5,58</b>	<b>6,05</b>	<b>4,11</b>	<b>6,34</b>
<b>EQR</b>	<b>0,45</b>	<b>0,51</b>	<b>0,26</b>	<b>0,54</b>
<b>ESC</b>	Modéré	Bon	Modéré/Médiocre	Bon
<b>Intervalle théorique (EEI-c)</b>	5.84±0.70 SD	5.84±0.70 SD	4.04±0.68 SD	5.84±0.70 SD

Il ressort, d'après les valeurs d'*EEI-c* trouvées, que la communauté macrobenthique estivale classée en *ESC* « médiocre », apparait comme étant le peuplement le plus perturbé, autrement dit, le moins structuré. Cette perturbation trouverait son origine dans des stress environnementaux auxquels

serait exposé le peuplement, à l'instar d'apports massifs en nutriments, ou une baisse de la transparence des eaux, conduisant à l'eutrophisation (CLOERN, 2001 ; DE JONGE *et al.*, 2002 ; Mc GLATHERY *et al.*, 2004).

Constitués habituellement par des espèces annuelles, à taux de croissance élevé, et par des espèces reproductives potentielles, les peuplements exposés aux pressions multiples, peuvent connaître une diminution de l'abondance ou encore la disparition des espèces les plus sensibles, tandis que les taxons les plus tolérants resteront (GOROSTIAGA et DIEZ ,1996 ; CROWE *et al.*, 2000 ; MASCARO *et al.*, 2013).

Sur les côtes modérément touchées, les espèces calcaires à croissance lente et adaptées à l'ombre (*ESG IC*) et les macroalgues opportunistes (*ESG IIA* et *IIB*) codominent souvent (ORFANDIS *et al.*, 2011).

Effectivement, l'hiver enregistre un *ESG IC* le plus élevé (585.46%) parmi toutes les saisons, quant à l'*ESG IIA* et *IIB*, ils égalent respectivement, 325.33% et 234.39%. Le printemps et l'automne affichent la plus faible valeur de *ESG IC* (respectivement, 110.46% et 234.68%), contre des valeurs élevées de l'*ESG IIA* (479,43%) et *IIB* (541%), ce qui les classe dans un bon état écologique.

La saison estivale, montre à son tour, une valeur assez élevée d'*ESG IA* (200%) par rapport aux autres saisons, ce qui pourrait être lié à la biologie intrinsèque de *Cystoseira amentacea var. stricta*. Concomitamment, l'on enregistre une valeur élevée d'*ESG IIB* (409,82%), groupe renferment les espèces opportunistes thionitrophiles\*.

L'*EEI* fournit des informations sur la composition structurelle et fonctionnelle de la communauté macroalgale, fournissant ainsi de meilleures preuves de changements possibles dans l'abondance qualitative des espèces formant l'habitat (ORFANDIS *et al.*, 2011).

---

\* : espèces ayant une affinité pour les composés soufrés (thio) et azotés (nitro).

### 6. DISCUSSION GENERALE

En générale, les peuplements phytobenthiques possèdent un caractère marin marqué. Leur physiologie et la répartition de recouvrement qu'ils constituent sont liées à un ensemble de facteurs qui agissent simultanément.

La saison estivale appartient au groupe *ESC* modéré/ médiocre, cela indique que le peuplement macroalgal est perturbé ou stressé, et la qualité du milieu est relativement polluée ou instable. Cette saison est caractérisé par la dominance des Gigartinales (*Chondracanthus acicularis*) et des Ulvales (*Ulva lactuca*, *Ulva intestinales*). En effet, les Ulvophyceae constituent les éléments physiologiquement les plus importants des peuplements végétaux de milieux pollués de l'infralittoral (**GERBAL, 1994**).

Des études antérieures ont montré qu'avec un gradient d'enrichissement en nutriments, les sites les plus touchés se caractérisent systématiquement par une faible richesse en taxons et la présence de taxons nitrophiles (elles exigent pour leur développement des eaux riches en nitrates et en phosphates) tels que *Ulva spp.* et *Cladophora. spp.* (**AREVALO et al. 2007 ; PINEDO et al. 2007**). La présence des Ulvales, particulièrement, *Ulva lactuca* apparaît comme un bon indicateur de l'eutrophisation d'un milieu (**HO, 1981**).

Les espèces du genre *Ulva spp.* sont sensibles à un quelconque enrichissement du milieu en matière organique, c'est ce qui engendre, d'ailleurs, des « poussées » spectaculaires de ce groupe d'algues, souvent observées dans des conditions d'eutrophisations, mais, ces espèces, du moins, une bonne partie d'entre elles « affectionnent » les hautes températures, qui accélèrent leurs métabolisme et génèrent par conséquent un développement important de celles-ci, chose observée naturellement en saison chaude (**KABRANE, 2012**).

L'exposition de la zone d'étude fait d'elle une station très vulnérable au moindre mouvement hydrodynamique, lesquels mouvements sont fréquents à longueur d'année, en particulier en saison froide (hiver et automne) ; c'est ce qui expliquerait le maintien de *Cystoseira amantaceae var. stricta* tout au long des saisons, mais, il apparaît que le régime hydrodynamique très battu en hiver et en automne lui est moins favorable. Ces dernières sont des espèces très sensibles et non tolérantes a des concentrations en nutriments plus élevées (**TEWARI et JOSHI, 1988**).

Cet état de fait recoupe avec le statut écologique modéré caractérisant le peuplement hivernal ; l'analyse structurale de ce dernier plaide en faveur de ce constat : il apparaît clairement une

quasidominance d'une flore indicatrice des eaux moyennement polluées (ex. : *Ellisolandia elongata*, *Amphiroa rigida* et *Chondracanthus acicularis*).

Un bon statut écologique marque le peuplement printanier et automnal : ce constat est étayé par des indices de diversité, remarquable au printemps, faisant apparaître les traits d'un peuplement au second stade successional, avec, quand-même, les premiers rangs occupés par des espèces indicatrices de moyennes qualités des eaux, mais avec une meilleure équi-répartition des taxons au sein du peuplement. Le peuplement automnal, quant à lui, marque le début d'une nouvelle succession, autrement dit, une régénération du peuplement, après avoir atteint sa limite en été, d'où un bon statut écologique en cette saison.

Enfin, de nombreux facteurs influencent la structure des peuplements à macroalgues qu'ils soient abiotiques : profondeur, lumière (intensité, périodicité), température, salinité, substrat, hydrodynamisme, sels nutritifs, pollution de l'eau ou des sédiments (**ROUND, 1981 ; LOBBAN *et al.*, 1985 ; LUNING, 1990**). Les facteurs abiotique sont souvent un rôle prépondérant dans la répartition et la stabilité des communautés (**SEIP *et al.*, 1979**), ainsi que pour le taux de croissance et la productivité (**DE BOER, 1981**), interférant ainsi avec la biologie intrinsèque des espèces (où groupe des espèces).

# **CONCLUSION**

## CONCLUSION

---

### CONCLUSION

L'étude de la structuration des peuplements macrophytiques de l'étage infralittoral supérieur, de substrat dur, de mode battu de la station « Ilot » située à Aïn Bénian - Alger, ainsi que leur dynamique saisonnière a abouti au recensement de 84 taxons, dont les Rhodophyceae dominent avec 57 espèces, suivi des Ulvophyceae (20 espèces), et des Phaeophyceae (7 espèces).

La structure systématique montre un déséquilibre certain dans la répartition aux différents groupes systématiques qui suit un aspect saisonnier : c'est en hiver et au printemps que l'on enregistre le nombre de taxons le plus élevé ; l'automne apparaît le moins diversifié, de même, son pourcentage de recouvrement est le plus faible d'entre tous. Les Florideophyceae dominent qualitativement et quantitativement, sauf en été, où le pourcentage de recouvrement des Ulvophyceae est le plus important, tandis que les Fucophyceae sont nettement mieux représentés au printemps et en été.

L'étude de la diversité spécifique et de la succession écologique des peuplements macroalgaux révèle une transition écologique d'un peuplement moyennement perturbé (aspect hivernal et automnal), vers un peuplement printanier épanoui, pour enfin, aboutir à un peuplement en fin de succession, caractérisant la saison estivale, avec une nette contribution des espèces opportunistes : des espèces franchement thionitrophiles (Ulvaceae), en fin de succession, indiquent un milieu eutrophisé.

L'indice biotique *EEI-c* a classé les saisons en différentes classes écologiques, où la saison estivale est classée en état écologique « Modérer/Médiocre », tandis qu'un bon statut écologique est caractérisé pour le printemps et l'automne. Enfin, l'hiver est considéré comme étant modérément pollué.

L'omniprésence (est la capacité d'être présent en tout lieu ou en plusieurs lieux simultanément) et l'omnipotence (est un pouvoir sans limite et sans fin) des espèces indicatrices de pollution confirment une moyenne qualité des eaux de la station Ilot.

La dominance des taxons indicateurs de pollution est souvent inversement proportionnelle à celle des espèces sensibles à la pollution.

La succession saisonnière des peuplements macrophytiques de la station met en évidence un peuplement algal soumis à un enrichissement du milieu en nutriments. En outre, l'impact du facteur hydrodynamique semble conditionner une partie de cette succession écologique.

## CONCLUSION

---

En conclusion, cette étude indique que les macroalgues benthiques sont un excellent outil de bioévaluation de la qualité des eaux côtières marines.

À l'avenir, nous recommandons de mettre en place un programme national de bioévaluation de la qualité des eaux marines côtières, en utilisant les macroalgues benthiques. La mise en place d'un pareil programme requiert une assise réglementaire stricte, multisectorielle, et durable, sous la coupe de ce qui pourrait être une Directive Cadre sur l'Eau (DCE) algérienne, qui à l'instar de sa version européenne, se propose de gérer toute l'eau.

# **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**ARÉVALO R., PINEDO S., BALLESTEROS E. (2007).** Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: descriptive study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae. *Marine Pollution Bulletin*, 55 (1-6): 104-113 p.

**BALLESTEROS E., SALA E., GARRABOU J. et al. (1998).** Community structure and frond size distribution of a deepwater stand of *Cystoseira spinosa* (Phaeophyta) in the northwestern Mediterranean. *European Journal of Phycology* 33: 121-128 p.

**BALLESTEROS E. (1992).** Els vegetals i la zonagió litoral: especies, comunitats i factors que influeixen en la seva distribució. *Tesis Doctorat. Environnement. Barcelona. Univ. De Barcelona* : 587 p.

**BALLESTEROS E. (1984).** Contribucion al coneixement algologic de la Méditerranèa espanyola, V. *Collectanea bot. Esp.*, 15: 59-68 p.

**BENMEHIDI F. (2017).** Contribution à l'étude de la composition chimique et nutritionnelle d'une algue verte (*caulerpa racemosa*) et rouge (*corallina elongata*) collectées au niveau de la côte mostaganémoise. *Mémoire master. Exploitation et protection des ressources marines vivantes. Mostaganem. Univ. Abdelhamid Ibn Badis* : 47 p.

**BELLAN-SANTINI D. (1969).** Contribution à l'étude des peuplements infralittoraux de substrat rocheux (étude qualitative et quantitative de la frange supérieure). *Marseille. Rec. Trav. Stn. Mar. Endoume Fac. Sci.*, 47: 5-294 p.

**BENALI M. (2010).** Contribution à l'étude de la biodiversité associée aux Chromobiontes du genre *Cystoseira* dans la région de Tipaza. *Mémoire Magister. Environnement marine. Alger. Univ. Sci. Tech. H. Boumédiène* : 125 p. + 42 p.

**BENKHEDDA B., Zoubeyda B. (2019).** Study of the macroalgae and application of ecological evaluation index (EEI-c) in the coastal waters of Algeria. *Int.J.Aquat.Biol*, 7(5): 254-259 p.

**BLANCHET H. (2004).** Structure et fonctionnement des peuplements benthiques du bassin d'Arcachon. *Thèse de Doctorat. Environnement marine. Bordeaux. Univ. Bordeaux I* : 331 p.

**BLONDEL J. (1979).** Biogéographie et écologie. *Paris. Ed. Masson*, 15 : 173 p.

**BOUCHET P., CAYRE P. (2005).** Richesse et fragilité de la biodiversité marine : monts sous-marins et récifs coralliens. In : Biodiversité et changements globaux : enjeux de société et défis pour la recherche. *Paris. France. Biodiversité, science et gouvernance, conférence mondiale*. 73-74 p.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

**BOUDOURESQUE C.-F., VERLAQUE M. (2002).** Biological pollution in the Mediterranean Sea: invasive assemblages of the Mediterranean Sea. *Cah. Biol. Mar.*, 53: 403-407 p.

**BOUDOURESQUE C.-F. (2002).** Protected marine species, prevention of species introduction and the national environmental agencies of Mediterranean countries: professionalism or amateurishness?. *In: Actes du congrès international "Environnement et identité en Méditerranée". Corte. Univ de Corse Pascal Paoli Publisher.* 3-5: 75-85 p.

**BOUDOURESQUE C.-F. (1996).** Impact de l'homme et conservation du milieu marin en Méditerranée. *Marseille. Ed. GIS Posidonie Publishers* : 243 p.

**BOUDOURESQUE C.F., BELSHER T. (1979).** Le peuplement algal de Port-Vendres : Recherches sur l'aire minimale qualitative. *Cah. De Biol. Mar.* 20 : 259-269 p.

**BOUDOURESQUE C.F. (1973).** Recherches de bionomie analytique, structurale et expérimentale sur les peuplement benthiques scaphiles de méditerranée occidentale (Fraction algal). *Marseille. Bulletin du muséum d'histoire naturelle de Marseille TOM XXXIII* : 148-225 p.

**BOUDOURESQUE C.F. (1971).** Méthodes d'étude qualitative et quantitative du benthos (en Particulier du phytobenthos). *Téthys*, 3 : 79-104 p.

**BOUDOURESQUE C.-F. (1970).** Recherche de Bionomie analytique, structurale, et expérimentale sur les peuplements benthiques sciaphiles de Méditerranée occidentale (fraction algale). *Thèse de Doctorat. Environnement marine. France. Univ. Aix-Marseille II* : 624 p.

**BULLERI F., BENEDETTI-CECCHI L., ACUNTO S. et al. (2002).** The influence of canopy algae on vertical patterns of distribution of low-shore assemblages on rocky coasts in the Northwest Mediterranean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 267 (1):89-106 p.

**BURGER J. (2006).** Bioindicators: a review of their use in the environmental literature 1970-2005. *Environmental bioindicators 1*: 136-144 p.

**BURKHARD B., MÜLLER F., LILL A. (2008).** Ecosystem Health Indicators. *Encycl. Of Ecol.*, 5 (2): 1132-1138 p.

**CABANE F. (2007).** Documentation sur l'Environnement et de l'Aménagement du Littoral: Lexique d'écologie, d'environnement et d'aménagement du littoral. *France. Version 11. Ed. IFREMER environnement* : 272 p.

**CADASTRE. (2004).** Rapport Cadastre wilaya d'Alger. *Document non publier. Alger. Cadastre.*

**CASAZZA G, CECILIA S, EMANUELA S. (2002).** The use of bio-indicators for quality assessments of the marine environment: examples from the Mediterranean sea. *J. of Coast. Resear.*, 8 : 147-56 p.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- CECCHERELLI G., PIAZZI L., BALATA D. (2002).** Spread of introduced *Caulerpa* species in macroalgal habitats. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 280:1-11 p.
- CHABANE K. (2019).** Fonctionnement et diversité d'un écosystème à macroalgue de substrat rocheux de la région d'Alger. *Thèse de Doctorat. Ecosystèmes marins : Modélisation et applications. Alger. Univ. sci. Tech. H.Boumédiène*: 184 p.
- CHABANE K., SERIDI H., BAHBAH L. (2018).** Ecological Quality Status of the Algiers coastal waters by using macroalgae assemblages as bioindicators (Algeria, Mediterranean Sea). *Mediterranean Marine Science*, 19/2:305-315 p.
- CIRIK Ş., CIHANGIR B., CHOUKHI A. et al. (2001).** Research on *Caulerpa* species in Mediterranean. *İzmir. Final Report*: 128 p.
- CIRIK Ş., TOLAY M., EVIRGEN A. (1998).** Observations of *C. racemosa* in The Aegean Sea a Mediterranean of Turkish Region, Fourth International Workshop on *Caulerpa taxifolia*, 1-2 February., Italia.
- CLOERN J.-E. (2001).** Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. *Marine Ecology Progress Series*, 210: 223-253 p.
- COSSON J., THOUIN F. (1980).** Etude qualitative et quantitative de la macroflore algale benthique de l'estuaire de la Seine. *105ème congrès national des Sociétés Savantes, Caen Sci. III*: 225-236 p.
- DAUVIN J.C., BELLAN G., BELLAN-SANTINI D. (2010).** Benthic indicators: From subjectivity to objectivity - Where is the line ? *Mar. Pollu. Bulle.*, 60 : 947-953 p.
- DE BOER J.-A. (1981).** Nutrients, in Lobban & Wynne edit., the biology of seaweeds, Botanical monographs 17. U.K. *Blackwell scientific publ*: 356-392 p.
- DE JONGE V.-N., ELLIOTT M., ORIVE E. (2002).** Causes, historical development, effects and future challenges of a common environmental problem: eutrophication. *Hydrobiology*. 475-476: 1-19 p.
- DENCHEVA, K. (2010).** State of macrophytobenthic communities and ecological status of the Varna Bay, Varna lakes and Burgas Bay. *Phytologia balcanica* 16 (1): 43 – 50 p.
- DÍEZ I., BUSTAMANTE M., SANTOLARIA A. et al. (2011).** Development of a tool for assessing the ecological quality status of intertidal coastal rocky assemblages, within Atlantic Iberian coasts. *Ecological Indicators*, 12: 58-71 p.
- FRONTIER S., PICHODE-VIALE D. (1991).** Ecosystèmes : structure et fonctionnement, évolution. *Paris. Ed. Masson*: 392 p.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- FRONTIER S. (1983).** Stratégies d'échantillonnage en écologie. *Paris. Ed .Masson:* 494 p.
- FRONTIER S. (1976).** Utilisation des diagrammes rang – fréquence dans l'analyse des écosystèmes. *Journal de Recherche Océanographique, (1) :*35-48 p.
- FURNARI G. (2009).** Le macroalghe delle coste italiane : aspetti floristici e vegetazionali. *Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat, 43 (371):* 1-17 p.
- GAYRAL P., COSSON J. (1997).** Les algues du littoral. *Ouest-France. Ed.:* 32 p.
- GERBAL M. (1994).** Analyse spacio-temporelle des peuplements de substrat meuble de l'étang de Thau (Hérault, France). *Thèse de doctorat. Environnement marine. France. Univ. Aix-Marseille:* 241 p.
- GRALL J., COÏC N. (2006).** Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. *Institut Universitaire Européen de la Mer .Université de Bretagne Occidentale. Laboratoire des sciences de l'Environnement marin. Rebut réseau benthique :* 89 p.
- GRALL J., COÏC N. (2005).** Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. *Institut Universitaire Européen de la Mer – Université de Bretagne Occidentale Laboratoire des sciences de l'Environnement marin :* 90 p.
- HO Y.-B. (1981).** Mineral element content in *Ulva lactuca* L. With. Reference to eutrophication in Hong Kong coast waters. *Hydrobiologia. Netherl. 77:* 43-47 p.
- HOUMA, F. (2009).** Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire. *Thèse de doctorat. Environnement marin. Paris. Univ du Val de Marne Paris XII :* 274 p.
- KABRANE A. (2012).** Dynamique des peuplements macrophytiques : relation macrophytes - qualité des eaux. *Mémoire de magister. Océanographie Biologique et Environnement Marin. Alger Univ. sci. Tech. H.Boumédiene :* 90 p.
- KADARI-MEZIANE Y. (1994).** Contribution à l'étude de l'impact de la pollution sur la distribution spatio- temporelle des peuplements phytobenthiques dans la baie de Bou-Ismaïl. (Algérie). *Mémoire de Magister. Environnement Marin. Alger. ENS:* 104 p.
- KARALI A. (2010).** Contribution à l'étude des biocénoses remarquables (bioconcrétionnements) de la région centre de la côte algérienne (biodiversité, caractérisation des peuplements associés). *Mémoire de Magister. Environnement Marin. Alger. Univ. Sci. Tech. H. Boumédiene :* 116 p.
- LEGENDRE L., LEGENDRE P. (1979).** Ecologie numérique. Tome II : La structure des données écologiques. *Paris. Masson:* 335 p.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

**LOBBAN C.-S., HARRISON P.-J., DUNCAN M.-J. (1985).** The physiological ecology of seaweeds. *Cambridge. U.K. Univ. Press, i-ix*: 1-242 p.

**LUNING K., 1990.** Seaweeds. Their environment"" biogeography, and ecophysiology. *New York. Wiley & Sons publ.*: i-xii: 1-527 p.

**LEMEE R., PESANDO D., DURAND-CLEMENT M. et al. (1993).** Preliminary survey of toxicity of a green alga *Caulerpa taxifolia* introduced into the Mediterranean. *Journal of Applied Phycology* 5: 485-493 p.

**MARCO-COQUEUGNIOT J. (1986).** Le phytobenthos du port de Port-Cros (Var, Méditerranée). Comparaison à sept années d'intervalle. *France. Sci. Rep. Port-Cros, nat. Park. 12*: 72-92 p.

**MC GLATHERY K.-J., SUNDBÄCK K., ANDERSON I.-C. (2004).** The importance of primary producers for benthic N and P cycling. *In: The influence of primary producers on estuarine nutrient cycling. Nielsen S.-L., Banta G.-M. et Pedersen M.-F. Dordrecht .Ed. Kluwer Academic publishers*: 231-261 p.

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

**MENIOUI M. (1992).** Etude faunistique et écologique des peuplements infralittoraux superficiels des côtes rocheuses III-Peuplement à *Cystoseira compressa*. *Rabat. Bull. sci., 16*: 94-101 p.

**MONTESANTO B., PANAYOTIDIS P. (2001).** The *Cystoseira* spp. communities from the Aegean Sea (NE Mediterranean). *Med. Mar. Sci., 2 (1)*: 57-67 p.

**ODUM E.-P. (1985).** Trends expected in stressed ecosystems. *BioScience, 35 (7)*: 419-422 p.

**ORFANIDIS S., PANAYOTIDIS P., UGLAND K.-I. (2011).** Ecological Evaluation Index continuous formula (EEI-c) application: a step forward for functional groups, the formula and reference condition values. *Mediterranean Marine Science, 12(1)*: 199-231 p.

**ORFANIDIS S. (2007).** Comments on the development of new macroalgal indices to assess water quality within the Mediterranean Sea. *Mar. Poll. Bull., 54* : 626-627 p.

**ORFANIDIS S., PANAYOTIDIS P., STAMATIS N. (2003).** An insight to the ecological evaluation index (EEI). *Ecological Indicators*: 27-33 p.

**ORFANIDIS S., PANAYOTIDIS P., STAMATIS N. (2001).** Ecological evaluation of transitional and coastal waters: a marine benthic macrophytes based model. *Mediterranean Marine Science, 2 (2)*: 45-65 p.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- ORLANDO - BONACA M., LIPEJ L., ORFANIDIS S. (2008).** Benthic macrophytes as a tool for delineating, monitoring and assessing ecological status: The case of Slovenian coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, 56: 666–676 p.
- OULD - AHMED N. (1994).** Étude des espèces phytobenthiques au voisinage de la centrale thermique de Mers- Elhadjadj. (Golf D'Arzew, Ouest Algérien). Mention particulière sur une espèce remarquable, chlorophyte, caulerpale, *Caulerpa prolifera* (Forsskal) Lamouroux. *Mémoire de Magister. Environnement marin. Alger. ISMAL.* : 178 p.
- P.A.C. (2005).** "Zone côtière algéroise". Protection des sites sensibles naturels marins du secteur Cap Djinet au Mont Chenoua Actions pilotes. *Document non publié. Alger. P.A.C.*
- PANAYOTIDIS P., MONTESANTO B., ORFANIDIS S. (2004).** Use of low-budget monitoring of macroalgae to implement the European Water Framework Directive. *Journal of Applied Phycology*. 16 (1) : 49–59 p.
- PEARSON T. -H., ROSENBERG R. (1978).** Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanographic Marine Biology Annual Review.*, 16 : 230-306 p.
- PERRET- BOUDOURESQUE M., SERRIDI H. (1989).** inventaire des algues marines benthiques d'Algérie. *Marseille., France. GIS. Posidonie Pub:* 117 p.
- PIANKA E.-R. (1970).** On r- and K-Selection. *American Naturalist*, 104: 592-597 p.
- PINEDO S., GARCIA M., SATTI M.-P. et al. (2007).** Rocky-Shore communities as indicators of water quality: a case study in Northwestern Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 126-135 p.
- ROUND F.-E. (1981).** The ecology of algae *Cambridge. U.K. Univ. Press publ* : 1-53 p.
- SEIP K.-L., LUNDE G., MELSOM S. et al. (1979).** A mathematical model for the distribution and abundance of benthic algae in a Norwegian fjord. *Ecological Modelling, Netherl.*, 6 : 133-166 p.
- SERIDI H., RUITTON S., BOUDOURESQUE C.F. (2007).** Is it possible to calibrate the pollution level of the region of Algiers (Mediterranean Sea) by exploiting marine macrophytes ? *C. R. Biol.*, 330 : 606-614 p.
- SERIDI H. (2007).** Etude de la flore algale de l'Algérie. Etude phytosociologique des peuplements algaux photophiles de l'infralittoral superficiel de substrat dur. *Thèse de doctorat d'état. Environnement marin. Alger. Univ. Sci. Tech. H.Boumédiene:* 172 p.
- SERIDI H. (1990).** Étude des algues marines benthiques de la région d'Alger. *Mémoire de Magister Environnement marin. Alger. ISN. Univ. sci. Tech. H.Boumédiene* : 121 p.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- SFRISOA A., FACCAA C., BONOMETTOB A. et al. (2014).** Compliance of the macrophyte quality index (MaQI) with the WFD (2000/60/EC) and ecological status assessment in transitional areas: The Venice lagoon as study case Adriano. *Ecological Indicators*, 46 :536–547 p.
- SMOLDERS R., BERVOETS L., WEPENER V. et al. (2003).** A conceptual framework for using mussels as biomonitors in whole effluent toxicity. *Human and ecological risk assessment* 9 :741-760 p.
- SOLTAN D., VERLAQUE M., BOUDOURESQUE C.-F. et al. (2001).** Changes in macroalgal communities in the vicinity of a mediterranean sewage outfall after the setting up of treatment plant. *Mar. Poll. Bull.*, 42 (1): 59-70 p.
- TEWRI A., JOSHI H.-V. (1988).** Effete of domestic sewage and industrial effluents on biomass and species diversity of seaweeds. *Germ. Botanica marilla*.31 (5): 389-397 p.
- THIBAUT T., PINEDO S., TORRAS X. et al. (2005).** Long-term decline of the populations of Fucales (Cystoseira spp. And Sargassum spp.) in the Albères coast (France, North-westernMediterranean). *Marine Pollution Bulletin*, 50: 1472-1489 p.
- TRAVERS M. (1971).** Diversité du microphytoplancton du golfe de Marseille en 1964. *Mar. Biol.*, 8(4): 308-343 p.
- VERLAQUE M., DURAND C., HUISMAN J.-M. et al (2003).** On the identity and origin of the Mediterranean invasive *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta). *Eur. J. Phycol*, 38 : 325-339 p.
- VERLAQUE M., FRITAYRE P. (1994).** Incidence de l'algue introduite *Caulerpa taxifolia* sur le phytobenthos de Méditerranée occidentale. - 2. Les peuplements d'algues photophiles de l'infralittoral. First international Workshop on *Caulerpa taxifolia*, Boudouresque C.F, Meinesz A., Gravez. *Marseille. Ed. GIS Posidonie publ*: 349-353 p.
- WARWICK R.-M., CLARKE K.-R. (1995).** New "biodiversity" measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. *Marine Ecology Progress Series*, 129: 301-305 p.
- ZUBIA M., CUET P., NICET J.-B. et al. (2012).** Définition d'un bio-indicateur d'eutrophisation (coraux, algues, invertébrés) pour les récifs coralliens de la Réunion. *ARVAM A412, rapport final bioindication* : 1-195 p.

# **LES ANNEXES**

**ANNEXE I : Présentation de la DCE (Source : Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie - [www.driee.ile-de-france.com](http://www.driee.ile-de-france.com) -)**

La directive cadre sur l'eau (DCE) est le texte majeur qui vise à structurer la politique de l'eau dans les Etats membres de l'Union européenne. Elle engage les pays de l'Union dans un objectif de reconquête de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques. Adoptée le 23 octobre 2000 et publiée au Journal officiel des Communautés Européennes du 22 décembre 2000, elle a été transposée en droit français en avril 2004.

La DCE a pour objectif de préserver et d'améliorer si besoin l'état écologique des systèmes aquatiques afin d'en promouvoir un usage durable et de garantir l'approvisionnement en eau. Dans tous les cas, les États membres doivent réduire l'usage des substances dangereuses et veiller à ce que la tarification de l'eau incite aux économies. Ils doivent définir des objectifs de qualité pour chaque masse d'eau (unité hydrographique ou hydrogéologique cohérente), effectuer une évaluation et en déduire les mesures de restauration les plus appropriées.

➤ **Processus de mise en œuvre**

La DCE impose une obligation de résultats aux États membres, à travers 3 objectifs environnementaux majeurs :

- stopper toute dégradation de la qualité des eaux ; parvenir d'ici à 2015 au bon état quantitatif et qualitatif des rivières, des eaux souterraines et des eaux côtières ;
- réduire les rejets des substances prioritaires et supprimer à terme les rejets des substances "prioritaires dangereuses" (certains métaux, pesticides, solvants etc.) ;

La DCE fixe par ailleurs des obligations en termes de moyens (méthodes, calendrier), qui constituent autant d'étapes dans sa mise en œuvre. Il s'agit pour chaque bassin :

- de faire le bilan des pollutions et de la qualité du milieu ;
- d'en dégager les enjeux de la gestion de l'eau à l'horizon 2015 : les problèmes empêchant d'atteindre les objectifs de la DCE ;
- face à ces enjeux, proposer les orientations pour la gestion de l'eau et les actions pour atteindre ces objectifs ;
- de mettre en oeuvre un programme de surveillance de la qualité des milieux qui organisera les réseaux de mesure et d'information pour suivre le cheminement des systèmes (milieux, connaissance des coûts etc.) vers les objectifs ;
- d'évaluer la répercussion du coût des services liés à l'utilisation de l'eau ;







ANNEXE III : Groupes écologiques des espèces algales recensées dans la station Ilot.

Groupes écologiques		Espèce
Groupes médiolittoraux	RMS : Roche Médiolittorale Supérieure	<i>Neosiphonia sertularioides</i>
	RMM1 : Roche Médiolittorale Moyenne 1	<i>Callithamnion granulatum</i>
	RMM2 : Roches médiolittorale moyenne 2	<i>Cladophora dalmatica</i> <i>Cladophora laetevirens</i> <i>Ulva compressa</i>
	FM : Frange Médiolittorale	<i>Ceramium ciliatum</i> <i>Gelidium crinale</i> <i>Vertebrata reptabunda</i>
Groupes photophiles infralittoraux	PhI : Photophile Infralittoral	<i>Jania rubens</i> <i>Sphacelaria cirrosa</i> <i>Amphiroa rigida</i> <i>Gracilaria dura</i>
	PhIB : Photophile Infralittoral Battu	<i>Osmundea pinnatifida</i> <i>Cystoseira amantaceae var. stricta</i> <i>Ceramium virgatum</i> <i>Gelidium pusillum</i>
	PhIC : Photophile Infralittoral relativement Calme	<i>Ceramium tenuissimum</i> <i>Herposiphonia secunda</i> <i>Herposiphonia tenella</i> <i>Codium fragile</i> <i>Dictyota fasciola</i> <i>Halopteris filicina</i> <i>Chondria capillaris</i> <i>Herposiphonia sp.</i>
	PhIT : Photophile Infralittoral Thermophile	<i>Jania virgata</i> <i>Jania adherens</i> <i>Hypnea musciformis</i>
	PhIM : Photophile Infralittoral de substrat Meuble	<i>Caulerpa prolifera</i>
	PhIG : Photophiles infralittorales de surpâturage	<i>Colaconema caespitosum</i>
Groupes sciaphiles	SIC : Sciaphile Infralittoral et Circalittoral	<i>Dictyopteris polypodioides</i> <i>Cryptopleura ramose</i> <i>Apoglossum ruscifolium</i>
	SI : Sciaphile Infralittoral	<i>Halurus flosculosus</i> <i>Bornetia secundiflora</i> <i>Heterosiphonia crispella</i>
Groupes sciaphiles de mode battu	SSB : Sciaphile Infralittoral Battu	<i>Lychaete pellucida</i> <i>Griffithsia opuntioïdes</i> <i>Xiphosiphonia pennata</i> <i>Gelidium pulchellum</i> <i>Pterocladia capillacea</i> <i>Rhodophyllis divaricata</i>
	SSBf : Sciaphile Infralittoral Battu à affinité froide	<i>Antithamnionella elegans</i> <i>Gymnogangrus crenulatus</i> <i>Plocamium cartilagineum</i> <i>Lomentaria articulata</i>
	SSBc : Sciaphile Infralittoral Battu à affinité chaude	<i>Millerella pannosa</i>

Suite Tableau ANNEXE III

Groupes sciaphiles de mode relativement calme		<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>
	SC : Sciaphile de mode relativement Calme	<i>Ceramium codii</i> <i>Champia parvula</i>
	SCI : Sciaphile Infralittoral de mode relativement Calme	<i>Cladophora hutchinsiae</i> <i>Cladophora lehmanniana</i> <i>Callithamnion corymbosum</i>
	AS : Anti-Sciaphile	<i>Cladophora prolifera</i>
Groupes de pollution	CC : espèces du Concrétionnement Circalittorale	<i>Sphondilothamnion multifidum</i> <i>Gracilaria bursa-pastoris</i>
	ETN : Euthrophe et thionitrophile	<i>Cladophora sericea</i>
	PhIP : Photophile infralittoral portuaire	<i>Chondracanthus acicularis</i> <i>Ulva intestinalis</i> <i>Ulva lactuca</i> <i>Ulva rigida</i>
Autres groupes	HSPP : Hémisciaphile des petits ports	<i>Ulva rotundata</i>
	ISR : Infralittoral de Substrat dur, rocheux en particulier	<i>Antithamnion cruciatum</i> <i>Ceramium diaphanum</i> <i>Ellisolandia elongata</i> <i>Lithophyllum incrustans</i>
	LRE : Large répartition écologique	<i>Caulerpa racemosa</i> <i>Ceramium tenerrimum</i> <i>Centroceras clavatum</i> <i>Hypoglossum hypoglossoides</i> <i>Carradoriella denudata</i> <i>Vertebrata fruticulosa</i> <i>Polysiphonia mottei</i> <i>Symphyocodiella parasitica</i> <i>Vertebrata thuyoides</i> <i>Jania longifurca</i> <i>Hypnea cervicornis</i>
	Sans signification écologique	<i>Bryopsis</i> sp. <i>Chaetomorpha</i> sp. <i>Cladophora albida</i> <i>Cladophora</i> sp. <i>Blidingia</i> sp. <i>Dictyopteris</i> sp. <i>Halopteris</i> sp. <i>Lithophyllum</i> sp.

**ANNEXE IV: Recouvrements moyens des quatre prélèvements saisonniers.**

<b>Espèce</b>	<b>Recouvrement moyen %</b>
<i>Ellisolandia elongata</i>	193,74
<i>Cystoseira amentacea var. stricta</i>	102,71
<i>Chondracanthus acicularis</i>	87,988
<i>Ulva lactuca</i>	65
<i>Caulerpa racemosa</i>	57
<i>Ceramium virgatum</i>	55,193
<i>Ulva intestinalis</i>	50
<i>Pterocladia capillacea</i>	48,685
<i>Amphiroa rigida</i>	42,998
<i>Polysiphonia mottei</i>	31,65
<i>Codium fragile</i>	30,845
<i>Ulva compressa</i>	25,25
<i>Ulva rotundata</i>	21,525
<i>Jania rubens</i>	15,115
<i>Cladophora prolifera</i>	10,65
<i>Gelidium pusillum</i>	10
<i>Ceramium diaphanum</i>	9,565
<i>Ulva rigida</i>	8,3
<i>Lithophyllum incrustans</i>	6,438
<i>Jania longifurca</i>	4,525
<i>Xiphosiphonia pennata</i>	4,52
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	4,175
<i>Jania adherens</i>	2,963
<i>Bryopsis sp.</i>	2,903
<i>Chondria capillaris</i>	2,84
<i>Heterosiphonia crispella</i>	2,195
<i>Lychaete pellucida</i>	2,188
<i>Cryptopleura ramosa</i>	1,688
<i>Dictyopteris polypodioides</i>	1,675
<i>Hypnea cervicornis</i>	1,513
<i>Lithophyllum sp.</i>	1,438
<i>Cladophora lehmanniana</i>	1,4
<i>Chaetomorpha sp.</i>	1,25
<i>Colaconema caespitosum</i>	1
<i>Gelidium pulchellum</i>	0,8
<i>Cladophora hutchinsiae</i>	0,713
<i>Caulerpa prolifera</i>	0,65
<i>Gracilaria dura</i>	0,65
<i>Antithamnionella elegans</i>	0,623
<i>Herposiphonia tenella</i>	0,503
<i>Cladophora dalmatica</i>	0,5
<i>Jania virgata</i>	0,488

**Suite Tableau ANNEXE IV**

<i>Rhodophyllis divaricata</i>	0,475
<i>Hypoglossum hypoglossoides</i>	0,425
<i>Cladophora albida</i>	0,375
<i>Callithamnion corymbosum</i>	0,338
<i>Osmundea pinnatifida</i>	0,338
<i>Ceramium codii</i>	0,3
<i>Gracilaria bursa-pastoris</i>	0,3
<i>Symphycladiella parasitica</i>	0,26
<i>Ceramium diaphanum</i>	0,25
<i>Blidingia sp.</i>	0,225
<i>Dictyopteris sp.</i>	0,225
<i>Ceramium tenerrimum</i>	0,225
<i>Apoglossum ruscifolium</i>	0,225
<i>Cladophora laetevirens</i>	0,213
<i>Halopteris filicina</i>	0,15
<i>Callithamnion granulatum</i>	0,15
<i>Bornetia secundiflora</i>	0,15
<i>Carradoriella denudata</i>	0,12
<i>Neosiphonia sertularioides</i>	0,1
<i>Hypnea musciformis</i>	0,1
<i>Sphacelaria cirrosa</i>	0,088
<i>Plocamium cartilagineum</i>	0,08
<i>Herposiphonia secunda</i>	0,0775
<i>Dictyota fasciola</i>	0,075
<i>Vertebrata reptabunda</i>	0,075
<i>Ceramium ciliatum</i>	0,05
<i>Vertebrata thuyoides</i>	0,05
<i>Gymnogongrus crenulatus</i>	0,05
<i>Champia parvula</i>	0,05
<i>Gelidium crinale</i>	0,0425
<i>Vertebrata fruticulosa</i>	0,025
<i>Griffithsia opuntioïdes</i>	0,015
<i>Cladophora sericea</i>	0,0125
<i>Antithamnion cruciatum</i>	0,0125
<i>Sphondilothamnion multifidum</i>	0,0125
<i>Herposiphonia sp.</i>	0,0125
<i>Millerella pannosa</i>	0,0125
<i>Cladophora sp.</i>	0,005
<i>Centroceras clavatum</i>	0,005
<i>Halopteris sp.</i>	0,0025
<i>Halurus flosculosus</i>	0,0025
<i>Lomentaria articulata</i>	0,0025

**ANNEXE V: Dominances quantitatives (DR) et qualitatives (DQ) des groupes systématiques du peuplement algal de la station Ilot correspondant aux quatre saisons.**

Hiver					
Ordre	Espèces	Dri%	Qi	DR%	DQ
Bryopsidales	<i>Bryopsis sp</i>	0,3	4	11,9	7,54
	<i>Caulerpa racemosa</i>	8			
	<i>Codium fragile</i>	3,5			
	<i>Caulerpa prolifera</i>	0,1			
Cladophorales	<i>Cladophora prolifera</i>	3,74	5	3,788	9,43
	<i>Cladophora lehmanniana</i>	0,02			
	<i>Cladophora albida</i>	0,01			
	<i>Cladophora hutchinsiae</i>	0,01			
	<i>Cladophora laetevirens</i>	0,008			
Ulvales	<i>Ulva rigida</i>	2,64	3	4,15	5,66
	<i>Ulva lactuca</i>	1,42			
	<i>Ulva compressa</i>	0,09			
Fucales	<i>Cystoseira amentacea var. stricta</i>	2,26	1	2,26	1,88
Ceramiales	<i>Antithamnion cruciatum</i>	0,004	25	8,173	47,16
	<i>Heterosiphonia crispella</i>	0,65			
	<i>Cryptopleura ramosa</i>	0,22			
	<i>Chondria capillaris</i>	0,16			
	<i>Antithamnionella elegans</i>	0,078			
	<i>Hypoglossum hypoglossoides</i>	0,15			
	<i>Xiphosiphonia pennata</i>	0,147			
	<i>Callithamnion corymbosum</i>	0,1			
	<i>Ceramium tenuissimum</i>	0,11			
	<i>Apoglossum ruscifolium</i>	0,08			
	<i>Ceramium virgatum</i>	4,62			
	<i>Ceramium tenerrimum</i>	0,075			
	<i>Bornetia secundiflora</i>	0,051			
	<i>Herposiphonia tenella</i>	0,036			
	<i>Osmundea pinnatifida</i>	0,035			
	<i>Neosiphonia sertularioides</i>	0,035			
	<i>Symphocodiella parasitica</i>	0,03			
	<i>Carradoriella denudata</i>	0,03			
	<i>Callithamnion granulatum</i>	0,03			
	<i>Herposiphonia secunda</i>	0,02			
	<i>Vertebrata thuyoides</i>	0,01			
	<i>Griffithsia opuntioïdes</i>	0,004			
	<i>Sphondilothamnion multifidum</i>	0,004			
<i>Polysiphonia mottei</i>	0,004				
<i>Ceramium diaphanum</i>	1,49				

Suite Tableau ANNEXE V

Corallinales	<i>Ellisolandia elongata</i>	36	7	51,3	13,2
	<i>Amphiroa rigida</i>	13,59			
	<i>Jania rubens</i>	1,33			
	<i>Jania longifurca</i>	0,17			
	<i>Jania adherens</i>	0,15			
	<i>Lithophyllum incrustans</i>	0,049			
	<i>Jania virgata</i>	0,008			
Gelidiales	<i>Pterocliadiella capillacea</i>	8,25	2	8,254	3,77
	<i>Millerella pannosa</i>	0,004			
Gigartinales	<i>Rhodophyllis divaricata</i>	0,16	3	10,28	5,66
	<i>Hypnea cervicornis</i>	0,12			
	<i>Chondracanthus acicularis</i>	10			
Gracilariales	<i>Gracilaria dura</i>	0,23	1	0,23	1,88
Halymeniales	<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	1,489	1	1,489	1,88
Rhodymeniales	<i>Champia parvula</i>	0,013	1	0,013	1,88
<b>Total</b>		100	53	100	99,94

Printemps					
Ordre	Espèces	Dri%	Qi	DR%	DQ
Bryopsidales	<i>Bryopsis sp</i>	0,54	4	12,359	7,40
	<i>Caulerpa racemosa</i>	8,15			
	<i>Codium fragile</i>	3,58			
	<i>Caulerpa prolifera</i>	0,089			
Cladophorales	<i>Cladophora prolifera</i>	0,049	8	1,27	14,81
	<i>Cladophora lehmanniana</i>	0,41			
	<i>Cladophora albida</i>	0,09			
	<i>Cladophora hutchinsiae</i>	0,114			
	<i>Cladophora sp</i>	0,002			
	<i>Chaetomorpha sp</i>	0,065			
	<i>Cladophora dalmatica</i>	0,15			
	<i>Lychaete pellucida</i>	0,39			
Ulvales	<i>Ulva rigida</i>	0,27	4	12,98	7,4
	<i>Ulva lactuca</i>	4,15			
	<i>Ulva rotundata</i>	0,42			
	<i>Ulva compressa</i>	8,14			
Fucales	<i>Cystoseira amentacea var. stricta</i>	8,2	1	8,2	1,85
Ceramiales	<i>Ceramium ciliatum</i>	0,016	16	26,80	29,62
	<i>Polysiphonia mottei</i>	9,5			
	<i>Cryptopleura ramosa</i>	0,24			
	<i>Chondria capillaris</i>	0,78			
	<i>Antithamnionella elegans</i>	0,009			
	<i>Ceramium diaphanum</i>	1,22			

Suite Tableau ANNEXE V

	<i>Xiphosiphonia pennata</i>	1,3			
	<i>Callithamnion corymbosum</i>	0,016			
	<i>Halurus flosculosus</i>	0,0008			
	<i>Vertebrata reptabunda</i>	0,02			
	<i>Ceramium virgatum</i>	13,48			
	<i>Heterosiphonia crispella</i>	0,097			
	<i>Herposiphonia tenella</i>	0,049			
	<i>Osmundea pinnatifida</i>	0,037			
	<i>Symphyocliadiella parasitica</i>	0,04			
	<i>Herposiphonia secunda</i>	0,0008			
Corallinales	<i>Lithophyllum sp</i>	0,05	8	9,058	14,81
	<i>Lithophyllum incrustans</i>	0,12			
	<i>Ellisolandia elongata</i>	4,5			
	<i>Jania virgata</i>	0,098			
	<i>Jania longifurca</i>	0,82			
	<i>Jania rubens</i>	2,9			
	<i>Amphiroa rigida</i>	0,2			
	<i>Jania adherens</i>	0,37			
Gelidiales	<i>Gelidium pusillum</i>	3,3	2	11,6	3,7
	<i>Pterocliadiella capillacea</i>	8,3			
Gigartinales	<i>Hypnea musciformis</i>	0,03	5	17,534	9,25
	<i>Hypnea cervicornis</i>	0,38			
	<i>Chondracanthus acicularis</i>	17,1			
	<i>Gymnogangrus crenulatus</i>	0,016			
	<i>Rhodophyllis divaricata</i>	0,008			
Gracilariales	<i>Gracilaria bursa-pastoris</i>	0,09	1	0,09	1,85
Rhodymeniales	<i>Champia parvula</i>	0,002	2	0,0028	3,7
	<i>Lomentaria articulata</i>	0,0008			
Dictyotales	<i>Dictyopteris polypodioides</i>	0,51	1	0,51	1,85
Sphacelariales	<i>Halopteris filicina</i>	0,016	2	0,046	3,7
	<i>Sphacelaria cirrosa</i>	0,03			
<b>Total</b>		100	54	100	99,94

Été					
Ordre	Espèces	Dri%	Qi	DR%	DQ
Bryopsidales	<i>Bryopsis sp</i>	0,18	2	0,82	4,44
	<i>Codium fragile</i>	0,64			
Cladophorales	<i>Lychaete pellucida</i>	0,096	8	2,416	17,77
	<i>Cladophora laetevirens</i>	2,09			
	<i>Cladophora dalmatica</i>	0,05			
	<i>Cladophora lehmanniana</i>	0,1			
	<i>Cladophora albida</i>	0,03			

Suite Tableau ANNEXE V

	<i>Cladophora hutchinsiae</i>	0,03			
	<i>Cladophora sericea</i>	0,001			
	<i>Chaetomorpha sp</i>	0,019			
Ulvales	<i>Ulva intestinalis</i>	1,67	3	3,01	6,66
	<i>Ulva rigida</i>	1,28			
	<i>Ulva lactuca</i>	0,06			
Fucales	<i>Cystoseira amentacea var. stricta</i>	3,07	1	3,07	2,22
Dictyotales	<i>Dictyota fasciola</i>	0,006	3	0,256	6,66
	<i>Dictyopteris sp</i>	0,12			
	<i>Dictyopteris polypodioides</i>	0,13			
Ceramiales	<i>Centroceras clavatum</i>	0,001	13	48,382	28,29
	<i>Polysiphonia mottei</i>	21,65			
	<i>Cryptopleura ramosa</i>	0,06			
	<i>Chondria capillaris</i>	0,28			
	<i>Griffithsia opuntioïdes</i>	0,001			
	<i>Ceramium diaphanum</i>	0,32			
	<i>Xiphosiphonia pennata</i>	0,4			
	<i>Symphyocладиella parasitica</i>	0,01			
	<i>Osmundea pinnatifida</i>	0,01			
	<i>Vertebrata reptabunda</i>	0,006			
	<i>Ceramium virgatum</i>	25,6			
	<i>Heterosiphonia crispella</i>	0,03			
	<i>Herposiphonia tenella</i>	0,014			
Corallinales	<i>Lithophyllum sp</i>	0,015	8	2,355	17,18
	<i>Lithophyllum incrustans</i>	0,04			
	<i>Ellisolandia elongata</i>	1,35			
	<i>Jania virgata</i>	0,03			
	<i>Jania longifurca</i>	0,31			
	<i>Jania rubens</i>	0,5			
	<i>Amphiroa rigida</i>	0,05			
	<i>Jania adherens</i>	0,06			
Gelidiales	<i>Gelidium pulchellum</i>	0,001	3	13,991	6,67
	<i>Gelidium crinale</i>	0,02			
	<i>Pterocладиella capillacea</i>	13,97			
Gigartinales	<i>Hypnea musciformis</i>	0,006	2	25,606	4,44
	<i>Chondracanthus acicularis</i>	25,6			
Sphacelariales	<i>Halopteris filicina</i>	0,003	2	0,023	4,44
	<i>Halopteris sp</i>	0,02			
<b>Total</b>		99,929	45	99,929	98,77

Suite Tableau ANNEXE V

Automne					
Ordre	Espèces	Dri%	Qi	DR%	DQ
Bryopsidales	<i>Caulerpa racemosa</i>	7,44	2	11,94	6,06
	<i>Codium fragile</i>	4,5			
Cladophorales	<i>Lychaete pellucida</i>	0,02	5	0,9378	15,15
	<i>Cladophora lehmanniana</i>	0,0098			
	<i>Cladophora albida</i>	0,02			
	<i>Cladophora hutchinsiae</i>	0,098			
	<i>Chaetomorpha sp</i>	0,79			
Ulvales	<i>Ulva lactuca</i>	4,7	2	20,6	6,06
	<i>Ulva rotundata</i>	15,9			
Fucales	<i>Cystoseira amentacea var. stricta</i>	16,7	1	16,7	3,03
Ceramiales	<i>Antithamnionella elegans</i>	0,29	9	1,909	27,27
	<i>Callithamnion granulatum</i>	0,05			
	<i>Ceramium codii</i>	0,24			
	<i>Vertebrata fruticulosa</i>	0,02			
	<i>Cryptopleura ramosa</i>	0,18			
	<i>Ceramium diaphanum</i>	0,79			
	<i>Ceramium virgatum</i>	0,23			
	<i>Heterosiphonia crispella</i>	0,1			
	<i>Herposiphonia sp</i>	0,009			
Corallinales	<i>Lithophyllum sp</i>	0,98	8	46,04	24,24
	<i>Lithophyllum incrustans</i>	3,7			
	<i>Ellisolandia elongata</i>	38,6			
	<i>Jania virgata</i>	0,05			
	<i>Jania longifurca</i>	1,18			
	<i>Jania rubens</i>	0,1			
	<i>Amphiroa rigida</i>	0,8			
	<i>Jania adherens</i>	0,63			
Gelidiales	<i>Gelidium crinale</i>	0,004	1	0,004	3,03
Gigartinales	<i>Hypnea cervicornis</i>	0,009	2	0,909	6,06
	<i>Chondracanthus acicularis</i>	0,9			
Colaconematales	<i>Colaconema caespitosum</i>	0,8	1	0,8	3,03
Plocamiales	<i>Plocamium cartilagineum</i>	0,06	1	0,06	3,03
<b>Total</b>		99,89	32	99,89	96,96

**ANNEXE VI : Dominances relatives (Ri/Rt) et rangs respectifs des taxons recensés pour chaque saison.**

Hiver			Printemps		
Espèces	Ri/RT	Rang	Espèces	Ri/RT	Rang
<i>Ellisolandia elongata</i>	0,369	1	<i>Chondracanthus acicularis</i>	0,171	1
<i>Amphiroa rigida</i>	0,1359	2	<i>Ceramium virgatum</i>	0,1348	2
<i>Chondracanthus acicularis</i>	0,1009	3	<i>Polysiphonia mottei</i>	0,095	3
<i>Pterocladia capillacea</i>	0,0825	4	<i>Pterocladia capillacea</i>	0,083	4
<i>Caulerpa racemosa</i>	0,08	5	<i>Cystoseira amentacea var. stricta</i>	0,082	5
<i>Ceramium virgatum</i>	0,0462	6	<i>Caulerpa racemosa</i>	0,0815	6
<i>Cladophora prolifera</i>	0,0374	7	<i>Ulva compressa</i>	0,0814	7
<i>Codium fragile</i>	0,036	8	<i>Ellisolandia elongata</i>	0,045	8
<i>Ulva rigida</i>	0,0264	9	<i>Ulva lactuca</i>	0,0415	9
<i>Cystoseira amentacea var. stricta</i>	0,0226	10	<i>Codium fragile</i>	0,0358	10
<i>Ceramium diaphanum</i>	0,0149	11	<i>Gelidium pusillum</i>	0,033	11
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	0,01489	12	<i>Jania rubens</i>	0,029	12
<i>Ulva lactuca</i>	0,0142	13	<i>Xiphosiphonia pennata</i>	0,013	13
<i>Jania rubens</i>	0,0133	14	<i>Ceramium diaphanum</i>	0,0122	14
<i>Heterosiphonia crispella</i>	0,0065	15	<i>Jania longifurca</i>	0,0082	15
<i>Bryopsis sp</i>	0,003	16	<i>Chondria capillaris</i>	0,0078	16
<i>Gracilaria dura</i>	0,0023	17	<i>Bryopsis sp</i>	0,0054	17
<i>Cryptopleura ramosa</i>	0,0022	18	<i>Dictyopteris polypodioides</i>	0,0051	18
<i>Jania longifurca</i>	0,0017	19	<i>Ulva rotundata</i>	0,0042	19
<i>Chondria capillaris</i>	0,0016	20	<i>Cladophora lehmanniana</i>	0,0041	20
<i>Rhodophyllis divaricata</i>	0,0016	20	<i>Lychaete pellucida</i>	0,0039	21
<i>Hypoglossum hypoglossoides</i>	0,0015	22	<i>Hypnea cervicornis</i>	0,0038	22
<i>Jania adherens</i>	0,0015	22	<i>Jania adherens</i>	0,0037	23
<i>Xiphosiphonia pennata</i>	0,00147	24	<i>Ulva rigida</i>	0,0027	24
<i>Hypnea cervicornis</i>	0,0012	25	<i>Cryptopleura ramosa</i>	0,0024	25
<i>Caulerpa prolifera</i>	0,001	26	<i>Amphiroa rigida</i>	0,002	26
<i>Callithamnion corymbosum</i>	0,001	26	<i>Cladophora dalmatica</i>	0,0015	27
<i>Ulva compressa</i>	0,0009	28	<i>Lithophyllum incrustans</i>	0,0012	28
<i>Ceramium diaphanum</i>	0,0009	28	<i>Cladophora hutchinsiae</i>	0,00114	29
<i>Apoglossum ruscifolium</i>	0,0008	30	<i>Jania virgata</i>	0,00098	30
<i>Antithamnionella elegans</i>	0,00078	31	<i>Heterosiphonia crispella</i>	0,00097	31
<i>Ceramium tenerrimum</i>	0,00075	32	<i>Cladophora albida</i>	0,0009	32
<i>Bornetia secundiflora</i>	0,00051	33	<i>Gracilaria bursa-pastoris</i>	0,0009	32
<i>Lithophyllum incrustans</i>	0,00049	34	<i>Caulerpa prolifera</i>	0,00089	34
<i>Herposiphonia tenella</i>	0,00036	35	<i>Chaetomorpha sp</i>	0,00065	35
<i>Osmundea pinnatifida</i>	0,00035	36	<i>Lithophyllum sp</i>	0,0005	36
<i>Neosiphonia sertularioides</i>	0,00035	36	<i>Cladophora prolifera</i>	0,00049	37
<i>Symphycladiella parasitica</i>	0,00035	36	<i>Herposiphonia tenella</i>	0,00049	37
<i>Carradoriella denudata</i>	0,00034	39	<i>Symphycladiella parasitica</i>	0,0004	39
<i>Callithamnion granulatum</i>	0,0003	40	<i>Osmundea pinnatifida</i>	0,00037	40
<i>Herposiphonia secunda</i>	0,00026	41	<i>Sphacelaria cirrosa</i>	0,0003	41
<i>Cladophora lehmanniana</i>	0,0002	42	<i>Hypnea musciformis</i>	0,0003	41
<i>Vertebrata thuyoides</i>	0,00017	43	<i>Vertebrata reptabunda</i>	0,0002	43

Suite Tableau ANNEXE VI

Hiver			Printemps		
Espèces	Ri/RT	Rang	Espèces	Ri/RT	Rang
<i>Champia parvula</i>	0,00013	44	<i>Halopteris filicina</i>	0,00016	44
<i>Cladophora albida</i>	0,0001	45	<i>Callithamnion corymbosum</i>	0,00016	44
<i>Cladophora hutchinsiae</i>	0,0001	45	<i>Ceramium ciliatum</i>	0,00016	44
<i>Cladophora laetevirens</i>	0,00008	47	<i>Gymnogongrus crenulatus</i>	0,00016	44
<i>Jania virgata</i>	0,00008	47	<i>Antithamnionella elegans</i>	0,00009	48
<i>Antithamnion cruciatum</i>	0,00004	49	<i>Rhodophyllis divaricata</i>	0,00008	49
<i>Griffithsia opuntioïdes</i>	0,00004	49	<i>Cladophora sp</i>	0,00002	50
<i>Sphondilothamnion multifidum</i>	0,00004	49	<i>Champia parvula</i>	0,00002	50
<i>Polysiphonia mottei</i>	0,00004	49	<i>Halurus flosculosus</i>	0,00000 8	52
<i>Millerella pannosa</i>	0,00004	49	<i>Herposiphonia secunda</i>	0,00000 8	52
			<i>Lomentaria articulata</i>	0,00000 8	52

Été			Automne		
Espèce	Ri/RT	Rang	Espèce	Ri/RT	Rang
<i>Chondracanthus acicularis</i>	0,256	1	<i>Ellisolandia elongata</i>	0,386	1
<i>Ceramium virgatum</i>	0,256	1	<i>Cystoseira amentacea var. stricta</i>	0,167	2
<i>Polysiphonia mottei</i>	0,2165	3	<i>Ulva rotundata</i>	0,159	3
<i>Pterocladia capillacea</i>	0,1397	4	<i>Caulerpa racemosa</i>	0,0744	4
<i>Cystoseira amentacea var. stricta</i>	0,0307	5	<i>Ulva lactuca</i>	0,047	5
<i>Cladophora laetevirens</i>	0,0209	6	<i>Codium fragile</i>	0,045	6
<i>Ulva intestinalis</i>	0,0167	7	<i>Lithophyllum incrustans</i>	0,037	7
<i>Ellisolandia elongata</i>	0,0135	8	<i>Jania longifurca</i>	0,0118	8
<i>Ulva lactuca</i>	0,0128	9	<i>Lithophyllum sp</i>	0,0098	9
<i>Codium fragile</i>	0,0064	10	<i>Chondracanthus acicularis</i>	0,009	10
<i>Jania rubens</i>	0,005	11	<i>Amphiroa rigida</i>	0,008	11
<i>Xiphosiphonia pennata</i>	0,004	12	<i>Colaconema caespitosum</i>	0,008	11
<i>Ceramium diaphanum</i>	0,0032	13	<i>Ceramium diaphanum</i>	0,0079	13
<i>Jania longifurca</i>	0,0031	14	<i>Chaetomorpha sp</i>	0,0079	13
<i>Chondria capillaris</i>	0,0028	15	<i>Jania adherens</i>	0,0063	15
<i>Bryopsis sp</i>	0,0018	16	<i>Antithamnionella elegans</i>	0,0029	16
<i>Dictyopteris polypodioides</i>	0,0013	17	<i>Ceramium codii</i>	0,0024	17
<i>Dictyopteris sp</i>	0,0012	18	<i>Ceramium virgatum</i>	0,0023	18
<i>Cladophora lehmanniana</i>	0,001	19	<i>Cryptopleura ramosa</i>	0,0018	19
<i>Lychaete pellucida</i>	0,00096	20	<i>Blidingia sp</i>	0,0018	19
<i>Jania adherens</i>	0,0006	21	<i>Jania rubens</i>	0,001	21
<i>Ulva rigida</i>	0,0006	21	<i>Heterosiphonia crispella</i>	0,001	21
<i>Cryptopleura ramosa</i>	0,0006	21	<i>Cladophora hutchinsiae</i>	0,00098	23
<i>Amphiroa rigida</i>	0,0005	24	<i>Plocamium cartilagineum</i>	0,0006	24
<i>Cladophora dalmatica</i>	0,0005	24	<i>Jania virgata</i>	0,0005	25
<i>Lithophyllum incrustans</i>	0,0004	26	<i>Callithamnion granulatum</i>	0,0005	25
<i>Cladophora hutchinsiae</i>	0,0003	27	<i>Lychaete pellucida</i>	0,0002	27
<i>Jania virgata</i>	0,0003	27	<i>Cladophora albida</i>	0,0002	27

Suite Tableau ANNEXE VI

Été			Automne		
Espèces	Ri/RT	Rang	Espèces	Ri/RT	Rang
<i>Heterosiphonia crispella</i>	0,0003	27	<i>Vertebrata fruticulosa</i>	0,0002	27
<i>Cladophora albida</i>	0,0003	27	<i>Cladophora lehmanniana</i>	0,000098	30
<i>Gelidium crinale</i>	0,0002	31	<i>Hypnea cervicornis</i>	0,00009	31
<i>Halopteris sp</i>	0,0002	31	<i>Herposiphonia sp</i>	0,00009	31
<i>Chaetomorpha sp</i>	0,00019	33	<i>Gelidium crinale</i>	0,00004	33
<i>Lithophyllum sp</i>	0,00015	34			
<i>Herposiphonia tenella</i>	0,00014	35			
<i>Symphyocodiella parasitica</i>	0,0001	36			
<i>Osmundea pinnatifida</i>	0,0001	36			
<i>Dictyota fasciola</i>	0,00006	38			
<i>Hypnea musciformis</i>	0,00006	38			
<i>Vertebrata reptabunda</i>	0,00006	38			
<i>Halopteris filicina</i>	0,00003	41			
<i>Griffithsia opuntioïdes</i>	0,00001	42			
<i>Cladophora sericea</i>	0,00001	42			
<i>Centroceras clavatum</i>	0,00001	42			
<i>Gelidium pulchellum</i>	0,00001	42			





Suite Tableau ANNEXE VII

<i>Ceramium tenuissimum</i>	IIB	1,02																
<i>Chaetomorpha sp.</i>	IIB							0,8					0,2	4				
<i>Cladophora albida</i>	IIB		0,05		0,1			0,15	1				0,1		0,1			
<i>Cladophora dalmatica</i>	IIB					1,5				0,4	0,05		0,1					
<i>Cladophora hutchinsiae</i>	IIB		0,05		0,1		0,2	1,2			0,3	0,4	0,1			0,5		
<i>Cladophora laetevirens</i>	IIB	0,05	0,05								0,05		0,7					
<i>Cladophora lehmanniana</i>	IIB		0,05	0,2		1,1				4		0,2			0,05			
<i>Lychaete pellucida</i>	IIB						0,9	1,4	2,5				0,6	3,25		0,1		
<i>Cladophora prolifera</i>	IIB		42					0,6										
<i>Cladophora sericea</i>	IIB										0,05							
<i>Cladophora sp.</i>	IIB						0,01		0,01									
<i>Codium fragile</i>	IIB		40				44				0,08	0,1	0,2	16	23			
<i>Halurus flosculosus</i>	IIB							0,01										
<i>Griffithsia opuntioïdes</i>	IIB		0,05									0,01						
<i>Herposiphonia secunda</i>	IIB				0,3				0,01									
<i>Herposiphonia sp.</i>	IIB														0,05			
<i>Herposiphonia tenella</i>	IIB			0,4	0					0,6				1				
<i>Heterosiphonia crispella</i>	IIB	0,05	1,3	3	3		0,4	0,8						0,2	0,5		0,02	0,01
<i>Vertebrata reptabunda</i>	IIB								0,3					0,01				
<i>Neosiphonia sertularioides</i>	IIB		0,1		0,3													
<i>Carradoriella denudata</i>	IIB	0,34			0,1													
<i>Vertebrata fruticulosa</i>	IIB																0,1	
<i>Polysiphonia mottei</i>	IIB			0,05		2	100	2		12	0,25	7	0,3	3				
<i>Symphyocladia parasitica</i>	IIB		0,4				0,01	0,5		0,01	0,02			0,1				
<i>Xiphosiphonia pennata</i>	IIB		0,05	0,1		1,5	0,02	1	15	0,3	0,05	0,01		0,05				
<i>Vertebrata thuyoides</i>	IIB				0,2													
<i>Colaconema caespitosum</i>	IIB	0,15	10,5		6,05													
<i>Sphondilothamnion multifidum</i>	IIB				0,05													
<i>Ulva compressa</i>	IIB				1,04		100											
<i>Ulva intestinalis</i>	IIB											100	100					

Suite Tableau ANNEXE VII

<i>Ulva lactuca</i>	IIB		7	9					15	6	30	100			69		24		
<i>Ulva rigida</i>	IIB	0,9	7,8		9	12	0,5	2,8							0,2				
<i>Ulva rotundata</i>	IIB									5,1					10		2	69	
<b>ESG IIB</b>		<b>34,4</b>	<b>115</b>	<b>20,9</b>	<b>35,2</b>	<b>29</b>	<b>125,1</b>	<b>193</b>	<b>35,2</b>	<b>43,22</b>	<b>145</b>	<b>101,2</b>	<b>110</b>	<b>102,4</b>	<b>95,9</b>	<b>37,8</b>	<b>25,5</b>	<b>5,62</b>	<b>73,6</b>

	Hiver					Printemps					Eté				Automne			
	H1	H2	H3	H4	H5	P1	P2	P3	P4	P5	E1	E2	E3	E4	A1	A2	A3	A4
<b>ESG I</b>	115,8	12,85	93,52	90,04	65,74	0,2	102,98	28,96	11,4	23,52	0,12	106,48	77,4	43,74	95,1	25,44	25,44	61,8
<b>ESG II</b>	115,714	125	20,95	120,95	112	157,51	200,49	198,4	137,06	231,4	106,68	111,28	103,018	113,05	38,12	25,58	38,42	75,4
<b>EEI-c</b>	6,08	1,84	10	5,2	4,8	1,76	8	5,68	6	8,8	0,78	6,05	5,83	3,76	9	5,83	5,03	5,48

## ABSTRACT

This work is realised at the rocky shore of Ilot Beach - Ain Bénian - located a few distance from the Ras Acrata (eastern boundary of El-Djamila Bay). It consists, at first, of monitoring the seasonal dynamics of the structure of macrophytic assemblages, of rocky substratum, of battered mode, of the upper infralittoral stage, and establishing a floristic inventory of them. The qualitative and quantitative floristic analysis is based on phytosociological surveys. In addition, it is intended to show how these macrophytobenthic assemblages could be used as bioindicators of water quality. The seasonal coverages of the studied assemblage have been analysed structurally (dominances, diversity, succession), and functionally (Ecological Evaluation Index *EEI-c*). The results revealed a significant effect of anthropogenic stress on macroalgae assemblages. Three seasonal aspects emerge: winter and autumn, dominated by the Corallinales, including *Ellisolandia elongata*, which appreciates cold temperatures and battered modes during these two seasons. The spring season is distinguished by the predominance of the Gigartinales *Chondracanthus acicularis*. Meanwhile, the summer's pattern appears to be the least structured, with the preponderance of Gigartinales (*Chondracanthus acicularis*) and Ceramiales (*Polysiphonia mottei*). The functional analysis showed that: spring and autumn patterns are of good ecological quality; the winter pattern is classified as "Moderate", while the summer is rather of poor quality, based on the *EEI-c* classification scale. This agrees with the results of the structural analysis of the studied assemblage, and supports the probity of the *EEI-c* index as a bioindicator tool, which is also highly recommended for conducting any national monitoring of the quality of coastal marine waters.

### Key-words:

Communities dynamics ; benthic macrophytes ; water quality ; bioindication ; Ecological Evaluation Index (*EEI-c*); Ain Benian (Algeria).

## RESUME

Le présent travail est réalisé au niveau du platier rocheux de la plage Ilot - Ain Bénian - située à quelques encablures du Ras Acrata (limite Est de la Baie d'El-Djamila). Il consiste, en premier lieu, au suivi de la dynamique saisonnière de la structure des peuplements macrophytiques, de substrat dur, de mode battu, de l'étage infralittoral supérieur, et d'en établir un inventaire floristique. L'analyse floristique qualitative et quantitative est réalisée à partir de relevés phytosociologiques. En outre, il s'agit de montrer comment ces peuplements macrophytobenthiques pourraient être utilisés comme bioindicateurs de la qualité des eaux. Les recouvrements saisonniers du peuplement étudié ont été analysés structurellement (dominances, diversité, succession), fonctionnellement (Indice d'évaluation écologique *EEI-c*). Les résultats obtenus ont révélé un effet significatif du stress anthropique sur les assemblages de macroalgues. C'est ainsi que trois aspects saisonniers se dégagent, à savoir : l'hiver et l'automne, dominés par les Corallinales, dont *Ellisolandia elongata* qui affectionne les températures froides et les modes battus, fréquents pendant ces deux saisons. La saison printanière se distingue de par la prédominance de la Gigartinale *Chondracanthus acicularis*. Le peuplement de la saison estivale apparaît, quant à lui, comme étant le moins structuré, avec la prépondérance des Gigartinales (*Chondracanthus acicularis*) et des Ceramiales (*Polysiphonia mottei*). L'analyse fonctionnelle a montré ce qui suit : les peuplements printanier et automnal sont de bonne qualité écologique (respectivement, 0.51 et 0.54) ; le peuplement hivernal est classé en statut « Modéré », tandis que l'estival est plutôt de qualité médiocre (0.26), sur la base de l'échelle de classement *EEI-c*. Ce constat recoupe avec les résultats de l'analyse structurale du peuplement étudié, et plaide en faveur de la probité de l'indice *EEI-c*, comme outil de bioindication, qui plus est, vivement recommandé pour mener toute surveillance nationale de la qualité des eaux marines côtières.

### Mots-clés :

Dynamique des peuplements ; macrophytes benthiques ; qualité des eaux ; bioindication ; Indice d'évaluation écologique (*EEI-c*) ; Ain Bénian (Algérie).

## ملخص

تم تنفيذ العمل الحالي على مستوى الصخور المسطحة لشاطئ " إيلو" (Ilot) - عين بنيان - الواقع بالقرب من رأس أكراطة (شرق خليج الجميلة). يهتم العمل ، أولاً ، برصد الديناميكية الموسمية لهيكل المجتمعات الطحلبية، للخلجان الصلبة ، والطبقة البحرية ذات التيارات الهائلة للمنطقة الغارقة العليا للساحل وإحصاء خاص بالنباتات الطحلبية. يتم إجراء التحليل النوعي والكمي للطحالب البحرية بالاعتماد على بيانات علم الاجتماع النباتي. بالإضافة إلى ذلك ، فإن الهدف هو إظهار كيف يمكن استخدام هذه التجمعات الطحلبية القاعية كمؤشرات بيولوجية لنوعية المياه. تم تحليل بيانات تغطية المجتمعات الطحلبية هيكلية (الهيمنة والتنوع والتوارث) ، ووظيفياً (مؤشر التقييم البيئي EEI). أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها بوجود مدى فعالية التأثير البشري على المجتمعات الطحلبية ، و مما سبق تبرز ثلاثة أوجه موسمية ، و هي الشتاء و الخريف ، حيث يغلب عليها الـ Corallinales ، بما في ذلك *Ellisolandia elongata* ، التي تتكيف مع درجات الحرارة المنخفضة و نمط التيارات المتواترة خلال هذين الموسمين. يتميز موسم الربيع بهيمنة الـ Gigartinales منها *Chondracanthus acicularis*. يبدو ان موسم الصيف هو اقل تنظيماً ، مع غلبة الـ Gigartinales و الـ Ceramiales (*Polysiphonia mottie*) اظهر التحليل الوظيفي ما يلي : تتميز مظاهر الربيع و الخريف بنوعية جيدة ، تم تصنيف الشتاء على انه "معتدل" ، في حين ان المجتمعات الطحلبية رديئة الجودة الى حد ما ، بناء على مقياس تصنيف *EEI-c* لموسم الصيف. تتوافق هذه النتيجة مع نتائج التحليل الهيكلي للمجتمع الطحلي المدروس ، وتؤكد على نجاعة مؤشر *EEI-c* كأداة للتقييم البيولوجي ، كما تظهر مدى صلاحيته مستقبلاً في أي برنامج وطني لمراقبة جودة المياه البحرية الساحلية.

### الكلمات المفتاحية :

الديناميكية المجتمعات ; الطحالب القاعية ; جودة المياه ; التقييم البيولوجي ; مؤشر التقييم البيئي ; عين بنيان (الجزائر) .