

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

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



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME

DE MASTER EN SCIENCES DE LA MER

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Option : Biodiversité et Gestion des Écosystèmes

Thème :

**Contribution à l'étude du peuplement algal de
substrat dur dans la région de Tipaza**

Présenté par :

M.BELMERABTA Omar

Mlle.BENSTAALI Fatiha

Soutenu le 07/07/2022, devant le jury composé de :

M KASSAR A	MAA	ENSSMAL	Président
M KABRANE A	MAA	ENSSMAL	Examineur
Mme KAIDI N	MAA	ENSSMAL	Examinatrice
Mme BAHBAH L	MAB	ENSSMAL	Promotrice

Promotion : 2021/2022

REMERCIEMENTS

Nous remercions premièrement le Dieu tout puissant qui ne cesse de nous protéger.

Nous tenons à exprimer tout d'abord nos remerciements et gratitude à **Monsieur KASSAR**

Abderrahmane, chef de département à l'ENSSMAL, de nous avoir fait l'honneur de présider notre mémoire malgré ses préoccupations pédagogiques et administratives.

Nous exprimons nos plus vifs remerciements aux membres des jury, Monsieur **KABRANE Amine** Maitre-assistant à l'ENSSMAL, et Madame **KAIDI Nawal**, aussi Maitre assistante à l'ENSSMAL, qui ont accepté d'évaluer notre travail de fin d'étude, nous vous somme très reconnaissant.

Nous exprimons notre profonde gratitude, respect et reconnaissances à notre encadreur Madame **BAHBAH Lamia**, pour sa bonne volonté d'accepter de nous encadrer, et pour tout le temps qu'elle nous accordé et avoir fait preuve de patience et d'attention afin de nous donner les indications nécessaires au bon déroulement de notre projet de fin d'études.

Nous remercions tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Finalement, nous adressons nos profonds remerciements à nos familles qui ont toujours été présents à nos côtés au long de ce projet de fin d'étude.

DÉDICACE

Je dédie ce travail en premier lieu à **mon cher Père Hadj Ouali**, le roi de ma vie, la lumière de mes nuits, mon point faible et ma force, merci pour ton amour, ta tendresse qui me pousse toujours en avant, merci pour tous tes efforts pour m'instruire. J'espère que je suis à la hauteur de tes efforts et tes encouragements.

A ma mère Zina, la reine de mon cœur, l'étoile de notre petite maison, ce modeste travail est le fruit de tes sacrifices et tes prières, que Dieu te garde pour nous.

A ma chère tante Fadila, et à **mon oncle Abdelkader** merci pour tous tes encouragements durant tout mon cursus scolaire.

A mon cher frère Hicham, merci pour le support et les encouragements que tu m'as offert.

A mes adorables sœurs Malika et Khadra ainsi que les petits anges **Rania, Nesrine et Abdelhak** que dieu vous protège et vous accorde santé, longue vie et bonheur.

A mes amis, ainsi que tous mes camarades de la promotion 2021-2022.

A mon très cher binôme Omar, merci d'avoir partagé avec moi non seulement ce travail mais ces années et ces bons moments.

TOUHA

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail

A ma grand-mère Allah yerhamha.

A mes sources d'inspiration « **mes parents** », pour leurs sacrifices,

leurs amours et leurs soutiens.

A mes frères et mes sœurs

A tous mes chers amis spécialement ;

Islame , Abderahmen et Anis

A ma Binôme Fatiha, t'es la meilleure.

Omar

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	i
DÉDICACE.....	ii
LISTE DES FIGURES	viii
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
LISTE DES ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES.....	x
Introduction.....	1
Chapitre I : Généralités.....	4
1. Caractéristiques des algues.....	5
1.1. Définition des algues :.....	5
1.2. Appareil végétatif d'algues :	6
1.3. Reproduction des algues :	7
➤ Diversité des modes de fécondation.....	7
2. Classification	8
2.1. Les bases de la classification des grandes lignées d'algues :	8
2.1.1. Classification structurale et morphologique :.....	8
2.2. Les grands groupes d'algues :	10
2.2.1. Rhodophycées :	10
2.2.2. Phéophycées :	10
2.2.3. Chlorophycées :	11
3. Facteurs de distribution des algues.....	13
3.1. Facteurs abiotiques :.....	13
3.1.1. Nutriments :.....	13
3.1.2. Lumière :	13
3.1.3. La nature du substrat :	14
3.1.4. Hydrodynamisme :	14

3.1.5. Température :.....	14
3.1.6. Salinité :.....	15
3.2. Facteurs biotiques :.....	15
4. Généralités de la zone d'étude.....	15
4.1. Présentation géographique de la zone :	15
4.2. Géomorphologie :.....	16
Chapitre II : Matériel et Méthodes.....	17
1. Présentation du site d'étude.....	18
Ain Tagourait :	18
1.1. Situation topographique et hydrographique :	18
2. Prélèvements phytosociologiques	19
2.1. Méthode d'échantillonnage :	19
2.2. Relevés phytosociologiques :	19
3. Exploitation des relevés phytosociologiques.....	20
4. Paramètres analytiques	20
4.1 Le coefficient T :	20
4.2 Le coefficient Q :.....	21
4.3 Le recouvrement (Ri) :	21
5. Les paramètres synthétiques.....	22
5.1. Le recouvrement moyen global (RMG) :	22
5.2. La dominance qualitative (DQi) :.....	22
5.3. La dominance quantitative (DRi) :.....	23
5.4. Le rapport R/P :	23
6. Les indices de diversité	23
6.1. L'indice de diversité spécifique (H') :.....	23
6.2. L'Equitabilité (E) :	24

6.3. Indice de similitude de Sorensen :.....	24
6.4. L'indice de diversité de Simpson	24
6.5. L'indice de diversité de Hill :.....	25
6.6. Diagramme Rang-Fréquence (DRF)	26
7. Les indices de qualité de milieu	27
7.1. Indice dévaluation écologique : (EEI-c).....	27
7.2. Indice de qualité pour les fonds rocheux « CFR » :	30
8. Concept du groupe écologique	32
Chapitre III : Résultats et discussion.....	33
1. Inventaire de la flore algale marine de l'Algérie.....	39
2. Description de la biocénose du site « Ain Tagourait ».....	42
2.1. Analyse de la flore (Paramètres analytiques et synthétiques) :	42
2.1.1. La richesse spécifique : le nombre d'espèces (T).....	42
2.1.2. La dominance qualitative (DQ) et la dominance quantitative (DRi) :	44
2.1.3. Le rapport R/P :	48
2.2. Les indices écologiques.....	48
2.2.1. Indice de diversité Shannon-Weaver (H') et l'équitabilité (E) :	48
2.2.2. Indice de Simpson :	49
2.2.3. Indice de similitude Sorensen :.....	49
2.2.4. Indice de diversité de Hill :	50
2.2.5. Diagramme Rang-Fréquence (DRF) :	50
2.3. Indices de qualité du milieu.....	51
2.3.1. Dynamique des groupes fonctionnels :	51
2.3.2. Indice de qualité pour les fonds rocheux (CFR) :.....	52
2.3.3. Comparaison entre les deux indices de qualité du milieu calculés (EEI-c et CFR)	52
2.3.4. Comparaison avec l'indice CARLIT :.....	53

Table des matières

2.4. Les groupes écologiques.....	53
Conclusion.....	56
Références bibliographiques	58
Annexes	64

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Place des algues dans l'ensemble du règne végétal.....	5
Figure 2: Organisation d'une algue et comparaison avec une plante.	6
Figure 3: Cycle général de reproduction de l'algue.....	7
Figure 4: Schémas des modes de ramifications	9
Figure 5: Diversité des algues rouges en Méditerranée.	10
Figure 6: Diversité des algues brunes en Méditerranée.	11
Figure 7: Diversité des algues vertes en Méditerranée.	12
Figure 8: Schéma de la répartition des algues selon l'absorption de la lumière	14
Figure 9: Localisation de la zone d'étude dans la côte algérienne.....	16
Figure 10: Localisation géographique de la zone d'étude Ain Tagourait.....	18
Figure 11: Quadrats utilisés pour le prélèvement de l'échantillon.	19
Figure 12: Matériels d'échantillonnage.....	20
Figure 13: Carré d'estimation (20cm×20cm) de recouvrement des espèces.	21
Figure 14: Allure des Diagrammes Rangs-Fréquences DRF au cours d'une succession écologique	27
Figure 15: Les différentes classes d'algues de la station de Ain Tagourait.....	39
Figure 16: Répartition des classes systématiques du peuplement algal de Ain Tagourait.....	42
Figure 17: Richesse spécifique des quatre relevés phytosociologiques de Ain Tagourait.	44
Figure 18: Dominance qualitative des différents groupes systématiques.	46
Figure 19: Dominance quantitative des différents groupes systématiques.	47
Figure 20: Présentation graphique des valeurs de l'indice de Sorensen des quatre relevés.....	50
Figure 21: Diagramme Rang-Fréquence (DRF) du peuplement algal de la station Ain Tagourait.	50

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Caractéristiques importantes des groupes d'algues	12
Tableau 2: Maitrise basé sur l'abondance moyenne des ESG pour déterminer les valeurs d'états écologique servant au calculs de EEI.....	29
Tableau 3: Limites de la classe de l'état écologiques des eaux de transition et des eaux côtier selon la formules continue de l'indice de EEI-c appliqué dans les valeurs théoriques.....	29
Tableau 4: Les coefficients de l'hyperboles.	30
Tableau 5: Tableau de référence pour le CFR.	32
Tableau 6: Conditions de référence des zones exposés/ semi exposés intertidal.....	32
Tableau 7: Nombre totale d'espèces (T) à Tipasa.	43
Tableau 8: Valeurs de la richesse spécifique de peuplement algal de la station d'Ain Tagourait.	44
Tableau 9: Coefficient Q et Dominance qualitative DQ des grands groupes systématiques..	46
Tableau 10: Recouvrement R et Dominance quantitative DR des grands groupes systématiques de la station Ain Tagourait.....	48
Tableau 11: Valeur de rapport R/P dans différentes régions de l'Atlantique et de la Méditerranée.....	48
Tableau 12: Comparaison des indices de diversité dans le temps pour la station.	49
Tableau 13: Évaluation et classification de l'état écologique sur la base de la formule continue de l'indice d'évaluation écologique (EEI-c).....	52
Tableau 14: Résultats d'application de l'indice de CFR.	52
Tableau 15: La classification des espèces selon les groupes écologiques dans la station Ain Tagourait	54

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

AS : Le groupe des espèces antisciphiles.

CFR : Indice de qualité pour les fonds rocheux.

Cs : L'indice de Sorensen.

DCE : Directive Cadre sur l'Eau.

DQ : La dominance qualitative.

DRF : Le diagramme rang-fréquence.

DRI : La dominance quantitative.

E : l'Equitabilité.

EAM : Elevage Aquacole de la Méditerranée.

H' : L'indice de diversité spécifique.

N : nombre total d'individus.

P : Nombre de relevés.

P_i : recouvrement relative de l'espèce *i*

Q : Effectif du groupe systématique d'espèces.

QP : L'effectif des Phaeophyceae dans un relevé.

RMG : Le recouvrement moyen global.

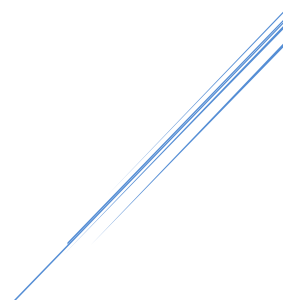
R_t : Le recouvrement total.

S : L'indice de diversité de Simpson.

T : Le nombre total d'espèces différents dans un relevé.

T : Nombre total moyen.

INTRODUCTION GÉNÉRALE



Introduction générale

La Mer Méditerranée constitue un pôle de biodiversité spécifique avec un taux remarquable d'endémisme (Boudouresque, 1996). En effet, la Méditerranée fait partie des principaux centres de diversité biologique, reconnus à l'échelle mondiale (Myers et al., 2000).

C'est également l'une des mers la plus étudiée au monde (UNEP-MAPRAC/SPA, 2010).

La flore algale de Méditerranée est principalement la plus diversifiée en termes d'aspect écologiques, taxonomiques, morphologiques et biochimiques. Les principaux représentants sont les algues vertes (Chlorophycées), les algues rouges (Rhodophycées) et les algues brunes (Phaeophycées), dont les noms dérivent respectivement des pigments caractéristiques chlorophylle, phycoérythrine et fucoxanthine (De Reviers, 2002).

La présence de ce compartiment végétal dans les écosystèmes marins est indéniable puisqu'il joue un rôle primordial non seulement dans le maintien de l'équilibre écologique (producteur primaire ou autotrophe), en tant qu'un indicateur de l'état de santé des écosystèmes marins côtiers (biosurveillance) (Ballesteros et al., 2007; Jégou, 2011; Orfanidis, 2011; Blanfuné et al., 2017) et en tant qu'espèces ingénieuses, en procurant des habitats en trois dimensions pour de nombreux invertébrés benthiques ou pour des juvéniles de poissons, dont certains sont d'importance économique majeure (Little and Kitching, 1996) ; mais aussi il participe à la protection de l'écosystème marin en atténuant la puissance de la houle arrivant sur les côtes, ainsi que leur érosion (Morris et al, 2019 in Burel, 2020).

L'Algérie, avec sa grande façade méditerranéenne, de plus de 1200 Km, est un pays profondément influencé par la mer, ce qui implique l'existence de milliers d'espèces marines, particulièrement les algues, qui présentent une biomasse très importante (Benyahia et Dadouche 2018). Les premières études sur la flore algale remontent à la fin du 19^{ème} siècle auxquelles se sont ajoutées celles de Perret-Boudouresque et Séridi (1989). Ces études sont essentiellement du type inventaire floristique et aspect écologique. Beaucoup d'espèces forment un habitat particulier qui se distingue par ses caractéristiques abiotiques (la profondeur, les courants, la nature du sédiment, la qualité des eaux...).

La flore algale du littoral algérien reste largement inexploitée, Les premiers inventaires des algues marines benthiques de l'Algérie proviennent d'observations datant du XIX^{ème} siècle.

Les algues sont très peu connues dans quasiment tous les domaines. Leur intérêt commence à se manifester par le nombre de travaux que l'on recense et qui relatent les multiples perspectives qu'elles offrent pour la recherche et le domaine industriel. Parmi ces travaux on

peut citer ceux de Boudouresque et Sériidi (1989) ; Ould Ahmed (1994) ; Kadari Méziane (1994) ; Allouache et Mebtouche (1998) ; Chioukh et Moussaoui (2005) et Sériidi (2007) Et les travaux de Sériidi (2007), Benali (2010), Taounza 2011, Kabrane 2012, Ould ahmed (2015) et par Bahbah et Chaaban (2020). Sur toutes les côtes Algériennes (d'Ouest en Est).

Les côtes algériennes sont malheureusement aujourd'hui le réceptacle ultime des polluants d'origines divers (Bouteiba et al, 2003 ; Grimes, 2003 ; Houma et al, 2013 ; Belkacem et al, 2016). Ces polluants affectent non seulement la qualité écologique et biologique de l'environnement, mais conduit aussi indirectement à une dévalorisation de l'intérêt économique du littoral.

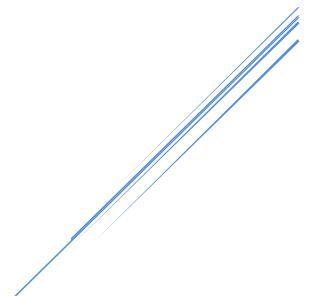
L'exploitation du macrophytobentos est étudiée pour estimer le statut et l'état écologique du milieu, notamment la qualité des eaux côtières. Certains travaux ont pu développer ce concept en se basant sur différents indices de qualité de milieu, on cite les travaux de Chabane (2019) et Bahbah (2020).

Dans ce travail, nous donnerons en premier lieu un aperçu général sur les algues marines tel que la classification ainsi leurs principales exigences écologiques. Nous présenterons par la suite la méthodologie adoptée pour ce travail qui comprendra deux phases : un échantillonnage sur terrain et une identification des espèces au laboratoire en se basant sur une étude qualitative et quantitative à l'aide des paramètres synthétiques et analytiques. L'indice CFR (Indice de qualité pour les fonds rocheux) a été calculé dans le but de pouvoir valoriser l'utilisation des algues marine pour déterminer un état de milieu en vue de la gestion et la conservation des écosystèmes marins.

L'objectif principal de ce mémoire est l'étude floristique des algues de la côte de Tipaza. Cette étude a concerné différents aspects de cette flore afin d'arriver à bien la caractériser. Cet objectif implique par conséquent plusieurs types de travaux tels que :

- Dresser un inventaire contenant l'ensemble des espèces récoltées et identifiées.
- Mettre à jour la taxonomie de l'ensemble des espèces identifiées selon la nomenclature actuelle.
- Calculer les indices de diversité spécifique pour connaître la richesse spécifique dans la zone étudiée.
- Calculer l'indice CFR (Indice de qualité pour les fonds rocheux) dans le but de pouvoir valoriser l'utilisation des algues marine pour déterminer un état de milieu en vue de la gestion et la conservation des écosystèmes marins.

Chapitre I : Généralités



1. Caractéristiques des algues

1.1. Définition des algues :

Les algues sont des organismes aquatiques primitifs qui vivent naturellement dans les plans d'eau, elles sont capables de produire leurs propres matières organiques par photosynthèse (Rivard & Sirois, 2005).

Dépourvus de racines, de tiges et de feuilles, mais possédant de la chlorophylle ainsi que d'autres pigments accessoires pour réaliser la photosynthèse productrice d'oxygène. La plupart des algues se développent en milieu aquatique d'eau douce, saline ou saumâtre, sur des rochers humides, ou sur un sol mouillé mais certaines sont terrestres et sont capables de se développer sur le sol ou sur le tronc des arbres (Michel, 2000).

Les algues sont classées dans le groupe des thallophytes puisque leurs corps sont un thalle, mais du fait de la diversité des formes, certaines espèces phytoplanctoniques sont classées dans le règne des protistes qui regroupe les eucaryotes unicellulaires (Feneux et al, 2012).

La taille des algues peut varier de la cellule microscopique unique, à quelques cellules en colonie et jusqu'à 7,5 m, pour certaines formes multicellulaires (Feneux et al, 2012). On peut résumer leur position dans le monde végétal par la figure suivante :

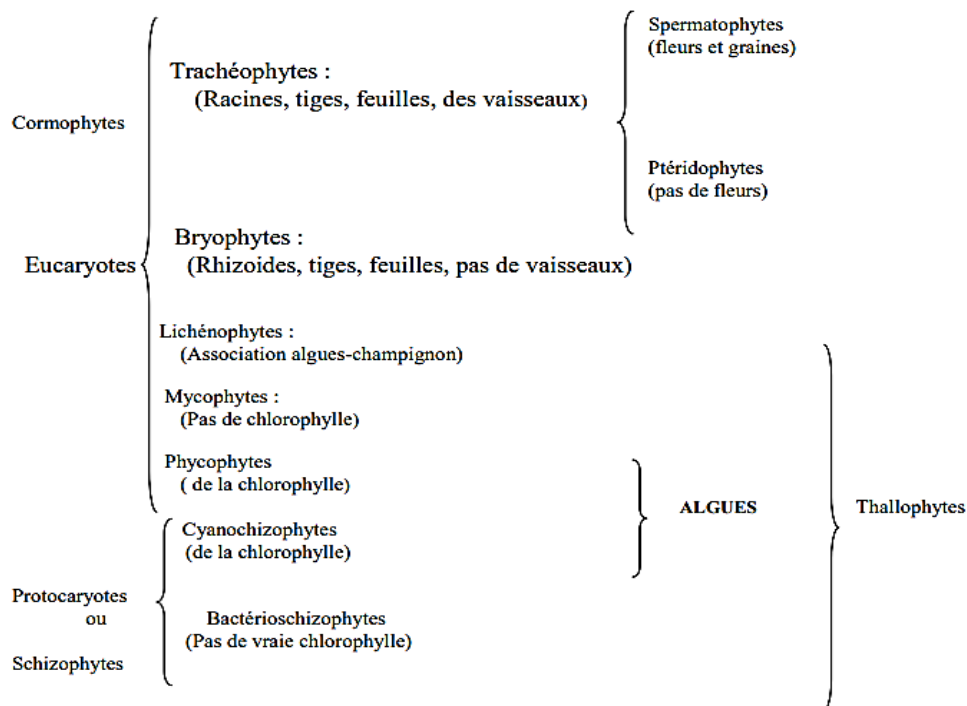


Figure 1: Place des algues dans l'ensemble du règne végétal (Guignard J,2001)

1.2. Appareil végétatif d'algues :

Les algues proprement dites, celles qui couvrent les régions littorales sont formées de trois parties plus ou moins nettes : exemple d'espèce laminaire (Figure 2) :

- **Le crampon (ou bulbe)** qui ressemble un peu aux racines des plantes terrestres, qui n'est pas un organe de nutrition mais simplement un organe de fixation.
- **Le stipe** présente la forme d'une tige cylindrique assez souple ou rugueuse, de longueur très variable. La région comprise entre le stipe et le commencement de la lame est le point vital de l'individu, elle détermine la limite du sectionnement au-dessous de laquelle une algue coupée meurt. Le stipe est le corps même de l'algue et sert chez quelques-unes de réserves alimentaires.
- **La lame, fronde ou thalle**, est formée de tissus souples plus ou moins perméables suivant la saison et le milieu ambiant, qui permettent l'absorption des substances qui assurent la nutrition de l'algue et l'accumulation des réserves, renferment les pigments, servant à utiliser les radiations lumineuses, elle porte enfin les organes reproducteurs : spores, sporanges, réceptacles (Boudarel, 1948).

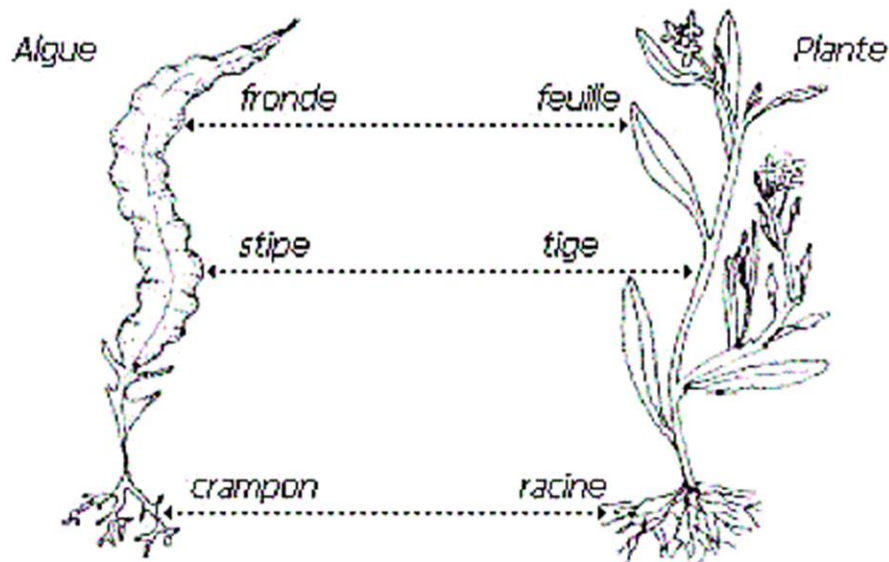


Figure 2: Organisation d'une algue et comparaison avec une plante. (www.univ-lehavre.fr)

1.3 Reproduction des algues :

La reproduction des algues s'effectue par multiplication végétative (Figure 03). Il s'agit d'une multiplication asexuée qui consiste à une division mitotique des espèces unicellulaires, fragmentation de thalle de sorte que chaque fragment régénère un thalle entier, reproduction asexuée par spores directes qui donnent individus identiques au parent avec le même nombre de chromosomes-formées à l'intérieur du sporocyste par mitose (Coste, 2008).

Dans la reproduction sexuée, il y a fusion de gamètes mâle et femelle pour produire un zygote diploïde (Coste, 2008).

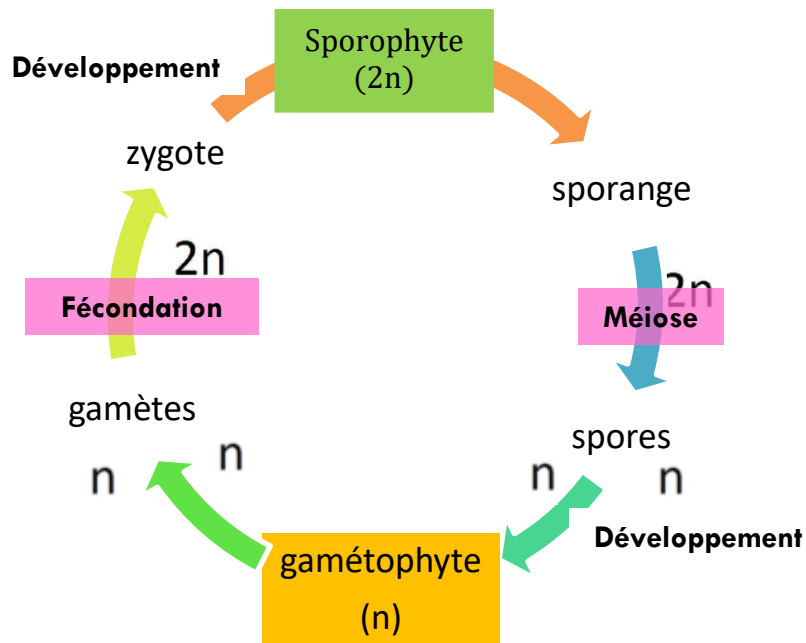


Figure 3: Cycle général de reproduction de l'algue (source : Coste, 2008)

➤ Diversité des modes de fécondation

- **Isogamie** : fécondation mettant en présence deux gamètes morphologiquement et physiologiquement identiques. Exemple : *Chlamydomonas*.
- **Anisogamie** : fécondation mettant en présence deux gamètes morphologiquement et/ou physiologiquement différents. Exemple : *Ulva lactuca*.
- **Oogamie** : un gamète petit, mobile, produit en grand nombre. 1 gamète gros, immobile, chargé en réserve. Exemple : *Fucus vesiculatus*.
- **Cystogamie** : Formation d'un pont *cytogamique* (ou pont de conjugaison) entre 2 filaments gamètes jamais libérés hors du thalle.

- **Trichogamie** : le gamète femelle reste dans le gamétophyte, émet un poil : le trichogyne. Le gamète mâle sans flagelle (spermatie) se colle sur le trichogyne Ex : Les Rhodophytes.
- **Aplanogamie** : Gamète femelle reste dans gamétophyte, gamète mâle sans flagelle égale spermatie. Pas de chimiotactisme : fécondation au hasard. Il existe une papille sur gamète femelle pour faciliter la fécondation (Coste, 2008).

2. Classification

En général, le terme algue fusionne quatre grands groupes qui sont différenciées par rapport à la couleur, Chaque groupe contient des classes, qui elle-même contient des centaines d'espèces (Garon-Lardiere, 2004). Sur le plan fonctionnel et structural d'où il est forte difficile de les définir et les présenter de manière cohérente (Boudouresque et al, 1992)

2.1. Les bases de la classification des grandes lignées d'algues :

De nombreux critères écologiques, physiologiques ou biochimiques interviennent dans la phylogénie des algues comme les structures cellulaires, le mode de nutrition, l'habitat ou même la nature et la localisation des pigments et glucanes de réserve. Malgré une extrême diversité et complexité structurale, tant d'un point de vue macroscopique que microscopique, les algues peuvent néanmoins être classées en une dizaine d'embranchement en fonction des critères basés sur leurs compositions pigmentaires (toutes les espèces des algues marines possèdent de la chlorophylle a) (tableau 01), leurs polysaccharides de réserve.

2.1.1. Classification structurale et morphologique :

De nombreuses espèces peuvent prendre des formes différentes, en fonction du stade de développement, de la phase du cycle de vie, de la saison ou encore du biotope. Certaines algues accumulent du carbonate de calcium dans leurs parois (Lithothamnium, Corallina), ce sont les algues calcaires pouvant devenir aussi dures qu'un caillou (Michel et al., 2011).

Par ailleurs, l'appareil végétatif des algues est organisé sous forme de thalles dont il existe plusieurs types ;

- **Thalle en colonie** : ce sont des groupes de cellules souvent unies entre elles par une gelée. Le nombre de cellules peut être réduit à quelques unités (ex : Scenedesmus, Pandorina), il peut au contraire être élevé (ex : Volvox).

- **Thalle filamenteux** : avec une seule file de cellules, filaments simples (ex : Spirogyra)
- **Thalle foliacé** : il dérive du thalle filamenteux par juxtaposition de cellules pour former une lame repliée sur elle-même, le thalle est ainsi formé de deux couches de cellules pressées les unes contre les autres (ex : *Ulva*).
- **Thalle tubulaire** : les cellules se sont associées pour former une structure en tube creux avec une seule couche de cellules (ex : *Enteromorpha*)
- **Thalle à cladome** : Le cladome est une organisation structurale comprenant un axe dressé à croissance indéfinie et des ramifications latérales à croissance définie : les pleuridies.

D'une famille ou d'un genre à l'autre, les algues peuvent présenter des morphologies très différentes modes de ramification responsable de l'aspect général de l'espèce.

On rencontre quatre modes principaux de ramification : alterne, opposés, dichotomique, verticille (Figure 04). Toutefois, les ramifications ne sont pas toujours régulières et les rameaux secondaires peuvent avoir un mode de ramification différent de celui des rameaux principaux (Michel et al 2011).

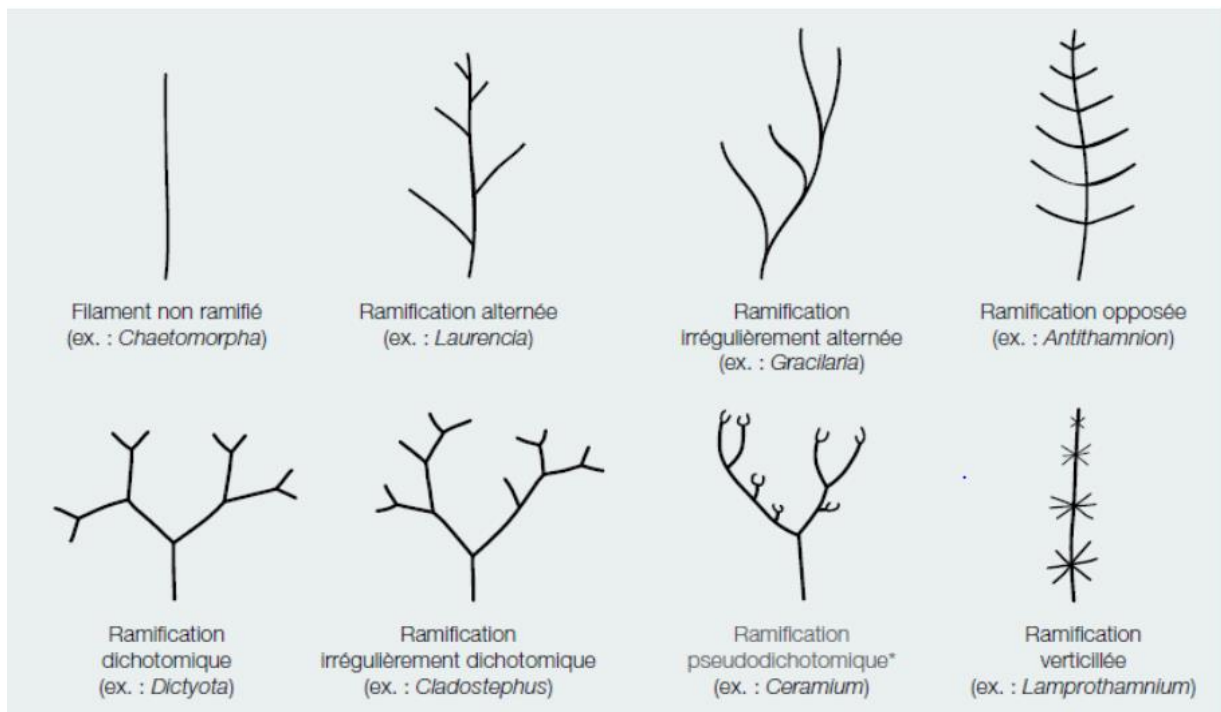


Figure 4: Schémas des modes de ramifications (Michel et al., 2011).

2.2. Les grands groupes d'algues :

2.2.1. Rhodophycées :

Les algues rouges sont apparues, il y a environ 1,7 milliard d'années. Elles sont très diversifiées environ 6000 espèces (Person, 2010). Et se distinguent par leur coloration rouge à la présence de plastes roses ou elles possèdent des pigments riches en Phycoérythrine, et les deux chlorophylles : a et d. Les réserves nutritives sont largement dominées par le Rhodamylon ou amidon floridéen. Certaines d'entre elles sont capable de précipiter du calcaire dans leur tissu et forment des roches calcaires. Tout comme les coraux elles participent à l'édification des récifs coralliens. Les algues rouges sont divisées en deux groupes : celui des Bangiophycées (qualifiées de primitives) et celui des Floridéophycées (plus complexes). Elles se distinguent généralement par leur cycle de reproduction particulièrement complexe (Garon-Lardiere, 2004). Les Rhodophycées constituent un groupe d'algues multicellulaires et pour la plupart des algues marines (Figure 5).

Les algues rouges, n'ont pas besoin de lumière rouge, mais de lumière bleue (et un peu de lumière verte) ce qui explique qu'elles poussent beaucoup plus profond dans l'eau. Grâce à leur couleur, les algues rouges sont donc adaptées aux grandes profondeurs (Figure 8).



A



B

Figure 5: Diversité des algues rouges en Méditerranée.

A : *Corallina officinalis*. **B :** *Palisada perforata* (www.mer-littoral.org).

2.2.2. Phéophycées :

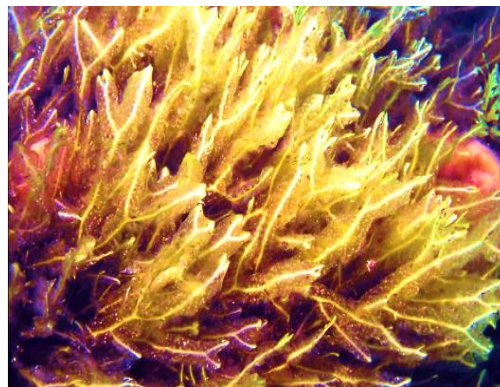
Les Phéophycées ou algues brunes, possèdent une structure pluricellulaire, mais leurs dimensions varient depuis les éléments microscopiques jusqu'aux très grands spécimens. La grande majorité des algues brunes sont marines (Garon-Lardiere, 2004).

La couleur brune de ces algues résulte de la dominance du pigment xanthophylle (fucoxanthine), qui masque les autres pigments (chlorophylle a et c, ainsi que le bêtacarotène). Les Phéophycées représentent les plus grands thalles et forment les populations les plus denses (Fellous, 2018) (figure 6).

Leur reproduction se fait par voie asexuée, bipartition pour les formes unicellulaires et fragmentation des talles pour les pluricellulaires, et par voie sexuée par des cellules spécialisés (boudouresque et al. 2006).



A



B

Figure 6:Diversité des algues brunes en Méditerranée.

A : *Colpomenia sinuosa*, **B :** *Dictyopteris membranacea* (www.inaturalist.org)

2.2.3. Chlorophycées :

Elles sont de formes très variées, uni-ou pluricellulaires. Leurs plastes sont colorés en vert par les chlorophylles a et b, auxquelles sont associés des carotènes et des xanthophylles. La photosynthèse permet la formation d'amidon, comme pour les plantes supérieures, la plupart des algues vertes vivent en eau douce ou en milieux marins, mais certaines espèces peuvent également se développer sur terre. Elles jouent un rôle important dans l'oxygénation des eaux, favorisant ainsi la vie animale (figure 7) (Garon-Lardiere, 2004).

Elles regroupent des organismes variés dont les tailles et qui peuvent aller de quelques microns à plus d'un mètre de long, dont les aspects peuvent être très divers et La taille, la morphologie et l'organisation du thalle des algues vertes varient considérablement, allant des espèces unicellulaires microscopiques en composantes de masse des phytoplanctons jusqu'à des macroalgues articulées. (Cormaci et al. 2014).

Certaines espèces d'algues vertes sont défavorablement célèbres comme indicateurs des dérèglements de l'environnement causés par l'homme, ce sont par exemple, les ulves impliquées dans l'extension des marées vertes.



A



B

Figure 7:Diversité des algues vertes en Méditerranée.

A : *Ulva lactuca*. **B :** *Cladophora laetevirens* (www.researchgate.net).

Tableau 1: Caractéristiques importantes des groupes d'algues (Demoulin et Leymergie, 2009).

Embranchement (Règne)	Nom commun	Nombre d'espèces	Pigments	Habitat
Chlorophytes (Protistes)	Algues vertes	7500 d'espèces	Chlorophylle (a, b) Xanthophylles Carotènes	Eau douce, saumâtre salée et terrestre
Phéophytes (plantes)	Algues brunes	500 d'espèces	Chlorophylle (a, c) Xanthophylles Carotènes fucoxanthine	Eau salée et saumâtre
Rhodophytes (plantes)	Algues rouges	3900 d'espèces	Chlorophylle (a) Xanthophylles Carotènes, Zéaxanthine, Phycocyanine C, Phycoérythrine	Eau douce, saumâtre et salée

3. Facteurs de distribution des algues

Différents paramètres contrôlent la distribution algale tels que la lumière, le substrat, les facteurs hydrodynamiques, la température et la salinité :

3.1. Facteurs abiotiques :

3.1.1. Nutriments :

Le développement et la productivité des algues dépendent de la présence des éléments nutritifs dans l'eau. Les éléments minéraux indispensables sont le carbone, le phosphore et l'azote ; ce dernier étant l'élément limitant pour la croissance des algues (Jackson, 1977), Cependant, dans un milieu riche en nutriments, les algues brunes et rouges sont partiellement remplacées par les algues vertes (Kraufvelin, 2010).

3.1.2. Lumière :

En tant qu'organisme autotrophe photosynthétique, la lumière est un élément déterminant dans la répartition des algues. La turbidité et ainsi la clarté de l'eau va influencer sur la répartition en profondeur des algues (figure 8).

Plus profondément on ne rencontre que les brunes et les rouges, mais il n'existe plus que les rouges dans la profondeur supérieure à - 100 m.

Pour réaliser leur photosynthèse, elles doivent être capables d'absorber les rayons lumineux qui pénètrent dans l'eau. L'absorption, par les algues, des rayons lumineux qui entrent dans l'eau dépend :

- De la longueur d'onde de la lumière : plus la longueur d'onde est faible (proche des ultraviolets), plus elle pénètre loin en profondeur. Plus la longueur d'onde est forte (proche des infrarouges) moins elle pénètre dans l'eau.
- De l'eau de mer plus ou moins chargée en substances minérales et organiques.
- De la photopériode est le rapport entre la durée du jour et de la nuit.

L'activité photosynthétique et la production de biomasse chez les algues est faible (Steneck et al, 2002). Ainsi les algues doivent se développer près de la surface entre 2 et 30m (Foster, 1985).

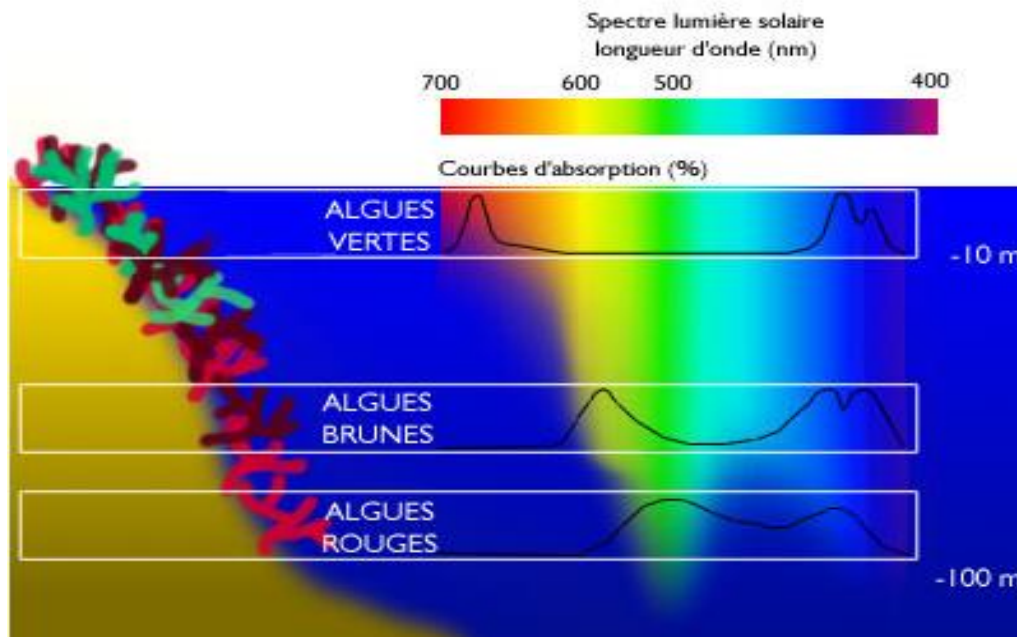


Figure 8: Schéma de la répartition des algues selon l'absorption de la lumière (Equipe Tara Pacific 2018).

3.1.3. La nature du substrat :

Pour se développer, les algues ont besoin d'être fixées au fond marin grâce à leurs crampons. Les sols meubles, sédimenteux, elles sont très sensibles au substratum, car sa texture intervient dans leur fixation (Foster, 1985).

3.1.4. Hydrodynamisme :

Les algues se développent dans la zone subtidale du littoral ; c'est-à-dire en dessous de la zone d'influence des marées. Cependant, elles sont soumises à l'influence des mouvements d'eau (houle) (Harrold, 1988). La houle va intervenir dans la structure des communautés. Par exemple, en Californie, un varech géant et le varech taureau sont en compétition pour la source lumineuse. Le premier domine dans les zones à faible mouvement, alors que la seconde résiste mieux aux zones exposées à la houle (Harrold, 1988).

3.1.5. Température :

La température agit d'une manière complexe sur les algues, en s'additionnant à l'action de la lumière, elle influe leur métabolisme et leur production. De ce fait, on la considère comme la cause principale de la répartition en latitude et en longitude des espèces (Boudouresque et al., 2006).

3.1.6. Salinité :

La salinité est sujette aux fluctuations énormes au sein de certains endroits côtiers où les algues s'adaptent avec plus ou moins de réussite. Ces variations peuvent être permanentes, on parle ainsi des eaux saumâtres, contrairement aux milieux à salinité variable où elles sont périodiques qui sont caractérisés par une faible diversité spécifique algale car la variabilité de la salinité intervient sur tous les processus métaboliques, tout comme la température (Boudouresque et al, 1992).

3.2. Facteurs biotiques :

La distribution des algues, peut dépendre de facteurs d'ordre biotique soit intrinsèques (espèces annuelles ou pérennantes), soit extrinsèques :

- compétition pour la place disponible ou succession de population (par ex. dans l'ordre, Diatomées, enteromorphe, Fucus)
- broutage par les herbivores, principalement des gastéropodes (Pérès, 1976).

Les influences conjuguées de ces divers facteurs abiotiques et biotiques conditionnent la distribution non seulement horizontale et verticale des algues mais aussi les fluctuations saisonnières des populations. Il semble qu'il existe également des variations de plus longues périodes de la distribution des algues liées à des fluctuations plus ou moins cycliques d'ordres cosmique (taches solaires par exemple) (Pérès, 1976).

4. Généralités de la zone d'étude

4.1. Présentation géographique de la zone :

La Baie de Bou-Ismaïl est l'une des plus importantes de la côte algérienne, son ouverture est d'environ 50km. La Baie s'étend de 2°25'E à 2°55'E et couvre une surface de 350km².

Elle est orientée Sud-Ouest à Nord-Est et est délimitée à l'Ouest par le massif du Chenoua et à l'Est par le massif de la Bouzaréah. Vers le Sud, la Baie est limitée par le rivage qui dessine un arc de cercle à grand rayon de courbure interrompu à l'Est par la presqu'île de Sidi Fredj ; îlot du socle relié au continent par un tombolo (Dagorne, 1973) (Figure09).

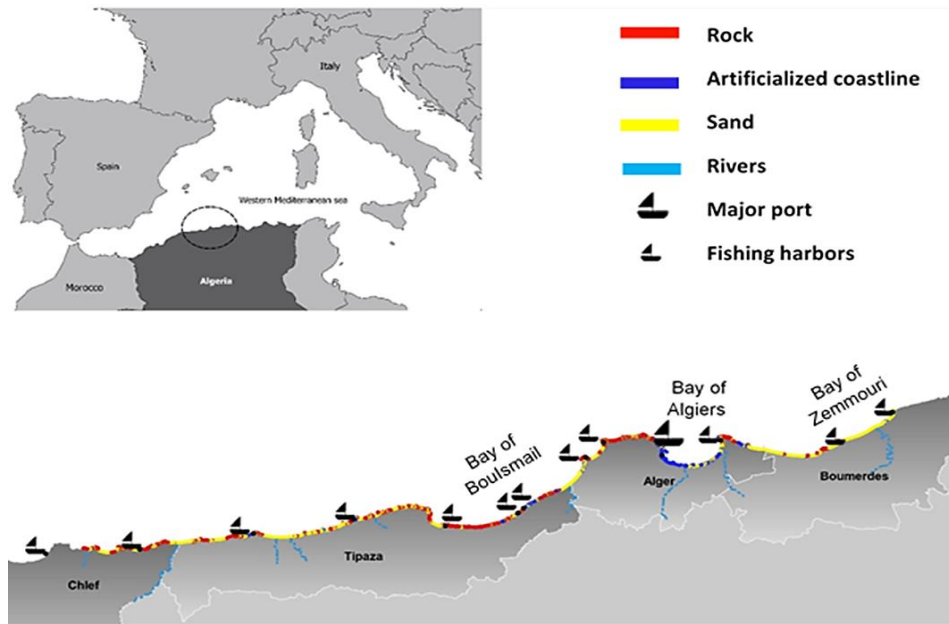


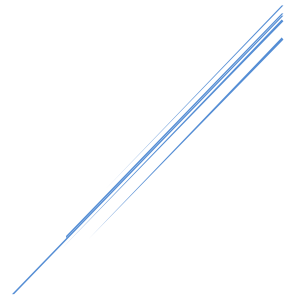
Figure 9: Localisation de la zone d'étude dans la côte algérienne (Bahbah, 2020).

4.2. Géomorphologie :

Grovel (1961) définit les terrains formant le littoral de la Baie de Bou-Ismaïl comme des terrains crétacés, plus ou moins schisteux recouverts par des marnes miocènes, quelques fois chevauchés par des calcaires liasiques. Toutes les pointes et caps de la Baie sont formés de terrains métamorphiques. Le plateau continental est en pente régulière et faible (environ 1%) ; sa déclivité augmente après la première rupture de pente (-120m) marquant la limite de ce plateau, au-delà, la décroissance est également régulière avec une pente plus forte (plus de 1%) (Leclaire, 1972). Le plateau continental atteint sa largeur maximum en face de l'embouchure du Mazafran avec un décalage vers le large des courbes bathymétriques jusqu'à 100m (Leclaire, 1968).

Chapitre II :

Matériel et Méthodes



➤ **Choix du site :**

Le choix du site d'Ain Tagourait est basé sur plusieurs critères, parmi ces critères, elle fait l'objet d'étude de plusieurs travaux ce qui nous permet d'établir une comparaison : de la richesse en espèces algales et la qualité du milieu dans le temps et dans l'espace.

Aussi le choix du site est motivé par la probabilité d'un gradient d'anthropisation, suggérant que la station d'étude serait soumise à des pressions anthropiques différents.

2. Prélèvements phytosociologiques

2.1. Méthode d'échantillonnage :

Les prélèvements ont été effectués au printemps (2021), a fait l'objet de 4 quadras phytosociologiques, ces derniers ont été réalisée sur un substrat dur d'inclinaison horizontale, au niveau de l'étage infralittoral supérieur.

Les facteurs susceptibles d'agir sur le peuplement algal ont été notés pour chaque relevé :

- Pente du substrat : horizontale ;
- Profondeur : 0.2 à 0.5m ;
- Le mode : battu à semi-battu ;
- Le site : exposé.

2.2. Relevés phytosociologiques :

Les prélèvements ont été faits sur une surface rocheuses immergées soit un quadrat de (20cm × 20cm) (figure 11), selon un transect perpendiculaire à la côte. La profondeur est généralement constante variant entre 0 et 50 cm, les quadras ont été jetés aléatoirement.

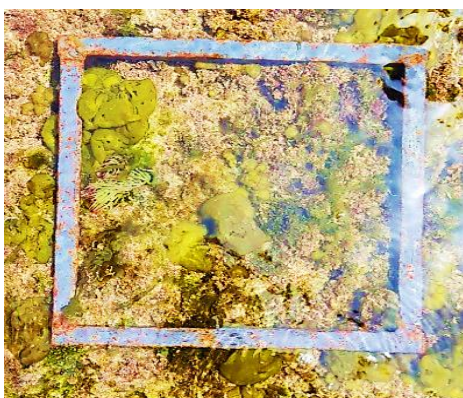


Figure 11:Quadras utilisés pour le prélèvement de l'échantillon.

Les accidents topographiques (fissures, flaques...) ont été volontairement évités. Des prélèvements ont été effectués par grattage intégrale de la roche à l'aide d'un cadre métallique, un marteau et un burin (figure 12), selon la méthode relative au milieu marin est celle mise au point par (Boudouresque et al, 1971).

Les échantillons sont placés dans les sacs en plastique (figure 12), en présence d'une petite quantité d'eau de mer et transportés au laboratoire. Ils sont conservés par la suite dans de l'eau de mer formolée à 4%.



Figure 12:Matériels d'échantillonnage.

3. Exploitation des relevés phytosociologiques

Les relevés phytobenthiques, sont examinés au laboratoire ; le procédé consiste d'abord à un tri à l'œil nu puis un tri des espèces présentes sous loupe binoculaire ensuite une détermination de celles-ci sous microscope optique (Gr 10 x 10) .

Les algues macroscopiques prise en compte appartiennent aux groupes systématiques suivants : les chlorophytes (algues vertes), les rhodophytes (algues rouges) et les pheophytes (algues brunes).

4. Paramètres analytiques

Différents paramètres analytiques sont utilisés pour exploiter les résultats d'une étude phytosociologique selon la méthode de (Boudouresque,1971). Les principaux paramètres retenus sont les suivants :

4.1 Le coefficient T :

Ce facteur représente le nombre total d'espèces participant activement à la réalisation de la couverture végétale d'une station ou d'un site. Ce paramètre ne devient valable qu'une fois la surface des relevés fixés.

$$T = \sum Ni / P$$

Avec :

Ni : Nombre d'espèces dans un relevé.

P : Nombre de relevés.

4.2 Le coefficient Q :

Le coefficient Q représente l'effectif absolu en espèces d'un ensemble considéré dans un relevé (unité systématique ou groupe écologique...etc.)

Donc le coefficient (Q) d'un groupe d'espèces et dans un relevé son effectif absolu en espèces :

$$\sum Q = T$$

Avec :

Q : effectif du groupe systématique d'espèces.

T : nombre total des espèces.

Par exemple, s'il existe 3 Phaeophyceae dans un relevé, le coefficient Q_p est de 3.

QR = l'effectif des Rhodophyceae dans un relevé.

4.3 Le recouvrement (Ri) :

Le recouvrement d'une espèce i (Ri) est le pourcentage de la surface du substrat couverte par cette espèce. Cette surface est représentée par la dominance de l'ensemble des individus d'une espèce donnée, par la projection horizontale de leur appareil végétatif sur une plaque (maitrise) comportant 100 cases, dont l'ensemble correspond à l'aire minimale.

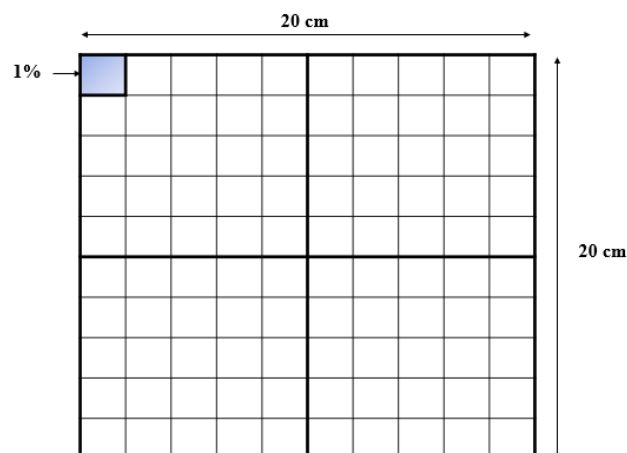


Figure 13: Carré d'estimation (20cm×20cm) de recouvrement des espèces.

L'estimation de recouvrement d'une espèce i se fait à l'aide d'un carré de (20cm × 20cm), soit une surface de 400cm², égale à la surface prélever du quadrat.

Le recouvrement peut prendre des valeurs comprises entre 0.01%, valeur arbitraire attribuée aux espèces dont le R_i est inférieur à 0.1% et 100% correspondant à la couverture totale du relevé ; le recouvrement total est très généralement supérieur à 100% due à la disposition de la végétation en plusieurs strates (Boudouresque, 1971)

Le recouvrement (R_t) d'un relevé est la somme des recouvrements (R_i) de chaque taxon (i).

$$R_t = \sum R_i$$

5. Les paramètres synthétiques

Alors que les paramètres analytiques décrivent les espèces à l'intérieur d'un relevé, les paramètres synthétiques s'appliquent aux espèces d'un ensemble de relevés. Parmi ces paramètres on retiendra, la dominance des différents groupes systématiques.

L'estimation de l'importance des grands groupes systématiques (Florideophyceae, Fucophyceae et Ulvophyceae) ainsi que des différents ordres est réalisée par l'étude des dominances qualitatives et quantitatives. (Taouanza 2011).

5.1. Le recouvrement moyen global (RMG) :

Le recouvrement moyen global (RMG) de l'espèce (i) dans un ensemble de relevé (P). Est le rapport entre la somme des recouvrements (R_i) et le nombre de relevés au niveau de la station.

La somme des RMG peut être supérieure à 100 % et il a pour relation :

$$RMG = (\sum R_i) / P \cdot 100\%$$

5.2. La dominance qualitative (DQi) :

La dominance qualitative d'un groupe d'espèces (DQ_i) est le rapport entre le nombre d'espèces de ce groupe (Q_i) et le nombre total d'espèces (T) multiplié par 100.

$$DQ_i = (Q_i / T) \cdot 100$$

La somme des DQ_i , pour un même relevé, est égale à 100%.

5.3. La dominance quantitative (DRi) :

La dominance quantitative (DRi) est l'un des paramètres les plus utilisés en écologie. La dominance en fonction du recouvrement (DR) est le rapport entre le recouvrement d'un groupe d'espèces et le recouvrement total multiplié par 100.

$$\text{DR groupe} = (\sum \text{Ri du groupe} / \text{Rt}) \cdot 100$$

La somme des DQi, pour un même relevé, est égale à 100%.

5.4. Le rapport R/P :

Le rapport R/P est le nombre de Rhodophyceae (Qr) sur le nombre de Phaeophyceae (Qp). Ce rapport permet la caractérisation de la flore d'une zone donnée. Sa valeur augmente depuis les régions froides vers les régions chaudes (Feldmann, 1938) :

$$\text{R/P} = \text{QR/QP}$$

6. Les indices de diversité

La diversité prend en compte non seulement le nombre d'espèces, mais également la distribution des individus au sein de ces espèces.

6.1. L'indice de diversité spécifique (H') :

Un des indices dérivés de la théorie de l'information et le plus utilisé dans l'étude des populations est donné par l'expression de Shannon-Weaver (1938) :

$$H' = -\sum_{i=1}^s [P_i \times \text{Log}_2 P_i]$$

Avec P_i (recouvrement relative de l'espèce i) égale : R_i / R_t

R_i : recouvrement de l'espèce i .

R_t : recouvrement total.

Cette expression est préférée pour sa simplicité d'application, c'est une mesure de la composition spécifique d'une communauté, en termes de nombre d'espèces et de leurs abondances relatives. (Legendere, 1979). Quel que soit le groupe zoologique ou botanique

étudié, les valeurs des indices de diversité fréquemment rencontrés s'échelonnent entre moins de 1 (0,5 étant un indice de diversité très faible) et environ 4.5. (Frontier, 1991)

6.2. L'Equitabilité (E) :

Pour comparer la structure de plusieurs peuplements, on utilise aussi l'Equitabilité (Pielou, 1977) ou Régularité (Evenness et al, 1991) définie comme le rapport entre la diversité effective de la communauté et sa diversité maximale théorique :

$$E = H' / \log_2 T$$

T : nombre total des espèces recensées

Lorsque celui-ci tend vers le 1, il renseigne sur une équirépartition des dominances entre toutes les espèces recensées par contre les recouvrements spécifiques sont inégalement répartis lorsque E tend vers 0.

6.3. Indice de similitude de Sorensen :

L'indice de Sorensen est destiné à comparer des objets sur la base de présence-absence d'espèce. C'est une mesure très simple de biodiversité variant de 0 à 1.

- 0 : quand il n'y a pas d'espèces communes entre les deux communautés ;
- 1 : lorsque les mêmes espèces existent dans les deux communautés.

$$Cs = 2C / (S1 + S2)$$

S1 : le nombre total d'espèce enregistrés dans la première communauté.

S2 : le nombre total d'espèce enregistrés dans la deuxième communauté.

C : le nombre d'espèce communs entre les deux communautés.

6.4. L'indice de diversité de Simpson

Cet indice a été proposé par Simpson en 1965. Il mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce. Pour un échantillon infini, l'indice est donné par :

n : recouvrement relative de l'espèce i.

N : nombre total d'individus.

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{(n \times (n-1))}{(N \times (N-1))}$$

L'indice est inversement proportionnel à la diversité. De ce fait, une autre formulation a été proposée afin d'établir un indice directement représentatif de l'hétérogénéité en retranchant l'indice de Simpson de sa valeur maximale égale 1 (Pearson, 1978), Cette nouvelle formulation constitue l'indice de diversité de Simpson :

$$D = 1 - \sum_{s=1}^i \frac{(n \times (n-1))}{(N \times (N-1))}$$

Cet indice varie donc de 0 (diversité minimal) à 1 (diversité maximal) comme ceci :

- ✓ Plus la valeur de D est proche de 1, plus la diversité de l'habitat est faible.
- ✓ Plus la valeur de D est proche de 0, plus la diversité de l'habitat est grande.

C'est-à-dire que plus la valeur de D est élevée, plus la diversité est faible. Ceci n'est pas facile à interpréter intuitivement et pourrait générer de la confusion, raison pour laquelle le consensus a été atteint pour soustraire la valeur de D à 1 à savoir 1-D (Piélon et al., 1969).

Dans ce cas, les valeurs sont également comprises entre 0 et 1, ainsi plus la valeur est élevée, plus la diversité de l'échantillon est grande.

6.5. L'indice de diversité de Hill :

Il s'agit d'une mesure de l'abondance proportionnelle, permettant d'associer les indices de Shannon Weaver et de Simpson :

$$Hill = \frac{\left(\frac{1}{D}\right)}{e(H')}$$

Où :

1/D : c'est l'inverse de l'indice de Simpson.

e(H') : c'est l'exponentiel de l'indice de Shannon-Weaver.

L'indice de diversité de Hill permet d'obtenir une vue encore plus précise de la diversité observée. **1/D** va permettre la mesure du nombre effectif d'individus très abondants. **e(H')** va en revanche permettre de mesurer le nombre effectif d'individus abondants mais surtout des espèces rares.

Plus l'indice de Hill s'approche de la valeur **1**, et plus la diversité est faible. Afin de faciliter l'interprétation, il est alors possible d'utiliser l'indice **1-Hill**, où la diversité maximale sera représentée par la valeur **1**, et la diversité minimale par la valeur **0**.

C'est l'indice de Hill qui semble le plus pertinent dans la mesure où il intègre les deux autres indices. Toutefois, il peut être utile d'utiliser les trois indices conjointement afin d'en extraire un maximum d'informations et de mieux comprendre la structure des communautés.

6.6. Diagramme Rang-Fréquence (DRF)

Le diagramme rang-fréquence (DRF) permet de visualiser par ordre décroissant, la distribution de fréquence ou abondance relative des différentes espèces ou taxons, en fonction de leur rang. L'allure des DRF varie essentiellement en fonction de la diversité spécifique en donnant le maximum d'information synthétique du peuplement, de son organisation et de son état de maturité. Les DRF ont été réalisés à partir de l'ensemble des données afin de situer l'état d'évolution des peuplements dans le temps et dans l'espace.

Les deux composantes fondamentales de la diversité (qui sont, le nombre d'espèces et la régularité du partage des individus entre les espèces), sont directement lisibles sur le graphique (Frontier, 1995). Les courbes sont obtenues en portant en abscisse les espèces rangées par ordre croissant et en ordonné leur fréquence en pourcentage. Il a pour objectif d'informer sur la diversité de l'état d'abondance d'un peuplement. Lors de l'évolution naturelle d'un écosystème. Trois stades principaux dans la succession écologique avec un stade intermédiaire entre les deux premiers (Frontier, 1976) (figure 14).

Stade 1 (début de succession) : à ce stade, 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 un point d'inflexion et devient convexe dans sa partie droite. Elle chute rapidement pour les espèces rares (allure en S de la courbe). La diversité est faible. Ce type de courbe s'observe dans des conditions d'enrichissement en éléments biogènes, d'exploitation ou de pollution en indiquant le développement d'une communauté pionnière ou très perturbée. Il peut caractériser un peuplement juvénile.

Stade 1' (stade intermédiaire) : 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.

Stade 2 (maturité du système) : l'allure de la courbe est entièrement convexe ; la diversité augmente et devient maximale et explique un nombre important d'espèces de moyenne abondance, sans espèces fortement dominante (mais toujours avec un contingent d'espèces rares). Dans un tel écosystème, les interactions deviennent de plus en plus complexes, avec

l'arrivée de nouvelles espèces. Ce stade d'acquisition de la complexité maximum correspond à une maturation.

Stade 3 (fin de succession ou vieillissement) : l'allure de la courbe tend à devenir rectiligne, sur une partie de son parcours, par augmentation des espèces les plus abondantes du peuplement précédent ; la diversité diminue.

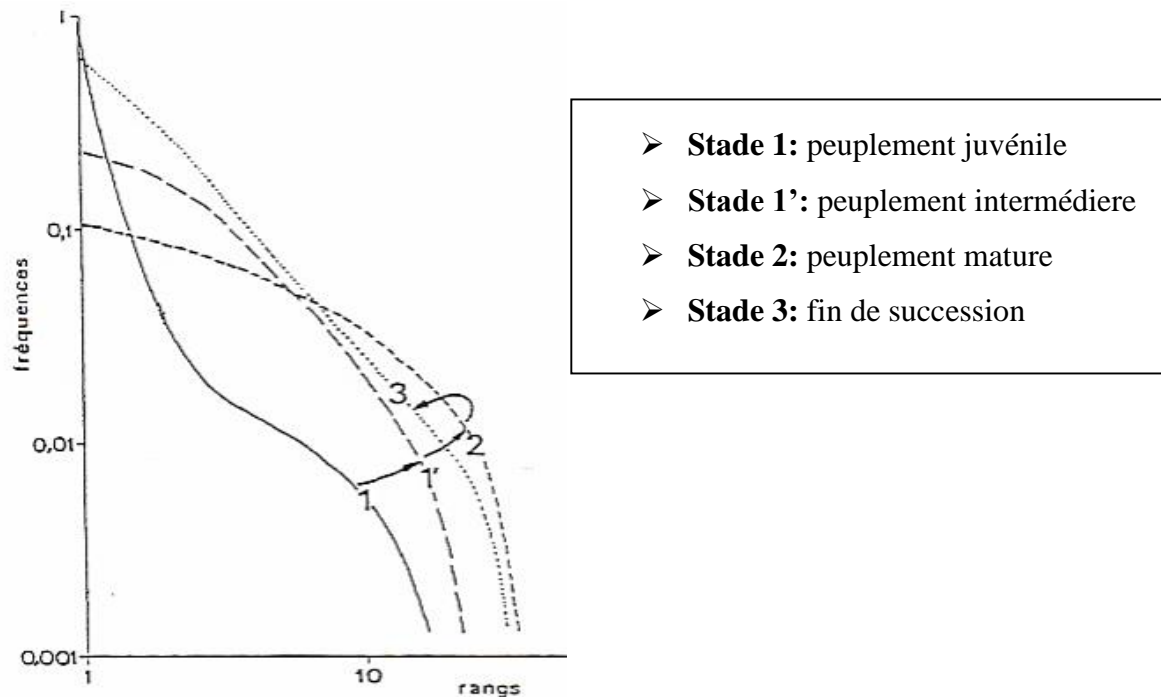


Figure 14: Allure des Diagrammes Rangs-Fréquences DRF au cours d'une succession écologique (Frontier, 1976).

7. Les indices de qualité de milieu

7.1. Indice dévaluation écologique : (EEI-c)

Afin de surmonter les problèmes de variations des populations en fonction des conditions naturelles, et pour étudier les communautés d'un point de vue fonctionnel, plutôt que du point de vue composition spécifique. (Orfanidis et al. 2001) ont développés « *Ecological Evaluation Index-continious* (EEI-c) ».

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, 2006). Il est conçu pour estimer l'état écologique des eaux de transition et des eaux côtières (Orfanidis et al, 2003).

Le concept du EEI-c est inspiré de la théorie de "resilience and stability of ecological system"

Les paramètres (métriques) de composition de la communauté sont évalués :

- Rapport des groupes de statut écologique (ESG ratio) : (ESGI/ESGII)

- **Le groupe ESGI** : espèces tardives, pérennes (espèces au thalle épais ou calcaire, différencié, ayant un cycle de vie long et un taux de croissance faible).
- **Le groupe ESGII** : espèces opportunistes (espèces foliacées ou filamenteuses, à taux de croissance fort et cycle de vie court).

Les ESG I et ESG II ont été divisés en trois et deux sous-groupes, respectivement :

- Espèces vivaces épaisses (IA)
- Espèces plastiques épaisses (IB))
- Espèces plastiques adapté à l'ombre (IC)
- Espèces opportunistes filamenteuses en forme de feuille (IIA)

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 continuum) (Orfandis et al., 2011).

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 (www.cei.gr), élaboré par (Orfanidis et al,2011), où un système permet d'attribuer une valeur pour chaque catégorie de statut écologique observé pour chaque prélèvement.

L'abondance absolue de chaque ESG est estimée par son pourcentage de recouvrement des individus prélevés

Les abondances moyennes des ESG I et ESG II sont comparées dans la matrice of différentes combinaisons de scores en ESG I et II sont classées comme (mauvaises, médiocres, modérées, bonnes et excellentes) avec les scores respectifs de (2, 4, 6, 8 et 10) (tableau 2).

L'estimation de EEI peut se faire à partir d'une matrice des abondances moyenne (%) des ESG (tableau 2).

La valeur finale de l'EEI, variant de 2 à 10, est ensuite reliée à l'état écologique du milieu "EQR : Ecological Quality Ratio" (tableau 03).

Tableau 2: Maitrise basé sur l’abondance moyenne des ESG pour déterminer les valeurs d’états écologique servant au calculs de EEI (Orfanidis et al,2011)

Abondance moyenne (%) d’ESG II	>60	Mauvais = 2	Médiocre = 4	Modéré = 6
	>30-60	Médiocre = 4	Modéré = 6	Bon =8
	0-30	Modéré = 6	Bon = 8	Très Bon = 10
		0-30	>30-60	>60
		Abondance moyenne (%) d’ESG II		

Tableau 3: Limites de la classe de l’état écologiques des eaux de transition et des eaux côtier selon la formules continue de l’indice de EEI-c appliqué dans les valeurs théoriques (Orfanidis et al, 2011)

État écologique (ESC)	EEI-c	EQR
Excellent	9.72	0.97
Bon-excellent	8.09	0.76
Bon-modéré	5.84	0.48
Modéré-médiocre	4.04	0.25
Mauvais	2.34	0.04

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

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

$$ESG II (\% \text{ recouvrement}) = [(IIA \times 0,8) + (IIB \times 1)]$$

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

Avec :

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

Tableau 4: Les coefficients de l'hyperboles.

a	0,468
b	1,2088
c	-0,3583
d	-1,1289
e	0,5129
f	-0,1869

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

$$EEI -c(EQR) = 1,25 \times (EEI \text{ value} / RC \text{ value}) - 0.25 \quad \text{Avec: } RC = 10$$

7.2. Indice de qualité pour les fonds rocheux « CFR » :

Proposé par les espagnols dans le cadre de la DCE (Guinda et al, 2008), adapté et appliqué pour la Bretagne (Ar Gall et le Duff, 2007), l'indice CFR s'applique à l'intertidal et le subtidale rocheux et prend en compte l'abondance des espèces, la richesse spécifique en espèces caractéristiques et l'importance du couvert des espèces opportunistes. L'indice correspond ainsi à la somme de 3 sous-indices :

La couverture des espèces caractéristiques(C).

C= % Couverture totale des populations d'algues caractéristiques.

La fraction des espèces opportunistes (F).

$$F = \frac{O}{C+O} \times 100$$

F : Fraction de l'opportunistes (%)

O : Couverture de l'opportunisme (%)

C : Couverture du CM (%) : les algues caractéristiques

La richesse des espèces caractéristiques (R).

R = nombre de populations différentes de CM avec une couverture significative (**ça >1%**)

Cet indice s’applique sur l’intertidal et suprtidal rocheux prend en compte les abondances et la richesse spécifiques des espèces caractéristiques et les espèces opportunistes ; d’où la loi qui se base sur trois score (GUINDA, 2008) :

Avec :

$$CFR = 0.45 \times C + 0.35 \times F + 0.2 \times R$$

C : Couverture des espèces caractéristiques.

F : Fraction des espèces opportunistes.

R : Richesse des espèces caractéristiques.

Pour calculer ces scores ; trois formules sont utilisées selon les conditions de références (RC)

- Pour le C (couverture des espèces caractéristiques)

Si

$$C > RC \text{ donc Cscore} = 1$$

Si c’est non

$$C \text{ score} = C / RC$$

- Pour le R (Richesse des espèces caractéristiques).

Si

$$R > RC \text{ donc Rscore} = 1$$

Si c’est non

$$Rscore = R / RC$$

- Pour le F (Fraction des espèces opportunistes).

Si

$$F < RC \text{ donc Fscore} = 1$$

Si c’est non

$$Fscore = 40 - F / 35$$

Si

$$F > 40 \text{ donc Fscore} = 0$$

Tableau 5: Tableau de référence pour le CFR.

CFR	Statue
0.8 – 1	Élevée
0.6 - 0.8	Bonne
0.4 – 0.6	Moyenne
0.2 – 0.4	Pauvre
0 – 0.2	Mauvaise

Les conditions de référence (CR) ont été établies en combinant un jugement d'expert et des courbes de distribution de fréquence cumulées des données obtenues dans les zones vierges, pour chaque type de zones intertidales et subtidales.

Tableau 6: Conditions de référence des zones exposés/ semi exposés intertidal.

Metric	Semiexposed intertidal
C : Coverage of CM (%)	90
F : Fraction of Opportunistics (%)	5
R : Richness of CM	10

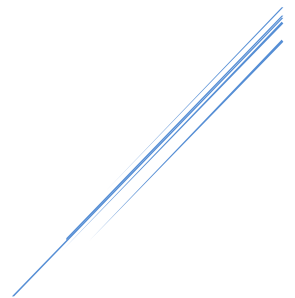
8. Concept du groupe écologique

Un groupe écologique est un groupe itératif d'espèces statistiquement liées entre elles et à un ou plusieurs types de biotopes. Un groupe peut changer de biotope le long un gradient de facteurs climatiques, par exemple, le groupe des espèces antisciaphiles (AS) occupe des biotopes photophiles dans les secteurs chauds de la méditerranée. (Boudouresque, 1984).

Le fait de délimiter les groupes écologiques de compartimenter la complexité du tapis végétal, ne signifie pas que nous y placions des frontières tranchées et rigides, leur délimitation fournit un outil susceptible de rendre plus commode, de simplifier l'approche de la végétation (Boudouresque, 1971).

Chapitre III :

Résultats et discussion



1. Inventaire de la flore algale marine de l'Algérie

L'inventaire floristique du site de Ain Tagourait a été établi à partir de l'ensemble des quatre relevés phytosociologiques.

L'analyse de la richesse spécifique a permis d'identifier un total de 34 espèces réparties entre 3 classes : 7 Chlorophyceae, 9 Phaeophyceae, 18 Rhodophyceae.

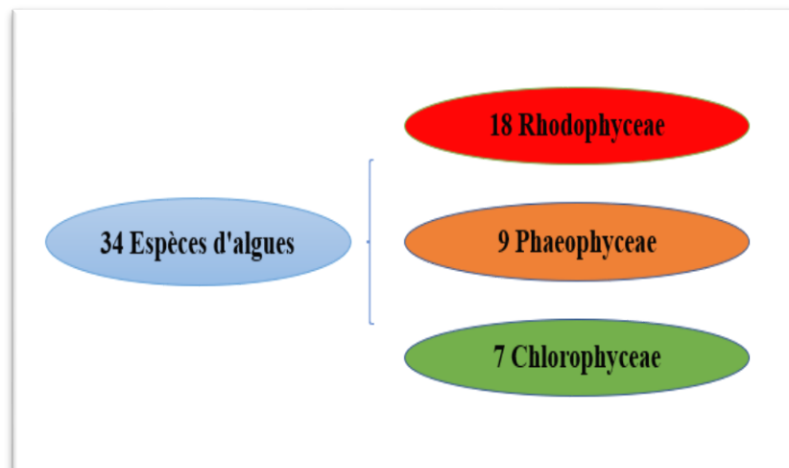


Figure 15: Les différentes classes d'algues de la station de Ain Tagourait.

La nomenclature adoptée est celle de l'inventaire systématique (Boudouresque et Seridi, 1989) et des sites web telle que « Algaebase »

La liste des espèces est représentée comme suit :

Chlorophycées

❖ Classe : Ulvophyceae

Ordre : Cladophorales

Famille : Cladophoraceae

- *Cladophora albida* (Nees) Kützing, 1843
- *Cladophora laetevirens* (Dillwyn) Kützing, 1843
- *Cladophora vagabunda* (Linnaeus) Hoek, 1963
- *Cladophora sp*

Ordre : Ulvales

Famille : Ulvaceae

- *Ulva compressa* Linnaeus, 1753

- *Ulva rigida* C.Agardh, 1823
- *Ulva intestinalis* Linnaeus, 1753

Phaeophycées

❖ Classe : Phaeophyceae

Ordre : Dictyotales

Famille : Dictyotaceae

- *Dictyopteris membranacea* (Stackhouse) Batters, 1902
- *Padina pavonica* (Linnaeus) Thivy, 1960

Ordre : Fucales

Famille : Sargassaceae

- *Cystoseira amentacea* (C. Agardh) Bory de Saint-Vincent, 1832
- *Cystoseira compressa* (Esper) Gerloff & Nizamuddin, 1975
- *Cystoseira humilis* Schousboe ex Kützing, 1860
- *Sargassum vulgare* C.Agardh, 1820
- *Cystoseira* sp

Ordre : Sphacelariales

Famille : Stypocaulaceae

- *Halopteris scoparia* (Linnaeus) Sauvageau, 1904

Ordre : Ectocarpales

Famille : Scytosiphonaceae

- *Colpomenia sinuosa* (Mertens ex Roth) Derbès & Solier, 1851

Rhodophycées

❖ Classe : Florideophyceae

Ordre : Corallinales

Famille : Corallinaceae

- *Jania rubens* (Linnaeus) J.V.Lamouroux, 1816
- *Jania adhaerens* J.V.Lamouroux, 1816
- *Corallina elongata* J.Ellis & Solander, 1786

- *Coralliana officinalis* Linnaeus, 1758

Famille : Lithophyllaceae

- *Lithophylum incrustans* Philippi, 1837

Ordre : Gracilariales

Famille : Gracilariaceae

- *Gracilaria dura* (C.Agardh) J.Agardh, 1842

Ordre : Gigartinales

Famille : Gigartinaceae

- *Gigartina acicularis* (Roth) J.V.Lamouroux, 1813

Famille: Cystocloniaceae

- *Hypnea musciformis* (Wulfen) J.V.Lamouroux, 1813

Ordre : Ceramiales

Famille : Rhodomelaceae

- *Polysiphonia flocculosa* (C. Agardh) Endlicher, 1843
- *Xiphosiphonia* sp
- *Herposiphonia secunda* (C. Agardh) Ambronn, 1880
- *Laurencia verlaquei* Cormaci, G.Furnari & Serio, 1994
- *Palisada perforata* (Bory) K.W.Nam, 2007

Famille : Ceramiaceae

- *Ceramium virgatum* J.D. Hooker & Harvey, 1848
- *Ceramium diaphanum* (Lightfoot) Roth, 1806
- *Ceramium rubrum* C.Agardh, 1811

Famille : Dasyaceae

- *Heterosiphonia crispella* (C.Agardh) M.J.Wynne, 1985
- *Dasya* sp

2. Description de la biocénose du site « Ain Tagourait »

Pour faire la description de la biocénose dans notre site on a fait les analyses de la flore, les indices écologiques et l'indice de qualité du milieu.

2.1. Analyse de la flore (Paramètres analytiques et synthétiques) :

2.1.1. La richesse spécifique : le nombre d'espèces (T)

L'analyse des 4 quadrats phytosociologiques effectués dans la station d'Ain Tagourait a permis de recenser un inventaire de 34 espèces repartis entre les 3 groupes systématiques :

18 Rhodophyceae ; 09 Phaeophyceae ; 07 Chlorophyceae (Annexe 1).

La répartition des classes systématiques (figure 16) montre une dominance des Rodophyceae avec un pourcentage de 53%, le reste est partagé entre les Phaeophyceae et les Chlorophyceae avec un pourcentage de 26% et 21% respectivement.

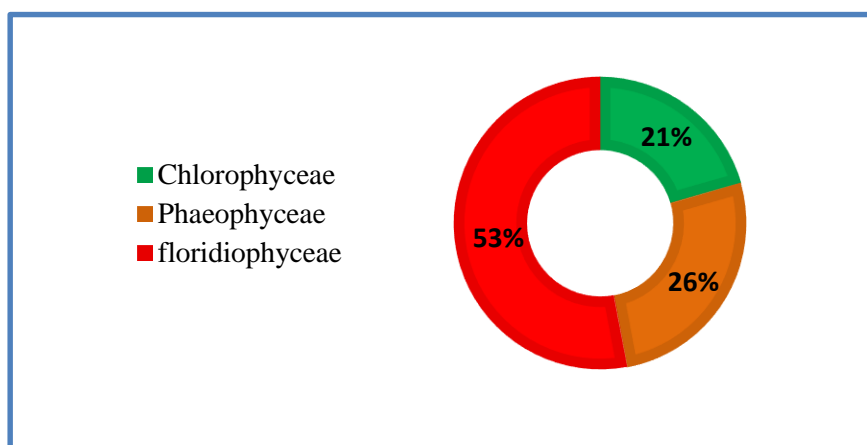


Figure 16:Répartition des classes systématiques du peuplement algal de Ain Tagourait

Le tableau (7) suivant présente les valeurs T dans les différents travaux précédemment réalisés dans la région de Tipaza, nous avons remarqué que le nombre d'algues récoltées dans cette étude est très faible par rapport aux anciennes études, tel que Benali, 2010.

Tableau 7: Nombre totale d'espèces (T) à Tipasa.

Régions	T (nombre des espèces)	Auteurs
Tipaza	96	Benali & Karali, 2006
Tipaza	62	Benali, 2010
Tipaza	71	Karali, 2010
Tipaza	53	Touri & Benayache 2018
Tipaza	37	Hadjtahir & Rebai
Tipaza	34	Le présent travail

Les faibles valeurs retrouvées pourraient être expliquées par le nombre des relevés ($R = 4$) relativement réduit, la surface des quadrats sont déférents, et la présence des rejets des eaux usées, et les terres agricoles.

➤ **Les Rhodophyceae :**

Le nombre d'espèces varie entre 1 et 16 espèces soit une moyenne ($T = 5$) (Tab1). Les Florideophyceae sont dominant, représentés essentiellement par l'ordre des Ceramiales, avec $Q = 10$. L'ordre des corallinales occupe une partie importante avec $Q = 5$, suivi par les gigartinales ($Q = 2$). Les gracilariales sont faiblement représentés ($Q = 1$). Les Bangiophyceae sont absents.

➤ **Les phaeophyceae :**

Le nombre d'espèces varie entre 2 et 6, soit une moyenne de $T = 3$ (tableau 8). L'ordre dominant est l'ordre des fucales, avec 5 espèces, suivi par les dictyotales avec $Q = 2$, et une modeste présence des sphacelariales et les ectocarpales (Tableau 9)

➤ **Les chlorophyceae :**

Les chlorophyceae sont moins dominants par rapport aux deux autres classes précédentes, par leurs nombres d'espèces et qui varie entre 2 et 6 avec une moyenne de $T = 2$ espèces (tableau 08). L'ordre cladophorales est le mieux représenté avec $Q = 4$. Les ulvales marquent leur présence avec $Q = 3$.

Remarque : l'absence des Bangiophyceae, peut indiquer que le taux de pollution au niveau de cette station est faible et que l'état de santé du milieu est modéré.

Tableau 8: Valeurs de la richesse spécifique de peuplement algal de la station d'Ain Tagourait de chaque relevé.

Groupe systématique	R1	R2	R3	R4	Moyenne
Rhodophyceae	4	2	1	16	5,75
Phaeophyceae	6	2	2	3	3,25
Chlorophyceae	6	2	0	0	2
Total	16	6	3	19	11

La présence des Rhodophyceae dans tous les relèves explique par les bourrelets à *Corallina spp.*

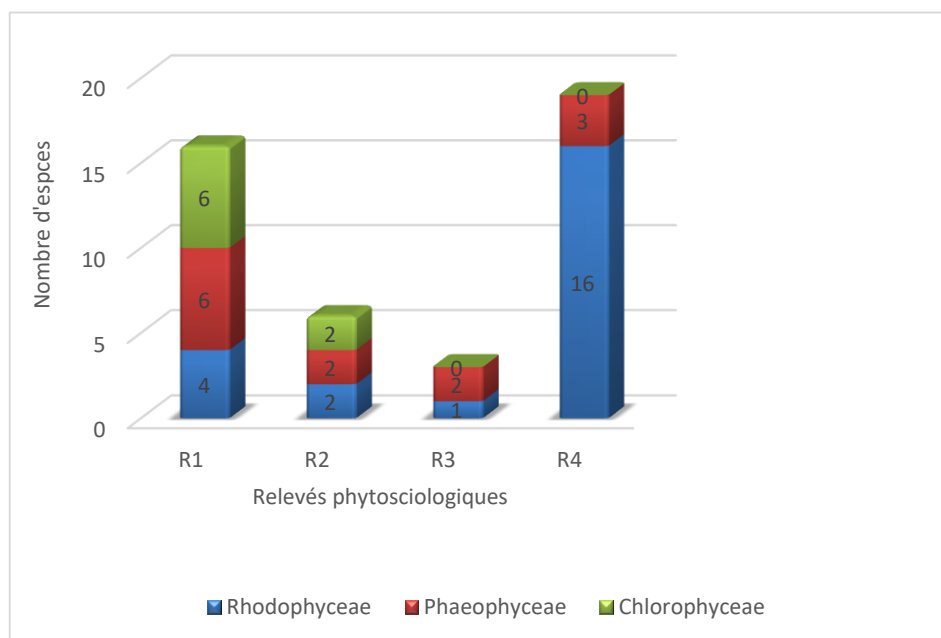


Figure 17: Richesse spécifique des quatre relevés phytosociologiques de Ain Tagourait.

2.1.2. La dominance qualitative (DQ) et la dominance quantitative (DRi) :

2.1.2.1. Dominance qualitative (DQ) :

La dominance qualitative (DQ) d'une flore permet de caractériser une région donnée, et aussi de comparer et de constater les variations des différents groupes du peuplement d'une station donnée (Feldmann, 1938). L'analyse phytosociologique des quatre relevés, a fait ressortir les 3 groupes systématiques caractérisés par l'effectif (Q) et la dominance qualitative.

La composition floristique retrouvée dans notre station est caractérisée par la dominance des Rhodophyceae avec un effectif moyen de $Q = 18$ et un pourcentage $DQ = 53 \%$, suivi des Phaeophyceae avec un effectif moyen de $Q = 9$ et $DQ = 26 \%$. En dernière position, les Chlorophyceae avec un effectif de $Q = 7$ et une dominance ($DQ = 21 \%$) (figure 18, tableau 9).

➤ **Les Rhodophyceae :**

Les Rhodophyceae dominent la liste des peuplements algaux du site, avec $QR = 18$ qui correspond à $DQR = 53 \%$.

L'ordre des Ceramiales est le plus dominant avec un Q égale à 10 espèces et une dominance qualitative de 29% , représenté principalement par la famille de Rhodomelaceae (*Polysiphonia flocculosa* ; *Xiphosiphonia sp* ; *Herposiphonia secunda* ; *Laurencia verlaquei* ; *Palisada perforata*) (figure 18, tableau 9).

➤ **Les Phaeophyceae :**

Les phaeophyceae présentent un effectif variant de 2 à 6 par relevé, la dominance qualitative de ce groupe est estimée à 26% avec un Q égale à 9 espèces.

Ces algues brunes sont majoritairement représentées par l'ordre des fucales dominé par le genre *Cystoseira*, la dominance qualitative est de 15% avec un ($Q = 5$) espèces : (*Cystoseira compressa*, *Cystoseira amentacea*, *Cystoseira sp*, *Cystoseira humilis*, *Sargassum vulgare*). En deuxième position viennent les dictyotales avec ($DQ = 6 \%$) et ($Q = 2$) espèces sont : (*Dictyopteris membranacea* ; *Padina pavonica*), en troisième position les sphacelariales avec $Q = 1$ et ($DQ = 3\%$) par (*Halopteris scoparia*). En dernier l'ordre des ectocarpales aussi présente une seule espèce : (*Colpomenia sinuosa*) avec une dominance de 3% (figure 19, tableau 9).

Le genre *Cystoseira* est très sensible à la pollution, ce qu'il indique la bonne qualité du milieu. Sa consistance dure et coriace lui permet de résister à l'arrachement et aux chocs des vagues.

➤ **Les Chlorophyceae :**

Les chlorophyceae sont moins dominantes, leur nombre d'espèces varie entre 2 et 6 avec une moyenne de ($T = 2$) espèces. L'ordre des Cladophorales est le plus dominant avec $Q = 4$ et $DQ = 12 \%$ (*Cladophora albida* ; *Cladophora laetevirens* ; *Cladophora vagabunda* ;

Cladophora sp). Suivi de l'ordre des Ulvales avec un coefficient de 3 espèces et une dominance qui égale à 9 %.

Tableau 9: Coefficient Q et Dominance qualitative DQ des grands groupes systématiques.

Classes	Q	DQ%	Ordre	Q	DQ%
Rhodophyceae	18	52,9411765	Corallinales	5	14,70588235
			Gracilariales	1	2,941176471
			Gigartinales	2	5,882352941
			Ceramiales	10	29,41176471
Phaeophyceae	9	26,4705882	Dictyotales	2	5,882352941
			Fucales	5	14,70588235
			Sphacelariales	1	2,941176471
			Ectocarpales	1	2,941176471
Chlorophyceae	7	20,5882353	Cladophorales	4	11,76470588
			Ulvales	3	8,823529412
Total	34	100		34	100

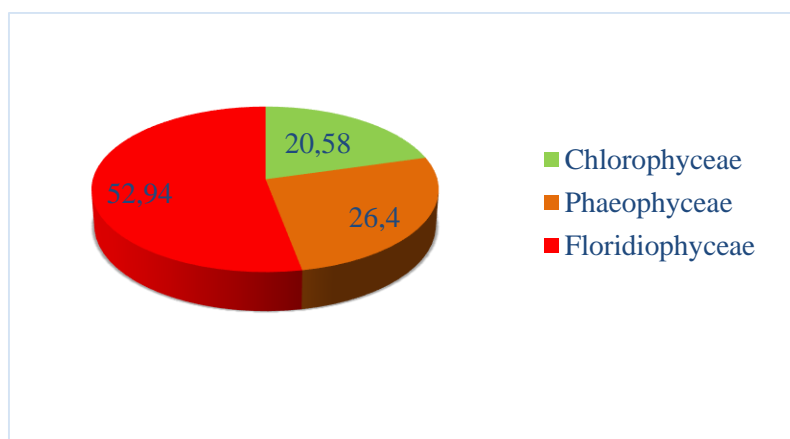


Figure 18: Dominance qualitative des différents groupes systématiques.

2.1.2.2. Dominance quantitative (DRi) :

L'analyse quantitative du peuplement algal ne concorde pas avec l'analyse qualitative. Les Phaeophyceae domine le peuplement de la station étudiée, avec une dominance quantitative DRi de 53 %, suivi des Chlorophyceae avec un DRi = 26 %. En dernier, les Rhodophyceae avec DRi de 21 % (figure 19, tableau 10).

➤ Les phaeophyceae :

D'un point de vue quantitatif ; les Fucales sont au sommet des ordres avec un recouvrement le plus élevé de 117 %, et une dominance quantitative de 48 % ; l'espèce majoritaire de cet ordre est *Cystoseira compressa* avec. En deuxième position, les Ectocarpales qui représentent un recouvrement de 9 % et une dominance quantitative de 4 % ; cet ordre est représenté

essentiellement par le genre *Colpomenia sinuosa* avec ($R_i = 36\%$). La troisième position revient aux dictyotales avec un $R_i = 1.1\%$ et $DR_i = 0.45\%$; les espèces recensées sont : *Padina pavonica*, *Dictyopteris membranacea*. L'ordre des Sphacelariales est très faiblement présent avec une seule espèce : *Halopteris scoparia* de $R_i = 0.72\%$ et $DR = 0,29\%$.

➤ **Les Chlorophyceae :**

Le résultat de l'inventaire de la zone d'étude a permis de dénombrer 2 ordres de Chlorophyceae ; qui sont les Cladophorales et les Ulvales. Ces derniers sont majoritaires sur le plan quantitatif avec un recouvrement égale à 60% et ($DR_i = 25\%$), les espèces recensées sont : 3 espèces : (*Ulva rigida*, *Ulva compressa*, *Ulva intestinalis*). L'ordre des Cladophorales présente 4% du recouvrement avec une dominance quantitative de 1.4% partagés entre quatre espèces : (*Cladophora albida*, *Cladophora laetevirens*, *Cladophora vagabunda*, *Cladophora sp*) (figure 19, tableau 10).

La présence significative des ulvales est remarquée auprès de rejet des eaux usée (apport en nutriments « la matière organique »).

➤ **Les Rhodophyceae :**

Les Rhodophyceae sont dominants avec un recouvrement de 51% et une dominance ($DR_i = 21\%$). Les ordres les plus représentants sont : les corallinales les Ceramiales, les gigartinales, les gracilariales (respectivement $R_i = 18,42\%$, $16,45\%$ et 10.5% , 5.25%) et des dominance ($DR_i = 7.58\%$, 6.77% , 4.32% , 2.16%) (figure 20, tableau 10).

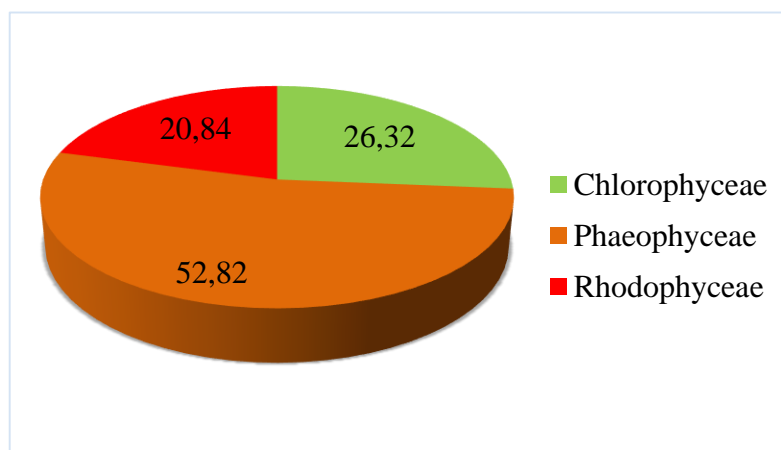


Figure 19: Dominance quantitative des différents groupes systématiques.

Tableau 10: Recouvrement R et Dominance quantitative DR des grands groupes systématiques de la station Ain Tagourait.

Classes	R	DRi%	Ordre	R	Dri%
Rhodophyceae	50,625	20,8483476	Corallinales	18,425	7,58776897
			Gracilariales	5,25	2,16205086
			Gigartinales	10,5	4,32410172
			Ceramiales	16,45	6,77442603
Phaeophyceae	128,275	52,8261093	Dictyotales	1,1	0,45300113
			Fucales	117,45	48,3681664
			Sphacelariales	0,725	0,29856893
			Ectocarpales	9	3,7063729
Chlorophyceae	63,925	26,3255431	Cladophorales	3,6	1,48254916
			Ulvaes	60,325	24,8429939
Total	242,825	100		242,825	100

2.1.3. Le rapport R/P :

Le rapport R/P varie considérablement d'une zone à une autre ou même dans une même région (Boudouresque, 1970). Le rapport R/P dans notre étude est égal à **2**. Ce qui traduit la présence en Algérie, d'une flore algale marine à affinité tempérée chaude.

Tableau 11: Valeur de rapport R/P dans différentes régions de la Méditerranée.

Régions	Rapport R/P	Auteurs
Espagne (Baléares)	3.5	Ribera-Siguàn, 1983
Algérie	3	Feldmann, 1931 ; 1937
Algérie (L'algérois)	3.18	Seridi, 2007
Algérie (L'algérois)	4.04	Seridi, 1990
Algérie (Tipaza)	2.6	Benali et Karali, 2006
Algérie (Tipaza)	2.8	Benali, 2010 et Karali, 2010
Algérie (Golfe d'Arzew)	3	Ould-Ahmed, 1994
Algérie (Ain Tagourait)	2	Le présent travail

2.2. Les indices écologiques

2.2.1. Indice de diversité Shannon-Weaver (H') et l'équitabilité (E) :

Dans le présent travail, l'indice de diversité **H'** est de **3,07** bits pour la station Ain Tagourait selon la classification de la valeur de H' d'après (SIMBOURA, 2002) on peut dire que la diversité est élevée donc un écosystème stable et évolué, classée modérément pollué.

La valeur de l'équitabilité (**E**) et de **0,60** est plus au moins élevé, il reflète un milieu tendant à l'équilibre avec une répartition relativement homogène des effectifs avec les espèces, il révèle une dominance des espèces *Cystoseira spp* et *Ulva spp* par rapport à l'ensemble des espèces.

La diversité observée à la plage de Ain Tagourait est nettement supérieure à celle observé à ChercHELL (Seridi, 2007) supérieure aussi à celle observée à Bou Ismail par (Chabane et Abada, 2013) ($H'=0,51$ bits/esp **E= 0,13**) (annexe02).

Tableau 12: Comparaison des indices de diversité dans le temps pour la station.

Auteurs	H'	E
Drouche et Mahdid, 2004	2,71	0,78
Seridi ,2007	2,59	0,78
Chabane, 2019	3,44	0,56
Présent travail	3,07	0,60

2.2.2. Indice de Simpson :

Dans ce cas l'indice de Simpson est de **S=0,82**, cette valeur peut être expliquée par la codominance relative entre les espèces, ce qui montre que la zone étudiée est diversifiée et la répartition **homogène** des espèces algales. Cette valeur est confirmée par la calculs de l'équitabilité avec (**E =0,60**) (annexe03).

2.2.3. Indice de similitude Sorensen :

L'indice de Sorensen pour a permis d'évaluer le niveau de similitude entre les différents peuplements des relevés effectués (Annexe 04).

Les valeurs de l'indice de Sorensen obtenue entre les 4 relevés varient de **0,04** à **0,18**, (Figure 20) ou la valeur la plus faible **0,04** est présentée entre les relevés 2 et 4, ces deux stations ont le même mode hydrodynamique et toutes les deux sont exposées semi battu. On trouve la valeur la plus élevés : **0,18** entre les relevés 1 et 4, qui présente une grande homogénéité et similitude du peuplement algal ; les autres stations présentent le même relevé et des valeurs proches, les valeurs moyennes de l'indice de Sorensen sont égales à 0,1 ce qui indique que les 4 Stations présentent un peuplement algal peu similaire.

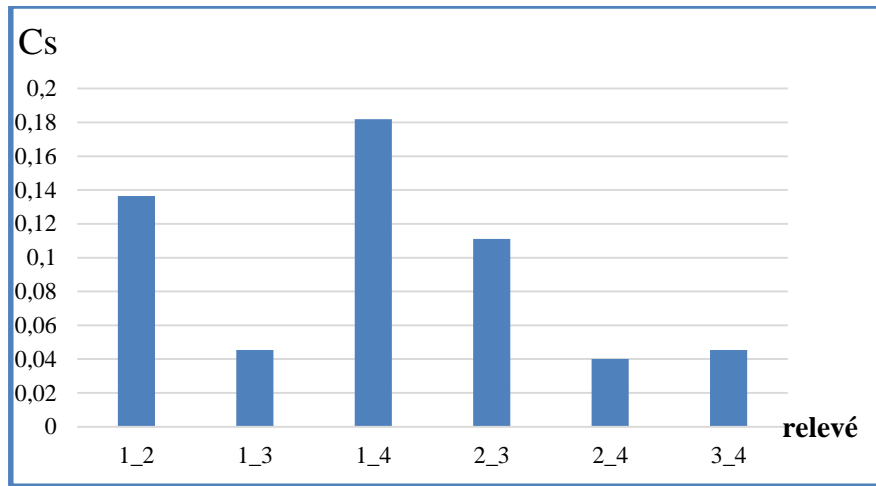


Figure 20:Présentation graphique des valeurs de l'indice de Sorensen des quatre relevés.

2.2.4. Indice de diversité de Hill :

Dans le présent travail, l'indice de diversité de Hill est égal à **0,94**, ce qui appuie les résultats des indices de diversité trouvés auparavant, c'est-à-dire il confirme la diversité et l'homogénéité de la station d'Ain Tagourait (annexe04).

2.2.5. Diagramme Rang-Fréquence (DRF) :

Les paramètres utilisés (richesse spécifique, abondance ou recouvrement, diversité et équitabilité), les DRF de Frontier permet de mettre en évidence l'organisation des peuplements algaux des stations, d'établir leur structure, de mesurer leur état et d'en suivre l'évolution à travers les saisons (annexe02).

Les allures des courbes de DRF de la station sont représentées dans la figure suivante :

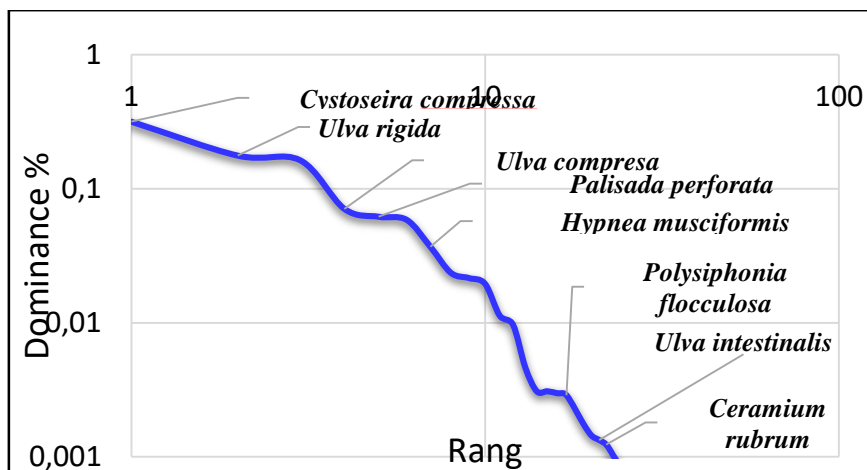


Figure 21:Diagramme Rang-Fréquence (DRF) du peuplement algal de la station Ain Tagourait.

L'allure du Diagramme Rang Fréquence (DRF) révélant une dominance de l'espèce *Cystoseira compressa* ($R_i = 77.05\%$) considéré comme une espèce indicatrice de la qualité du milieu, suivis par *Ulva rigida* ($R_i = 43\%$) considéré comme une espèce opportuniste.

Sur l'ensemble du reste de la courbe pour les autres espèces cette allure pourrait être due à la codominance des espèces entre elle.

Cet état correspond au **Stade 1' (stade intermédiaire)** : les espèces dominantes sont : *cystoseira compressa*, *cystoseira humilis*, *Corallina officinalis*, *Colpomenia sinuosa*, *Hypnea musciformis*, Ces espèces sont plus abondantes, avec une chute rapide des espèces abondantes il s'agit d'un stade intermédiaire, donc les peuplements sont évolués et la diversité augment.

Les résultats obtenus concordent avec les résultats des indices de diversité (équitabilité et de Shannon) calculé auparavant se traduisant par un indice de diversité moyen élevée $H' = 3,07$ bits/espèce et d'équitabilité $E = 0,60$ plus au moins élevés.

2.3. Indices de qualité du milieu

2.3.1. Dynamique des groupes fonctionnels :

L'étude fonctionnelle correspond à l'application de l'EEI-c. En effet, Ain Tagouraït affiche une valeur de l'EEI-c (6,28) ; par conséquent, cette valeur ont permis d'attribuer le statut écologique : « **Bon-moderé** » (tableau 3) à la station de Ain Tagouraït.

Le EEI-c calculés donnent des EEI-c ; EQR de 0,53. La classification de ces groupes combine à la fois les critères biomorphologiques et l'écophysiologicals (taux de croissance, l'absorption des nutriments et l'adaptation à la lumière...).

(ESG I) correspond aux stades ultimes des successions (peuplements des sites vierges), il marque un pourcentage de recouvrement très élevé à Ain Tagouraït (105.09). Ceci est dû à l'absence de groupe d'espèces vivaces épaisses (ESG IA), le ESG IA à Ain Tagouraït est représenté par une seule espèce (*Cystoseira amentacea*)(annexe07).

Et elle montre une légère dominance des espèces opportunistes (ESG II) avec (98.31 %).

Ce groupe correspond aux algues opportunistes, qui prolifèrent en milieux marqués par un enrichissement en nutriments, car, leur assimilation est rendue simple par la morphologie/physiologie des taxons associés à ce groupe. Conformément à ses résultats, Ain Tagourait station la moins sujette aux pressions anthropiques (Annexe 07).

Tableau 13: Évaluation et classification de l'état écologique sur la base de la formule continue de l'indice d'évaluation écologique (EEI-c).

R% (IA)	0,3
R% (IB)	117,175
R% (IC)	18,425
R% (ESG I)	105,095
R% (IIA)	41,3
R% (IIB)	65,625
R% (ESGII)	98,315
EEIc	6,28334
EQR	0,535418
ESC	Bon-moderé
Intervalle théorique [(EEI-c) et (EQR)]	[0.74;8.09]

2.3.2. Indice de qualité pour les fonds rocheux (CFR) :

Pour le présent travail ; la couverture des espèces caractéristiques est 64.29 % avec une richesse (R = 6) espèces, parmi elles on cite *Cystoseira compressa*, *Cystoseira humilis*, *Coralina officinalis*. En ce concerne les espèces opportunistes, on cite *Ulva compressa*, *Cladophora albida* mais la totalité de ces dernières au sein de notre richesse spécifique prend une valeur de 8 avec une couverture de 26.33 %. Ces espèces ont été classées à partir d'un jugement d'experts (annexe05). Le CFR dans ce cas est égal à **0,79** ; les valeurs référentielles de l'indice de CFR (tableau 5) permettent de classer le statut de la qualité du milieu de la station Ain Tagourait comme « **bon** ».

Tableau 14: Résultats d'application de l'indice de CFR.

C score	0,712777
F score	1
R score	0,6
CFR	0,79075

2.3.3. Comparaison entre les deux indices de qualité du milieu calculés (EEI-c et CFR)

Afin de rendre nos résultats comparables, on a essayé de comparer les valeurs des EQR des indices CFR avec le EEI que nous avons calculé précédemment (annexe 3).

La comparaison entre les valeurs de l'EQR obtenues dans cette étude (EQR-EEI-c=0.53 et EQR-CFR=0.79), montre qu'il n'y a pas de différence significative entre eux, c'est-à-dire les résultats du CFR indiquent le même statut écologique que l'indice EEI-c ; qui est l'état bon de la qualité du milieu. Nous remarquons que cette zone correspond à une pression anthropique faible. Donc les valeurs des indices EEI-c et CFR sont concordants.

2.3.4. Comparaison avec l'indice CARLIT :

On peut aussi procéder à une comparaison entre le CFR et l'indice de CARLIT qui représente un outil d'indication de qualité du milieu à base de la cartographie, la distribution et l'abondance des peuplements de substrat dur des étages médiolittoral et infralittoral supérieur ; développé par Ballesteros et al (2007), appliqué en Algérie par Bahbah et al, 2020.

La comparaison entre les deux indices calculés (EEI-c et CFR) avec l'indice CARLIT (Cartographie littorale) calculé par Bahbah et al, 2020 ayant une valeur de 0.76 dans le site d'Ain Tagourait, permet de confirmer que le statut et l'état écologique du milieu dans le site étudié est **bon**. CARLIT index appuie le statut « bon » de la station Ain Tagourait.

2.4. Les groupes écologiques

Les espèces récoltées dans Ain Tagourait sont représentées en 14 groupes écologiques (tableau 15).

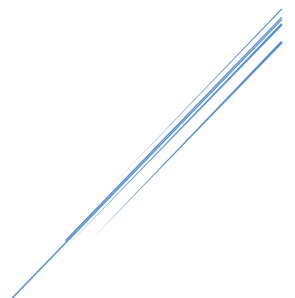
Dans ce présent travail ; la dominance est pour le groupe écologique des espèces photophiles infralittorales (PhI, PhIP, PhIT, PhIC et PhIB) qui englobe 17 espèces parmi elles *Ulva rigida*, *Padina pavonica*, *Jania rubens*, *Sargassum vulgare*. (Annexe)

Parmi ces groupes cités en haut les espèces photophiles infralittorales (PhIC) est le groupe le plus représentatif par le nombre d'espèces ; caractérisé par 6 espèces dont le recouvrement majoritaire est pour *Cystoseira compressa* (77%) ; il s'en suit le groupe des espèces photophiles infralittorales de mode relativement calme des milieux portuaires (PhIP) marqué par 5 espèces la plus remarquable *Ulva rigida* (43%), après les groupes ISR, LRE marqué par 4 espèces, Les autres groupes écologiques FM, PHI, PHIT, RMM2, RM, PhIB, SCI, SI, SCIT, SSB divers sont représentés approximativement par le même nombre d'espèces qui varie entre 1 et 3 espèces (annexe 5).

Tableau 15: La classification des espèces selon les groupes écologiques dans la station Ain Tagourait

Groupes écologiques	Nombres d'espèces
FM : Groupe des espèces de la franche médiolittorale	2
ISR : Groupe des espèces infralittorales des substrats durs, rocheux en particulier	4
LRE-SSP : Groupes des espèces à large répartition écologique ou sans signification précises	4
PHI : Groupe des espèces photophiles infralittorales	2
PHIB : Groupe des espèces photophiles infralittorales de mode battu	1
PHIC : Groupe des espèces photophiles infralittorales de mode relativement calme	6
PHIP : Groupe des espèces photophiles infralittorales de mode relativement calme des milieux portuaires	5
PHIT : Groupe des espèces photophiles infralittorales thermophiles des substrats durs	3
RM : Groupes des espèces de la roches médiolittorale	1
RMM2 : Groupes des espèces de la roche médiolittorale moyennes 2	2
SCI : Groupe des espèces sciaphiles de mode relativement calme infralittorales	1
SCIT : Groupe des espèces sciaphiles de mode relativement calme infralittorales, tolérantes	1
SI : Groupe des espèces sciaphiles infralittorales	1
SSB : Groupe des espèces sciaphiles superficielles de mode battu	1

Conclusion



Conclusion

La présente étude constitue une contribution à la connaissance des algues benthiques de l'Algérie. Il s'agit d'un complément d'informations à la base de données de la flore marine de la Méditerranée. Ce travail s'est basé essentiellement sur la connaissance et l'analyse de la flore algale des côtes algériennes. Cette étude a permis de dresser un inventaire floristique de 34 espèces appartenant aux trois groupes systématiques : les Rhodophycées, les Chlorophycées et les Phéophycées.

Les paramètres analytiques et synthétiques ont permis de mettre en évidence la dominance qualitative des Rhodophycées est élevée par rapport aux autres groupes systématiques avec la dominance des Florideophyceae et l'absence totale des Bangiophyceae. Cependant, la dominance quantitative revient aux phéophycées prennent le dessus, plus précisément l'espèce *Cystoseira compressa*. La valeur du rapport R/P traduit la présence d'un peuplement à affinité tempérée chaude. Les indices de diversité « Shannon Weaver H, d'équitabilité E, Simpson D », montrent et que l'état écologique de cette région est moyen à bon. L'indice de Hill affirme cette conclusion. L'allure du diagramme rang fréquence indique un peuplement en évolution.

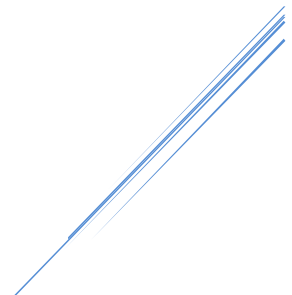
L'indice de qualité pour les fonds rocheux CFR ainsi que l'indice EEI-c, montrent que la station de Ain Tagourait représente un état écologique « bon ». La comparaison avec l'indice CARLIT confirme ce résultat.

Ces indices écologiques considérés en tant qu'indicateur de la biodiversité sont utiles à la gestion, de conservation des écosystèmes.

Au terme de ce travail, des axes d'études mériteraient d'être approfondis ou abordés, tels que :

- Il serait intéressant de développer cette étude aux peuplements des étages profonds.
- Il est intéressant d'étudier les interactions biotiques et les relations de compétition entre les espèces pour l'occupation du substrat.
- Il devrait être envisagé des recherches dans le domaine des espèces bio-indicatrices de la qualité du milieu marin.

Références



Références bibliographiques

- **Barbier Olivier, Grégory, et al. (2005)** : Nephron physiology effect of heavy metals on, and handling by, the kidney. *Nephron Physiol* 99 : pp 105–110.
- **Blunt J. (2006)** : Marine natural products. *Nat. Prod. Rep.* p 23.
- **Boudarel N. (1948)**. Les richesses de la mer : technologie biologique et océanographique. Paris. 6^{ème} Ed. Eyclopédie biologique.
- **Boudouresque C.F. (1970)**. Recherche de bionomie analytique, structurale et expérimentale sur les peuplements benthiques sciaphiles de Méditerranée occidentale (fraction algale). Thèse Doctorat Etat, France, Aix Marseille 2. p 624.
- **Boudouresque C.F. (1971)**. Méthode d'étude qualitative et quantitative du benthos (en particulier du phytobenthos). France. *Tethys*, 3 (1) : pp 79-104.
- **Boudouresque et CINELLI (1976)**. Le peuplement algal des biotopes sciaphiles superficiels de mode battu en Méditerranée occidentale. *Napoli Staz.Zool.*: pp 433-456.
- **Boudouresque C.F. (1984)**. Groupes écologiques d'algues marines et phytocénoses benthiques en Méditerranée Nord-Occidentale : une revue. *G.bot. ital., It.*, 118(1-2) : pp 7-42.
- **Boudouresque, C.F. Meinesz, et al. (1992)**. Guide des algues des mers d'Europe. France. Ed. Delacaux et Nieslté: p 23.
- **Boudouresque, C.F. (1992)** : Guide des algues des mers d'Europe : Manche / Atlantique. France. Ed. DELACHAUX et NIESTLE : p 176.
- **Boudouresque C.F, Cabioc'h J. et al. (2006)**. Guide des algues des Mers d'Europe. Eds. Delachaux et Niestlé : p 272.
- **Cabane, F, (2007)**. Documentation sur l'Environnement et de l'Aménagement du Littoral : Lexique d'écologie, d'environnement et d'aménagement du littoral, Version 11, France. Ed. IFREMER environnement : p272.

- **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 application. Alger, USTHB : p 149.
- **Chopin, T. (1997):** Marine biodiversity monitoring. Protocol for monitoring of seaweeds. Environment Canada, Ecological monitoring and Assessment Network. Ottawa : p 40.
- **Chouikhi, A. (2013).** Les applications potentielles des macroalgues marines et les activités pharmacologiques de leurs métabolites .Alger. USTHB: p 4.
- **Cohen., I., Neori, A. (1991):** Ulva lactuca biofilters for marine fish pond effluents. Ammonia uptake Kinetics and nitrogen content. Bot.Mar.34 : pp 475-482.
- **Collignon, J., (1991).** Ecologie et biologie marine : introduction à l'halieutique. Paris. Ed. MASSON : p 54
- **Cormaci, M., Furnari, G., & Alongi, G. (2014).** Flora marina bentonica del Mediterraneo: Chlorophyta. Bulletin of the Gioenia Academy of Natural Sciences of Catania: p 377.
- **Dagrone A., (1973).** Sédimentologie et bionomie benthique en Baie de Bou-Ismaïl. Pelagos,4 (2) : pp 40-53.
- **Durand, J.R., Levêque C., (1980).** Flore et faune aquatique de l'Afrique Sahelosoudanienne volume 1.
- **El Gamal, A. A. (2010).** Biological importance of marine algae. Saudi pharmaceutical journal, 18(1) : pp 1-25.
- **Feldmann, J. (1938).** Recherche sur la vegetation marine de la Mediterranée :la cote des Albères.Rev. Algol., France,10(1-4) (Vol. 1-340).
- **Feneux, R. Hervé, P. et al. (1999):** Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses. Trends Food Sci Tech. 10 : pp 25-28.
- **Foster, M.S., Schiel, D.R, (1985).** The ecology of giant kelp forests in California: a community profile. US Fish and Wildlife Service Report 85 : pp 1-152.
- **Frontier S. (1976).** Méthodes d'analyse statistique applicables à l'écologie du plancton. Docum.Cent. Madagascar. ORSTOM Nosy-be : p 33.

- **Frontier S. & Pichod-Viale D. (1991).** Ecosystèmes : structure, fonctionnement, évolution. Collection Ecologie, Masson ed : pp 392.
- **Frontier S. & Pichod-Viale D. (1995).** Ecosystèmes : structure, Fonctionnement, évolution. Collection d'écologie, 21, Masson. Paris : p 449.
- **Garineaud, C. (2017).** Récolter la mer : des savoirs et des pratiques des collecteurs d'algues à la gestion durable des ressources côtières dans le Finistère (Bretagne) (Doctoral dissertation, Museum national d'histoire naturelle-MNHN PARIS).
- **Garon-Lardiere, S. (2004).** Etude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsis armata* (Bonnemaisoniales). Université De Bretagne Occidentale : p 332.
- **Gayral, P. (1966).** Les algues des côtes françaises (Manche et Atlantique). Notions fondamentales sur l'Ecologie, la Biologie, et la Systématique des algues marines Paris. Ed. Doin.
- **Guinda X. Juanes J.A Puente A. Revilla J.A. (2008).** Comparison of two methods for quality assessment of macroalgae assemblages, under different pollution types. Ecological Indicators 8 : pp 743-753.
- **Guist, G. & Humm, J. (1976).** Effect of sewage effluent on growth of *Ulva lactuca* Florida Sci : pp 267-271.
- **Harrold, C, Watanabe, J., Lisin, S., (1988).** Spatial variation in the structure of kelp forest communities along a wave exposure gradient. P.S.Z.N.I. Marine Ecology 9(2) : pp 131-156.
- **Houma, F, (2009).** Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire. Thèse de doctorat, université du Val de Marne Paris XII : p 274.
- **Jackson, G.A, (1977).** Nutrients and production of giant kelp, *Macrocystis pyrifera*, off southern California. Limnology and Oceanography: pp 979-995.
- **Kim, D. (1970).** Economically important seaweeds in Chile-I/Gracilaria.

- **Kraufvelin, P, Lindholm, A, et al (2010)**. Biomass, diversity and production of rocky shore macroalgae at two nutrient enrichment and wave action levels. *Marine Biology* : pp 29-47.
- **Lahaye, M. (1991)**: Marine algae as source of fibers: determination of soluble and insoluble dietary fibre content in some “sea-vegetables”. *Journal Sciences Food Agricol*. 54 : pp 587-94.
- **Leclaire, L, (1972)**. La sédimentologie holocène sur le versant Méridional du bassin Algéro-Baléares (Précontinent Algérien). Tome XXIV. Edition du Muséum. Paris, France : p 391.
- **Legendre J. D. & Legendre D. (1979)**. Ecologie numérique. Le traitement multiple des données écologiques. Masson, Paris : p 197.
- **Levine, H.G, (1984)**. The use of seaweeds for monitoring coastal waters, 189-210. In : *Algae as ecological indicators*. L.E. Shubert (Ed.). Academic Press (Londres): p 434
- **Mabeau,S. Fleurence, J. (1993)**: Seaweed in food products: Biochemical and nutritional aspects. *Trends Food Sci Tech*. 4 : pp 103-107.
- **Michel Lauret, Jocelyne Oheix,et al (2011)**, Guide de reconnaissance et de suivi des macrophytes des lagunes du Languedoc-Roussillon.: p 148.
- **Morin, S., Coste, M. et al (2008)**. Modulation de la toxicité des métaux vis-à-vis du développement des biofilms de cours d'eau (bassin versant de Decazeville, France). *Cryptog Algol*, 29(3): pp 201-216.
- **Pacific, E. (2018)**. " *algue ressource : En quoi la culture des algues peut-elle modifier notre alimentation ?* ".
- **Pearson T.H. & Rosenberg R. (1978)**. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanographic Marine Biology Annual Review* : pp 229-311.
- **Pérès, J.M., 1976**. Précis d'océanographie biologique. 1ère Edition, France.
- **Pergent,G. Bellan-santini, D.et al (2007)**. Manuel d'interprétation des types d'habitats marins pour la sélection des sites à inclure dans les inventaires nationaux de sites naturels d'intérêt pour la Conservation, Tunis, Tunisie Ed. CAR/ASP publ : p 199.

- **Pèrez, R. (1997).** Ces algues qui nous entourent, Conception actuelle, Rôle dans labiosphère, utilisations, culture, aquaculture.
- **Perret-Boudouresque M. Seridi, H. (1989).** Inventaire des algues marines benthique d'Algérie. GIS, Posidonie publication, Marseille, France : p117.
- **Pielou E. C. (1977).** Mathematical ecology. Wiley, New York : p 385.
- **Praud, A. (1994) :** Isolement, caractérisation structurale et analyse de nouveaux métabolites d'algues méditerranéennes appartenant aux genres *Cystoseira* et *Lyngbiya*. Thèse. Doc. Sien.Spectro. Physico-Chimie Structurale. France, Univ. Aix-Marseille 1 : p 186.
- **Reviere, B. (2002).** Biologie et phylogénie des algues. Tome 1: Biologie, Ed. Belin Sup: p 352.
- **Riadi, H., (1998).** Etude nationale sur la biodiversité : biodiversité des algues marines. Projet GEF/ 6105-92. Direction de l'Observation, des Etudes et des Coordination. Maroc : p 103.
- **Rivard-Sirois, C.** Principales algues retrouvées dans les écosystèmes d'eau douce.
- **Rorrer, G., L, Cheney, D.P. (2004):** Bioprocess engineering of cell and tissue cultures for marine seaweeds. *Aquacultural Engineering*.32 : pp 11-41.
- **Sanchez-Machado, D.I., López-Cervantes, J., et al. (2004):** Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. *Food Chem.* 85 : pp 439- 444.
- **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'Etat. Alger, USTHB : p 172.
- **Simboura N & Zenetos A. (2002).** Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottoms marine ecosystems, including a new biotic index. *Mediterranean Marine Science*, 3(2) : pp 77-111.
- **Steneck, R.S., Graham, M.H., et al. (2002).** Kelp forest ecosystems : biodiversity, stability, resilience and future. *Environmental Conservation* 29: pp 436–459.
- **UNEP-MAP RAC/SPA. (2010).** The Mediterranean Sea Biodiversity: state of the ecosystems, pressures, impacts and future priorities. By Bazairi H., Ben Haj S., Boero F., Cebrian D., De Juan S., Limam A., Leonart J., Torchia G., & Rais C., Ed. RAC/SPA, Tunis: 1-100.

- **Villaca C., Bergin F., Boudouresque C.F. & Telin I. (1985).** Le Benthos littoral d'El Dabaa (Mediterranee, Egypte). III-les peuplements algaux photophiles de substrat dur. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 29(5) : pp 249-252.

SITE WEB:

<https://study.com/cimages/multimages/16/gametophyte-to-sporophyte-cycle>

<https://www.souslesmers.com>

<https://www.Doris.ffesm.fr/specie/>

<https://www.BioObs.com>

[https:// www.mer-littoral.org](https://www.mer-littoral.org)

[https:// www.inaturalist.org](https://www.inaturalist.org)

[https:// www.researchgate.net](https://www.researchgate.net)

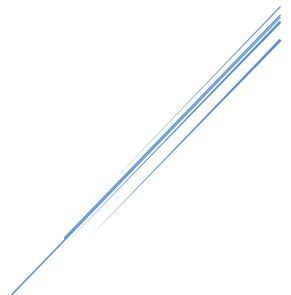
[https:// www.univ-lehavre.fr](https://www.univ-lehavre.fr)

<https://www.marinespecies.org/>

<https://inpn.mnhn.fr/accueil/index>

<https://www.algaebase.org/>

Annexes



Annexe 01 : Tableau de recouvrement (%) et RMG (recouvrement moyen global) des espèces pour les 4 relevés.

Espèces	ATV2	ATV3	ATV4	ATV7	RMG
<i>Ceramium diaphanum</i>	0,1	0	0	0,3	0,1
<i>Ceramium rubrum</i>	0	0	0	0,2	0,05
<i>Ceramium virgatum</i>	0	0	0	0,2	0,05
<i>Cladophora albida</i>	11	0	0	0	2,75
<i>Cladophora laetevirens</i>	0,4	0	0	0	0,1
<i>Cladophora sp</i>	0,2	0	0	0	0,05
<i>Cladophora vagabunda</i>	0	2,8	0	0	0,7
<i>Colpomenia sinuosa</i>	0	0	0	36	9
<i>Coralina officinalis</i>	0	0	0,1	57	14,275
<i>Corallina elongata</i>	0,4	0	0	9	2,35
<i>Cystoseira amentacea</i>	1,2	0	0	0	0,3
<i>Cystoseira compressa</i>	18,2	6	284	0	77,05
<i>Cystoseira humilis</i>	0	0	159	0	39,75
<i>Cystoseira sp</i>	0	0	0	0,1	0,025
<i>Dasya sp</i>	0	0	0	0,1	0,025
<i>Dictyopteris membranacea</i>	3	0	0	0	0,75
<i>Gigartina acicularis</i>	0	0	0	19	4,75
<i>Gracilaria dura</i>	0	0	0	21	5,25
<i>Halopteris scoparia</i>	2,8	0	0	0,1	0,725
<i>Herposiphonia secunda</i>	0	0	0	0,4	0,1
<i>Hypnea musciformis</i>	0	0	0	23	5,75
<i>Jania adhaerens</i>	0	0	0	1,7	0,425
<i>Jania rubens</i>	0	0	0	4,5	1,125
<i>Lithophyllum incrustans</i>	1	0	0	0	0,25
<i>Laurencia verlaquei</i>	0	0	0	3	0,75
<i>Padina pavonica</i>	1,4	0	0	0	0,35
<i>Palisada perforata</i>	0	3,2	0	57	15,05
<i>Polysiphonia flocculosa</i>	0,1		0	0,3	0,1
<i>Sargassum vulgare</i>	1	0,3	0	0	0,325
<i>Heterosiphonia crispella</i>	0	0	0	0,2	0,2
<i>Ulva compressa</i>	69	0	0	0	17,25
<i>Ulva intestinalis</i>	0,3	0	0	0	0,075
<i>Ulva rigida</i>	162	10	0	0	43
<i>Xiphosiphonia sp</i>	0	0,1	0	0	0,025

Annexe 02 : Les calculs de le rapport r/p selon les RMG de chaque espèce.

Espèces	RMG	Rang	Pi
<i>Cystoseira compressa</i>	77,05	1	0,31659
<i>Ulva rigida</i>	43	2	0,176682
<i>Cystoseira humilis</i>	39,75	3	0,163328
<i>Ulva compressa</i>	17,25	4	0,070878
<i>Palisada perforata</i>	15,05	5	0,061839
<i>Coralina officinalis</i>	14,275	6	0,058654
<i>Colpomenia sinuosa</i>	9	7	0,03698
<i>Hypnea musciformis</i>	5,75	8	0,023626
<i>Gracilaria dura</i>	5,25	9	0,021572
<i>Gigartina acicularis</i>	4,75	10	0,019517
<i>Cladophora albida</i>	2,75	11	0,011299
<i>Corallina elongata</i>	2,35	12	0,009656
<i>Jania rubens</i>	1,125	13	0,004622
<i>Dictyopteris membranacea</i>	0,75	14	0,003082
<i>Laurencia verlaquei</i>	0,75	15	0,003082
<i>Halopteris scoparia</i>	0,725	16	0,002979
<i>Cladophora vagabunda</i>	0,7	17	0,002876
<i>Jania adhaerens</i>	0,425	19	0,001746
<i>Padina pavonica</i>	0,35	20	0,001438
<i>Sargassum vulgare</i>	0,325	21	0,001335
<i>Cystoseira amentacea</i>	0,3	22	0,001233
<i>Lithophyllum incrustans</i>	0,25	23	0,001027
<i>Heterosiphonia crispella</i>	0,2	24	0,000822
<i>Ceramium diaphanum</i>	0,1	25	0,000411
<i>Cladophora laetevirens</i>	0,1	26	0,000411
<i>Herposiphonia secunda</i>	0,1	27	0,000411
<i>Polysiphonia flocculosa</i>	0,1	28	0,000411
<i>Ulva intestinalis</i>	0,075	29	0,000308
<i>Ceramium virgatum</i>	0,05	30	0,000205
<i>Ceramium rubrum</i>	0,05	31	0,000205
<i>Cladophora sp</i>	0,05	32	0,000205
<i>Cystoseira sp</i>	0,025	34	0,000103
<i>Dasya sp</i>	0,025	35	0,000103
<i>Xiphosiphonia sp</i>	0,025	36	0,000103

Annexe 03 : Les calculs des indices de diversité spécifiques.

Rang	Pi	log2 Pi	Pi*Log2 Pi	$(n*(n-1))/(N*(N-1))$
<i>Ceramium diaphanum</i>	0,000412	-11,2457	-0,004631	-1,53267E-06
<i>Ceramium rubrum</i>	0,000206	-12,2457	-0,002522	-8,08908E-07
<i>Ceramium virgatum</i>	0,000206	-12,2457	-0,002522	-8,08908E-07
<i>Cladophora albida</i>	0,011325	-6,46434	-0,073209	8,19551E-05
<i>Cladophora laetevirens</i>	0,000412	-11,2457	-0,004631	-1,53267E-06
<i>Cladophora sp</i>	0,000206	-12,2457	-0,002522	-8,08908E-07
<i>Cladophora vagabunda</i>	0,002883	-8,43835	-0,024326	-3,57622E-06
<i>Colpomenia sinuosa</i>	0,037064	-4,75385	-0,176195	0,001226134
<i>Coralina officinalis</i>	0,058787	-4,08835	-0,240343	0,003227127
<i>Corallina elongata</i>	0,009678	-6,69111	-0,064755	5,40265E-05
<i>Cystoseira amentacea</i>	0,001235	-9,66074	-0,011935	-3,57622E-06
<i>Cystoseira compressa</i>	0,317307	-1,65605	-0,525476	0,099787759
<i>Cystoseira humilis</i>	0,163698	-2,61089	-0,427398	0,026230964
<i>Cystoseira sp</i>	0,000103	-13,2457	-0,001364	-4,15097E-07
<i>Dasya sp</i>	0,000103	-13,2457	-0,001364	-4,15097E-07
<i>Dictyopteris membranacea</i>	0,003089	-8,33881	-0,025756	-3,19306E-06
<i>Gigartina acicularis</i>	0,019561	-5,67585	-0,111028	0,00030334
<i>Gracilaria dura</i>	0,021621	-5,53146	-0,119593	0,000379974
<i>Halopteris scoparia</i>	0,002986	-8,38772	-0,025043	-3,39528E-06
<i>Herposiphonia secunda</i>	0,000412	-11,2457	-0,004631	-1,53267E-06
<i>Hypnea musciformis</i>	0,02368	-5,40021	-0,127875	0,000465122
<i>Jania adhaerens</i>	0,00175	-9,15824	-0,016029	-4,16162E-06
<i>Jania rubens</i>	0,004633	-7,75385	-0,035923	2,39479E-06
<i>Lithophyllum incrustans</i>	0,00103	-9,92377	-0,010217	-3,19306E-06
<i>Laurencia verlaquei</i>	0,003089	-8,33881	-0,025756	-3,19306E-06
<i>Padina pavonica</i>	0,001441	-9,43835	-0,013604	-3,87424E-06
<i>Palisada perforata</i>	0,061979	-4,01208	-0,248664	0,003600959
<i>Polysiphonia flocculosa</i>	0,000412	-11,2457	-0,004631	-1,53267E-06
<i>Sargassum vulgare</i>	0,001338	-9,54526	-0,012775	-3,73588E-06
<i>Heterosiphonia crispella</i>	0,000824	-10,2457	-0,008439	-2,72474E-06
<i>Ulva compressa</i>	0,071039	-3,81525	-0,271031	0,00477362
<i>Ulva intestinalis</i>	0,000309	-11,6607	-0,003602	-1,18143E-06
<i>Ulva rigida</i>	0,177082	-2,49751	-0,442264	0,030755526
<i>Xiphosiphonia sp</i>	0,000103	-13,2457	-0,001364	-4,15097E-07
	H'		3,071415	0,170843293
	E		0,603722	
	D		0,829157	
	Hill		0,055907	
	1-Hill		0,944093	

Annexe 04 : maîtrise (0-1) de l'indice de Sorensen pour les 04 quadrat.

Espèces	ATV2	ATV3	ATV4	ATV7	Espèces en communs
<i>Ceramium diaphanum</i>	1	0	0	1	1
<i>Ceramium rubrum</i>	0	0	0	1	0
<i>Ceramium virgatum</i>	0	0	0	1	0
<i>Cladophora albida</i>	1	0	0	0	0
<i>Cladophora laetevirens</i>	1	0	0	0	0
<i>Cladophora sp</i>	1	0	0	0	0
<i>Cladophora vagabunda</i>	0	1	0	0	0
<i>Colpomenia sinuosa</i>	0	0	0	1	0
<i>Coralina officinalis</i>	0	0	1	1	1
<i>Corallina elongata</i>	1	0	0	1	1
<i>Cystoseira amentacea</i>	1	0	0	0	0
<i>Cystoseira compressa</i>	1	1	1	0	1
<i>Cystoseira humilis</i>	0	0	1	0	0
<i>Cystoseira sp</i>	0	0	0	1	0
<i>Dasya sp</i>	0	0	0	1	0
<i>Dictyopteris membranacea</i>	1	0	0	0	0
<i>Gigartina acicularis</i>	0	0	0	1	0
<i>Gracilaria dura</i>	0	0	0	1	0
<i>Halopteris scoparia</i>	1	0	0	1	1
<i>Herposiphonia secunda</i>	0	0	0	1	0
<i>Hypnea musciformis</i>	0	0	0	1	0
<i>Jania adhaerens</i>	0	0	0	1	0
<i>Jania rubens</i>	0	0	0	1	0
<i>Lithophyllum incrustans</i>	1	0	0	0	0
<i>Laurencia verlaquei</i>	0	0	0	1	0
<i>Padina pavonica</i>	1	0	0	0	0
<i>Palisada perforata</i>	0	1	0	1	1
<i>Polysiphonia flocculosa</i>	1	0	0	1	1
<i>Sargassum vulgare</i>	1	1	0	0	1
<i>Heterosiphonia crispella</i>	0	0	0	1	0
<i>Ulva compressa</i>	1	0	0	0	0
<i>Ulva intestinalis</i>	1	0	0	0	0
<i>Ulva rigida</i>	1	1	0	0	1
<i>Xiphosiphonia sp</i>	0	1	0	0	0

Annexe 05 : les listes des espèces caractéristiques et les espèces opportunistes.

Les espèces caractéristiques	RMG(<2,5%)
<i>Coralina officinalis</i>	14,275
<i>Cystoseira compressa</i>	77,05
<i>Cystoseira humilis</i>	39,75
<i>Gigartina acicularis</i>	4,75
<i>Gracilaria dura</i>	5,25
<i>Palisada perforata</i>	15,05

les espèces opportunistes	RMG(<0.05%)
<i>Ulva rigida</i>	43
<i>Ulva compressa</i>	17,25
<i>Cladophora albida</i>	2,75
<i>Cladophora vagabunda</i>	0,7
<i>Cladophora sp</i>	0,05
<i>Ceramium diaphanum</i>	0,1
<i>Ceramium rubrum</i>	0,05
<i>Ceramium virgatum</i>	0,05

Annexe 06 : les résultats de EQR obtenue par (Chaban, 2011) dans la région de Ain Tagourait.

Code des masses d'eau	Acronyme	Nom des masses d'eau	EQR
1	CDJ	CAP DJINET	0.55
2	ZEM	ZEMMOURI	0.69
3	BOU	BOUMERDES	0.59
4	AIT	AIN TAYA	0.49
5	MAR	EL MARSA	0.63
6	BEK	BORDJ EL KIFFAN	0.34
7	ALP	ALGIERS PORT	0.25
8	ALG	ALGIERS	0.31
9	RBB	RAIS HAMIDOU-BOLOGHINE-BAB EL OUED	0.54
10	BAB	BAIN ROMAIN-AIN EL BENIAN	0.66
11	AEB	AIN EL BENIAN	0.37
12	CST	CHERAGA-STAOUELI	0.39
13	SFR	SIDI FREDJ	0.99
14	ZED	ZERALDA-DOUAOUDA	0.52
15	FKB	FOUKA-BOUISMAIL	0.51
16	BAT	BOUISMAIL-AIN TAGOURAIT-TIPAZA	0.78
17	TPZ	TIPAZA	0.69

Annexe 07 : classification des espèces recensées par groupes des statuts écologiques.

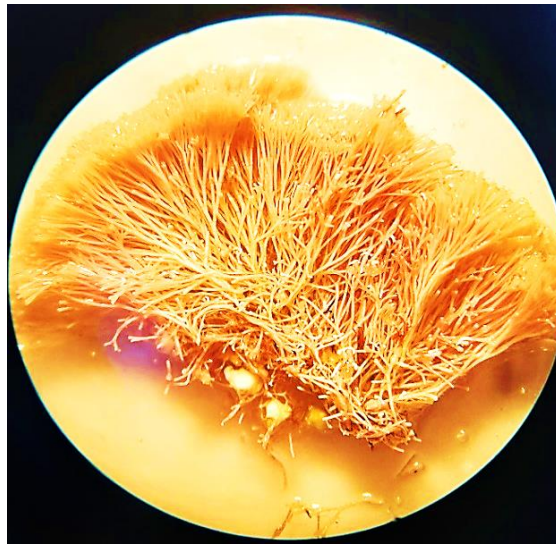
Espèces	RMG	Groupes d'État écologique	ESG
<i>Cystoseira amentacea</i>	0,3	IA	ESG IA
<i>Cystoseira compressa</i>	77,05	IB	ESG IB
<i>Cystoseira humilis</i>	39,75	IB	
<i>Cystoseira sp</i>	0,025	IB	
<i>Padina pavonica</i>	0,35	IB	
<i>Coralina officinalis</i>	14,275	IC	ESG IC
<i>Corallina elongata</i>	2,35	IC	
<i>Jania adhaerens</i>	0,425	IC	
<i>Jania rubens</i>	1,125	IC	
<i>Lithophyllum incrustans</i>	0,25	IC	
<i>Dictyopteris membranacea</i>	0,75	IIA	ESG IIA
<i>Gigartina acicularis</i>	4,75	IIA	
<i>Gracilaria dura</i>	5,25	IIA	
<i>Laurencia verlaquei</i>	0,75	IIA	
<i>Palisada perforata</i>	15,05	IIA	
<i>Colpomenia sinuosa</i>	9	IIA	
<i>Hypnea musciformis</i>	5,75	IIA	
<i>Halopteris scoparia</i>	0,725	IIB	ESG IIB
<i>Ceramium diaphanum</i>	0,1	IIB	
<i>Ceramium rubrum</i>	0,05	IIB	
<i>Ceramium virgatum</i>	0,05	IIB	
<i>Cladophora albida</i>	2,75	IIB	
<i>Cladophora laetevirens</i>	0,1	IIB	
<i>Cladophora sp</i>	0,05	IIB	
<i>Cladophora vagabunda</i>	0,7	IIB	
<i>Herposiphonia secunda</i>	0,1	IIB	
<i>Heterosiphonia crispella</i>	0,2	IIB	
<i>Polysiphonia flocculosa</i>	0,1	IIB	
<i>Ulva compressa</i>	17,25	IIB	
<i>Ulva intestinalis</i>	0,075	IIB	
<i>Ulva rigida</i>	43	IIB	
<i>Xiphosiphonia sp</i>	0,025	IIB	

Annexe 08 : les groupes écologiques des espèces.

Groupes écologiques		Espèces
Groupes médiolittoraux	FM : frange médiolittoral	<i>Palisada perforata</i> <i>Laurencia verlaquei</i>
	RMM2 : roche médiolittoral moyennes	<i>Ulva compressa</i> <i>Cladophora laetevirens</i>
	RM : roche médiolittorale	<i>Polysiphonia flocculosa</i>
Groupes photophiles infralittoraux	PHI : photopiles infralittoral	<i>Cystoseira sp</i> <i>Jania rubens</i>
	PHIB : photophile infralittoral battu	<i>Ceramium rubrum</i>
	PHIC : photophile infralittoral relativement calme	<i>Ceramium virgatum</i> <i>Cystoseira compressa</i> <i>Cystoseira humilis</i> <i>Herposiphonia secunda</i> <i>Padina pavonica</i> <i>Heterosiphonia crispella</i>
	PHIT : photophile infralittoral thermophile	<i>Hypnea musciformis</i> <i>Jania adhaerens</i> <i>Sargassum vulgare</i>
Groupes sciaphiles	SI : sciaphile infralittoral	<i>Dictyopteris membranacea</i>
Groupes sciaphiles de mode battu	SSB : sciaphiles infralittoral battu	<i>Xiphosiphonia sp</i>
Groupes sciaphiles de mode relativement calme	SCI : sciaphiles infralittoral de mode relativement calme	<i>Dasya sp</i>
	SCIT : sciaphiles de mode relativement calme infralittorales, tolérantes	<i>Halopteris scoparia</i>
Groupes de pollution	PHIP : photopiles infralittoral portuaire	<i>Colpomenia sinuosa</i> <i>Cystoseira amentacea</i> <i>Gigartina acicularis</i> <i>Ulva rigida</i> <i>Ulva intestinalis</i>
Autres groupes	ISR : infralittoral de substrat dur, rocheux en particulier	<i>Ceramium diaphanum</i> <i>Coralina officinalis</i> <i>Corallina elongata</i> <i>Lithophyllum incrustans</i>
	LRE : large répartition écologique	<i>Cladophora albida</i> <i>Cladophora sp</i> <i>Cladophora vagabunda</i> <i>Gracilaria dura</i>

Annexe 09 : Quelques espèces rencontrées lors de l'échantillonnage.

Les Rhodophytes



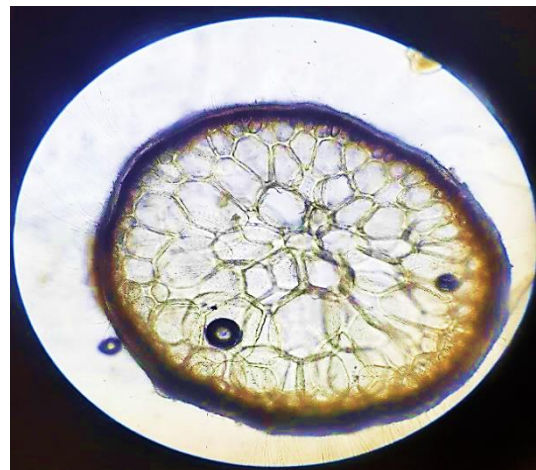
Jania rubens

A : Aspect général du thalle de l'espèce *Jania rubens* vue sous loupe binoculaire

B : Détail du thalle de l'espèce *Jania rubens* vue sous le microscope optique de grossissement (10×10)



C



D

Hypnea musciformis

C : Aspect général du thalle de l'espèce *Hypnea musciformis* vue à l'œil nue

D : Coupe transversale du thalle de l'espèce *Hypnea musciformis* vue sous le microscope optique de grossissement (10×10)

Les Pheophytes



A

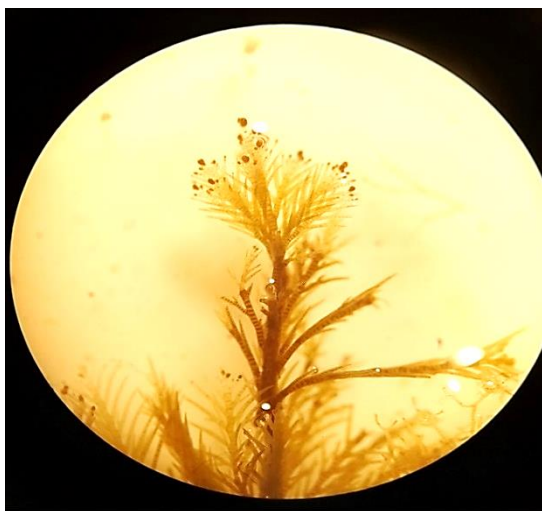


B

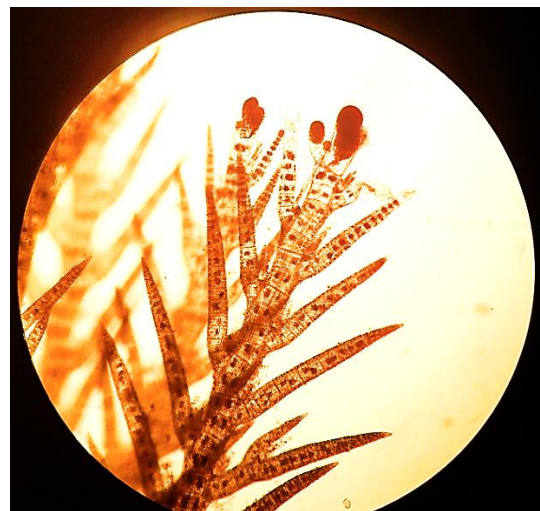
Cystoseira compressa

A : Aspect général du thalle de l'espèce *Cystoseira compressa* vue à l'œil nue

B : Coupe transversale du thalle de l'espèce *Cystoseira compressa* vue sous le microscope optique de grossissement (10×10)



C



D

Halopteris scoparia

C : Aspect général du thalle de l'espèce *Halopteris scoparia* vue sous loupe binoculaire

D : Détail du thalle de l'espèce *Halopteris scoparia* vue sous le microscope optique de grossissement (10×10)

Les Chlorophytes



A



B

Cladophora albida

A : Aspect général du thalle de l'espèce *Cladophora albida* vue sous loupe binoculaire

B : Détail des cellules du thalle de l'espèce *Cladophora albida* vue sous le microscope optique de grossissement (10×10)



C



D

Ulva rigida

C : Aspect général du thalle de l'espèce *Ulva rigida* vue à l'œil nu.

D : Détail des cellules du thalle de l'espèce *Ulva rigida* vue sous le microscope optique de grossissement (10×10).

Résumé

Cette étude floristique des macroalgues de substrat dur, s'étalent de Ain tagourait (Biae de Bou Ismail), montre différents aspects de cette flore afin d'arriver à bien la caractériser.

Le présent travail s'oriente vers un aperçu général sur les algues marines tel que la classification ainsi leurs principales exigences écologiques, aussi la méthodologie adoptée pour ce travail qui comprendra deux phases : un échantillonnage sur terrain et une identification des espèces au laboratoire en se basant sur une étude qualitative et quantitative à l'aide des paramètres synthétiques et analytiques.

Les résultats indiquent que la richesse floristique des Rhodophycées est élevée par rapport aux autres groupes systématiques avec dominance des Florideophyceae et absence totale des Bangiophyceae, ce n'est pas le cas pour la dominance quantitative où les Phéophycées prennent le dessus, plus précisément l'espèce *Cystoseira compressa* ; puis en deuxième position les Chlorophycées avec la dominance des ulvales principalement *Ulva rigida*. Les indices de diversité montrent que l'état écologique de cette région est moyen, Classé modérément pollué. L'indice de qualité pour les fonds rocheux CFR montre que la station de Ain Tagourait comme statut bon.

Mots-clés : macroalgues ; Rhodophycées ; Florideophyceae ; Bangiophyceae ; Phéophycées ; Chlorophycées ; *Cystoseira compressa* ; *Ulva rigida* ; L'indice de qualité pour les fonds rocheux CFR

Abstarct

This floristic study of macroalgae of hard substrate, spread out from Ain tagourait (Biae of Bou Ismail), shows different aspects of this flora in order to characterize it well.

This work is oriented towards a general overview of marine algae such as the classification and their main ecological requirements, also the methodology adopted for this work which will include two phases: field sampling and identification of species in the laboratory based on on a qualitative and quantitative study using synthetic and analytical parameters.

The results indicate that the floristic richness of Rhodophyceae is high compared to other systematic groups with dominance of Floridaophyceae and total absence of Bangiophyceae, this is not the case for the quantitative dominance where Pheophyceae take over, more precisely the species *Cystoseira compressa*; then in second position the Chlorophyceae with the dominance of ulvales mainly *Ulva rigida*. The diversity indices show that the ecological state of this region is average, Classified as moderately polluted. The quality index for rocky bottoms CFR shows that the station of Ain Tagourait as good status.

Keywords: macroalgae; Rhodophyceae; Floridaophyceae; Bangiophyceae; Pheophyceae; Chlorophyceae; *Cystoseira compressa*; *Ulva rigida*; The quality index for rocky bottoms CFR.

المخلص

تظهر هذه الدراسة حول الطحالب الكبيرة للطبقة الصلبة الممتدة من عين تاقورايت جوانب مختلفة من هذه النباتات من أجل توصيفها بشكل جيد.

هذا العمل موجه نحو نظرة عامة على الطحالب البحرية مثل التصنيف ومتطلباتها البيئية الرئيسية، وكذلك المنهجية المعتمدة لهذا العمل والتي تشمل مرحلتين: أخذ العينات الميدانية وتحديد الأنواع في المختبر على أساس نوعي وكمي الدراسة باستخدام المعلمات التركيبية والتحليلية.

تشير النتائج إلى أن الثراء الزهري لـ Rhodophyceae مرتفع مقارنة بالمجموعات المنهجية الأخرى مع سيطرة Floridaophyceae والغياب التام لـ Bangiophyceae، وهذا ليس هو الحال بالنسبة للهيمنة الكمية حيث تتولى Pheophyceae السيطرة، وبشكل أكثر دقة الأنواع *Cystoseira compressa*؛ ثم في المركز الثاني، Chlorophyceae مع هيمنة *ulvales* بشكل رئيسي *Ulva rigida*

تظهر مؤشرات التنوع أن الحالة البيئية لهذه المنطقة متوسطة، مصنفة على أنها ملوثة إلى حد ما. يوضح مؤشر الجودة للاعماق الصخرية CFR أن محطة عين تاقورايت في حالة جيدة.

الكلمات المفتاحية: الطحالب الكبيرة ; Rhodophyceae ; ; Floridaophyceae; Bangiophyceae ; Pheophyceae; Chlorophyceae ; *Cystoseira compressa* ; *Ulva rigida* ; مؤشر الجودة للاعماق الصخرية CFR

