

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل
École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme
d'Ingénieur et Master en Sciences de la Mer
Option : Biodiversité et gestion des écosystèmes

Thème :

**Bioévaluation de la qualité des eaux marines côtières par
l'utilisation des macroalgues : dynamique spatiale**

Présenté par :

Mlle HADJ TAHAR Nefissa

Mlle REBAI Ouissam

Soutenu le 31/10/2021, devant le jury composé de :

M. KASSAR A.	MAA	ENSSMAL	Président
M. KABRANE A.	MAA	ENSSMAL	Promoteur
Mme HENDA A.	MAA	ENSSMAL	Examineur
M. ROUIDI S.	Attaché de Recherche	CNRDPA	Examineur

Année universitaire : 2020- 2021

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل
École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme
d'Ingénieur et Master en Sciences de la Mer
Option : Biodiversité et gestion des écosystèmes

Thème :

**Bioévaluation de la qualité des eaux marines côtières par
l'utilisation des macroalgues : dynamique spatiale**

Présenté par :

Mlle HADJ TAHAR Nefissa

Mlle REBAI Ouissam

Soutenu le 31/10/2021, devant le jury composé de :

M. KASSAR A.	MAA	ENSSMAL	Président
M. KABRANE A.	MAA	ENSSMAL	Promoteur
Mme HENDA A.	MAA	ENSSMAL	Examinateur
M. ROUIDI S.	Attaché de Recherche	CNRDPA	Examinateur

Année universitaire : 2020- 2021

AVANT PROPOS

Grâce à **Allah** le Tout-Puissant qui nous a accordé la force et la volonté pour accomplir
et réaliser ce modeste travail.

Ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide de **M. KABRANE**,
on le remercie d'avoir suggéré ce sujet et également de nous avoir guidé à retrouver le
bon chemin par sa sagesse, sa disponibilité, sa patience, sa rigueur et ses précieux
conseils, nous le remercions infiniment.

Nous tenons à remercier **M. KASSAR** pour avoir accepté de présider le jury d'examen.

Nos remerciements s'adressent de même à **Mme HENDA** et **M. ROUIDI** de nous faire
l'honneur de participer à l'évaluation de ce travail.

Nos vifs remerciements à **Mme MEKDAHI** qui a bonifié l'atmosphère au laboratoire.

Nous ne manquerons pas de témoigner le remerciement à **M. BERMEJO** (Université de
Cádiz-Espagne) pour avoir contribué à ce travail.

Nous ne pouvons achever ce mémoire sans exprimer notre gratitude à tous nos enseignants,
pour leurs efforts tous au long de notre cursus universitaire.

À tous ceux et celles qui ont été derrière nous de près ou de loin par leur soutien moral,
nous associons nos profonds remerciements.

TABLES DES MATIÈRES

AVANT PROPOS	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES ANNEXES	
ACRONYMES ET ABREVIATIONS	
RÉSUMÉ	
INTRODUCTION.....	3
CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS	
1. LA SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DU MILIEU MARIN.....	5
1.1. CADRE RÈGLEMENTAIRE EN ALGÉRIE.....	5
1.2. EXEMPLE DE CADRE RÈGLEMENTAIRE INTERNATIONAL.....	5
2. LES MACROALGUES : BIOINDICATEURS DE LA QUALITÉ DES EAUX MARINES.....	6
CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES	
1. STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE.....	11
2. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE.....	12
2.1. LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DES SITES D'ÉTUDE.....	13
2.1.1 AIN TAGOURAÏT.....	14
2.1.2 BOU ISMAÏL.....	14
3. PRESSIONS ANTHROPIQUES.....	14
4. ÉCHANTILLONNAGE ET TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS.....	16
4.1. ÉCHANTILLONNAGE.....	16
4.2. TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS.....	18
5. ÉTUDE STRUCTURALE.....	19
5.1. PARAMÈTRES ANALYTIQUES.....	19
5.1.1. LE RECOUVREMENT (R_i).....	19
5.1.2. LE RECOUVREMENT MOYEN GLOBAL (RMG).....	19
5.1.3. LE COEFFICIENT T.....	20
5.1.4. LE COEFFICIENT Q.....	20
5.1.5. LA DOMINANCE QUANTITATIVE (DR_i).....	20
5.1.6. LA DOMINANCE QUALITATIVE (DQ_i).....	20
5.2. LES PARAMETRES SYNTHETIQUES.....	20
5.2.1. LES INDICES DE DIVERSITÉ.....	20

a) INDICE DE SHANNON-WIENER (H')	20
b) INDICE D'ÉQUITABILITÉ (E) :	21
5.2.2. DIAGRAMME RANG-FRÉQUENCE (DRF).....	22
6. ÉTUDE FONCTIONNELLE	24
6.1. INDICE D'ÉVALUATION ÉCOLOGIQUE (EEI-c) :	24

CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. INVENTAIRE TAXONOMIQUE.....	29
2. DOMINANCES QUANTITATIVES (DR%) ET QUALITATIVES (DQ%) DES GROUPES SYSTÉMATIQUES	36
3. DYNAMIQUE SPATIALE DES TAXONS SENTINELS DE LA POLLUTION.....	39
4. INDICES DE DIVERSITÉ ET DRF.....	42
5. DYNAMIQUE DES GROUPES FONCTIONNELS.....	44
6. DISCUSSION GÉNÉRALE	46
CONCLUSION	50
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	51
ANNEXES	60

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Différents types d'indicateurs biologique en fonction des variables utilisées (d'après BIRJE et GRAVEZ, 1991 ; ; in GRALL et COÏC, 2006).....	7
Figure 2 : Cartes de la localisation géographique des stations d'étude (KABRANE, 2012 - modifiée).....	13
Figure 3 : Quadrats métalliques (HADJ TAHAR et REBAI, 2021).....	17
Figure 4 : Schéma de quadrat utilisé pour l'estimation du recouvrement.	19
Figure 5 : Allure des DRF au cours d'une succession écologique d'après FRONTIER (1976)	23
Figure 6 : Variations des populations en fonction des conditions naturelles (ORFANIDIS et al., 2011) Vision conventionnelle (A) et dynamique (B) des changements successifs.....	24
Figure 7 : Matrice basée sur l'abondance moyenne des ESG pour déterminer les valeurs d'état écologique servant au calcul de l'EEI (ORFANIDIS et al., 2011).....	26
Figure 8 : <i>Cystoseira amentacea var. stricta</i> Montagne, 1846	34
Figure 9 : <i>Cystoseira compressa</i> (Esper) Gerloff & Nizamuddin, 1975 (Aspect général du thalle).....	34
Figure 10 : <i>Corallina officinalis</i> Linnaeus, 1758 (rameau terminal sous loupe).....	34
Figure 11 : <i>Ellisolandia elongata</i> (J.Ellis & Solander) K.R.Hind & G.W.Saunders, 2013 (rameau terminal sous loupe)	35
Figure 12 : <i>Palisada perforata</i> (Bory) K.W.Nam, 2007 (Aspect général du thalle).....	35
Figure 13 : <i>Pterocladia capillacea</i> (S.G.Gmelin) Santelices & Hommersand, 1997 (Aspect général à l'œil nu)	35
Figure 15 : <i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) J.V.Lamouroux, 1813 (rameau terminal sous loupe)	35
Figure 16 : <i>Xiphosiphonia pennata</i> (C.Agardh) Savoie & G.W.Saunders, 2016 (partie terminale sous microscope)	35
Figure 17 : <i>Dictyopteris polypodioides</i> (A.P.De Candolle) J.V.Lamouroux, 1809 (Aspect général du thalle)	35
Figure 18 : <i>Pyropia leucosticta</i> (Thuret) Neefus & J.Brodie, 2011 (Aspect général à l'œil nu).....	35
Figure 19 : <i>Caulerpa racemosa</i> (Forsskål) J.Agardh, 1873 (Aspect général du thalle sous loupe)	35
Figure 14 : <i>Chondracanthus acicularis</i> (Roth) Fredericq, 1993 (Aspect général à l'œil nu).....	35
Figure 20 : Les dominances quantitatives (DR%) des ordres systématiques du peuplement algal des stations d'étude.	36
Figure 21 : Les dominances qualitatives (DQ%) des ordres systématiques du peuplement algal des stations d'étude.	39
Figure 22 : Diagrammes Rangs-Fréquences (DRFs) de peuplement algale des deux stations.....	43
Figure 23 : Carte synthétique des indices structuraux et fonctionnelle (source : KABRANE, 2012- Modifiée)..	47

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Définition de trois classes de qualité des eaux côtières sur la base du phytobenthos en référence à la DCE (ANON, 2000 ; in KABRANE, 2012).	9
Tableau 2 : Tableau comparatif de données relatives aux stations d'études.....	15
Tableau 3: Limites de la classe d'état écologique des eaux de transition et des eaux côtières selon la formule continue de l'indice d'évaluation écologique (EEI-c) appliquée dans les valeurs théoriques (ORFANIDIS <i>et al.</i> , 2011).....	26
Tableau 4: Inventaire spécifique des peuplements macroalgues des stations d'étude : Ain Tagouraït (AT) et Bou Ismaïl (BI).	29
Tableau 5 : La diversité des ranges taxonomiques des deux stations	31
Tableau 6 : Le nombre d'espèces (T) et le pourcentage de recouvrement (R%) des groupes systématiques.	31
Tableau 7: Tableau comparatif du nombre de taxons recensés dans diverses études en Méditerranée et l'Atlantique.	32
Tableau 8 : Recouvrements moyens les plus importants d'Ain Tagouraït et Bou Ismaïl.	33
Tableau 9 : Variation spatiale des dominances quantitatives (DR%) et qualitative (DQ%) des taxons du groupe Photophile infralittoral portuaire PhIP.	40
Tableau 10 : Variation spatiale des dominances quantitatives (DRi%) des espèces sensibles à la pollution.	41
Tableau 11: Tableau synthétique des indices de diversité de Ain Tagouraït et Bou Ismaïl.....	42
Tableau 12 : Classification des espèces recensées par groupes de statut écologiques.....	44
Tableau 13: Évaluation et classification de l'état écologique sur la base de la formule continue de l'indice d'évaluation écologique (EEI-c).....	46

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE I : Les éléments de qualité retenus par la DCE dans article 1.1.4 de l'annexe V pour la classification de l'état des masses d'eau de transition et des masses d'eau côtières (**ZUBIA *et al.*, 2012**).

ANNEXE II : Fiche d'échantillonnage.

ANNEXE III : Recouvrements des taxons recensés dans les prélèvements ponctuels des deux stations Ain Tagouraït et Bou Ismaïl.

ANNEXE IV : Recouvrements moyens des deux stations.

ANNEXE V : Dominances quantitatives (DR%) et qualitatives (DQ%) des groupes systématiques (Ordres) des deux stations Ain Tagouraït et Bou Ismaïl

ANNEXE VI : Groupes écologiques des taxons recensées dans les deux stations.

ANNEXE VII : Dominances qualitatives et quantitatives des groupes écologiques.

ANNEXE VIII : Dominances relatives (Ri/RT) et rangs respectifs des taxons recensés pour chaque station.

ANNEXE IX : Recouvrements (%) des groupes écologiques (ESG : Statu Ecologique des Groupes) et indice d'évaluation écologique (EEI-c), (Source : <http://www.eei.gr/EN/coastal.html>).

ACRONYMES ET ABREVIATIONS

AT : Ain Tagouraït

BI : Bou Ismaïl

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

CNL : Commissariat National du Littoral

EAM : Elevage Aquacole de la Méditerranée

EEI : *Ecological Evaluation Index*

EEI-c : *Ecological Evaluation Index -continuous*

EQR : *Ecological Quality Ratio*

ESG : *Ecological Status group*

ESC : *Ecological Status Classes*

MATE : Le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement

MED POL: *Program of pollution monitoring and research in the Mediterranean*

ONEDD : Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable

ONM : Office National de Météorologie (Algérie)

ONS : Office National des Statistiques

PAC : Programme d'Aménagement Côtier

PAM : Plan d'Action pour la Méditerranée

PAS MED : Plan d'Action Stratégique en Méditerranée

PNUE : Programme des Nations Unis pour l'Environnement

Qt: Quadrat

WoRMS : *World Register of Marine Specie*

RÉSUMÉ

Dans cette étude, des macroalgues ont été utilisées dans l'évaluation de la qualité des eaux marines côtières, suivant un gradient de pollution, s'étalant de Aïn Tagourait à Bou Ismaïl (Baie de Bou Ismaïl - Ouest d'Alger). Les analyses structurales et fonctionnelles réalisées sur les peuplements macroalgaux infralittoraux respectifs des deux sites, ont montré que la qualité écologique des eaux côtières de Aïn Tagourait serait meilleure que celle de Bou Ismaïl. Ce constat est surtout conforté par la qualité de la richesse taxonomique, qui met en évidence la dominance d'espèces sthéniques (ex. : *Cystoseiras pp.*), sensibles à la pollution, au niveau de Aïn Tagourait, par opposition à Bou Ismaïl dont la diversité floristique est marquée par la dominance d'espèces indicatrices de pollution (ex. : *Ulva lactuca* ; *Hypnea musciformis* ; *Corallina officinalis*). L'indice *EEI-c* a fourni également des *ESCs* « Bon-Excellent » et « Modéré-Médiocre » respectivement à Aïn Tagourait et Bou Ismaïl ; le *EQR* de ce dernier (0.24) semble indiquer que ce site serait soumis davantage aux pressions anthropiques que ne le serait Aïn Tagourait (*EQR*= 0.54).

Mots-clés : Bioévaluation ; macroalgues ; qualité des eaux ; gradient de pollution ; pression anthropique ; peuplements infralittoraux ; *EEI-c*.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Depuis les dernières décennies, les écosystèmes marins sont confrontés à des perturbations sévères d'origines naturelle et/ou anthropique. Les côtes algériennes n'échappent malheureusement pas à cette règle, et se trouvent être le réceptacle ultime de pollutions d'origines diverses (**BOUTIBA *et al.*, 2003 ; GRIMES, 2003 ; TALEB *et al.*, 2007, 2009 ; HOUMA *et al.*, 2013 ; BELKACEM *et al.*, 2016**). Elles sont désormais considérées comme l'une des plus peuplées du bassin méditerranéen.

L'évaluation de la qualité des eaux littorales et le suivi des impacts des activités anthropiques sur le milieu marin s'avèrent être d'une extrême nécessité ; si ceux-ci étaient longtemps limités à la mesure de paramètres physico-chimiques de l'eau, on peut compter désormais sur l'alternative qu'offrent les indicateurs biologiques, qui présentent l'avantage d'être, à la fois descripteurs de l'état écologique et éléments susceptibles d'intégrer, à long terme, les effets de quelques stress de l'environnement ambiant.

Le macrophytobenthos est connu pour être un excellent indicateur de la qualité des eaux (**PINEDO *et al.*, 2007**), d'où la multitude de méthodologies préconisées afin de bioévaluer la qualité des masses d'eaux côtières.

L'évaluation biologique de la qualité des eaux en Algérie avait commencé par l'étude de l'impact de la pollution sur la fraction algale des peuplements benthiques, ainsi que la mise en évidence d'espèces ou groupes d'espèces indicatrices de pollution, en fonction de leur disparition, ou de leur prolifération, en relation avec la qualité des eaux marines côtières (**KADARI-MEZIANE, 1994 ; OULD-AHMED, 1994 ; SERIDI, 2007 et SERIDI *et al.*, 2007 ; BENALI, 2010 ; KARALI, 2010 ; KABRANE, 2012**). **CHABANE (2019)** a étudié dans un aspect spatio-temporel la biodiversité et le fonctionnement des peuplements algaux benthiques des côtes algéroises, en utilisant l'indice d'évaluation écologique EEI-c pour la surveillance des masses d'eaux marines.

BENBIDA (2020) s'est intéressée à l'étude de la dynamique temporelle (saisonnière) du peuplement macrophytique de la station Ilot (Ain Benian), afin d'établir le lien de causalité avec la qualité des eaux côtières, en s'aidant de l'indice biotique EEI-c.

Dans la même optique, le présent travail porte sur l'étude structurale et fonctionnelle des peuplements macroalgaux infralittoraux des stations Ain Tagourait et Bou Ismail, suivant un gradient spatial d'anthropisation. Il est à rappeler que ce travail a eu lieu sous la contrainte du protocole sanitaire associé à la pandémie COVID 19.

CHAPITRE I

GÉNÉRALITÉS

1. LA SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DU MILIEU MARIN

1.1.CADRE RÉGLEMENTAIRE EN ALGÉRIE

La frange littorale du pays est confrontée à des pressions anthropiques intenses ; à cet effet le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement place la réduction de la pollution marine et celle des milieux récepteurs dans la zone littorale parmi ses principales priorités ; c'est dans cette perspective que plusieurs programmes ont été initiés depuis 2002 (**MATE *et al.*, 2005**), notamment :

- le Programme d'aménagement côtier (PAC),
- le plan national d'action environnementale et de développement durable,
- le plan de gestion rationnelle et écologique des déchets spéciaux (industriels et hospitaliers),
- le plan national de gestion des déchets ménagers et en concertation avec le secteur de l'eau le plan national de l'assainissement.

Pour soutenir ces programmes nationaux, une série de textes juridiques a été promulguée, notamment :

- la loi 02-02 relative à la protection et à la valorisation du littoral ;
- la loi sur les déchets ;
- la loi sur l'environnement dans le cadre du développement durable.

De même, un renforcement institutionnel a été opéré à travers la création d'agences et d'observatoires (agence des déchets, Observatoire de l'environnement et du développement durable (ONEDD), commissariat national du littoral ...).

1.2.EXEMPLE DE CADRE RÉGLEMENTAIRE INTERNATIONAL

Un modèle international de gestion de l'eau qui définit un cadre pour la gestion et la protection des eaux par grand bassin hydrographique au plan européen (les Etats membres de l'Union européenne) promulguée en 2000, il s'agit de La Directive Cadre sur l'Eau (DCE), cette dernière fixe notamment un objectif de bon état écologique et chimique pour les masses d'eau superficielles (**ZUBIA *et al.*, 2012**).

Afin d'établir l'état global de ces masses d'eau, la DCE s'appuie sur l'évaluation d'un certain nombre d'éléments de qualité (Annexe I), qui peuvent différer selon la catégorie de masse d'eau superficielle considérée. Parmi ceux-ci, on peut citer les paramètres biologiques suivants (ZUBIA *et al.*, 2012) :

- La composition, l'abondance et la biomasse phytoplanctoniques.
- La composition et l'abondance de la flore autre que le phytoplancton (macroalgues, angiospermes)
- La composition et l'abondance de la faune benthique invertébrée et poissons.

L'application de la DCE nécessite la mise en place de contrôles pour évaluer l'état écologique des masses d'eaux côtières et de transition. Elle impose une obligation de résultats aux États membres, à travers des objectifs environnementaux majeurs. Actuellement, des recherches sont menées à travers l'Europe afin de s'enquérir de l'efficacité de la DCE après plusieurs décennies de mise en application.

2. LES MACROALGUES : BIOINDICATEURS DE LA QUALITÉ DES EAUX MARINES

En Méditerranée, à partir de la convention de Barcelone, les pays de la région méditerranéenne ont été invités à instaurer des systèmes d'indicateurs du développement durable, en réponse aux directives émanant du PNUE-PAM. Le but en est de standardiser ces indicateurs de façon à ce qu'ils soient représentatifs à l'échelle méditerranéenne, et pas seulement à une échelle locale (CASAZZA *et al.*, 2002 ; *in* KABRANE, 2012).

La notion de "indicateur biologique", ou bioindicateur, désigne une espèce ou une population qui, du fait des particularités écologiques des espèces composant l'assemblage, est apte à rendre compte de façon intégrée dans le temps de l'ambiance écologique régnant dans un milieu aquatique et à révéler précocement des modifications biotiques ou abiotiques de l'environnement (NAULEAU, 1988 ; CHAUVIN *et al.*, 2014).

Selon **PEARSON et ROSENBERG (1978)**, l'étude d'un milieu ne doit pas se concentrer seulement sur l'absence ou la présence de quelques espèces clefs, mais doit prendre en compte l'ensemble des espèces présentes au sein de la communauté. L'utilisation de groupes d'espèces indicatrices plutôt que d'espèces isolées est donc préférable et constitue la base des indices décrits dans cette étude.

Le bioindicateur indique non seulement des changements environnementaux, mais fournit également des informations au sujet de l'intensité d'exposition à certaines substances par des réponses "mesurables", physiologiques, biochimiques ou comportementales (**WILSON ,1994**).

Les perturbations dans les eaux côtières résultent le plus souvent d'une combinaison complexe de différentes sources de stress. **DAUER (1993)** définit le terme de "stress" du milieu marin comme désignant tout facteur physique ou chimique altérant le recrutement, la croissance ou la survie des organismes, affectant ainsi la structure voire la composition des peuplements.

Les effets des perturbations sur les organismes peuvent s'exprimer au niveau de l'espèce ou au niveau d'un peuplement dans son ensemble et permettent de développer différentes techniques et indices permettant d'étudier l'état d'un milieu (Fig.1) (**CASALDUERO, 2001 ; in GRALL et COÏC, 2006**).

<i>Indicateur</i>	<i>Nature des variables permettant le diagnostic</i>
une espèce	Biochimie Cytologie Physiologie Ethologie Demographie
groupe d'espèces	Richesse spécifique Abondance Indice biologique

Figure 1 : Différents types d'indicateurs biologique en fonction des variables utilisées (d'après **BIRJE et GRAVEZ, 1991; in GRALL et COÏC, 2006**)

Les organismes et communautés benthiques, se révèlent être particulièrement adaptés pour l'évaluation de l'état des écosystèmes dans lesquels ils se développent (**PEARSON et ROSENBERG, 1978 ; GRAY et PEARSON, 1982 ; WARWICK, 1986 ; DAUER, 1993 ; WARWICK, 1993 ; FANO *et al*, 2003**).

Elles peuvent apporter des informations précieuses sur l'état des milieux aquatiques, en raison de leur sessilité, qui les empêche de fuir les perturbations du milieu, et qui permet, de surcroît, de donner une illustration fiable de leur habitat, contrairement aux espèces vagiles (ex. : poissons, etc.).

Les peuplements multispécifiques répondent différemment aux perturbations du milieu, du fait de la différence des sensibilités des espèces qui les composent, ce qui se répercute sur leurs structures, d'où, par exemple, la différence de poids des groupes fonctionnels au sein du peuplement, lesquels caractérisent, possiblement, les niveaux de perturbation du milieu.

Ayant pour la plupart un cycle de vie assez court, les organismes benthiques intègrent les effets d'une pollution ponctuelle pouvant disparaître d'une année à l'autre ; cette durée de vie reste cependant suffisamment longue pour que les effets des perturbations cumulées sur une saison puissent être observés (**GRALL et COÏC, 2006**).

Selon **BALLESTEROS *et al.* (2007)**, le macrophytobenthos est considéré comme un excellent indice de la qualité de l'eau. Ce dernier a prouvé son efficacité dans de nombreux écosystèmes pour déterminer la pollution dans les environnements marins (**BERMEJO *et al.*, 2012**).

En tant que base principale de la production primaire dans la plupart des hydrosystèmes, donc la base du réseau trophique, les macroalgues reflètent le niveau et l'état de fonctionnement du système, et sont susceptibles de renseigner sur un dérèglement de l'ensemble des flux de matières et d'énergie caractérisant ce réseau (**CHAUVIN *et al.*, 2014**).

Ces critères biologiques, intégrant un ensemble de facteurs dans le temps, sont donc plus représentatifs de l'évolution des stress à long terme que les analyses d'échantillons d'eau.

L'application de la Directive européenne Cadre sur l'Eau (DCE) requière en effet, l'évaluation de l'état écologique des eaux de surface afin de mettre en œuvre des mesures de gestion ; trois cas de figure ont été posés, en prenant en considération les macrophytes (Tab.1) :

Tableau1: Définition de trois classes de qualité des eaux côtières sur la base du phytobenthos en référence à la DCE (ANON, 2000 ; in KABRANE, 2012).

	Très bon état	Bon état	État moyen
Algues macroscopiques et angiospermes	<p>Tous les taxons d'algues microscopiques et d'angiospermes sensibles aux perturbations et associés aux conditions non perturbées sont présents.</p> <p>Les niveaux de couverture d'algues macroscopiques et l'abondance d'angiospermes correspondent aux conditions non perturbées.</p>	<p>La plupart des taxons d'algues macroscopiques et d'angiospermes sensibles aux perturbations et associés aux conditions non perturbées sont présents.</p> <p>Le niveau de couverture d'algues macroscopiques et l'abondance d'angiospermes montrent de légers signes de perturbation..</p>	<p>Un nombre modere de taxons d'algues macroscopiques et d'angiospermes sensibles aux perturbations et associés aux conditions non perturbées sont absents.</p> <p>La couverture d'algues macroscopiques et l'abondance d'angiospermes sont modérément perturbées et peuvent être de nature à entraîner une perturbation indésirable de l'équilibre des organismes présents dans la masse d'eau.</p>

Pour analyser les changements de la qualité des eaux, par l'utilisation des macroalgues, différents indices et méthodes ont été proposées dans le cadre de la DCE : "*The Ecological Evaluation Index*" (EEI) développé par **ORFANIDIS et al. (2001)** figure parmi les indices les plus utilisés.

Selon **GRALL et COÏC (2006)**, l'indice idéal doit répondre à deux conditions :

- la robustesse : être indépendant vis-à-vis des facteurs externes (taille de l'échantillonnage, type d'habitat, degré d'identification taxonomique).
- le pouvoir discriminant : Etre capable de refléter les différences entre les communautés en relation avec les facteurs de perturbation, qu'il s'agisse de la richesse spécifique, de l'équitabilité de la distribution des espèces ou du caractère sensible ou tolérant des espèces.

CHAPITRE II

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE

Une bonne stratégie d'échantillonnage, doit assurer le meilleur compromis entre l'objectif de l'étude, les connaissances préalables et les contraintes logistiques - temps, matériel, ressources, etc.

La méthodologie adoptée, dans cette étude, repose essentiellement sur des observations *in situ*, prélèvements et mesures bionomiques, afin de comprendre la relation de causalité entre la structure/fonctionnement des peuplements macroalgaux, et la qualité écologique des eaux côtières ; Les résultats obtenus permettent de comparer l'état écologique des sites prospectés.

Le choix des sites est motivé par la probabilité d'un gradient d'anthropisation, suggérant que les stations d'étude seraient soumises à des pressions anthropiques différentes.

L'échantillonnage a concerné les peuplements macroalgaux, de l'étage infralittoral supérieur, de substrat dur, de mode calme à semi-battu.

L'étage infralittoral est la zone la plus riche et la plus diversifiée en faune et en flore marines. Ceci est due aux conditions favorables d'éclairement qui s'amenuisent en descendant vers les étages inférieurs (**PERES et PICARD, 1964**).

La limite supérieure de l'étage infralittoral est le niveau à partir duquel, les peuplements sont, soit toujours immergés, soit très rarement émergés.

Sa limite inférieure s'étend jusqu'à 30-40m pour la Méditerranée (**PERES et PICARD, 1964**). Elle est compatible avec la vie des algues photophiles, néanmoins la répartition de peuplements sciaphiles, ne devrait pas être envisagée comme dépendant absolument de la bathymétrie ; les crevasses ou failles rocheuses en zone euphotique abritent aussi des peuplements sciaphiles (**KABRANE, 2012**).

Dans l'infralittoral, le benthos constitue un témoin permanent de l'environnement car ses composantes biologiques intègrent les caractéristiques écologiques locales, soumises à des fluctuations d'origine naturelles (« *global change* ») ou anthropique (pollutions, industriels, aménagements, ...) (**GRAY et al. ; 1992**).

Les peuplements de l'infra-littoral supérieur sont des outils très appréciables pour l'évaluation de la qualité de l'environnement côtier, du fait de l'accessibilité de leur biotope, ainsi que de la forte exposition de ce dernier aux impacts anthropiques (**BENALI, 2010**).

La méthodologie de quadrat est la mieux préconisée pour ce genre d'étude : elle permet, à la fois, d'avoir un aspect qualitatif et quantitatif des peuplements macroalgues de substrat dur.

La surface du quadrat ne doit pas être inférieure à "l'aire minimale" définie par **PERES et PICARD (1964)** comme étant la plus petite surface sur laquelle la quasi-totalité des espèces de peuplement se trouvent réunies simultanément ; elle doit être supérieure à 0,25m², et excède exceptionnellement le 1m².

La plupart des phytosociologues marins travaillent maintenant en Méditerranée sur des surfaces inférieures à 900cm² - généralement 625cm² ou 400cm² - (**BOUDOURESQUE et BELSHER, 1979**).

Le présent travail se soucie d'étudier la variabilité spatiale (ou dynamique spatiale) des peuplements macroalgues, qui consiste en un prélèvement ponctuel (même période) sur deux stations d'étude distantes et supposées être soumises à différents niveaux de stress environnementaux.

2. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La présente étude a concerné deux sites de la baie de Bou-Ismaïl (ex Golfe de Castiglione), l'une des plus importantes de la côte algérienne, située dans la partie centrale du littoral algérien, dépendant administrativement des wilayas d'Alger et de Tipaza.

Avec une ouverture d'environ 40km orientée du Sud- Ouest au Nord- Est, soit 2° 54' Est et 36° 48' Nord à 2° 24 Est et 36° 38 Nord (**BACHARI, 2009**), la Baie de Bou-Ismaïl couvre une surface de l'ordre de 350km² (**BRAIK, 1989 ; in HADDOUCHE, 2003**), et est délimitée, d'Ouest en Est, respectivement par le cap du Mont Chenoua, et le Ras Accrata-Ain Bénian (**CADASTRE, 2004**).

La longueur du plateau continental de la baie se rétrécit au niveau des caps (2km à 3km) et s'élargit au milieu de la baie –10km en face du Mazafran - (**CADASTRE, 2004**).

La baie de Bou Ismail est caractérisée par un climat sub-humide, un hiver humide et un été chaud et sec (**O.N.M, 2003**).

La baie de Bou Ismail est soumise au courant algérien qui s'écoule d'Ouest en Est ; Il résulte d'un écoulement d'eau atlantique pouvant atteindre 0,5 à 0,7m/s, passant à quelques milles au larges de côtes (MILLOT, 1987 ; *in* OUAHIL, 2017).

2.1. LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DES SITES D'ÉTUDE

Le prélèvement des échantillons a été effectué au niveau de deux stations différentes : Ain Tagourait et Bou Ismail ; localisées dans la partie ouest de la région de Tipaza(Fig.2)

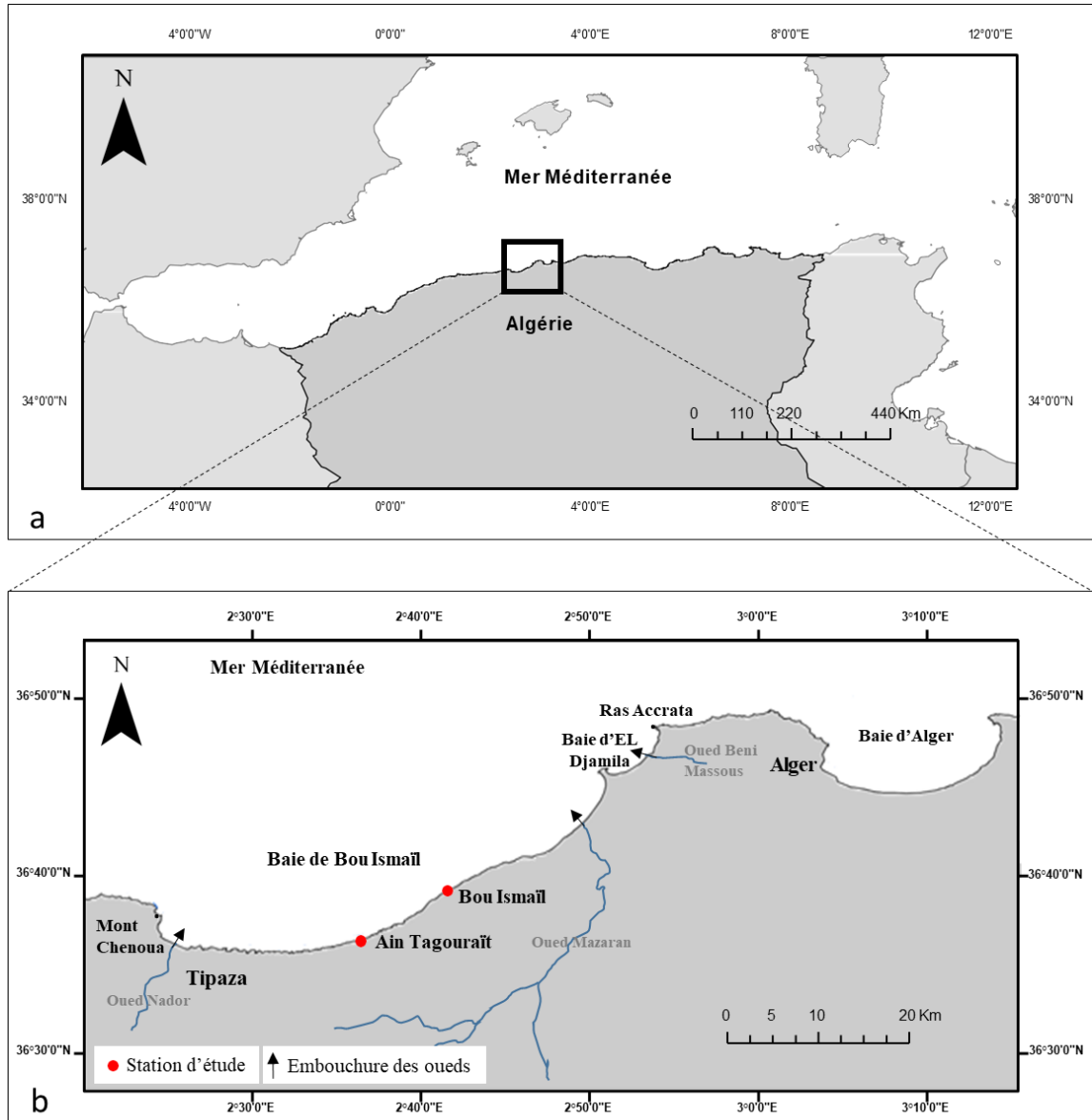


Figure 2: Cartes de la localisation géographique des stations d'étude (KABRANE, 2012 - modifiée).

- a) Carte de la côte algérienne.
- b) Carte de la région centre et ouest de la côte algéroise.

2.1.1 AIN TAGOURAÏT

La première station d'échantillonnage correspond à la plage "Bérard" (36°36'42.8"N 2°37'29.4"E), située à l'entrée de la commune de Ain Tagouraït, Le prélèvement des échantillons a été pratiqué sur les platiers rocheux de la plage, la zone est limitée à l'ouest par la ferme Sarl Elevage Aquacole de la Méditerranée (Sarl EAM) - présentement fermée-, et à l'est par la plage Mahieddine (plage Suisse).

2.1.2 BOU ISMAÏL

Le deuxième point d'échantillonnage correspond à la plage "pailote" aux coordonnées 36°39'06.8"N 2°41'46.5"E, Il s'agit d'une plage avec un fond marqué par une succession de faciès rocheux et sablonneux ; des dépôts meubles surplombent souvent un socle rocheux.

Cette station est à l'intérieur de la ville de Bou Ismaïl, qui est contrairement à Ain Tagouraït, densément peuplée, avec un trafic important, et des émissaires urbains sauvages.

3. PRESSIONS ANTHROPIQUES

La région de Tipaza est une agglomération côtière à caractère touristique, agricole et plus ou moins industriel, elle est donc hautement soumise aux activités anthropiques (**KARALI, 2010**). A titre indicatif, cette région est la plus grande utilisatrice d'engrais (environ 41 654 tonnes par année) sur la côte algérienne (**GRIMES *et al.*, 2013**).

La région de Bou-Ismaïl est une zone à vocation touristique et agricole ; sa frange côtière est soumise principalement aux rejets domestiques des villes et des complexes touristiques qui se déversent directement dans le milieu naturel sans aucun traitement au préalable. Ajoutant à cela les rejets d'eaux usées véhiculées par les oueds qui se déversent en mer, drainant les eaux de ruissellement des terres agricoles, des effluents urbains et industriels, en plus de la pollution liée à l'activité de la pêche (**LEM, 1998 ; in BACHARI, 2009**).

À l'embouchure de l'oued Mazafran, des niveaux inquiétants de pollution métallique ont été décelés ; c'est fort probablement dû aux nombreuses unités industrielles qui se sont installés en amont de l'oued au cours de ces deux dernières décennies (**PAC, 2005**).

Des concentrations inquiétantes en Zn et en Fe ont été observées au port de pêche de Bouharoun. (**PAC, 2006**)

Néanmoins, cette région est considérée comme une zone de référence où l'essentiel des processus écologiques originels se maintiennent dans une large proportion (PAC, 2005).

Le tableau comparatif suivant (Tab.2) illustre diverses données (ex. : démographie, urbanisation, aquaculture, proximité des sources de pression telles que les ports...) relatives aux stations d'études ; une telle approche permet d'avoir un aperçu général du degré d'anthropisation des deux sites prospectés, est ce malgré l'accès difficile à des données actualisées.

Tableau 2:Tableau comparatif de données relatives aux stations d'études.

Donnés	Sites	Ain Tagourit	Bou Ismaïl	Références
Surface		26,18 km ²	14,00 km ²	O.N.S., 2011
Nombre d'habitat		10 411 hab	41 684 hab	
Densité		397,7 hab/km ²	2 977,4 hab/km ²	
Urbanisation		Semi – Urbaine	Suburbaine	
Les agglomérations				
Distance entre les agglomérations interdite au moins de 5 km sur le littoral		3,44 km <i>Non conforme</i>	Conurbé <i>Non conforme</i>	PAC , 2006
Secteurs d'activités économiques(entités)				
Industrie		16	133	O.N.S. , 2012
Commerce		108	602	
Services		98	310	
Proximité de ports (Distance approximative en km)				
<i>*Les plus importants de la zone par rapport à la concentration de la flottille et les quantités débarquées.</i>				
Port de Bou Haroun* <i>situés au centre</i>		3,4	5,3	PAC, 2006 BABOURI, 2013
Port de Khemisti*		5,7	2,8	
Port de Tipaza <i>à la frontière Ouest de la Baie de Bou Ismail</i>		16	25	
La plage d'échouage de (Fouka)		13	5	
L'abri de pêche aménagé de (Bou-Ismaïl)		8	0,5	
Proximité des oueds (Distance approximative en km)				
<i>Classés suivant l'ordre décroissant de débit</i>				
Oued Mazafran		23	13	BACHARI, 2009
Oued Nador		20	28	
Oued de Beni-Messous		35	27	
Les émissaires en mer				
Nombre de rejets		6	9	ACHICHE et LARBIS, 2010 ; in OUAHIL, 2017
Débit (m ³ /j)		320	4000	

Une lecture rapide du tableau supra montre qu'une zone, à savoir Bou Ismail serait la plus anthropisée ; Ce constat est étayé par :

- Une importante démographie constatée à Bou Ismail comparée à Ain Tagourait ; cette dernière est moins industrialisée enregistrant en 2012, 16 entités industrielles contre 133 à Bou Ismail ;
- Il apparaît également que les oueds les plus importants (débit) agiraient davantage sur Bou Ismail, en raison entre autres, de leur proximité.
- Le nombre de rejets d'eaux usées ainsi que leurs débits conforte ce constat : celle-ci montre clairement que la commune de Bou Ismail (sub-Urbanisée) serait plus sujette aux problèmes liés aux eaux usées, comparée à la commune de Ain tagourait (semi-Urbanisée).

4. ÉCHANTILLONNAGE ET TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS

4.1. ÉCHANTILLONNAGE

L'échantillonnage des macroalgues a été réalisée sur un substrat dur d'inclinaison horizontale, au niveau de l'étage infralittoral supérieur (environ 0.2 - 0.3 m de profondeur), de mode battu à semi-batu.

Un prélèvement ponctuel a été réalisé le 11 mars 2020, par l'utilisation de la méthode de quadrat.

Un quadrat métallique de 20cm de côté, délimitant une surface de 400cm², a été utilisé pour la circonstance (Fig.3).

L'échantillonnage consiste en un grattage intégral de la surface échantillonnée (**BELLAN-SANTINI, 1964 ; TRUE, 1964 ; in BOUDOURESQUE, 1971a**), à l'aide d'une spatule. L'opération est reproduite sur le même site, à raison de trois (3) relevés par station d'étude.

Sur terrain, une fiche d'échantillonnage (ANNEXE II) est utilisée afin de relever les paramètres (écologiques et autres) propres au prélèvement (ex., date de prélèvement, mode d'exposition, taux de couverture du substrat, inclinaison du substrat...), en plus des taxons identifiés, ainsi que leurs recouvrements approximatifs.

Notons que l'enregistrement des paramètres écologiques est important, car ceux-ci (ex., profondeur, mode d'exposition, inclinaison du substrat...) vont créer des gradients verticaux ou

horizontaux qui, en se combinant, font apparaître des mosaïques hétérogènes de micro-habitats (BELLAN-SANTINI *et al.*, 1994 ; MURRAY *et al.*, 2006).

Les peuplements macroalgaux ayant presque toujours une structure spatiale - strate élevée, sous-strate, etc. (BOUDOURESQUE, 1968 ; 1969), le grattage complet permet de dénuder le substrat des strates encroûtantes à Lithophyllum et autres gazons de Corallines sous-jacents aux Cystoseires.

Selon BOUDOURESQUE (1971a) :

- Aucune espèce, ou presque, ne peut être déterminée avec certitude sur le terrain.
- De nombreuses espèces, de petite taille, ne peuvent être récoltées que par grattage complet.
- La plupart des paramètres ne peuvent être évalués qu'en laboratoire.
- La sous-strate, souvent négligée, présente une considérable importance bionomique.



Figure 3 : Quadrats métalliques (HADJ TAHAR et REBAI, 2021)

- a) : Quadrat d'échantillonnage.
- b) : Quadrat d'estimation du recouvrement.

4.2. TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS

Les échantillons prélevés ont été placés dans des sacs en plastique par quadrat (un relevé par sac étiqueté), en présence d'une quantité suffisante en eau de mer afin d'éviter toute altération de l'échantillon.

Au laboratoire, les échantillons collectés sont fixés avec de l'eau de mer formolée à 5%, et disposés dans des bocaux hermétiques, à l'abri de la lumière et de la chaleur. Un tri grossier ou macroscopique, à l'œil nu, consistant à rassembler tous les semblables, en prenant surtout, pour critère la forme générale de l'appareil végétatif est réalisé.

S'ensuit alors une phase d'identification plus fine, qui repose sur des observations microscopiques des structures cellulaires, et requiert par moment, le recours à des coupes histologiques réalisées sur les différentes parties du thalle ; la couleur n'étant pas un critère fiable.

Les identifications ont été réalisées en tenant compte des inventaires déjà existants notamment **PERRET-BOUDOURESQUE** et **SERIDI, 1989** et des clés de détermination dont la plus utilisée est celle de **DELPINE *et al.* (1987)** -communément appelée fiches FAO-.

Pour l'actualisation de la nomenclature et la filiation systématique des références taxonomiques internationales ont été utilisées telle que la base de données algaebase.com et le registre mondial des espèces marines WoRMS.org (*World Register of Marine Species*). Aux taxons non identifiés, a été attribuée l'abréviation "*sp.*".

L'identification taxonomique réalisée a permis d'établir une liste floristique de chaque station. La combinaison de ces observations, couplée au calcul d'un nombre d'indices bionomiques ou biotiques permet une caractérisation des peuplements de chaque station d'un point de vue qualitative et quantitative. Le choix des indices est justifié par leur usage notamment pour l'étude structurale et fonctionnelle des peuplements benthiques, ainsi que par sa facilité de calcul et d'interprétation.

5. ÉTUDE STRUCTURALE

L'étude structurale s'appuie sur des paramètres analytiques, qui décrivent les espèces (ou groupes d'espèces) à l'intérieur d'un relevé, et des paramètres synthétiques, s'appliquant aux espèces (ou groupes d'espèces) d'un ensemble de relevés (**BOUDOURESQUE, 1971a**).

5.1. PARAMÈTRES ANALYTIQUES

5.1.1. LE RECOUVREMENT (R_i)

C'est le pourcentage(%) approximatif de la surface du substrat délimité par le quadrat, couverte en projection horizontale par l'espèce i .

L'appréciation de ce recouvrement s'appuie exclusivement sur l'observation et non sur une théorie(Fig.4).

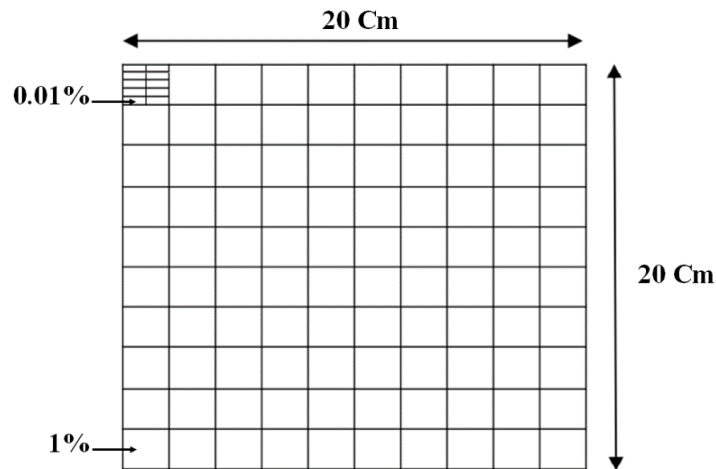


Figure 4 : Schéma de quadrat utilisé pour l'estimation du recouvrement.

La végétation se disposant sur plusieurs strates, le Recouvrement total d'un relevé ($R_t = \sum_{i=1}^T R_i$) dépasse assez souvent les 100% (**BOUDOURESQUE, 1971a**).

5.1.2. LE RECOUVREMENT MOYEN GLOBAL (RMG)

Le RMG d'une espèce, dans un ensemble de relevés ρ , est la moyenne de son Recouvrement pour un certain nombre de relevés ρ (**BOUDOURESQUE, 1971a, 1971b**). Il est donné par la formule suivante

$$RMG = \frac{(\sum_{i=1}^{\rho} R_i)}{\rho} \times 100\% \quad \text{Avec } \rho = \text{nombre de relevés au niveau de la station.}$$

La somme des RMG peut dépasser le 100 % (**BOUDOURESQUE, 1973**).

5.1.3. LE COEFFICIENT T

C'est le nombre total d'espèces par relevé ; il demeure très approximatif, et exige que les relevés aient tous la même dimension pour que celui-ci soit comparable entre les différents relevés et/ou travaux (BOUDOURESQUE, 1970).

5.1.4. LE COEFFICIENT Q

C'est l'effectif spécifique d'un sous-ensemble (ex. : groupe systématique ; groupe écologique...) quelconque dans un relevé, et non pour un ensemble de relevés (BOUDOURESQUE, 1970b).

$$\sum Q_i = T$$

5.1.5. LA DOMINANCE QUANTITATIVE (DR_i)

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

$$DR_i = \sum \frac{R_i}{R_T} \times 100$$

5.1.6. LA DOMINANCE QUALITATIVE (DQ_i)

C'est le rapport, exprimé en pourcentage, de Q_i d'un sous-ensemble, sur le nombre total d'espèces de l'ensemble considéré (T).

$$DQ_i = \left(\frac{Q_i}{T} \right) \times 100$$

5.2. LES PARAMETRES SYNTHETIQUES

5.2.1. LES INDICES DE DIVERSITÉ

L'indice de diversité traduit le nombre d'espèce, ainsi que leur répartition plus ou moins équitable (FRONTIER, 1983).

a) INDICE DE SHANNON-WIENER (H')

C'est l'indice le plus couramment utilisé, il est recommandé par différents auteurs (GRAY *et al.*, 1992).

L'indice dépend de la taille de l'échantillon et du type d'habitat et doit également se référer à une surface d'échantillonnage standard (SIMBOURA et ZENETOS, 2002).

Il implique que l'échantillon soit prélevé aléatoirement, d'une communauté indéfiniment large, et que l'ensemble des espèces de la communauté soit représenté (**LEGENDRE et LENGENDRE, 1979 ; in KABRANE, 2012**).

Le recouvrement est proposé comme unité de mesure dans le calcul de l'indice de diversité (**BALLESTEROS, 1992**) :

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

Il est nécessaire de préciser la base du logarithme utilisée (base 2 - La plus courante -, base 10, etc...). Cet indice s'exprime en bits par individus (bit/individu), si les logarithmes sont de base 2. L'indice permet d'exprimer la diversité en prenant en compte de nombre d'espèces et de l'abondance des individus au sein de chacune de ces espèces. Ainsi, une communauté dominée par une seule espèce aura un coefficient moindre qu'une communauté dont toutes les espèces sont codominantes.

La valeur de l'indice varie de 0 (une seule espèce, ou bien une espèce dominant très largement toutes les autres) à $\log S$ (lorsque toutes les espèces ont la même abondance).

$$H'_{max} = \log S \quad (S = \text{nombre total d'espèces})$$

La valeur maximal de H'_{max} est de 5 (bit/individu), il dépasse rarement 4.5 bits/individu, même dans les communautés très diversifiées, et varie généralement entre 1.5, et 3.5 (**FRONTIER, 1983**).

Leur valeur est relativement basse dans les eaux de transition comme les lagunes, deltas ou estuaires, même lorsqu'ils ne sont pas perturbés. Il reste ainsi difficile d'en faire un descripteur de l'état d'un milieu à moins de déterminer au préalable des valeurs seuil pour chaque type d'habitat et pour une surface échantillonnée donnée, ainsi que l'ont proposé **SIMBOURA et ZENETOS (2002)**.

b) INDICE D'ÉQUITABILITÉ (E) :

Pour comparer la structure de plusieurs peuplements, l'indice de SHANNON est souvent accompagné de l'indice l'Equitabilité (**PIELOU, 1977**) ou Régularité (**FRONTIER**

&PICHOD-VIALE, 1991), défini comme étant la diversité relative, C'est-à-dire, le rapport de la diversité observée (H') à la diversité maximale théorique (H_{max}):

$$E = \frac{H'}{H_{max}} \quad \text{Avec} \quad H_{max} = \log_2 T$$

L'indice permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces, Sa valeur varie de 0 (dominance d'une des espèces) à 1 (équirépartition des individus dans les espèces).

5.2.2. DIAGRAMME RANG-FRÉQUENCE (DRF)

La distribution Rang-Fréquence est une représentation graphique globale et détaillée de la diversité spécifique, donnée en coordonnées logarithmiques.

Le diagramme DRF est obtenu en reportant en abscisse, les rangs des espèces classées par ordre décroissant de dominances, exprimé en valeur absolue ou en logarithmes, En ordonnée, les dominances ou fréquences. Ces dernières peuvent également être représentées en échelle logarithmique ; afin d'obtenir une meilleure discrimination des diagrammes empiriques (**FRONTIER, 1983**).

Selon **FRONTIER et PICHOD-VIALE, (1995)** la diversité, comprend deux composantes fondamentales : le nombre d'espèces et la régularité du partage des individus entre les espèces, ces derniers sont directement lisibles sur le graphique.

La diversité spécifique se lit à l'extension de la courbe vers la droite, tandis que l'allure plus ou moins concave, ou convexe, traduit la régularité (**FRONTIER et al, 2004**).

Le DRF donne le maximum d'informations synthétiques sur le peuplement et de son organisation, afin de parvenir par la suite, à une description empirique de l'état de maturité ou régression de peuplement dans le temps ou dans l'espace (l'évaluation spatiale est l'objet de la présente étude).

L'allure de la distribution varie selon le stade atteint par l'écosystème dans son évolution. **FRONTIER (1976)** reconnaît trois stades principaux avec un stade intermédiaire (Fig.5). La lecture de diagramme se fait par l'interprétation de l'allure générale de la courbe, et non l'interprétation point par point.

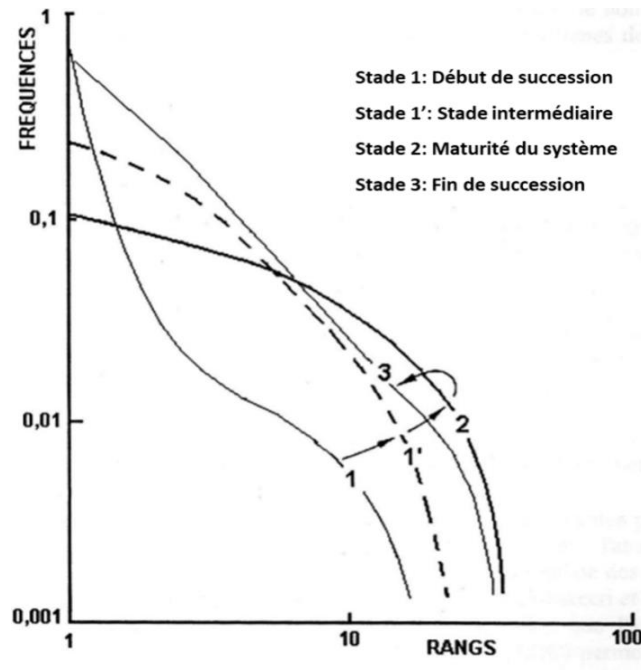


Figure 5 : Allure des DRF au cours d'une succession écologique d'après **FRONTIER (1976)**.

Stade 1 (début de succession) :

A ce stade, la courbe montre une allure en « S », concave vers le haut dans sa partie gauche, reflète 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.

Ce type de courbe s'observe dans un milieu de faible diversité, caractérisé par un peuplement juvénile, dans des conditions d'enrichissement, d'exploitation ou de pollution.

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) :

Ce stade acquiert le maximum de maturité et de complexité. L'allure de la courbe est entièrement convexe ; indiquant le grand nombre d'espèces d'abondance moyenne, sans la présence d'espèces fortement dominantes. La diversité est maximale.

Stade 3 (fin de succession ou vieillissement) :

La diversité diminue, l'allure de la courbe tend à devenir rectiligne, sur une partie de son parcours, expliqué par l'augmentation du nombre des espèces les plus abondantes du peuplement précédent.

6. ÉTUDE FONCTIONNELLE

6.1. INDICE D'ÉVALUATION 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 et COÏC ,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* " (**HOLLING, 1973 ; MAY, 1977 ; in ORFFANIDIS, 2011**), il est basé sur le schéma bien connu selon lequel les perturbations anthropiques, font passer l'écosystème de l'état vierge (climax), où les espèces de fin de succession sont dominantes, à l'état dégradé, où les espèces opportunistes sont dominantes (Fig.6).

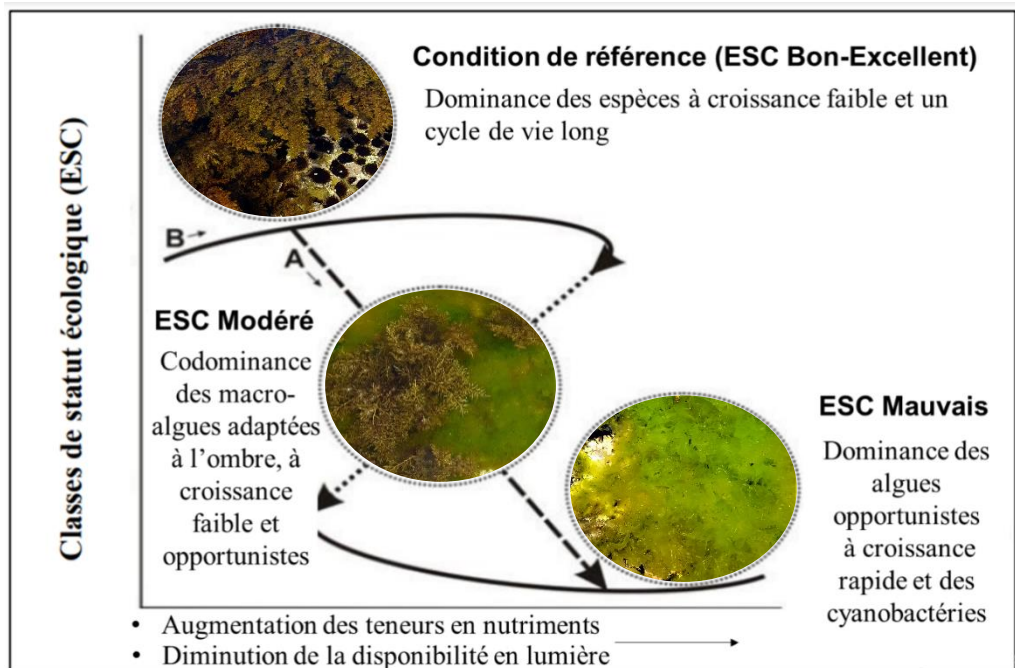


Figure 6: Variations des populations en fonction des conditions naturelles (**ORFANIDIS *et al.*, 2011-Modifiée-**) Vision conventionnelle (A) et dynamique (B) des changements successifs.

ORFANIDIS *et al.* (2001), ont classées les macrophytes benthiques en sept groupes, selon des caractéristiques morpho-physiologiques et écologiques, eux-mêmes rassemblés en deux groupes d'état écologiques (ESG : *Ecological Status group*) :

- ESG I (principalement sélection K) : correspond aux stades ultimes des successions (espèces ayant un cycle de vie long et un taux de croissance faible) ;
- ESG II (principalement sélection r) : correspond aux opportunistes (ayant un 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)
- Espèces opportunistes charnues (IIB)

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*) (**PIANKA, 1970 ; in ORFANIDIS *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.eei.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.

La valeur finale de l'EEI, variant de 2 à 10, est ensuite reliée à l'état écologique du milieu "EQR : *Ecological Quality Ratio*" (Tab.3).

L'estimation de EEI peut se faire à partir d'une matrice des abondances moyenne (%) des ESG (Fig.7) :

- 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 où 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.

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'ESGI		

Figure 7: Matrice basée sur l'abondance moyenne des ESG pour déterminer les valeurs d'état écologique servant au calcul de l'EEI (ORFANIDIS *et al.*, 2011)

Tableau3: Limites de la classe d'état écologique des eaux de transition et des eaux côtières selon la formule continue de l'indice d'évaluation écologique (EEI-c) appliquée dans les valeurs théoriques (ORFANIDIS *et al.*, 2011).

Etat 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 :

- $ESG I_{(\% \text{ recouvrement})} = [(IA \times 1) + (IB \times 0.8) + (IC \times 0.6)]$
- $ESG II_{(\% \text{ recouvrement})} = [(IIA \times 0,8) + (IIB \times 1)]$

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

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

Les coefficients de l'hyperbole sont :

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 :

$$EEI - c_{EQR} = 1,25 \times \left(\frac{EEI_{value}}{RC_{value}} \right) - 0,25 \quad \text{Avec } RC = 10$$

CHAPITRE III

RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. INVENTAIRE TAXONOMIQUE

L'inventaire floristique a été établi à partir de l'ensemble des relevés phytosociologiques relatifs aux stations Ain Tagouraït et Bou Ismaïl (Tab.4 ; ANNEXE III). L'analyse de la richesse spécifique a permis d'identifier un total 53 taxons répartis sur 3 groupes : les Rhodophytes dominant avec 35 taxons (34 Florideophyceae et 1 Bangiophyceae), suivis par 11 taxons de Phaeophyceae, et 7 Ulvophyceae.

Tableau 4: Inventaire spécifique des peuplements macroalgues des stations d'étude : Ain Tagouraït (AT) et Bou Ismaïl (BI).

• : Présence

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Espèce	AT	BI			
Chlorophyta	Ulvophyceae	Bryopsidales	Bryopsidacées	<i>Bryopsis plumosa</i> (Hudson) C.Agardh, 1823		•			
			Caulerpaceae	<i>Caulerpa racemosa</i> (Forsskål) J.Agardh, 1873		•			
		Cladophorales	Cladophoraceae		<i>Rhizoclonium sp.</i> Kützing, 1843		•		
					<i>Cladophora lehmanniana</i> (Lindenberg) Kützing, 1843	•	•		
		Ulvales	Ulvaceae		<i>Ulva compressa</i> Linnaeus, 1753	•	•		
					<i>Ulva lactuca</i> Linnaeus, 1753	•	•		
					<i>Ulva rigida</i> C.Agardh, 1823	•	•		
		Ochrophyta	Phaeophyceae	Cutleriales	Cutleriaceae	<i>Cutleria multifidi</i> (Turner) Greville, 1830		•	
				Fucales	Sargassaceae		<i>Cystoseira amentacea var. stricta</i> Montagne, 1846	•	
							<i>Cystoseira compressa</i> (Esper) Gerloff & Nizamuddin, 1975		•
Dictyotales	Dictyotaceae				<i>Dictyopteris polypodioides</i> (A.P.De Candolle) J.V.Lamouroux, 1809	•	•		
					<i>Dictyota dichotoma</i> (Hudson) J.V.Lamouroux, 1809	•	•		
					<i>Dictyota sp.</i> JVLamouroux, 1809		•		
					<i>Dictyota spiralis</i> Montagne, 1846	•	•		
					<i>Padina pavonica</i> (Linnaeus) Thivy, 1960	•			
Sphacelariales	Sphacelariaceae				<i>Sphacelaria rigidula</i> Kützing, 1843	•			
	Stypocaulaceae				<i>Halopteris filicina</i> (Grateloup) Kützing, 1843		•		
			<i>Halopteris scoparia</i> (Linnaeus) Sauvageau, 1904	•	•				
Rhodophyta	Bangiophyceae	Bangiales	Bangiaceae	<i>Pyropia leucosticta</i> (Thuret) Neefus&J.Brodie, 2011	•	•			
	Florideophyceae	Ceramiiales	Callithamniacées		<i>Callithamnion sp.</i> Lyngbye, 1819		•		
					<i>Callithamnion corymbosum</i> (Smith) Lyngbye, 1819		•		
		Ceramiaceae			<i>Antithamnion sp.</i> Nägeli, 1847	•			
					<i>Antithamnion sp1.</i> Nägeli, 1847		•		
					<i>Centroceras clavulatum</i> (C.Agardh) Montagne, 1846		•		
					<i>Ceramium sp1.</i> Roth, 1797		•		
					<i>Ceramium sp2.</i> Roth, 1797		•		
					<i>Ceramium sp3.</i> Roth, 1797		•		
		<i>Ceramium tenuicorne</i> (Kützing) Waern, 1952	•	•					
		<i>Ceramium virgatum</i> Roth, 1797	•	•					

CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Suite tableau 4

	Delesseriaceae	<i>Cryptopleura ramosa</i> (Hudson) L.Newton, 193	•	•
		<i>Hypoglossum hypoglossoides</i> (Stackhouse) Collins & Hervey, 1917	•	
	Rhodomelaceae	<i>Chondria</i> sp. C.Agardh, 1817	•	•
		<i>Herposiphonia</i> sp. Nägeli, 1846	•	•
		<i>Ophidocladus simpliciusculus</i> (P.Crouan&H.Crouan) Falkenberg, 1897		•
		<i>Palisada perforata</i> (Bory) K.W.Nam, 2007	•	
		<i>Polysiphonia sertularioides</i> (Grateloup) J.Agardh, 1863	•	•
		<i>Rytiphlaea tinctoria</i> (Clemente) C.Agardh, 1824	•	
		<i>Xiphosiphonia pennata</i> (C.Agardh) Savoie & G.W.Saunders, 2016	•	•
	Spyridiaceae	<i>Spyridia filamentosa</i> (Wulfen) Harvey, 1833	•	
Corallinales	Corallinaceae	<i>Corallina officinalis</i> Linnaeus, 1758	•	•
		<i>Ellisolandia elongata</i> (J.Ellis&Solander) K.R.Hind & G.W.Saunders, 2013	•	•
		<i>Jania rubens</i> (Linnaeus) J.V.Lamouroux, 1816	•	
		<i>Jania virgata</i> (Zanardini) Montagne, 1846	•	
	Lithophyllaceae	<i>Lithophyllum</i> sp. Philippi, 1837	•	•
Gelidiales	Gelidiaceae	<i>Gelidium crinale</i> (Hare ex Turner) Gaillon, 1828	•	•
	Pterocladaceae	<i>Pterocladia capillacea</i> (S.G.Gmelin) Santelices & Hommersand, 1997	•	
Gigartinales	Cystocloniaceae	<i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) J.V.Lamouroux, 1813	•	•
		<i>Rhodophyllis divaricata</i> (Stackhouse) Papenfuss, 1950		•
	Gigartinaceae	<i>Chondracanthus acicularis</i> (Roth) Fredericq, 1993	•	•
	Sphaerococcaceae	<i>Sphaerococcus coronopifolius</i> Stackhouse, 1797	•	
Gracilariales	Gracilariaceae	<i>Gracilaria</i> sp. Greville, 1830	•	
		<i>Gracilaria bursa-pastoris</i> (SGGmelin) PCSilva, 1952		•
Rhodymeniales	Champiaceae	<i>Champia parvula</i> (C.Agardh) Harvey, 1853	•	•

Le nombre de taxons établi par station ainsi que leur répartition selon les rangs systématiques respectifs ne montrent pas de différence "significative" (Tab.5). Le nombre total d'espèces recensées à Ain Tagouraït et Bou Ismaïl est respectivement de 37 et 39 taxons.

Tableau 5 : La diversité des rangs taxonomiques des deux stations

Station Rangs	Ain Tagouraït	Bou Ismaïl
Espèce (E)	37	39
Genre (G)	31	29
Famille (F)	20	19
Ordre (O)	12	13
Classe (C)	4	4

La répartition des taxons suit une dynamique spatiale : c'est à Bou Ismaïl que l'on enregistre un nombre de taxons légèrement supérieur (39 taxons) par rapport à Ain Tagouraït (37 taxons), en contrepartie, le recouvrement enregistré à cette dernière ($R\%=280,11\%$) est plus important que celui de Bou Ismaïl ($R\%=192,96\%$).

Le pourcentage des Phaeophyceae ($R\%=164,66\%$) est élevé à Ain Tagouraït, comparé à Bou Ismaïl (Tab.6) ; il s'agit d'un groupe taxonomique dont les représentants majeurs ont une affinité pour les eaux de bonne qualité. En revanche, c'est à Bou Ismaïl que le pourcentage de recouvrement des Ulvophyceae ($R\%=64,66\%$) est le plus important ; il est à noter que les Ulves, dont l'affinité pour les eaux eutrophes, et indiquant un stress anthropogène, sont celles qui identifient le plus cette classe de Chlorophytes.

Tableau 6 : Le nombre d'espèces (T) et le pourcentage de recouvrement (R%) des groupes systématiques.

Groupe systématique	Ain Tagouraït		Bou Ismaïl	
	<i>T</i>	<i>R%</i>	<i>T</i>	<i>R%</i>
Ulvophyceae	4	20,02	7	64,66
Phaeophyceae	8	164,66	7	15,85
Florideophyceae	24	92,43	24	110,45
Bangiophyceae	1	3	1	2
TOTAL	37	280,11	39	192,96

CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les peuplements photophiles de la Méditerranée occidentale renferment rarement moins de 35 espèces, et se situent généralement entre 40 et 80 (**VILLACA *et al.*, 1985 ; in OULD AHMED, 1994**).

Le tableau7 suivant confirme cela, puisque pour une surface échantillonnée supérieure à l'aire minimale représentative, préconisée pour les communautés infralittorales méditerranéennes (250cm²), les peuplements phytobenthiques de la zone méditerranéenne renferment un nombre de taxons respectant cet intervalle.

Tableau 7: Tableau comparatif du nombre de taxons recensés dans diverses études en Méditerranée et l'Atlantique.

Région	T	Surface	Auteur	Année
L'Algérois	130	/	SERIDI	1990
Espagne	33	256cm ²	BALLESTEROS	1991
Golfe d'Arzew	113	625cm ²	OULD-AHMED	1994
Maroc	55	400cm ²	BIRJE	1995
Espagne (Tossa de Mar)	22-78	225cm ²	ARÉVALO <i>et al.</i>	2007
Alger Plage	16 - 31	900cm ²	SERIDI	2007
L'Algérois	66	900cm ²	SERIDI	2007
Italie	102	/	SFRISO <i>et al.</i>	2007
Slovénie (Golfe de Trieste)	51	400cm ²	ORLANDO-BONACA <i>et al.</i>	2008
Tipaza	62	400cm ²	BENALI	2010
Tipaza (Ain Tagourait)	57	400cm ²	KARALI	2010
Sidi Fredj	87	900cm ²	TAOUNZA	2011
Grèce (Côte égéenne)	113	400cm ²	ORFANIDIS <i>et al.</i>	2011
Aïn Bénian	84	900cm ²	KABRANE	2012
Algérois	86	900 cm ²	CHABANE	2019
Algérois	34-86	900cm ²	SERIDI <i>et al.</i>	2018
Ténès	11	625cm ²	BENKHEDDA et BEZZINA	2019
Le présent travail : Ain Tagourait et Bou Ismail	53	400cm ²	HADJ TAHAR et REBAI	2021

Le nombre de taxons recensé peut prétendre à une éventuelle comparaison avec d'autres inventaires ; l'effectif total qu'on cite sur les deux stations (T=53) est faible par rapport au nombre total de taxons dénombré pour l'ensemble de la côte algérienne ou méditerranéenne - T=468 (SERIDI, 1989) ; T=130 (SERIDI, 1990) ; T=113(OULD AHMED,1994) ; T=102 (SFRISO *et al.*, 2007) et T=113(ORFANIDIS *et al.*,2011).

En revanche, la comparaison des valeurs de la richesse floristique de cette étude (T=53) avec d'autres études d'envergure locale, à l'exemple du Maroc (BIRJE, 1995), de l'Espagne (ARÉVALO *et al.*, 2007), de L'algérois (SERIDI, 2007), en Slovénie (ORLANDO-BONACA *et al.*, 2008) et à Tipaza (BENALI, 2010 ; KARALI, 2010) met en évidence des résultats proches (respectivement T=55 ; T= 22-78 ; T=66 ; T=51 ; T=62 ; T=57). Ce nombre est, toutefois, relativement élevé si l'on considère que la plupart de ces taxons proviennent des récoltes effectuées pour la majorité dans les niveaux superficiels.

Le tableau 8 illustre les recouvrements moyens les plus importants, correspondant aux deux stations. Sur le total des taxons recensés, 7 d'entre eux présentent des recouvrements moyens importants, tandis que les autres sont que très faiblement représentés – étant, pour la plupart, de petites épiphytes, ce qui justifierait leurs faibles recouvrements moyens (ANNEXE IV)

Tableau 8 : Recouvrements moyens les plus importants d'Ain Tagouraït et Bou Ismaïl.

Espèces	RM%	
	Ain Tagouraït	Bou Ismaïl
<i>Caulerpa racemosa</i> (Forsskål) J.Agardh, 1873		2,33
<i>Ulva lactuca</i> Linnaeus, 1753	4,83	14,03
<i>Cystoseira amentacea</i> var. <i>stricta</i> Montagne, 1846	15	
<i>Cystoseira compressa</i> (Esper) Gerloff & Nizamuddin, 1975	33,33	
<i>Palisada perforata</i> (Bory) K.W.Nam, 2007	8,5	
<i>Corallina officinalis</i> Linnaeus, 1758	1,87	14,83
<i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) JVLamouroux, 1813	0,17	13

Les recouvrements moyens importants s'expliqueraient par le caractère "pionnier" des espèces caractéristiques (ex. : *Corallina officinalis*, *Cystoseira amantacea* var. *stricta*, *Hypnea musciformis*, etc.) de peuplements macroalgaux.

Le recouvrement moyen à Ain Tagourait montre une abondance marquée des Cystoseires (*Cystoseira amantacea* var. *stricta* : 15%, *Cystoseira compressa* : 33,33%), au côté de *Palisada perforata* : 8,5% ; les premières sont particulièrement connues comme constructrices de peuplements des eaux pures, oligotrophes.

Néanmoins, la station de Bou Ismaïl est caractérisée par un recouvrement moyen bien illustré par la dominance de *Corallina officinalis* : 14,83%, *Ulva lactuca* : 14,03% et *Hypnea musciformis* : 13% ; ces taxons nitrophiles sont inféodés aux eaux plus fortement polluées (GAMULIN-BRIDA, 1962 ; 1965) et leurs présences montrent que le site serait exposé à un enrichissement en nutriments (AREVALO *et al.*, 2007 ; PINEDO *et al.*, 2007). Par ailleurs, la présence de la xénophyte *Caulerpa racemosa* (2,33%), signifierait que le peuplement autochtone serait soumis à un stress quelconque, qui le fragiliserait, ce qui réduirait le potentiel compétitif de ses espèces constitutives, d'où l'hypothèse d'une corrélation entre le succès de l'invasion biologique et la mauvaise qualité des eaux côtières (KABRANE, 2012).

Ci-dessous, des images illustrant quelques espèces remarquables (suite sur la page suivante) :

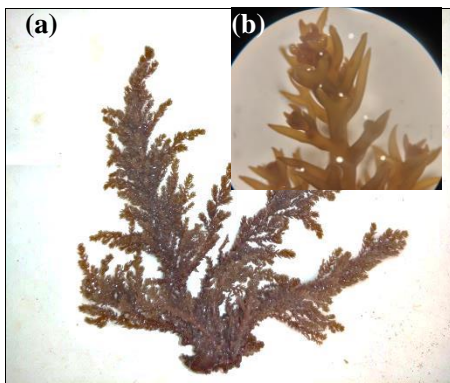


Figure 8 : *Cystoseira amantacea* var. *stricta* Montagne, 1846

- a) Aspect général à l'œil nu.
- b) Rameau terminal sous loupe.



Figure 9 : *Cystoseira compressa* (Esper) Gerloff & Nizamuddin, 1975 (Aspect général du thalle)



Figure 10: *Corallina officinalis* Linnaeus, 1758 (rameau terminal sous loupe)



Figure 11 : *Ellisolandia elongata* (J.Ellis&Solander) K.R.Hind &G.W.Saunders, 2013 (rameau terminal sous loupe)



Figure 12 : *Palisada perforata* (Bory) K.W.Nam, 2007(Aspect général du thalle)

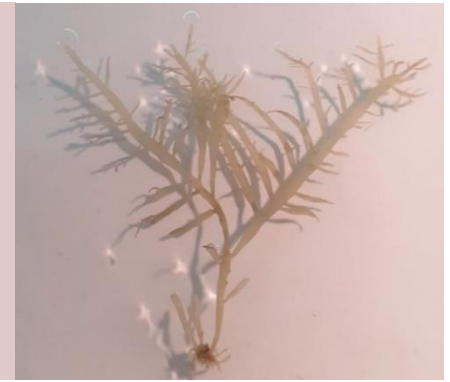


Figure 13 : *Pterocladia capillacea* (S.G.Gmelin) Santelices&Hommersand, 1997 (Aspect général du thalle à l'œil nu)

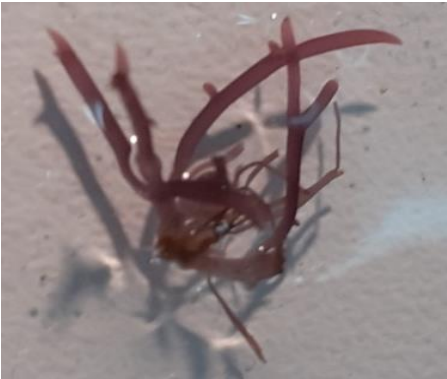


Figure 19 : *Chondracanthus acicularis* (Roth) Fredericq, 1993(Aspect général à l'œil nu)



Figure 14: *Hypnea musciformis* (Wulfen) JV Lamouroux, 1813 (rameau terminal sous loupe)



Figure 15: *Xiphosiphonia pennata* (C.Agardh) Savoie & GW Saunders, 2016 (partie terminale sous microscope)



Figure 16: *Dictyopteris polypodioides* (A.P.De Candolle) J.V.Lamouroux, 1809(Aspect général du thalle)

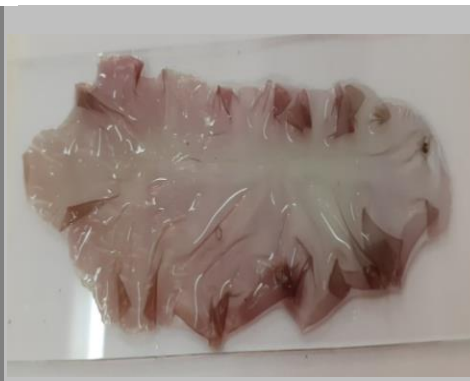


Figure 17 : *Pyropia leucosticta* (Thuret) Neefus & J.Brodie, 2011 (Aspect général du thalle à l'œil nu)



Figure 18 : *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J.Agardh, 1873(Aspect général du thalle sous loupe)

2. DOMINANCES QUANTITATIVES (DR%) ET QUALITATIVES (DQ%) DES GROUPES SYSTÉMATIQUES

Les dominances quantitatives (DR%) et qualitatives (DQ%) déterminées pour chaque ordre systématique (ANNEXE V) permet de comparer et de constater les variations pondérées des différents groupes du peuplement algal relatifs aux deux stations, en reflétant le poids du pourcentage de recouvrement (Fig.20) et du nombre (Fig.21) de taxons respectifs des groupes systématiques.

Sur le plan quantitatif, les Fucales -présentes uniquement à Ain Tagouraït- enregistrent la dominance quantitative la plus élevée (DR%=51.8), tandis qu'à Bou Ismaïl, on remarque la codominance des trois ordres systématiques suivants : les Ulvales (DR%=28,5), les Corallinales (DR%=25,8) et les Gigartinales (DR%=20,9)

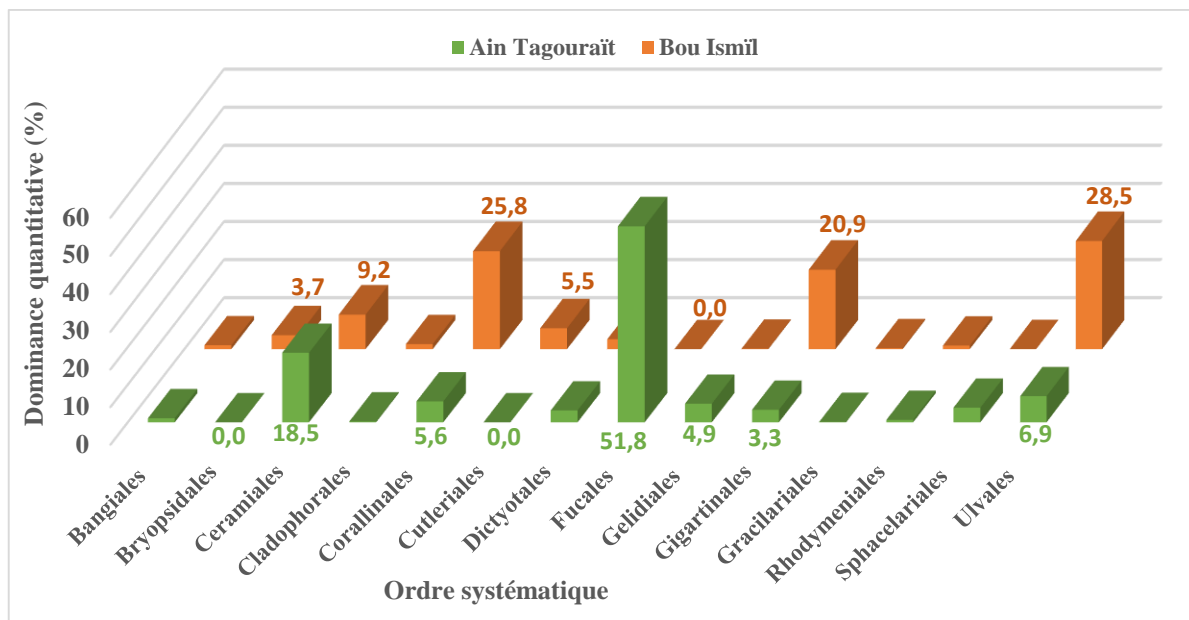


Figure 20 : Les dominances quantitatives (DR%) des ordres systématiques du peuplement algal des stations d'étude.

Les Fucales sont représentés exclusivement par *Cystoseira amentacea var. stricta* (RM%=33,3) et *Cystoseira compressa* (RM%=15) ; ces derniers nécessitent à leur installation un substrat sub-horizontale, ensoleillé, un hydrodynamisme important et de l'eau pure, elles forment une strate élevée, et portent assez peu d'épiphytes mais abritent une faune nombreuse (BILLAN SANTINI, 1969).

Les Cystoseires sont très sensibles aux variations du milieu (pollution, turbidité, surpâturage) ; elles s'altèrent à la fois dans le temps et dans l'espace jusqu'à l'extinction tout au long du gradient d'enrichissement, pour laisser place à des peuplements plus résistants (**BILLAN SANTINI, 1969 ; PINEDO *et al.*, 2007 ; AREVALO *et al.*, 2007**).

La vulnérabilité des Fucophycées vis-à-vis des impacts des eaux usées et des effluents industriels est avérée (**SOLTAN *et al.*, 2001**), comme en témoigne leur régression dans toute la Méditerranée (**BOUDOURESQUE *et al.*, 1990**).

À Bou Ismaïl, les Ulvales sont constitués principalement de l'espèce *Ulva lactuca* avec un recouvrement moyen de 14%. Il s'agit d'une espèce appartenant au groupe des opportunistes, qui supporte souvent assez bien le fort ensoleillement, les variations de salinité ou de températures et aussi l'abondance des nitrates (**GRAMULIN-BRIDA *et al.*, 1967**).

En effet, l'absence des Fucales et la prédominance des Ulvales au niveau de Bou Ismaïl pourrait s'expliquer par un possible impact des eaux entrophes - riche en matières organiques- véhiculées par les effluents.

Les Corallinales, quant à eux, sont essentiellement représentés, au niveau de Bou Ismaïl, par deux espèces distinctes : *Ellisolandia elongata* - précédemment connue sous le nom de *Corallina elongata* - et *Corallina officinalis*, toutes deux inféodées aux eaux moyennement polluées et sont susceptibles même, de s'étendre dans des zones franchement polluées. *C.officinalis* présente un pourcentage de recouvrement assez important (RM%=14,83).

L'abondance quantitative remarquable des Gigartinales est essentiellement due au pourcentage élevé de l'espèce *Hypnea musciformis* (RM%=13). Celle-ci constitue, au côté de *Chondracanthus acicularis* des espèces préférant les eaux eutrophiques (**GAMULIN-BRIDA *et al.*, 1967**).

Les autres groupes systématiques sont assez faiblement représentés ; notant l'absence des Bryopsidales et Cutleriales à Ain Tagouarît, contrairement à Bou Ismaïl, où ils sont respectivement représentés par une seule espèce : *Bryopsis plumosa* et *Cutleria multifida* ; ces dernières sont indicatrices de milieux enrichis en matières organiques, fréquentes dans les milieux portuaires (PhIP) (**BOUDOURESQUE *et al.*, 1977 ; in BOUDOURESQUE 1984**).

CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les irrégularités des dominances de certaines espèces - aux dépens d'autres -, pourrait s'expliquer par la probable exposition aux stress anthropiques propres à une station.

Du point de vue qualitatif, il apparaît que les Ceramiales sont les mieux représentés au niveau des deux stations, enregistrant respectivement, des dominances de 32,4% et de 38,5%, à Ain Tagouraït et Bou Ismaïl.

En effet, à Ain Tagouraït, on note la prédominance de *Palisada perforata* - connue précédemment sous le nom de *Laurencia papillosa*- avec un recouvrement moyen spécifique de 8,5%, suivie par *Xiphosiphonia pennata* (3,9%), alors qu'à Bou Ismaïl, plusieurs espèces de Ceramiales sont présentes, dont les principales sont *Ceramium virgatum* (1,53%), *Chondria sp.* (1,1%) et *Centroceras clavulatum* (1%).

Les Ceramiales, remplacent les peuplements les plus sensibles tel que le peuplement à *Cystoseira amentacea var. stricta* dans les conditions d'eutrophisation (**MONTESANTO et PANAYOTIDIS, 2001**).

Quant aux Corallinales, ils occupent le deuxième rang à Ain Tagouraït (DQ%=13,5), alors qu'à Bou Ismaïl, c'est plutôt les Dictyotales (DQ%=10,3) qui sont au second rang.

Les Corallinales à Ain Tagouraït sont représentés essentiellement par l'épiphyte *Jania rubens* qui abonde à la fois comme épiphyte de la strate élevée et comme constituante de la sous-strate, contrairement à Bou Ismaïl, où aucune espèce appartenant au genre de *Jania* n'est enregistrée. *Jania rubens* fait partie des espèces ne tolérant pas des conditions eutrophes (**KABRANE, 2012**).

Au niveau des deux stations, les Dictyotales sont pareillement représentés, affichant des dominances équitables (DQ%=10,8 ; DQ%=10,3) ; les principales espèces recensées sont : *Dictyopteris polypodioides* et *Dictyota spiralis*.

Les Cladophorales -connues pour être rencontrées dans les eaux chargées en matières azotées et également bien chargées en phosphates (**BUTCHER 1933 ; TEN CATE et al., 1991 ; in GRASMUCK, 1994**). - enregistrent également des dominances qualitatives plus ou moins, proches (DQ%=2,70 ; DQ%=5,13) respectivement à Ain Tagouraït et Bou Ismaïl.

Malgré les importants recouvrements que peuvent atteindre les peuplements d'Ulvales et de Fucales, ils demeurent néanmoins qualitativement très peu abondants et ce au niveau des deux stations.

La végétation thionitrophiles (ex. : *Ulva spp.*) s'établie dans un environnement altéré et/ou sujet à une pollution organique ; elle traduit une phase régressive des communautés phytobenthiques même dans un environnement non pollué en compagnie d'espèces opportunistes à l'exemple de *Cladophora spp.*, *Gigartina acicularis* (FURNARI, 2009), qui occupent des milieux hautement stressés (AREVALO *et al.*, 2007).

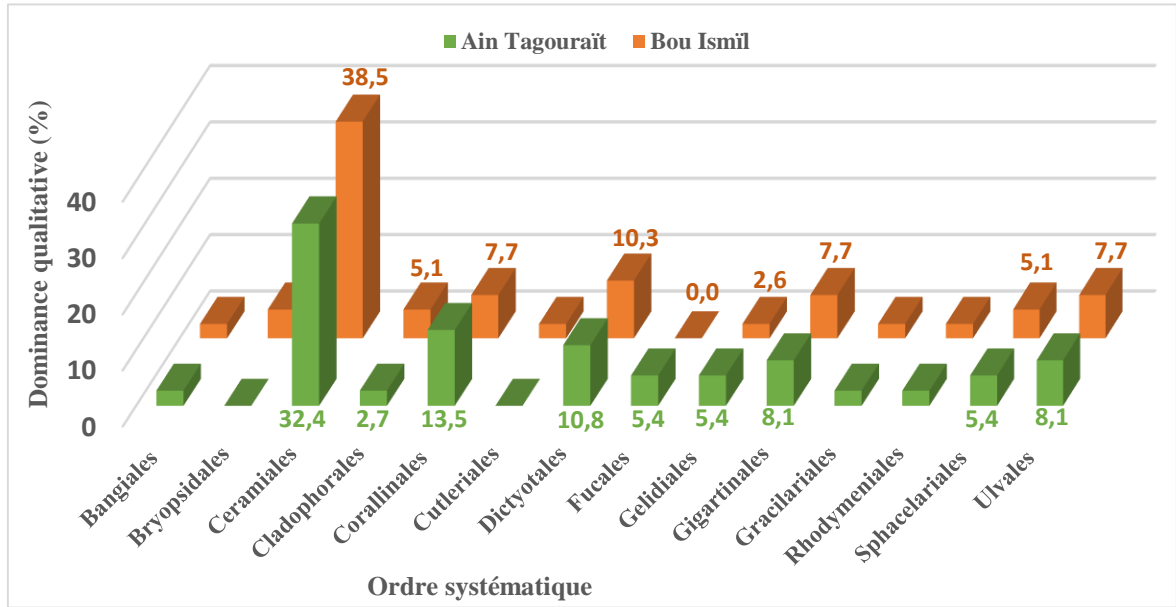


Figure 21: Les dominances qualitatives (DQ%) des ordres systématiques du peuplement algal des stations d'étude.

3. DYNAMIQUE SPATIALE DES TAXONS SENTINELS DE LA POLLUTION

La détermination des indicateurs biologiques de pollution reste complexe, puisque leur répartition dépend d'une multitude de facteurs biotiques et abiotiques (BELLAN-SANTINI, 1992). Ils sont aussi bien conditionnés par : la circulation hydrologique et la topographie du fond, que par les facteurs directement en lien avec la qualité de l'eau. (BELLAN-SANTINI, 1969 ; LE FUR, 2018).

Les groupes écologiques sont des groupes itératifs d'espèces statistiquement liées entre elles et à un certain nombre de facteurs écologiques, ou grossièrement, ayant la même écologie, chose qui n'est pas rigoureusement admise (BOUDOURESQUE, 1970).

L'affectation des groupes écologiques aux taxons recensés (ANNEXE VI) est faite sur la base de données bibliographiques (ex. : **BOUDOURESQUE** et **CINELLI (1976)** ; **BOUDOURESQUE (1984)**, ...).

D'après **BOUDOURESQUE (1984)**, trois groupes écologiques sont liés à la pollution : il s'agit du groupe des espèces Photophiles Infralittorales des milieux Portuaires (PhIP), du groupe des espèces Eutrophes et ThioNitrophiles (ETN), et des hémisciaphiles des petits ports (HSPP)

Un seul groupe de pollution est recensé au niveau de deux stations correspondant au groupe des algues Photophile infralittoral portuaire PhIP (Tab.9).

Dans la même optique, des espèces appartenant à d'autres groupes écologiques - largement reprises en littérature comme des indicateurs de la mauvaise qualité des eaux -sont également prises en compte (Tab.10).

Tableau 9 : Variation spatiale des dominances quantitatives (DR%) et qualitative (DQ%) des taxons du groupe Photophile infralittoral portuaire PhIP.

GÉ	Espèce	Ain Tagouraït			Bou Ismaïl		
		DR _i	DR	DQ	DR _i	DR	DQ
PhIP	<i>Cutleria multifidi</i>		9,75	8,11	5,54	34,31	12,82
	<i>Chondracanthus acicularis</i>	2,96			0,28		
	<i>Bryopsis plumose</i>				0,07		
	<i>Ulva lactuca</i>	5,18			21,81		
	<i>Ulva rigida</i>	1,61			6,6		

L'évolution spatiale des dominance quantitatives et qualitatives cumulées des groupes écologiques (ANNEXE VII), permet de constater que le groupe de pollution est nettement mieux représenté quantitativement et qualitativement (DR%=34,31 ; DQ%=12,82) au niveau de Bou Ismaïl, par rapport à Ain Tagouraït (DR%=9,75 ; DQ%=8,11).Ceci est en partie dû à la présence *Cutleria multifida*, avec une dominance assez importante (5,54%) ;en revanche, c'est à la sensible contribution des Ulvales, essentiellement *Ulva lactuca*, avec près de 22% de dominance quantitative totale, au niveau de Bou Ismaïl, que le groupe de pollution se décline.

Tableau 10 : Variation spatiale des dominances quantitatives (DRi %) des espèces sensibles à la pollution.

GÉ	Espèce	DRi %	
		Ain Tagouraït	Bou Ismaïl
LRE	<i>Caulerpa racemosa</i>		3,63
	<i>Centroceras clavulatum</i>		1,60
PHIT	<i>Hypnea musciformis</i>	0,18	20,20
SSB	<i>Pterocladia capillacea</i>	3,93	
ISR	<i>Ellisolandia elongate</i>	0,14	
RMM2	<i>Ulva compressa</i> Linné, 1753		2,70

En effet, *Ulva lactuca* a l'intérêt de permettre de détecter une pollution aussi naturelle que d'origine humaine (BELLAN-SANTINI, 1969). Elle est largement utilisée comme bioindicateur de la contamination métallique dans plusieurs parties du monde (HO, 1987 ; BROWN *et al.*, 1999 ; in KABRNE, 2012). Sa prolifération remarquable à Bou Ismaïl à côté de l'espèce *Hypnea musciformis* (DRi=20,2%) - espèce préférant les eaux eutrophiques -, pourrait être un signe d'un milieu perturbé par les émissaires urbains d'eaux usées (GRAMULIN-BRIDA *et al.*, 1967).

Diverses études ont montré qu'en général, des degrés importants de turbulence du milieu pourraient réduire la compétition spécifique des communautés pionnières, et les rendre vulnérables aux phénomènes d'invasions biologiques (BURKE & GRIME, 1996 ; DAVIS *et al.*, 2000 ; PRIEUR-RICHARD *et al.*, 2000 ; in INCERA *et al.*, 2009). Ce constat est vérifié à Bou Ismaïl, où l'algue invasive *Caulerpa racemosa* (DRi %=3,63) est recensée ; celle-ci semble tolérer de forts gradients de pollution, puisqu'elle a été signalée au droit d'un émissaire urbain, au niveau de Ain Benian (plage Ilôt), par KABRANE (2012). La menace potentielle de cette algue invasive sur le peuplement macrophytique est avéré.

De même, la présence de *Dictyopteris polypodioides* - espèces préférant les eaux eutrophiques -, pourrait être un signe d'un milieu perturbé par les effluents urbains (PERES et PICARD, 1964 ; GRAMULIN-BRIDA *et al.*, 1967).

Corallina officinalis présente un pourcentage de recouvrement plus important à Bou Ismaïl (23%), comparé à celui d'Ain Tagouraït (2%) ; il s'agit d'une espèce inféodée aux milieux moyennement pollués. La valeur élevée des Corallinaceae, essentiellement en infralittoral, démontre leur tolérance à la pollution, où elles recouvrent des étendues appréciables (BELSHER *et al.*, 1975).

La présence, ou encore le relative dominance ont un rôle précurseur, signalant un déséquilibre environnemental ou une altération du fonctionnement de la biocénose (CASAZZA *et al.*, 2002).

Bou Ismaïl apparaît comme étant la station la plus favorable à la prolifération des espèces les plus tolérantes à la pollution, ce qui affiche les traits d'un milieu perturbé. Cette tendance est confirmée par l'absence des Cystoseires qui - pour la plupart - laissent apparaître des symptômes de régression, lorsque la pollution augmente (SOLTAN *et al.*, 2001 ; THIBAUT *et al.*, 2005 ; *in* KABRANE).

En revanche, Ain Tagouraït enregistre des dominances infimes relatives aux espèces sentinelles de la pollution. Cette régression se traduit par la diminution de la quantité de matière organique dans le milieu, accompagnée de l'apparition des espèces « affectionnant » les milieux bien éclairés, telles que *Cystoseira amantaceae var. stricta* (BOUDOURESQUE, 1970).

Enfin, cette approche a permis de montrer qu'avec la dégradation de la qualité des eaux côtières, mise en évidence par la proportion importante des espèces indicatrices de pollution, correspond une régression quantitative et qualitative des taxons sensibles à la pollution.

4. INDICES DE DIVERSITÉ ET DRF

Les valeurs de ces indices mettent en évidence des résultats très proches dans les deux stations (Tab.11).

Ain Tagouraït est la station où le peuplement algal est, entre autre, le plus diversifié, avec $H'=3,41$ bits/individu, et mieux équilibré ($E=0,65$), tandis que, à Bou Ismaïl, ces valeurs sont légèrement moins importantes, où on enregistre une diversité de 3,35 bits/individu et une équitabilité de 0,63.

Tableau 11: Tableau synthétique des indices de diversité de Ain Tagouraït et Bou Ismaïl.

	Ain Tagouraït	Bou Ismaïl
H' (bits/individu)	3,41	3,35
E	0,65	0,63

Dans les phytocénoses benthiques infralittorales de Méditerranée, on retrouve une gamme de variation pour l'indice de diversité compris entre 1 et 4.5 bits/individu environ ; 3 étant un indice relativement élevée, ce qui traduit généralement un peuplement algal évolué pour lequel le degré d'organisation est important. L'équitabilité est souvent moyenne, même dans les peuplements assez bien structurés, en raison du nombre important de petites espèces d'abondance négligeable ; elle est souvent comprise entre 0.8 et 0.9 : une valeur de 0.6 étant considérée comme faible (FRONTIER et PICHODE-VIALE, 1991 ; GERBAL, 1994 ; BOUDOURESQUE, 1970).

Les paramètres étudiés précédemment sont complétés par le Diagramme Rang-Fréquence (DRF) qui permet de donner une image synthétique plus complète du peuplement, ainsi que son état de maturité. La superposition des DRFs des deux stations, viennent confirmer la tendance des indices de diversité (Fig.22, ANNEXE VIII).

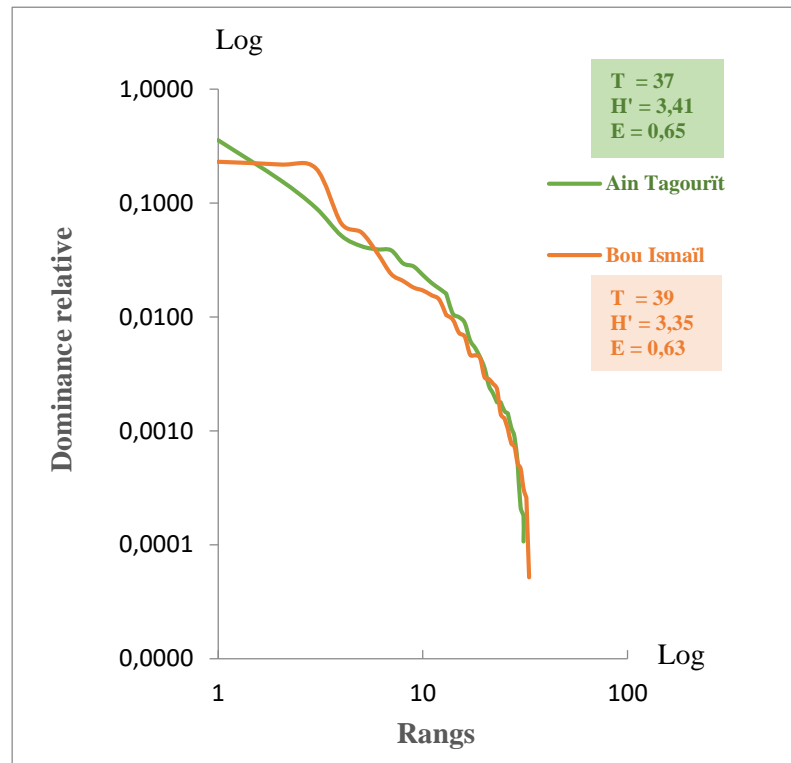


Figure 22 : Diagrammes Rangs-Fréquences (DRFs) de peuplement algale des deux stations.

Les Diagrammes Rang-Fréquence présentent différentes allures dans les deux stations ; l'examen des profils obtenus montre une dynamique spatiale des stades successionnels :

STADE 1 /Bou Ismaïl (H=3,35, E=0,63) : à ce stade, la courbe montre une allure convexe qui se déplace vers le haut de la courbe, les espèces abondantes sont plus nombreuses : les trois premiers rangs sont occupés par *Corallina officinalis*, *Ulva lactuca* et *Hypnea musciformis* (espèces tolérantes à la pollution) avec une chute rapide des espèces peu abondantes. Donc, il y a codominance d'un cortège d'espèces indicatrices d'une moyenne qualité des eaux. Sur la deuxième partie de la courbe, on remarque que celle-ci s'inscrit en paliers successifs ; cela confirme le caractère perturbé de peuplement.

STADE 1' tendant vers le STADE 2 / Ain Tagourait (H=3,41 ; E=0,65) : ceci est indiqué par l'allure de la courbe qu'il est plus au moins convexe dans la partie gauche, ce qui caractérise la prédominance de : *Cystoseira compressa* et *Cystoseira amentacea var. stricta* (indicatrices de milieux purs) qui occupe respectivement le premier et le deuxième rang. À ce stade, la diversité augmente (**FRONTIER, 1976**).

5. DYNAMIQUE DES GROUPES FONCTIONNELS

Les résultats obtenus à travers l'étude structurale laissent apparaître l'existence d'un gradient d'anthropisation croissant de Ain Tagouarit à Bou Ismaïl.

L'étude fonctionnelle correspond à l'application de l'EEI-c, afin de confirmer ou infirmer cette tendance (Tab.12, ANNEXE IX). En effet, Ain Tagouraït affiche une valeur de l'EEI-c (6,32) plus élevée, comparé à celle de Bou Ismaïl (3,89) ; par conséquent, ces valeurs ont permis d'attribuer à chaque station le statut écologique suivant : Bon-Excellent /Ain Tagouraït ; Modéré –Médiocre /Bou Ismaïl (Tab.13).

Les EEI-c calculés donnent des EEI-c EQR de 0,54 et 0,24, respectivement à Ain Tagouraït et Bou Ismaïl. La classification de ces groupes combine à la fois les critères biomorphologiques et l'écophysiologiques (taux de croissance, l'absorption des nutriments et l'adaptation à la lumière...), en met en évidence ces critères, chaque groupe va réagir différemment aux perturbations environnementales.

Tableau 12 : Classification des espèces recensées par groupes de statut écologiques.

Espèces		ESG
<i>Cystoseira amentacea var. stricta</i> Montagne, 1846	IA	ESG IA
<i>Cutleria multifida</i> (Turner) Greville, 1830	IB	ESG IB
<i>Cystoseira compressa</i> (Esper) Gerloff & Nizamuddin, 1975	IB	
<i>Padina pavonica</i> (Linnaeus) Thivy, 1960	IB	
<i>Rhodophyllis divaricata</i> (Stackhouse) Papenfuss, 1950	IB	
<i>Corallina officinalis</i> Linnaeus, 1758	IC	ESG IC
<i>Ellisolandia elongata</i> (J.Ellis & Solander) K.R.Hind & G.W.Saunders, 2013	IC	
<i>Jania rubens</i> (Linnaeus) J.V.Lamouroux, 1816	IC	
<i>Jania virgata</i> (Zanardini) Montagne, 1846	IC	
<i>Lithophyllum Philippi</i> , 1837	IC	
<i>Caulerpa racemosa</i> (Forsskål) J.Agardh, 1873	IIA	ESG IIA
<i>Champia parvula</i> (C.Agardh) Harvey, 1853	IIA	
<i>Chondracanthus acicularis</i> (Roth) Fredericq, 1993	IIA	
<i>Chondria</i> C.Agardh, 1817	IIA	
<i>Cryptopleura ramosa</i> (Hudson) L.Newton, 1931	IIA	
<i>Dictyopteris polypodioides</i> (APDe Candolle) JVLamouroux, 1809	IIA	
<i>Dictyota dichotoma</i> (Hudson) J.V.Lamouroux, 1809	IIA	
<i>Dictyota</i> sp. JVLamouroux, 1809	IIA	
<i>Dictyota spiralis</i> Montagne, 1846	IIA	
<i>Gelidium crinale</i> (Hare ex Turner) Gaillon, 1828	IIA	

<i>Gracilaria bursa-pastoris</i> (SGGmelin) PCSilva, 1952	IIA	
<i>Gracilaria</i> sp. Greville, 1830	IIA	
<i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) JVLamouroux, 1813	IIA	
<i>Hypoglossum hypoglossoides</i> (Stackhouse) Collins & Hervey, 1917	IIA	
<i>Palisada perforata</i> (Bory) K.W.Nam, 2007	IIA	
<i>Pterocladia capillacea</i> (S.G.Gmelin) Santelices & Hommersand, 1997	IIA	
<i>Sphacelaria rigidula</i> Kützing, 1843	IIA	
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i> Stackhouse, 1797	IIA	
<i>Spyridia filamentosa</i> (Wulfen) Harvey, 1833	IIA	
<i>Antithamnion</i> Nägeli, 1847	IIB	
<i>Antithamnion</i> sp. Nägeli, 1847	IIB	
<i>Bryopsis plumosa</i> (Hudson) C.Agardh, 1823	IIB	
<i>Callithamnion corymbosum</i> (Smith) Lyngbye, 1819	IIB	
<i>Callithamnion</i> Lyngbye, 1819	IIB	
<i>Centroceras clavulatum</i> (C.Agardh) Montagne, 1846	IIB	
<i>Ceramium</i> sp1. Roth, 1797	IIB	
<i>Ceramium</i> sp2. Roth, 1797	IIB	
<i>Ceramium</i> sp3. Roth, 1797	IIB	
<i>Ceramium tenuicorne</i> (Kützing) Waern, 1952	IIB	
<i>Ceramium virgatum</i> Roth, 1797	IIB	
<i>Cladophora lehmanniana</i> (Lindenberg) Kützing, 1843	IIB	
<i>Halopteris filicina</i> (Grateloup) Kützing, 1843	IIB	ESG IIB
<i>Halopteris scoparia</i> (Linnaeus) Sauvageau, 1904	IIB	
<i>Herposiphonia</i> Nägeli, 1846	IIB	
<i>Ophidocladus simpliciusculus</i> (P.Crouan & H.Crouan) Falkenberg, 1897	IIB	
<i>Polysiphonia sertularioides</i> (Grateloup) J.Agardh 1863	IIB	
<i>Pyropia leucosticta</i> (Thuret) Neefus & J.Brodie, 2011	IIB	
<i>Rhizoclonium</i> sp. Kützing, 1843	IIB	
<i>Rytiphlaea tinctoria</i> (Clemente) C.Agardh, 1824	IIB	
<i>Ulva compressa</i> Linné, 1753	IIB	
<i>Ulva lactuca</i> Linnaeus, 1753	IIB	
<i>Ulva rigida</i> C.Agardh, 1823	IIB	
<i>Xiphosiphonia pennata</i> (C.Agardh) Savoie & GWSaunders, 2016	IIB	

ESG I correspond aux stades ultimes des successions - peuplements des sites vierges -, marque un pourcentage de recouvrement très élevé à Ain Tagouraït (135,53 %) par rapport à Bou Ismaïl (39,12%). Ceci est due à l'absence de groupe d'espèces vivaces épaisses (ESG IA) dans cette dernière, consécutivement à un état dégradé du milieu, le ESG IA à Ain Tagouraït est représenté par une seule espèce (*Cystoseira amentacea* var. *stricta*).

Bou Ismaïl, quant à elle, montre une légère dominance des espèces opportunistes (ESG II) avec 120,16 %, quand celui-ci est à 106,21% à Ain Tagouraït. 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, Bou Ismaïl semble être la station la plus sujette aux pressions anthropiques.

Tableau13: Évaluation et classification de l'état écologique sur la base de la formule continue de l'indice d'évaluation écologique (EEI-c).

	Ain Tagouraït	Bou Ismaïl
R% (IA)	45,00	0,00
R% (IB)	101,50	11,55
R% (IC)	15,55	49,80
R% (ESG I)	135,53	39,12
R% (IIA)	59,24	57,67
R% (IIB)	58,82	74,02
R%(ESG II)	106,21	120,16
EEI-c	6,32	3,89
EQR	0,54	0,24
ESC	Bon-Excellent	Modérer –Médiocre
Intervalle théorique (EEI-c)	8,09 ± 0,74 SD	4.04±0.68 SD

6. DISCUSSION GÉNÉRALE

En général, la réponse de la végétation aux changements de la qualité des eaux est due à la fois à des effets directs et indirects. Parmi les effets directs, la compétition pour l'acquisition des nutriments et l'énergie lumineuse, qui sont les deux éléments les plus limitant pour la croissance des macrophytes.

Les paramètres utilisés (richesse spécifique, abondance ou recouvrement, diversité et équitabilité), les DRF de Frontier ainsi que l'étude fonctionnelle (indice d'évaluation écologique (EEI-c)) permettent 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 spatiale.

La synthèse de toutes les informations discutées et les résultats trouvés sont illustrées sur la carte suivante (Figure.23) :

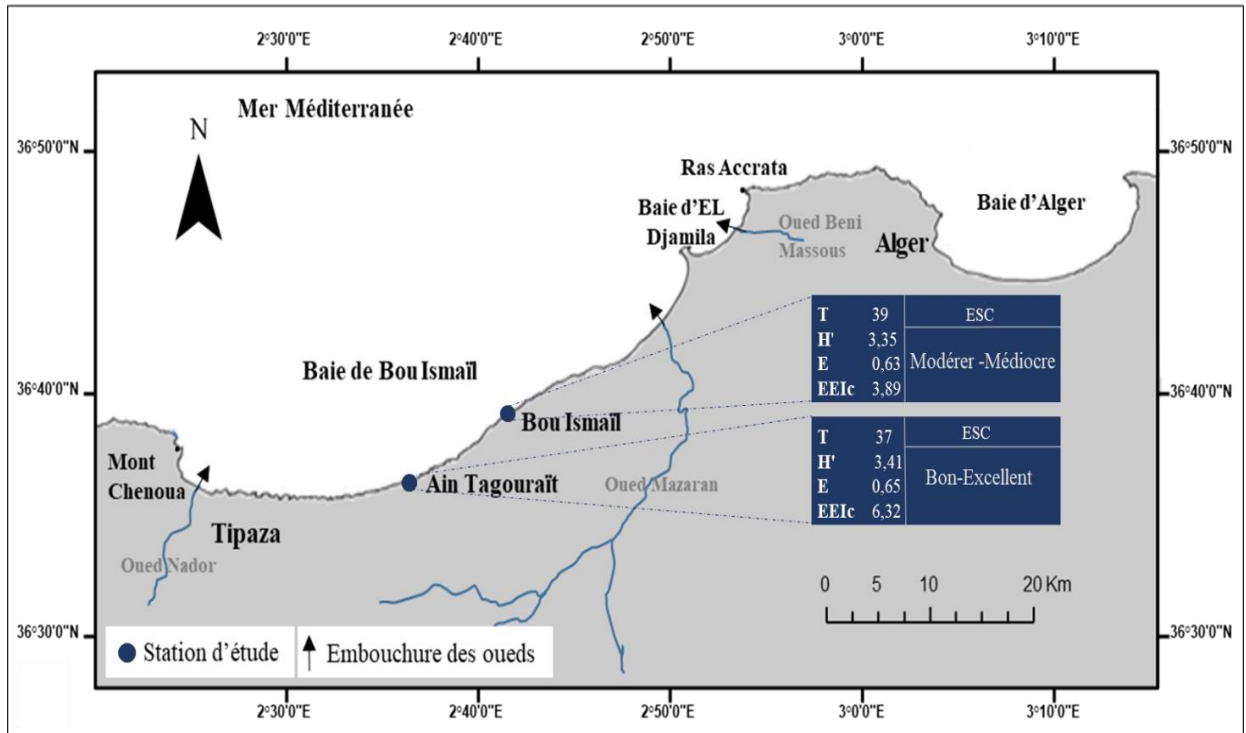


Figure 23: Carte synthétique des indices structuraux et fonctionnelle (source : KABRANE, 2012- Modifiée)

La station de Bou Ismaïl est classée comme modéré/ médiocre, cela indique que le peuplement macroalgal est perturbé ou stressé, et la qualité du milieu est relativement instable. Cette constatation pourrait être étayée par la proximité des embouchures des deux oueds Mazafran et Beni-Messous, celle de port de Khemisti et de la plage d'échouage de (Fouka), mais aussi la forte littoralisation incarnée par un réseau urbain conurbé. Cela augmente son exposition à l'eutrophisation et donc, l'augmentation de la turbidité de l'eau qui empêche les macrophytes benthiques pérennes d'accéder à la lumière, tout en entraînant l'apparition des macroalgues opportunistes, particulièrement les Ulves, dont *Ulva lactuca* (DUARTE, 1995 ; SCHRAMM, 1999 ; VIAROLI *et al.*, 2008).

En effet, les Ulvophyceae constituent les éléments physionomiquement les plus importants des peuplements végétaux de milieux pollués de l'infralittoral (GERBAL, 1994).

CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Subséquentement à la prolifération d'espèces indicatrices de pollution, une régression ou quasisdisparition d'espèces sensibles aux multiples nuisances devrait être constatée (**KABRANE, 2012**). Cet état de fait recoupe avec l'absence constatée des Cystoseires, considérés comme de bons indicateurs de la pollution (**BELLAN-SANTINI, 1969**)

Contrairement à la station précédente, un Bon-Excellent statut écologique marque le peuplement de Ain Tagouraït, caractérisée par la présence de *Cystoseira amantaceae var. stricta*, une espèce très sensible à l'eutrophisation et non tolérantes au moindre changement dans la composition de l'eau, en raison de ses exigences élevées en lumière (**TEWARI et JOSHI ,1988 ; in ORFANIDIS et al. ; 2011**), ferait d'elle une station "référence".

CONCLUSION

CONCLUSION

L'objectif de cette étude est de parvenir à une estimation de la qualité des eaux marine côtière, par l'analyse structurale et fonctionnelle du peuplement macroalgale de l'infralittoral supérieure, suivant un gradient spatial d'anthropisation le long de la côte ouest d'Alger, précisément au niveau de Ain Tagourait et Bou Ismaïl.

Si une partie de l'étude structurale n'a pas fourni de résultats édifiants (ex. : nombre de taxons T, H' / E, les rangs systématiques...), Il ressort d'après l'examen des recouvrements moyens et des dominances (quantitatives et qualitatives) des différents groupes systématiques et écologique, ainsi qu'à l'étude fonctionnelle par le biais de l'indice d'évaluation écologique (EEI-c), des résultats autrement plus satisfaisants ; ces derniers admettent que la station de Bou Ismaïl est caractérisée par l'abondance des espèces les plus tolérantes à la pollution (*Ulva lactuca* , *Corallina officinalis*, *Hypnea musciformis*) contrairement à Ain Tagourait où les espèces sensibles sont dominantes (Cystoseires). Cet état des lieux recoupe avec les résultats obtenus à travers l'application de l'EEI permettant ainsi, de situer respectivement Ain Tagourait et Bou Ismaïl le long d'un gradient d'anthropisation croissant. Ces observations s'avèrent compatibles avec les données bibliographiques relatives aux sources de nuisances susceptibles d'affecter les deux stations.

Par ailleurs, ces résultats confirment, la performance des macroalgues en tant que descripteur en bioévaluation des changements de la qualité écologique des masses d'eaux côtières.

La distribution des algues est conditionnée par une conjonction de facteurs naturels et anthropiques ; le défi étant de discriminer les facteurs biologiques intrinsèques de ceux environnementaux, c'est pourquoi il conviendrait de prévoir un cycle de prélèvements reproductible sur une échelle temporelle, afin de palier au biais probable d'une observation ponctuelle.

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

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

BABOURI, K. (2013). Utilisation des indicateurs trophiques pour l'évaluation de l'impact de la pêche sur un écosystème exploité. Application sur les pêcheries algériennes en mettant l'accent sur la pêche de la baie de Bou-Ismaïl. Master de science en gestion durable des pêches. Espagne : Université d'Alicante, p. 11.

BACHARI HOUMA, F. (2009). Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire. Sciences de l'Univers et Environnement. Paris : Université Du Val De Marne Paris XII, p.p. 10-50.

BALLESTEROS, E. (1991). Structure and dynamics of the community of *Rissoella verruculosa* (Bertoloni) J. Agardh (Gigartinales, Rhodophyceae) in the northwestern Mediterranean. *Scientia marina*, 55 (2), p.p. 439-451.

BALLESTEROS, E. (1992). Els vegetals i la zonagió litoral : especies, comunitats i factors que influeixen en la seva distribució. Espagne : Université de Barcelone, 587 pp.

BALLESTEROS, E., TORRAS X., PINEDO, S., GARCIA, M., MANGIALAJO, L., DE TORRES, M. (2007). A new methodology based on littoral community cartography dominated by macroalgae for the implementation of the European Water Framework Directive. *Marine Pollution bulletin*, 55, p.p. 172-180.

BELKACEM, Y, BENFARES, R, HOUMA BACHARI, F., (2016). Potential Impacts of Discharges from Seawater Reverse Osmosis on Algeria Marine Environment. *Journal of Environmental Engineering and Science*. 5, p.p.131-138.

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

BELLAN-SANTINI, D., (1992). Spéciation et biogéographie en mer Méditerranée. Musée Océanographique, Monaco, Bulletin de l'institut océanographe. 145 pp.

BELLAN-SANTINI, D., LACAZE, J.C., POIZAT, C., ED. (1994). Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée. Synthèse, menaces et perspectives. Collection Patrimoines naturels : Série Patrimoine écologique, 28. Muséum national d'Histoire naturelle : Paris. 245 pp.

BELSHER, T., BOUDOURESQUE, C.F., MARCOT, J. (1975). Peuplement algal de Port de Port-Vendre dominance qualitative des grands groupes systématiques. Rapp. Com. Int. Mer. Méditer., 23 (2), p.p. 87-89.

BENALI, M. (2010). Contribution à l'étude de la biodiversité associée aux Chromobiontes du genre *Cystoseira* dans la région de Tipaza. Océanographie Biologique et Environnement Marin. Bab Ezzouar : USTHB. p.p. 1-87.

BENBIDA, F. (2020). Bioévaluation de la qualité des eaux marines côtières par les peuplements macrophytes benthiques. Biodiversité et gestion des écosystèmes. Dely Brahim, Alger: ENSSMAL, 52 pp.

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

BERMEJO, R., VERGARA, J. J., & HERNÁNDEZ, I. (2012). Application and reassessment of the reduced species list index for macroalgae to assess the ecological status under the Water Framework Directive in the Atlantic coast of Southern Spain. Ecological Indicators. 12(1), p.p. 46-57.

BIRJE, J.W. (1995). Etude spatio-temporelle des peuplements phytobenthiques du littoral de Sidi Boulbra (Province de Safi, Maroc atlantique). Marseille : Univesité de Aix-Marseille II Fr. 216 pp.

BOUDOURESQUE, C.-F. (1968). Contribution à l'étude du peuplement épiphyte des rhizomes de Posidonies (*Posidonia oceanica* Delile). Rec. Trav. Stat. mar. Endoume. 43 (59), p.p. 45-64.

BOUDOURESQUE, C.-F. (1969). Etude quantitative et qualitative d'un peuplement algal à *Cystoseira mediterranea* dans la région de Banyuls-sur-mer (P.-O.). Vie et Milieu. 20 (2 B), p.p. 437-452.

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

BOUDOURESQUE, C. -F. (1971a). Méthodes s'étude qualitative et quantitative du benthos (en particulier du phytobenthos). Tethys. 3(1), p.p. 79-104.

BOUDOURESQUE, C.-F. (1971b). Recherches de bionomie analytique, structurale et expérimentale sur les peuplements benthiques sciaphiles de Méditerranée occidentale (fraction algale) : les peuplements sciaphiles de mode relativement calme sur substrats durs. Dans *Bulletin du Museum d'histoire naturelle de Marseille*. Muséum National d'histoire naturelle. p.p. 141-151

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

BOUDOURESQUE, C.F., CINELLI F. (1976). Le peuplement algal des biotopes sciaphiles superficiels de mode battu en Méditerranée occidentale. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli.* 40, p.p. 433-456.

BOUDOURESQUE, C.-F., &BELSHER, T. (1979). Une méthode de détermination de l'aire minimale qualitative. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 4, p.p. 25-26.

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), p.p.7-42.

BOUTIBA, Z., TALEB, M. Z., ABI AYAD, S.M. EL A. (2003). Etat de la pollution marine de la côte oranaise, Dar El Gharb, Oran, p. 69.

CADASTRE. (2004). Etude d'aménagement du littoral wilaya d'alger. Rapport Cadastre wilaya d'Alger. Document non publié. Alger : Cadastre.

CASAZZA, G., SILVESTRI, C., &SPADA, E. (2002). The use of bio-indicators for quality assessments of the marine environment: Examples from the Mediterranean Sea. *Journal of Coastal Conservation.* 8(2), p.p.147.

CHABANE, K. (2019). *Fonctionnement et diversité d'un écosystème à macroalgue de substrat rocheux de la région d'Alger.* Ecosystèmes marins : Modélisation et applications. Bab Ezzouar : USTHB, p.p. 33-51.

CHAUVIN, C., BERTRIN, C., BOUTRY, S., FERET, T., LORiot, S., &DUTARTRE, A. (2014). Des méthodes basées sur les peuplements de macrophytes pour évaluer l'état écologique des milieux aquatiques. *Sciences Eaux & Territoires.* 15(3), p. 54.

DAUER, D. M. (1993). Biological Criteria, Environmental Health and Estuarine Macrobenthic Community Structure. *Marine Pollution Bulletin.* 26(5), p.p. 249-257.

DELPINE, R., BOUDOURESQUE, C.F., FRADA-ORESTANO, C., NOAILLES, M.C., ASENSI, A. (1987). Algues et autres végétaux marins. Fiche FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche, Révision 1, Méditerranée et Mer Noir, Zone de la pêche 37, volume I. végétaux et invertébrés, p.p. 1- 136.

DUARTE, C. M. (1995). Submerged aquatic vegetation in relation to different nutrient regimes. *Ophelia.* 41, p.p. 87–112.

- FANO, E. A., MISTRI, M., & ROSSI, R. (2003).** The ecofunctional quality index (EQI): a new tool for assessing lagoonal ecosystem impairment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 56(3-4), p.p. 709-716.
- FRONTIER, S. (1976).** Utilisation des diagrammes rang – fréquence dans l’analyse des écosystèmes. *Journal de Recherche Océanographique*. (1), p.p. 35-48.
- FRONTIER, S. ET PICHOD-VIALE, D. (1991).** Ecosystèmes : structure et fonctionnement, évolution. Collection Ecologie, Masson ed., p.p. 392.
- FRONTIER, S. & PICHOD-VIALE, D. (1995).** Ecosystèmes : structures, fonctionnement, évolution. Masson. Collection d’écologie. 21, p. 449.
- FRONTIER, S., PICHOD-VIALE, D., LEPRETRE, A., DAVOULT, D., LUCZAK, C. (2004).** Ecosystèmes : structure, fonctionnement, évolution. Dunod, Paris. p.549.
- FURNARI, G. (2009).** Le macroalghe delle coste italiane : aspetti floristici e vegetazionali. *Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat.* 43 (371), p.p. 1-17.
- GERBAL, M. (1994).** Analyse spatio-temporelle des peuplements de substrat meuble de l’étang de Thau (Hérault, France). France : Univ. Aix-Marseille, p. 240.
- GRALL, J., COÏC, N. (2006).** *Synthèse des méthodes d’évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier*. Ifremer DYNECO/VIGIES/06-13/REBENT
- GRAMULIN-BRIDA, H., GIACCONE, G., GOLUBIC, S. (1967).** Contribution aux études des biocénoses subtidales. *Helgolander. Wiss. Meecesanters, Allen*. 15, p.p. 429-444.
- GRASMUCK, N. (1994).** La végétation aquatique des cours d'eau de Lorraine : typologie floristique et écologique : contribution à l'étude de l'autoécologie des espèces de la flore aquatique lorraine. *Biologie végétale*. Metz, France : Univesité de Paul Verlaine, p. 8.
- GRAY, J. S., & PEARSON, T. H. (1982).** Objective selection of sensitive species indicative of pollution induced change in benthic communities. I. Comparative methodology. *Marine Ecology Progress Series*. 9, p.p.111-119.
- GRAY, J. S., MCINTYRE, A. D., & STIRN, J. (1992).** Manuel des méthodes de recherche sur l’environnement aquatique. Onzième partie. Evaluation biologique de la pollution marine, eu égard en particulier au benthos. *FAO Document technique sur les pêches*. N° 324, 53 pp.
- GRIMES, S. (2003).** Bilan et Diagnostic National de la pollution marine de la cote Algérienne liée à des activités menées à terre. Programme d’actions stratégiques (PAS) destine à combattre la pollution due à des activités menées à terre et de sa stratégie opérationnelle. *Rapport PAM/PAS MED/MEDPOL*.

GRIMES, S. ET AL. (2013). Strategie nationale de gestion intégrée des zones cotieres en Algerie. Bilan et diagnostic. Doucement non publié. Alger : GEF, UNEP, PAM, ET AL.

HADDOUCHE, I. (2003). Etude de la pollution en baie de Bou-Ismaïl par les sels nutritifs et les métaux lourds en juillet 2002. Alger : *ENSSMAL*.

INCERA, M., BERTOCCI, I., BENEDETTI-CECCHI, L. (2009). Effects of mean intensity and temporal variability of disturbance on the invasion of *Caulerpa racemosa var cylindracea* (Caulerpales) in rock pools. *Biol. Invasions*.12. p.p. 501-514.

KABRANE, A. (2012). *Dynamique des peuplements macrophytiques : relation macrophytes - qualité des eaux*. Océanographie Biologique et Environnement Marin. Bab Ezzouar: USTHB, 90 pp.

KADARI-MEZIANE, Y. (1994). Contribution à l'étude de l'impact de la pollution sur la distribution spatio-temporelle des peuplements phytobenthiques dans la baie de Bou-Ismaïl (Algérie). Thèse Mag. Ecol. Nat. Sup., vieux Kouba, Alger, 226 pp.

KARALI, A. (2010). *Contribution à l'étude des biocénoses remarquables (bioconcrétionnements) de la région centre de la côte algérienne (biodiversité, caractérisation des peuplements associés)*. Océanographie Biologique et Environnement Marin. Bab Ezzouar: USTHB, p.p. 2-86.

LE FUR, I. (2018). *Rôle des macrophytes dans la restauration des milieux lagunaires : successions écologiques*. Ecologie fonctionnelle et sciences agronomiques. France : Université de Montpellier. p.p. 31-37.

MATE, PASMED, & MEDPOL. (2005). *Plan d'Action National pour la réduction de la pollution marine due à des activités menées à terre*. Doucement non publié. MATE, PASMED, & MEDPOL.

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

MURRAY, S. N., AMBROSE, R. F. A., DETHIER, M. N. (2006). *Monitoring rocky shores*. Berkeley, CA : Univ of California Press., p. 220.

NAULEAU, O. (1988). *Analyse bibliographique des conditions du développement des algues coloniales a formation macroscopiques*. Rapport d'étude du SRAE, Corse Lyon, p. 25.

O.N.M "OFFICE NATIONAL DE LA METEOROLOGIE" (2003). Centre climatologique national BP 153 DAR EL BEIDA 16100 ALGER. ALGERIE.

O.N.S. "Office National des Statistiques" (2011). *V° Recensement Général de la Population et de l'Habitat – 2008 – : Armature Urbaine.* Coll. Statist., n° 163 : Serie C. ISBN : 978-9961-792-74-248 - 334-6

O.N.S. "Office National des Statistiques" (2012). *Demographie algerienne.*

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

ORFANIDIS, S., PANAYOTIDIS, P., & STAMATIS, N. (2003). An insight to the ecological evaluation index (EEI). *Ecological Indicators.* 3(1), p.p. 27-33.

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

ORFANIDIS, S. (2012). Ecological Evaluation Index. [En ligne]. [consulté 13 juillet 2021]. disponible sur le web : <http://www.eei.gr/EN/coastal.html>.

ORLANDO-BONACA, M, LIPEJ, L, ORFANIDIS, S. (2008). Benthic macrophytes as a tool for delineating, monitoring and assessing ecological status: The case of Slovenian coastal waters. *Marine Pollution Bulletin.* 56, p.p. 666–676.

OUAHIL, A. (2017). *Etat de la pollution par matières particulaires et dissoutes dans le système fluvio-marin d'Oued Mazafran- embouchure (baie de Bousmail).* Hydraulique urbaine. Blida : Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique, p.p. 21-22.

OULD AHMED, N. (1994). Etude des espèces phytobenthiques au voisinage de la centrale thermique de Mers El Hadjadj (Golf d'Arzew ; Ouest algérien). Mention particulière sur une espèce remarquable Chlorophyte, Caulerpale : *Caulerpa prolifera* Lamouroux. Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL, 263 pp. +78 tab.

PANAYOTIDIS, P., MONTESANTO, B., & ORFANIDIS, S. (2004). Use of low-budget monitoring of macroalgae to implement the European Water Framework Directive. *Journal of Applied Phycology.* 16(1), p.p. 49-59.

PEARSON, T. H. & ROSENBERG, R. (1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanographic Marine Biology Annual Review.* 16, p.p. 230- 306.

PERES J.M., PICARD J. (1964). Manuel des bionomies benthiques de la Méditerranée. *Rec. Trv. St. Mar. Endoume.* 31 (47), p.p. 5-137.

PERRET-BOUDOURESQUE, M., SERIDI, H. (1989). Inventaire des algues marines benthiques d'Algérie. GIS, Posidonie publ. Marseille (France), 117 pp.

PINEDO, S., GARCÍA, M., SATTA, M. P., TORRES, M. D., & BALLESTEROS, E. (2007). Rocky-shore communities as indicators of water quality : A case study in the Northwestern Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*. 55(1-6), p.p. 126-135.

P.A.C. (2005). "Zone côtière algéroise". Protection des sites sensibles naturels marins du secteur Cap Djinet au Mont Chenoua Actions pilotes, plan d'action et recommandations, p. 45.

P.A.C. (2006). Programme d'Aménagement Côtier (PAC) de la "Zone côtière algéroise". Rapport final intégré. No. 164 de la Série des rapports techniques du PAM, PNUE/PAM, Athènes : PNUE, PAM, & CAR/ASP, PAP.

SCHRAMM, W. (1999). Factors influencing seaweed responses to eutrophication; some results from EU-project EUMAC. *Journal of applied Phycology*. 11, p.p. 69-78.

SERIDI, H. (1990). Étude des algues marines benthiques de la région d'Alger. Environnement marin. Alger USTHB : 121 pp.

SERIDI, H. (2007). Etude de la flore algale de l'Algérie. Etude phytosociologique des peuplements algaux photophiles de l'infralittoral superficiel de substrat dur. Environnement marin. Bab Ezzouar : USTHB, 172 pp.

SERIDI, H., RUITTON, S., BOUDOURESQUE, C.F. (2007). Is it possible to calibrate the pollution level of the region of Algiers (Mediterranean Sea) by exploiting marine macrophytes ? *Comptes Rendus Biologie*. 330, p.p. 606-614.

SFRISO, A., FACCA, C. (2007). Distribution and production of macrophytes in the Lagoon of Venice. Comparison of actual and past abundance. *Hydrobiologia*. 577, p.p. 71-85.

SIMBOURA, N., & ZENETOS, A. (2002). Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new biotic index. *Mediterranean Marine Science*. 3(2), p.p. 77-111.

SOLTAN, D., VERLAQUE, M., BOUDOURESQUE, C.F., FRANCOUR, P. (2001). Changes in macroalgal communities in the vicinity of a mediterranean sewage outfall after the setting up of treatment plant. *Marine Pollution Bulletin*. 42 (1), p.p. 59-70.

TALEB, M. Z., BENGHALI, S., KADDOUR, A., BOUTIBA, Z. (2007b). Monitoring the biological effects of pollution on the Algerian west coast using mussels *Mytilus galloprovincialis*, *Oceanologia*. 49 (4), p.p. 543-564.

TALEB, Z. M, BENALI, I, GHERRAS, H, YKHLEF-ALLAL, A, BOUIADJRA, B,B, AMIARD, J, C, BOUTIBA, Z. (2009). Biomonitoring of environmental pollution on the Algerian west coast using caged mussels *Mytilus galloprovincialis*. *Oceanologia*. 51 (1), p.p. 63–84.

TAOUNZA, R. (2011). Etude spatio-temporelle des peuplements algaux de substrat dur de la région de Sidi-Fredj. *Océanographie Biologique et Environnement Marin*. Bab Ezzouar : USTHB. p.p. 12-21.

VIAROLI, P., M. BARTOLI, G. GIORDANI, M. NALDI, S. ORFANIDIS, & J. M. ZALDIVAR (2008). Community shifts, alternative stable states, biogeochemical controls and feedbacks in eutrophic coastal lagoons: a brief overview. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 18: p.p. 105-117.

WARWICK, R. M. (1986). A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Marine Biology*, 92, p.p. 557-562.

WARWICK, R. M., & CLARKE, K. R. (1993). Comparing the severity of disturbance: a meta-analysis of marine macrobenthic community data. *Marine Ecology Progress Series*, 92, p.p. 221-231.

WILSON, J. G., & JEFFREY, D. W. (1994). Benthic biological pollution indices in estuaries. In: Kramer K.M.J. (ed.). *Biomonitoring of coastal water and estuaries*. CRC Press Inc.. p.p. 311-327.

ZUBIA, M. ET AL. (2012). *Définition d'un bio-indicateur d'eutrophisation (coraux, algues, invertébrés) pour les récifs coralliens de La Réunion*. Rapport final n° 10/1218779.Z, IFERMER, & ARVAM.

ANNEXES

ANNEXE I: Les éléments de qualité retenus par la DCE dans article 1.1.4 de l'annexe V pour la classification de l'état des masses d'eau de transition et des masses d'eau côtières (ZUBIA *et al.*,2012)

Eaux de transition	Paramètres biologiques		Composition, abondance et biomasse du phytoplancton
			Composition et abondance de la flore aquatique (autre que le phytoplancton)
			Composition et abondance de la faune benthique invertébrée
			Composition, abondance et structure de l'âge de l'ichtyofaune
	Paramètres hydromorphologiques soutenant les paramètres biologiques	Conditions morphologiques	Variation de la profondeur
			Quantité, structure et substrat du lit
			Structure de la zone intertidale
		Régime des marées	Débit d'eau douce
	Paramètres chimiques et physico-chimiques soutenant les paramètres biologiques	Paramètres généraux	Exposition aux vagues
			Transparence
			Température
			Bilan d'oxygène
Salinité			
Polluants spécifiques		Concentration en nutriments	
		Pollution par toutes substances prioritaires recensées comme étant déversées dans la masse d'eau	
		Pollution par d'autres substances recensées comme étant déversées en quantités significatives dans la masse d'eau	
Eaux côtières	Paramètres biologiques		Composition, abondance et biomasse du phytoplancton
			Composition et abondance de la flore aquatique (autre que le phytoplancton)
			Composition et abondance de la faune benthique invertébrée
	Paramètres hydromorphologiques soutenant les paramètres biologiques	Conditions morphologiques	Variation de la profondeur
			Structure et substrat de la côte
			Structure de la zone intertidale
		Régime des marées	Direction des courants dominants
	Paramètres chimiques et physico-chimiques soutenant les paramètres biologiques	Paramètres généraux	Exposition aux vagues
			Transparence
			Température
			Bilan d'oxygène
Salinité			
Polluants spécifiques		Concentration en nutriments	
		Pollution par toutes substances prioritaires recensées comme étant déversées dans la masse d'eau	
		Pollution par d'autres substances recensées comme étant déversées en quantités significatives dans la masse d'eau	

ANNEXE II : Fiche d'échantillonnage

FICHE D'ÉCHANTILLONNAGE	
<p>Station/Code : Ain Tagouraït/AT Date : 11/02/2020 HEURE : 11H00 Coordonnées : 36°36'42.8"N 2°37'29.4"E Configuration : Cap ouest occidentale Commune : Ain Tagouraït Mode : Battu à semi battu Willaya : Tipaza Profondeur : 0,2- 0,3 m Inclinaison : Horizontale % de Couverture : 100%</p>	<p>Station/Code : Bou Ismaïl/BI Date : 11/02/2020 HEURE : 13H00 Coordonnées : 36°39'06.8"N 2°41'46.5"E Configuration : Estrans rocheux en sabler exposée Commune : Bou Ismaïl Mode : Battu à semi battu Willaya : Tipaza Profondeur : 0,2- 0,3 m Inclinaison : Horizontale % de Couverture : 80%</p>

ANNEXE III : Pourcentage de recouvrements des taxons recensés dans les prélèvements ponctuels des deux stations Ain Tagouraït et Bou Ismaïl.

Espèces	Ain Tagouraït			Bou Ismaïl		
	Qt1	Qt2	Qt3	Qt1	Qt2	Qt3
<i>Bryopsis plumosa</i> (Hudson) C.Agardh, 1823				0,05		0,09
<i>Caulerpa racemosa</i> (Forsskål) J.Agardh, 1873						7
<i>Rhizoclonium</i> sp. Kützinger, 1843						2
<i>Cladophora lehmanniana</i> (Lindenberg) Kützinger, 1843	0,2		0,4	0,25		0,32
<i>Ulva compressa</i> Linné, 1753		0,02	0,4	0,1		
<i>Ulva lactuca</i> Linnaeus, 1753	4,5		10	0,1	42	
<i>Ulva rigida</i> C.Agardh, 1823		4,5		2,75		10
<i>Cutleria multifida</i> (Turner) Greville, 1830						10,7
<i>Cystoseira amentacea</i> var. <i>stricta</i> Montagne, 1846	8	37				
<i>Cystoseira compressa</i> (Esper) Gerloff & Nizamuddin, 1975	20	72	8			
<i>Dictyopteris polypodioides</i> (APDe Candolle) JVLamouroux, 1809		0,5		3,5		
<i>Dictyota dichotoma</i> (Hudson) J.V.Lamouroux, 1809			0,25	0,04	0,7	0,15
<i>Dictyota spiralis</i> Montagne, 1846	1,75	4,5	0,3	0,4		0,1
<i>Dictyota</i> sp. JVLamouroux, 1809				0,2		

Suite ANNEXE III

<i>Padina pavonica</i> (Linnaeus) Thivy, 1960			1,5		
<i>Halopteris filicina</i> (Grateloup) Kützing, 1843					0,05
<i>Halopteris scoparia</i> (Linnaeus) Sauvageau, 1904	0,8		10	0,01	
<i>Sphacelaria rigidula</i> Kützing, 1843		0,01	0,05		
<i>Pyropia leucosticta</i> (Thuret) Neefus & J.Brodie, 2011			3	2	
<i>Callithamnion</i> sp. Lyngbye, 1819					0,2
<i>Callithamnion corymbosum</i> (Smith) Lyngbye, 1819				0,25	
<i>Antithamnion</i> sp1. Nägeli, 1847		0,15			
<i>Antithamnion</i> sp2. Nägeli, 1847					0,2
<i>Centroceras clavulatum</i> (C.Agardh) Montagne, 1846				3	0,08
<i>Ceramium</i> sp1. Roth, 1797				2,75	
<i>Ceramium</i> sp2. Roth, 1797					0,05
<i>Ceramium</i> sp3. Roth, 1797					0,9
<i>Ceramium tenuicorne</i> (Kützing) Waern, 1952		5			0,09
<i>Ceramium virgatum</i> Roth, 1797	1,5		3	0,5	4,1
<i>Cryptopleura ramosa</i> (Hudson) L.Newton, 1931	0,1		0,05		0,15
<i>Hypoglossum hypoglossoides</i> (Stackhouse) Collins & Hervey, 1917		0,03			
<i>Chondria</i> sp. C.Agardh, 1817		0,05		1	0,1 2,2
<i>Ophidocladus simpliciusculus</i> (P.Crouan & H.Crouan) Falkenberg, 1897				0,06	
<i>Herposiphonia</i> sp. Nägeli, 1846		0,4		0,2	0,07
<i>Palisada perforata</i> (Bory) K.W.Nam, 2007		25	0,5		
<i>Polysiphonia sertularioides</i> (Grateloup) J.Agardh 1863		0,7		1,2	0,2
<i>Rytiphlaea tinctoria</i> (Clemente) C.Agardh, 1824		2,5			
<i>Xiphosiphonia pennata</i> (C.Agardh) Savoie & GWSaunders, 2016	0,25	9	2,5	0,3	0,15
<i>Spyridia filamentosa</i> (Wulfen) Harvey, 1833		1			
<i>Corallina officinalis</i> Linnaeus, 1758	3,3	1	1,3	40,5	4
<i>Ellisolandia elongata</i> (J.Ellis & Solander) K.R.Hind & G.W.Saunders, 2013			0,4	0,5	0,8
<i>Jania rubens</i> (Linnaeus) J.V.Lamouroux, 1816	5	1,2	1,6		
<i>Jania virgata</i> (Zanardini) Montagne, 1846	0,1	0,25	0,9		
<i>Lithophyllum</i> Philippi, 1837		0,5		4	
<i>Gelidium crinale</i> (Hare ex Turner) Gaillon, 1828			2,8	0,25	

Suite ANNEXE III

<i>Pterocladia capillacea</i> (S.G.Gmelin) Santelices & Hommersand, 1997	11				
<i>Rhodophyllis divaricata</i> (Stackhouse) Papenfuss, 1950				0,45	0,4
<i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) JVLamouroux, 1813	0,5			28	11
<i>Chondracanthus acicularis</i> (Roth) Fredericq, 1993	1	3,3	4	0,55	
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i> Stackhouse, 1797	0,5				
<i>Gracilaria bursa-pastoris</i> (SGGmelin) PCSilva, 1952					0,5
<i>Gracilaria</i> sp. Greville, 1830	0,3				
<i>Champia parvula</i> (C.Agardh) Harvey, 1853	1	0,75		0,5	1,33

ANNEXE IV : Recouvrements moyens des deux stations.

Espèces	RM%	
	Ain Tagourait	Bou Ismaïl
<i>Bryopsis plumosa</i> (Hudson) C.Agardh, 1823		0,05
<i>Caulerpa racemosa</i> (Forsskål) J.Agardh, 1873		2,33
<i>Rhizoclonium</i> sp. Kützing, 1843		0,67
<i>Cladophora lehmanniana</i> (Lindenberg) Kützing, 1843	0,20	0,19
<i>Ulva compressa</i> Linné, 1753	0,14	0,03
<i>Ulva lactuca</i> Linnaeus, 1753	4,83	14,03
<i>Ulva rigida</i> C.Agardh, 1823	1,50	4,25
<i>Cutleria multifida</i> (Turner) Greville, 1830		3,57
<i>Cystoseira amentacea</i> var. <i>stricta</i> Montagne, 1846	15,00	
<i>Cystoseira compressa</i> (Esper) Gerloff & Nizamuddin, 1975	33,33	
<i>Dictyopteris polypodioides</i> (APDe Candolle) JVLamouroux, 1809	0,17	1,17
<i>Dictyota dichotoma</i> (Hudson) J.V.Lamouroux, 1809	0,08	0,30
<i>Dictyota spiralis</i> Montagne, 1846	2,18	0,17
<i>Dictyota</i> sp. JVLamouroux, 1809		0,07
<i>Halopteris filicina</i> (Grateloup) Kützing, 1843		0,02
<i>Halopteris scoparia</i> (Linnaeus) Sauvageau, 1904	3,60	0,00
<i>Padina pavonica</i> (Linnaeus) Thivy, 1960	0,50	
<i>Sphacelaria rigidula</i> Kützing, 1843	0,02	
<i>Pyropia leucosticta</i> (Thuret) Neefus & J.Brodie, 2011	1,00	0,67
<i>Callithamnion</i> sp. Lyngbye, 1819		0,07
<i>Callithamnion corymbosum</i> (Smith) Lyngbye, 1819		0,08
<i>Antithamnion</i> sp1. Nägeli, 1847	0,05	
<i>Antithamnion</i> sp2. Nägeli, 1847		0,07
<i>Centroceras clavulatum</i> (C.Agardh) Montagne, 1846		1,00
<i>Ceramium</i> sp1. Roth, 1797		0,92
<i>Ceramium</i> sp2. Roth, 1797		0,02
<i>Ceramium</i> sp3. Roth, 1797		0,30

Suite ANNEXE IV

<i>Ceramium tenuicorne</i> (Kützing) Waern, 1952	1,67	0,03
<i>Ceramium virgatum</i> Roth, 1797	1,50	1,53
<i>Cryptopleura ramosa</i> (Hudson) L.Newton, 1931	0,05	0,05
<i>Hypoglossum hypoglossoides</i> (Stackhouse) Collins & Hervey, 1917	0,01	
<i>Chondria</i> sp. C.Agardh, 1817	0,02	1,10
<i>Ophidocladus simpliciusculus</i> (P.Crouan & H.Crouan) Falkenberg, 1897		0,02
<i>Herposiphonia</i> sp. Nägeli, 1846	0,13	0,09
<i>Palisada perforata</i> (Bory) K.W.Nam, 2007	8,50	
<i>Polysiphonia sertularioides</i> (Grateloup) J.Agardh 1863	0,23	0,47
<i>Rytiphlaea tinctoria</i> (Clemente) C.Agardh, 1824	0,83	
<i>Xiphosiphonia pennata</i> (C.Agardh) Savoie & GWSaunders, 2016	3,92	0,15
<i>Spyridia filamentosa</i> (Wulfen) Harvey, 1833	0,33	
<i>Corallina officinalis</i> Linnaeus, 1758	1,87	14,83
<i>Ellisolandia elongata</i> (J.Ellis & Solander) K.R.Hind & G.W.Saunders, 2013	0,13	0,43
<i>Jania rubens</i> (Linnaeus) J.V.Lamouroux, 1816	2,60	
<i>Jania virgata</i> (Zanardini) Montagne, 1846	0,42	
<i>Lithophyllum</i> sp. Philippi, 1837	0,17	1,33
<i>Gelidium crinale</i> (Hare ex Turner) Gaillon, 1828	0,93	0,08
<i>Pterocladia capillacea</i> (S.G.Gmelin) Santelices & Hommersand, 1997	3,67	
<i>Rhodophyllis divaricata</i> (Stackhouse) Papenfuss, 1950		0,28
<i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) JVLamouroux, 1813	0,17	13,00
<i>Chondracanthus acicularis</i> (Roth) Fredericq, 1993	2,77	0,18
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i> Stackhouse, 1797	0,17	
<i>Gracilaria bursa-pastoris</i> (SGGmelin) PCSilva, 1952		0,17
<i>Gracilaria</i> sp. Greville, 1830	0,10	
<i>Champia parvula</i> (C.Agardh) Harvey, 1853	0,58	0,61

ANNEXE V : Dominances quantitatives (DR%) et qualitatives (DQ%) des groupes systématiques (Ordres) des deux stations Ain Tagouraït et Bou Ismaïl

	Ain Tagouraït	Bou Ismaïl
Ordre	DR%	DR%
Bangiales	1,07	1,04
Bryopsidales	0,00	3,70
Ceramiales	18,47	9,16
Cladophorales	0,21	1,33
Corallinales	5,55	25,81
Cutleriales	0,00	5,55
Dictyotales	3,14	2,64
Fucales	51,77	0,00
Gelidiales	4,93	0,13
Gigartinales	3,32	20,94
Gracilariales	0,11	0,26
Rhodymeniales	0,62	0,95
Sphacelariales	3,88	0,03
Ulvaes	6,93	28,48

	Ain Tagouraït	Bou Ismaïl
Ordre	DQ%	DQ%
Bangiales	2,70	2,56
Bryopsidales	0,00	5,13
Ceramiales	32,43	38,46
Cladophorales	2,70	5,13
Corallinales	13,51	7,69
Cutleriales	0,00	2,56
Dictyotales	10,81	10,26
Fucales	5,41	0,00
Gelidiales	5,41	2,56
Gigartinales	8,11	7,69
Gracilariales	2,70	2,56
Rhodymeniales	2,70	2,56
Sphacelariales	5,41	5,13
Ulvaes	8,11	7,69

ANNEXE VI : Groupes écologiques des taxons recensés dans les deux stations.

Groupes écologiques		Espèces
Groupes médiolittoraux	FM : Frange Médiolittorale	Gelidium crinale (Hare ex Turner) Gaillon, 1828 Palisada perforata (Bory) K.W.Nam, 2007
	RMM2 : Roches médiolittorale moyenne 2	Ulva compressa Linné, 1753
	RMS : Roche Médiolittorale Supérieure	Polysiphonia sertularioides (Grateloup) J.Agardh 1863 Pyropia leucosticta (Thuret) Neefus & J.Brodie, 2011
Groupes photophiles infralittoraux	PhI : Photophile Infralittoral	Jania rubens (Linnaeus) J.V.Lamouroux, 1816
	PhIB : Photophile Infralittoral Battu	Cystoseira amentacea var. stricta Montagne, 1846 Ceramium virgatum Roth, 1797
	PhIC : Photophile Infralittoral relativement Calme	Padina pavonica (Linnaeus) Thivy, 1960 Dictyota dichotoma (Hudson) J.V.Lamouroux, 1809 Halopteris filicina (Grateloup) Kützing, 1843 Halopteris scoparia (Linnaeus) Sauvageau, 1904 Herposiphonia sp. Nägeli, 1846 Cystoseira compressa (Esper) Gerloff & Nizamuddin, 1975 Dictyota spiralis Montagne, 1846
	PhIT : Photophile Infralittoral Thermophile	Jania virgata (Zanardini) Montagne, 1846 Hypnea musciformis (Wulfen) JVLamouroux, 1813 Spyridia filamentosa (Wulfen) Harvey, 1833 Rytiphlaea tinctoria (Clemente) C.Agardh, 1824
Groupes sciaphiles	SIC : Sciaphile Infralittoral et Circalittoral	Dictyopteris polypodioides (APDe Candolle) JVLamouroux, 1809
Groupes sciaphiles de mode battu	SSB : Sciaphile Infralittoral Battu	Rhodophyllis divaricata (Stackhouse) Papenfuss, 1950 Pterocliadiella capillacea (S.G.Gmelin) Santelices & Hommersand, 1997 Xiphosiphonia pennata (C.Agardh) Savoie & GWSaunders, 2016
	SSBc : Sciaphile Infralittoral Battu à affinité chaude	Sphacelaria rigidula Kützing, 1843
Groupes sciaphiles de mode relativement calme	SC : Sciaphile de mode relativement Calme	Champia parvula (C.Agardh) Harvey, 1853 Cryptopleura ramosa (Hudson) L.Newton, 1931 Cladophora lehmanniana (Lindenberg) Kützing, 1843
	SCI : Sciaphile Infralittoral de mode relativement Calme	Sphaerococcus coronopifolius Stackhouse, 1797 Callithamnion corymbosum (Smith) Lyngbye, 1819
	CC : espèces du Concrétionnet Circalittorale	Gracilaria bursa-pastoris (SGGmelin) PCSilva, 1952

Suite ANNEXE VI

Groupes de pollution	PhIP : Photophile infralittoral portuaire	<p>Cutleria multifida (Turner) Greville, 1830 Chondracanthus acicularis (Roth) Fredericq, 1993 Bryopsis plumosa (Hudson) C.Agardh, 1823 Ulva lactuca Linnaeus, 1753 Ulva rigida C.Agardh, 1823</p>
Autres groupes	ISR : Infralittoral de Substrat dur, rocheux en particulier	<p>Ellisolandia elongata (J.Ellis & Solander) K.R.Hind & G.W.Saunders, 2013</p>
	LRE : Large répartition écologique	<p>Caulerpa racemosa (Forsskål) J.Agardh, 1873 Hypoglossum hypoglossoides (Stackhouse) Collins & Hervey, 1917 Centroceras clavulatum (C.Agardh) Montagne, 1846</p>
	Sans signification écologique	<p>Corallina officinalis Linnaeus, 1758 Chondria C.Agardh, 1817 Dictyota sp. JVLamouroux, 1809 Gracilaria sp. Greville, 1830 Antithamnion sp1.Nägeli, 1847 Antithamnion sp2. Nägeli, 1847 Callithamnion Lyngbye, 1819 Ceramium sp1. Roth, 1797 Ceramium sp2. Roth, 1797 Ceramium sp3. Roth, 1797 Ceramium tenuicorne (Kützing) Waern, 1952 Lithophyllum sp. Philippi, 1837 Ophidocladus simpliciusculus (P.Crouan & H.Crouan) Falkenberg, 1897 Rhizoclonium sp. Kützing, 1843</p>

ANNEXE VII : Dominances qualitatives et quantitatives des groupes écologiques.

GÉ	Espèces	Ain Tagouraït			Bou Ismaïl			
		DRi	DR	DQ	DRi	DR	DQ	
FM	<i>Gelidium crinale</i>	1,000	10,103	5,405	0,1295	0,1295	2,564	
	<i>Palisada perforata</i>	9,104						
RMM2	<i>Ulva compressa</i>	0,150	0,150	2,703	0,0518	0,0518	2,564	
RMS	<i>Polysiphonia sertularioides</i>	0,250	1,321	5,405	0,7252	1,7613	5,128	
	<i>Pyropia leucosticta</i>	1,071			1,0361			
PhI	<i>Jania rubens</i>	2,785	2,785	2,703				
PhIB	<i>Cystoseira amentacea var. stricta</i>	16,065	17,67	5,405	2,3829	2,3829	2,564	
	<i>Ceramium virgatum</i>	1,607						
PhIC	<i>Padina pavonica</i>	0,536	42,662	16,216	0,0052	0,8910	12,821	
	<i>Dictyota dichotoma</i>	0,089						0,4610
	<i>Halopteris filicina</i>							0,0259
	<i>Halopteris scoparia</i>	3,856						
	<i>Herposiphonia sp.</i>	0,143						0,1399
	<i>Cystoseira compressa</i>	35,700						
PhIT	<i>Dictyota spiralis</i>	2,338			0,2590			
	<i>Jania virgata</i>	0,446	1,874	10,811	20,2031	20,2031	2,564	
	<i>Hypnea musciformis</i>	0,179						
	<i>Spyridia filamentosa</i>	0,357						
<i>Rytiphlaea tinctoria</i>	0,893							
SIC	<i>Dictyopteris polypodioides</i>	0,179	0,179	2,703	1,8131	1,8131	2,564	
SSB	<i>Rhodophyllis divaricata</i>				0,4403	0,6734	5,128	
	<i>Pterocladia capillacea</i>	3,927	8,122	5,405				
	<i>Xiphosiphonia pennata</i>	4,195			0,2331			
SSBc	<i>Sphacelaria rigidula</i>	0,021	0,021	2,703				
SC	<i>Champia parvula</i>	0,625			0,9480	1,3210	7,692	
	<i>Cryptopleura ramosa</i>	0,054	0,893	8,108	0,0777			
	<i>Cladophora lehmanniana</i>	0,214			0,2953			
SCI	<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	0,179	0,179	2,703	0,1295	0,1295	2,564	
	<i>Callithamnion corymbosum</i>							

Suite ANNEXE VII

CC	<i>Gracilaria bursa-pastoris</i>				0,2590	0,2590	2,564
PhIP	<i>Cutleria multifida</i>				5,5429		
	<i>Chondracanthus acicularis</i>	2,963			0,2849		
	<i>Bryopsis plumosa</i>		9,746	8,108	0,0725	34,3141	12,821
	<i>Ulva lactuca</i>	5,177			21,8090		
	<i>Ulva rigida</i>	1,607			6,6048		
ISR	<i>Ellisolandia elongata</i>	0,143	0,143	2,703	0,6734	0,6734	2,564
LRE	<i>Caulerpa racemosa</i>				3,6262		
	<i>Hypoglossum hypoglossoides</i>	0,011	0,011	2,703		5,2217	5,128
	<i>Centroceras clavulatum</i>				1,5955		
Sans signification écologique	<i>Corallina officinalis</i> Linnaeus, 1758	1,999			23,0522		
	<i>Chondria</i> C.Agardh, 1817	0,018			1,7095		
	<i>Dictyota</i> sp.				0,1036		
	<i>Gracilaria</i> sp.	0,107					
	<i>Antithamnion</i> sp2.				0,1036		
	<i>Antithamnion</i> sp1.	0,054					
	<i>Callithamnion</i> sp.				0,1036		
	<i>Ceramium</i> sp1.		4,141	16,216	1,4246	30,1751	30,769
	<i>Ceramium</i> sp2.				0,03		
	<i>Ceramium</i> sp3.				0,45		
	<i>Ceramium tenuicorne</i>	1,785			0,05		
	<i>Lithophyllum</i> sp.	0,179			2,07		
	<i>Ophidocladus simpliciusculus</i>				0,03		
	<i>Rhizoclonium</i> sp.				1,04		

ANNEXE VIII : Dominances relatives (Ri/RT) et rangs respectifs des taxons recensés pour chaque station

Ain Tagouraït		
Rang	Espèce	Ri/RT
1	<i>Cystoseira compressa</i>	0,357
2	<i>Cystoseira amentacea var. stricta</i>	0,161
3	<i>Palisada perforata</i>	0,091
4	<i>Ulva lactuca</i>	0,052
5	<i>Xiphosiphonia pennata</i>	0,042
6	<i>Pterocliadiella capillacea</i>	0,039
7	<i>Halopteris scoparia</i>	0,039
8	<i>Chondracanthus acicularis</i>	0,030
9	<i>Jania rubens</i>	0,028
10	<i>Dictyota spiralis</i>	0,023
11	<i>Corallina officinalis</i>	0,020
12	<i>Ceramium tenuicorne</i>	0,018
13	<i>Ulva rigida</i>	0,016
13	<i>Ceramium virgatum</i>	0,016
14	<i>Pyropia leucosticta</i>	0,011
15	<i>Gelidium crinale</i>	0,010
16	<i>Rytiphlaea tinctoria</i>	0,009
17	<i>Champia parvula</i>	0,006
18	<i>Padina pavonica</i>	0,005
19	<i>Jania virgata</i>	0,004
20	<i>Spyridia filamentosa</i>	0,004
21	<i>Polysiphonia sertularioides</i>	0,002
22	<i>Cladophora lehmanniana</i>	0,002
23	<i>Dictyopteris polypodioides</i>	0,002

Bou Ismaïl		
Rang	Espèce	Ri/RT
1	<i>Corallina officinalis</i>	0,231
2	<i>Ulva lactuca</i>	0,218
3	<i>Hypnea musciformis</i>	0,202
4	<i>Ulva rigida</i>	0,066
5	<i>Cutleria multifidi</i>	0,055
6	<i>Caulerpa racemosa</i>	0,036
7	<i>Ceramium virgatum</i>	0,024
8	<i>Lithophyllum</i>	0,021
9	<i>Dictyopteris polypodioides</i>	0,018
10	<i>Chondria sp.</i>	0,017
11	<i>Centroceras clavulatum</i>	0,016
12	<i>Ceramium sp1.</i>	0,014
13	<i>Rhizoclonium sp.</i>	0,010
13	<i>Pyropia leucosticta</i>	0,010
14	<i>Champia parvula</i>	0,009
15	<i>Polysiphonia sertularioides</i>	0,007
16	<i>Ellisolandia elongata</i>	0,007
17	<i>Ceramium sp3.</i>	0,005
18	<i>Dictyota dichotoma</i>	0,005
19	<i>Rhodophyllis divaricata</i>	0,004
20	<i>Cladophora lehmanniana</i>	0,003
21	<i>Chondracanthus acicularis</i>	0,003
22	<i>Dictyota spiralis</i>	0,003
22	<i>Gracilaria bursa-pastoris</i>	0,003

Suite ANNEXE VIII

23	<i>Lithophyllum sp.</i>	0,002
24	<i>Hypnea musciformis</i>	0,002
24	<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	0,002
25	<i>Ulva compressa</i>	0,001
26	<i>Herposiphonia sp.</i>	0,001
26	<i>Ellisolandia elongata</i>	0,001
27	<i>Gracilaria sp.</i>	0,001
28	<i>Dictyota dichotoma</i>	0,001
29	<i>Cryptopleura ramosa</i>	0,001
29	<i>Antithamnion sp1.</i>	0,001
30	<i>Sphacelaria rigidula</i>	0,000
31	<i>Chondria sp.</i>	0,000
31	<i>Hypoglossum hypoglossoides</i>	0,000

23	<i>Xiphosiphonia pennata</i>	0,002
24	<i>Herposiphonia sp.</i>	0,001
25	<i>Callithamnion corymbosum</i>	0,001
25	<i>Gelidium crinale</i>	0,001
26	<i>Dictyota sp.</i>	0,001
26	<i>Callithamnion sp.</i>	0,001
26	<i>Antithamnion sp2.</i>	0,001
27	<i>Cryptopleura ramosa</i>	0,001
28	<i>Bryopsis plumosa</i>	0,001
29	<i>Ulva compressa</i>	0,001
30	<i>Ceramium tenuicorne</i>	0,0005
31	<i>Ophidocladus simpliciusculus</i>	0,0003
32	<i>Halopteris filicina</i>	0,0003
32	<i>Ceramium sp2.</i>	0,0003
33	<i>Halopteris scoparia</i>	0,0001

ANNEXE IX : Recouvrements (%) des groupes écologiques (ESG : Statu Ecologique des Groupes) et indice d'évaluation écologique (EEI-c), (Source : <http://www.eei.gr/EN/coastal.html>).

Espèces	ESG	Ain Tagouraït			Bou Ismaïl		
		Qt1	Qt2	Qt3	Qt1	Qt2	Qt3
<i>Cystoseira amentacea var. stricta</i>	IA	8	37				
ESG IA		8	37	0	0	0	0
<i>Cutleria multifida</i>	IB						10,7
<i>Cystoseira compressa</i>	IB	20	72	8			
<i>Padina pavonica</i>	IB			1,5			
<i>Rhodophyllis divaricata</i>	IB				0,45		0,4
ESG IB		20	72	9,5	0,45	0	11,1
<i>Corallina officinalis</i>	IC	3,3	1	1,3	40,5		4
<i>Ellisolandia elongata</i>	IC			0,4	0,5		0,8
<i>Jania rubens</i>	IC	5	1,2	1,6			
<i>Jania virgata</i>	IC	0,1	0,25	0,9			
<i>Lithophyllum sp.</i>	IC		0,5		4		
ESG IC		8,4	2,95	4,2	45	0	4,8
<i>Caulerpa racemosa</i>	IIA						7
<i>Champia parvula</i>	IIA		1	0,75	0,5		1,33
<i>Chondracanthus acicularis</i>	IIA	1	3,3	4	0,55		
<i>Chondria sp.</i>	IIA		0,05		1	0,1	2,2
<i>Cryptopleura ramosa</i>	IIA		0,1	0,05			0,15
<i>Dictyopteris polypodioides</i>	IIA		0,5		3,5		
<i>Dictyota dichotoma</i>	IIA			0,25	0,04	0,7	0,15
<i>Dictyota sp.</i>	IIA				0,2		
<i>Dictyota spiralis</i>	IIA	1,75	4,5	0,3	0,4		0,1
<i>Gelidium crinale</i>	IIA			2,8	0,25		
<i>Gracilaria bursa-pastoris</i>	IIA						0,5
<i>Gracilaria sp.</i>	IIA		0,3				
<i>Hypnea musciformis</i>	IIA		0,5		28		11
<i>Hypoglossum hypoglossoides</i>	IIA		0,03				
<i>Palisada perforata</i>	IIA		25	0,5			
<i>Pterocladia capillacea</i>	IIA			11			
<i>Sphacelaria rigidula</i>	IIA		0,01	0,05			
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	IIA	0,5					
<i>Spyridia filamentosa</i>	IIA		1				
ESG IIA		3,25	36,29	19,7	34,44	0,8	22,43
<i>Antithamnion sp2.</i>	IIB					0,2	
<i>Antithamnion sp1.</i>	IIB		0,15				
<i>Bryopsis plumosa</i>	IIB				0,05		0,09
<i>Callithamnion corymbosum</i>	IIB				0,25		

Suite ANNEXE IX

<i>Callithamnion Lyngbye,</i>	IIB						0,2
<i>Centroceras clavulatum</i>	IIB				3		0,08
<i>Ceramium sp1.</i>	IIB				2,75		
<i>Ceramium sp2.</i>	IIB					0,05	
<i>Ceramium sp3.</i>	IIB						0,9
<i>Ceramium tenuicorne</i>	IIB		5				0,09
<i>Ceramium virgatum</i>	IIB		1,5	3	0,5		4,1
<i>Cladophora lehmanniana</i>	IIB	0,2		0,4	0,25		0,32
<i>Halopteris filicina</i>	IIB						0,05
<i>Halopteris scoparia</i>	IIB	0,8		10	0,01		
<i>Herposiphonia sp.</i>	IIB		0,4		0,2		0,07
<i>Ophidocladus simpliciusculus</i>	IIB				0,06		
<i>Polysiphonia sertularioides</i>	IIB		0,7		1,2		0,2
<i>Pyropia leucosticta</i>	IIB			3	2		
<i>Rhizoclonium sp.</i>	IIB						2
<i>Rytiphlaea tinctoria</i>	IIB		2,5				
<i>Ulva compressa</i>	IIB		0,02	0,4	0,1		
<i>Ulva lactuca</i>	IIB	4,5		10	0,1	42	
<i>Ulva rigida</i>	IIB		4,5		2,75		10
<i>Xiphosiphonia pennata</i>	IIB	0,25	9	2,5	0,3		0,15
ESG IIB		5,75	23,77	29,3	13,52	42,25	18,25

Relevé	Ain Tagouraït			Bou Ismaïl		
	Qt1	Qt2	Qt3	Qt1	Qt2	Qt3
R% (ESG I)	29,04	96,37	10,12	27,36	0	11,76
R% (ESG II)	8,35	52,8	45,06	41,072	42,89	36,194
EEI-c par relevé	7,55	8,02	3,39	4,99	2,63	4,05
EEI-c par station	6,32			3,89		
EEI-c EQR	0,54			0,24		
ESC	Bon-Excellent			Modérer –Médiocre		

ABSTRACT

In this study, macroalgae were used in the assessment of coastal water quality, following a pollution gradient, extending from Aïn Tagourait to Bou Ismaïl (Bay of Bou Ismaïl - Western Algiers). The structural and functional analyzes carried out on the infralittoral macroalgae communities of the two sites, have showed that the ecological quality of the coastal waters of Aïn Tagourait would be better than Bou Ismaïl's ones. This observation is especially reinforced by the quality of the taxonomic richness, which highlights the dominance of sthenic species (e.g. *Cystoseira spp.*), sensitive to pollution, in Aïn Tagourait, as opposed to Bou Ismaïl, floristic diversity is marked by the dominance of pollution indicators species (eg: *Ulva lactuca*; *Hypnea musciformis*; *Corallina officinalis*). The EEI-c index also provided "Good-Excellent" and "Moderate-Mediocre" ESCs to Ain Tagourait and Bou Ismaïl respectively; the EQR of the latter (0.24) seems to indicate that this site would be subjected to more anthropogenic pressures than would be Ain Tagourait (EQR= 0.54).

Key-words:

Bioassessment; macroalgae; water quality; pollution gradient; anthropogenic pressures; infralittoral communities; *Ecological Evaluation Index (EEI-c)*.

الملخص:

في هذه الدراسة استعملت الطحالب لتقييم جودة المياه البحرية الساحلية بحسب التدرج في نسبة التلوث الممتدة من عين تاقوريت إلى بوسماعيل (خليج بوسماعيل، غرب الجزائر العاصمة).

التحليل البنوي والوظيفية المتحصل عليها من خلال عينة من الطحالب المتواجدة في هذين الموقعين على التوالي بينت أن القيمة الإيكولوجية للمياه الساحلية بعين تاقوريت أفضل من المياه المتواجدة ببوسماعيل.

هذه النتيجة تعضدها الثروة التصنيفية والتي تظهر طغيان الانواع المقاومة (مثل *Cystoseira spp.*) التي تتأثر بالتلوث بعين تاقوريت وبالمقابل التنوع النباتي ببوسماعيل المتميز بهيمنة الانواع التي تعكس وجود التلوث

(مثل *Ulva lactuca*، *Hypnea musciformis*، *Corallina officinalis*).

المؤشر (*EEI-c*) أظهر أيضا مستويات الحالة الإيكولوجية (*ESCs*) «جيدة إلى ممتازة» و«متوسطة إلى رديئة» على التوالي بعين تاقوريت وبوسماعيل.

نسبة الحالة الإيكولوجية (*EQR*) لهذا الأخير (0.24) يظهر من خلالها أن هذا الموقع قد يكون أكثر عرضة للتأثيرات الناجمة عن الأنشطة البشرية خلافا لما عليه الحال بعين تاقوريت (*EQR*= 0.54).

الكلمات المفتاحية:

جودة المياه ، الطحالب ، التقييم البيولوجي ، تدرج التلوث ، الضغوط الناجمة عن الأنشطة البشرية ، المجتمعات التي تعمر الجزء العلوي من الساحل الأدنى ، مؤشر التقييم الإيكولوجي (*EEI-c*).