

N° d'ordre...

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
Département Sciences de l'environnement

THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES

Présentée par :

M^{me} MANSOURI Asmaa

Spécialité : Sciences de l'environnement

Option : Biodiversité et conservation des zones humides

Intitulé

*Etude de la flore algale benthique : distribution
spécifique et spatiale, et leurs intérêts dans la
biosurveillance des zones humides côtières oranaises*

Soutenue le

Devant l'honorable jury composé de :

Présidente : TOUMI Fawzia

(Pr. U.D.L - Sidi Bel Abbès)

Examineurs : MOUFFOK Salim

(Pr. Univ - Oran 1)

BAALOUJ Affef

(MCA. Univ - Guelma)

BACHIR BOUIDJRA Benabdellah

(MCA. Univ - Mostaganem)

Directeur de thèse : BOUZIDI Mohamed Ali

(Pr. U.D.L - de Sidi Bel Abbès)

Co directeur de thèse : KERFOUF Ahmed

(Pr. U.D.L - de Sidi Bel Abbès)

Année universitaire 2020 –2021

Dédicace

Avec l'aide de Dieu tout puissant

Je dédie ce modeste travail à :

- ❖ *Mon cher Papa Mansouri Ben Amar qui a mené durement sa vie pour me voir là où j'en suis maintenant et s'est sacrifié toujours à l'effet de me rendre heureuse ;
Cher père je me rappelle toujours de tous les moments où tu m'a poussé à travailler et à réussir; Merci et j'espère que vous trouverez dans ce travail l'expression de ma gratitude et mon respect.*
- ❖ *A ma chère mère Razzar Hadjla qui m'a entouré d'affections tout au long de ma vie.*
- ❖ *A Mes enfants walid. Imene et manel.*
- ❖ *A Mon Mari Drif Mohamed, aucun mot ne saurait t'exprimer mon profond attachement et ma reconnaissance pour l'amour, la tendresse et la gentillesse dont tu m'as toujours entouré. Cher mari j'aimerais bien que tu trouves dans ce travail l'expression de mes sentiments de reconnaissance les plus sincères, car grace à ton aide et à ta patience avec moi que ce travail a pu voir le jour. Que dieu le tout puissant nous accorde un avenir meilleur.*
- ❖ *Mes très chères sœurs*
 - *Hanane, son mari Mohamed et leurs enfants.*
 - *Hadjira, son mari Reda et leurs enfants.*
 - *Dalila, son mari Abdellah et leurs enfants.*
- ❖ *A mes chers frères*
 - *Adel, sa femme kheira et leurs enfants.*
 - *Mon petit frère Walid à qui je souhaite tout le bonheur du monde.*
- ❖ *A ma chère sœur et amie Tabet chrifa et sa famille.*
- ❖ *A ma tante Razzar Rehia, et son fils Nekrouf Abdellah.*
- ❖ *A ma belle-mère Bouazza Khiera,*
- ❖ *A tous les membres de la famille Mansouri et Drif.*

Remerciements

C'est avec de profonds sentiments de reconnaissance et un très grand respect que je commencerai par remercier mon directeur de thèse Monsieur **BOUZIDI Mohamed Ali**, Professeur à l'Université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbes, pour avoir encadré et dirigé ce travail avec une grande rigueur scientifique. Sa disponibilité, ses conseils et la confiance qu'il nous a accordé pour nous permettre de réaliser ce travail.

Je tiens à exprimer toute ma profonde reconnaissance à Monsieur **KERFOUF Ahmed**, Professeur à l'Université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbes, co-directeur de cette thèse, qui m'a fait bénéficier de ses compétences et de ses précieuses recommandations, je le remercie aussi pour son sérieux, sa disponibilité et son dévouement pour son travail. Je vous remercie pour tout ce que vous avez fait pour l'aboutissement de ce travail.

Je souhaite également exprimer mes remerciements et ma reconnaissance aux membres du jury : Mme. **TOUMI Fawziya**, Professeur à l'Université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbes, qui me fait un grand honneur de présider cet honorable jury, pour ses encouragements et ses conseils judicieux pendant toute la période de ma formation de post-graduation en sciences de l'environnement. Je lui adresse toute ma gratitude.

Je tiens aussi à adresser mes vifs remerciements à Mr. **MOUFFOK Salim**, Professeur à l'université d'Oran 1, m'a fait l'honneur de juger mon travail, qu'il soit assuré de ma profonde reconnaissance.

Je tiens à exprimer ma vive gratitude à Mme. **BAALOUJ Affef**, maître de conférences à l'université 8 mai 1945 de Guelma pour m'avoir fait l'honneur de participer au jury et d'avoir accepté de juger mon travail. J'ai beaucoup apprécié ses qualités humaines et professionnelles. Soyez-en très chaleureusement remerciée.

Mes remerciements vont également à Monsieur ***BACHIR BOUIADJRA Benabdellah***, maître de conférences à l'université de Mostaganem, qui m'a fait l'honneur de juger mon travail, qu'il soit assuré de ma profonde reconnaissance.

Je tiens également à remercier vivement les Pr. RAMDANI Mohamed de l'institut scientifique de Rabat (Maroc), ainsi que le Pr. KHIATI Najat, de l'université Ain Chock de Casablanca (Maroc), pour leurs contributions dans la détermination taxonomique et leurs précieux conseils dans le traitement des données, et de m'avoir reçu dans leurs laboratoires.

Je remercie toute personne qui a intervenu à un moment ou à un autre pour apporter une aide, un conseil, une orientation ou simplement un encouragement.

Résumé :

Le littoral oranais est de plus en plus agressé de nos jours par diverses formes de nuisances : activités industrielles, tourisme intensif et urbanisation massive avec comme corollaire une ampleur sans cesse croissante d'une pollution d'origine domestique et industrielle. Cette frange côtière subit une expansion démographique galopante accompagnée d'une urbanisation anarchique, et d'intenses activités portuaires associées à diverses activités industrielles, qui ne sont pas sans conséquences sur l'environnement côtier.

C'est dans ce contexte pour avoir une vision de l'état de l'écosystème côtier oranais, nous avons prospecté quatre sites, choisis en fonction de leur proximité du tissu urbain ou/et tissu industriel, afin d'évaluer la structure de la flore algale et de l'impact des activités anthropiques sur ces zones côtières. L'objectif de notre étude basée sur une stratégie de biosurveillance, est l'évaluation de l'état des de cet écosystème côtier, par la présence de Macroalgues.

Ainsi, un inventaire a été réalisé dont l'objectif de suivre l'évolution spatiale des communautés macro-algales et leur composition taxonomique. Notre campagne d'échantillonnage a permis de répertorier 37 espèces de trois grands groupes de thallophytes : 11 Phéophycées, 8 Chlorophycées et 18 Rhodophycées.

Les résultats obtenus, a révélé que le recouvrement moyen global des Rhodophycées au niveau des quatre stations est très important par rapport aux deux autres groupes d'algues. La station de Mars El Hadjaj est marquée par une fréquence importante de *Caulerpa cylindracea* et *Caulerpa prolifera* montre le caractère invasif de ces chlorophycées, qui s'installent progressivement le long du littoral ouest algérien. L'absence totale de *Caulerpa cylindracea* dans les deux stations Kristel et Bousfer et sa présence dans les deux autres stations Mars El Hadjaj et Ain Franin. Néanmoins les trois autres stations de Kristel, Ain Franin et Bousfer sont caractérisées par la présence d'un bioindicateur de choix pour des études environnementales : les Cystoseires.

Mots clés : Macroalgue, Ecosystème côtier, Biosurveillance, Chlorophycées, Rhodophycées, Phéophycées, Mars El Hadjaj, Ain Defla, Ain Franin, Bousfer, Littoral oranais.

Abstract:

Various forms of nuisance increasingly attack the Oran coastline nowadays: industrial activities, intensive tourism and massive urbanization with as a corollary an ever-increasing extent of domestic and industrial pollution. This coastal fringe is undergoing a galloping demographic expansion accompanied by anarchic urbanization, and intense port activities associated with various industrial activities, which are not without consequences on the coastal environment.

It is in this context to have a vision of the state of the Oran coastal ecosystem, we prospected four sites, chosen according to their proximity to the urban fabric or / and industrial fabric, in order to assess the structure of the algal flora and the impact of human activities on these coastal areas. The objective of our study, based on a biomonitoring strategy, is to assess the state of this coastal ecosystem, by the presence of macroalgae.

Thus, an inventory was carried out with the objective of following the spatial evolution of macroalgal communities and their taxonomic composition. Our sampling campaign identified 37 species of three major groups of thallophytes: 11 Pheophyceae, 8 Chlorophyceae and 18 Rhodophyceae.

The results obtained revealed that the overall average recovery of Rhodophyceae at the level of the four stations is very high compared to the other two groups of algae. The Mars El Hadjaj station is marked by a high frequency of *Caulerpa cylindracea* and *Caulerpa prolifera* shows the invasive character of these chlorophyceae, which are gradually settling along the western Algerian coast. The total absence of *Caulerpa cylindracea*, in the two stations Kristel, Bousfer, and his presence in the other two stations Mars El Hadjaj and Ain Franin. Nevertheless, the three other stations of Kristel, Ain Franin and Bousfer are characterized by the presence of a bioindicator of choice for environmental studies: *Cystoseires*.

Keywords : Macroalgae, Coastal ecosystem, Biosurveillance, Chlorophyceae, Rhodophyceae, Pheophyceae, Mars El Hadjaj, Kristal, Ain Franin, Bousfer, Oran coast.

ملخص

يتعرض ساحل وهران بشكل متزايد في الوقت الحاضر للهجوم من قبل أشكال مختلفة من الإزعاج: الأنشطة الصناعية، السياحة المكثفة والتحضر الهائل كنتيجة طبيعية لتلوث متزايد من مصدر محلي وصناعي. تشهد هذه الحافة الساحلية توسعاً ديموغرافياً سريعاً مصحوباً بالتوسع الحضري الفوضوي، وأنشطة الموانئ المكثفة المرتبطة بالأنشطة الصناعية المختلفة، والتي لا تخلو من عواقب على البيئة الساحلية.

في هذا السياق، للحصول على رؤية لحالة النظام البيئي الساحلي لوهران، قمنا باستكشاف أربعة مواقع، تم اختيارها وفقاً لقربها من النسيج الحضري والنسيج الصناعي، من أجل تقييم بنية النباتات الطحلبية وتأثير الأنشطة البشرية على هذه المناطق الساحلية. الهدف من دراستنا، بناءً على استراتيجية المراقبة الحيوية، هو تقييم حالة هذا النظام البيئي الساحلي، من خلال وجود الطحالب الكبيرة.

وهكذا، تم إجراء جرد بهدف متابعة التطور المكاني لمجتمعات الطحالب الكبيرة وتكوينها التصنيفي. وقد تم تسجيل 37 نوعاً من ثلاث مجموعات رئيسية من الطحالب: 11 الطحالب البنية و 8 طحالب الخضراء و 18 طحالب الحمراء

أوضحت النتائج المتحصل عليها أن المعدل العام لانتعاش طحالب الحمراء على مستوى المحطات الأربع مرتفع للغاية مقارنة بمجموعتي الطحالب الأخريين. تتميز محطة مرسى الحجاج، بتردد عالٍ لـ *Caulerpa cylindracea* و *Caulerpa prolifera* مما يدل على الطابع الغازي لهذه، طحالب الخضراء، والتي تستقر تدريجياً على طول الساحل الغربي الجزائري. الغياب التام لـ *Caulerpa cylindracea*، في محطتي كرسنال وبوسفر، وتواجده في المحطتين الأخريين مرسى الحجاج وعين فرانين. ومع ذلك، فإن المحطات الثلاث الأخرى كريستل وعين فرانين وبوسفير تتميز بوجود مؤشر بيولوجي مفضل للدراسات البيئية: *Cystoseires*

الكلمات المفتاحية: الطحالب الكبيرة، النظام البيئي الساحلي، المراقبة الحيوية، طحالب الحمراء، طحالب الخضراء الطحالب البنية، مرسى الحجاج، كرسنال، عين فرانين، بوسفر، ساحل وهران.

TABLE DES MATIERES

Introduction.....	1
--------------------------	----------

PARTIE 1: SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LES ALGUES

1 Généralités sur les algues.....	4
1.1 Définition.....	4
1.2 Structure.....	4
1.3 Les base de la classification des grandes lignées d'algues.....	5
A. Pigmentation.....	5
B. Les polysaccharides de réserve.....	5
C. Les polysaccharides pariétaux.....	6
1.4 Les grands groupes des algues marines.....	6
a. Algues vertes ou Chlorophycées.....	6
b. Algues brunes ou Phéophycées.....	7
c. Algues rouges ou Rhodophycées.....	7
➤ Classification structurale et morphologique.....	9
1.5 Mode de reproduction des macroalgues.....	9
1.6 Répartition des algues	10
❖ Facteurs abiotiques.....	10
a. Durée de submersion par la mer.....	10
Plateau continental.....	11
Talus continental.....	11
La pleine eau ou domaine pélagique.....	11
Le fond ou domaine benthique.....	12
Les fosses.....	12
b. Agitation de l'eau.....	13
c. Nature du substrat.....	14
d. Éclairement.....	14

e. Températures et ses variations.....	15
f. Salinité de l'eau et ses variations.....	15
g. Teneur en nitrates ou en phosphates.....	15
❖ Facteurs biotiques.....	15
1.7 Utilisation et intérêt économique des algues	16
1.7.1 En alimentation animale.....	16
1.7.2 En alimentation humaine.....	17
1.7.3 Dans l'industrie alimentaire.....	17
1.7.4 En agriculture.....	18
1.7.5 Dans le domaine pharmaceutique et médical.....	18
1.7.6 Dans la biotechnologie.....	19
1.7.7 Dans le traitement des eaux usées.....	19
1.8 La pollution.....	19
1.8.1 Les polluants et impact sur l'écosystème	20
1.8.2 Impact des espèces introduites	20
1.8.3 Impact sur la faune et la flore.....	21
1.9 Eutrophisation des écosystèmes aquatiques.....	21

CHAPITRE 2 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

2. Présentation de la zone d'étude.....	23
1. Localisation géographique de la zone d'étude.....	23
2 Géomorphologie et sédimentologie.....	24
3. Les courants.....	25
3.1 Masses d'eaux de surface.....	27
3.2 Eaux Intermédiaires Levantines (EIL ou LIW).....	28
3.3 Eaux profondes.....	28
3.3.1 Le bassin de concentration.....	28
3.3.2 Le bassin de dilution.....	28
4. Les houles.....	29

5. Le Climat.....	31
6. Les facteurs physico-chimiques du milieu.....	31
6.1 La température.....	31
6.2 La salinité.....	32
6.3Le carbone en Méditerranée.....	33
6.4 Les éléments nutritifs (Phosphates, Nitrates et Silicates).....	34
7Pollution des eaux littorales oranaises.....	35

PARTIE 2 : ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE 3 : MATERIEL ET METHODES

3 Matériel et méthodes.....	37
1.1 Localisation et description des stations ou sites d'études.....	37
Station 1 : Mersa El Hadjaj.....	37
La station 2 Kristel.....	38
La station 3 d'Ain Franine.....	38
La station 4 Bousfer	38
1.2 Méthodologie retenue.....	40
a. Abondance-dominance.....	40
b. La richesse spécifique	40
c. Le recouvrement.....	41
d. Recouvrement moyen global.....	41
e. La fréquence.....	42
f. L'aire minimale.....	42
1.3 Période d'échantillonnage.....	42
1.4 Modalités de prélèvement.....	43
1.5 Tri et conservation du matériel récolté.....	45

1.6 Identification des espèces.....	46
-------------------------------------	----

CHAPITRE 4 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

4 Résultats et discussions	47
1. Identification et classification de la flore benthique	47
1.1 Phéophycées	47
1.1.1 <i>Colpomenia sinuosa</i>	48
1.1.2 <i>Cystoseira stricta</i>	49
1.1.3 <i>Dictyota dichotoma</i>	50
1.1.4 <i>Padina pavonica</i>	51
1.1.5 <i>Sargassum muticum</i>	52
1.1.6 <i>Halopteris scoparia</i>	53
1.1.7 <i>Halopteris Filicina</i>	54
1.1.8 <i>Fucus serratus</i>	55
1.1.9 <i>Dictyota fasciola</i>	57
1.1.10 <i>Cystoseira compressa</i>	58
1.1.11 <i>Cystoseira mediterranea</i>	58
1.2 Chlorophycées.....	59
1.2.1 <i>Caulerpa racemose</i>	60
1.2.2 <i>Caulerpa prolifera</i>	61
1.2.3 <i>Cladophoropsis membranacea</i>	62
1.2.4 <i>Codium decorticans</i>	63
1.2.5 <i>Ulva rigida</i>	64
1.2.6 <i>Enteromorpha compressa</i>	66
1.2.7 <i>Enteromorpha intestinalis</i>	66
1.2.8 <i>Ulva lactuca</i>	66
1.3 Rhodophycées.....	68
1.3.1 <i>Asparagopsis armata</i>	70
1.3.2 <i>Corallina elongata</i>	71
1.3.3 <i>Halopity incurvus</i>	72
1.3.4 <i>Gelidium crinale</i>	73
1.3.5 <i>Gracilaria verrucosa</i>	74

1.3.6	<i>Hypnea musciformis</i>	75
1.3.7	<i>Laurencia papillosa</i>	76
1.3.8	<i>Osmundea pinnatifida</i>	77
1.3.9	<i>Peyssonnelia squamaria</i>	78
1.3.10	<i>Ceramium diaphanum</i>	79
1.3.11	<i>Rhodothamniella floridula</i>	80
1.3.12	<i>Chondrus crispus</i>	80
1.3.13	<i>Polyides rotunda</i>	81
1.3.14	<i>Ahnfeltia plicata</i>	81
1.3.15	<i>Phyllophora heredia</i>	82
1.3.16	<i>Lomentaria orcadensis</i>	83
1.3.17	<i>Fucellaria lumbricalis</i>	83
1.3.18	<i>Chondracanthus acicularis</i>	84
2-	Analyse de la diversité benthique des macrophytes.....	85
2.1	Richesse spécifique	85
2.2	Paramètres analytique pour chaque station	88
2-2-1	Station de Marsa El Hadjaj.....	88
a-	Richesse spécifique des groupes benthiques macrophytes	88
b-	Estimation du taux de recouvrement pour chaque espèce.....	90
c-	Le recouvrement moyen global.....	91
d-	La fréquence.....	91
2-2-2	Station Kristel.....	93
a-	Richesse spécifique des groupes benthiques macrophytes	93
b-	Estimation du taux de recouvrement pour chaque espèce.....	95
c-	Le recouvrement moyen global.....	96
d-	La fréquence.....	96
2-2-3	Station d'Ain Franin.....	98
a-	Richesse spécifique des groupes benthiques macrophytes	98
b-	Estimation du taux de recouvrement pour chaque espèce.....	98
c-	Le recouvrement moyen global.....	100
d-	La fréquence.....	100
2-2-4	Station de Bousfer	103
a-	Richesse spécifique des groupes benthiques macrophytes.....	103
b-	Estimation du taux de recouvrement pour chaque espèce.....	104

c- Le recouvrement moyen global.....	105
d- La fréquence.....	106
2.2.5 Aire minimale pour les quatre stations.....	107
Conclusion générale.....	108
Références Bibliographiques.....	110
Travaux En Rapport Avec La Thèse	

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Représentation schématique de l'algue et sa fixation au substrat.....	5
Figure 2 : La répartition des macroalgues	8
Figure 3 : Schémas des modes de ramifications.....	9
Figure 4 : L'étagement en Méditerranée	11
Figure 5 : Émissaire d'eaux usées à Bousfer-plage.....	20
Figure 6 : Aspects visuels de l'eutrophisation, marée verte (macro-algue).....	22
Figure 7 : Localisation géographique de la zone d'étude.....	23
Figure 8 : Situation géographique du bassin méditerranéen occidental.....	25
Figure 9 : Circulation des eaux de l'Atlantique.....	30
Figure 10: Localisation géographique de la zone d'étude.....	39
Figure 11 : Quadra utilisé pour l'échantillonnage.....	43
Figure 12 : Sites d'échantillonnages.....	44
Figure 13 : Séparations et assèchement des espèces récoltées	45
Figure 14 : Réalisation d'un herbier	46
Figure 15: <i>Colpomenia sinuosa</i>	48
Figure 16 : <i>Cystoseira stricta</i>	49
Figure 17 : <i>Dictyota dichotoma</i>	50
Figure 18 : <i>Padina pavonica</i>	51
Figure 19 : <i>Sargassum muticum</i>	52
Figure 20 : <i>Halopteris scoparia</i>	54
Figure 21 : <i>Halopteris Filicina</i>	55
Figure 22 : <i>Fucus serratus</i>	56
Figure 23 : <i>Dictyota fasciola</i>	57
Figure 24 : <i>Cystoseira compressa</i>	58
Figure 25 : <i>Cystoseira mediterranea</i>	58
Figure 26 : <i>Caulerpa racemosa</i>	60
Figure 27 : <i>Caulerpa prolifera</i>	61
Figure 28 : <i>Cladophoropsis membranacea</i>	62
Figure 29 : <i>Codium decorticatum</i>	63
Figure 30 : <i>Ulva rigida</i>	64
Figure 31 : <i>Enteromorpha compressa</i>	64

Figure 32 : <i>Enteromorpha intestinalis</i>	65
Figure 33 : <i>Ulva lactuca</i>	66
Figure 34 : <i>Asparagopsis armata</i>	70
Figure 35 : <i>Corallina elongata</i>	71
Figure 36 : <i>Halopity incurvus</i>	72
Figure 37 : <i>Gelidium crinale</i>	73
Figure 38 : <i>Gracilaria verrucosa</i>	74
Figure 39 : <i>Hypnea musciformis</i>	75
Figure 40 : <i>Laurencia papillosa</i>	76
Figure 41 : <i>Osmundea pinnatifida</i>	77
Figure 42 : <i>Peyssonnelia squamaria</i>	78
Figure 43 : <i>Ceramium diaphanum</i>	79
Figure 44 : <i>Rhodothamniella floridula</i>	80
Figure 45 : <i>Chondrus crispus</i>	80
Figure 46 : <i>Polyides rotunda</i>	81
Figure 47 : <i>Ahnfeltia plicata</i>	82
Figure 48 : <i>Phyllophora heredia</i>	82
Figure 49 : <i>Lomentaria orcadensis</i>	83
Figure 50 : <i>Fucellaria lumbricalis</i>	83
Figure 51 : <i>Chondracanthus acicularis</i>	84
Figure 52 : Richesse spécifique des groupes Thallophytes des quatre stations.....	88
Figure 53 : Répartition des espèces selon les groupes benthiques macrophytes au niveau de la station de Mars el hadjaj.....	89
Figures 54 : Recouvrement des espèces macrophytes de la station de Mers El Hadjaj.....	90
Figure 55 : Recouvrement moyen global des trois groupes d'algues au niveau de la station de Mars el hadjaj.....	91
Figure 56 : La fréquence de chaque espèce au niveau de MARS el hadjaj.....	92
Figure 57 : Richesse spécifique e des trois groupes d'algues au niveau de la station Kristel.....	94
Figures 58 : Recouvrement des espèces Macrophytes au niveau de la station Kristel.....	95
Figure 59 : Recouvrement moyen global des trois groupes d'algues au niveau de la station Kristel.....	96
Figure 60 : Fréquence pour chaque espèce d'algue au niveau Kristel.....	97

Figure 61 : Richesse spécifique des trois groupes d'algues au niveau de la station d'Ain franine.....	98
Figure 62 : Le recouvrement pour chaque espèce d'algues au niveau de la station d'Ain Franine.....	100
Figure 63 : Recouvrement moyen global des trois groupes d'algues au niveau de la station d'Ain Franine.....	101
Figure 64 : La fréquence pour chaque espèce d'algue au niveau d'Ain Franine.....	102
Figure 65 : la richesse spécifique des trois groupes d'algues au niveau de la station de Bousfer.....	104
Figures 66 : Recouvrement des espèces macrophytes de la station de Bousfer.....	105
Figure 67 : Recouvrement moyen global des trois groupes d'algues au niveau de la station de Bousfer.....	106
Figure 68 : Fréquence de chaque espèce au niveau de Bousfer.....	107
Figures 69 : Courbe d'air minimal pour les quatre stations.....	108

Liste des tableaux

Tableau 1 : Coefficient de recouvrement des espèces au niveau des quatre stations d'échantillonnage.....	85
--	----

Liste des abréviations

°C : degré Celsius

‰ : pour mille

Cm : centimètre

cm/s : centimètre par seconde

CO₂ : Le dioxyde de carbone

DGF : Direction Générale des Forêts.

F : fréquence

ha : hectare

Ha : hectares

Km : kilomètre

m : mètre

m/s : mètre par seconde

m² : mètre carré

m³/s : mètre cube par seconde

mg/l : milligramme par litre

mm : millimètre

OD : Oxygène Dissout.

ONG : Office National Météorologique de Guemar.

ONM : Office National Météorologique.

PCB : biphényles polychlorés.

pH : Potentiel hydrogène

PVC : Polymère de chlorure de vinylidène.

Ri : Pourcentage approximatif de la surface du substrat couverte en projection par l'espèce i.

RMG : recouvrement moyen global

μg/l : microgramme par litre.

μM : micromètre

INTRODUCTION

L'environnement marin est un écosystème rendu unique en raison de la diversité des organismes qu'il abrite. Parmi ses organismes, les algues font preuve d'une incroyable richesse. De nouvelles espèces sont identifiées perpétuellement et des projections estimaient que les 36 000 espèces répertoriées ne représentaient en fait que 17% des 200 000 espèces supposées existantes (Radmer, 1994).

Dans la zone de battement des vagues et des marées (étage médiolittoral et frange supérieure de l'infralittoral) se trouvent des ceintures étroites d'algues et d'invertébrés spécifiques de ce niveau. Leur présence dans ce milieu, hostile pour les organismes, est conditionnée par une grande résistance à l'hydrodynamisme, ainsi qu'une bonne adaptation aux très fortes variations de température et, pour certaines d'entre eux, de salinité.

Les peuplements sont particulièrement exposés aux pollutions de surface, comme les rejets d'émissaires urbains ou les pollutions pétrolières (Arnoux & Bellan-Santini, 1972; Belsher, 1974; 1979). L'étude de leur répartition géographique, ainsi que leur suivi dans le temps, peut permettre de caractériser la qualité du milieu littoral (Bellan-Santini, 1966); on parle alors d'indicateurs biologiques et plus particulièrement d'espèces sentinelles (Pergent, 1991; Bellan, 1993; Boudouresque, 1995; 1996).

En revanche, le phénomène de l'urbanisation, le développement du tourisme balnéaire et les diverses pollutions marines causées par les diverses activités industrielles ont amplifié les pressions sur le patrimoine naturel jusqu'à le compromettre dans de nombreuses zones côtières. Les conséquences se mesurent en termes de fragilisation des habitats les plus remarquables, la réduction de la productivité marine, l'érosion de la biodiversité, le recul du trait de côte, la raréfaction des espèces les plus vulnérables et l'apparition des espèces indicatrices de la pression anthropique.

La nécessité de ce fait, de sauvegarder les espaces littoraux d'intérêt écologique majeur n'est plus à démontrer (Benallal, 2014).

Face à la multitude des pressions anthropiques et dégradations occasionnées au milieu marin, tels que l'évacuation des rejets urbains et industriels directement en mer, les écosystèmes

marins et notamment côtiers subissent un dysfonctionnement des différents compartiments physique, écologique et biologique et apparaissent fragilisés au fil du temps.

Les zones côtières de l'Ouest algérien, subissent une expansion démographique galopante accompagnée d'une urbanisation anarchique, d'intenses activités portuaires et industrielles, et sont sous l'influence continue des rejets d'eaux usées urbains et industriels, entraînant des dégradations notables de la qualité des eaux et des écosystèmes marins (Remili et Kerfouf, 2013).

Le littoral oranais est de plus en plus agressé de nos jours par diverses formes de nuisances : activités industrielles, tourisme intensif et urbanisation massive avec comme corollaire une ampleur sans cesse croissante d'une pollution d'origine domestique et industrielle. Cette frange côtière subit une expansion démographique galopante accompagnée d'une urbanisation anarchique, et d'intenses activités portuaires associées à diverses activités industrielles, qui ne sont pas sans conséquences sur l'environnement côtier (Remili et Kerfouf, 2009).

Le présent travail a pour objectif une caractérisation de la flore algale de 4 sites sur le littoral de l'Ouest algérien: Mers El Hadjaj, Kristel, Ain Franine et Bousfer.

Dans ce cadre, notre étude s'inscrit dans le cadre d'une bio surveillance de l'écosystème marin côtier de l'Ouest algérien, à partir d'une approche comparative de quatre stations côtières, afin d'établir un inventaire exhaustif des macrophytes benthiques restitué, sous forme de liste des espèces présentes et leur taux de recouvrement, de leur recouvrement moyen global, de leur fréquence et de l'aire minimale qui représentent une masse florale d'intérêt économique remarquable et une partie de la diversité biologique marine.

Ainsi, notre document est structuré en trois parties :

- La première partie est dédiée à une revue bibliographique constituée de deux chapitres: le premier abordera des notions générales sur les macrophytes, suivi par second chapitre présentant notre zone d'étude.
- La deuxième partie sera consacrée à la présentation du matériel utilisé ainsi que la méthodologie adoptée, à savoir l'échantillonnage, la conservation des échantillons, l'identification des espèces et enfin le traitement des données.

- La troisième partie représente le volet le plus important, portant sur la présentation des résultats obtenus et leurs interprétations.

La fin du document, présentera la conclusion générale ainsi que les principales recommandations, et sera clôturé par les références bibliographiques consultés. En annexe, une production scientifique en rapport avec notre étude, portant sur nos principaux résultats.

CHAPITRE 1

GÉNÉRALITÉS SUR LES ALGUES

1 Généralités sur les algues

1.1 Définition :

Les algues constituent une part très importante de la biodiversité, et une des bases des réseaux trophiques des milieux aquatiques d'eaux douces, saumâtres et marines. Elles sont aussi utilisées dans l'alimentation humaine, par l'agriculture et par l'industrie. Les algues, ou phéophytes (du gr. phukos = algue; phuton = plantes), sont des organismes chlorophylliens, c'est-à-dire des organismes capables de photosynthèse.

Elles sont donc autotrophes (**Roland & Vian, 1999**). Elles se développent dans l'eau ou dans des milieux très humides. Bien que surtout abondantes dans les eaux des mers, des lacs, des mares, des eaux courantes et des eaux thermales, on en trouve également sur les rochers humides et sur la terre.

Exceptionnellement, elles peuvent être endophytes de tissus animaux ou végétaux. L'air, la lumière et des sels dissous sont, en plus de l'eau, nécessaires à leur développement (**Duran & Levèque, 1980**).

Les algues ont des couleurs variées dues à la présence de pigments masquant plus ou moins la chlorophylle. Ce caractère conduit à subdiviser le groupe en trois grandes lignées: les algues vertes, les algues brunes et les algues rouges. Chaque lignée renferme des espèces unicellulaires, considérées souvent comme primitives, et des espèces pluricellulaires de complexité croissante dans lesquelles la division du travail physiologique est progressivement plus marquée (**Roland & Vian, 1999**).

1.2 Structure

Les algues proprement dites, celles qui couvrent les régions littorales sont formées de trois parties plus ou moins nettes (Figure 1) :

- le crampon (ou bulbe) qui ressemblent un peu aux racines des plantes terrestres, qui n'est pas un organe de nutrition mais simplement un organe de fixation.
 - le stipe présente la forme d'une tige cylindrique assez souple ou rugueuse, de longueur très variable. La région comprise entre le stipe et le commencement de la lame est le point vital de l'individu, elle détermine la limite du sectionnement au-dessous de laquelle une algue coupée meurt. Le stipe est le corps même de l'algue et sert chez quelques-unes de réserves alimentaires.
-

- la lame, fronde ou thalle, est formée de tissus souples plus ou moins perméables suivant la saison et le milieu ambiant, qui permettent l'absorption des substances qui assurent la nutrition de l'algue et l'accumulation des réserves, renferment les pigments, servant à utiliser les radiations lumineuses, elle porte enfin les organes reproducteurs : spores, sporanges, réceptacles (**Boudarel, 1948**)

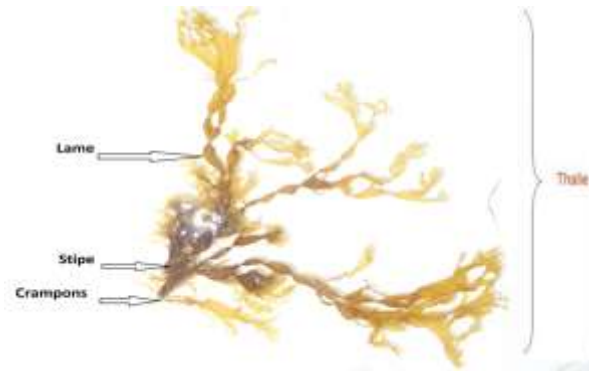


Figure 1 : Représentation d'une algue (© Mansouri, 2021).

1.3 Les bases de la classification des grandes lignées d'algues

Les caractères d'ordre morphologiques, cytologiques et biochimiques (la nature des pigments photosynthétiques + la nature des polyholosides de réserve et de soutien) sont ceux qui ont le rôle le plus important dans la classification (**Ilitis, 1980**). En effet, les algues sont un groupe d'organismes très diversifiés qui varient en forme et en grosseur : unicellulaire, multicellulaire, coloniale, filamenteuse, amas de protoplastes (**Memory, 2006**).

A. Pigmentation

Les pigments ont dès le début du 19^{ième} siècle constitué un critère important dans la classification des algues. Le rôle physiologique de ces molécules est de capter l'énergie lumineuse. Selon la nature des pigments surnuméraires associés à la chlorophylle, les plastes sont parfois verts (Chlorophycées), parfois jaunes ou bruns (Phéophycées), ou encore rouges (Rhodophycées) (**Ruiz, 2005**).

B. Les polysaccharides de réserve

Les polysaccharides ou glucanes sont des polymères de glucides qui résultent du mécanisme photosynthétique. Il en existe deux familles, les polysaccharides de réserve et les polysaccharides pariétaux. Il existe des glucanes de réserve solubles en solution dans les

vacuoles et d'autres insolubles qui forment des grains observables en microscopie. Composés de D-glucose, les glucanes de réserve se rencontrent sous deux formes: liés en (α -1,4), ils appartiennent à la catégorie des amidons et liés en (β -1,3), ils font partie de la catégorie des laminarines (**Ruiz, 2005**).

C. Les polysaccharides pariétaux

La classification des grandes familles d'algues repose également sur la nature chimique des colloïdes qu'elles produisent à la périphérie de leurs cellules (**Mc Candless, 1978**).

La paroi des cellules végétales est parfois considérée par les biologistes comme un organe à part entière. La paroi des algues diffère significativement de celles des autres organismes végétaux par son organisation et sa composition. Elle peut être interprétée comme étant généralement une structure biphasique, composée d'une phase fibrillaire cristalline squelettique et d'une phase matricielle dont les structures de compositions variables selon les espèces, sont parmi les plus complexes connues dans la nature (**Mc Neil et al., 1984**).

1.4 Les grands groupes des algues marines

a. Algues vertes ou Chlorophycées

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

Elles colonisent tous les types d'habitats, depuis les fonds sableux ou coralliens jusqu'à des profondeurs importantes selon l'intensité de la lumière qui traverse les couches des masses d'eau.

Elles regroupent des organismes variés dont les tailles et qui peuvent aller de quelques microns à plus d'un mètre de long, dont les aspects peuvent être très divers.

Certaines espèces d'algues vertes sont défavorablement célèbres comme indicateurs des dérèglements de l'environnement causés par l'homme, ce sont par exemple, les ulves impliquées dans l'extension des marées vertes ou *Caulerpa taxifolia*, espèce tropicale qui

envahit les fonds méditerranéens. Mais la plupart des espèces ne témoignent que de l'adaptation spécifique à certaines conditions naturelles, couvrant des types de milieux très diversifiés. Dans les eaux douces notamment, ce sont majoritairement les algues vertes qui sont présentes. Quelques espèces se sont également adaptées à la vie terrestre aérienne. Leur reproduction est à la fois asexuée et sexuée. Dans une population apparemment semblable de laitues de mer, certains individus sont haploïdes et d'autres, diploïdes.

b. Algues brunes ou Phéophycées

La couleur brune de ces algues résulte de la dominance du pigment xanthophylle, la fucoxanthine, qui masque les autres pigments (chlorophylle a et c, ainsi que le bêta-carotène). Toutes possèdent une structure pluricellulaire, mais leurs dimensions varient depuis les éléments microscopiques jusqu'aux très grands spécimens. La grande majorité des algues brunes sont marines (**Garon-Lardiere, 2004**).

Ces algues sont communes dans l'étage supra-littoral et infralittoral supérieur et se fixent solidement sur les rochers par un crampon solide.

Elles forment des herbiers sur les pentes et les rochers et se répartissent depuis les faibles profondeurs jusqu'à 70 m. 1750 espèces d'algues brunes ont été recensé dans le monde (**Seridi et al., 1989**).

c. Algues rouges - Rhodophycées

Les rhodophycées ou algues rouges forment un groupe très diversifié. Ces algues doivent leur couleur à la présence de plastes roses dans lesquels un pigment rouge, la phycoérythrine, est associé à plusieurs autres pigments dont les chlorophylles. La plupart de ces algues rouges sont pluricellulaires et marines, mais il existe quelques formes unicellulaires et quelques-unes vivent également en eau douce.

Les algues rouges sont divisées en deux groupes: celui des Bangiophycées (qualifiées de primitives) et celui des Floridéophycées (plus complexes). Elles se distinguent généralement par leur cycle de reproduction particulièrement complexe (**Garon-Lardiere,**

2004). Ces plantes marines fréquentent tous les types d'habitats y compris les zones profondes et très peu éclairées. Les espèces calcaires participent à la construction des récifs.

Les algues rouges, ou Rhodophycées constituent un groupe d'algues multicellulaires et pour la plupart, des algues marines. Les individus se fixent sur les rochers, les coquillages ou d'autres algues. Elles sont caractérisées par une composition pigmentaire avec un seul type de chlorophylle, la chlorophylle *a*, des caroténoïdes et des pigments caractéristiques : les phycobiliprotéines. Les algues rouges, n'ont pas besoin de lumière rouge, mais de lumière bleue (et un peu de lumière verte), ce qui explique qu'elles poussent beaucoup plus profondément dans l'eau (**figure 2**).

Grâce à leur couleur, les algues rouges sont donc adaptées aux grandes profondeurs, elles vivent là où les algues vertes ne pourraient pas survivre.

Il est à noter que toutes les espèces des macro-algues marines possèdent de la chlorophylle *a*. Il suffit de tremper les algues vivantes, brunes et rouges, dans de l'eau bouillante pour que les pigments excédentaires se dissolvent à cause de la chaleur et les algues deviennent toutes vertes, tandis que l'eau se colore.

L'eau de mer agit comme un filtre sur la lumière qui la traverse. C'est-à-dire le rouge disparaît à partir de 10 m, le jaune à partir de 50-60m, le vert et le bleu 100m.

Cette différence de pénétration des composantes du spectre lumineux est à l'origine de la distribution des algues en fonction de la profondeur (figure 2).

Avec les Rhodophycées on atteint la complexité maximale pour les cycles de reproduction. Les cycles sont généralement trigénétiques avec la succession de trois

générations.

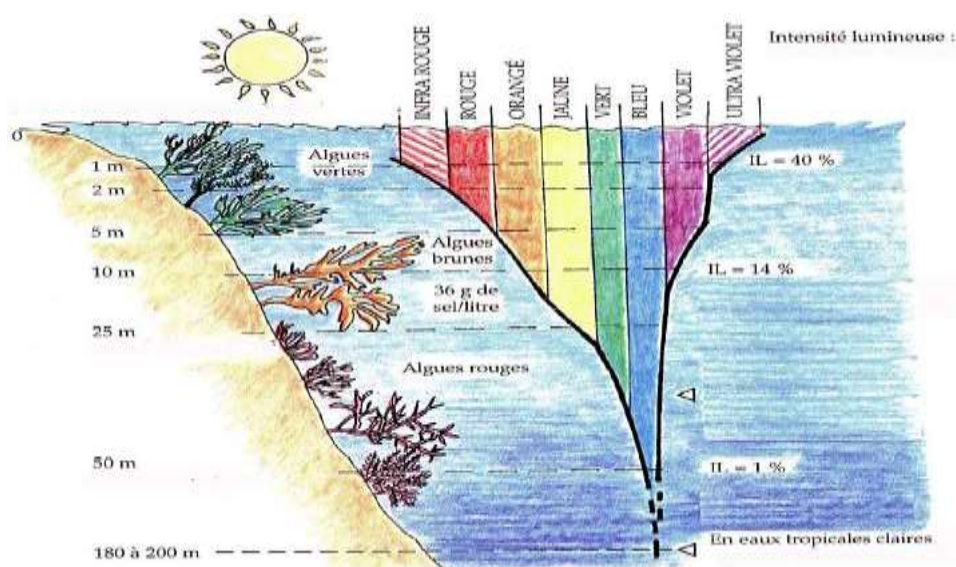


Figure 2 : La répartition des macroalgues (Leclerc & Floc'h, 2010).

➤ Classification structurale et morphologique

D'une famille ou d'un genre à l'autre, les macro-algues peuvent présenter des morphologies très différentes : filamenteuses, en lame, arborescentes, encroutâtes.

Schématiquement, on rencontre des thalles aplatis (en lame), cylindriques (filaments, cordons) et des algues ramifiées ou non (**Michel et al., 2011**).

Le mode de ramification est en partie responsable de l'aspect général de l'espèce. On rencontre quatre modes principaux de ramification : alterne, opposés, dichotomique, verticille (Figure 3).

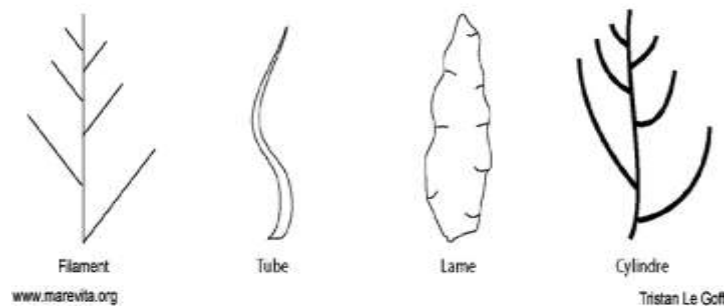


Figure 3 : Schémas des modes de ramifications (Michel et al., 2011).

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

1.5 Mode de reproduction des macroalgues :

Chez les algues qui représentent des thallophytes, la reproduction se fait selon deux modes :

La reproduction asexuée (sans organes sexuels) : les algues peuvent se reproduire par multiplication végétative, c'est-à-dire par fragmentation. Par exemple, une petite partie du thalle d'une algue se détache et, emportée par les courants, donne plus tard un nouvel individu. Dans ce cas, cet individu est génétiquement identique à celui d'origine. C'est le

mode de reproduction le plus courant chez les algues. Elles peuvent aussi libérer des spores qui germent et donne naissance à un nouvel individu (**Gorenflot et Guern, 1989**).

La reproduction sexuée : chez les macroalgues, la reproduction sexuée est aléatoire et moins utilisée. L'individu naît cette fois de la fusion de 2 cellules reproductrices mâle et femelle appelées gamètes. Les individus obtenus sont cette fois génétiquement différents (**Lobban et Harrison, 1994**).

1.6 Répartition des algues

Les algues sont des organismes aquatiques qui représentent la principale population des végétaux des océans et constituent le premier maillon de la chaîne alimentaire. Elles vivent fixées au substrat, flottent en surface ou se trouvent en suspension en pleine eau.

Leur répartition se fait en fonction de certains facteurs biotiques et abiotiques, cités par plusieurs auteurs notamment (**Goer et Noailles, 2008**).

❖ Facteurs abiotiques

a. Durée de submersion par la mer

Ce facteur est primordial sur les côtes, dites à marées, de l'Atlantique et très secondaire en Méditerranée. La zone intertidale ou estran se trouve alternativement submergée par la haute mer et émergée à basse mer, ce qui a forcément une incidence sur la flore et la faune de ces côtes, essentiellement d'origine marine (figure 4), (**Goer et Noailles, 2008**).

Ainsi les algues situées dans les niveaux les plus élevés, devront subir une période sans immersion marine d'environ 40 - 80 % du temps, et être de plus, soumises à l'ensoleillement direct, à l'eau douce des pluies et aux variations thermiques.

Les conditions seront évidemment plus tempérées pour les espèces du bas de l'estran qui sont souvent identiques à celles de la zone immergée en permanence. Le marnage est typique d'un lieu donné et dépend de la conformation des côtes : au maximum, 14 m dans la baie du Mont Saint Michel, lors des marées de vives-eaux 8,5 m à Roscoff, environ 6 m au Havre et à Nantes, un peu plus de 4 m à Biarritz. Il n'est que de quelques dm en Méditerranée (**Goer et Noailles, 2008**).

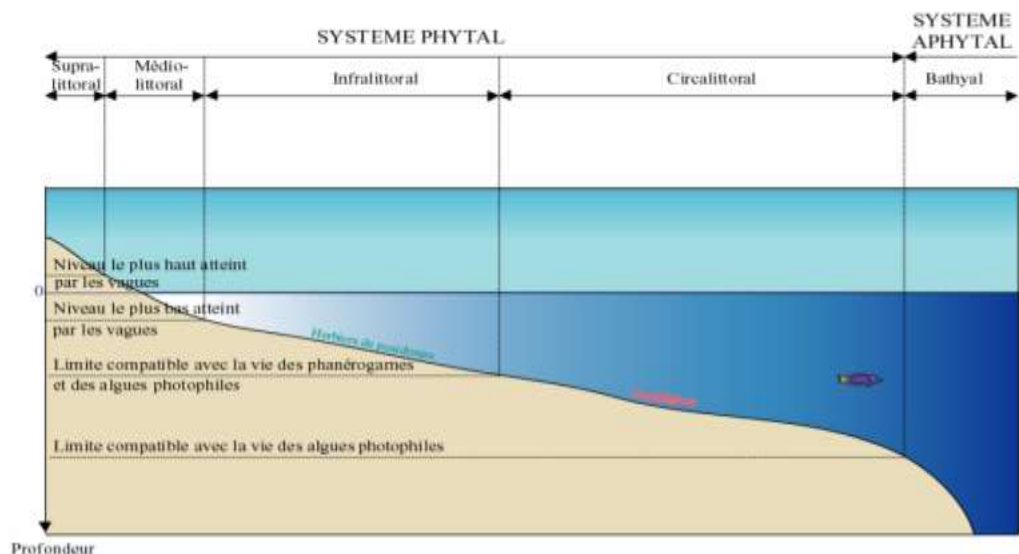


Figure 4 : L'étagement en Méditerranée (Bellan-Santini, 1994).

D'une manière générale, la répartition des peuplements benthiques, faunistiques et floristique est défini selon un transit vertical dont l'unité de base est l'étage. C'est l'espace vertical du domaine benthique marin où les conditions écologiques, fonctions de la situation par rapport au niveau de la mer, sont sensiblement constantes ou varient régulièrement entre deux niveaux critiques marquant, les limites de l'étage. Chaque étage a des peuplements caractéristiques et ses limites sont révélées par un changement de ces peuplements au voisinage des niveaux critiques, marquant les conditions limites des étages concernés (Thibaut, 2001) et qui sont répartie de manière suivante :

➤ Plateau continental

Zone peu profonde qui borde les continents et qui descend progressivement jusqu'à 200 mètres (Riadi, 1998).

➤ Talus continental

A la limite du plateau continental, le fond s'incline plus fortement.

Il s'agit du talus continental puis de la marge, qui correspond aux profondeurs comprises entre 200 et 3 000 mètres. L'obscurité est totale à partir de 400 à 600 mètres (Riadi, 1998).

➤ La pleine eau ou domaine pélagique

Les organismes pélagiques se répartissent entre ceux qui sont transportés passivement par les eaux, le plancton et ceux qui se déplacent activement en nageant, le necton. Aussi bien

les algues unicellulaires que les méduses appartiennent au plancton, alors que les sardines, les requins et les baleines font partie du nekton (**Riadi, 1998**).

➤ **Le fond ou domaine benthique**

Les organismes benthiques, formant le benthos, qui vivent, sur le fond, dans ou près du fond. Ils peuvent être sessiles c'est-à-dire fixes, ou vagiles, c'est-à-dire mobiles : rampant ou nageant (**Riadi, 1998**).

➤ **Les fosses**

Les plus grandes profondeurs, sont atteintes dans les fosses dites "océaniques". Cette zone est appelée hadale ou ultra abyssale. En Méditerranée, on ne trouve pas de fosses aussi profondes. En revanche, il existe une fosse de subduction appelée "fosse de Matapan" (**Riadi, 1998**).

Cependant, notre travail a été effectué sur une fraction du plateau continental, dont lequel, on distingue quatre étages successifs :

- Le supralittoral et le médiolittoral qui sont différenciés sur la base de l'humectation
- L'infralittoral et le circalittoral, qui sont différenciés sur la base de l'éclairement (**Collignon, 1991 ; Cabane, 2007**).

-Le supralittoral

Etage au-dessus du niveau des eaux. L'influence de la mer s'y fait sentir notamment par les embruns (**Collignon, 1991 ; Cabane, 2007**), qui apportent du sel, parfois très haut sur les rochers et loin à l'intérieur des terres.

On y trouve les plantes qui supportent le sel marin et de petits gastéropodes, comme la littorine, capables de résister à une sécheresse prolongée (**Cabane, 2007**).

-Le médiolittoral ou zone des marées

Tantôt submergé, tantôt à sec, cet étage se trouve entre les limites des hautes et des basses eaux dans les mers à marées (**Collignon, 1991**). Cette zone est relativement étroite en Méditerranée. On y trouve l'algue encroûtante lithophyllum, des mollusques comme la patelle et des crustacés fixés comme la balane (**Cabane, 2007**).

-L'étage infralittoral

Cet étage est toujours immergé, mais sa frange supérieure peut émerger lors des grandes marées de vives eaux. C'est essentiellement le facteur lumière qui régit la répartition des espèces photophiles puis sciaphiles (ombrophiles).

Dans l'ensemble des mers à marée de milieu tempéré, cet étage est occupé par de grandes algues brunes comme les Laminaires (**Arzel et astric-Fey, 1997**).

Sous le dais protecteur de ces « forêts », qui peuvent être très denses jusqu'à 15 - 20 m, les organismes vivants trouvent des fluctuations écologiques très atténuées, les faunes peuvent être très diversifiées et exubérantes. Toujours dans cet étage, la présence de particules fines (turbidité) ou de sable en suspension dans l'eau peut façonner les peuplements en faciès particuliers (**Bellan-Santini, 1969**).

-L'étage circalittoral

Étage du domaine benthique néritique qui s'étend depuis 40 m de profondeur environ (limite inférieure de vie des algues photophiles) jusqu'à la limite de la zone euphotique, laquelle dépend de la plus ou moins grande transparence des eaux, en général une centaine de mètres (limite des algues les plus tolérantes aux faibles éclaircissements (algues sciaphiles) (**Cabane, 2007**). Il présente, en Méditerranée un peuplement particulier de haute valeur patrimoniale, et de grande diversité qu'est le coralligène, habitat dans lequel les algues calcaires constituent des formations biogènes de grande importance (**Cabane, 2007**).

b. Agitation de l'eau

Ce facteur dépend aussi de la conformation des côtes : agitation sur les caps rocheux exposés ou au pied des falaises et calme au fond des baies abritées.

On définit ainsi les modes battu, semi -battu et calme, avec tous les intermédiaires. Cela aussi a une forte influence sur les algues. Certaines espèces au thalle fragile ou très long sont déchiquetées ou arrachées du support par les fortes vagues, tandis que d'autres ont besoin d'une eau battue très oxygénée par les vagues et les courants pour survivre.

Les algues encroûtantes calcifiées (Corallinacées, rose) ou non (*Hildenbrandia rubra* ou *Ralfsia verrucosa*, brun foncé) résistent bien à l'agitation.

Il faut remarquer qu'un même site côtier peut être très battu dans le médiolittoral supérieur (par la houle qui arrive sans obstacle) et relativement calme dans le médiolittoral inférieur (où les vagues sont freinées par divers obstacles). Les côtes calmes ont plus tendance à s'envaser alors que les côtes battues sont rocheuses ou sableuses (**Selosse, 2000**).

Sur les côtes battues, l'étage supra littoral, influencé par les embruns, peut devenir très large et on y observe alors de très grandes ceintures à lichens (plus de 20 m sur les falaises d'Ouessant, Quiberon ou de la Hague) ; les conditions y sont tellement dures que les lichens sont favorisés dans leur compétition par rapport aux plantes vasculaires.

Par contre, ces ceintures sont réduites au minimum (20 cm de haut en tout) dans les abers ; les conditions calmes permettent même aux arbres de coloniser totalement le terrain et leurs branches trempent parfois dans l'eau à marée haute. Enfin, une même algue peut présenter deux formes, suivant le mode qu'elle subit (accommodation) :

Ainsi, *Fucus vesiculosus* possède un grand thalle à lame large et molle avec des flotteurs en milieu assez calme et un petit thalle rigide et étroit, sans flotteurs en milieu battu (Selosse, 2000).

c- Nature du substrat

La majorité des grandes algues vivent fixées sur un substrat dur, par leurs crampons, disques ou rhizoïdes, et meurent assez vite si elles s'en détachent. Les côtes rocheuses seront donc leur biotope favori avec des variations importantes suivant les roches : le granite, le gneiss et le grès grossier à la surface rugueuse sont les plus favorables tandis que le quartzite très lisse ou le calcaire marneux et la craie, facilement délités par la mer, sont moins favorables. Certaines petites espèces d'algues sont fixées en épiphytes sur d'autres algues ou sur les zostères, phanérogames marines (Augier et Boudouresque, 1971).

Il n'y a pas d'algues sur les galets et les sables grossiers du médiolittoral, car ces dépôts bougent sans cesse et broient toutes les germinations d'algues ; sur les sables fins et dans les vases, milieux plus calmes, on peut trouver quelques rares espèces d'algues macroscopiques fixées sur des coquilles ou des petits cailloux (*Gracilariaverrucosa* et des algues vertes) (Augier et Boudouresque, 1971).

d- Éclairement

Les algues ont besoin de lumière pour la photosynthèse, mais un trop fort éclairement est souvent nocif pour des organismes habitués à être protégés par une couche d'eau parfois trouble (Julve & Manneville, 2006).

Ainsi, à l'étage médiolittoral, certaines espèces se réfugient donc pour se protéger de la lumière soit sous d'autres algues plus grandes, soit à la base des rochers toujours humides (*Cladophora rupestris*, vert sombre) soit sous les surplombs rocheux (*Plumaria plumosa*), soit sur les faces ombragées des blocs, soit dans les cuvettes profondes.

En outre, de nombreuses algues vertes supportent bien un fort éclaircissement ainsi que les algues brunes des niveaux supérieurs, tandis que la majorité des algues rouges préfèrent les éclaircissements moyens à faibles ; *Catenella repens* est une toute petite algue rouge articulée des hauts niveaux en tapis abrité du soleil sous les fucus. Dans les eaux vaseuses des estuaires et baies, la luminosité est rapidement très faible à cause de la turbidité et le nombre d'espèces d'algues est également faible (**Julve et Manneville, 2006**).

e- Températures et ses variations

Certaines algues aiment les eaux chaudes et d'autres les eaux froides. Certaines supportent les forts écarts de température au cours de la journée (comme les fucacées et certaines algues vertes) et peuvent donc vivre dans les hauts niveaux de l'estran longuement soumis à la chaleur solaire, au vent ou au gel. Les autres se cantonnent à l'ombre ou dans les bas niveaux plus tempérés, comme de nombreuses algues rouges très fragiles (**Stengel, 1970 ; Fulks et Main, 1991**).

f- Salinité de l'eau et ses variations

Sur la majeure partie des côtes marines, l'eau de mer contient environ 33 à 38 g par litre de sels (**Augier et Boudouresque, 1971**). Diverses concentrations convenant bien à la majorité des espèces d'algues.

Par contre, dans les estuaires où arrivent les fleuves, l'eau est diluée et saumâtre avec de fortes variations suivant l'état de la marée, les périodes de crues ou d'étiages ; certaines algues sont bien adaptées à ces conditions difficiles, telles que les algues vertes.

Indiquons de plus que les pluies ou le fort ensoleillement du médiolittoral supérieur et du supra-littoral font fortement varier la teneur en sels des algues qui y vivent (**Augier et Boudouresque, 1971**).

g- Teneur en nitrates ou en phosphates

Ce dernier facteur est directement lié aux activités agricoles et humaines ; en effet, l'arrivée de ces « polluants » enrichit le milieu et provoque la prolifération d'algues opportunistes (le plus souvent vertes comme la laitue de mer, ou les ulves, ou encore les unicellulaires planctoniques) qui asphyxient totalement le système et finissent par éliminer d'autres organismes, sans compter les nuisances pour le tourisme ou la conchyliculture (**Stengel, 1970 ; Fulks et Main, 1991**).

❖ Facteurs biotiques

La croissance des macro-algues marines dans les réseaux tempérés, bien qu'elle ait été étudiée moins intensivement que la croissance du phytoplancton, semble être limitée principalement par l'azote (**Valiela et al., 1997**).

Ainsi, les régions littorales et les estuaires ne sont pas exclues de la dystrophisation, car dans certains cas, leurs eaux sont peu brassées et reçoivent beaucoup de rejets issus de l'activité humaine. C'est en particulier le cas de nombreux embouchures et baies sur le littoral algérien (**Valiela et al., 1997**).

En revanche, dans les cours d'eau rapides, dont l'eau est en permanence renouvelée et mieux oxygénée et les algues constamment entraînées, plus loin par le courant, aucune accumulation n'est possible.

Une des conséquences les plus graves d'un excès en nutriments sur les écosystèmes marins est la diminution de la quantité d'oxygène dissous (OD) dans la colonne d'eau.

Contrairement aux écosystèmes dulcicoles, où le phosphore est habituellement le nutriment limitatif, les écosystèmes marins tempérés sont semblés être limités en azote (**Nixon, 1995**).

Cependant, cette hypothèse est fondée sur de nombreuses preuves tirées de données sur le bilan nutritif, de bio-essais et d'expériences à grande échelle portant sur l'enrichissement en nutriments (**Ryther et Dunstan, 1971 ; Nixon, 1995 ; Oviatt et al., 1995 ; Howarth et Marino, 1998**).

1.7 Utilisation et intérêt économique des algues

Il existe plusieurs domaines économiques qui font appel à des algues ou à des phycocolloïdes. Elles présentent actuellement une source nutritionnelle et un produit à valeur montante, surtout en Asie où elles sont utilisées directement comme aliments, ou indirectement surtout par l'industrie de phycocolloïdes (agars et alginates). Elles sont utilisées en agriculture comme engrais et fourrage, dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique, dans le textile, et dans bien d'autres domaines (**Chopin, 1997**).

I.7.1 En alimentation animale

Sur de longues périodes, les animaux (ovins, bovins et équidés) qui vivaient en zones côtières consommaient des macro-algues brunes, surtout dans les pays où celles-ci étaient rejetées sur le rivage, d'ailleurs l'algue rouge *Palmaria palmata* était appelée « goémon à

vache ». Les premiers essais de suppléments de la ration alimentaire d'animaux d'élevage ont fait apparaître une bonne acceptabilité, une bonne digestibilité et une bonne assimilation des algues.

Aujourd'hui, la disponibilité de macro-algues pour animaux s'est accentuée avec la production de farines. Les macro-algues utilisées en alimentation comme *Ascophylum nodosum* et *Laminaria digitata* raichement coupées, sont broyées en fines particules et séchées. Leurs analyses ont montrées qu'elles contenaient des quantités importantes de minéraux, oligoéléments et vitamines. Les oligo-éléments qui sont des éléments essentiels requis pour les mammifères à de petites quantités tels que le fer, le zinc, cobalt, chrome, molybdène, nickel, fluor et iode (Chouikhi, 2013).

Leurs avantages :

- Augmentent la teneur en iode des volailles et des oeufs.
- Augmentent la production laitière chez les vaches de 6,8% à 13%. Les brebis nourries aux macro-algues maintiennent leur poids beaucoup mieux durant la période hivernale et donnent une plus grande production de laine.
- Stimulent le système immunitaire de certains animaux.

En aquaculture, la nourriture habituellement se compose de déchets de viande et de poissons mélangés avec des additifs secs contenant des nutriments supplémentaires (macro-algues), pour former une masse pâteuse servant à la préparation des granulés. L'addition de macro algues leur permet de ne pas se désagréger ou de se dissoudre.

I.7.2 En alimentation humaine

Les algues sont consommées en Asie depuis l'aube de l'humanité. En Occident, cette consommation directe d'algues est plus marginale et plus récente. Elles ont été récemment approuvées pour une consommation humaine (comme légumes et condiments), ouvrant ainsi de nouvelles opportunités pour l'industrie agro-alimentaire (Mabeau et Fleurence, 1993). Ces macro-algues contiennent des protéines, lipides, vitamines et minéraux et constituent donc une source d'aliment précieuse ; environ 75% de la production d'algues produites mondialement (8 millions de tonnes d'algues fraîches) est destinée à l'alimentation humaine directe. Aujourd'hui, 14 macro-algues et micro-algues alimentaires sont autorisées à la vente dans certains pays (Sanchez-Machado et al., 2004 ; Noziah and Ching, 2000 ; Wong and Cheung, 2000).

I.7.3 Dans l'industrie alimentaire

L'algue en alimentation fait cependant partie du quotidien de l'homme, mais de façon discrète, utilisée pour ses propriétés technologiques et ceci depuis le début des années soixante.

Agar et Alginate sont devenus des ingrédients incontournables de l'industrie agroalimentaire (**Marfaing, 2004**). Les algues rouges sont la source d'agar et de l'agarose.

Les genres *Gelidium*, *Gracilaria*, *Acanthoptelasma* et *Pterocladia* sont les principaux producteurs de ces matériaux (**Chouikhi, 2013**). Le mucilage extrait à chaud de ces algues donne après purification, déshydratation et broyage la poudre d'agar-agar utilisée essentiellement pour gélifier un grand nombre de produits alimentaires mais aussi les milieux de culture pour les microorganismes ou les cultures *in vitro* (**Chouikhi, 2013**).

I.7.4 En agriculture

Depuis longtemps les populations littorales fertilisaient leurs terres à l'aide macro-algues surtout avec les grandes algues brunes qui sont recueillies généralement au niveau des plages, puis lavées et coupées.

Les effets des macro-algues comme fertilisants diffèrent selon l'algue utilisée. En général, ce n'est pas dû seulement aux composants chimiques de l'algue et à la valeur nutritionnelle de l'algue, mais aussi aux propriétés physiques des polysaccharides de l'algue lesquels aident à améliorer la structure du sol (**Kim, 1970**).

L'emploi des fertilisants naturels devrait permettre une diminution de la quantité d'engrais chimiques et des traitements phytosanitaires classiques polluant le sol ou/et la récolte (**Pérez, 1997**).

I.5.7 Dans le domaine pharmaceutique et médical

Plusieurs composés chimiques isolés des macro-algues sont biologiquement actifs dont certains possèdent une activité pharmacologique efficace (**Rorrer and Cheney, 2004**). Une étude sur l'isolement et la détermination de la structure chimique de nouveaux métabolites secondaires pouvant présenter des activités biologiques à potentialités pharmacologiques a été réalisée à partir de deux algues méditerranéennes *Cystoseira crinita* (Phéophycée) et *Lyngbya majuscula* (Cyanophycée) (**Praud, 1994**).

Aujourd'hui, environ 4000 nouveaux métabolites ont été isolés à partir de divers organismes marins et jusque dans les années 1990, ce sont les algues qui ont le plus intéressé les chercheurs (**Praud, 1994**).

I.7.6 Dans la biotechnologie

Le processus biotechnologique des macro-algues marines a trois éléments : La cellule et le développement de culture cellulaire, la conception de photo-bioréacteur, et l'identification des stratégies pour obtenir la biosynthèse de métabolites secondaires (synthèse biomimétique) (**Rorrer and Cheney, 2004**).

L'ingénierie biotechnologique (biomoléculaire) des macro-algues marines pour la production de ces composés est un domaine nouveau émergeant de la biotechnologie marine. Les Rhodophycées contiennent une protéine particulière appelée phycoérythrine (PE) qui est déjà utilisée dans les applications biotechnologiques comme colorant ou teinture dans des réactions d'immunofluorescence (**Fleurence, 1999**).

I.7.7 Dans le traitement des eaux usées

La technique dite de lagunage représente une alternative économique et efficace à des systèmes de traitement (les rejets des villes, de l'industrie, des fermes aquacoles, des entreprises agricoles). La capacité des algues à absorber les nutriments issus d'élevages piscicoles a été démontrée à partir de cultures d'algues en bassin (**Cohen et Nori, 1991**). L'intérêt de l'utilisation des macro-algues pour le traitement des eaux usées en eau salée a été démontré dès la fin des années 70 dans des mélanges d'eau usée et d'eau de mer (**Guist et Humm, 1976**).

1.8 La pollution

La pollution de l'eau est une altération de sa qualité et de sa nature qui rend son utilisation dangereuse (figure 5) et (ou) perturbe l'écosystème aquatique (**Vademecum, 1990 ; Benamar et al., 2010**). Elle peut concerner les eaux superficielles (rivières, plans d'eau) et/ou les eaux souterraines. Elle a pour origines principales, l'activité humaine, les industries, l'agriculture et les décharges de déchets domestiques et industriels (**Vademecum, 1990 ; (ARRIS, 2008 ; AULAY et al., 2000)**). Donc, tous les polluants de l'eau sont soit de nature physique, chimique ou biologique (**ZEROUALI D., 2002 ; AULAY et al., 2000**).



Figure 5 : Émissaire d'eaux usées à Bousfer-plage (© **Mansouri, 2021**).

1.8.1 Les polluants et impact sur l'écosystème

Le milieu marin est contaminé par de nombreux produits chimiques dont des éléments métalliques rejetés par les industries, l'agriculture et les communautés urbaines. Les zones estuariennes et côtières, sous forte influence continentale, sont les plus touchées par cette contamination. L'activité humaine n'a apporté aucun changement dans les volumes de métaux lourds. Il n'y a ni création, ni suppression. Elle a surtout changé la répartition des métaux, les forme chimique (spéciation) et les concentrations par l'introduction de nouveaux modes de dispersion (fumées, égouts, voitures,...).

Si une partie des métaux lourds part directement dans le sol et les eaux, l'essentiel est d'abord émis dans l'atmosphère avant de rejoindre les deux autres éléments. Un polluant ou contaminant est un produit chimique qui existe à un niveau jugé comme étant supérieur à celui qui doit exister normalement dans n'importe quelle composante de l'environnement. Cependant, pour les produits synthétisés par l'homme, tout niveau détectable est considéré comme anormal (**Benali, 2007**). Dans l'environnement côtier, un polluant est défini comme un agent physique, chimique ou biologique dans un hydrosystème, qui y provoque, par sa concentration dans l'eau, des perturbations préjudiciables au bon équilibre de l'écosystème et en réduit les possibilités d'usages de l'eau.

1.8.2 Impact des espèces introduites

La Méditerranée constitue l'une des régions du monde où le pourcentage d'espèces introduites par rapport aux espèces indigènes est le plus élevé. Ceci s'explique en partie par l'importance du commerce maritime mondial qui passe par ses eaux, par les pratiques de l'aquaculture, particulièrement en France et par la législation très laxiste, sinon inexistante, des pays méditerranéens en matière de prévention des introductions. L'impact des espèces

introduites est ainsi devenu la deuxième cause de chute de la biodiversité dans le Monde (**Wilson, 1997**), la première étant la disparition pure et simple des habitats. Lorsqu'une espèce arrive ou est importée dans un nouveau milieu, elle peut disparaître, s'établir ou devenir un fléau. Williamson, 1996, dit que 10 % des espèces importées deviennent introduites, 10 % des espèces introduites deviennent des espèces établies et que 10 % des espèces établies deviennent des fléaux.

Les modes d'introduction des espèces se fait selon plusieurs facteurs:

- les eaux de ballasts des navires pétroliers ou cargos,
- les coques de navires « fouling »,
- l'aquaculture, les appâts pour la pêche,
- l'aquariologie,
- la recherche scientifique.

1.8.3 Impact sur la faune et la flore

L'effet principal de la colonisation de *C. taxifolia* est la disparition des Posidonies, entraînant de fortes incidences en termes tant d'économie que de biodiversité pour la faune et la flore des milieux récepteurs. Sur substrat rocheux, *C. taxifolia* entraîne un appauvrissement drastique de la communauté algale envahie, avec une régression de la plupart des algues Sautochtones. Dans les zones colonisées, le nombre d'espèces de macroalgues chute de 25 à 55 % par rapport aux zones non colonisées. L'impact sur les peuplements de poissons littoraux est un phénomène complexe qui dépend du type de substrat colonisé (**Hannelin et al ., 1999**) entraînant ainsi de fortes diminutions (-27 % en moyenne) de la richesse spécifique, et à une nette diminution de la densité (-34 % en moyenne), et de la biomasse des individus (-50 % en moyenne) (**Hannelin et al ., 2001**).

1.9 Eutrophisation des écosystèmes aquatiques

L'eutrophisation (figure 6) est le phénomène d'asphyxie des écosystèmes aquatiques résultant de la prolifération d'algues, qui consomment tout l'oxygène nécessaire à la vie de l'écosystème. Ce phénomène résulte d'un apport trop riche de substances nutritives dans la rivière ou dans le lac concerné.



Figure 6 :Aspects visuels de l'eutrophisation, marée verte (macro-algue)
(BAUDRIER *et al.*,2012).

Cette pollution de l'eau est principalement due au phosphore (contenu dans les phosphates, présents dans les lessives notamment) et à l'azote (contenu dans l'ammonium et les nitrates présents dans les engrais).

Les algues qui se développent grâce à ces substances nutritives absorbent de grandes quantités d'oxygène lorsqu'elles meurent et se décomposent. Leur prolifération provoque l'appauvrissement, puis la mort de l'écosystème aquatique présent : il ne bénéficie plus de l'oxygène nécessaire pour vivre.

Ce phénomène s'intensifie avec la profondeur du lac ou de la rivière, notamment des lacs profonds qui sont naturellement peu oxygénés.

La propagation des bactéries aérobies (elles se développent en l'absence d'oxygène) qui se nourrissent des algues en décomposition provoque la disparition de l'oxygène, ainsi que la production de méthane et de sulfure d'hydrogène. Le phénomène d'eutrophisation est fortement aggravé et accéléré par les rejets agricoles, domestiques ou industriels dans les cours d'eau et les lacs. Appelé dystrophisation, cet état se traduit par l'accumulation des algues et des bactéries aérobies, qui absorbent l'oxygène présent dans l'eau et provoquent la mort de tous les écosystèmes aquatiques : une dystrophisation peut détruire tout un écosystème en quelques années.

Des zones mortes d'une très grande superficie résultent de ces phénomènes. Pour lutter contre l'eutrophisation et la dystrophisation, il s'agit : d'arrêter tous les rejets de substances nutritives dans le cours d'eau pollué d'enlever les algues qui pullulent dans le cours d'eau d'aérer de façon mécanique le cours d'eau, pour accélérer le processus d'épuration globalement, de réduire ou de stopper la présence de phosphates ou de nitrates dans les engrais ou les produits ménagers (vendura , 2019).

CHAPITRE 2

PRÉSENTATION DES ZONES D'ÉTUDES

2. Présentation de la zone d'étude

1. Localisation géographique de la zone d'étude :

Le littoral oranais s'étend sur une centaine de kilomètres entre le cap Blanc situé à l'ouest de l'agglomération oranaise et la Pointe de l'Aiguille située à l'ouest d'Arzew (figure 7). Le littoral oranais est un ensemble de forme de relief dont le façonnement dépend directement ou indirectement des actions de la mer. Il comprend la ligne de côte dont les plages et les falaises font partie ; ces dernières diffèrent d'une zone à une autre (Leclaire, 1972).

La baie d'Oran occupe la partie centrale du littoral oranais et s'ouvre d'ouest en est ; elle est bordée sur 30km de terres élevées et dessine une demi circonférence à peu près régulière depuis le cap Falcon jusqu'au cap de l'Aiguille.

Du port d'Oran à la Pointe de Mers el Kébir, la côte est constituée essentiellement de hautes falaises (10 à 30 m de hauteur). A l'est du port d'Oran, la côte présente des falaises plus ou moins hautes interrompues de petites plages.

Deux des plus grands ports d'Algérie se trouvent dans cette zone : les ports d'Oran et de Mers el Kébir. Le port de Mers el Kébir occupe presque toute la partie occidentale de la baie d'Oran. C'est un port militaire et comprend un important chantier naval. La partie centrale de cette zone est occupée par le port d'Oran. A l'est de ce port se trouve le petit port de Kristel qui abrite une petite flottille de pêche artisanale.

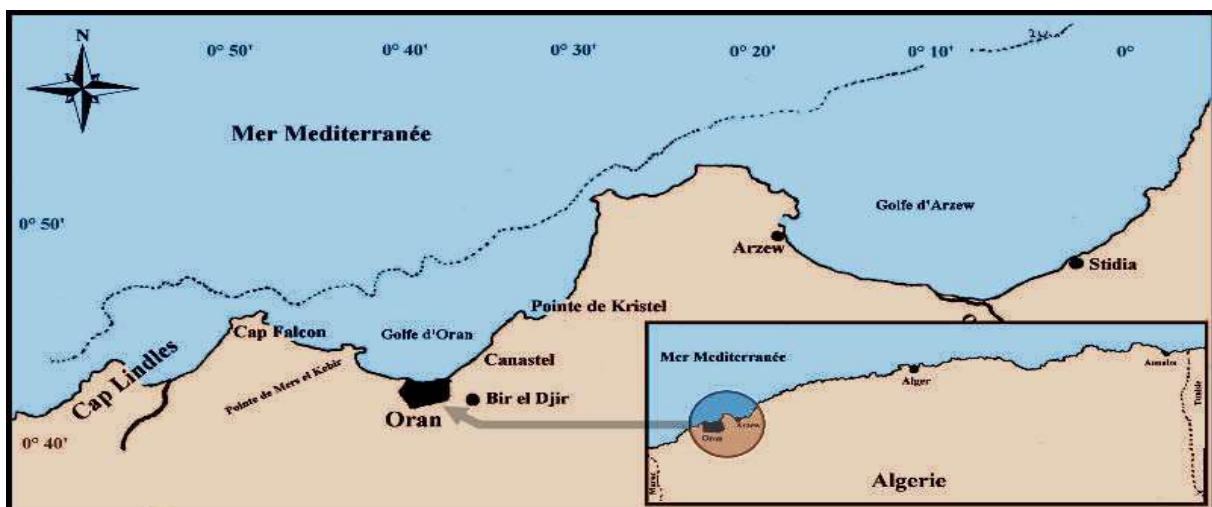


Figure 7 : Localisation géographique de la zone d'étude (Kerfouf, 2007)

2 Géomorphologie et sédimentologie :

Comme toutes les terres émergées autour de la Méditerranée, l'extrémité septentrionale du continent africain se prolonge en mer par une bordure sous-marine peu étendue, plus ou moins continue. Elle assure la transition avec les grands fonds du bassin algéro-baléares : la marge continentale ou le précontinent nord-africain, qui se prolonge depuis la frontière marocaine jusqu'à la frontière tunisienne (**Leclaire, 1972**).

Le littoral sud méditerranéen est constitué de 70 % de falaises abruptes entrecoupées de promontoires rocheux avec des saillies et des caps, les 30 % restants sont représentées par les plages sablonneuses bordées de cordons dunaires ou cadrées par des affleurements de roches éruptives (**Leclaire, 1972**).

La plateforme de l'ouest algérien est l'une des plus étroites de la Méditerranée, puisque sa largeur moyenne est de 7km ; ainsi le rebord de ce plateau s'abaisse sensiblement le long du golfe d'Arzew et remonte au voisinage des massifs d'Oran, où la couverture sédimentaire est de nature variée. Le calcaire est le constituant majeur des sédiments, car il forme un tapis recouvrant tout le plateau continental ; par contre les sédiments siliceux sont faiblement représentés. Les vases calcaréo-siliceuse qui couvrent une importante superficie de la baie d'Oran sont très riches en débris de roches et en coquilles fraîches et transparentes, alors que les boues argilo siliceuse ne représentent qu'un faible pourcentage aux rebords de cette baie (**Leclaire, 1972**).

Les fonds des îles Habibas au cap Falcon, sont de nature sablonneuse, vaseuse par endroit, coquillières et parsemés par de nombreuses roches. Du cap Falcon au cap de l'Aiguille, tous les sables et les graviers calcaires sont plus ou moins argileux. Ils se divisent en deux types : les sables de la plateforme continentale et les sables du rebord. Enfin à l'Est de notre zone d'étude entre la Pointe de l'Aiguille et le Cap Carbon, la côte est essentiellement rocheuse (**Leclaire, 1972**).

Les matériaux constituant la couverture sédimentaire actuelle proviennent comme partout ailleurs de l'érosion continentale ou sous-marine, et de la production d'origine biologique, soit benthique soit planctonique. Le façonnement et la répartition de tous ces matériaux sont largement conditionnés par la nature même du milieu marin, c'est à dire par des caractéristiques physico-chimiques et dynamiques.

3. Les courants :

La Méditerranée est située entre 30° et 40° nord, c'est une mer profonde, presque fermée, communiquant avec l'océan atlantique par le détroit de Gibraltar (figure 8).

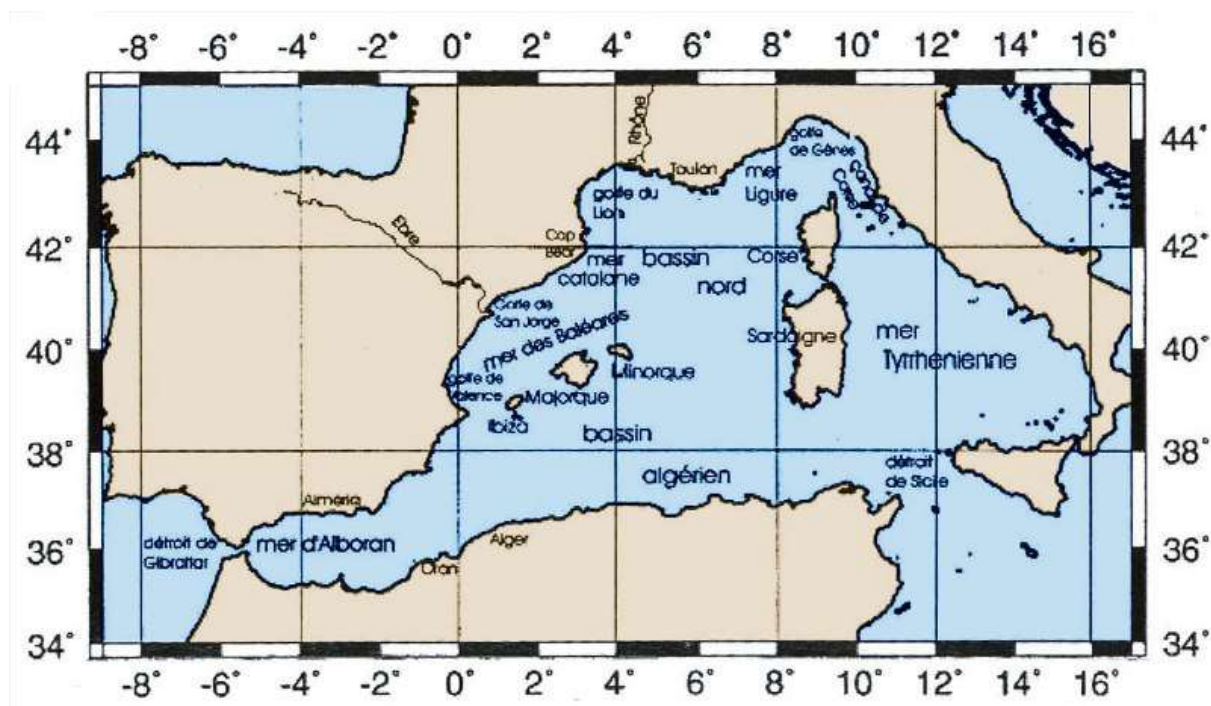


Figure 8 : Situation géographique du bassin méditerranéen occidental (Kerfouf, 2007)

En Méditerranée l'évaporation étant plus intense que les précipitations et les apports fluviaux, il existe un déficit constant ; mais les apports en provenance de la Mer noire via les Dardanelles et surtout de l'Atlantique par le détroit de Gibraltar, rétablissant l'équilibre, donnent à toute l'hydrologie méditerranéenne ses caractères les plus distinctifs. Ce flux permanent de l'Atlantique vers la Méditerranée est appelé courant atlantique ou courant algérien (Millot, 1985).

Pour équilibrer à la fois son bilan d'eau et son bilan de sel, le bassin méditerranéen fonctionne comme « une machine » qui transforme l'eau atlantique entrante, diluée par les précipitations et les apports des fleuves, en une eau dense et salée, typiquement méditerranéenne. Cette eau méditerranéenne, finalement s'écoule dans l'atlantique dans les parties profondes du Détroit de Gibraltar.

La Mer méditerranée est considérée comme un bassin semi fermé qui communique avec le reste de l'océan mondial par le Déroit de Gibraltar dont la largeur est en moyenne de 15 km et la profondeur de 250m au seuil. Le déroit de Sicile dont la profondeur est environ 1000 m au seuil, divisant le bassin en deux grands sous bassins, la Mer occidentale et la Mer orientale, sous divisées à leur tour en mers secondaires (**Lascaratos, 1998**).

Un certain nombre d'auteurs apportent des précisions sur la circulation des eaux en Méditerranée et le long des côtes algériennes (**Bernard, 1958 ; Lacombe et al., 1960 ; Furnestin et al., 1969**) :

- Un courant de surface ou courant atlantique qui va d'ouest vers l'est.
- Un courant profond ou courant oriental qui va de l'est vers l'ouest.

La valeur moyenne des eaux atlantiques entrantes en Méditerranée est en effet, de 1 million de m³/s (**Lacombe et al., 1960**). Ce flux détermine par son importance l'allure de la circulation générale de l'hydrologie et même des variations de niveau dans toute la Méditerranée occidentale. Parmi les principaux facteurs qui affectent la circulation générale, les vents, l'évaporation et la rotation de la terre paraissent jouer un rôle important. Les récentes investigations reposant sur l'imagerie satellitaire, ont précisé l'évolution du courant atlantique (**Millot et al., 1989**).

Ce courant pénètre sous forme d'une veine de 50km de largeur à 0°, de hauteur maximale 150m et d'une vitesse supérieure à 50cm/s. il long la côte et s'en rapproche sous l'effet de la force de Coriolis.

A proximité d'Oran, les eaux atlantiques se resserrent près de la côte en s'enfonçant jusqu'à 100 - 200 m de profondeur et se dirigent vers l'est avec une vitesse moyenne de 0,6 nœuds.

Vers 4° à l'est, le courant se divise en deux branches dont l'une poursuit sa route vers l'est (Déroit sicilo-tunisien) en s'écartant de la côte et en diminuant de vitesse (0,5 m/s devant Alger), tandis que l'autre moins importante remonte vers le nord (bassin algéro-baléares, côte ouest de la Sardaigne et de la Corse). Orienté ouest/est tout au long du précontinent algérien, le courant atlantique induit au niveau des golfes et des baies des contres courants à vitesse très faibles tournant dans le sens des aiguilles d'une montre.

D'après les mesures par flotteurs, la vitesse moyenne en surface de ces courants est de 0,3 Km/h à Arzew (**Caulet, 1972**) et à Alger (**Grovel, 1960**).

A proximité des fonds sous-marins, la vitesse de ces courants diminue très rapidement et devient pratiquement négligeable : 1 cm/s (**Millot, 1987**).

Le flux d'eaux Océaniques entrant par le détroit de Gibraltar sous forme de méandres associe son effet avec d'autres phénomènes complexes pour engendrer des *upwellings* ou remontée des eaux profondes, d'où un apport en sels minéraux et éléments nutritifs qui permet le développement du phytoplancton et du zooplancton, premier maillon de la chaîne trophique marine nécessaire au maintien d'un équilibre stable de cet écosystème (**Boutiba, 1998**). Les *upwelling* côtiers contribuent au transfert et à la répartition des polluants (**Aubert et al., 1982**).

3.1 Masses d'eaux de surface :

Ce sont des eaux d'origine atlantique pénètrent en surface par le Détroit de Gibraltar quittant les côtes espagnoles pour rejoindre les côtes algériennes. Ce courant se déplace sur 1200 km de long et sur 50 km, ayant une salinité estimée à 36,25 ‰ et une température de 12 à 13 C°.

Le flux atlantique va traverser la mer d'Alboran puis les côtes algériennes sous forme de gyre anticyclonique (mouvement circulaire suivant le sens des aiguilles d'une montre) ; ce même courant (courant algérien) est souvent instable et à forte intensité engendrant des courants secondaires (méandres) qui vont se diviser en deux branches (**Lascaratos, 1998**).

- La première va se déplacer vers le nord en longeant les côtes de l'Italie, de la France et de l'Espagne (courant Liguro provençal) pour revenir à l'Atlantique via le Détroit de Gibraltar.

- La deuxième gagnera la Méditerranée orientale via le détroit de Sicile.

Les eaux de la Méditerranée subissent un refroidissement en hiver qui accroît leur densité et les oblige à plonger en profondeur, formant ainsi une couche intermédiaire épaisse de 50 à 100 m. Ces eaux circulent le long des côtes algériennes mais sans aucune orientation d'est en ouest (figure 9.A). Au niveau du bassin algérien l'eau levantine qui s'écoule du détroit de Sicile arrive sous forme de poches, entraînées probablement par des tourbillons d'intensité moyenne depuis les côtes de la Sardaigne (**Millot, 1987**).

3.2 Eaux Intermédiaires Levantines (EIL ou LIW) :

Les eaux de la Méditerranée subissent un refroidissement en hiver qui accroît leur densité et les oblige à plonger en profondeur, formant ainsi une couche intermédiaire épaisse de 50 à 100 m. Ces eaux circulent le long des côtes algériennes mais sans aucune orientation d'est en ouest (figure 9.B). Au niveau du bassin Algérien l'eau levantine qui s'écoule du Détroit de Sicile arrive sous forme de poches, entraînées probablement par des tourbillons d'intensité moyenne depuis les côtes de la Sardaigne (Millot, 1987).

3.3 Eaux profondes :

Les masses d'eaux superficielles et intermédiaires refroidissent encore et prolongent sous l'action des phénomènes atmosphériques d'hiver (figure 9.C), ces eaux sont très homogènes dans tout le bassin méditerranéen avec une température fixe de 12,7° C, une salinité estimée à 38,4 ‰ et une densité évaluée à 29,11 (Millot, 1985).

3.3.1 Le bassin de concentration :

La Méditerranée constitue un bassin allongé relativement étroit (détroit de Gibraltar : 15 km de largeur), comme nous l'avons cité précédemment le bassin Méditerranéen est divisé en deux grands bassins occidental et bassin oriental. Les pertes en eau enregistrées sont nettement supérieures que celles apportées par les précipitations et les fleuves d'où l'idée ou l'apparition du terme « bassin de concentration » (Lascaratos, 1998).

Les eaux de l'Océan atlantique pénètrent en surface par le Détroit de Gibraltar, sont moins salées. En raison de l'évaporation, elles deviennent plus salées (donc plus denses) et plongent à une profondeur intermédiaire pour regagner par la suite l'Atlantique ; de cette façon, les pertes en eaux sont compensées et la salinité maintenue constante. Le type de mouvements des eaux est dit « Lagunaire » (Lacombe, 1965).

3.3.2 Le bassin de dilution :

Par contre en Méditerranée il y a des endroits où les apports des précipitations et des fleuves sont supérieurs aux pertes d'eau par évaporation (ex : la Mer noire ou la Mer rouge),

dans ces régions les eaux profondes sont plutôt douces et moins denses, de ce fait nous aurons un mouvement inverse du premier où les eaux profondes remontent à la surface pour réguler la salinité des eaux. Dans ce cas de figure nous employons le terme de « bassin de dilution » et le mouvement est dit *estuarien* (**Lascaratos, 1998**).

4. Les houles :

Les houles présentes au large et au niveau des côtes à la fois, agissent activement (jusqu'à 200m de profondeur) mélangeant et dispersant les différentes substances polluantes, favorisant la sédimentation et d'autres phénomènes complexes (**Boutiba, 1992**).

En plus de l'existence des marées et des courants permanents au large ou à la côte, les houles agissent de façon active parfois jusqu'à 200m entraînant la dispersion de substances polluantes, l'oxygénation, la rupture de stratification, et la sédimentation. Ces mouvements marins assez particuliers appelés « ondes externes » apparaissent généralement lorsque le milieu marin est soumis à une action externe qui perturbe son équilibre (Millot et *al*, 1989).

Le régime saisonnier des houles le long du littoral algérien présente deux principales directions (**Leclaire, 1972**) :

- Une direction WNW (300°) ou 80% des houles se produisent pendant l'été.
- Une direction NNE (20-40°) ou la majorité des houles se produisent pendant l'hiver.

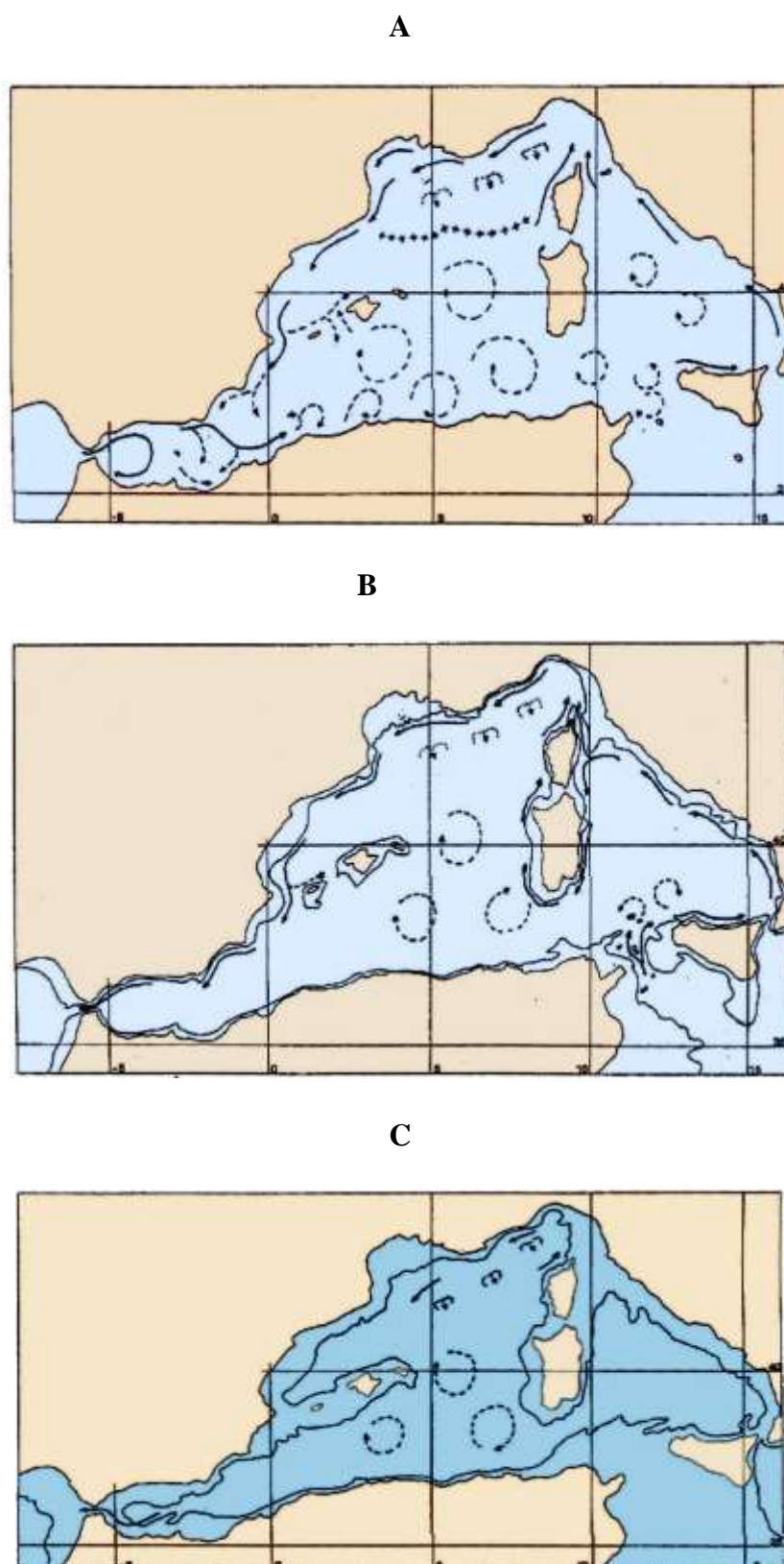


Figure 9 : Circulation des eaux de l'Atlantique (Milot modifié in Kerfouf , 1987).

A : Eau atlantique modifiée, **B** : Eau levantine intermédiaire, **C** : Eau atlantique profonde

5. Le Climat :

Le climat de la région est de type méditerranéen, notamment chaud l'été et doux l'hiver, avec une saison sèche très marquée entre la mi-juin et mi-septembre, ces conditions sont dues à l'alternance de brise de mer fraîche et humide et de brise de terre chaude et sèche (ONM, 2019).

La pluviométrie est variable d'une année à une autre, la pluviométrie de la région d'Oran reste une des plus faibles de l'Algérie du nord, elle varie entre 350 et 400mm, et elle peut ne pas dépasser 200 à 250mm en certaines années sèches.

Les caractéristiques des vents dans cette zone sont comme suite : les mois les plus pluvieux étant mois à prédominance des vents ouest et nord-ouest. Ces vents sont à l'origine de la tempête ayant frappée la ville d'Oran en 1980 alors que les mois de sécheresse sont les mois à prédominance des vents nord-est. Il existe par ailleurs des vents chauds ou *sirocco* provenant du sud-ouest. Ce sont des vents secs et chauds de 9 à 16 jours par an (ONM, 2019).

6. Les facteurs physico-chimiques du milieu :

6.1 La température :

A température des eaux marines en surface n'est pas constante, elle est liée étroitement à celle de l'atmosphère et par conséquent varie en fonction des saisons. En méditerranée, les eaux se caractérisent par des écarts de température entre les couches superficielles et les couches profondes relativement peu importantes. Sur le littoral algérien, l'eau de surface subit tout au long de l'année des variations thermométriques considérables.

La température moyenne des eaux de surface, en fin janvier est de 14,7° C, les valeurs des températures des eaux de surface sont comprises entre 14,4° C et 15° C. La température la plus basse est de 14,4°C. La température maximale des eaux de fond est de 15,2° C et la plus basse est de 14°C, relevée à une profondeur de 98 m. En général, l'écart entre les eaux de surface et ceux du fond est inférieur à 0,5°C. Dans les petits fonds il y a une homogénéité thermique des eaux. Les températures des eaux du fond sont en général supérieures à celles des eaux de surface. Les températures de surface les plus élevées sont localisées dans la partie orientale du golfe. Alors que les températures des eaux de surfaces les plus faibles sont situées au centre de la baie d'Oran (Kerfouf, 2001).

Les températures des eaux du fond les plus élevées sont localisées à la partie est de la baie. Par contre les eaux du fond des secteurs ouest et centre de la baie ont les plus faibles températures. La température côtière des eaux du golfe est supérieure à la température des eaux de fond du large (**Kerfouf, 2001**).

Pour le golfe d'Arzew situé à l'est de la baie d'Oran, la température des eaux de surface varie entre 14,4°C et 14,6°C et celle des eaux de fond est de 14,6°C en moyenne (**Amar, 1998**).

La température des eaux de surfaces et ceux du fond sont identiques entre la baie d'Oran et le golfe d'Arzew.

6.2 La salinité :

Les mesures de courants et de précipitations dans le bassin méditerranéen montrent que les apports fluviaux et atmosphériques sont insuffisants pour maintenir le taux de salinité et le niveau de la mer. D'après les données de la littérature, il existe d'importantes variations de la salinité entre les différentes masses d'eau qui se superposent dans le bassin algérien (**Millot et al., 1989**). L'eau atlantique superficielle est représentée par une salinité inférieure à 37,10 ‰.

A -20m, le taux de salinité de cette eau diminue nettement et atteint une valeur de 36,42 ‰. Les eaux de surface des côtes algériennes se caractérisent par une salinité avoisinant les (37‰), à 20m cette salinité diminue et atteint son seuil le plus bas au niveau côtes oranaïses (36,42‰), la salinité décroît entre 50 et 100m car le courant algérien s'éloigne des côtes (36,38‰).

A 200m la salinité se caractérise par une légère baisse. Entre 300 et 500m la salinité est sous l'influence de l'eau levantine intermédiaire (EII ou LIW) qui donne un taux sel compris entre 38,3 et 38,6‰ (**Boutiba, 1992**).

La salinité moyenne des eaux de surfaces est de 36,4‰ les valeurs de la salinité des eaux de surface dans la baie d'Oran sont comprises entre 35,85‰. La salinité des eaux de fond est comprise entre 36,40 ‰ et 37,7 ‰. Les apports en eaux usées domestiques du principal émissaire urbain de la ville d'Oran, et l'influence des eaux de port d'Oran, sont à l'origine du faible taux de salinité dans cette zone (**Kerfouf, 2001**).

La salinité des eaux de fond est plus faible près de la côte. Les mêmes valeurs de salinité sont observées dans le golfe d'Arzew (**Amar, 1998**)

Le golfe d'Oran est entièrement baigné par les eaux d'origine atlantique de faible salinité qui pénètrent par le Déroit de Gibraltar, et se mélange aux eaux superficielles de plus forte salinité. Ces masses d'eaux superficielles sont, en général, caractérisées par une salinité de 36,25 ‰ (**Millot, 1989**).

.6.3 Le carbone en Méditerranée :

En Méditerranée, comme dans l'océan mondial, les carbonates (ou carbone inorganique) constituent 97% du contenu en carbone. Le carbone organique représente 3% du bilan, dont le carbone inorganique qui est constitué par 90% de l'ion bicarbonate, 9% de l'ion carbonate et 1% du CO₂ dissous, les fractions respectives dépendant de l'équilibre du système des carbonates, l'étude du carbone dans la mer entre dans deux problématiques : la production biologique et le transfert de carbone des couches de surface aux couches profondes pour ce qui est du pompage océanique de l'augmentation anthropique du taux de dynamique de bassin de concentration, il peut paraître intéressant d'étudier le bilan de carbone pour tenter d'estimer la production biologique et le flux vertical de carbone ou la captation de CO₂ atmosphérique (**Copin-Montégut, 1993**).

Les mesures précises du carbone inorganique total, en mer d'Alboran, donnent une concentration moyenne de 2090 μM dans le flux atlantique superficiel et de 2300 μM dans le flux profond sortant de la méditerranée. Le bilan de carbone organique peut être établi à partir des concentrations respectives dans les couches de surface et profondes. Ces concentrations sont respectivement de 100 et 50 μM, et le bilan dans le déroit de Gibraltar s'établit à $+1,25 \cdot 10^{12}$, outre le bilan net à travers le déroit de Gibraltar, le cycle du carbone en Méditerranée nécessite la connaissance des divers apports par l'atmosphère, les précipitations, les fleuves et la mer Noire, tous ces apports restent faibles par rapport aux flux de carbone entrant par le déroit de Gibraltar. Le bilan total des apports en carbone organique s'élève à $1,7 \cdot 10^{12}$ M/an, tandis que le bilan des pertes de carbone inorganique s'élève à $-1,7 \cdot 10^{12}$ M/an (**Copin-Montégut, 1993**).

La Méditerranée est un bassin de reminéralisation du carbone organique en carbone inorganique. L'estimation de la nouvelle production correspondante est $8,1 \text{ gC M}^{-2}/\text{an}$, valeur que nous retrouvons également à partir du bilan du phosphate (Copin-Montégut, 1993).

L'exportation dans l'eau profonde atlantique est cependant plus importante, puisqu'il correspond à $100.10^{12} \text{ M}^{-2}/\text{an}$. C'est la conséquence directe du fonctionnement en bassin de concentration avec formation hivernale d'eaux denses et transfert en profondeur vers l'Atlantique, par contre, le transfert en direct du CO_2 atmosphérique est d'environ $0,5.10^{12} \text{ M}/\text{an}$ (Copin-Montégut, 1993).

6.4 Les éléments nutritifs (Phosphates, Nitrates et Silicates) :

Le bilan des éléments nutritifs en Méditerranée fait intervenir les fractions minérales et organiques dans :

- Les apports superficiels dans l'eau atlantique entrante (faibles et mal connus).
- Les apports atmosphériques et telluriques (très mal connus à l'échelle des grands bassins).

Les données historiques fiables de concentration en éléments nutritifs dans le bassin méditerranéen occidental datent des années 1963 pour le phosphate ; 1969 pour les nitrates et 1972 pour les silicates. Cependant la répartition géographique des données est loin d'être homogène, tant sur la verticale qu'entre les différentes campagnes. En 1994, la campagne française « Sémaphore » menée à partir d'un navire océanographique de la marine nationale, entre Toulon et Gibraltar, a permis d'évaluer la variabilité spatiale des concentrations. Les données ont tout d'abord confirmé un profil vertical plus ou moins constant de 400 à 800m de profondeur (homogénéité des eaux profondes), et une homogénéité à l'échelle de tout le bassin algéro-pouéchal. On est donc en droit de comparer des données prises en différentes régions de ce bassin, à des périodes différentes. L'analyse statistique des données historiques a permis de confirmer une augmentation dans le temps des concentrations en phosphates, sur la période 1963-1994, et nitrates, sur la période 1972-1994 de l'ordre de 0,5% par an et pas de variations des concentrations en silicate (Béthoux et al., 1992; 1998).

L'augmentation dans le temps des concentrations profondes ne peut s'expliquer que par celle des apports atmosphériques et telluriques, calculée de l'ordre de 3% par an, ces apports étant devenus très supérieurs aux apports atlantiques superficiels. L'augmentation des apports

superficiels est à mettre en relation avec l'augmentation de la population des pays riverains, +1,6% par an entre 1960 et 1983 (UNEP, 1988), de leur niveau de vie (+4,7% par an) et des activités industrielles et agricoles. Une augmentation minimale de 3% par an signifie un doublement des apports tous les 25 ans, et par conséquent, un doublement de la production biologique, des phénomènes d'eutrophisation plus fréquents dans les zones d'apport de rivière (Adriatique, golfe de Gabés, golfe du Lion) et une augmentation de la consommation d'oxygène en profondeur (Béthoux et al., 1992).

Les bilans en phosphates et nitrates réalisés au niveau du Déroit de Gibraltar à partir des consommations profondes permettent une évaluation de la nouvelle production de $8,2\text{gC M}^{-2}/\text{an}$ pour l'ensemble de la Méditerranée. Par comparaison aux données disponibles pour les apports atmosphériques et telluriques, ces bilans permettent également de soulever différents problèmes de transferts aux interfaces :

Le phosphore apporté par les rivières est essentiellement sous forme particulaire ; le phosphate dissous apporté par les rivières ne pouvant représenter qu'environ 25% des concentrations marines (Smith, 1972).

L'azote dissous des fleuves et des pluies ne peut compenser qu'environ 50% du bilan en nitrates. Le complément peut venir de la captation d'azote atmosphérique par du bactérioplancton spécialisé. Différents programmes en cours sont focalisés sur deux thématiques : le phosphore limitant la nouvelle production et la captation d'azote atmosphérique. Ces dernières peuvent être deux spécificités de la Méditerranée, une adaptation de l'écosystème à une mer continentale soumise à un fonctionnement climatique en bassin de concentration. Le résultat pourrait être le rapport molaire N/P, anormalement élevé en Méditerranée (22 à 24), alors qu'il est de 15 (le bien connu rapport de Redfield) dans la plupart des océans et dans les eaux de rivières (Smith, 1972).

7 Pollution des eaux littorales oranaises :

Les eaux littorales oranaises sont exposées aux différentes formes de pollution dont l'origine demeure : les industries, et l'expansion urbanistique non contrôlée.

La concentration touristique et le développement économique et social occasionnent la dégradation des milieux naturels et le cadre de vie des citoyens. On peut citer trois sortes de pollution au niveau du littoral oranais : la pollution d'origine industrielle, la pollution d'origine ménagère, domestique, et la pollution d'origine agricole.

Les trois prennent des formes différentes selon la nature des rejets (polluants liquides, solides et gazeux, eaux de lessivage et de ruissellement). La localisation et la description des sources de pollution seront traitées dans le chapitre 1 de la première partie de cette thèse. .

Oran, grande métropole méditerranéenne, est citée parmi 120 principales villes côtières du bassin méditerranéen, qui sont dépourvues de systèmes d'épuration efficace. Ces égouts où aboutit la majeure partie des déchets ménagers et industriels, rejettent à la mer des détergents et d'autres produits chimiques d'origine ménagère ou industrielle. La grande majorité sont très toxiques et touchent la croissance et la reproduction des organismes marins. On peut trouver également des déchets solides même dans les plages les plus éloignées du littoral oranais : Maddagh, cap Blanc, Ain el Türck à l'ouest, Ain el Franine et Kristel à l'est (**kerfouf et al., 2007**).

Les eaux véhiculées par les égouts de la ville d'Oran sont intégralement rejetées à la mer, les émissaires urbains sont au nombre de 11, trois principaux étant :

- à l'Ouest, l'émissaire de fort Lamoune, se situe à l'extérieur du port d'Oran.
- à l'Est, l'émissaire de la cheminée du petit lac.
- à l'Est, le collecteur de ceinture du centre-ville et Oran est.

Sur ces 11 émissaires, 7 se déversent dans le port, mais ils sont de faible importance, ces derniers se répartissent à travers les différents bassins du port (bassin de Mostaganem : rejet très important, bassin de Ténès et le bassin de Bejaia). Ces rejets sont en provenance de la ville d'Oran et sont essentiellement des rejets d'eaux usées domestiques, de petits ruisseaux d'eaux usées débouchent sur les plages environnantes, soit à l'ouest de Mers el Kébir, soit à l'Est du port d'Oran.

CHAPITRE 3

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1 Matériel et méthodes

L'objectif de cette recherche qui n'est qu'une contribution, consiste à comparer la distribution spécifique et spatiale de la flore algale au niveau de quatre sites côtiers différents dans l'ouest algérien, à travers l'établissement d'une liste exhaustive de toutes les espèces macrophytes qui représentent un indice intéressant pour la bio surveillance des écosystèmes marins côtiers et qui reflètent la qualité environnementale des stations d'échantillonnage ciblées pour cette étude. Des clés de détermination (Délepine et al., 1987) et autres ont été utilisées pour cette raison et nous avons identifié plusieurs espèces et genres appartenant aux macrophytes (Chlorophycées, Rhodophycées et Phéophycées).

1.1 Localisation et description des stations ou sites d'études :

Après plusieurs prospections préliminaires sur la zone d'étude, on a pu déterminer les sites d'intérêt qui nous permettent d'avoir une bonne connaissance du potentiel en diversité algale et une vision claire sur la qualité des eaux côtières. Il s'agit de :

- **Station 1 : Mars El Hadjaj**

C'est un site affilié à la commune de Mars el hadjaj située à la limite de la côte oranaise, aux environs 50 Km de la ville d'Oran, entre les villes de Bethioua à l'est et la ville de Fornaka (wilaya de Mostaganem) à l'ouest, avec une superficie d'environ 180 ha. (Simonneau et Santa, 1951). Le site d'échantillonnage est localisé à une latitude de 35°'49'928', une longitude de 0°9 35'756 et une exposition Nord-Ouest.

Ces crêtes rocheuses se prolongent vers le large par des sédiments calcaires nettement pélitiques représentés par les vases calcaire-argileuse recouvrant une superficie importante du golfe. Les boues argilo-siliceuses au rebord continental tapissant ainsi le golfe d'une grande vasière.

C'est un site qui souffre d'une charge anthropique accentué liée à l'impact de l'industrie pétrolière et la pression des activités estivales comme les loisirs, la pêche, etc., d'autant plus que les stations d'épuration des eaux usées urbaines et industrielle sont totalement absentes. C'est alors pour cette raison que cette station a été sélectionnée.

Et trois autres stations Ain franin, Kristel et Bousfer.

Les habitants de ces plages travaillent principalement dans la pêche et l'agriculture, par contre le tourisme souffre de l'inexistence de structures d'accueil comme les hôtels, à cause de la rareté d'eau ; topographiquement, elle est dotée d'une façade maritime exposée vers le Sud- Est, donnant à L'objectif de cette recherche qui n'est qu'une contribution, ce site une belle position géographique d'où vient son appellation Kristel du mot Cristal.

- La station 2 Kristel

Situé à 26 km à l'Est de la ville d'Oran, selon la position géographique 35°50'40 N, en latitude et 0°2 35'56 O, en longitude. La côte du village est rocheuse et le relief de son territoire est accidenté. Elle est considérée comme propre, à cause de son éloignement des importantes sources de contaminants et de pression anthropique, avec un substrat rocheux abritant une biodiversité notable (Kawas, 2010 ; Kawas *et al.*, 2010).

-La station 3 d'Ain Franine

Situé à une dizaine de km à l'Est d'Oran dont la position géographique est de 35°48'44,46 N en latitude et 0° 35' 01 ,50 O, en altitude. C'est un site localisé entre les deux caps, formant la grande baie d'Oran, le cap Ferrat au Nord et le cap Falcon au Sud Est. Cette station est considérée comme non impactée due à son éloignement du tissu urbain et de toutes activités industrielles, en plus de la nature de cet endroit qui rend l'accès difficile. En revanche, une source thermale réputée par ses eaux radioactives et sa richesse en soufre, déverse dans la station d'Ain Franine. Le substrat de la station est de nature rocheuse et sableuse.

Et la quatrième station

-La station 4 Bousfer

Elle est située dans la commune de Bousfer, daïra d'Ain El Türck, wilaya d'Oran, projetée sur une surface de : 6730 m². Elle a pour but la production d'eau destiner pour la consommation humaine, par osmose inverse avec une capacité de production 5000m³/jour.

La station est classée par le décret exécutif n° 07-144 au 19 mai 2007, comme installation classée soumise à une autorisation du président de l'assemblée populaire et communale avec un rayon d'affichage de 0.5 Km. Le site de projet est délimité :

- Au Nord par la mer
- A l'Est par un Talus;
- A l'Ouest par des habitations, La plage Bousfer;
- Au Sud par la route reliant Ain El Türck au complexe des andalouse.

La station est située sur la route nationale.

Les coordonnées LAMBERT du site sont:

- X : 35°44'24.27 " N
- Y : 0°50'13.41" O
- Altitude : 9m

Ainsi, la figure 10, ci-dessous, indique la localisation des quatre sites d'étude

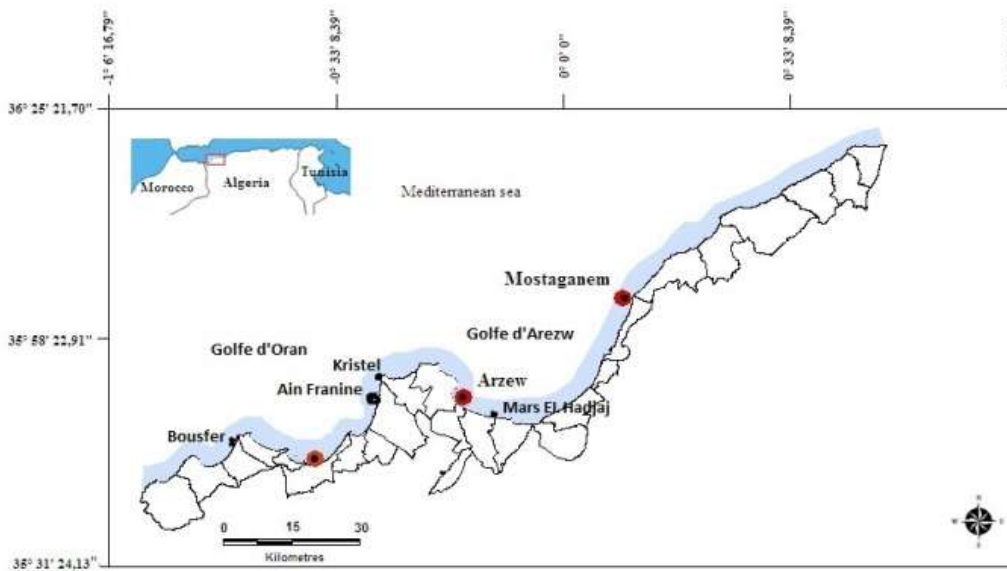


Figure 10 : Localisation géographique des quatre sites d'étude.

1.2 Méthodologie retenue

Pour l'inventaire de la flore macro-algale au niveau des stations retenues, nous avons utilisé la méthode recommandée par (**Braun-blanquet, 1959**) et (**Boudouresque, 1971**), dite aussi la méthode d'air minimale. Cette méthode est souvent utilisée en écologie végétale pour les prélèvements phytosociologiques.

Elle consiste à choisir des emplacements aussi typiques que possibles pour les inventaires floristiques, en notant les conditions écologiques des sites étudiés, notamment la localisation géographique, la nature de substrat et la date de prélèvement, et à dresser une liste complète des espèces présentes par prélèvement et par site. Elle consiste aussi à accorder pour chaque espèce un coefficient d'abondance- dominance, recouvrement, recouvrement moyen global et de fréquence d'apparition dans chaque relevé.

a- Abondance-dominance

Braun-Blanquet (1952) a créé le coefficient qui associe les concepts d'abondance et de dominance. L'abondance exprime le nombre d'individu qui forment la population de l'espèce présente dans le relevé. La dominance représente le taux de recouvrement de l'ensemble des individus d'une espèce donnée, ce coefficient est estimé visuellement selon une échelle variant de 5 à + :

- Coefficient 5 : espèces couvrant plus de $\frac{3}{4}$ (75%) de la surface
- Coefficient 4: de $\frac{1}{2}$ à $\frac{3}{4}$. (50%-75%)
- Coefficient 3: $\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{4}$ (50%-25%)
- Coefficient 2 : espèces abondantes mais couvrant moins de $\frac{1}{4}$ (5%-25%)
- Coefficient 1 : espèces bien représentées mais couvrant moins de 5%
- Coefficient+ : espèces présentes mais d'une manière négligeable.

b- La richesse spécifique

La formule de calcul de la richesse spécifique est la suivante : on prend la valeur partielle on la divise par la valeur totale puis on multiplie le résultat par 100, le résultat finale, exprimé en %, est la valeur de pourcentage.

$$\text{Richesse spécifique} = 100 \times (\text{Valeur partielle}) / (\text{Valeur totale})$$

c- Le recouvrement

Le recouvrement **Ri** est le premier des deux coefficients principale attribué à chaque espèce c'est le pourcentage approximatif de la surface du substrat couvert en projection par l'espèce **i**. Le recouvrement total des relevés sur le nombre total de relevé

$$\sum_{R=1}^n Ri / Nr$$

Où **n** est le nombre d'espèces du relevé, est très généralement supérieur à 100% (**Boudouresque, 1971**).

Nr : le nombre de relevé.

d- Recouvrement moyen global

A chaque échelon (classe) du Coefficient de Recouvrement **Ri** attribué aux **n** espèces **i** d'un relevé correspond une valeur moyenne conventionnelle (centre de classe) nommée Recouvrement moyen :

- Absence = 0
- + = 0,1 %
- 1 = 2,5 %
- 2 = 15,0 %
- 3 = 37,5 %
- 4 = 62,5 %
- 5 = 87,5 %

Le RMG (Recouvrement moyen global) de l'espèce **i** dans un ensemble de **N** relevés est donc la moyenne de ses Recouvrements moyens successifs.

$$\text{RMG} = \sum_{p=1}^n Ri / N$$

La somme des RMG d'un sous-ensemble E des n espèces identifiées (groupe écologique, ou systématique, etc.) est la somme des RMG des espèces constitutives.

e- La fréquence (F)

Dans un relevé divisé en quadrats, la Fréquence F_i de l'espèce i est, exprimée en pourcentage ; le rapport du nombre de quadrats où elle est présente sur le nombre total du quadrats. La forme de l'histogramme des fréquences sert souvent de test d'homogénéité de l'individu de biocénose

$$F (\%) = n_i / N \times 100$$

A cet effet, Duriertz (1920), propose cinq classes :

$0 < F < 20\%$: Classe I : Espèce très rare ;

$20\% < F < 40\%$: Classe II : Espèce rare ;

$40\% < F < 60\%$: Classe III : Espèce fréquente ;

$60\% < F < 80\%$: Classe IV : Espèce abondante ;

$80\% < F < 100\%$: Classe V : Espèce très constante.

f- Aire minimale

L'aire minimale est la plus petite surface nécessaire pour que la plupart des espèces soient représentées.

1.3 Période d'échantillonnage

Deux facteurs majeurs ont été pris en considération pour choisir la période d'échantillonnage :

- ✓ La saison : on a choisi la période chaude où les conditions climatiques sont favorables pour la plupart des espèces floristique. Pour cela, la période s'étalant du mois de Mai au mois d'Août est désignée pour cette opération.
- ✓ L'augmentation de la pression anthropique (degré de fréquentation humaine, débit des rejets des effluents urbains...) qui représente un facteur déterminant pour la prolifération

ou la disparition de certaines espèces et par conséquent pour la qualité des eaux de baignade.

1.4 Modalités de prélèvement

La méthode d'échantillonnage adoptée est l'échantillonnage aléatoire simple, sachant qu'en milieu marin, la miniaturisation de nombreuses espèces et les difficultés de la systématique algale, nous incite à faire une récolte intégrale du peuplement étudié, pour son examen au laboratoire, en vue d'une identification correcte.

Pour cela, Les prélèvements sont pratiqués sur des surfaces en milieu marin, chaque surface élémentaire constitue un relevé en utilisant un quadra en PVC d'une surface de 50x50 cm², correspond à l'aire minimale adopté pour l'étude des peuplements d'algues (**Gounot, 1969 ; Long, 1957 et Perquer, 1954**). Aussi, le grattage complet de la surface échantillonnée est indispensable pour poursuivre son étude au laboratoire (**Bellan-santuini, 1964 ; true,1965**).

Pour établir une liste floristique exhaustive des sites étudiés, nous avons procédé à un échantillonnage aléatoire de cinq relevés par site.

Le cadre a été fixé sur la surface et les prélèvements ont été effectués entre le méso littoral supérieur et l'infralittoral supérieur à des profondeurs qui varient entre 0,1m et 3m (voir figure 11).

La profondeur a été mesuré par rapport au zéro biologique qui est la limite entre les étages médiolittoral et infralittoral tels qu'ils sont définis par (**Perez et Picard, 1964**).

Les niveaux profonds ont été prospectés par les plongés libres par temps calme et ensoleillé.

Figure 12



Figure 11 : Quadra utilisé pour l'échantillonnage (© Mansouri, 2021).



A- Station 1 : Mars el Hadjaj



B- Station 2 : Kristel



C-Station 3 : Ain Franin



D- Station 4 : Bousfer

Figure 12 : Sites d'échantillonnages (© Mansouri, 2021).

1.5 Tri et conservation du matériel récolté

Le matériel récolté pour chaque prélèvement est trié sur place, le tri consiste à séparer les thalles des différentes espèces puis sont conservés séparément dans de l'eau de mer formolée à 7%, selon (Ramdhani et al., 2015) dans des sachets gardés au frais dans une glacière, pour les transporter au laboratoire.

Arrivé au laboratoire (figure 13), les espèces sont séparées et nettoyées puis asséchées ; le séchage doit commencer le plus vite possible après la récolte, pour avoir des échantillons de qualité.



Figure 13 : séparations et assèchement des espèces récoltées (© Mansouri, 2021).

Il se fait en posant délicatement chaque espèce entre des feuilles de papier blanche. Il est souvent constaté que les plantes perdent leur couleur après séchage.

Un numéro d'identification qui sert du code devra apparaître à l'extérieur de chaque chemise du papier, ainsi que les données sur la couleur de l'espèce et son habitat devront être consignés dans un bloc note du terrain.

Pour plus de sécurité, il est conseillé de changer régulièrement le papier blanc pour éviter les moisissures.

1.6 Identification des espèces

Sur une fiche, nous avons indiqué le code de la macroalgue, la date et le lieu de récolte. Pour l'identification et la nomenclature des espèces, on a fait appel à de nombreuses clés de détermination, notamment, la base de données **d'Algae-Base**, les fiches **FAO** d'identification des espèces, ainsi que d'autres documents scientifiques plus récents de (**Boudouresque, 2005 ; Pergent et al., 2007**). La confirmation De toutes les espèces a été faite par **Pr Ramdhani Mohamed** (Université de Rabat Maroc), spécialiste dans le domaine.

On s'est basé aussi sur les caractères macroscopiques tels que la couleur, la forme, la taille et aussi l'emplacement pour nous faciliter la tâche.

Après leur détermination et leur identification, les plantes sont fixées par la colle sur du papier rigide à herbier mesurant 30 sur 42cm (figure 14), afin d'obtenir des résultats satisfaisants, puis une étiquette est collée au coin inférieur de chaque feuille, dans laquelle nous mentionnons le nom de l'espèce, le lieu de collecte et son habitat, ensuite placées dans des pochettes en plastique et gardées dans un endroit aéré à l'abri de l'humidité et de la lumière.



Figure 14 : Réalisation d'un herbier (© Mansouri, 2021).

CHAPITRE 4

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

1. Identification et classification de la flore benthique :

A l'aide des clés d'identification on a pu identifier 37 espèces des macroalgues, qui sont réparties en 11 Phéophycées, 8 chlorophycées, et 18 Rhodophycées. Ainsi, nous indiquons pour chaque espèce une description de ses caractéristiques.

1.1 Phéophycées / Heterokontophyta (7 ordres / 7 familles / 8 genres / 11 espèces)

Classe : Phaeophyceae

Ordre : Ectocarpales

Famille : Scytosiphonaceae

Genre : Colpomenia

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

Ordre : Fucales

Famille : Sargassaceae

Genre : Cytoseira

Espèce : *Cytoseira compressa* (Esper) Gerloff, Nizamuddin 1975

Espèce : *Cytoseira mediterranea* Sauvageau 1912

Espèce : *Cytoseira stricta* (Sauvageau) 1911

Genre : Sargassum

Espèce : *Sargassum vulgare* (C.Agardh) 1820

Ordre : Dictyotales

Famille : Dictyotaceae

Genre : Dictyota

Espèce : *Dictyota dichotoma* (Huds., J.V.Lamour) 1809

Espèce : *Dictyota fasciola* (Roth) J.V.Lamouroux 1809

Genre : Padina

Espèce : *Padina pavonica* (Linnaeus, Thivy) 1960

Ordre : Sphacelariales

Famille : Stypocaulaceae

Genre : Halopteris

Espèce : *Halopteris scoparia* (Linnaeus) Sauvageau, 1904

Espèce : *Halopteris filicina* (Grateloup) Kutzing 1843

Ordre : Fucales

Famille : Fucaceae

Genre : Fucus

Espèce : *Fucus serratus* Linnaeus 1753

Ordre : Palmariales

Famille : Rhodothamniellaceae

Genre : Rhodothamniella

Espèce : *Rhodothamniella floridula* (Dillwyn) Feldmann in T.Christensen 1978

Ordre : Rhodymeniales

Famille : Lomentariaceae

Genre : Lomentaria

Espèce : *Lomentaria orcadensis* (Harvey) Collins in W.R.Taylor 1937

1.1.1 -*Colpomenia sinuosa* : (Figure 15)



Figure 15 : *Colpomenia sinuosa* (© Mansouri, 2021).

Description : c'est une algue brune de masse informe, constituée de coussinets irréguliers à l'aspect "dégonflés", mais de consistance assez dure.

Ayant besoin d'un bon éclairage (espèce photophile), elle est de couleur brun-vert, parfois jaunâtre, sans dépasser 10 cm d'envergure.

Ecologie et Habitat : elle vit dans les 10 premiers mètres, en bordure côtière, solidement fixée à la roche par des filaments et sur d'autre algue elle tolère les eaux chargées en matière organique, peu oxygénées et riches en composés sulfurés et azotés.

Localisation : c'est une espèce à très large distribution qui englobe toutes les mers du monde, tropicale à tempérée.

Reproduction : Cycle complexe avec alternance entre reproduction sexuée filamenteuse microscopique et asexuée avec sporanges, visibles sur le thalle. On parle de cycle digénétique.

1.1.2 - *Cystoseira stricta* : (Figure 16)



Figure 16 : *Cystoseira stricta* (© Mansouri, 2021).

Description : c'est une algue brune dont le thalle très ramifié brun à brun vert, à un Port de bruyère ; plusieurs rameaux rigides, épineux sont fixés sur un disque basal. Les jeunes rameaux prennent une teinte vert bleu intense quand ils sont immergés ; ils sont iridescents.

La taille : la taille de cette algue peut atteindre 40 cm de long.

Reproduction : Au cours des cycles de développement, le passage de l'œuf à l'œuf ne met en jeu qu'une seule génération (le cycle est monogénétique diploïde). Elles ne se reproduisent que de façon sexuée, par des œufs relativement lourds qui ne sont disséminés que sur quelques mètres (ou dizaines de mètres) : la recolonisation ne peut donc se faire que de proche en proche, à partir d'une population survivante (**Soltan *et al.*, 2001**).

En Algérie, l'espèce a été signalée le long du littoral rocheux algérois (**Chalabi *et al.*, 2002** ; **Seridi *et al.*, 2007**) et oranais (**Hashem, 2010** ; **Hashem *et al.*, 2010** ; **Belmokhtar, 2012**), ainsi qu'au niveau de la région d'El Kala à l'extrême Est (**Grimes, 2005**).

Écologie et habitat : elle occupe les rochers éclairés (espèce photophile) et battus de l'étage infralittoral en Méditerranée occidentale. Sa consistance dure et coriace lui permet de résister à l'arrachement et aux chocs des vagues.

Elle est d'ailleurs considérée comme un indicateur biologique très précis d'eaux pures et utilisée à ce titre (**Bellan et Santini, 1966**).

1.1.3 -*Dictyota dichotoma* : (Figure17)



Figure 17 : *Dictyota dichotoma* (© Mansouri, 2021).

Description : c'est une algue brune photophile ; en début de saison (printemps), les thalles présentent un joli vert parfois irisé de bleu et au fil de la croissance, l'algue devient brun jaune. En hiver, les thalles disparaissent.

Taille : elle est de 2 à 25cm de long, avec une largeur de 4 à 8 mm.

Habitat et écologie : des fonds rocheux et substrat de roche de la surface à 30 m de profondeur, exceptionnellement jusqu'à 80 mètres, fréquente sur rochers bien éclairés peu battus de l'étage infralittoral. Cette algue peut être épiphyte (fixée sur d'autres algues).

Reproduction : Elle se fait suivant un cycle digénétique isomorphe : (deux générations de même aspect), une première génération sexuée qui engendre des thalles asexués qui se reproduisent par sporulation pour reproduire des algues à thalles mâles et femelles (première génération).

Utilisation : elle est considérée comme plante médicale dans différents pays, pour traiter les maladies pulmonaires grâce à ces actions antibiotiques démontrées ; elle est aussi considérée comme une source de phycocolloïdes, et elle est utilisée en agriculture.

1.1.4- *Padina pavonica* : (Figure 18)



Figure 18 : *Padina pavonica* (© Mansouri, 2021).

Description : *Padina* est une algue brune très reconnaissable grâce à son aspect rappelant la forme du corne de couleur brunâtre et même blanchâtre (Gayral et Cosson, 1986).

Taille et le poids : la taille et le poids de *Padina pavonica* varient d'une saison à l'autre. La croissance est minimale en hiver. Pendant cette période, les thalles se dégradent, sont déchirés par les vagues et ne restent fixés au substrat que très peu de spécimens de petite

taille (et de faible poids), difficiles à détacher du substrat. Dès le début du printemps, les *Padina* reprennent leur croissance qui atteint son maximum en plein été engendrant la biomasse la plus importante au cours de l'année. Sa longueur est commune et d'environ 5 à 15 cm.

Reproduction : Elle se fait selon un cycle digénétique isomorphe. Entre les lignes concentriques de poils se trouvent des rangées d'organes reproducteurs qui naissent des cellules corticales externes. Parfois, les spores des sporophytes ne subissent pas la méiose et redonnent directement le sporophyte.

Habitat et écologie : Elle colonise les substrats durs bien éclairés de l'étage infralittoral.

Récolte et utilisation : Les espèces sont récoltées à la main. Comme les autres Dictyotales (dont le métabolisme conduit à différents types de physodes dans les cellules), elles présentent une utilisation médicale potentielle et des possibilités alimentaires intéressantes (en se référant aux pratiques asiatiques) (FAO, 1987).

1.1.5 - *Sargassum vulgare*: (Figure19)



Figure 19 : *Sargassum vulgare* (© Mansouri, 2021).

Les Sargassacées est un groupe taxonomique, décrit en 1843 par **Kutzing** et qui appartient à la classe des Phéophycées (**Critchley, 1983**), avec près de 1000 taxons décrits

(Guiry et Guiry, 2021).

Description : l'espèce est mieux connue, sous le nom d'algues brunes. Les branches latérales se détachent à l'été ou à l'automne, laissant une base de la tige courte vivace pour hiver (Wallentinus, 1999 ; Wallentinus, 2010).

La taille : la taille de cette algue change en fonction de son biotope ; ainsi, elle atteint une longueur de 1,5 à 2 m dans les eaux suédoises, 6 à 7 m dans les eaux françaises, et jusqu'à 8,5 m dans les eaux norvégiennes (Meridjen, 2014).

Ecologie et Habitat : Substrats rocheux et cuvettes de l'estran et de la bande médiolittorale.

Reproduction : Les organes mâles et femelles se développent dans des conceptacles différents, cependant, les réceptacles sont hermaphrodites (Deysher et al., 1982).

Sargasum Vulgare est monoïque et auto-fertile. La reproduction a lieu au printemps, en été et au début de l'automne ; elle est en relation étroite avec la température de l'eau.

Utilisation : les *sargasses* en particulier, sont récoltées et utilisées dans de nombreux pays asiatiques pour leurs propriétés médicinales (Masuda et al., 1993 ; Hong et al., 2007), comme aliments (Wondimu et al., 2007), comme fertilisants (Sivasankari et al., 2006) ou pour leur teneur en alginates (industries textile et agroalimentaire) (Saraswathi et al., 2003). Elles peuvent être également source de composés à activité anti-inflammatoires (Dar et al., 2007 ; Smit, 2004), antivirales, stimulantes pour la genèse des vaisseaux sanguins, anticancéreuses, anticoagulantes, réductrices de la prolifération des cellules, ils renferment également des composés phénoliques (Stiger et al., 2004 ; Plougerné et al., 2006), ayant des propriétés antioxydantes et antimicrobiennes.

1.1.6 *Halopteris scoparia* (Figure 20)



Figure 20 : *Halopteris scoparia* (© Mansouri, 2021).

Description : algue brune de 10 à 15 cm de haut, constituée de filaments ramifiés extrêmement riches, donnant à l'ensemble l'aspect d'un balai de genre des sphacèles terminaux analogues à ceux des *Sphacelaria* mais les ramifications latérales se forment dès le sommet à partir du sphacèle.

Habitat : Espèce pérennante distribuée depuis la mi-marée jusque dans l'infra-littorale, dans les milieux sableux.

Distribution : Atlantique nord-est (de la Scandinavie au Cap Vert). Atlantique nord-ouest, Méditerranée.

***1.1.7 Halopteris Filicina* (Figure 21)**



Figure 21 : *Halopteris Filicina* (© Mansouri, 2021)

Description : Plumes fines rigides de 5 à 15 cm de haut ramifiées régulièrement dans un plan, extrémités également pourvues de sphacèles à partir desquels apparaissent les premières ramifications. Espèce infralittorale de milieu rocheux abondante en sous-strate des Laminaria.

Distribution : Atlantique nord-est (de l'Ecosse aux Canaries), Méditerranée, Mer noire Pacifique.

1.1.8 -*Fucus serratus* (Figure 22)



Figure 22 : *Fucus serratus* (© Mansouri, 2021).

Description : Algue brune présente un thalle très plat aux bords dentés très caractéristiques. Ce thalle peut mesurer jusqu'à 80cm pour une largeur de 2cm et a une forme dichotome (elle se divise en deux parties) avec une nervure médiane. La couleur de cette algue brune va du brun olive au vert noirâtre. Le réceptacle terminal prend une couleur orangée pour les mâles et verdâtre pour les femelles lors de la reproduction. La fixation se réalise au moyen d'un crampon très résistant sur un substrat solide. Le stipe est généralement court et sa section est ronde ou ovale.

Habitat : Forme une ceinture qui correspond au début de l'infralittoral sous les ceintures de deux autres fucus *Fucus vesiculosus* et *Fucus spiralis*. Elle se rencontre autant en mode calme et battu mais a besoin d'un substrat dur (rocher ou gros caillou) pour se fixer. On ne la rencontre plus en dessous de 15m.

Distribution se rencontre en Manche, mer du Nord, Atlantique Nord-Est et Atlantique Nord-Ouest.

1.1.9 -*Dictyota fasciola* (Figure 23)



Figure 23 : *Dictyota fasciola* (© Mansouri, 2021).

Description : présente un thalle érigé en forme de rubans étroits de 20 cm de hauteur maximale et de 1 à 2 mm de largeur. Le thalle est opaque, membraneux, de couleur brun clair à verdâtre, avec des extrémités rétrécies et effilées (aiguës) souvent incurvées. Les lanières sont dépourvues de nervure médiane.

La ramification est pseudodichotome dans un plan. Les dichotomies sont peu nombreuses, et forment un angle aigu (port fastigié). Les lanières sont fortement spiralées.

Les deux faces du thalle portent des groupes de poils isolés.

Le thalle est fixé au substrat par des stolons. La croissance est terminale à partir d'une cellule apicale. En coupe transversale, le thalle est constitué d'un cortex de petites cellules pigmentées entourant une médulla de grosses cellules palissadiques. La médulla qui est monostromatique au sommet devient pluristromatique à la base.

1.1.10 -*Cystoseira compressa* : (Figure 24).

Figure 24 : *Cystoseira compressa* (© Mansouri, 2021).

Description : Algue non épineuse, plusieurs axes courts et rayonnants sur une petite base discoïde, rameaux primaires longs, lisses et aplatis à la base, rameaux secondaires alternes, ramules épineux absents, forme juvénile en petite rosette caractéristique, rameaux aplatis disposés à plat sur le substrat, brun jaunâtre à brun foncé, 5 à 100 cm de haut, réceptacles terminaux compacts, lisse, simple ou ramifiés.

Distribution : Atlantique nord-est (du sud de l’Espagne aux canaries), Méditerranée, mer Noire.

1.1.11 -*Cystoseira mediterranea* (Figure 25)

Figure 25 : *Cystoseira mediterranea* (© Mansouri, 2021)

Description : thalle souple (s'affaisse complétement hors d'eau). La ramification précoce de son axe peut parfois donner l'illusion d'un thalle cespiteux.

Toute l'année, chute des rameaux à la fin de l'été et en automne, biotopes photophiles

Superficiels de mode battu, entre 0 et 1,5 m de profondeur.

Distribution : Méditerranée occidentale (Espagne, Pyrénées-Orientales, golfe de Naples, Tunisie)

1.2 Chlorophycées (3 ordres / 4 familles / 6 genres / 8 espèces)

Class : Ulvophyceae

Ordre : Bryopsidales

Famille : Caulerpaceae

Genre : Caulerpa

Espèces : *Caulerpa prolifera* (Forssk., J.V.Lamour.)1809

Famille : Codiaceae

Genre : Codium

Espèce : *Codium Decorticatum* (Woodward,M.Howe,)1911

Genre : Caulerpa

Espèce : *Caulerpa cylindracea* (Sonder) 1845

Ordre : Cladophorales

Famille : Boodleaceae

Genre : Cladophoropsis

Espèce : *Cladophoropsis membranacea* (Hofman bang ex C.Agardh,Borgesen)1905

Ordre : Ulvales

Famille : Ulvaceae

Genre : Enteromorpha

Espèce : *Enteromorpha compressa* (Linnaeus) 1753

Genre : Enteromorpha

Espèce : *Enteromorpha intestinalis* (Linnaeus) 1753

Genre : Ulva

Species : *Ulva lactuca* (Linnaeus) 1753

Genre : Ulva

Espèce : *Ulva rigida* (C. Agardh, 1823).

1.2.1 -*Caulerpa cylindracea*: (Figure 26)



Figure 26 : *Caulerpa cylindracea* (© Mansouri, 2021).

Description : *Caulerpa cylindracea* est une Chlorobionte (« algue verte ») marine de couleur verte. Reconnaisable par ses axes rampants (stolons), avec des rhizoïdes et des frondes dressés portant des ramules en forme de vésicules, sa taille peut atteindre entre 1 et 11 cm. Elle a une reproduction sexuée et végétative.

Ecologie et Habitat : *Caulerpa cylindracea* colonise les habitats benthiques entre 0 et 40 m de profondeur (max. 70 m), à l'exception des herbiers denses de *Posidonia oceanica* et des substrats meubles instables.

Les écosystèmes pristins (exemple : Parc National de Port-Cros) sont colonisés par cette espèce invasive au même titre que les écosystèmes plus ou moins dégradés, avec un maximum de biomasse entre le mois de septembre et octobre

La taille : Les frondes sont distantes de quelques centimètres et peuvent mesurer jusqu'à 30 cm.

Sa présence permet, la formation de mattes denses, la modification des communautés benthiques et des paramètres physico-chimiques.

Reproduction : Sexuée et végétative.

Distribution : Très répandu en Méditerranée.

1.2.2 - *Caulerpa prolifera* : (Figure 27)



Figure 27 : *Caulerpa prolifera* (© Mansouri, 2021).

Description : Cette algue de couleur verte, présente un stolon peu ramifié qui peut mesurer jusqu'à 1 m de long et peut être emportée soit, vers le bas des rhizoïdes séparés d'1 à 2 cm qui se fixent au substrat, soit vers le haut, séparées d'1 à 5 cm, des frondes lancéolées membraneuses dressées sur un court pédoncule (0,5 à 1,5 cm), à stipe net et à bord toujours entier, jusqu'à 15 cm de haut (bord arrondi) et 1,3 cm de large. C'est une algue pérenne (qui vit plusieurs années) avec un développement saisonnier : les frondes disparaissent, blanchissent mais une partie du stolon subsiste pendant la saison froide et l'algue croît de nouveau au printemps.

Elle s'alimente par la Photosynthèse et assimilation des minéraux par les frondes.

Reproduction : Asexuée au printemps (dispersion végétative par croissance ou par fragmentation des stolons). Sexuée, notamment en cas de stress, par holocarpie qui correspond

à la transformation intégrale des frondes en gamètes avant la dégénérescence de l'algue entière. Au printemps suivant, il y a la régénération d'un nouveau stolon.

Utilisation : Cette algue est également utilisée en aquariophilie mais elle n'est pas du tout consommée à cause de sa toxicité (toxicité due à la caulerpine), contrairement à d'autres espèces (*Caulerpa cylindracea* et *Caulerpa lentillifera*) qui sont dépourvues de cette toxine et sont largement consommées en Asie.

1.2.3 -*Cladophoropsis membranacea* : (Figure 28)



Figure 28 : *Cladophoropsis membranacea* (© Mansouri, 2021).

Description : Tapis vert avec de nombreuses branches entrelacées et se fixant au substrat partout où elles entrent en contact. Plantes formant des touffes ou des touffes de filaments ramifiés, jusqu'à 5 cm de long ou de large ; ramification clairsemée, généralement secondaire et irrégulière ; filaments de 160-300 µm de diamètre ; les cellules d'attachement secondaires (tentacules) se développent latéralement à partir des cellules des filaments et des apex des ramifications ; les filaments se rattachent également par des rhizoïdes ou des adhérences entre cellules adjacentes. Fixé sur des rochers

1.2.4 -*Codium decorticatum* : (Figure 29)



Figure 29 : *Codium decorticatum* (© Mansouri, 2021)

Description : espèce de L'étage infralittoral, surtout dans les biotopes sciaphiles. Après son introduction en Méditerranée (1940) et une phase d'extension, l'espèce n'est restée envahissante que de façon épisodique sur certaines zones rocheuses.

Taille : de 10 à 20 cm

Reproduction : un cycle de reproduction monogenetiquediploide, avec des plantes diploides males et des plantes diploides femelles qui forment des gametes par meiose, et dont la fusion (dans l'eau de mer) forme un zygote qui engendre un autre thalle, mâle ou femelle. Ceci est rare chez les algues.

1.2.5 -*Ulva rigida*: (Figure 30).



Figure 30 : *Ulva rigida* (© Mansouri, 2021).

Description : Elle est constituée d'une lame très mince (moins d'un dixième de millimètre d'épaisseur) avec une base épaissie, plus ou moins contournée et cartilagineuse assez rigide.

Taille : D'un diamètre de 5 à 30 cm, elle peut atteindre 1 mètre¹ dans les zones calmes (étangs littoraux) et eutrophisées. Ses bords crénelés la distinguent de l'*Ulva lactuca*.

Verte foncé à vert clair et translucide, elle se fixe au substrat par un petit disque formé de nombreux rhizoïdes.

Habitat : Cette espèce se fixe sur substrat rocheux. Très fragile, elle se détache très facilement de son rocher

1.2.6 -*Enteromorpha compressa* : (Figure 31).



Figure 31 : *Enteromorpha compressa* (© Mansouri, 2021)

Description : *Ulva compressa* = *Enteromorpha compressa* « comprimé » est une algue verte qui est formée d'un bouquet de longs tubes fins, aplatis, d'un beau vert émeraude.

Le thalle est généralement ramifié avec des formes extrêmement variables.

Elle se reproduit de janvier à octobre, elle lâche ses éléments reproducteurs au retour de la mer jusqu'à la marée basse.

Ulva compressa est répandue un peu partout dans le monde, en abondance au printemps et au début de l'été dans les endroits plutôt abrités, riches en éléments nutritifs.

Ces bouquets sont solidement ancrés sur les rochers, résistants aux vagues.

Elle pousse en colonies serrées sur les rochers, dans les cuvettes d'eau, dans les zones de basses mers des mortes-eaux à proximité des *Fucus spiralis*, les toutes premières algues sur l'estran. C'est une espèce qui supporte bien la dessalaison de l'eau comme dans les estuaires.

Attention, il n'y a que l'algue attachée à son support qui est comestible.

Répartitions et habitat: *Ulvacompressa* pousse sur substrat ferme et peut même se développer sur un objet flottant. Bien que marine, elle peut se développer en milieu saumâtre, comme par exemple dans les estuaires (**Lohmann, 1995**) Cosmopolite, elle vit aussi bien dans l'étage médiolittoral que dans l'étage infralittoral, en milieu battu comme abrité (**Cabioch et al., 1992**).

Utilisation : C'est au Japon que cette algue est la plus utilisée. *Ulva compressa* peut être consommée crue, ciselée, elle accompagnera les salades, les crudités, les sauces, les potages, les vinaigrettes, les courts-bouillons ainsi que les papillotes, les bols de riz, les tourtes et les tartares. *Ulva compressa* apporte des protéines et des minéraux, de la vitamine A, 2 fois plus de vitamines que les tomates, des vitamines B2, C, B12, de l'acide folique très abondant, 30 fois plus de fer que les épinards, 6 fois plus de calcium que le lait, du manganèse, du magnésium et du phosphore. Sa saveur marine, fraîche, corsée rappelle le goût de l'oseille, sa couleur vive réveille les plats.

***1.2.7 -Enteromorpha intestinalis* : (Figure 32).**



Figure 32 : *Enteromorpha intestinalis* (© Mansouri, 2021)

Description : *Ulvaintestinalis* = *Enteromorphaintestinalis* « en forme d'intestin » est une algue verte dont thalle est un tube qui ressemble à un gros intestin.

La taille : sa taille est très variable, aussi bien en largeur qu'en longueur et pouvant atteindre 40cm.

Habitat : Les entéromorphes supportent assez bien une faible salinité ; elles sont communes dans les baies saumâtres.

Ecologie : Etage médiolittoral supérieur Mode battu et abrité.

Utilisation : *Enteromorpha intestinalis* est très utilisé au Japon.

1.2.8 -*Ulva lactuca* : (Figure 33).



Figure 33 : *Ulva lactuca* (© Mansouri, 2021)

Description : Algue verte dont le thalle est aplati en lames minces vert foncé à vert clair, à lobes polymorphes (10-40 cm) pouvant atteindre le mètre en eaux riches en matières organiques ; ces lames sont souples, fixées par un petit disque basal portant de nombreux rhizoïdes.

Habitat : Elle est très commune le long des côtes et dans les flaques d'eau à marée basse. On a trouvé depuis le milieu de la zone intertidale jusque dans la zone infra tidale.

Biologie : C'est un végétal autotrophe. Les thalles ont une durée de vie de quelques mois (éphémérophycee), mais on en trouve toute l'année car les individus se renouvellent (surtout au printemps et en été).

La taille : peut atteindre un mètre de long.

La reproduction est digénétique isomorphe : alternance de 2 types de thalles de même morphologie mais les uns (sporophytes) porteurs de spores (à 4 flagelles et à bande marginale brun jaune) et les autres (gamétophytes) libérant les cellules reproductrices ou gamètes à 2 flagelles.

Écologie : Sans exigences très strictes on peut la trouver sur les rochers éclairés (photophile), à différents niveaux (médio et infralittoral supérieur) dans des eaux plus ou moins agitées : c'est une préférentielle de mode calme en Méditerranée et en Atlantique. Très tolérante vis à vis de la salinité (espèce euryhaline) : elle est capable d'osmorégulation (de réguler sa pression interne).

On la rencontre sur le linéaire côtier rocheux avec les Entéromorphes (appartenant aussi actuellement au genre *Ulva*) puis se détachent et mènent une vie en pleine eau où elles se multiplient par fragmentation profitant des arrivées d'eau douce plus ou moins polluée d'origine domestique ou des arrivées d'eaux de lessivage des sols plus ou moins riches en engrais. Les *Ulva* sont responsables de proliférations estivales importantes provoquant des "marées vertes" Souvent on la trouve dans les ports où elle prend une coloration verte sombre, une consistance cartilagineuse ; elle est très tolérante vis à vis de la pollution en milieu asphyxique : on la dit thionitrophile (elle affectionne les milieux riches en composés soufrés "thio", et azotés "nitro" issus des fermentations organiques).

Utilisation : Une équipe de chercheurs danois de l'Institut National de Recherche Environnementale (NERI-DMU) travaille sur un projet concernant la laitue de mer (*ulva*

lactuca) : elle est considérée comme un nouveau matériau potentiel pour la production de bioénergie. Les algues aquatiques représentent un énorme potentiel inexploité pour la production énergétique.

1.3 Rhodophycées (11 ordres /16 familles / 16genres / 18 espèces)

Class : Florideophyceae

Ordre : Bonnemaisoniales

Famille : Bonnemaisoniaceae

Genre : *Asparagopsis*

Espèce : *Asparagopsis Armata* (Harvey) 1855

Ordre : Corallinales

Famille : Corallinaceae

Genre : *Corallina*

Espèce : *Corallina ellisolandia* (J.Ellis & Solander) 2013

Ordre : Gelidiales

Famille : Gelidiaceae

Genre : *Gelidium*

Espèce : *Gelidium crinale* (Hare ex Turner, Gaillon) 1828

Ordre : Gracilariales

Famille : Gracilariaceae

Genre : *Gracilaria*

Espèce : *Gracilis verrucosa* (Robert Kaye Greville) 1830

Ordre : Gigartinales

Famille : Cystocloniaceae

Genre : *Hypnea*

Espèce : *Hypnea Musciformis* (Wulfen, J.V.Lamouroux) 1813

Famille : Gigartinaceae

Genre : *Chondrus*

Espèce : *Chondrus crispus* (Stackhouse) 1797

Famille : Phylloporaceae

Genre : Phyllophora

Espèce : *Phyllophora herediae* (Clemente) J.Agardh 1842

Famille : Polyidaceae

Genre : Polyides

Espèce : *Polyides rotunda* (Hudson) Gaillon 1828

Famille : Furcellariaceae

Genre : Furcellaria

Espèce : *Furcellaria lumbricalis* (Hudson) J.V.Lamouroux 1813

Ordre : Ceramiales

Famille : Rhodomelaceae

Genre : Laurencia

Espèce : *Laurencia Papillosa* (C. Agardh, Greville) 1830

Genre : Halopitys

Espèce : *Halopitys incurvus* (Hudson) better 1902

Espèce : *Osmundea pinnatifida* (Hudson) Stackhouse 1809

Famille : Ceramiaceae

Genre : Ceramium

Espèce : *Ceramium diaphanum* (Lightfoot) Roth 1806

Ordre : Peyssonneliales

Famille : Peyssonneliaceae

Genre : Peyssonnelia

Espèce : *Peyssonnelia squamaria* (Decaisne) 1839

Ordre : Gigartinales

Famille : Gigartinaceae

Genre : Chondracanthus

Espèce : *Chondracanthus acicularis* (Roth) Fredericq 1993

Ordre : Ahnfeltiales

Famille : Ahnfeltiaceae

Genre : Ahnfeltia

Espèce : *Ahnfeltia plicata* (Hudson) E.M.Fries 1836

Ordre : Palmariales

Famille : Rhodothamniellaceae

Genre : Rhodothamniella

Espèce : *Rhodothamniella floridula* (Dillwyn) Feldmann in T.Christensen 1978

Ordre : Rhodymeniales

Famille : Lomentariaceae

Genre : Lomentaria

Espèce : *Lomentaria orcadensis* (Harvey) Collins in W.R.Taylor 1937

1.3.1 -*Asparagopsis armata* : (Figure 34).

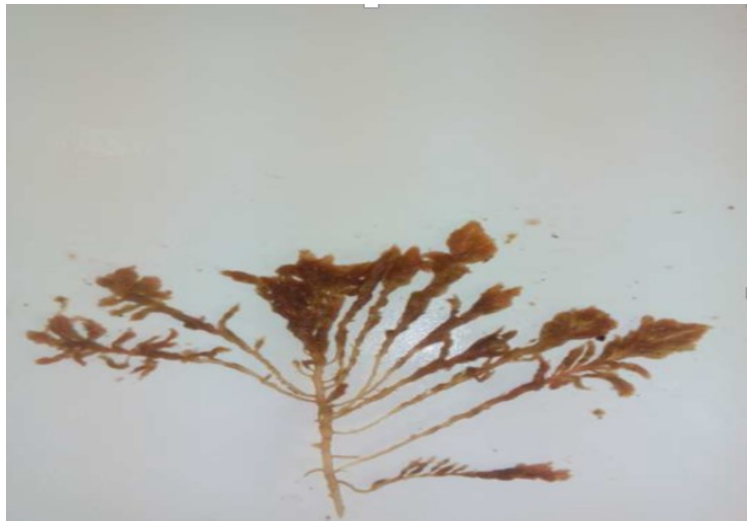


Figure 34 : *Asparagopsis armata* (© Mansouri, 2021).

Caractères : touffes d'un beau rose, souvent accrochées à diverses algues. Les axes principaux, cylindriques, portent des touffes de rameaux insérées sur 4 rangs alternant régulièrement avec des ramules plus simples légèrement rétrécis aux extrémités. La base du thalle porte des stolons plus ou moins ramifiés. Cette espèce est caractérisée par ses rameaux en harpons.

Reproduction : cycle trigénétique.

Taille : Commune 12 cm.

Habitat et écologie : Profondeur de 1 à 10 m Infralittoral supérieur.

Récolte et utilisation : Récoltée à la main. Possibilité d'utilisation médicale (peut-être en relation avec les iodures abondants dans cette espèce) ; une espèce voisine est utilisée dans l'alimentation humaine

Impacts économiques : Des essais pharmaceutiques ont mis en lumière les composés pharmaceutiques potentiels de *l'Asparagopsis armata* mettant en évidence une forte activité contre les bactéries pathogènes pour les poissons.

1.3.2 -*Corallina ellisolandia* (Figure 35).



Figure 35 : *Corallina ellisolandia* (© Mansouri, 2021).

Description : Algue brun rouge très petite, très commune sur les côtes et formant des populations denses toute l'année.

Habitat : De la surface au niveau circalittoral, Endroits à fort hydrodynamisme, Zone infralittorale supérieure, Fonds rocheux correspond à la côte rocheuse sous-marine.

Résistance : Très résistante aux perturbations chimiques, Très résistante aux perturbations mécaniques.

Reproduction : Gamétocystes : Conceptacles disposés à l'apex des branches,
Sporocystes : Tétrasporeocystes zonés ou bisporocytes,
Cycle de vie : Triphasique isomorphe
Utilisation : Pharmacologie / Médecine Utilisé comme vermifuge par le passé.

1.3.3 - *Halopity incurvus* : (Figure 36).



Figure 36 : *Halopity incurvus*. (© Mansouri, 2021).

Description : Algue buissonnante très caractéristique, atteignant 25 cm de haut, formant des axes cylindriques de 1 mm de diamètre, solides, rêches, pourvus de rameaux secondaires courts de même calibre et recourbés en crosse à leur extrémité, bien visibles au sommet des thalles en croissance. Couleur rouge foncé, presque noir ; consistance cartilagineuse, cassante ; gamétophyte et tétrasporophyte semblables. Cystocarpes ovoïdes, pédonculés, portés par la face interne des ramules ; tétrasporocystes regroupés dans de courts ramules spécialisés (stichidies).

Habitat : Espèce pérennante, infralittorale, de mode calme ; sur rochers ou épiphyte sur d'autres algues.

1.3.4 -*Gelidium crinale*: (Figure 37).



Figure 37 : *Gelidium crinale* (© Mansouri, 2021).

Description : Thalle formant des touffes rouge foncé à brunes. Les axes rampants cylindriques (stolonoïdes) sont fixés au substrat par de petits rhizoïdes. De ces axes rampants partent des axes dressés ramifiés présentant une certaine dichotomie, mais aussi des ramifications opposées qui donnent les petites croix à l'extrémité des rameaux. Les tétrasporocystes se développent sous formes de sores dans les ramules terminaux en forme de spatules. Cystocarpes situés à la base des ramules terminaux (Jolis, 1863).

La taille Thalle de 2-5 cm

Ecologie : Epilithe dans les cuvettes ensablées du médiolittoral moyen et inférieur. (Jolis, 1863).

Reproduction : Cycle trigénétique dimorphe (Jolis, 1863).

Utilisation : fabrication de l'agar agar Avec des médicaments

Statines : il a été montré chez l'humain que l'agar-agar diminue les taux sanguins de cholestérol, et peut donc accentuer les effets inhibiteurs des statines sur les niveaux de cholestérol.

Antinéoplasiques : l'agar-agar peut bloquer les propriétés des antinéoplasiques (médicaments anticancéreux). En effet, les études chez l'animal ont montré que l'agar-agar stimule le développement des tumeurs.

Divers : l'agar-agar peut favoriser les effets de médicaments ou suppléments indiqués dans le traitement de l'obésité. En effet, les études chez l'humain ont montré que l'agar-agar peut avoir des propriétés amaigrissantes.

Antioxydants et laxatifs : l'agar-agar peut avoir des effets additifs sur des composés ayant des propriétés antioxydantes ou laxatives.

Zinc : l'agar-agar pourrait augmenter l'effet du zinc en augmentant son absorption.

1.3.5 -*Gracilaria verrucosa*: (Figure 38).



Figure 38 : *Gracilaria verrucosa* (© Mansouri, 2021).

Description : Cette algue rouge rhodophycée possède un thalle dressé et des ramifications jamais palmée : ceci distingue *Gracilaria verrucosa* des autres gracilaires.

La taille : Ainsi, le thalle atteint jusque 20 cm de haut, formant des touffes denses et dressées, brun rougeâtre à rose pourpre. Les rameaux sont cylindriques, de 1 à 3 mm de large, irrégulièrement ramifiés, aux extrémités effilées et pointues. La texture est molle en raison de la structure interne cellulaire. Les organes reproducteurs restent en surface ou dans la zone externe, du cortex.

En milieu naturel, l'espèce est abondante dans les eaux calmes et riches en nutriments tels que les estuaires et les baies. Elle y recouvre alors de larges surfaces. La maintenance de cette algue en aquarium est un défi compliqué.

Utilisation : Ces algues font l'objet d'une aquaculture importante notamment pour pouvoir produire de l'agar-agar, un gélifiant notamment utilisé dans les produits Hallal. L'alimentation humaine et dans des applications pharmaceutiques.

Le cycle de vie : de *Gracilaria verrucosase* compose des trois phases ; carposporophyte (2n), tétrasporophyte (2n) et gamétophyte (n). Après méiose, le tétrasporophyte (2n), libère des tétrasporopores (n) qui se fixent et se développent en gamétophytes (n) mâles ou femelles.

Le zygote ($2n$), produit de la fécondation des gamètes, donne, par mitose via les carposporophytes ($2n$), un grand nombre de carpospores ($2n$) qui reformeront des tétrasporophytes ($2n$). L'importance d'une phase par rapport aux autres est en relation directe avec les conditions du milieu où vit l'espèce (Perez et al., 1997).

1.3.6 -*Hypnea musciformis*: (Figure 39).



Figure 39 : *Hypnea musciformis* (© Mansouri, 2021).

Description : Algue rouge dont le thalle est formé de filaments cylindriques, effilés aux extrémités, pouvant atteindre 40 cm de longueur ; souvent décolorés, le thalle prend une coloration verdâtre et ses ramifications s'enroulent formant une crosse. Les cellules renferment des plastes pariétaux sans pyrénoides. La structure est uniaxiale. Elle forme des touffes verdâtres, souples, formant de petits bouquets fixés sur les rochers.

La taille : pouvant atteindre 40 cm de longueur.

La reproduction : Le cycle de développement est trigénétique ; le tetrasporophyte et le gamétophyte sont identiques (isomorphes).

Écologie : Vit sur les rochers éclairés (espèce photophile) dans l'étage infralittoral supérieur et dans les cuvettes de haut niveau en mode battu. On peut la rencontrer en Méditerranée et en Atlantique.

Utilisation : On l'exploite dans certains pays pour l'alimentation humaine et l'extraction de carraghénane (galactanes sulfatés constitués de D-galactose) excellent agent épaississant, stabilisant et gélifiant utilisé dans les industries alimentaires, du textile, des cosmétiques, de l'imprimerie (encres) et en Médecine. Un essai de culture a été tenté en Corse (**manuel conzales, 2016**).

1.3.7 -*Laurencia papillosa*:



Figure 40 : *Laurencia papillosa* (© Mansouri, 2021).

Description : est une algue rouge ramifiée dans tous les sens plusieurs fois, à extrémités obtuses donnant à la plante un aspect corymbiforme. Contrairement à *L. obtusa*, les cellules de la couche externe ne renferment pas de “corps en cerise”.

Taille : de 5 à 10 cm. Cette espèce se distingue de *L. pinnatifida* par des axes cylindriques, de 1 à 1,5 mm de diamètre.

Ecologie : Vit sur substrats rocheux, en mode battu, dans l'horizon le plus superficiel de l'infralittoral ou à la base du médiolittoral ; surtout abondant dans les régions chaudes de la Méditerranée, Récoltée à la main.

Utilisation : utilisation potentielle médicale en liaison avec les propriétés antibactériennes signalées. Entre dans l'alimentation humaine à Hawaï et aux Philippines (FAO, 1987).

1.3.8 -*Osmundea pinnatifida*: (Figure 41).



Figure 41 : *Osmundea pinnatifida* (© Mansouri, 2021).

Morphologie : thalle constitué par des axes aplatis de 1 à 1,5 mm d'épaisseur et de 2 à 4 mm de largeur, régulièrement ramifiés dans un plan plusieurs fois, à extrémités obtuses. La cellule initiale, située au fond d'une dépression, est entourée de nombreux trichoblastes.

Structure : uniaxiale devenant rapidement complexe par recloisonnement des cellules de l'axe ; en coupe transversale, la zone médullaire apparaît parenchymateuse, avec des cellules à parois relativement épaisses, de taille identique du centre à la périphérie ; certaines cellules présentent un épaississement lenticulaire de leur paroi. La couche corticale externe est constituée de cellules isodiamétriques.

Croissance : apicale. **Cytologie** : type néoplastidié lorsque le thalle est vu à plat, les cellules de la couche externe ne renferment pas de "corps en cerise" comme chez *L. obtusa*.

Reproduction : cycle trigénétique avec gamétophyte et sporophyte isomorphes. Cystocarpes situés vers l'extrémité des rameaux, ouverts par un ostiole. Tétraspores tétraédriques immergés dans le cortex des rameaux terminaux.

Taille : Commune de 5 à 10 cm.

Habitat et écologie : Vit sur substrats durs, en mode battu, à faible profondeur (0 à 1 m) ; se rencontre également dans les lagunes littorales.

Récolte et utilisation : Récoltée à la main ; est utilisée en Méditerranée comme appât par les pêcheurs. Utilisation potentielle médicale (en liaison avec l'existence d'activités antibactériennes). Est utilisée dans l'alimentation humaine à Hawaii

1.3.9 -*Peyssonnelia squamaria* : (Figure 42).



Figure 42 : *Peyssonnelia squamaria* (© Mansouri, 2021).

Description : Algue rouge dont le thalle forme des éventails rouge foncé, en lames arrondies, zonées, faiblement adhérentes au substrat, se chevauchant et faiblement imprégnées de calcaire. Algue autotrophe. Espèce vivace (durée de vie de plusieurs années) qui persiste par son thalle encroûtant (chaméphycee).

La taille : elle est haute d'environ 5 cm, pour une épaisseur de 0,2 à 0,5 mm.

Reproduction : Le cycle de développement est trigénétique 3 générations se succèdent.

Écologie et habitat : Peuple les rochers peu éclairés (espèce sciaphile) en mode calme, de l'étage infralittoral et du circalittoral en Méditerranée et en Atlantique.

1.3.10 -*Ceramium diaphanum* : (Figure 43).



Figure 43 : *Ceramium diaphanum* (© Mansouri, 2021).

Description : sont des algues au thalle filamenteux à la ramification dichotomique irrégulière, de couleur rouge clair à rouge bordeaux. Leur développement n'excède pas 30 cm de longueur. L'apex fourchu de leurs filaments montre deux pointes caractéristiques, en forme de cornes ou de pince.

Habitat : Elles croissent sous forme de touffes depuis la zone intertidale moyenne jusqu'à la zone subtidale (jusqu'à 30 m de profondeur), typiquement dans les flaques littorales, sur les rochers ou en épiphyte sur les autres algues.

1.3.11 -*Rhodothamniella floridula* (Figure 44).



Figure 44 : *Rhodothamniella floridula* (© Mansouri, 2021).

Description : est une petite algue rouge détectable plus facilement aux pieds qu'aux yeux. Il ne prospère que là où le sable et la roche se rencontrent : ancré à la roche, il accumule du sable pour former un tapis irrégulier légèrement mou d'un centimètre d'épaisseur environ. Bien que la surface soit d'un rouge terne, en coupe transversale, l'apparence est celle d'une dune de sable miniature sans aucune composante algale visible. Incapable de supporter une dessiccation importante, il préfère les emplacements de mi-côte vers le bas.

1.3.12 -*Chondrus crispus*: (Figure 45).



Figure 45 : *Chondrus crispus* (© Mansouri, 2021).

Description : Cette algue rouge, très polymorphe d'aspect, mesure en général entre 7 et 15 cm de long. Cette algue s'attache au substrat par un petit crampon, surmonté d'un stipe fin, qui s'élargit en ramifications très lobées, aplaties, et en partie translucides. Ces lobes, de forme variée, peuvent se subdiviser en lobules, ce qui donne à l'algue un aspect "frisé" (d'où le terme "*crispus*").

Habitat : Cette algue pousse sur substrat rocheux, au niveau de l'étage infralittoral

1.1.13 -*Polyides rotunda*: (Figure 46).



Figure 46 : *Polyides rotunda* (© Mansouri, 2021).

Description : *Polyides rotunda* pousse à 20 cm (7,9 po) de longueur, ses cartilagineux, terete et branches deux ou trois fois dichotomiquement. Les branches ont un diamètre d'environ 2 mm (0,079 po) et atteignent une hauteur uniforme. La fixation est semblable à un disque. De couleur rouge violacé

Habitat : Généralement épilithique dans les mares rocheuses du littoral et du sublittoral supérieur. Tolérant au sable.

1.3.14 *Ahnfeltia plicata* : (Figure 47).



Figure 47 : *Ahnfeltia plicata* (© Mansouri, 2021).

Description : thalle très rigide, atteignant 10 à 15 cm, brun rouge très foncé, paraissant noir- axes cylindriques d'un à deux mm de diamètre

Habitat : sur les pierres et dans les cuvettes ensablées du médiolittoral

Distribution : Manche, Atlantique Nord

1.3.15 -*Phyllophora heredia* (Figure 48).



Figura 48 : *Phyllophora heredia* (© Mansouri, 2021).

Description : est une espèce d'algues rouges.

1.3.16 -*Lomentaria orcadensis* : (Figure 49).



Figure 49 : *Lomentaria orcadensis* (© Mansouri, 2021).

Description : est une espèce d'algues rouges de la famille des *Lomentariaceae*

1.1.17 -*Fucellaria lumbricalis* : (Figure 50).



Figure 50 : *Fucellaria lumbricalis* (© Mansouri, 2021).

Description : est un genre d' algues rouges . C'est un genre monotypique, la seule espèce étant *Furcellaria lumbricalis*, qui a une importance commerciale en tant que matière première pour laproduction de carraghénanes . Il est principalement récolté dans les eaux du Danemark et du Canada .

Habitat : Il pousse sur des rochers immergés jusqu'à une profondeur d'environ 12 mètres (40 pieds), mais il peut également pousser dans de grands tapis flottants, qui sont plus faciles à récolter.

1.3.18 -*Chondracanthus acicularis* (Figure 51).



Figure 51 : *Chondracanthus acicularis* (© Mansouri, 2021).

Description : Algue filiforme, cartilagineuse, constituée d'axes cylindriques de 1 à 2 mm de diamètre, plus ou moins comprimés, avec une ramification assez régulière, à rameaux souvent arqués et terminés par des ramules aiguës et courbes.

Habitat : Les extrémités des ramules se fixent au contact de n'importe quel substrat ; ce qui donne à l'algue un aspect rampant, long de 10 à 20 cm.

Le thalle, rouge sombre le plus souvent, est parfois décoloré en été (Cabioc'h *et al.*, 1992). La base discoïdale produit souvent des petits stolons.

2-Analyse de la diversité benthique des macrophytes

2.1 Richesse spécifique :

La prospection de notre zone d'étude, a permis de recenser 37 espèces : 11 Phéophycées, 8 Chlorophycées et 18 Rhodophycées (Tableau 1).

Tableau 1 : Coefficient de recouvrement des espèces au niveau des quatre stations d'échantillonnage.

Espèces	Mars el Hadjej					Kristel					Ain Franin					Bousfer				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Phéophycées																				
<i>Colpomenia sinuosa</i>	2	3	2	1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cystoseira stricta</i>	-	-	-	-	-	1	1	3	-	1	1	2	-	1	-	5	1	2	3	-
<i>Dictyota chotoma</i>	1	2	3	2	1	4	1	-	-	-	-	1	1	2	1	-	1	1	-	2
<i>Padina pavonica</i>	2	3	2		2	3	2	1	-	2	-	2	2	1	3	-	3	-	2	1
<i>Sargassum vulgare</i>	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	4	-	1
<i>halopteris scoparia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1	2
<i>halopteris filicina</i>	1	3	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	2	1
<i>Fucus serratus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1
<i>Dictyota fasciola</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	1	2
<i>Cystoseira compressa</i>	-	-	-	-	-	4	1	-	3	-	-	1	1	-	-	3	2	-	1	3
<i>Cystoseira mediterranea</i>	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	3	1	2	-	1	1	3	1	1	1
Chlorophycées																				
<i>Caulerpa prolifera</i>	4	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Suite tableau 1																			
<i>Caulerpa cylindracea</i>	2	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	2	1	-	1	-	-	-	-
<i>Cladophoropsis mem</i>	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	3	4	1	-	-	-	-	-
<i>Codium decorticatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	1	-	-	-	-	-
<i>Ulva rigida</i>	2	1	2	-	-	2	1	-	-	2	-	2	-	1	-	2	1	3	-
<i>Enteromorpha compressa</i>	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	3	5	1		2	3
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	2	2	-	-	2	2	1	1	1	2	1	-	-	-	2	4		3	2
<i>Ulva lactuca</i>	2	1	1	2	1	3	2	1	1	1	-	3	2	3	3	1	2	1	-
Rhodophycées																			
<i>Asparagopsis armata</i>	1	1	1	-	2	-	2	-	2	-	-	2	-	1	3	-	-	-	-
<i>Corallina ellisolandia</i>	3	-	3	1	-	3	3	-	2	2	1	1	2	-	1	1	3	-	2
<i>Halopitys incurus</i>	-	2	1	1	2	2	2	-	1	1	-	1	-	1	-	1	-	-	2
<i>Gelidium crinale</i>	1	-	2	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gracilaria verrucosa.</i>	2	2	3	-	1	-	-	-	-	-	2	1	1	1	1	-	-	-	-
<i>Hypneamu ciformis</i>	2	2	1	3	-	3	1	3	1	-	-	1	2	-	3	-	-	-	-
<i>Laurencia papillosa</i>	-	-	-	-	-	2	1	3	1	-	3	-	3	-	2	-	-	-	-
<i>Osmundea pinnatifida</i>	-	1	1	5	-	2	-	1	-	1	-	1	-	1	1	1	-	1	-
<i>Peyssonnelia squamaria</i>	2	-	1	-	-	1	2	-	-	-	-	1	-	-	-	1	2	-	-
<i>Ceramium diaphanum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-
<i>Rhodothamniella floridula</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	1	-
<i>Chondrus crispus</i>	1	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	2	2	-

Suite tableau 1																			
<i>Polyides rotundus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
<i>ahnfeltia plicata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	1
<i>phyllophora heredia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	-
<i>lomenteria orcadensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	3
<i>furcellaria lumbricalis</i>	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1
<i>Chondracanthus acicularis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-

1, 2, 3, 4, 5 : Relevées.

Le plus important effectif d'algues a été enregistré dans les stations de Bousfer (27 espèces) suivi par Ain Franine (21 espèces) et Mars el Hadje (21 espèces). La plus faible richesse spécifique est enregistrée à la station de Kristel (17 espèces) (figure 52) ; Les espèces identifiées ont été observées précédemment sur la côte algérienne (**Boudouresque & Seridi, 1989**).

Les algues observées, sont d'un intérêt économique, en particulier *Ulva* utilisé en pharmacie, en alimentation animale et comme engrais ; ainsi que *Cystoseira* utilisé dans l'industrie chimique et comme engrais (**Barsanti & Gualtier, 2014 ; Stengel et al., 2011**). En revanche, ces algues que nous avons observées peuvent être utilisées aussi dans l'évaluation de l'indice d'état écologique des eaux côtières (**Arevalo & Pinedo, 2007 ; Cavallo et al., 2016**).

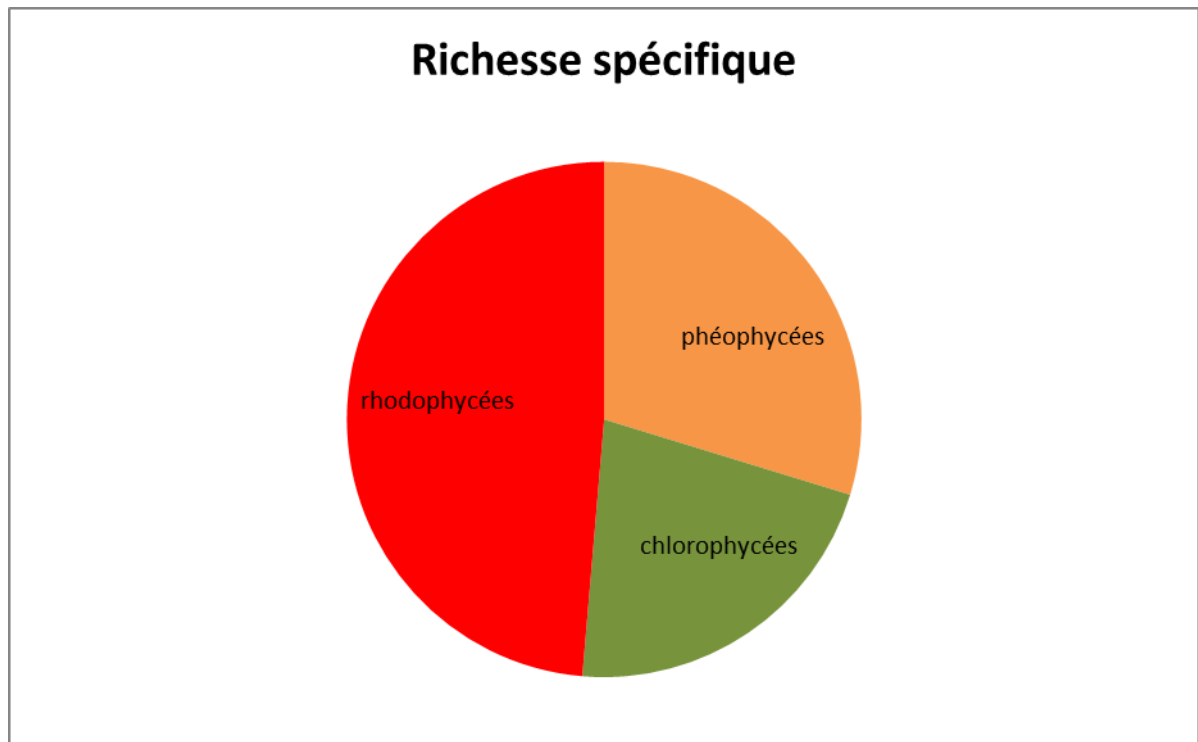


Figure 52 : Richeur spécifique des groupes Thallophytes des quatre stations.

La richeur spécifique des groupes Thallophytes des quatre stations (figure 52) montre la dominance des Rhodophycées (48,64%) par rapport aux Phéophycées (29,72%) et Chlorophycées (21,62%).

2.2 Paramètres analytique pour chaque station

2-2-1 Station de Mars el Hadje

A- Richeur spécifique des groupes benthiques macrophytes

Le (Tableau 1) montre qu'au niveau de cette station nous avons observé 21 espèces de Macrophytes benthiques dont 5 Phéophycées, 7 Chlorophycées et 9 Rhodophycées. Ces résultats sont illustrés dans la (figure 53)

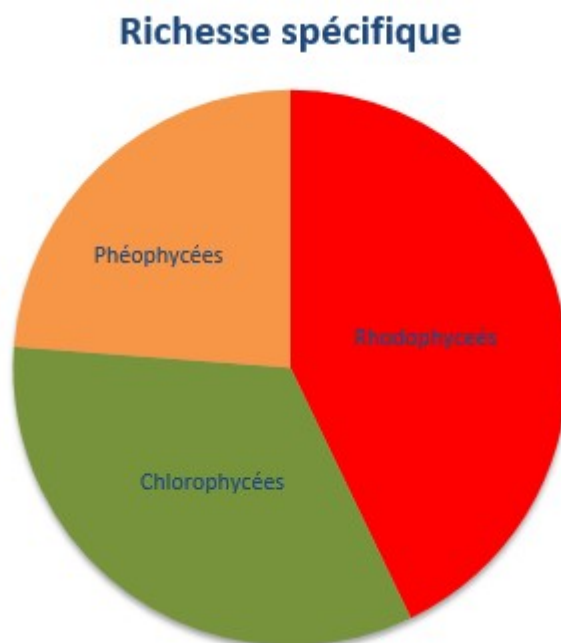


Figure 53 : Richesse spécifique des trois groupes d'algues au niveau de la station Mars el Hadjej

La figure 53 Le pourcentage indique une dominance des algues rouge (42.85%) représentant plus que le double par rapport au deux autres groupes algues brunes (23.80%) et algues vertes (33.33%).

Nous rappelons que l'abondance d'une espèce est généralement mesurée par son nombre d'individu et qu'elle se mesure aussi par sa densité définie par le nombre d'individu par unité de surface.

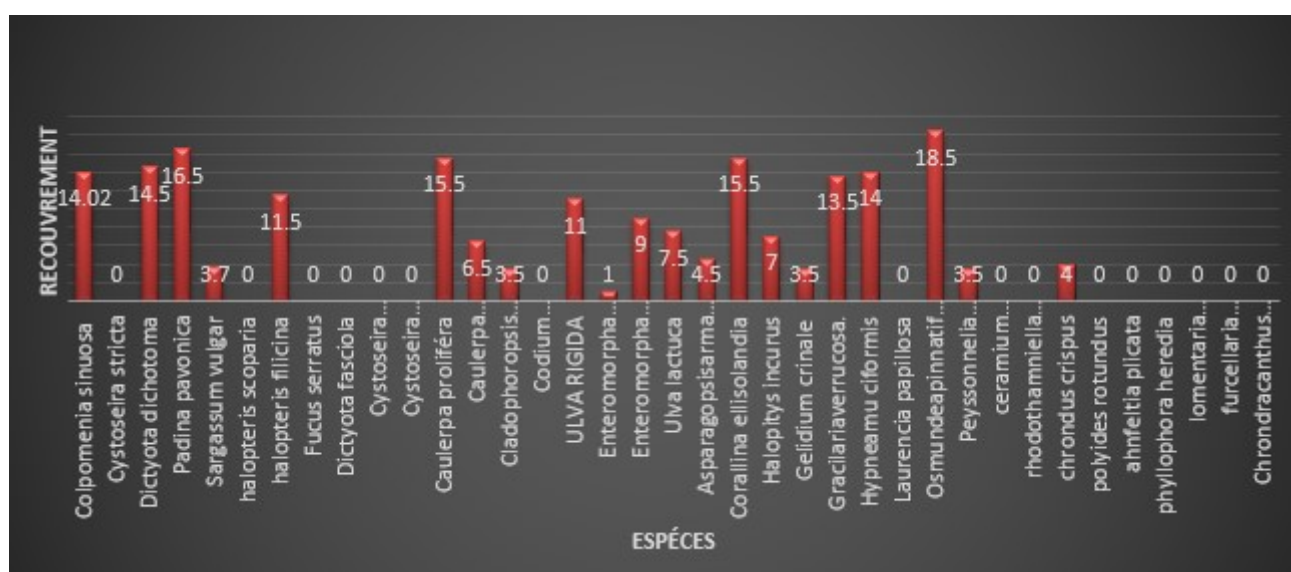
Cependant, pour les 21 espèces recensées, (tableau 1) celles affectées d'un coefficient 5, 4 sont définies comme des espèces très abondantes, on enregistre *Caulerpa prolifera* (Chlorophycées) et *Osumundea pinnatifida* (phéophycées), et celles affectées d'un coefficient de 3 sont des espèces abondantes. Elles sont représenté par : *Dictyota dichotoma*, *Padina Pavonica*, *Halopteris filicina* et *Hypnea muciformis* (Phéophycées). *Corallina ellisolandia* , *Gracilaria verrucosa*, *Hypnea musiformis* (Rhodophycées).

La plupart des espèces sont attribuées d'un indice de 2 et 1 où le recouvrement est de 25% à moins 5%, celles-ci sont des espèces bien représentées. Elles sont représentées par *Sargassum vulgare* (Phéophycées) *Caulerpa cylindracea*, *Cladophoropsis membranacea*, *Ulva lactuca*, *Enteromorpha compressa* et *Enteromorpha intestinalis* (Chlorophycées) *Asparagopsis armata* Harvey, *Gelidium crinale*, *Cronodus crispus*, *Pessonnella squamaria*, *Halopity incurvus*, *Gracilaria verrucosa* (Rhodophycées).

L'absence totale des espèces est marquée par le signe -, c'est le cas de Cystoseires ; Divers travaux soulignent que les populations de Cystoseires sont extrêmement sensibles à la qualité de l'eau (Cormaci et Furnari, 1999 ; Thibaut *et al.*, 2005).

B- Estimation du taux de recouvrement pour chaque espèce

Le taux de recouvrement de chaque espèce au niveau de la zone d'étude de Mars el Hadje est mentionné dans la figure 54



Figures 54 : Recouvrement des espèces macrophytes de la station de Mars el Hadje

Les valeurs du taux de recouvrement estimé par espèce (figure 54) indiquent que cette diversité macroalgale est comprise entre un recouvrement par espèce maximale de 18,5% et 1%, marquée par la dominance de l'algue rouge *Osmundea pinatifida* (18,5%) et puis la phéophycée *Padina pavonica* 16,5% et en suite les algues verte *Caulerpa prolifera* 15,5% et l'algue brune *Corallina ellislandia* 15,5%

Et d'autres recouvrements sont inférieurs à 5 % telle que l'algue rouge *Asparagopsis armata* 4,5% ; *Chondrus crispus* 4,5%, *Pyssonnelea squamari* 3,5% (Rhodophycées), *Gelidium crinale* 3,5% et *Entéromorpha compressa* (Chlorophycées).

Nous devons signaler que les travaux réalisés par **Bentaallah et Kerfouf**, en 2013 sur le même site d'étude, et les travaux de **Mansouri** en 2016 (12,8%) ont montré que l'espèce la plus dominante est l'algue verte *Caulerpa cylindracea*, alors que dans notre étude cette espèce représente un taux de recouvrement de 6,5% seulement.

C- Le recouvrement moyen global

La figure 55 montre une abondance marquée des Rhodophycées (38,42%). Avec un taux de recouvrement moyen global élevé par rapport aux Chlorophycées (35,09%) et Phéophycées (26,49%).

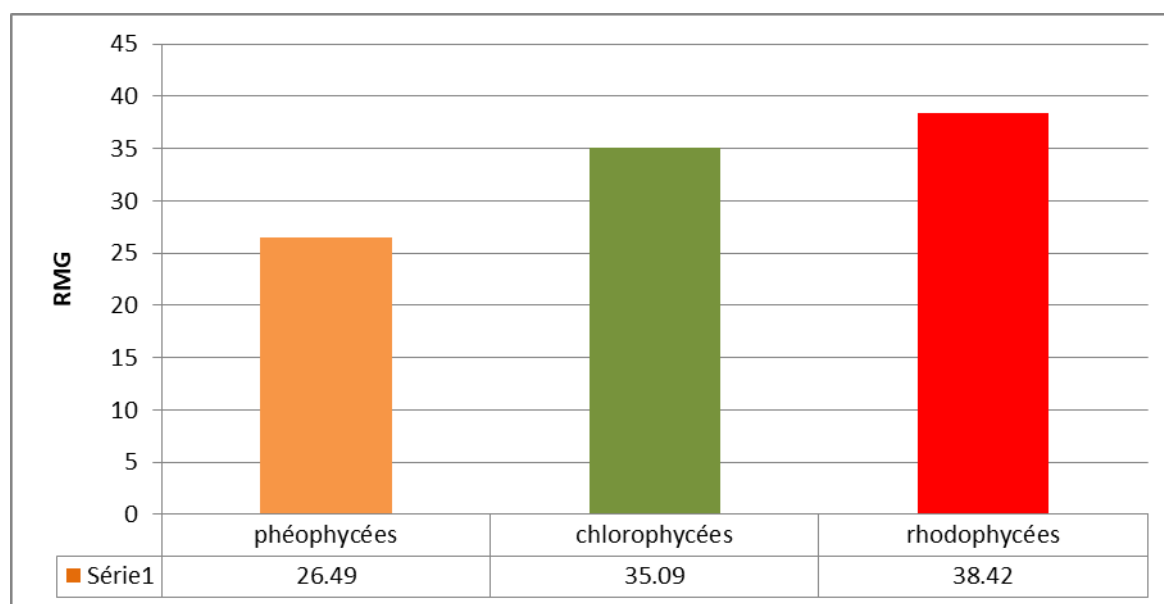


Figure 55 : Recouvrement moyen global des trois groupes d'algues au niveau de la station de Mars el Hadjej.

D- Fréquence

La détermination de ce paramètre indique la distribution fréquente ou pas de chaque espèce recensée au niveau de tous les relevés de la station (figure 56)

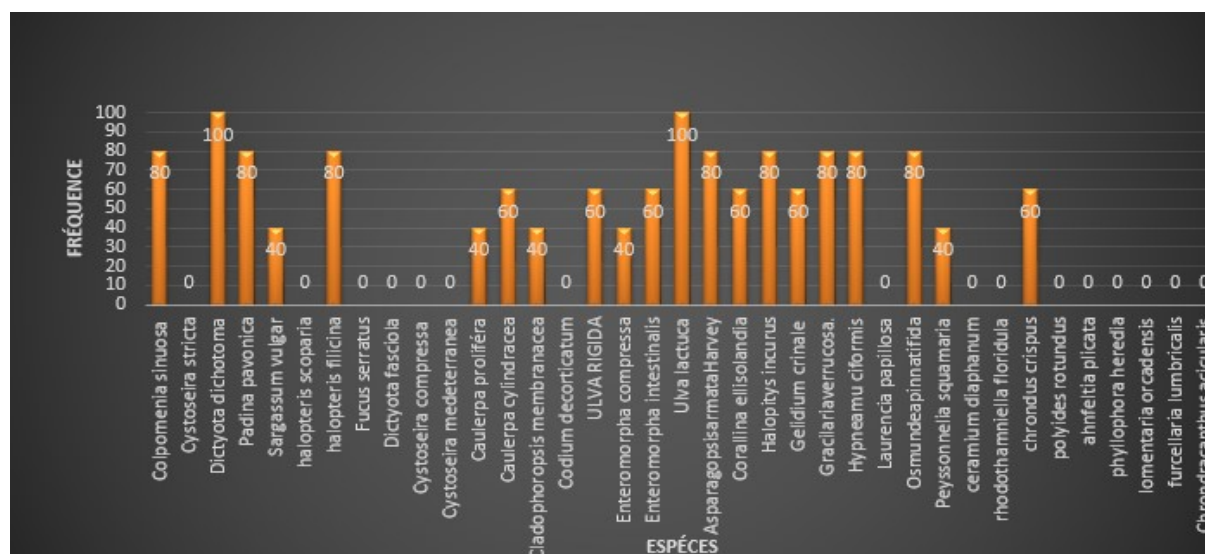


Figure 56 : La fréquence de chaque espèce au niveau de Mars el Hadjej.

Les espèces de macroalgues les plus fréquentes au niveau de la station de Mars el Hadjej (Figure 56) sont l'algue brune (Phéophycée), *Dictyota dichotoma* et l'algue verte Chlorophycées *Ulva lactuca* avec une fréquence de 100% chacune ; elles sont de ce fait considérées comme des espèces très constates.

(Arieli *et al.*, 1993) ont montré que l'algue verte *Ulva lactuca* est un complément alimentaire intéressant pour les moutons mais pas pour les volailles. Ventura et Castanon. (1998) ont affirmé qu'il s'agit d'un substrat de qualité moyenne pour les chèvres avec une haute teneur en protéines.

Puis, les espèces abondantes telles que, les phéophycées *Colpomenia sinuosa* et *padina pavonica*, Les Rhodophycées *Halopteris filicina* (Pheophycées), *Asparagopsis armata*, *Halopitys incurus*, *Gracilaria verrucosa*, *Hypnea muciformis* avec une fréquence de 80%.

Dans cette station côtière on peut rencontrer aussi des espèces fréquentes tels que *Caulerpa cylindracea*, *Ulva rigida*, *Enteromorpha intestinalis* (chlorophycées), *Corallina ellisolandia* (Rhodophycées) cette dernière est une espèce indicatrice de milieu perturbé (Gramulin-Brida *et al.*, 1967) et *Chondrus crispus* (Rhodophycées), *Asparagopsis armata harvey*, *Corallina ellisolandia* (Rhodophycées) et *Hypnea musciformis* (Rhodophycées) avec une fréquence de 60% puis d'autre algues avec une faible fréquence, (40%) *Sargassum vulgare* Phéophycée *Caulerpa prolifera*, *Cladophoropsis membranacea* et *Enteromorpha compressa* (Chlorophycées)

La présence de l'espèce *Caulerpa cylindracea* qui est une algue invasive introduite en méditerranée et dont le développement menace l'équilibre écologique et naturel du milieu marin et la présence de l'ulve est une algue verte indicatrice de la pollution organique qui peut provoquer des marées vertes sur les plages.

Cependant les résultats des paramètres analytiques, révèlent la présence des espèces indicatrices de la pollution telles que les ulvales et une eutrophisation déployée due à une prolifération remarquable des Chlorophycées, ainsi que l'absence totale d'algue indicatrice de bon état du milieu notamment, les Cystoseires.

Les Cystoseires sont des espèces très vulnérables, incapables de supporter de trop fortes perturbations du milieu. Elles sont toutes très sensibles à la pollution et à la turbidité des eaux, ainsi qu'au surpâturage. Leur présence peut donc témoigner de la bonne qualité des milieux littoraux (**Belmokhtar 2012**).

On peut considérer la station de Mars el Hadjej comme étant une zone perturbée qui souffre d'un déséquilibre écologique sérieux. (**Mansouri, 2016**)

2-2-2 Station Kristel

A- Richesse spécifique des groupes benthiques macrophytes :

Au niveau de cette station côtière nous avons observé 17 espèces de macroalgue répartie en trois groupes 5 phéophycées, 3 Chlorophycées et 9 Rhodophycées, avec toujours une dominance des Rhodophycées par rapport aux deux autres groupes. Ces résultats sont illustrés dans la figure 57.

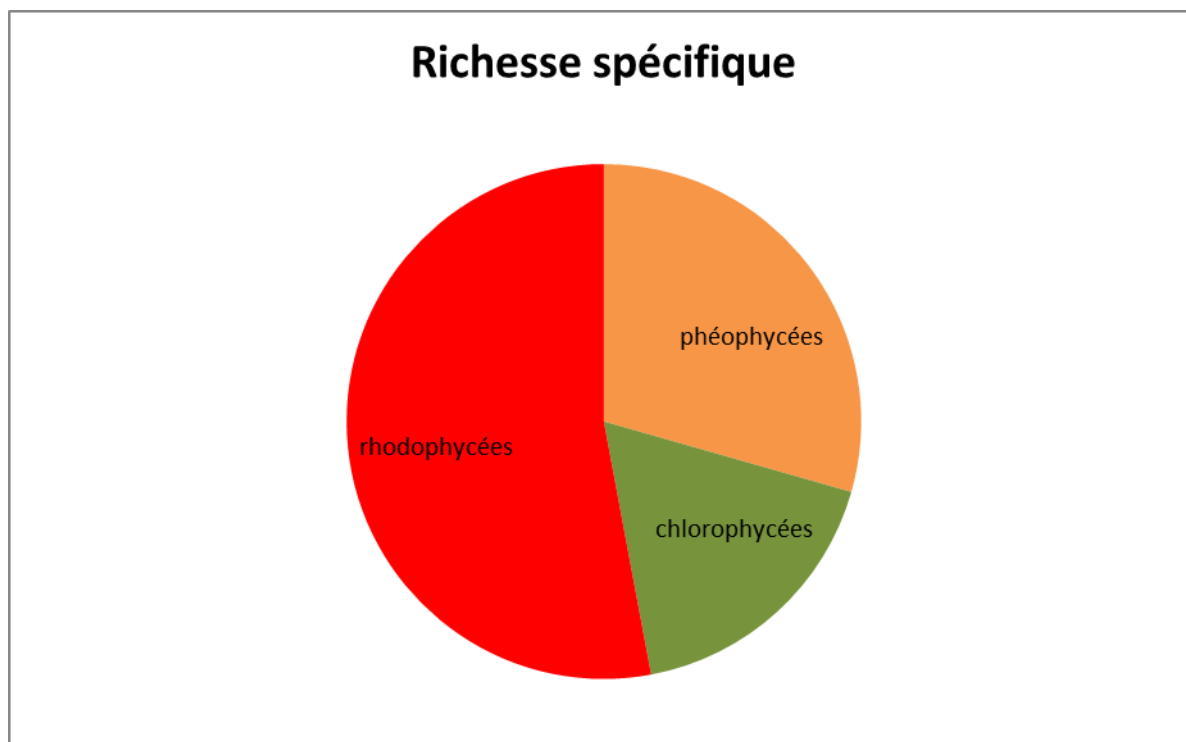


Figure 57 : Richesse spécifique des trois groupes d'algues au niveau de la station Kristel.

Le pourcentage indique une dominance des algues rouge (52,94%) représentant plus que le double par rapport au deux autres groupes algues brunes (29,41%) et algues vertes (17,64%).

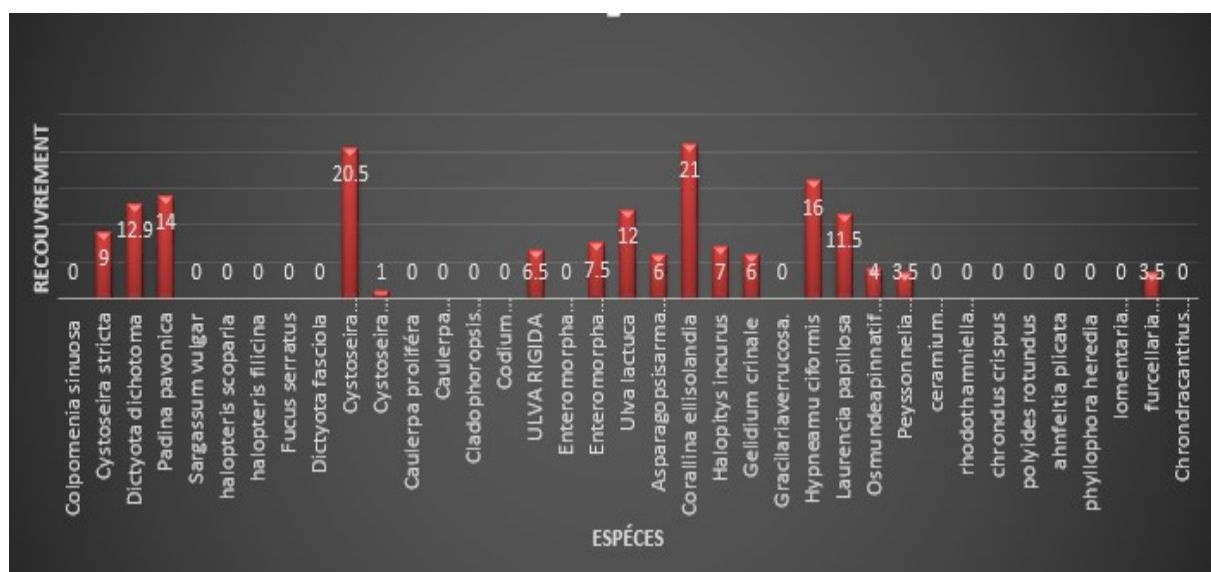
Cependant, pour les 17 espèces recensées, (tableau 1) les cystoseires occupent la plus grande surface dans tous les relevés de la station, *Cystoseira compressa*, *Cystoseira stricta*, *Cystoseira mediterranea* (Phéophycées) puis *Dictyota dichotoma* (Phéophycée) avec un coefficient de 4, on enregistre aussi deux espèces de groupe Rhodophycées avec un coefficient 3, il s'agit de *Coralinae longata*, *Hypnea musciformis* sont de ce fait définies comme des espèces très abondantes avec un recouvrement plus que 50%. Ainsi qu'une Chlorophycées, *Ulva lactuca* qui est à cet effet considérées comme des espèces fréquentes.

La plupart des espèces sont attribuées d'un indice de 2 et 1 où le recouvrement est de 25% maximum à 5%, celles-ci sont des espèces abondantes ou encore bien représentées. Nous signalons l'absence totale des espèces marquées par le signe -, c'est le cas surtout des Chlorophycées, avec cinq espèces *Caulerpa prolifera*, *Caulerpa cylindracea*, *Cladophoropsis membranacea*, *Codium decorticatum*, *Enteromorpha compressa* ; nous avons aussi observé l'absence des phéophycées *Halopteris scoparia*, *Halopteris filicina*, *Fucus serratus* *Dictyota*

fasciola, *Decolpomenia sinnusa* et *Sargassum vulgare*, et des Rhodophycees telles *Gracilaria verrucosa*, *Peyssonnelia squamaria*. *Ceramium diaphanum*, *Rhodothamniella floridula*, *Chondrus crispus*, *Polyides rotundus*, *Ahnfeltia plicata*, *Phyllophora heredia*, *Lomentaria orcadensis*, *Furcellaria lumbricali* et *Chondracanthus acicularis*.

B- Estimation du taux de recouvrement pour chaque espèce

Le taux de recouvrement de chaque espèce au niveau de la zone d'étude Kristel est illustré dans la figure suivante (Figure 58)



Figures 58 : Recouvrement des espèces Macrophytes au niveau de la station Kristel.

La diversité algale Macrophyte au niveau de la station Kristel. Démontre clairement à partir de la détermination du taux de recouvrement de chaque espèce que les espèces majoritaires sont *Cystoseira compressa* (Phéophycées), avec un pourcentage de 20,5%, *Corallina ellislandia* (Rhodophycées), à raison de 21%, *Hypnea musciformis* (Rhodophycées), à 16% et *padena pavonica* 14%

Au niveau de cette station Les caulerpes sont totalement absentes donc un taux de recouvrement de 0%.

C- Recouvrement moyen global

Le recouvrement moyen global de chaque groupe Macrophyte benthique est calculé à partir du recouvrement moyen global de chaque espèce du même groupe. Les résultats sont illustrés sur la figure ci-contre (figure 59)

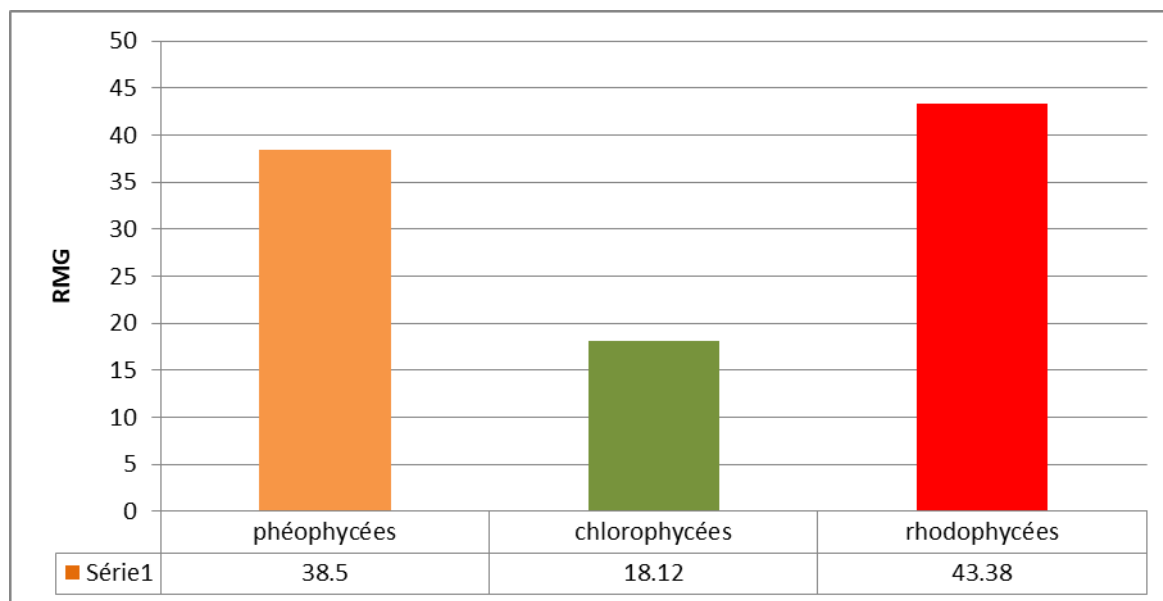


Figure 59 : Recouvrement moyen global des trois groupes d'algues au niveau de la station Kristel.

L'analyse du graphique de la figure 59 montre que les valeurs de Recouvrement moyen global des trois groupes d'algues est plus important chez les Chlorophycées 18,12% par rapport au deux autres groupes Rhodophycées 43,38% et Phéophycées 38,5%.

D- La fréquence

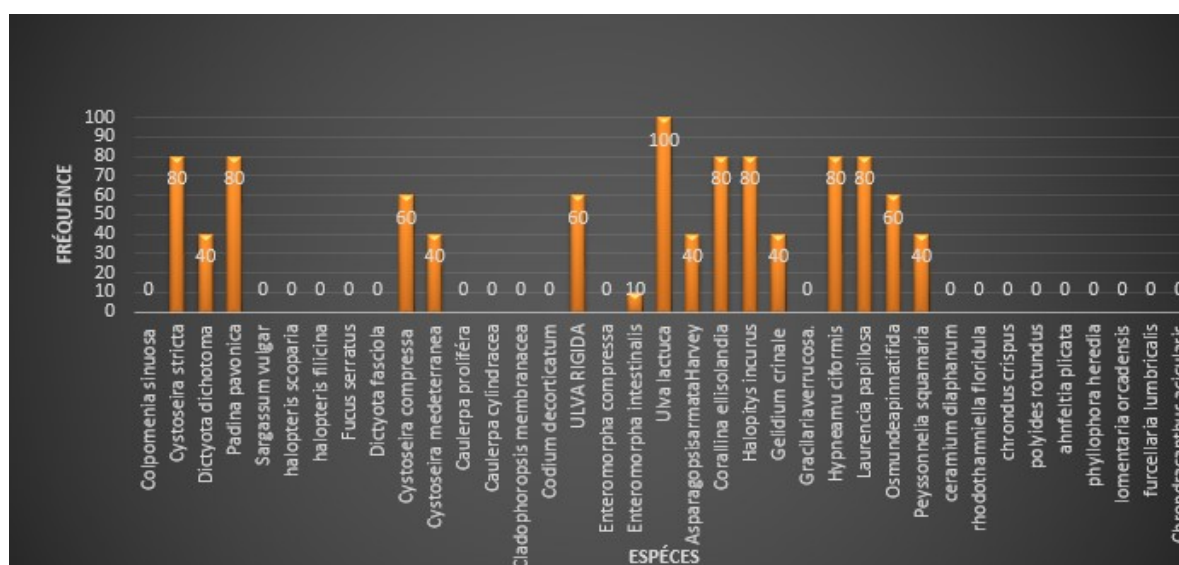


Figure 60 : Fréquence pour chaque espèce d'algue au niveau Kristel.

Dans cette zone côtière les résultats montrent la présence des espèces très constante d'algue verte (Figure 60) tel que *Ulva lactuca*, *Enteromorpha intestinalis* et *Ulva rigida*.

La littérature fait mention d'une dominance des algues vertes dans les environnements fortement perturbés telles que *Ulva* (Golubic, 1970 ; Bellan et Bellan-Santini, 1972 ; Rodriguez-Prieto et Polo, 1996), ou *Enteromorpha* (Ballesteros *et al.*, 1984 ; Kadari, 1994). Leur présence est due principalement aux rejets côtiers des eaux usées.

On a noté l'absence de *Caulerpa cylindracea* qui représente une algue envahissante des écosystèmes littoraux, nouvellement introduite en Méditerranée, et l'abondance en parallèle, des algues brunes *Cystoseira stricta*, *cystoseira compressa*.

Il a été noté que le pourcentage élevé de *Cystoseira stricta* et *cystoseira compressa* enregistré dans des zones caractérisées par un hydrodynamisme élevé, un substrat non vertical et de bon éclairage souligne une bonne situation environnementale générale (Giaccone, 1986) (Belmokhtar, 2012).

De ce fait, malgré l'existence de quelques espèces indicatrices de pollution, la présence d'une Phéophycées, *Cystoseira stricta* indicatrice d'un environnement sain et l'absence des Caulerpales, la station de Kristel est considérée relativement propre du fait de

son éloignement des importantes sources de contaminants (Hashem, 2010 ; Hashem *et al.*, 2010) .

En revanche Les travaux réalisés par Hashem, (2010) sur le même site d'étude, et ceux réalisés par Belmokhhtare (2012) révèlent la dominance des cystoseires illustrée par la présence des Cystosères (*Cystosera sticta*), (*Cystoseira compressa*) qui sont énormément sensible à la pression anthropique, et sensibles à la moindre variation de l'environnement marin, elles représentent à cet effet les bioindicateurs du bon état du milieu.

2-2-3 Station d'Ain Franine

A- Richesse spécifique des groupes benthiques macrophytes

Le (Tableau 1) montre qu'au niveau de cette station nous avons observé 21 espèces de macrophytes benthiques dont 5 phéophycées, 7 Chlorophycées et 9 Rhodophycées. Ces résultats sont illustrés dans la figure 61.

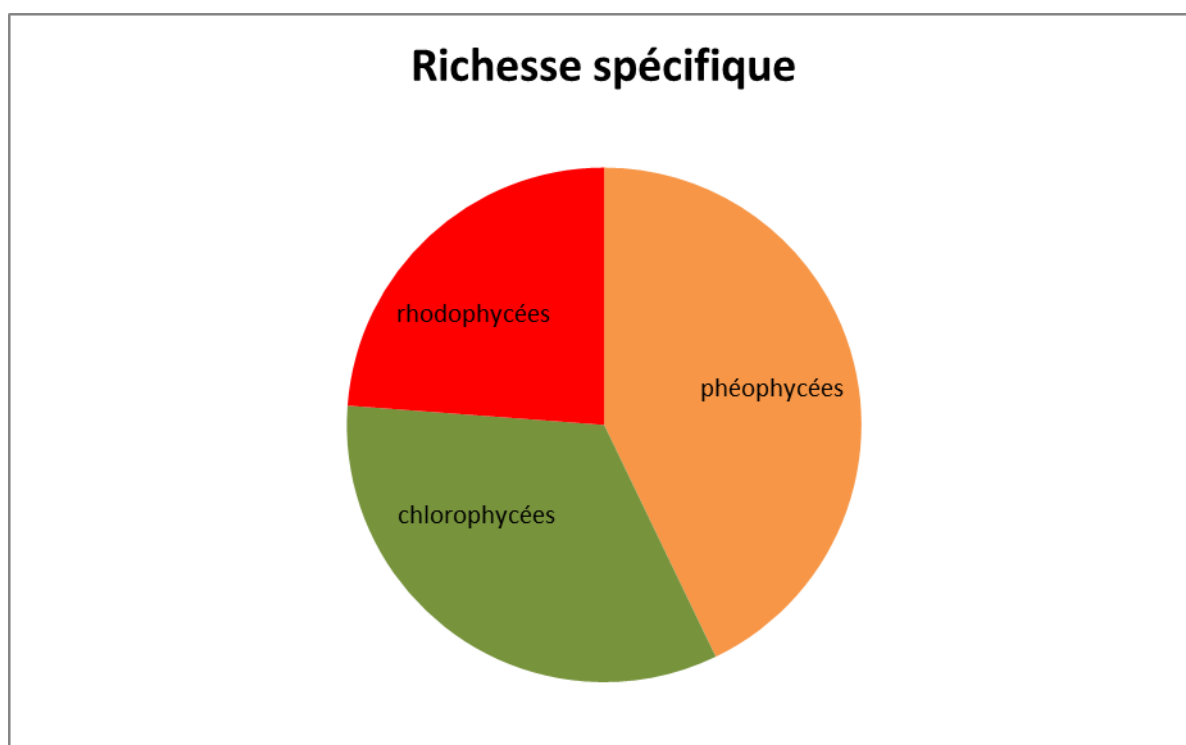


Figure 61 : La richesse spécifique des trois groupes d'algues au niveau de la station d'Ain Franine.

Ainsi, Les relevés (figure 61) montrent une dominance des Rhodophycées (algues rouges) (42,85%), et des Chlorophycées (algues vertes) avec un pourcentage de (33,33%) suivi par les phéophycées 23,80%

Cependant, pour les 21 espèces recensées, certaines sont considérées comme très dominantes en leur attribuant le coefficient 5 ou 4, on enregistre : *Cladophoropsis membranacea* et *Enteromorpha compressa* (Chlorophycées), et d'autres avec le coefficient 3 sont alors des espèces abondante on enregistre : *Padina pavonica*, (phéophycées) et *Ulva lactuca*, (Chlorophycées), *Asparagopsis armata* Harvey, *Corallina ellisolandia*, *Hypnea musciformis*, *Laurencia papillosa*, (Rhodophycées).

Nombreuses sont les espèces ayant comme indice de dominance le coefficient 2 ou 1 où le recouvrement est de 25% à moins 5%, celles-ci sont des espèces bien représentées. On cite : *Cystoseira stricta*, *Dictyota dichotoma*, (phéophycées), *Caulerpa cylindracea*, *Codium decorticatum*, *Ulva rigida*, *Enteromorpha intestinalis*, (Chlorophycées), *Halopity incurvus*, *Gracilariaverrucosa*, *Osmundeapinnatifida* (Rhodophycées).

L'absence totale des espèces est marquée par le signe -, c'est le cas de *Colpomenia sinuosa* (phéophycées), *Caulerpa prolifera*, (Chlorophycées), *Gelidium crinale* et *Peyssonnelia squamaria* (Rhodophycées)

A- Estimation du taux de recouvrement pour chaque espèce

Le taux de recouvrement de chaque espèce au niveau de la zone d'étude d'Ain Franine est mentionné dans la figure 62

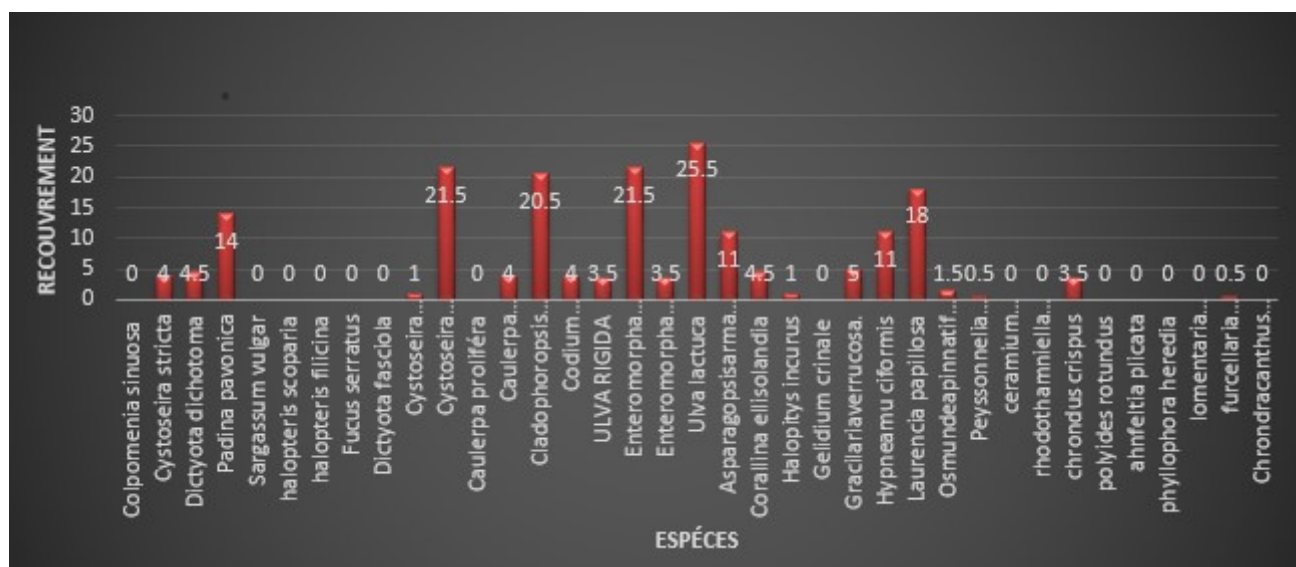


Figure 62 : Le recouvrement pour chaque espèce d'algues au niveau de la station d'Ain Franine.

Comme pour la station de Kristel il est cependant important de signaler la dominance des algues vertes par rapport à leur taux de recouvrement *Ulva lactuca* (25,5%), *Enteromorpha compressa* (21,5%) et *Cladophoropsis membranacea* (20,5%) au niveau des Différents relevés, la présence de *Padina pavonica* (14%) phéophycée *laurencia papillosa* 18% et par contre une diminution sensible de recouvrement moyen global d'algue brun *Cystoseira compressa* (1%) *Cystoseira stricta* : (4 %), indicateurs d'un bon état écologique du milieu. Mais un taux de recouvrement important chez l'algue *cystoseira mediterranea* 21,5%. Une faible présence de l'algue rouge *frucellaria lumbricalis* 0,5%

Dans cette station on peut remarquer aussi la présence de l'algue invasive *Caulerapa cylindracea* avec un faible pourcentage de (4%).

B- Le recouvrement moyen global

Le recouvrement moyen global est calculé à partir du taux de recouvrement moyen de chaque espèce du même groupe les résultats sont illustrés sur la figure 63

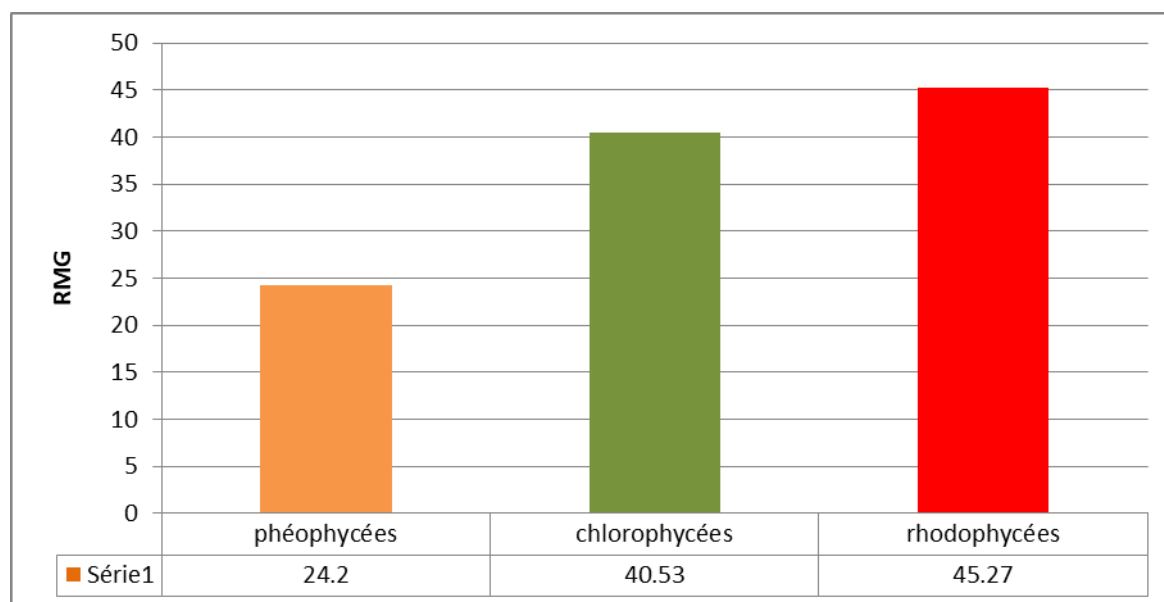


Figure 63 : Recouvrement moyen global des trois groupes d'algues au niveau de la station d'Ain Franine.

Le graphique de la figure 63 montre une abondance marquée des Rhodophycées (45,27%) Avec un taux de recouvrement moyen global élevé par rapport aux Chlorophycées (40,53%). et phéophycées (24, 2%)

A- La fréquence

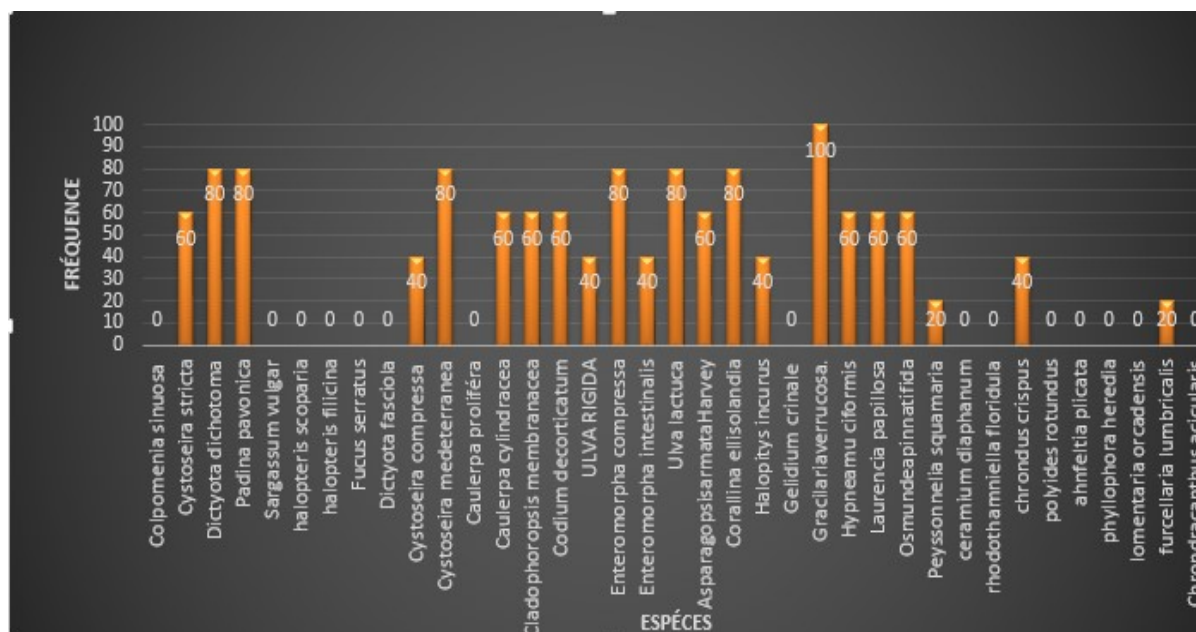


Figure 64 : La fréquence pour chaque espèce d'algue au niveau d'Ain Franine

La figure 64 montre que l'algue la plus fréquente au niveau de cette station *Gracilaria verrucosa* (Rhodophycées) avec une fréquence de 100 %, Les macroalgues rencontrées, et dites abondantes, au niveau de la station d'Ain Franine avec une fréquence de 80% sont : *Dictyota dichotoma*, *Padina pavonica* (phéophycées) *Entéromorpha compressa*, *Ulva lactuca* (Chlorophycées).

La présence de l'espèce invasive *Caulerpa cylindracea*, qui a tendance à coloniser les écosystèmes perturbés explique la réduction de la flore algale autochtone (**Piazzini et Ceccherelli, 2006 ; Klein 2007 ; Klein et al. 2008**). *Caulerpa cylindracea* fait partie d'espèces invasives apparues, suite aux changements climatiques et aux effets néfastes de la pollution, dans le bassin Méditerranéen (**Boudouresque et Verlaque, 2002**).

Et puis d'autre algues avec une faible fréquence de 40%, dites espèces rares, on cite : *Ulva rigida*, *Enteromorpha intestinalis* (Chlorophycées), *Halopity incurvus*, *Osmundea pinnatifida* et en fin *Chondrus crispus* (Rhodophycée).

Les travaux antérieurs réalisés sur cette station considèrent Ain Franine comme étant une zone propre, non impactée car l'action anthropique est très peu marquée (**Belkhedim, 2010 ; Djad, 2015**), néanmoins, les résultats que nous avons trouvés portant sur le recensement de la flore algale durant cette étude, nous pousse à tirer la sonnette d'alarme.

Cela est dû, non seulement à la régression du taux de recouvrement global moyen des Cystoseires mais aussi à l'évolution de celui des Chlorophycées, en particulier, le taux de recouvrement moyen global des ulvales et d'*Entéromorpha compressa* qui a progressé, sans parler de la prolifération des *Caulerpa cylindracea* qui ne cesse d'envahir cette station côtière relativement saine.

L'eutrophisation a été la principale cause responsable de la raréfaction des espèces *Cystoseira* (Munda, 1974; 1982; Hoffmann *et al.*, 1988; Arévalo *et al.*, 2007), bien que d'autres facteurs comme la pollution des produits chimiques inorganiques, l'augmentation des niveaux de turbidité, le surpâturage et le changement climatique ont été suggérés comme d'autres possibles causes (**Cormaci & Furnari, 1999; Thibaut et al., 2005; Serio et al., 2006**).

En fin, nous disons que d'après les résultats des paramètres analytiques et la présence des espèces indicatrices de pollution et une faible présence d'algue indicatrice de bon état du milieu (*Cystoseira strica*) on peut considérer la station d'Ain Franine comme une zone au début de perturbation et mérite d'être surveillé en permanence.

2-2-4 Station de Bousfer

A -Richesse spécifique des groupes benthiques macrophytes

Le (Tableau 1) montre qu'au niveau de cette station nous avons observé 27 espèces de Macrophytes benthiques dont 10 Phéophycées, 4 Chlorophycées et 13 Rhodophycées. Ces résultats sont illustrés dans la (figure 65).

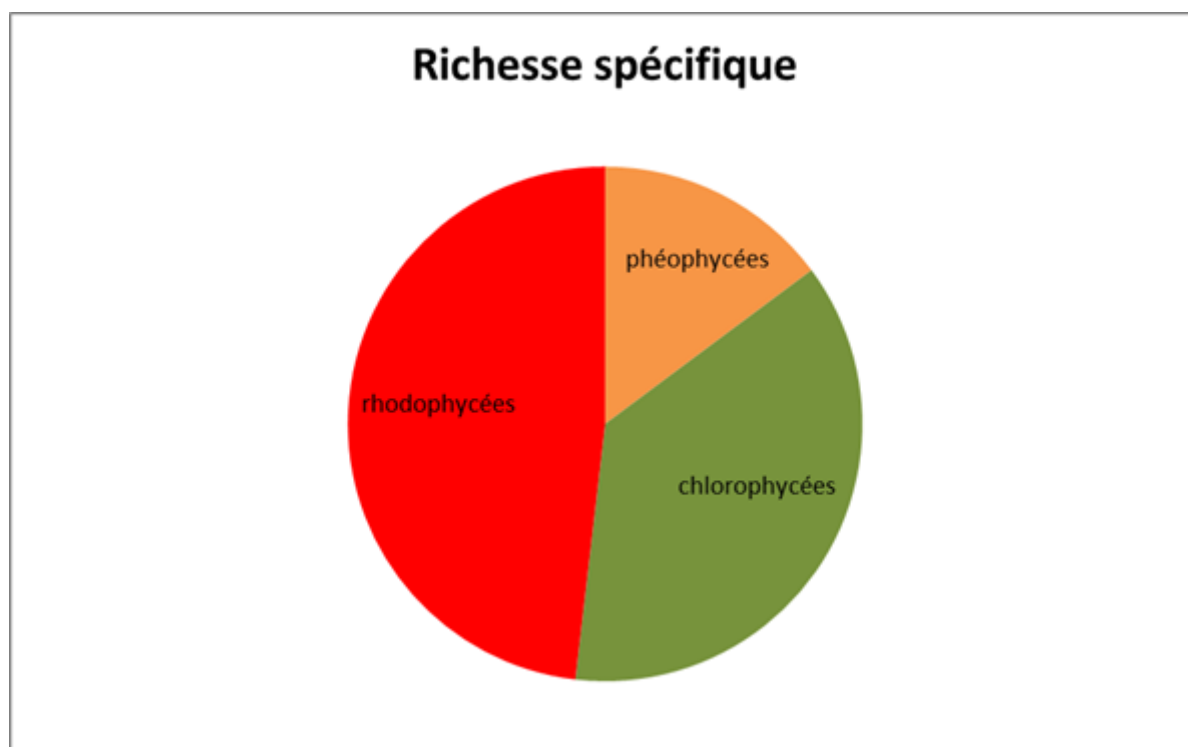


Figure 65 : Répartition des espèces selon les groupes benthiques macrophytes au niveau de la station de Bousfer

Ainsi, Les relevés (figure 65) montrent une dominance des Rhodophycées (algues rouges) avec un pourcentage de (48,14 %) suivi par les Chlorophycées (algue verte) en seconde position, avec un pourcentage de (37,03%) et en fin, les Phéophycées (algue brunes) en troisième position avec un pourcentage de (14,81%).

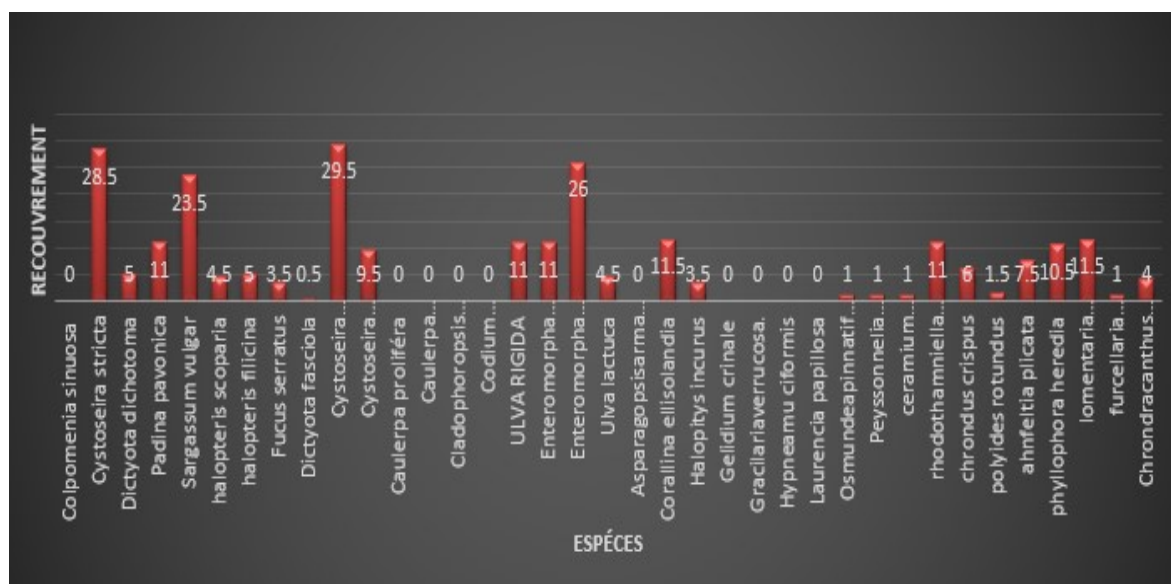
Cependant, pour les 21 espèces recensées, celles affectées d'un coefficient 5 et 4 sont définies comme des espèces très abondantes, on enregistre : *Cystoseira strict*, *sargassum vulgare* (Phéophycées), *Fucus serratus* (Rhodophycée) et d'autres espèces abondante avec un coefficient de 3 *Padina pavonica*, *Cystoseira compressa*, *Cystoseira mediterranea* (Phéophycées) *Ulva rigida*, *Enteromorpha compressa* et *Enteromorpha intestinalis* (Chlorophycées) *Corrallina ellislandia*, *Ahnfeltia plicata* et *Lomentaria orcadensis* (Rhodophycées).

La plupart des espèces sont attribuées d'un indice de 2 et 1 où le recouvrement est de 25% à moins 5%, celles-ci sont des espèces bien représentées. Elles sont représentées par *Dictyota dichotoma*, *Halopteris scoparia*, *Halopteris filicina*, *Dictyota faciola* (Phéophycées) *Ulva lactuca* (Chlorophycées) *Halopitys incurvus*, *Osumendia pinatifida*, *Peyssonnela squamaria*, *Ceramium diaphanum*, *Rhodothamniella floridula*, *Chondrus crispus*, *Polyides rotundus*, *Ahnfeltia plicata*, *Phyllophora heredia*, *Lomentaria orcadensis*, *Furcellaria lumbricalis*, *Chondracanthus acicularis* (Rhodophycées).

L'absence totale des espèces est marquée par le signe - *Colpomenia sinuosa*, *Caulerpa cylindracea*, *Cladophoropsis membranacea*, *Codium decorticatum*, *Gelidium crinale*, *Gracilaria verrucosa*, *Hypnea muciformis*.

B- Estimation du taux de recouvrement pour chaque espèce

Le taux de recouvrement de chaque espèce au niveau de la zone d'étude Bousfer est mentionné dans la figure 66



Figures 66 : Recouvrement des espèces macrophytes de la station de Bousfer.

Les valeurs du taux de recouvrement estimé par espèce (figure 66) indiquent que cette diversité macroalgale est comprise entre un recouvrement par espèce maximale 28,5% et 1%, La diversité algale macrophyte au niveau de la station de Bousfer démontre clairement à partir de la détermination du taux de recouvrement de chaque espèce que les espèces majoritaires sont *Cystoseira stricta*, (Phéophycées), avec un pourcentage de 28,5%, suivi par l'algue verte *Enteromorpha intestinalis* 26%.

En revanche, et contrairement à la station 1 et 3 dans la quelle *Caulerpa prolifera* à un taux de recouvrement de (15,5%) (0%) et *Caulerpa cylindracea* (6,5%) (4 %) au niveau de cette station elles sont totalement absente donc un taux de recouvrement de 0%.

La particularité de cette station demeure dans l'abondance de l'espèce *Enteromorpha intestinalis* (26%) un signe d'eutrophisation et de perturbation du milieu comme pour les deux autres espèces citées, Un faible recouvrement de l'espèce *Ulva lactuca* (4,5%)

E- Le recouvrement moyen global

Le graphique de la figure 67 montre une abondance marquée des Rhodophycées (44,3%). Avec un taux de recouvrement moyen global élevé par rapport aux Phéophycées (40,64%) et Chlorophycées (15,06%)

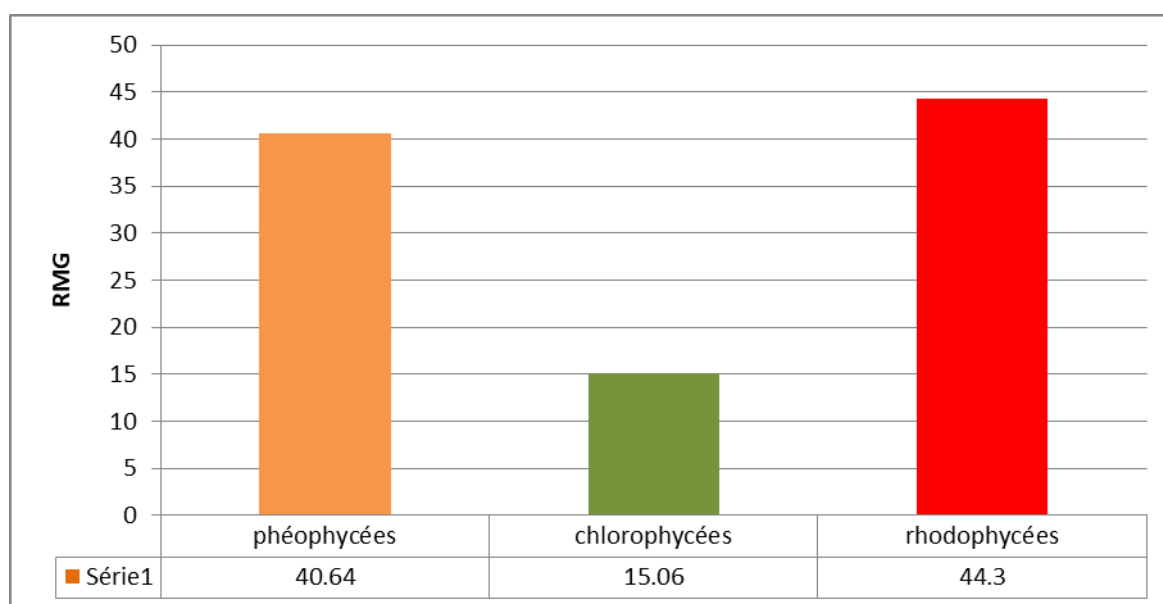


Figure 67 : Recouvrement moyen global des trois groupes d'algues au niveau de la station de Bousfer

F- Fréquence

La détermination de ce paramètre indique la distribution fréquente ou pas de chaque espèce recensée au niveau de tous les relevés de la station (figure 68)

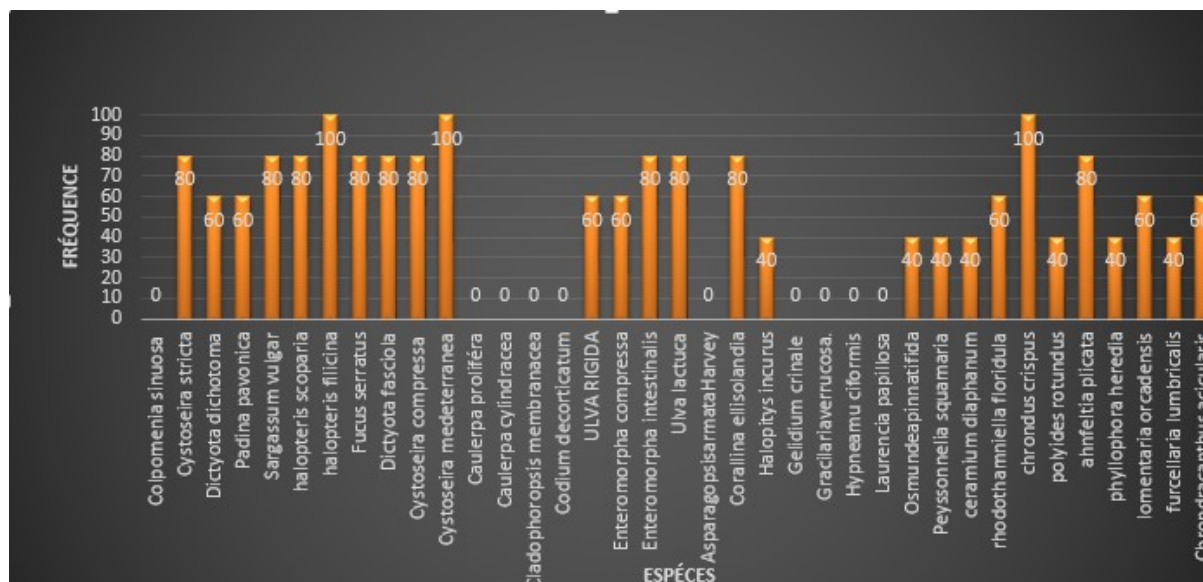


Figure 68 : Fréquence de chaque espèce au niveau de Bousfer.

Dans cette zone côtière les résultats montrent la présence des espèces très constante d'algue verte (Figure 68) tel qu'*Ulva lactuca*, *Eneromorpha intestinalis*.

On a noté l'absence de *Caulerpa clindracea* qui représente une algue envahissante des écosystèmes littoraux, nouvellement introduite en Méditerranée, et l'abondance en parallèle, de l'algue brune *Cystoseira stricta*.

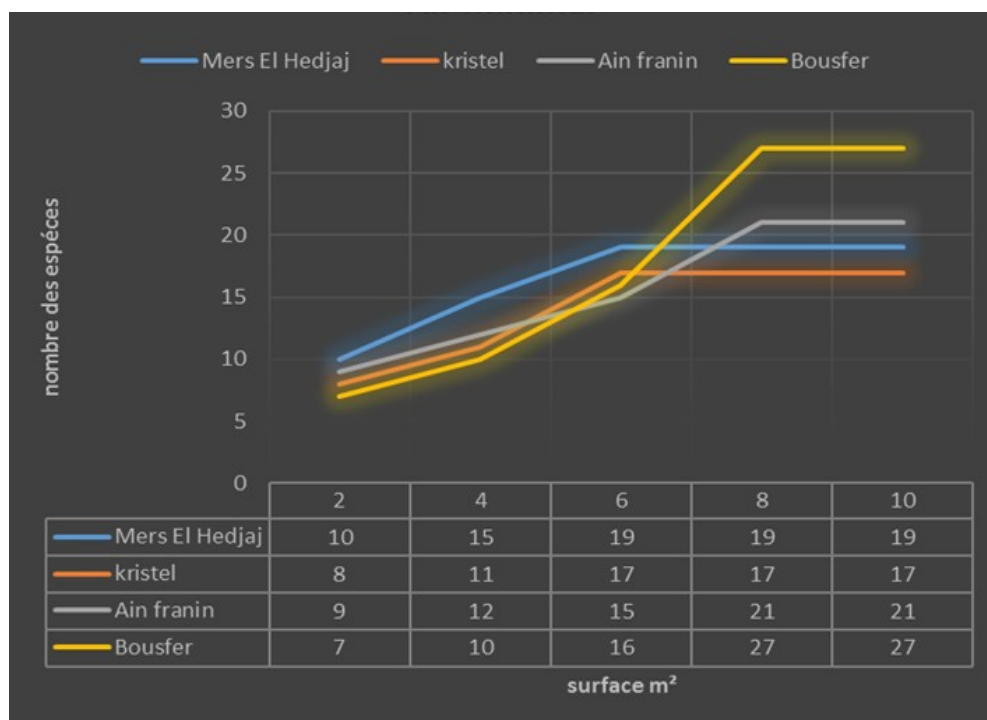
Il a été noté que le pourcentage élevé de *Cystoseira stricta* enregistré dans des zones caractérisées par un hydrodynamisme élevé, un substrat non vertical et de bon éclairage souligne une bonne situation environnementale générale (**Giaccone, 1986**) (**Belmokhtar, 2012.**)

De ce fait, malgré l'existence de quelques espèces indicatrices de pollution, la présence d'une Phéophycée, *Cystoseira stricta* (28,5), indicatrice d'un environnement sain et l'absence des Caulerpales, la station de Bousfer est considérée relativement propre du fait de son éloignement des importantes sources de contaminants (**Hashem, 2010 ; Hashem et al., 2010**).

En revanche Les travaux réalisés par **Hashem, (2010)**, sur le même site d'étude, et ceux réalisés par **Belmokhtar (2012)** révèlent la dominance des Phéophycées à comparer avec les Rhodophycées et les Chlorophycées, illustrée par la présence des Cystosères (*Cystosera sticta* 25%), (*Cystoseira compressa*, 24,17%) qui sont énormément sensible à la pression anthropique, et sensibles à la moindre variation de l'environnement marin, elles représentent à cet effet les bioindicateurs du bon état du milieu.

2.2.5 -Aire minimale pour les quatre stations

L'aire minimale est la plus petite surface nécessaire pour que la plupart des espèces soient représentées.



Figures 69 : Courbe d'aire minimale pour les quatre stations.

On constate figure 69 que le nombre d'espèces relevées augmente avec l'augmentation de la surface du relevé,

- Se stabilise à 6 m donc l'aire minimale du relevé est égale 6 m (figure 69) pour la station de Mars el Hadjej et Kristel
- Se stabilise à 8 m donc l'aire minimale du relevé est égale 8 m (figure 69) pour la station D'Ain Franin et Bousfer.

Discussion

Les résultats obtenus semblent indiquer que la répartition des espèces dans les différentes zones d'études n'est pas homogène.

La nécessité de prendre en compte des critères biologiques dans l'évaluation de l'état du système a cependant été soulignée par plusieurs auteurs, et notamment par **Dauer (1993)**.

Un inventaire des différentes espèces benthiques Peut servir d'un outil dans le cadre d'évaluation de la qualité des eaux littorales.

Dans cette étude préliminaire les résultats issus des quatre stations d'investigations in situ au laboratoire nous a permis de recenser 37 espèces de Macroalgues marins, réparties sur les trois groupes : 8 Chlorophytes, 18 Rhodophytes et 11 Phéophytes.

Le site de Marsa El Hadjaj : la flore algale se trouve très réduite dans ce site largement influencé par la pollution liée aux activités pétrochimiques.

La dominance de *Caulerpa cylindracea* et *Caulerpa prolifera* dans cette station Parmi la végétation recensée, ce qui signifie selon (Meinesz, 1999), que le niveau d'impact est important que l'espèce s'est bien naturalise et entre en compétition avec d'autres espèces en bouleversant l'écosystème. On note une absence totale de *Cystoseira stricta*, En effet, la comparaison avec la flore macro-algale d'autres stations montrent une nette détérioration de la qualité écologique de cet habitat.

La forte richesse spécifique en espèces et enregistré dans la station de Bousfer et Kristel une distribution des différents groupes d'algue. Dans ces deux sites on enregistre *Cystoseira stricta* comme espèce commune, s'étalant sur une bonne surface avec d'autres types d'algues de la même famille.

La station d'Ain franine présente une variété d'espèces avec une signalisation de de l'algue verte *Caulerpa cylindracea* comme rare vu sa faible présence par rapport à la station de Mars el hadjaj, cela révèle un début de colonisation qu'il faut surveiller attentivement.

On note aussi la présence de l'algue verte *Codium decorticatum* considérée comme espèce à large répartition spatiale

L'échantillonnage au niveau des trois stations de Kristel, Ain Franine et Bousfer montrent la présence massive des algues vertes (Chlorophytes) notamment *Ulva lactuca*, indicatrice de pollution mais aussi une forte fréquence de *Cystoseira stricata* qui indique un milieu de bonne qualité dominé.

Nos résultats soutiennent les travaux précédents (Borowitzka, 1972; Munda, 1974; Littler & Murray, 1975; Murray & Littler, 1978; Belsher, 1979; Levine, 1984; Kautsky et al., 1986; Phillips, 1994; Perez et al., 2000) prouvant que les communautés benthiques littorales sont de bons indicateurs de la qualité environnementale et, par voie de conséquence peuvent être employées dans la biosurveillance de la qualité des eaux côtières et littorales.

CONCLUSION

Conclusion

Cette étude a visé l'évaluation la diversité des macrophytes sur la zone côtière du littoral oranais (Ouest algérien). Dans cette étude, les résultats issus de l'investigation de quatre stations *in situ* et au laboratoire, nous a permis de recenser 37 espèces de macroalgues aquatiques, réparties sur les trois groupes : 11 Phéophycées, 8 Chlorophycées et 18 Rhodophycées. La flore algale recensée sur le site de Marsa El Hadjaj est très réduite dans et largement influencé par la pollution liée aux activités industrielles à proximité. En effet, la comparaison de ces résultats avec ceux de la flore macroalgale des autres stations étudiées montrent une nette détérioration de la qualité écologique de cet habitat côtier.

La classification des espèces en fonction de leur fréquence permet de mieux situer le degré d'attachement des espèces aux conditions physico-chimiques du milieu, en particulier aux conditions de perturbation (pollution).

Il est à signaler aussi, que les sites d'Aïn franine, Kristel et Bousfer présentent un environnement de bonne qualité. Mais cela ne les dispense pas de faire l'objet d'un programme de suivi et d'une bio surveillance continue, d'autant plus que la station de Mars El Hadjaj mérite plus d'attention par les autorités locales qui doivent prendre sincèrement le problème en charge pour prévenir une réelle catastrophe écologique, afin de réduire la pression anthropique et envisager des solutions d'épuration et de protection de ce site vulnérable.

Nos résultats ont montré également, que le taux de récupération de chacune des espèces varie d'une station à l'autre. La composition et la répartition des communautés sont influencées par la morphologie et l'hydrodynamisme côtier, mais aussi par les apports de nutriments et les conditions climatiques (Pereira and Neto, 2015 ; Birje et *al.*, 1996, Traiche et *al.*, 2018).

L'échantillonnage au niveau des quatre stations (Mars el Hadjaj, Kristel, Ain Franine et Bousfer), montrent la présence massive des algues vertes (Chlorophycée) notamment *Ulva lactuca*, indicatrice de pollution mais aussi une forte fréquence de *Cystoseira stricta* qui indique un milieu de bonne qualité.

Notre étude a permis de réaliser un diagnostic phyto-écologique de cet écosystème côtier, à travers :

- Une mise à jour de l'inventaire de la flore végétale marine et d'étudier la structuration des peuplements macroalgaux correspondants.
- Une mise en évidence de l'utilisation des communautés phytobenthiques médiolittorales qui peuvent être employées comme outils dans la biosurveillance de la qualité environnementale côtière marine.
- D'établir les principales caractéristiques des macroalgues et la structure du couvert végétal des zones côtières, et la mise en évidence des changements à court, moyen et long terme de la macroflore benthique.
- De contribuer à identifier les influences respectives des perturbations climatiques et anthropiques sur l'évolution des écosystèmes marins benthiques, à l'aide d'un maillage suffisant du littoral.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES



- **Allain, C. et Furnestin, J. (1969).** Hydrologie de la Méditerranée occidentale (secteur méridional et golfe du lion) en automne 1963. *Rev. Trav. Inst. Pêches Maritimes*.XXXIII (1): 5 - 78.
- **Amar, Y., Djahed, B., Kerfouf, A. et Ould Mokhtar, Y.(1998).** Pollution microbienne de l'environnement marin par les eaux de rejets de la papeterie de Mostaganem. *XI^{ème} journées de microbiologie du 16 au 17 novembre 1998*, Oran.
- **Arevalo, R., Pinedo, S. et Ballesteros, E. (2007).** Changes in the composition and structure of Mediterra Popper nean 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*. 104-113.
- **Arnoux, A. et Bellan-Santini, D. (1972).** Relations entre la pollution du secteur de Cortiou par les détergents anioniques ET les modifications des peuplements de *Cystoseira stricta*. *Téthys*, 4 (3): 583-586.
- **Arris, S. (2008).** Etude Expérimentale de l'Elimination des Polluants Organiques et Inorganiques par Adsorption sur des Sous Produits de Céréales, *th doct en sciences*, université de Constantine, 199p.
- **Arzel, P. & Castric-Fey, A. (1997).** Les forêts de Laminaires in: Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche et mer du Nord. Synthèse, menaces et perspectives. *Muséum National d'Histoire Naturelle* , 159-167.
- **Aubert, M., Revillon, P., Breittmyer, J. P., Gauthier, M., Aubert, J. & Fjatan, G. (1982).** Métaux lourds en Méditerranée. *Rev. Inter. Oceanorg. Méd., Nice*, 3 : 118-121.
- **Augier, H. & Boudouresque, C. F. (1971).** Découverte des cystocarpes de *Feldmannophycus rayssiae* (J. Feld. & G. Feld.) nov. gen. (Rhodophycées, Gigartinales). *Bulletin de la Société Phycologique de France*, 16, 25-30.
- **Aulay, M., Ball, A. S. & Virdee, S. R. (2000).** L'essentiel en écologie, *Ed. BERTI*, 368 p.

-B-

- **Barsanti, L. et Gualtier, P. (2014).** Solute accumulation and osmotic adjustment. *Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology. CRC Press. Biol. Red Algae*: 147–170.
- **Bellan, G. et Bellan-Santini, D. (1972).** Influence de la pollution sur les peuplements marins de la région de Marseille. (*M. RUIVO, Éd.*) *Marine Pollution and Sea Life. Fishing News Ltd. Survey*, 396–401.
- **Bellan-Santini, D. (1966).** Influence des eaux polluées sur la faune ET la flore marine benthique dans la région marseillaise. *Techn. Sci. muncip. Fr.*, 61 (7), 285-292.
- **Bellan-Santini, D. (1969).** Contribution à l'étude des peuplements infralittoraux sur substrat rocheux (Etude qualitative et quantitative de la frange supérieure). *Extrait du recueil des Travaux de la station Marine d'Endoume* (63-47), 1-279.
- **Bellan-Santini, D., Lacaze, J.C. et Poizat CC., (edit.), 1994-** Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives. Collection Patrimoines Naturels. *Secrétariat de la Faune et de la Flore / MNHN*, 19: 1-246.
- **Belmokhtar, M. (2012).** *Cystoseira amentacea v. stricta*: indicateur de la qualité des eaux côtières de l'ouest algérien. *Mémoire de magistère. Université Es Sénia, Oran, Algérie*. P30/32.
- **Belsher, T. (1974).** Sequence des effets d'un egout urbain, en fonction de l'éloignement de la source de pollution, sur les peuplement photophiles de mode battu (fraction algale); *premier's resultants. Bull. Soc. Phycol. Fr.* 19, 158±163.
- **Belsher, T. (1979).** Analyse des repercussions du rejet en mer du grand collecteur de Marseille sur la fraction algale des peuplements photophiles de l'infralittoral superieur. *Tethys* 9(1), 1±16q.
- **Belsher, T. (1979).** Analyse des repercussions du rejet en mer du grand collecteur de Marseille sur la fraction algale des peuplements photophiles de l'infralittoral supérieur. *Téthys*, 9, 1–16.
- **Benali, I. (2007).** « Utilisation de l'activité de l'acétylcholinestérase chez *Mytilus galloprovincialis* (LmK, 1819), Transplantée en Baie d'Oran : Biomarqueurs d'exposition à la contamination marine côtière. *Mémoire de Magister. Université Es Sénia, Oran, Algérie*. p16

-
- **Benallal, M.A. (2014).** Contribution à l'étude de la biodiversité de l'île de Rachghoun (Bénisaf : littoral ouest algérien) , *UDL SBA mémoire de Magister*.
 - **Benamar,N., Bouderbala,M. et Boutiba, Z.(2010).**Evaluation de la concentration en cadmium d'un poisson pélagique commun, *Sardinella aurita* dans la baie d'Oran, *J.Sci.Hal. Aquat.*, 1 :16-20.
 - **Bernard, F. (1958).** Le courant atlantique en Méditerranée. *R. P.V. Comm. Int. Expl. Sc. Mer. Médit.*, XIV:97 - 100.
 - **Bethoux, J.P., Gentili, B., Tailliez, D. (1998a).** Warming and freshwater budget change in the Mediterranean since the 1940s, their possible relation to the greenhouse effect. *Geophys. Res. Lett.* 25, 1023 – 1026.
 - **Bethoux, J.P., Morin, P., Chaumery, C., Connan, O., Gentili, B., Ruiz-Pino, D. (1998b).** Nutrients in the Mediterranean Sea, mass balance and statistical analysis of concentrations with respect to environmental change. *Mar. Chem.* 63, 155 – 169.
 - **Béthoux, J.P., Morin, P., Madec, C., Gentili, B., 1992.** Phosphorus and nitrogen behaviour in the Mediterranean Sea. *Deep-Sea Res.* 39, 1641–1654.
 - **Borowitzka, M.A. (1972).** Intertidal algal species diversity and the effect of pollution. *Australian Journal Marine Freshwater Research*, 23, 73–84.
 - **Boudouresque C.F., 1995.** Critères de sélection et projet de liste des espèces en danger ou menacées. *UNEP (OCA)/MED.WG.100/3, CAR/ASP publ., Tunis, Tun.:* 1-33.
 - **Boudouresque Perrete, M., et Seridi, H. (1989).** Inventaire des alguesmarines benthiques d'Algérie. *GIS Posidonie publ., Marseille*.
 - **Boudouresque, C.F et Verlaque, M. (2002a)** Biological pollution in the Mediterranean Sea: invasive versus introduced macrophytes. *Mar Pollut Bull* 44:32–38.
 - **Boudouresque, C.F. (1996).** Impact de l'homme et conservation du milieu marin en Méditerranée. 2^eédition. *GIS Posidonie publ., Fr. pp* : 1-243.
 - **Boudouresque, C.F. (2005).** Les espèces introduites et invasives en milieu marin. Deuxième édition. *Gis Posidonie publ. Marseilles* [sic] 152 p.
 - **Boudouresque, C.F.(1971c).** Méthodes d'étude qualitative et quantitative du benthos (en particulier du phytobenthos). *Téthys* 3 (1), 79-104.
 - **Boutiba, Z. (1998).** Projet île de Rachgoun réserve naturelle d'intérêt écologique et faunistique. Conf. Internat. pour la Protection des Mammifères marins en Méditerranée Occidentale (*RIMMO 8*), Antibes. France.
-

-
- **Boutiba, Z. et Boutiba, A. (1992).** Les mammifères marins d'Algérie Statut, Répartition, Biologie et Ecologie. *Thèse de Doctorat*. Université d'Oran. 575p.

-C-

- **Cabane, F. (2007).** Documentation sur l'Environnement et de l'Aménagement du Littoral: Lexique d'écologie, d'environnement et d'aménagement du littoral, *Version 11*, Ed. IFREMER environnement, France., 272 p.
 - **Cabioc'h, J., Floc'h, J., Le Toquin, A., Boudouresque, C., Meinesz, A., Verlaque, M. (1992).** *Guide des algues des mers d'Europe*. Delachaux et Niestlé SA, Paris, Delachaux et Niestlé SA, Paris, p 231.
 - **Caulet, J. (1972).** Les sédiments organogènes du pré continent algérien. *Memoire du Museum National d'Histoire Naturelle, Paris, Série C*, 25, 1-289.
 - **Cavallo, M., Torras, X., Mascaró, O. et Ballesteros, E. (2016).** Effect of temporal and spatial variability on the classification of the Ecological Quality Status using the CARLIT Index. *Marine Pollution Bulletin*. 102, 122–127.
 - **Chalabi, A., Semroud, R., Grimes, S. et. (2002).** Plan d'Action Stratégique pour la Conservation de la Diversité Biologique en Région Méditerranéenne CAR/ASP: *PAS BIO*, 187p.
 - **Chopin, T. (1997).** Marine biodiversity monitoring. Protocol for monitoring of seaweeds. *Environment Canada, Ecological monitoring and Assessment Network*. Ottawa, 40p.
 - **Chouikhi, A. (2013).** Les applications potentielles des macroalgues marines et les activités pharmacologiques de leurs métabolites : *Revue. USTHB-FBS-4th International Congress of the Populations & Animal Communities —Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic Ecosystems""CIPCA4"TAGHIT (Bechar) – Algeria.*
 - **Cohen, I. et Neori, A. (1991).** *Ulva lactuca* biofilters for marine fishpond effluents I. Ammonia uptake Kinetics and nitrogen content. *Bot. Mar.* 34, 475-482.
 - **Collignon, J. (1991).** Ecologie et biologie marine: introduction à l'halieutique. Ed. MASSON, Paris. Conseil de l'Europe, 1979. *Convention sur la conservation de la faune sauvage et du milieu naturel, l'Annexe I, espèces floristiques strictement protégées*. Berne, Suisse.
-

-
- **Copin-Montegut, G. (1996).** Chimie de l'eau de mer. *Collection "Synthèse"* .315 p
 - **Cormaci, M. and Furnari, G. (1999)** Changes of the Benthic Algal Flora of the Tremiti Islands (Southern Adriatic) Italy. *Hidrobiologia*, 398/399, 75-79.

-D-

- **Dar, A., Baig, H., Saifullah, S., Ahmad, V., Yasmeen, S. et Nizamnddin, M. (2007).**Effect of seasonal variation on the anti-inflammatory activity of *Sargassum wightii* growing on the N. Arabian Sea coast of Pakistan. *J. Exp. Mar. Bio!. Ecol*, 351:1-9.
- **Delepine, R., Boudouresque, C. F., Frada-Orestano, C., Noailles, M. C. et Asensi A., 1987.** Algues et autres végétaux marins. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche, Révision 1, Méditerranée et Mer Noire, Zone de pêche 37, *volumeI. végétaux et invertébrés*, 1-136.
- **Deysher, L. et Norton, T. (1982).** Dispersal and colonisation in *SargaBsum muticum*(Yendo) Fensholt. *.I Exp. Mar. Biol. Ecol*, 56:179-195.
- **Djad, M.E.A. (2015).** Qualité bactériologique des eaux littorales et méthodes d'analyses : cas du littoral Ouest Algérien. Doctorat en sciences, *Université Sidi Bel Abbes*, 142 p.
- **Durand, J.R. et Leveque, C . (1980).** *Flore et faune aquatiques de l'Afrique Sahélo-soudanienne : tome I*. Paris : ORSTOM, 389 p. (Initiations-Documentations Techniques ; 44). ISBN 2-7099-0521-1.

-F-

- **Ferry, J.D et Carritt, D.E. (1946).** « Action of antifouling paints: solubility and rate of solution of cuprous oxide in sea water», *Industrial & Engineering Chemistry*, 38 (6), 612-617.
- **Fleurence, J. (1999).** Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses.*Trends Food Sci Tech.* 10, 25-28.*Sien.Spectro. physico-Chimie Structurale.Univ.Aix-Marseille 1, France*, 186p.

-
- **Fulks, W. & Main, K. L. (1991).** The design and operation of commercial scale live feeds production system. (W. FULKS & K. L. MAIN, Éds), *Rotifer and microalgae culture systems, proc. US/Asia workshop. The oceanic institute, Hawai* , 3-52.

-G-

- **Ganteaume, A., Gobert, J., Malestroit, P., Ménager, V., Francour P and Boudouresque C. F, 1998,** « In vitro consumption of *Caulerpa taxifolia* (Chlorophyta) by an accustomed and nonaccustomed *Paracentrotus lividus* (echinoid): seasonal variation », *Journal of the marine Biological Association, UK* 78, 239-248.
 - **Garon-Lardiere, S. (2004).** Etude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsis armata* (Bonnemaisoniales). Thèse de Doctorat. *Université de Bretagne Occidentale*. 332p.
 - **Giaccone, G. (1986).** The vertical zonation along the phytal system in the Mediterranean Sea and the effects of municipal and industrial waste-water disposal on phytobenthos communities. *5th OPTIMA Meeting*, 47-55.
 - **Golubic, S. (1970).** Effect of organic pollution on benthic communities. *Marine Pollution Bulletin*, 1, 56–57
 - **Gorenflot, R. et Guern, M. - 1989** – Organisation et biologie des Tahllophytes. *Ed. Doin*, 235p.
 - **Gramulin-Brida, H., Giaccone, G., Golubic, S. (1967).** Contribution aux études des biocénoses subtidales. *Helgolanders Wiss. Meeresunters Allem.* 15: 429- 444).
 - **Grimes, S. (2005).** Projet régional pour le développement d'aires prtégées marines et côtières dans la région méditerranéenne (Projet Med MPA): *Plan de gestion de l'aire marine du Parc National d'El Kala (Wilaya d'El Tarf)*, 148p.
 - **Grovel, A. (1961).** Recherches sédimentologiques en baie d'Alger. *Thèse. 3^{ème} cycle. Univ. d'Alger*, 45 p.
 - **Guiry, M.D. & Guiry, G.M. (2021).** *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>; searched on 25 June 2021.
 - **Guist, G.G. et Humm, J.J. (1976)** .Effect of sewage effluent on growth of *Ulva lactuca* *Florida Sci.*,39,267-271.
-



- **Hannelin-Vivien, M., Francour P. et Harmelin, J.G.(1999).** « Impact of *Caulerpa taxifolia* on Mediterranean fish assemblages: a six year study », In UNEP: Proceedings of the Workshop on Invasive *Caulerpa* species in the Mediterranean, Heraklion, Crète, Greece, 18-20 March 1998, MTS , n° 125 (éd. UNEP), pp. 127-138, UNEP.
- **Harmelin-Vivien, M., Francour, P., Harmelin, J. G. et Le Direach, L. (2001).** « Dynamics of fish assemblage alterations caused by the introduced alga *Caulerpa taxifolia* near Menton (France) », *4th International Workshop on Caulerpa taxifolia* Gravez V, Ruitton S, Boudouresque C.F. Le Direach L, Meinesz A, Scabbia G. & Verlaque M. eds, GIS Posidoniepublication, 236-245.
- **Hasem, K.K.N., Taleb, M.Z. et Boutiba. (2010).** Utilisation des macrophytes pour l'évaluation du stress environnemental au niveau de la côte Oranaise. **2^{ème} Colloque international sur la Biodiversité et Ecosystèmes littoraux (BEL 02), 28-30 novembre 2010, Oran, Algérie.**
- **Hashem, K.K.N. (2010).** Utilisation des macrophytes pour l'évaluation du stress environnemental au niveau de la côte Oranaise : *Etude préliminaire. Mémoire de Magister. Université Es Sénia, Oran, Algérie*, 81p.
- **Hong, D., Hien, H. et Son, P. (2007).** Seaweeds from Vietnam used for functional food, medicine and biofertilizer. *J Appi. Phycol*, 19:817-826 p.
- **Howarth, R. W. & Marino, R. (1998).** *A mechanistic approach to understanding whyso manyestuaries and brackish waters are nitrogen limited.* (T. HELLSTROM, Éd.) *Effects of nitrogen in the aquatic environment. Swedish Academy of the Sciences, Stockholm*, KVA Report 1, 117-136.



- **Ittis, A. (1980).** Les algues. In : Durand Jean-René (ed.), Lévêque Christian (ed.). *Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahélo-soudanienne : tome 1.* Paris: ORSTOM, p. 9-61. (Initiations-Documentations Techniques; 44).

-J-

- **Julve, P. & Manneville, O. (2006).** Contribution à l'étude synusiale des végétations littorals de macroalgues marines des côtes atlantique françaises *Acta Bot.Gallica* 153: 219-234.

-K-

- **Kadari, M.Y. (1994).** Contribution a` l'étude de l'impact de la pollution sur la distribution spatio-temporelle des peuplements phytobenthiques dans la baie de Bou-Ismaïl (Algérie). *Thèse de Magister, Ecole Normale Supérieure, Algerie*, pp. 226.
- **Kautsky, N., Kautsky, H., Kautsky,U. & Wærn,M. (1986).** Decreased depth penetration of *Fucus vesiculosus* L. since the 1940's indicate eutrophication in the Baltic Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 28, 1–8.
- **Kerfouf, A., Amar., Boutiba. et Zitouni.(2007).** Distribution of Macrobenthos in the Coastal Waters in the Gulf of Oran (Western Algeria). *PJBS: Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10 (6): 899-904.*agister. Université Es Sénia, Oran, Algérie*, 81p.
- **Kerfouf, A.et Benyahia, M. (2001).** Contribution à l'étude de l'effet de la pollution côtière sur quelques espèces de peuplements benthiques indicatrices dans le golfe d'Oran (Algérie occidentale littorale). *Revue Ecosystème n° 1, Volume 1, Université Djillali Liabès : Sidi Bel Abbes. : pp 24-27.*
- **Kim, D.H. (1970).** Economically important seaweeds in Chile-I/*Gracilaia*. *Bot.Mar.*13,140-162.
- **Klein, C., Chan, A. et Kircher L. (2008).** Striking a balance between biodiversity conservation and socioeconomic viability in the design of marine protected areas. *Conserv Biol* doi:10.1111/j.1523-1739.2008.00896.x.
- **Klein, J. (2007).** Impact of *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Caulerpales, Chlorophyta) on macrophyte assemblages of the north-western Mediterranean Sea. *PhD thesis, University of Aix-Marseille II, France*, pp. 315.

-
- **Kwok, K.W.H. et Leung, K.M.Y. (2005).** « Toxicity of antifouling biocides to the intertidal harpacticoid copepod *Tigriopus japonicus* (Crustacea, Copepoda): Effects of temperature and salinity », *Marine Pollution Bulletin*, 51, 830-837.



- **Lacombe, H. (1965).** Cours d'océanographie physique. : *Gauthier Villars*, Paris, 148p.
 - **Lacombe, H. et Tchernia, P, 1960.** Quelques traits généraux de l'hydrologie Méditerranéenne d'après diverses campagnes hydrologiques récentes en Méditerranée dans l'approche Atlantique et dans le détroit de Gibraltar : 526-547.
 - **Lascaratos, A., Williams, R. and Tragou, E. (1989).** Mixed layer study of formation of Levantine Intermediate Water, *J. Geophys. Res.*, 98(C8), 739-749.
 - **Le Jolis, A.,1863.** Liste des algues marines de Cherbourg. *Mémoires de la Société Impériale des Sciences Naturelles de Cherbourg* 10: 5-168, pls I-IV.
 - **Leclaire. L, 1972.** La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares (Pré continent algérien. *Mémoire du magister*)
 - **Leclerc, V., Floc'h J.Y. (2010) :** Les secrets des algues. Carnets de sciences, ISSN 2110-2228.
 - **Lemée, R., Pesando, D., Issanchou, C. and Amade, P. (1997).** « Microalgae: A model to investigate the ecotoxicology of the green alga *Caulerpa taxifolia* from the Mediterranean Sea », *Marine environmental research*, London, 44, 13-25.
 - **Levine,H.G. (1984).** The use of seaweeds for monitoring coastal waters. (*E.SHUBERT, Éd.*) *Algae as Ecological Indicators. Academic Press*, London , 189–210.
 - **Littler, M.M.&Murray,S.N. (1975).** Impact of sewage on the distribution, abundance and community structure of rocky intertidal macroorganisms. *Marine Biology*, 30, 277–291.
 - **Lobban, C.S. et Harrison, P.L. (1994).** Seaweed ecology and physiology. Cambridge University Press, ix + 366pp.
 - **Lohmann, M. (1995).** Flore et faune du littoral p 34, *Chantecler*, [ISBN 2803427788](#).
 - **Loiseaux-De Goer, S. et Noailles, M. C. (2008).** *Algues de Roscoff*. Station Biologique de Roscoff:CNRS.
-

-M-

- **Mabeau, S. et Fleurence, J. (1993).** Seaweed in food products: Biochemical and nutritional aspects. *Trends Food Sci Tech.* 4, 103-107.
- **Marfaing, H. (2004).** Les algues dans notre alimentation : Intérêt nutritionnel et utilisations. *Revue de nutrition pratique. Dietecom Bretagne.* CEVA. 1-9.
- **Masuda, M., Ajisaka, T., Kawaguchi, S., Quang Nang, H., Huu Dinh, N. (1993).** The use of *Sargassum mcclurei* as medical tea in Vietnam. *Japanese J. Phyco*, 41:39-42. *Mediterranean symposium on marine vegetation* (Marseilles, 27-29 March 2007). C
- **Mc Candless, E.L. (1978).** The importance of cell wall constituents in algal taxonomy. In : *Irvine, D.E.G., Price, J.H. Ed. Modern approaches to the taxonomy of red and brown algae*, Academic Press. London, 63-85
- **Mc Neil, M., Darvill, A.G., Fry, S.C. et Albersheim, P. (1984).** Structure and function of the primary cell walls of plants. *Ann. Rev. Biochem*, 53, 625-663.
- **Meinez, A, 2002.** Killer algae, the true tale of a biological invasion Chicago: *the university of Chicago press*.
- **Memory, H. (2006).** *Biologie Module 1*, Diversité des algues et des plantes: 45
- **Meridjen, A. (2014).** Étude phytochimique et activités biologiques de l'extrait brut et ses fractions de l'algue brune *Sargassum muticum*, récoltée sur la côte ouest algérienne (Plage de Madrid). *Mémoire de Master en Biologie. Université Abou Bakr Belkaid Tlemcen, Algérie*.
- **Michel, L., Jocelyne, O., Valérie, D. et Thierry L. (2011).** Guide de reconnaissance et de suivi des macrophytes des lagunes du Languedoc-Roussillon.: 148page.
- **Millot, C. (1985).** Some features of the Algerian current. *J. geophy. Res.*, 90 (C4): 7169-7176.
- **Millot, J. C. (1987).** Circulation in the western Mediterranean Sea. *Oceanologica Acta*, 10 (2): 134-149.
- **Millot, J.C., Taupier-Letage, L. et Benzohra, M.(1989).** *The Algerian Eddies. Earth Sciences Reviews*, 27: 17.

-
- **Munda, I. (1993).** Changes and degradation of seaweed stands in the Northern Adriatic. *Hydrobiologia*, 260/261, 239–253.

Muséum National d'Histoire Naturelle, série. C, Tome XXIV, Paris, pp 372-3

-N-

- **Nixon, S. W.(1995).** Coastal marine eutrophication: A definition, social causes, and future concerns. *Ophelia* , 41, 199-219.
- **Noël, B. (1948).** *Les richesses de la mer. Collection «Encyclopédie biologique » Publications de la Société Linnéenne de Lyon Année 1948* 17-10 p. 204 .
- **Noziah, M.H. et Ching, Ch.Y.(2000).** Nutritional composition of edible seaweed. *Gracilaria changgi. Food Chemistry*. 68,69-76.

-O-

- **Oviatt, C. A., Nowicki, B., Doering, P., Reed, L., Cole, J. et Frithsen, J. (1995).** An ecosystem level experiment on nutrient limitation in temperate coastal marine environments. *Mar. Ecol.Prog. Ser* , 116, 171-179.

-P-

- **Pérès. et Picard. (1964).** l'origine des représentants de plusieurs grands groupes dans les divers étages en Méditerranée.
 - **Pèrez, R.(1997).** Ces algues qui nous entourent, Conception actuelle, Rôle dans la biosphère, utilisations, culture, aquaculture. *Ifremer*.266p.
 - **Perez, R., Kaas, R., Arbault, S. et Barbaroux, O. (1997).** La culture des algues marines dans le monde. *Edition IFREMER*: 613p.
 - **Perez,T.,Sarttoreto,S.,Soltan,D.,Capo,S.,Fourt,M.,Dutriex,E.,Vacelet,J.,Harmelin ,J.G.&Rebouillon,P. (2000).** Etude bibliographique sur les bioindicateurs de l'état du milieu marin. *Système d'évaluation de la Qualité des milieux littoraux – Volet biologique.Rapport Agences de l'eau, 4 fascicules* , pp. 642.
-

-
- **Pergent, G. (1991).** Les indicateurs écologiques de la qualité du milieu marin en Méditerranée. *Oceanis*, 17 (4): 341-350.
 - **Pergent, G., Pergent-Martini, C., Casalta, B., Lopez, Y., Royo, C., Mimault, B., Salivas-Decaux, M. et Short, F. (2007).** Comparison of three seagrass monitoring systems: SeagrassNet, "Posidonia" programme and RSP. Proceedings of the third Pergent-Martini, S. El Asmi, C. Le Ravallec edits., *RAC/SPA publ.*, Tunis: 141-150.
 - **Phillips, D.J. (1994).** Macrophytes as biomonitors of trace metals. *Biomonitoring of Coastal Waters and Estuaries*, 85-103.
 - **Plouguerné, E., Le lann, K., Connan, S., Jechoux, G., Deslandes, E. & Stiger-Pouvreau, V. (2006).** Spatial and seasonal variation in density, reproductive status, length and phenolic content of the invasive brown macroalga *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt along the coast of Western Brittany (France) *Aquat Bot* 85, 337-344.
 - **Praud, A. (1994).** Isolement, caractérisation structurale et analyse de nouveaux métabolites d'algues méditerranéennes appartenant aux genres *Cystoseira* et *Lyngbiya*. *Thèse. Doc.*



- **Radmer, R.J. et Parker, B.C. (1994)** Commercial applications of *algae*: opportunities and constraints. *J Appl Phycol* 6, 93–98 **Rascio V.J.D, Giûdice C.A, del Amo B, 1988** « Research and development on soluble matrix antifouling paints to be used on ships, offshore platforms and power stations » *Corrosion Reviews*, 8 (1-2), 87-153.
 - **Ramdani, M., Sahnouni, F., Haloui, b., Elkhiaati, N., Flower, R., Mesfioui, A. et Ramdani, M. (2015).** Macroepiphytes and macroalgae (Phaeophyceae, rhodophyceae and chlorophyceae) in the nador lagoon (Morocco).
 - **Remili, S. et Kerfouf, A. (2009)** - Surveillance environnementale et développement durable côtier (cas du littoral oranais). *Actes du 5ème Colloque International sur le thème : "Énergies, changements climatiques et développement durable"* (Hammamet, Tunisie) : <http://www.ps2d.net/media/Sadia%20Remili.pdf>.
 - **Remili, S. et Kerfouf, A. (2013).** Evaluation de la qualité physico-chimique et du niveau de contamination métallique (Cd, Pb, Zn) des rejets d'eaux usées d'Oran et de Mostaganem (littoral ouest algérien), *Physio-Géo - Géographie Physique et Environnement, volume VII, (ISSN : 1958-573X) :165 -182.*
-

-
- **Riadi, H.(1998).** Etude nationale sur la biodiversité : biodiversité des algues marines. Projet GEF/ 6105-92. Direction de l'Observation, des Etudes et des Coordination. Maroc, 103p.
 - **Rodriguez-Prieto, C.et Polo, L. (1996).** Effects of sewage pollution in the structure and dynamics of the community of *Cystoseira mediterranea* (Fucales, Phaeophyceae). *Scientia Marina*, 60, 253–263.
 - **Roland & Vian.(1999).***Atlas Biologie Vegetale ; Organisation Des Plantes Sans Fleurs* Jean-Claude Roland, Brigitte Vian Dunod Sciences Sup 29 Janvier 1999sciences & Techniques
 - **Rorrer, G.L. et Cheney, D.P.,(2004).** Bioprocess engineering of cell and tissue cultures for marine seaweeds. *Aquacultural Engineering*.32,11-41.
 - **Rorrer, G.L., Cheney, D.P. (2004).** Bioprocess engineering of cell and tissue cultures for marine seaweeds. *Aquacultural Engineering*.32,11-41.
 - **Ruiz, G. 2005.** Extraction, détermination structurale et valorisation chimique de phycocolloïdes d'algues rouges. *Thèse de doctorat de l'université de Limoges*, p. 36-38.
 - **Ryther, J. H. & M. D. W. (1971).** Nitrogen, phosphorus and eutrophication in the coastal marine environment. *Science* , 171, 1008:1013.



- **Saada, M. (1997).** Présentation générale du littoral et aménagement des zones de baignade. *Séminaire : Ain Témouchent* (23-25 Février 1997).
 - **Sanchez-Machado, D.I., López-Cervantes, J., López-Hernandez, J. and Paseiro-Losada, P. (2004).**Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. *Food Chem.* 85, 439- 444.
 - **Sanchez-Machado, D.I., Lopez-Hernandez, P., Paseiro-Losada, P., Lopez-Cervantes, J. (2004b).** An HPLC method for the quantification of sterols in edible seaweeds *Biomedical Chromatography*, 18, 183–190.
 - **Saraswathi, S., Babu, B.et Rengasamy, R., (2003).** Seasonal studies on the alginate and its biochemical composition 1: *Sargassum polycystum* (Fucales), Phaeophyceae.*Phycol. Res*, 51:240-243.
-

-
- **Seridi, H., Ruitton, S. et Boudouresque, C.F.(2007).** Is it possible to calibrate the pollution level of the region of Algiers (Mediterranean Sea) by exploiting marine macrophytes? *C. R. Biologies* 330, 606–614.
 - **Serio, D., Alongi, G., Catra, M., Cormaci, M. et Furnari, G. (2006).** Changes in the benthicalgal flora of Linosa Island (Straits of Sicily, Mediterranean Sea). *Botanica Marina* 49, 135-144.
 - **Simmoneau, P. et Santa, S., 1951.** Végétation et flore de la forêt de la Macta (Oran). *Annexe de la carte de la végétation de l'Algérie. Feuille d'Oran* : 1-24.
 - **Sivasankari, S., Venkatesalu, V., Anantharaj, M., Chandrasekaran, M. (2006).**effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of *Vignasinensis*. *Bioresour. Technol*, 97:1745-1751.
 - **Smith. F, 1972.** Phosphorous cycle in Man the living environment. Inger et Hassler Editions, *Wisconsin U.P*, pp 48-58.
 - **Soltan, D., Verlaque, M., Boudouresque, C.F. et Francour, P. (2001).** Changes in macroalgal communities in the vicinity of a mediterranean sewage outfall after the setting up of treatment plant. *Mar. Poll. Bull* 42, 59-70.
 - **Stengel, D. B., Connan, S.et Popper, Z. A. (2011).** Algal chemodiversity and bioactivitysources of natural variability and implications for commercial application. *Biotechnology Advances*. 29, 483–501.
 - **Stengel, E. (1970).** Anlagentypen und Verfahren der technischen Algenmassenproduktion. *Ber.Dtsch. Bot. Bd.* , 83 (11), 589-606.
 - **Stiger, V., Deslandes, E. et Payri, C. (2004).** Phenolic contents of two brown algae,*Turbinaria ornata* and *Sargassum mangarevense* on Tahiti (French Polynesia):interspecific, ontogenic and spatio-temporal variations. *Bot. Mar*, 47:402-409.

-T-

- **Thibaut, T., Pinedo, S., Torras, X. et Ballesteros, E.(2005).** Long-term decline of the populations of Fucales (*Cystoseira* spp. and *Sargassum* spp.) in the Alberes coast (France, North-western Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin* 50, 1472–1489.
 - **THibaut, T.Y., 2001.** Etude fonctionnelle, contrôle et modélisation de l’invasion d’une algue introduite en Méditerranée.
-

-V-

- **Vademecum. (1990).** An l'usage des inspecteurs chargés de la protection de l'environnement, Ministère de l'intérieur et de l'environnement, 199p.
- **Valiela, I., Collins, G., Kremer, J., Lajtha, K., Geist, M., Seely, B., Brawley, J. & Sham, C.H. (1997).** Nitrogen loading from coastal watersheds to receiving estuaries: Review of methods and calculation of loading to Waquoit Bay. *Ecol. Appl* , 7, 358-380.
- **Verlaque, M. and Fritayre, P. (1994).** « Mediterranean algal communities are changing in face of the invasive alga *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh », *Oceanologica Acta*, 17, 659-672.

-W-

- **Wallentinus, I. (1999).** *Sargassum muticum*. In: Gollasch, S., Mirichin, D., Rosenthal, H. & Voigt, M. (eds.): Exotics across the ocean. Case histories on introduced species: their general biology, distribution, range expansion and impact. *Logos Verlag*, Berlin.
- **Wilson, I.G. (1997).** Inhibition and facilitation of nucleic acid amplification. *Applied and Environmental Microbiology* **63**, 3741–3751.
- **Wallentinus, I. (2010).** Fact Sheet on *Sargassum muticum*. Alien species in Swedish Seas. Frimmande arter i svenska hav. *Web version Date of Access* 11-02-2013.
- **Wondimu, T., Zemedu Asfaw and Kelbessa E. 2007.** Ethnobotanical Study of food plants around Dheeraa'town, Arsi zone, SINET: Ethiop. J. Sc, 29(1):7180.
- **Wong, Y., Alexander, T. W., McAllister, T.A. (2009).** *In vitro* effects of phlorotannins from *Ascophyllum nodosum* (brown seaweed) on rumen bacterial populations and fermentation. *Journal of the science of food agriculture*. 89, 2252-2260.

-Z-

- **Zerouali, D. (2002).** Exploitation et maintenance des stations d'épuration, *séminaire du 02 au 04 juin, Ed.CIFI (édition restreinte)*.
- **Zitouni, H.(2015).**Valorisation nutritionnelle d'algues marines du littoral Algérien chez le ruminant via des méthodes chimiques, biologiques et moléculairesUniversité des Frères Mentouri Constantine *Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Département de Microbiologie. Thèse. Doc.*

TRAVAUX EN
RAPPORT AVEC LA
THESE

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/351972199>

Checklist of Benthic Marine Macroalgae in Western Algeria By A. Mansouri, A. Baaloudj, F. Toumi, M.A. Bouzidi, A. Kerfouf

Article in *Ukrainian Journal of Ecology* · May 2021

DOI: 10.15421/2021_138

CITATIONS

0

READS

71

5 authors, including:



Affef Baaloudj

University of 8 Mai 1945 Guelma. Algeria

44 PUBLICATIONS 35 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Mohamed Ali Bouzidi

University of Sidi-Bel-Abbes

21 PUBLICATIONS 18 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Kerfouf Ahmed

University of Sidi-Bel-Abbes

84 PUBLICATIONS 151 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Monitoring of pollution and nuisances affecting coastal waters and fishery products, and assessment of their impacts on human health (case of western Algeria). [View project](#)



INNOVANT MANAGEMENT OF THE MEDITERRANEAN WATERS [View project](#)

Checklist of Benthic Marine Macroalgae in Western Algeria

A. Mansouri¹, A. Baaloudj², F. Toumi¹, M.A. Bouzidi¹, A. Kerfouf¹

¹Laboratory for Ecodevelopment of Spaces, Djillali Liabes University, Sidi Bel Abbes, 22000, Algeria

²Laboratory of Water and Environment Biology (LBEE), University May 8, 1945, Guelma, 24000, Algeria

*Corresponding author Email: kerfoufahmed@yahoo.fr, ahmed.kerfouf@univ-sba.dz

Received: 02.04.2021. Accepted: 27.05.2021.

Generally, the benthic aquatic macroalgae is not well-known in the west coast of Algeria. In this study, a revised checklist of macroalgae of algerian west coast with an updated nomenclature and taxonomy has been update. Using currently accepted names, 22 species and infraspecific taxa of macroalgae have been identified, including Chlorophyta (3orders / 4 families / 6 genera / 8 species), Ochrophyta (4 orders/ 4 families / 5 genera / 5 species), and Rhodophyta (7 orders / 7 families / genera / 7 species). The algal diversity of the algerian west coast within the Arzew Gulf is less than that within the Gulf of Oran. The Rhodophyceae occupy the most important average coverage (47.80%), followed by Chlorophyceae (33.06%) and Pheophyceae (19.14%). Given that this is the first inclusive checklist of macroalgae of west coast, it could serve as a foundation for future phycological and biogeographical studies of the taxa in the country and the region.

Keywords: Benthic macroalgae, Checklist, Chlorophyta, Ochrophyta, Rhodophyta, Algerian west coastal.

Introduction

Macrophytes are an indicator of the state of coastal ecosystems, and their study is, therefore, a significant issue. Generally, the benthic macroalgae is not well-known in the west coast of Algeria (Traiche and al., 2018, Bachir Boudjra, 2012). The diversity of macroalgae in aquatic environments can help assess the health of ecosystems, and provide information on invasions of new species (Ramdani et al., 2020). The absence of synthesis work (Boudjra, 2010; Borsali et al., 2020) led us to consider the census and update the checklist of marine benthic macroalgae presented in the west coast of Algeria). Other similar research has been carried out in other areas: Ould-Ahmed et al. (2013), Senties and Dreckmann (2013), Vietnam (Van Nguyen, 2013), Iran (Kokabi and Youcefzadi, 2015).

Materials and methods

Three stations (Mostaganem, Arzew, and Oran) are chosen according to the state of the coastal ecosystem, whether or not it is subject to anthropogenic pressure due to urban, industrial, and port activities (Fig. 1).

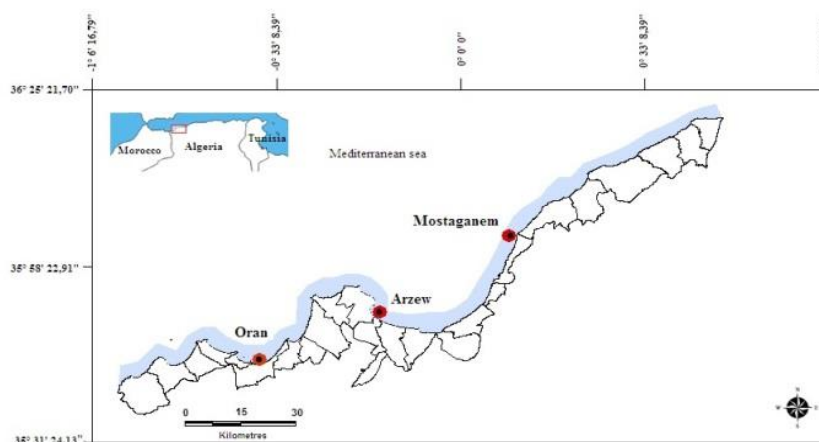


Fig. 1. Geographical location of the studied area.

Waters supply the Gulf of Oran, and the Gulf of Arzew originated from the Atlantic Ocean, and the circulation seems to be very turbulent along the African continent. These turbulences favor the dispersion of eventual pollution sources and permit such relative significant food chain development (Millot, 1989, Kies and al., 2020). The marine algae were isolated, and each of its individuals was identified according to several determination keys, such as Debray (1893), Boudouresque and Seridi (1989), Birje et al. (1996),

Boudouresque and Verlaque (2002), Cabioc'h et al. (2006), Fischer et al. (2007), Ballesteros et al. (2007), Bachir Boudjra (2012), and AlgaeBase (global algal database of taxonomic, nomenclatural and distributional information).

Results and discussion

The sampling campaign made it possible to inventory macroalgae in Algerian west coast, and 22 species were harvested. They are divided into 3 taxa: Chlorophyta, Ochrophyta, and Rhodophyta:

1. Ochrophyta / Heterokontophyta (4 orders / 4 families / 5 genera / 5 species)

Class: Phaeophyceae (Fig. 2)



Caulerpa racemose:



Caulerpa prolifera :



Cladophoropsis membranacea



Codium decorticatum



Enteromorpha compressa



Enteromorpha intestinalis :



Ulva lactuca



Ulva rigida

Fig. 2. Chlorophyta (Mansouri, 2021).

Order: Ectocarpales

Family: Scytosiphonaceae

Genus: Colpomenia

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

Order: Fucales
Family: Sargassaceae
Genus: *Cystoseira*
Species: *Cystoseira stricta* (Sauvageau) 1911
Order: Dictyotales
Family: Dictyotaceae
Genus: *Dictyota*
Species: *Dictyota dichotoma* (Huds, J.V. Lamour) 1809
Genus: *Padina*
Species: *Padina pavonica* (Linnaeus, Thivy) 1960
Order: Fucales
Family: Sargassaceae
Genus: *Sargassum*
Species: *Sargassum muticum* (Yendo, Fensholt) 1955

2. Chlorophyta (3 orders / 4 families / 6 genera / 8 species)

Class: Ulvophyceae (Fig. 3)



Colpomenia sinuosa



Cystoseira stricta



Dictyota dichotoma



Padina pavonica



Sargassum muticum:

Fig. 3. Phéophyta (Mansouri, 2021).

Order: Bryopsidales
Family: Caulerpaceae
Genus: *Caulerpa*
Species: *Caulerpa prolifera* (Forssk., J.V.Lamour.) 1809
Family: Codiaceae
Genus: *Codium*
Species: *Codium Decorticatum* (Woodward, M.Howe,) 1911
Genus: *Caulerpa*
Species: *Caulerpa Racemosa* (Forsskal, J. Agardh1873)

Order: Cladophorales
Family: Boodleaceae
Genus: *Cladophoropsis*
Species: *Cladophoropsis membranacea* (Hofman bang ex C.Agardh, Borgesen) 1905
Order: Ulvales
Family: Ulvaceae

Genus: Enteromorpha

Species: *Enteromorpha compressa* (Linnaeus) 1753

Genus: Enteromorpha

Species: *Enteromorpha intestinalis* (Linnaeus) 1753

Genus: Ulva

Species: *Ulva lactuca* (Linnaeus) 1753

Genus: Ulva

Species: *Ulva rigida* (C. Agardh, 1823).

3. Rhodophyta (7 orders / 7 families / 8 gen/ 7 species)

Class : Florideophyceae (Fig. 4)



Asparagopsis armata



Corallina elongata



Halopitys incurvus



Gelidium crinale



Gracilaria verrucosa



Hypnea musciformis



Peyssonnelia squamaria



Laurencia papillosa



Osmundea pinnatifida

Fig. 4. Rhodophyta (Mansouri, 2021).

Order: Bonnemaisoniales

Family: Bonnemaisoniaceae

Genus: Asparagopsis

Species: *Asparagopsis Armata* (Harvey) 1855

Order: Corallinales

Family: Corallinaceae

Genus: Corallina

Species: *Corallina Elongata* (Lenormand ex Kützing) 1858

Order: Gelidiales
Family: Gelidiaceae
Genus: *Gelidium* (J.V.Lamour) 1813
Genus: *Gelidium*
Species: *Gelidium crinale* (Hare ex Turner, Gaillon) 1828

Order: Gracilariales
Family: Gracilariaceae
Genus: *Gracilaria*
Species: *Gracilis verrucosa* (Robert Kaye Greville) 1830
Order: Gigartinales
Family: Cystocloniaceae
Genus: *Hypnea*
Species: *Hypnea Musciformis* (Wulfen, J.V.Lamouroux) 1813
Order: Ceramiales
Family: Rhodomelaceae
Genus: *Laurencia*
Species: *Laurencia Papillosa* (C. Agardh, Greville) 1830
Genus: *Osmundea*
Species: *Osmundea pinnatifida* (Hudson, Stackh) 1809

Order: Peyssonneliales
Family: Peyssonneliaceae
Genus: *Peyssonnelia* (Decaisne) 1839
Species: *Peyssonnelia squamaria* (S.G.Gmelin) Decaisne ex J.Agardh 1842.

Conclusion

The macroalgae of the Algerian coast remain little studied (Seridi, 2007; Ould-Ahmed et al., 2019). This study made it possible to inventory macroalgae and assess their diversity in the Algerian west coast coastal zone. The Chlorophyceae are represented particularly by *Ulva lactuca* with a recovery of 23.8%, and the Phaeophyceae are represented by *Padina pavonica* with a recovery rate of 17%. The other stations (Arzew and Oran), are characterized by an important general average recovery of Chlorophyceae respectively of 36.36% and 52.53%, with a notable recovery in the two stations, *Ulva lactuca* of (25.2%; 27 %) and for *Hypnea musiformis* (23.2 and 12.8%). It should be noted that the presence of a Pheophyceae at these two stations (Oran and Mostaganem) indicating the good environmental condition: *Cystoseria stricta* with a rate of 17.8% and 12.8%. The species of *Caulerpa racemosa*, is widely represented in Oran and Arzew, while she is absent in Mostaganem (Ould-Ahmed and Meinesz, 2007; Bachir Bouiadjra et al., 2010). This study deserves to be continued over several annual cycles to better understand the evolution of intertidal macroalgae (Rodriguez-Prieto and Polo, 1996).

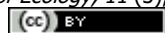
References

- Algae Base. Available from: <https://www.algaebase.org/search/species/>
- Bachir Bouiadjra, B., Taleb, M.Z., Marouf, A., Benkada, M.Y., Riadi, H. (2010). First record of the invasive alga *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta) in the Gulf of Arzew (western Algeria). *Aquatic Invasions*, 5, Suppl. 1, 97-101.
- Bachir Boudjra, B. (2012). Étude de la flore algale benthique et les impacts de ses espèces invasives devant la côte Mostaganemoise. Thèse de doctorat. Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, Algérie, 143p.
- Ballesteros, E., Torras, X., Pinedo, S., Garcia, M., Mangialajo, L., 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, 172-180.
- Birje, J., Verlaque, M., Poydenot, F. (1996). Macrophytobenthos des platiers rocheux intertidaux et semi-exposés de la région de Safi-Essaouira (Maroc occidental). *Oceanologica Acta*, 19, 561-574.
- Borsali, S., Baaloudj, A., Kerfouf, A. (2020). Biochemical study of *Ulva lactuca* and *Cystoseira stricta* from Mostaganem coastline (Western Algeria). *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(3), 116-121.
- Boudouresque Perrete, M., Seridi, H. (1989). Inventaire des algues marines benthiques d'Algérie. GIS Posidonie. Pub. Marseille. France. 117 p.
- Boudouresque, C.F., Verlaque, M. (2002). Biological pollution in the Mediterranean Sea: invasive versus introduced macrophytes. *Mar Pollut Bull*, 44:32–38
- Cabioc'h, J., Floc'h, J., Le Toquin, A., Boudouresque, C., Meinesz, A., Verlaque, M. (2006). Guide des algues des mers d'Europe. Delachaux et Niestlé SA, Paris. Vistas in Botany, Pergamon Press, London, 145-171.
- Debray F. (1893). Liste des algues marines et d'eau douce récoltées jusqu'à ce jour in Algérie. *Bulletin Scientifique de la France et de la Belgique* 25: 1–19.
- Fischer, W., Bauchot, M.L., Schneider, M. (2007). Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. (Révision 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Volume I. Végétaux et Invertébrés, 760p.
- Kies, F., Kerfouf, A., Elegbede, S., Matemilola, P., De Los Rios Escalante, A., Khorchani, S., Savari (2020). Assessment of the coastal and estuarine environment quality of western Algeria using the bioindicator Polychaeta; the genus *Nereis*. *J. Mater. Environ. Sci.*, 11(9), 1472-1481.
- Kokabi, M., Yousefzadi, M. (2015). Checklist of the marine macroalgae of Iran. *Botanica Marina*

- Millot, C. (1989). La circulation générale en Méditerranée occidentale: aperçu de nos connaissances et projets d'études. *Ann. Géog.*, 549 (, XCVII), 498-515.
- Ould-Ahmed, N., Meinesz, A. (2007). First record of the invasive alga *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta) on the coast of Algeria. *Cryptogamie Algologie*, 28,: 303–305.
- Ould-Ahmed, N., Gómez Garreta, A., Ribera Siguan M.A., Bouguedoura, N. (2013). Checklist of the benthic marine macroalgae from Algeria. *Phaeophyceae. Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 70,: 136–143.
- Ould-Ahmed, N., Gomez Garreta, A., Ribera Siguan, M.A. (2019). Checklist of the benthic marine macroalgae from Algeria, part II: *Ulvophyceae*. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 76 (2): e087.
- Ramdani, M., Moulay Brahim, O., El Asri, O., El Khiati, N., Ramdani, M., Denis, F., Roger, J.F. (2020). First report of *Cystoseira aurantia* Kützigg from the Mediterranean coast of Morocco. *Botanica Marina*: 64(1): 41–47.
- Rodriguez-Prieto, C., Polo, L. (1996). Effects of sewage pollution in the structure and dynamics of the community of *Cystoseira mediterranea* (Fucales, Phaeophyceae). *Scientia Marina*, 60, 253–263.
- Senties A., Dreckmann, K.M. (2013). Lista actualizada de las macroalgas de Tabasco, Mexico. Checklist of the macroalgae from Tabasco, Mexico. *Acta Bot. Venez*, 36 (2), 109-117.
- 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 Biologies*, 330,:606-614.
- Traiche, A., Belhaouari, B., Rouen-Hacen, O. (2018). Study of Macroalgae Biodiversity In the Western Algerian Coast, Ténès. *Current Botany*, 9: 28-32.
- Van Nguyen Tu., Nhu Hau Le., Showe-Mei Lin., Frederique, S., Olivier D e Clerck. (2013). Checklist of the marine macroalgae of Vietnam. *Botanica Marina*, 56(3), 207–227.

Citation:

Mansouri, A., Baaloudj, A., Toumi, F., Bouzidi, M.A., Kerfouf, A. (2021). Checklist of Benthic Marine Macroalgae in Western Algeria. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11 (3), 40-45.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0. License
