

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



THÈSE

Présentée à

L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'AGRONOMIE

Alger

Par

Nora OULD-AHMED

Pour l'obtention du diplôme de

DOCTORAT

en

SCIENCES AGRONOMIQUES

*Étude de la flore algale des côtes algériennes :
connaissance, caractérisation, conservation et utilisation.*

Soutenu le 11/02/2015

devant le jury

Président

M^r Z. BOUZNAD

Professeur (ENSA, Alger)

Directeur de thèse

M^{me} N. BOUGUEDOURA

Professeur (USTHB, Alger)

Membres Examineurs

M^{me} M. A. RIBERA SIGUAN

Professeur (Université de Barcelone)

M^{me} S. BENHOUBOU

Professeur (ENSA, Alger)

M^{me} A. GÓMEZ GARRETA

Professeur (Université de Barcelone)

M^{me} F. LOUANCHI

Professeur (ENSSMAL, Alger)

REMERCIEMENTS

En premier, je tiens à remercier les personnes qui m'ont fait l'honneur d'accepter de faire partie du jury de cette thèse :

Monsieur Z. Bouznad Professeur à l'ENSA en tant que président et aussi pour sa disponibilité en tant que chercheur, il a toujours été à l'écoute et m'a souvent orientée vers les grands axes de la biologie moléculaire. Je lui exprime ma sincère gratitude.

Madame N. Bouquedoura, Professeur à l'USTAB, ma Directrice de thèse, pour l'intérêt qu'elle a porté à ce travail depuis le début jusqu'à son aboutissement et pour m'avoir toujours témoigné son dévouement en me conseillant efficacement et aimablement chaque fois que j'ai eu recours à elle. Elle n'a cessé de contribuer de diverses manières pour que cette thèse se réalise. Qu'elle trouve ici toute ma reconnaissance.

Je ne saurais trouver les mots pour exprimer toute ma gratitude à Madame A. Maria Ribera-Siquan, Professeur à l'université de Barcelone que j'ai eu la chance d'avoir comme enseignante en systématique et écologie des algues à Banyuls sur-mer en 1991 et en 1995, pour m'avoir reçue plus d'une fois dans son laboratoire de Botanique à Barcelone, pour sa bienveillance, ses connaissances si étendues en Algologie et autres disciplines qu'elle n'a cessées de me prodiguer, pour sa disponibilité à rester travailler avec moi jusqu'à très tard au laboratoire puis à distance, pour son altruisme à mon égard, sans oublier ses encouragements et sa passion pour la Science et pour la flore algale d'Algérie, je lui dois, en fait, l'aboutissement de cette thèse et sa présence dans ce jury m'honore tout particulièrement.

Un grand Merci à Madame A. Gómez - Garreta, Professeur à l'université de Barcelone qui me fait l'honneur et le plaisir d'être membre examinateur de ce jury, qui m'a fait partager, et depuis déjà mes stages à Banyuls, ses connaissances sur les algues et particulièrement les Phaeophyceae qui n'ont aucun secret pour elle. Je la remercie également de m'avoir accueillie aimablement dans son laboratoire, pour sa contribution précieuse à réaliser cette étude et pour l'amicale sollicitude dont elle m'a toujours fait preuve.

Je remercie vivement Madame S. Benhouhou, Professeur à l'ENSA en tant qu'examinatrice écologiste dans ce jury et également en tant que chercheur qui m'a témoigné de l'intérêt pour cette étude, pour ses encouragements, sa disponibilité et son suivi des dernières étapes de cette thèse. Qu'elle soit assurée de mes sincères remerciements.

Je remercie également ma collègue Madame F. Louanchi Professeur à l'ENSSMAL qui, sans hésiter, a accepté de faire partie de ce jury ; un témoignage de sa part pour que cette thèse puisse enfin aboutir, je lui suis reconnaissante pour sa qualité de pédagogue, pour son aide et ses encouragements, non seulement à mon égard mais aussi à l'égard de tous les collègues enseignants thésards, à bien mener leur travail et finaliser leurs thèses. Sa présence dans ce jury m'est très agréable.

C'est également une occasion pour moi de remercier les algologues turcs, espagnols et français qui m'ont aidée à réaliser les différents volets de cette thèse:

Professeurs Gamze Turan, İnci Tuney et Atakan Subatan de l'université de Bornova (İzmir) pour m'avoir reçue très amicalement dans leurs laboratoires et leurs aides à réaliser le travail de biologie moléculaire, ainsi que le Professeur Sukran Çirik, mon directeur de thèse de magister pour m'avoir facilité l'accès à ces laboratoires.

Les professeurs Teresa Garnateje et Docteur Gioana Aragay, de l'université de Barcelone pour m'avoir aidée en phylogénie sans oublier Professeur Jordy Rull pour m'avoir facilitée à comprendre la chimie des algues.

Je tiens à remercier vivement le Professeur Marc Verlaque de l'université de Luminy (Marseille) d'avoir toujours été disponible pour m'aider à l'identification de certaines espèces d'algues complexes et pour tous les documents sur les algues qu'il a eu la gentillesse de m'envoyer depuis ma première étude sur les algues.

Je ne pourrais oublier de remercier chaleureusement le Professeur Alexandre Meinesz du Laboratoire Environnement Marin Littoral de l'université de Nice. Le Maître des Caulerpes ! que j'ai eu l'honneur de connaître après m'avoir reçue aimablement dans son laboratoire. Il m'a fait aimer les Caulerpes et je suis honorée, et à juste titre, d'avoir pu publier avec lui sur les Caulerpes d'Algérie.

Mes remerciements vont également à mon collègue et ami Farid Hemida pour m'avoir initiée à l'analyse statistique (AFC) et à tous mes autres collègues et amis (es) de l'ENSSMAL et d'ailleurs pour leur soutien amical. Qu'ils veuillent bien m'excuser de ne pas pouvoir tous les citer.

Je remercie tous mes étudiants qui ont choisi de travailler avec moi, sur les algues, en tant que leur promotrice, je souhaite qu'ils puissent prendre un jour la relève.

Enfin, cette thèse n'aurait pas pu voir le jour sans l'amour inconditionnel et le réconfort solide des membres de ma famille, en particulier mon frère Sammy pour toute son aide sur terrain et d'avoir assuré minutieusement la traduction anglophone de tous mes travaux. Je leur dois à tous une immense et profonde gratitude.

Résumé. Étude de la flore algale des côtes algériennes : connaissance, caractérisation, conservation et utilisation.

Cette étude, réalisée sur 12 sites, étendus sur le littoral algérien, constitue une contribution à la connaissance de la flore algale marine de l'Algérie qui est aussi riche que peu explorée.

Sur le plan floristique, 260 espèces ont été identifiées dont 10 sont nouvelles pour la flore algale des côtes algériennes. 11 espèces sont introduites en Méditerranée dont 5 sont invasives. Les résultats obtenus, par le calcul des paramètres analytiques et synthétiques, mettent en évidence une prédominance des Rhodobiontes, un rapport R/P global de 2.54, une richesse des espèces photopiles et à moindre écart les sciaphiles. L'affinité biogéographique de la flore étudiée est essentiellement de type Atlantique, résultant de l'entrée des eaux atlantiques, en Méditerranée, par le détroit de Gibraltar. L'indice de similitude de Sorensen a permis de déterminer une affinité entre les îles-Habibas, Parcs de Taza et Gouraya. Ce résultat se confirme par l'analyse factorielle des correspondances (AFC) qui a permis de délimiter un groupe commun pour ces 3 sites (en plus de Kouali). Ce groupe se distingue par sa communauté algale bien structurée, homogène, relativement équilibrée et non polluée. Ces sites abritent en effet des espèces, paysages et peuplements marins qui constituent un véritable patrimoine naturel qui mérite un statut de conservation. L'étude phytosociologique du rejet thermique (Arzew) sur le phytobenthos superficiel révèle des valeurs faibles du nombre d'espèces et du recouvrement, et un rapport R/P élevé près de l'effluent thermique, où les Chlorobiontes (Ulvales) prédominent et les Chromobiontes dont les Cystoseires, sont très rares, voire absentes. La même étude réalisée en profondeur met en évidence une végétation « pauvre » dominée par une espèce thermophile : *Caulerpa prolifera*. Le nombre d'espèces est faible dans les relevés avoisinant le rejet thermique, où parfois cette espèce est seule présente. Le recouvrement total est au profit de cette algue (100%). Les quelques espèces associées sont surtout à affinité chaude. Les résultats phytosociologiques du peuplement à *C. racemosa* montrent un nombre d'espèces associées très faible, notamment en été, où cette espèce enregistre le maximum de son recouvrement. C'est la résultante de son expansion durant cette saison. La flore associée est principalement composée de Corallinaceae et de quelques Cérariales. Cette étude confirme nos observations sur terrain où cette espèce est actuellement envahissante au niveau de l'aire étudiée (Sidi-Fredj). L'analyse phytosociologique de la flore algale épiphyte des feuilles à *Posidonia oceanica* (Kouali) marque une richesse spécifique qualitativement dominée par les Rhodobiontes (Ceramiales) et quantitativement par les Chromobiontes (Ectocarpales). Un gradient décroissant du nombre d'espèces épiphytes est noté en fonction de la profondeur, ce qui est lié à la diminution de la lumière. L'étude phylogénétique a permis de confirmer l'identification taxonomique de 5 espèces du genre *Cystoseira* dont les séquences (LSU rDNA) de 4 espèces sont inédites (*C. compressa*, *C. crinita*, *C. amentacea* var. *stricta* et *C. barbata*) et celles d'une espèce (*C. tamariscifolia*) ne sont connues, jusque-là, que pour des exemplaires de l'Atlantique. L'extraction des alginates sur les Phaeophyceae révèle des rendements relativement faibles mais avec un très bon pouvoir gélifiant. L'agar extrait des Floridiophyceae, vu sa force de gel, se situe dans l'intervalle des agars qualifiés de « haute qualité » ; sa température de gélification et de fusion se rapprochent de celles enregistrées sur l'agar bactériologique.

Mots clés : Flore algale marine, littoral algérien, phytosociologie, conservation, espèces introduites, *Cystoseira*, phylogénétique, alginates, agars.

ملخص: دراسة الطحالب في الساحل الجزائري: معرفتها، وصفها، الحفاظ عليها واستخدامها.

هذه الدراسة، التي أجريت في 12 موقعا، امتدت على الساحل الجزائري، وساهمت في معرفة الطحالب البحرية في الجزائر، وهي غنية رغم قلة البحث فيها، تم معرفة 260 نوعا 10 طحالب منها جديدة في الساحل الجزائري.

يتم إدخال 11 نوعا في البحر الأبيض المتوسط 5 منها غازية. النتائج التي تم الحصول عليها عن طريق حساب المعلومات التحليلية والتركيبية تظهر غلبة الرودوبيونت، تقرير R / P عموما 2.25، وثروة من الطحالب الضوئية يتبعها الطحالب اللاضوئية.

التقارب البيوجغرافي من النباتات المدرسة هو أساسا من نوع الأطلسي الناجمة عن دخول مياه المحيط الأطلسي في البحر المتوسط عبر مضيق جبل طارق. تم استخدام مؤشر تشابه سورنسن وحدد تقارب بين الجزر حبيباس ومنتزهات تازة وقوراية.

هذه النتيجة تؤكد من خلال تحليل المراسلات (AFC) مما ساعد على تحديد مجموعة مشتركة لهذه المواقع الثلاثة (بالإضافة إلى كوالي). وتتميز هذه المجموعة من قبل المجتمع الطحلي ان لها تنظيما جيدا، متجانسة ومتوازنة نسبيا وغير ملوثة. هذه المواقع هي المضيضة لهذه الأنواع، والمناظر الطبيعية والسكنات البحرية التي تشكل التراث الطبيعي الحقيقي الذي يستحق فعلا حفظها.

الدراسة الفيتوسوسيلوجية بالقرب من تفرغ الماء الساخن (أرزبو) على سطح الفيتوبانتوس تكشف القيم المنخفضة من الطحالب والغطاء النباتي، وقيمة R / P عالية قرب النفايات السائلة الحرارية، حيث كلوروبيونت تسود والكروموبيونت كسيستوزيرا نادرة جدا أو غائبة. نفس الدراسة في العمق تظهر غطاء نباتيا "فقيرا" الذي يهيمن عليه الأنواع الحرارية: *كوليريا بروفيرا*. الغطاء النباتي الكلي يصب في صالح هذا الطحلب (100%). وقليل من الأنواع ذات الصلة هي في الغالب ساخنة. النتائج الفيتوسوسيلوجية للمجتمع النباتي *كوليريا راسيموزا* تظهر عدد من الأنواع الطحالبية المتعايش معها منخفض جدا، خصوصا في فصل الصيف، حيث يسجل هذا النوع الحد الأقصى من غطائها النباتي. ذلك هو نتيجة لتوسعها خلال هذا الموسم. وتتكون النباتات المتعايشة أساسا من كوراليناسي وبعض من السيراميال. وتؤكد هذه الدراسة ملاحظتنا على الأرض حيث هذا النوع منتشر الآن في المنطقة المدروسة (سيدي فرج).

التحليل الفيتوسوسيلوجي للطحالب المتطفلة انها أوراق *البوزيدونيا اوسيانكا* (كوالي) يمثل ثراء نوعي يهيمن عليها الرودوبيونت (سيراميال) وكمية الكروموبيونت (ايكتوكاربال). وأشار التدرج التنازلي في عدد الأنواع المتطفلة والتي لها علاقة بين العمق وانخفاض الضوء.

وأكدت الدراسة الفيلوجينيتيكية تحديد خمسة أنواع من جنس سيستوزيرا التي من سلالة (LSU rdna) منها 4 سلالات جديدة (س. كوميريسا، س. كرينيتا، س. امونتاسيا نوع ستريكنا، و س. برباتة) وسلالات نوع (س. تاماريسيفوليا) الغير معرفة لحد الان الا في المحيط الأطلسي.

استخراج أملاح الجينيه من فيوفيسي يظهر العائدات المنخفضة نسبيا ولكن مع قوة تبلور جيدة جدا. **L'agar** المستخرج من فلوريديفيسي نظرا لقوت هلامه يوضع في صنف **agars** ذو "جودة عالية". درجة حرارة التبلور والانصهار مماثلة لتلك التي سجلت على **l'agar** البكتريولوجية

كلمات البحث: الطحالب البحرية، الساحل الجزائري، فيتوسوسيلوجي، الحفظ، الأنواع المدخلة، سيستوزيرا، الفيلوجينيتيك، الأملاح الجينيه **agars**.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	7
1.1. CONTEXTE DE L'ETUDE	7
1.2. OBJECTIFS	10
2. GENERALITES SUR LA CÔTE ALGERIENNE	13
2.1. DONNEES CLIMATOLOGIQUES	14
2.2. RESEAU HYDROGRAPHIQUE	15
2.3. ASPECTS GEOMORPHOLOGIQUES	16
2.4. DONNEES OCEANOGRAPHIQUES	16
2.4.1. Circulation générale des masses d'eaux en Méditerranée	17
2.4.2. Hydrologie du bassin algérien	18
2.4.3. Paramètres physico-chimiques de l'eau	18
3. FLORE ALGALE D'ALGERIE	18
3.1. HISTORIQUE	19
3.2. MATERIEL ET METHODES	22
3.2.1. Présentation des sites d'étude	22
3.2.1.1. Littoral Ouest	22
a) Les iles Habibas	23
b) Mers-El-Hadjaj (région d'Arzew)	24
3.2.1.2. Littoral Centre	25
a) Cherchell (Sidi Ghiles)	25
b) Chenoua	26
c) Anse de Kouali	26
d) Ain Tagourait	27
e) Bou-Ismaïl	27

f) Sidi-Fredj	28
g) Ain Benian (La Madrague)	29
h) Boumerdès	29
3.2.1.3. Littoral Est.....	30
a) Parc de Gouraya.....	30
b) Parc de Taza	31
3.2.2. Techniques d'échantillonnage	32
3.2.2.1. Prélèvements «sauvages »	32
3.2.2.2. Prélèvements phytosociologiques.....	33
3.2.3. Paramètres analytiques et synthétiques	37
3.2.4. Groupes écologiques	38
3.2.5. Éléments biogéographiques	40
3.2.6. Analyse factorielle des correspondances.....	41
3.2.7. Étude moléculaire et phylogénétique.....	42
3.3. RESULTATS ET DISCUSSIONS	47
3.3.1. Inventaire et mise à jour taxonomique des espèces identifiées...	47
3.3.2. Espèces nouvelles pour la flore d'Algérie.....	61
3.3.3. Espèces introduites.....	65
3.3.3.1. Espèces invasives : mention particulière sur <i>C. racemosa</i>	67
3.3.3.2. Espèces non invasives.....	70
3.3.4. Analyse floristique	72
3.3.4.1. Groupes taxonomiques	72
3.3.4.2. Rapport R/P	73
3.3.4.3. Groupes écologiques	74
3.3.4.4. Éléments biogéographiques.....	75
3.3.5. Analyse phytosociologique.....	76
3.3.5.1. Relevés liés au rejet thermique	76

3.3.5.2.	Relevés à <i>Caulerpa prolifera</i>	84
3.3.5.3.	Relevés à <i>Caulerpa racemosa</i>	92
3.3.5.4.	Relevés de la flore épiphyte à <i>Posidonia oceanica</i>	95
3.3.6.	Comparaison entre localités (sites)	100
3.3.6.1.	Le coefficient T	100
3.3.6.2.	Les groupes taxonomiques.....	101
3.3.6.3.	Le rapport R/P.....	104
3.3.6.4.	Les groupes écologiques.....	104
3.3.6.5.	Les éléments biogéographiques	107
3.3.6.6.	Similitude floristique.....	110
3.3.7.	Analyse factorielle des correspondances	112
3.3.8.	Analyse moléculaire et phylogénétique	114
4.	CONSERVATION DES ESPECES ET POPULATIONS ALGALES	126
4.1.	INTRODUCTION	126
4.2.	AIRES MARINES PROTEGEES.....	127
4.3.	ESPECES MARINES MENACEES.....	128
4.4.	PAYSAGES MARINS MENACES.....	133
4.5.	PEUPELEMENTS MARINS MENACES	134
4.6.	DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS.....	136
5.	UTILISATION DES ALGUES	140
5.1.	INTRODUCTION	140
5.2.	CONNAISSANCES GENERALES.....	140
5.3.	LES ALGINATES.....	142
5.3.1.	Structure, composition, propriétés et utilisation	142
5.3.2.	Matériel et méthodes	146

a) Choix des alginophytes	146
b) Récolte.....	147
c) Traitement au laboratoire.....	147
d) Extraction des alginates.....	147
e) Test d'identification de l'alginate	148
f) Rapport M/G	148
5.3.3. Résultats et discussion	149
a) Identification de l'alginate	149
b) Le rapport M/G.....	149
c) Le rendement en alginates.....	150
5.4. LES AGARS.....	151
5.4.1. Structure, composition, propriétés et utilisation	151
5.4.2. Matériel et méthodes	154
a) Choix des agarophytes	154
b) Récolte	156
c) Traitement au laboratoire	156
d) Extraction de l'agar	156
e) Test de la qualité de l'agar.....	157
5.4.3. Résultats et discussion	158
a) Le rendement de l'extraction	158
b) La qualité de l'agar extrait	101
6. CONCLUSION GENERALE.....	164
7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	170

LISTE DES FIGURES

Figure 1(a): Localisation de l'Algérie dans son cadre Méditerranéen	14
Figure 1(b): Bassins et sous bassins de la mer Méditerranée	14
Figure 2: Circulation générale de surface dans la mer Méditerranée.....	17
Figure 3: Localisation des différents sites d'étude.....	22
Figure 4: Vue générale des îles Habibas	23
Figure 5: Centrale électrique de Mers El Hadjadj : Arzew (site d'échantillonnage)	25
Figure 6: Site d'échantillonnage à Cherchell (ceinture à <i>Cystoseira</i>)	25
Figure 7: Site d'échantillonnage à Chenoua (ceinture à <i>Cystoseira</i>)	26
Figure 8: Site d'échantillonnage à l'Anse de Kouali	27
Figure 9: Site d'échantillonnage à Ain Tagourait	27
Figure 10: Site d'échantillonnage à Bou-Ismaïl	28
Figure 11: Site d'échantillonnage à la presqu'île de Sidi-Fredj	28
Figure 12: Site d'échantillonnage à Ain Benian (La Madrague)	29
Figure 13: Site d'échantillonnage à Boumerdès.....	30
Figure 14: Vue générale du site du Parc de Gouraya.....	31
Figure 15: Vue générale du site du Parc de Taza	31
Figure 16: Localisation des stations liées au rejet thermique (relevés superficiels)	34
Figure 17: Localisation des stations de prélèvements à <i>Caulerpa prolifera</i>	34
Figure 18: Localisation des stations de prélèvements à <i>Caulerpa racemosa</i>	35
Figure 19: Localisation des stations de prélèvements des épiphytes à <i>Posidonia oceanica</i>	36
Figure 20: Analyse de l'ADN sur du gel agarose à 0,8% et spectrophotométrie	44
Figure 21: Résultats PCR obtenus par Alg26SF et Alg26SR primers.....	45
Figure 22: <i>Grateloupia lanceola</i>	61
Figure 23: <i>Lithophyllum decussatum</i>	61
Figure 24 : <i>Cystoseira barbata</i>	63
Figure 25: <i>Cystoseira humilis</i>	63
Figure 26: Appareil végétatif de <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>cylindracea</i>	64
Figure 27: Les phases successives d'une introduction d'espèce	65
Figure 28: Évolution du nombre de Macrophytes introduites en Méditerranée.....	66
Figure 29: Localisation de l'espèce invasive <i>C. racemosa</i> en Algérie et dans les différentes régions de la Méditerranée occidentale avec l'année de sa première découverte.....	70
Figure 30: Coefficient Q total (A) et Dominance qualitative totale DQ(%) (B) des groupes taxonomiques	73
Figure 31: Coefficient Q total (A) et Dominance qualitative totale DQ(%) (B) des groupes écologiques	74
Figure 32: Coefficient Q total (A) et Dominance qualitative totale DQ(%) (B) des différents éléments biogéographiques	75
Figure 33: Nombre d'espèces par relevé en fonction de la distance au rejet et des saisons ...	77
Figure 34: Recouvrement total (Rt%) / relevé en fonction de la distance au rejet/saison	78
Figure 35: Rapport R/P par relevé en fonction de la distance au rejet et des saisons.....	79
Figure 36: Coefficient Q des groupes taxonomiques/relevé en fonction de la distance au rejet et des saisons	82
Figure 37: Dominance qualitative DQ (%) des groupes taxonomiques par relevé en fonction de la distance au rejet et des saisons	83
Figure 38: Coefficient T/ relevé à <i>C.prolifera</i> en fonction de la distance au rejet et/ saison .	85
Figure 39: Coefficient Q des groupes taxonomiques/ relevé à <i>C.prolifera</i> en fonction de la distance au rejet et des saisons	87

Figure 40: Coefficient Rt total / relevé à <i>C.prolifera</i> en fonction de la distance au rejet et des saisons	88
Figure 41: Recouvrement (Rt) / relevé des groupes taxonomiques associés à <i>C. prolifera</i> en fonction de la distance au rejet et des saisons	90
Figure 42: Température (° C) moy. saisonnière (à-5m) en fonction de la distance au rejet....	91
Figure 43: Coefficient T moyen /relevé à <i>C.racemosa</i> en fonction des saisons... ..	92
Figure 44: Recouvrement total moyen (Rt%)/relevé à <i>C.racemosa</i> en fonction des saisons... ..	92
Figure 45: Recouvrement total moyen (Rt %) de <i>C. racemosa</i> en fonction des saisons	93
Figure 46: Coefficient Q moyen des groupes taxonomiques associés à <i>C.racemosa</i> en fonction des saisons... ..	94
Figure 47: Dominance qualitative (DQ%) moyenne des groupes taxonomiques associés à <i>C.racemosa</i> en fonction des saisons... ..	95
Figure 48: Nombre total d'espèces d'algues épiphytes à <i>P. oceanica</i>	95
Figure 49: Nombre total d'espèces d'algues épiphytes à <i>P.oceanica</i> en fonction de la profondeur	96
Figure 50: Recouvrement total (Rt) des espèces algales épiphytes à <i>P.oceanica</i> en fonction de la profondeur	97
Figure 51: Recouvrement (Rt) des groupes taxonomiques épiphytes à <i>P.oceanica</i> en fonction de la profondeur	98
Figure 52: Le nombre d'espèces des groupes taxonomiques (CoefficientQ) épiphytes à <i>P.oceanica</i> en fonction de la profondeur... ..	99
Figure 53: Dominance qualitative (DQ%) des groupes taxonomiques épiphytes à <i>P.oceanica</i> en fonction de la profondeur... ..	100
Figure 54: Nombre total d'espèces (Coefficient T) par site... ..	100
Figure 55: Nombre d'espèces des groupes taxonomiques par site (Coefficient Q)	102
Figure 56: Dominance qualitative DQ(%) des groupes taxonomiques par site	103
Figure 57: Valeurs du rapport R/P des différents sites... ..	104
Figure 58: Le nombre d'espèces (coefficient Q) des groupes écologiques par site	105
Figure 59: Dominance qualitative DQ(%) des groupes écologiques par site... ..	106
Figure 60 : Nombre d'espèces (Coefficient Q) des éléments biogéographiques par site... ..	108
Figure 61: Dominance qualitative DQ(%) des éléments biogéographiques par site... ..	109
Figure 62: Résultats de l'analyse factorielle des 260 espèces identifiées sur les 12 sites d'étude... ..	112
Figure 63: résultats de l'alignement (par CLC Sequence program)	119
Figure 64: Arbre phylogénétique (region LSU rDNA sequences ; « Neighbour Joining Method» avec une valeur de 100 bootstrap : numéro des nodes indiquant le % de bootstrap support utilisant NJ ; 100 replications) pour les échantillons du genre <i>Cystoseira</i> d'Algérie... ..	120
Figure 65: Arbre phylogénétique (région LSU rDNA séquence) par la méthode Bayesian Inférence des espèces de <i>Cystoseira</i> obtenues et des espèces du même genre + <i>Carpoglossum confuluens</i> de GenBank. Le numéro de nodes indique la probabilité du support.....	122
Figure 66: <i>Hypnea spinella</i>	129
Figure 67: <i>Lithophyllum byssoides</i> (<i>L. lichenoides</i>)	130
Figure 68 : <i>Cystoseira amentacea</i> var. <i>stricta</i>	129
Figure 69: <i>Cystoseira ercegovicii</i>	131
Figure 70: <i>Cystoseira sedoides</i>	131
Figure 71: <i>Cystoseira spinosa</i>	133
Figure 72: Encorbellement à <i>Lithophyllum byssoides</i>	135
Figure73: Place des phycocolloïdes parmi les colloïdes utilisés pour épaissir ou gélifier les solutions aqueuses... ..	142
Figure 74: Structure de l'acide alginique... ..	143

Figure 75: Principales utilisations de l'acide alginique.....	144
Figure 76: Les deux espèces d'alginoxytes utilisées.....	146
Figure 77: Structure moléculaire des agars.....	152
Figure 78: Principaux domaines d'application des agars.....	153
Figure 79 (a): Gelidiales utilisées pour l'extraction de l'agar.....	155
Figure 79 (b): Gigartinales utilisées pour l'extraction de l'agar.....	155

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Localisation des différentes stations d'échantillonnage en fonction de la distance au rejet thermique	33
Tableau 2: Données bibliographiques du rapport R/P en fonction de la latitude.....	38
Tableau 3: Les différents échantillons de <i>Cystoseira</i> et leurs sites respectifs	43
Tableau 4: Conditions utilisées pour l'analyse PCR.....	44
Tableau 5: Les différentes amorces utilisées et leur température de fusion	45
Tableau 6: Évolution du nombre de macrophytes introduites en Méditerranée.....	66
Tableau 7: Dominance qualitative DQ(%) des groupes écologiques par site.....	106
Tableau 8: Nombre d'espèces (coefficient Q) des éléments biogéographiques par site	108
Tableau 9: Dominance qualitative DQ(%) des éléments biogéographiques par site.....	109
Tableau 10: Les échantillons et leur longueur (bp) de la région LSU rDNA obtenus après séquençage	114
Tableau 11: Numéros d'accès des paires de bases (région LSU-rDNA) des différentes espèces du genre <i>Cystoseira</i> + <i>Carpoglossum confluens</i> et leur référence dans Gen Bank (NCBI)	122
Tableau 12: Teneurs en acide alginique et le rapport M/G des principaux alginoxytes.....	150
Tableau 13: Teneur en agar obtenu selon les deux méthodes d'extraction... ..	159
Tableau 14: Qualité de l'agar obtenu par les deux méthodes d'extraction.....	161

INTRODUCTION

1. INTRODUCTION

1.1. CONTEXTE DE L'ETUDE

La Mer Méditerranée constitue un pôle de biodiversité spécifique avec un taux remarquable d'endémisme (Boudouresque, 1996). En effet, la Méditerranée fait partie des principaux centres de diversité biologique, reconnus à l'échelle mondiale (Myers *et al.*, 2000). C'est également l'une des mers la plus étudiée au monde (UNEP-MAP RAC/SPA, 2010). (*United Nations Environment programme- Mediterranean Action Plan-Regional Activity Centre for Specially Protected Areas.*)

La flore algale de Méditerranée est principalement connue depuis l'étude de Feldmann (1938) sur la côte des Albères. L'auteur a, entre autres, distingué différentes associations dans lesquelles il décrit un certain nombre d'espèces « caractéristiques », ce qui a permis de donner un aperçu sur la flore benthique de la Méditerranée. C'est vers les années 50 et 60 que les études d'algologie ont pu s'étendre et progresser, particulièrement dans la rive Nord-Ouest de la Méditerranée, notamment par Magne, Boudouresque, Verlaque, Meinesz et Cabioch en France ; Ribera-Siguan, Gómez-Garreta, Rodriguez et Ballesteros en Espagne ; Cinelli, Cormaci, Furnari et Giaccone et Piazzini en Italie ; Ercegovic et Panayotidis en Grèce. Les travaux sur la flore benthique de la Méditerranée orientale sont, par contre, peu connus par rapport à celles de la Méditerranée occidentale (Cirik, 1991).

C'est l'aspect taxonomique qui fut abordé en premier, pour décrire, classer ou bien établir des listes floristiques algales, telles que la révision de quelques groupes taxonomiques comme les Chlorophycées et Fucophycées par Hamel (1930 ; 1931-1939), l'étude des Corallinacées par Lemoine (1940) et Cabioch (1966) et l'étude des Céramiacées par Feldmann-Mazoyer (1940). En effet, l'approche phytosociologique à l'étude des peuplements algaux de Méditerranée n'a vu le jour que bien plus tard, grâce aux travaux de Molinier et Picard (1954), Molinier (1960) puis Pérés et Picard (1964). Cette étude a progressé par la suite avec d'autres travaux de phytosociologie dont ceux de Boudouresque (1970 et 1971) le long des côtes varoises, Dhont et Coppejans (1977) sur les peuplements algaux photophiles de Port-Cros et de Banyuls (France) puis Diapoulis (1983) sur le phytobenthos du golfe de Saronikos (Grèce). L'étude phytosociologique a permis de mieux connaître, analyser et interpréter les biocénoses à dominance algale de la Méditerranée.

Ces biocénoses peuvent toutefois être dénaturées par un certain nombre de facteurs dont principalement le facteur « Pollution », en effet, la Méditerranée de par son aspect topographique, la caractérisant de mer semi fermée, fait d'elle une mer vulnérable. Elle a été classée par le PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement) parmi les cinq régions du monde où les problèmes environnementaux sont les plus graves (Ramade, 1993). Quatre sources de pollutions sont connues en Méditerranée (Boudouresque, 1996), celle d'origine industrielle, les apports des polluants fluviaux, les apports des déchets rejetés en mer par des émissaires urbains et les apports de matières organiques, d'azote et de phosphore liés à l'aquaculture. Les études d'impact direct de la pollution sur le phytobenthos méditerranéen sont fondamentalement connues par Molinier (1960), Belsher (1974), Bellan-Santini (1969) et Bellan-Santini *et al.* (1994). Leurs résultats se résument en un déséquilibre des peuplements phytobenthiques traduisant une diminution de la biodiversité, voire

la disparition de certaines espèces sensibles comme celles du genre *Cystoseira* et la prolifération des Chlorophyceae du genre *Enteromorpha* (*Ulva*). Quant à la pollution d'origine thermique sur le phytobenthos, celle-ci constitue un sujet peu abordé en Méditerranée. Les principales études réalisées sont celles de Verlaque (1977 et 1987) et de Verlaque *et al.* (1981) dans le golfe de Fos (France). Ces auteurs notent, essentiellement, une diminution du nombre d'espèces de macroalgues et de leur couverture végétale à proximité du rejet thermique.

La Méditerranée est également connue par l'introduction des espèces exotiques, parmi lesquelles les algues marines benthiques prennent une place honorable (Verlaque, 1994). « *Les introductions d'espèces ne constituent pas un phénomène récent mais le flot des introductions s'est formidablement accéléré au cours du 20^{ème} siècle* » (Gravez *et al.*, 2005). En effet, suite au creusement du canal de Suez en 1869, plusieurs espèces originaires de la Mer rouge ont pu s'introduire en Méditerranée, ce qui a pu s'accroître par le courant Sud-Nord, ces espèces sont qualifiées de « migrants lessepsiens » Por (1978). Les espèces lessepsiennes, d'origine Indo-Pacifique, ne sont pas les seules à se retrouver en Méditerranée. Des espèces atlantiques repeuplent à leur tour les eaux méditerranéennes en passant par le détroit de Gibraltar. Un phénomène qui, d'une certaine manière, a pu pallier les crises messiniennes d'il y a environ 5 à 6 millions d'années, au cours desquelles la Méditerranée s'est partiellement asséchée. Ceci a eu pour conséquence la destruction d'une grande partie de la flore et de la faune (Boudouresque, 1996). Cependant, la complexité dans les aires de distribution de toutes ces espèces exotiques n'illustre pas toujours les connaissances sur l'origine de la flore d'une région donnée. Ceci explique les nombreux travaux sur l'introduction d'espèces d'algues en Méditerranée, dont ceux de Ribera *et al.* (1992), Verlaque (1994), Ribera et Boudouresque (1995), Boudouresque (1999), Boudouresque et Verlaque (2002), Boudouresque (2008), Verlaque *et al.* (2009) et Zenetos *et al.* (2010 et 2012).

Parallèlement, l'espèce introduite devient, parfois, rapidement envahissante au détriment de l'écosystème récepteur (Verlaque, 1994). Cette expansion d'espèces exotiques constitue un des problèmes environnementaux majeur qui a pris de l'ampleur en Méditerranée ces 20 dernières années. *Caulerpa taxifolia* et *C. racemosa* sont deux espèces algales particulièrement envahissantes en Méditerranée (Gravez *et al.*, 2005). Leur présence en Méditerranée a généré un impact préoccupant sur la biodiversité et les écosystèmes indigènes. Cet impact sur l'environnement a fait l'objet d'une multitude de publications (Boudouresque et Verlaque, 2002 ; Meinesz *et al.*, 2002 ; Ribera, 2002 ; Cormaci *et al.*, 2004 ; Gravez *et al.*, 2005 ; Piazzini *et al.*, 2005 ; Verlaque *et al.*, 2005, Ruitton *et al.*, 2005 ; Klein et Verlaque, 2008 et Weitzmann *et al.*, 2009).

Afin de conserver les espèces et les peuplements, pour le maintien de la biodiversité, l'idée des espaces protégés est née par la création de réserves naturelles et de parcs nationaux en Méditerranée. « *Le renforcement de la conservation des biocénoses méditerranéennes implique tout d'abord un accroissement substantiel du nombre de réserves littorales* » (Bellan-Santini *et al.*, 1994). La surface couverte par les aires marines protégées représente seulement 0,4% de la superficie totale de la mer Méditerranée (UNEP-MAP RAC/SPA, 2010).

Par ailleurs, des espèces sans intérêt écologique particulier, peuvent s'avérer utiles sur le plan économique. En effet, les algues, vu leurs hautes valeurs nutritives liées à la présence de protéines, minéraux et vitamines, ont fait l'objet d'utilisation depuis des millénaires (Ribier et Godineau, 1984). Les algues constituent, en effet, une ancienne tradition dans l'alimentation des populations littorales notamment asiatiques. Elles sont également utilisées comme principes actifs dans diverses thérapeutiques et dans de multiples domaines comme l'agriculture et la biotechnologie (Gayral, 1966 et Faller, 2011). Ces algues proviennent soit de populations naturelles soit de l'algoculture. Cette dernière se place en seconde position en tonnage (26%) après l'aquaculture des poissons d'eau douce (Vauchel, 2007). Actuellement l'usage primordial des algues, dans le monde, est orienté vers la production des phycocolloïdes (alginates, agars et carraghénanes).

Cependant, l'utilisation, tout comme la protection des algues, se fait au niveau spécifique, seulement la systématique des végétaux marins reste extrêmement complexe. L'outil précieux, est celui de dresser des listes et des inventaires taxonomiquement précis. « *Est-il besoin de préciser qu'aucun ordinateur, qu'aucune méthodologie, si valable soit-elle, ne saurait remplacer une détermination exacte* » (Boudouresque, 1971).

C'est ainsi qu'actuellement, afin de préciser la taxonomie d'un certain nombre d'espèces ou de variétés d'espèces, les études d'algologie s'orientent vers la biologie moléculaire ; une discipline connue pour les espèces animales et végétales terrestres mais qui est relativement naissante mais prometteuse pour les algues marines. Les principaux travaux connus sont ceux de Rousseau *et al.* (2001), De Clerck *et al.* (2005 et 2006), Harvey et Goff (2006), Varela-Alvarez *et al.* (2006), Draisma *et al.* (2010) et les travaux cytogénétiques de Gómez-Garreta *et al.* (2010) et Ribera Siguan *et al.* (2011).

Parallèlement à ces études, des descriptions, des mises à jour d'inventaires et de nomenclature taxonomique de la flore algale de Méditerranée sont rendues possibles grâce à de nombreux travaux. Parmi lesquels, on peut citer ceux de Giaccone (1985) sur la flore algale de Sicile (Italie) ; Ribera Siguan et Gómez Garreta (1984 et 1985) sur la flore benthique des Baléares, Ballesteros (1990) sur la flore algale benthique de Catalogne, Ribera Siguan *et al.* (1992) sur les Fucophyceae de Méditerranée, Galardo *et al.* (1993) sur les Chlorophyceae de Méditerranée, Gómez Garreta (2001) sur les Fucales de Méditerranée, Boudouresque (2004) sur les espèces, populations et les communautés méditerranéennes, Bianchi (2007) sur la flore benthique tropicale méditerranéenne, Cormaci *et al.* (2012) sur les Phaeophyceae de Méditerranée et le guide de la végétation marine benthique de la Méditerranée occidentale par Rodríguez *et al.* (2013).

Néanmoins, les algues marines de la rive Sud méditerranéenne restent moins documentées et dont l'exploration est plus limitée. Ce qui est sans doute lié au nombre restreint de centres de recherches et de spécialistes dans ce domaine par rapport à ceux du Nord. On peut citer principalement les travaux réalisés par Ben-Maiz (1993), Ben-Maiz et Boudouresque (1986), Ben-Maiz *et al.* (1987) sur les côtes tunisiennes, Ben-Hissoune (1995 et 2002), Ben-Hissoune *et al.* (2001), González García et Conde Poyales (1994) sur les côtes marocaines, Nizamuddin (1981 et 1991) et Nizamuddin *et al.* (1979) sur les côtes libyennes et Aleem (1993) sur les côtes égyptiennes.

La flore algale des côtes algériennes, quant à elle, est essentiellement connue par des travaux anciens. D'abord ceux de Montagne (1838) et plus particulièrement ceux de J. Feldmann (1931-1961) et Feldmann-Mazoyer (1940-1949). Quatre cent soixante (460) espèces d'algues benthiques sont signalées par ces deux auteurs en Algérie (J. Feldmann et G. Feldmann, 1938- 1947).

Plus récemment, par un recensement de tous les travaux réalisés sur les algues benthiques des côtes algériennes, Perret-Boudouresque et Seridi (1989) dénombrent 468 taxons. Par une étude sur la systématique des algues de la côte du Centre algérien, Seridi (1990) porte ce nombre à 478. L'étude phytosociologique du phytobenthos dans l'Ouest algérien (région d'Arzew) par Ould Ahmed (1994) a mis en évidence 5 nouvelles espèces puis 12 autres par Kadari Meziane (1994) suite à son étude phytosociologique dans la baie de Bou-Ismaïl (Ouest algérois). Une nouvelle espèce introduite en Algérie ; *C. racemosa* var. *cylindracea* signalée par Ould Ahmed et Meinesz (2007) vient compléter cet inventaire à 496 espèces et stades, puis une autre étude sur la phytosociologie des peuplements de l'infralittoral superficiel de substrat dur a été réalisée au Centre par Seridi (2007).

Actuellement, on dénombre un total de 1131 espèces de végétaux marins en Méditerranée, ce qui constitue 6, 3% de la flore marine totale dans le monde (Rodríguez *et al.*, 2013).

Ceux-ci se répartissent en 657 espèces de Rhodobiontes, 277 de Chromobiontes (Phaeophyceae), 190 Chlorobiontes et 7 Phanérogames.

1.2. OBJECTIFS

Vu le manque de données récentes sur les algues des côtes d'Algérie et leur quasi absence dans les inventaires actuels à l'échelle méditerranéenne, nous avons, à travers cette étude, tenté de pallier ces lacunes ; raison pour laquelle nous avons diversifié les thématiques de la présente thèse.

Sachant que les études récentes réalisées sur les macroalgues marines en Algérie ont surtout concerné la région du Centre au niveau de l'infralittoral superficiel, nous avons alors étendu notre étude sur quelques régions du littoral Ouest, Est et aussi du Centre ; soit au total 12 sites (localités) explorés (ées) en surface et dans certains cas, en profondeur également.

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

- Dresser un inventaire contenant l'ensemble des espèces récoltées et identifiées.
- Mettre à jour la taxonomie de l'ensemble des espèces identifiées selon la nomenclature actuelle.
- Indiquer les espèces non signalées jusque-là en Algérie (nouvelles espèces).
- Mettre l'accent sur les espèces introduites en Méditerranée et qui se trouvent actuellement en Algérie, séparant les espèces dites invasives des espèces non invasives.

- Apporter des résultats sur la composition taxonomique, écologique et biogéographique de la flore d'Algérie obtenue. Ceci a été réalisé en utilisant un certain nombre de paramètres analytiques et synthétiques.
- Comparer la flore algale des différentes localités explorées en utilisant les mêmes paramètres cités, complétés par l'analyse factorielle des correspondances.
- Effectuer une étude phytosociologique de quelques communautés intéressantes du point de vue écologique.
- Réaliser une étude moléculaire et phylogénétique de quelques espèces du genre *Cystoseira* ; groupe très polymorphe et qui définit les principales communautés algales de Méditerranée. Il est à noter que cette technique est jusque-là méconnue de l'étude de la flore algale d'Algérie.

Comme objectifs secondaires, en se basant sur l'inventaire des espèces obtenues, deux chapitres sont inclus dans cette thèse:

- Un chapitre sur la conservation des espèces et des populations algales ayant un statut de protection à l'échelle de la Méditerranée. Parallèlement les espaces les abritant, en Algérie, sont également présentés.
- Un chapitre sur l'intérêt des algues sur le plan économique. Il s'agit des essais d'extraction, à petite échelle, de phycocolloïdes sur un certain nombre d'espèces de Phaeophyceae et de Florideophyceae des côtes algériennes.

**GENERALITES SUR LA CÔTE
ALGERIENNE**

2. GENERALITES SUR LA CÔTE ALGERIENNE

La côte algérienne (28° 00 N, 3° 00 E) se trouve dans la région du Sud de la Méditerranée occidentale, située à l'Est de la Mer d'Alboran et délimitée, vers le Nord, par les îles Baléares et la Sardaigne. Le bassin algérien communique avec la Mer Tyrrhénienne, à l'Est, par le détroit de la Sardaigne (fig.1(a) et (b)).

La côte algérienne s'étend sur un linéaire côtier de 1622, 48 km (Bouroumi, 2014), elle se subdivise en trois principaux secteurs : le secteur occidental de Ghazaout à Mostaganem ; le secteur Central, le plus étendu, de Ténès jusqu'aux régions Est d'Alger et le secteur oriental de Skikda jusqu'au cap Roux (frontière tunisienne). Ce linéaire est caractérisé par des sinuosités d'une côte, le plus souvent découpée, sur laquelle s'intercalent des massifs rocheux, parfois forestiers, qui surplombent la mer. C'est une côte bordée par de hautes falaises intercalent des ouvertures profondes, vers le Nord, formant de nombreuses baies où se sont installés plusieurs ports de Ghazaouet, Beni-Saf, Oran, Arzew, Mostaganem, Ténès, Bouharoun, Alger, Dellys, Bejaia, Skikda et Annaba (Chouikhi, 1993 et Larid, 2003).

Vers le large, le plateau continental est très étroit avec des profondeurs qui atteignent plus de 2000 m à 10-20 km de la côte (Benzohra, 1993).

Par ailleurs, du fait de sa position géographique, à l'échelle du bassin méditerranéen et des conditions climatiques de type méditerranéen, les zones côtières algériennes abritent de nombreux sites (Iles Habibas à l'Ouest et Parcs nationaux, Gouraya, Taza et El-Kala à l'Est) dont l'importance est reconnue pour leur diversité biologique et aussi en tant que patrimoines naturels.

Cependant, environ les deux tiers de la population algérienne sont concentrés sur le littoral, sachant qu'en plus de la concentration permanente, le littoral algérien est la destination privilégiée d'une population accrue d'estivants. Le taux d'urbanisation est passé de 26% en 1962 à 61,4% en 2010 (Bouroumi, 2014).

Mise à part la concentration de la population sur le littoral, des implantations industrielles côtières, notamment dans l'Ouest (pôle industriel d'Arzew), viennent accentuer les effets de la pollution et par conséquent la dégradation de l'environnement marin. En effet, trois principales sources de pollution sont enregistrées sur le littoral algérien : pollution industrielle (usines chimiques, pétrochimiques et thermiques : Arzew, Alger, Bejaia et Skikda), pollution par les hydrocarbures (Arzew et Baie d'Alger) et pollution urbaine (au niveau des grandes agglomérations : Arzew, Alger, Skikda...) (Chouikhi, 1993, Sellali, 1993 et Ould Ahmed, 1994).



Figure 1 (a): Localisation de l'Algérie dans son cadre Méditerranéen.

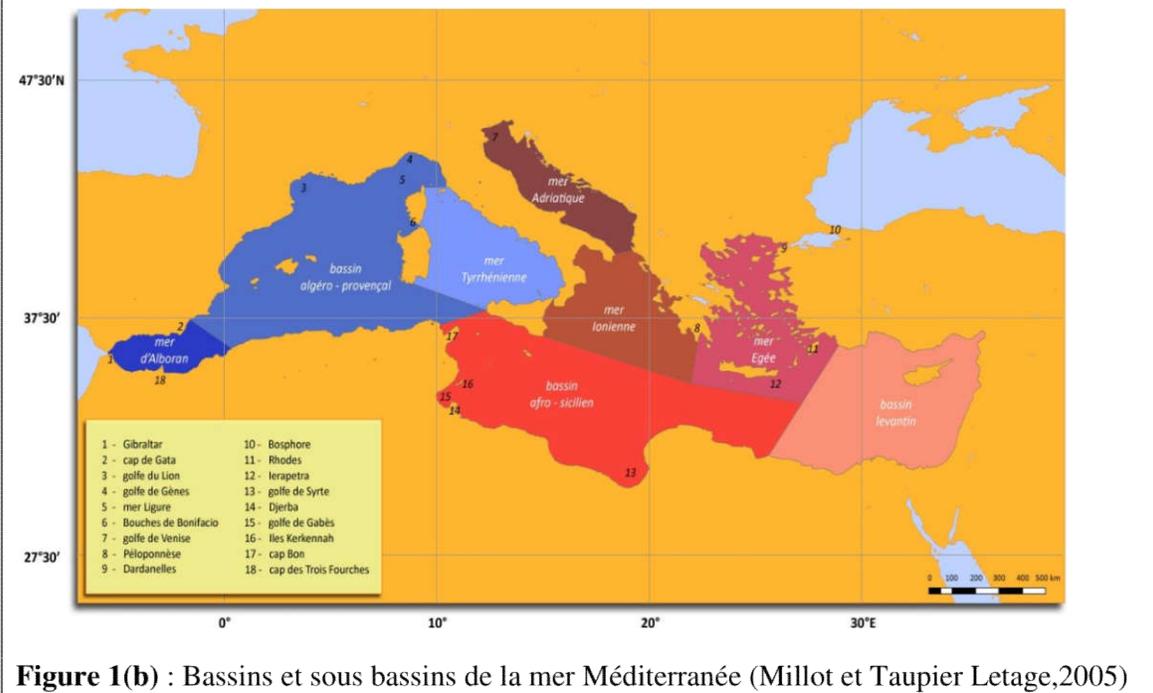


Figure 1(b) : Bassins et sous bassins de la mer Méditerranée (Millot et Taupier Letage,2005)

2.1. DONNEES CLIMATOLOGIQUES

Selon les données de l'Office National de Météorologie (Alger), le climat de l'Algérie est variable. On note un climat désertique au Sud saharien et un climat méditerranéen (tempéré à tempéré chaud) au Nord.

D'une manière générale, deux saisons sont décelables en Algérie: une saison hivernale relativement froide et humide et une saison estivale relativement chaude et sèche. Dans les villes côtières les températures hivernales varient entre 10 °C et 15 °C. Elles augmentent à 25 °C au mois de mai pour atteindre une moyenne de 28 °C à 30 °C en juillet et août.

Quant aux précipitations, elles sont inégalement réparties, en faveur des régions du littoral Est et irrégulières selon les saisons, elles sont de l'ordre de 500 à 900 mm par an. Plus de 60% du total annuel des pluies sont enregistrées pendant la seule saison hivernale et deviennent inexistantes au mois d'août (Bouras *et al.*, 2007). Concernant les vents, ils sont également très variables du Nord au Sud algérien, dont les forces éoliennes sont de l'ordre de 120 km/h. Chaque année, près de 60 à 200 millions de tonnes de poussière sont déplacées dans l'air par les vents du Sud vers le Nord. En été, le sirocco (un vent très sec et très chaud) se dirige du Sud vers le Nord en soulevant une grande quantité de sable. Dans les sites exposés directement aux embruns marins, n'ayant aucune isolation contre les vents, l'arrachage des algues est accentué.

2.2. RESEAU HYDROGRAPHIQUE

La plupart des plus importants oueds exoréiques prennent leurs sources dans l'Atlas Tellien (Chaîne de montagnes au Nord d'Algérie). Le réseau hydrique essentiel dans les régions littorales est formé par les ramifications qui convergent vers onze(11) principaux oueds (Larid, 2003).

Principaux oueds côtiers (d'Ouest vers l'Est).

Oueds	LONG. (km)	Superficie.BV (Km2)	Débit moyen (m3/s)
Tafna	140	6900	8,25
Macta	-	400	2,7
Chellif	759	43700	34
Mazafran	68	1900	13,8
El Harrach	67	970	6
Isser	200	3615	14,1
Sébaou	92	2300	33,40
Soummam	52	8420	25,6
Safsaf	24	322	2,1
Kébir Ouest	208	8735	28,2
Seybouse	239	5955	62

C'est au niveau du littoral Centre et Est que se concentre la majeure partie de ces déversements ; ces régions fournissent presque 80 % des écoulements en mer. Les cours d'eau débouchent sur la côte avec un débit irrégulier. Leurs embouchures sont souvent colmatées en été. Elles ne se dégagent qu'en hiver avec les effets de chasse provoqués par les forts débits dus aux premières pluies (Larid, 2003).

Tous ces oueds constituent des collecteurs de matières dissoutes et en suspension issus de l'ensemble des bassins versants. « *Ces oueds constituent aussi des collecteurs de tous les polluants issus des activités humaines* » (Chouikhi, 1993).

2.3. ASPECTS GEOMORPHOLOGIQUES

La géomorphologie de la côte algérienne est principalement dominée par trois processus: l'activité tectonique, la lithologie (nature de la roche en place) et l'hydrodynamisme marin (Larid, 2003).

La combinaison de ces divers facteurs morphogéniques a engendré les principales formes et formations actuelles, dont un linéaire côtier constitué en grande partie par des reliefs rocheux, de plus ou moins forte dénivellation par rapport au niveau marin. Dans ce linéaire s'insèrent des formes d'accumulation, comme les plages, les dunes et les falaises, plus ou moins élevées, soumises par vocation à l'érosion marine, participant ainsi à l'alimentation des plages limitrophes.

Quant à la nature du sédiment marin au niveau du littoral algérien, selon Leclaire (1972), la zone Ouest (Golfe d'Arzew) est décrite comme étant formée, dans sa globalité, d'une bordure littorale à substratum consolidé. Elle est prolongée en profondeur par une couverture à sédiment argilo-siliceux qui est interrompue dans certaines crevasses par du sédiment calcaire, formé de boues-vases et sable. La zone du Centre (baie d'Alger) est caractérisée par un fond à sédimentation variable en fonction de la bathymétrie ; de nature sableuse à sablo-vaseuse par les petits fonds jusqu'à 20 m de profondeur. Dans la Zone Est, des travaux plus récents ont été réalisés, dans la région d'El Kala par exemple, où il a été noté la présence des fonds à granulométrie variable: graviers, sables et vases, constituant en général des fonds meubles, alternés par des rochers, des blocs et des éboulis (Grimes, 2005). Au Parc de Gouraya (une des zones de notre étude), où globalement, selon Rebas *et al.* (2011), les secteurs central et oriental sont dominés par des roches sédimentaires calcaro-dolomitiques et le secteur occidental, par des roches métamorphiques siliceuses. Ces formations géologiques, d'après ces auteurs, favorisent l'installation d'une flore d'intérêt écologique et biogéographique.

2.4. DONNEES OCEANOGRAPHIQUES

Les données océanographiques sur le plateau continental algériens sont le résultat des campagnes océanographiques, notamment celle de MEDIPROD 5 ; une expérience Franco-

algérienne qui avait pour objectif l'étude du milieu marin du bassin algérien durant l'année 1986-87 qui ont permis quelques publications ultérieures en les actualisant avec des mesures satellitaires. D'autres travaux de mesures de température, de salinité, ... ont été réalisés depuis, mais qui concerne seulement quelques sites et sont surtout non ponctuelles et souvent non publiées.

2.4.1. Circulation générale des masses d'eau en Méditerranée

Sous l'effet d'une forte évaporation, la mer Méditerranée présente un important déficit en eau qui est compensé par un flux entrant d'eau atlantique, ce qui lui vaudrait un abaissement du niveau moyen de près d'1m /an (Lefèvre, 1992). La circulation de surface en Méditerranée suit une boucle anticyclonique. L'eau atlantique peu salée, pénètre en surface par le détroit de Gibraltar. Au cours de son cheminement dans le bassin, elle est transformée en eau méditerranéenne plus dense qui ressort à son tour par Gibraltar, avec un temps de renouvellement qui varie en moyenne de 50 à 100 ans (Millot et Taupier-Letage, 2005) (fig.2).

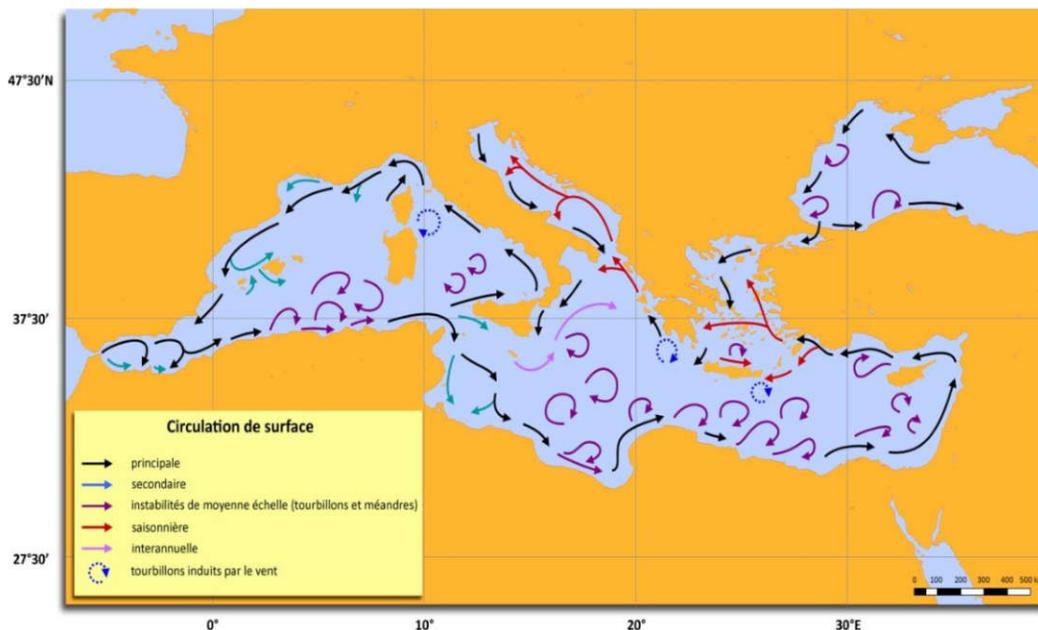


Figure 2: Circulation générale de surface dans la mer Méditerranée (Millot et Taupier-Letage, 2005).

À son entrée en Méditerranée, l'eau atlantique dont les caractéristiques initiales commencent à s'altérer, donne naissance à « l'eau atlantique modifiée » ou MAW (Modified-Atlantic Water) (Millot, 1991). Elle correspond aux couches superficielles comprises entre 0 et 150 m de profondeur, ayant une température qui varient entre 13,5°C et 23° C et des salinités allant de 36,5 à 38 psu (Bezohra, 1993). Elle s'écoule le long de l'Afrique dont les côtes algériennes (fig.2). Cette eau va se mélanger avec les eaux avoisinantes et former deux autres masses d'eaux:

- l'eau levantine intermédiaire qui se forme en Méditerranée orientale (Millot, 1987). Elle est caractérisée par un maximum relatif de température de 13,2°C-14,0°C et un maximum de salinité (Benzohra, 1993). Cette eau suit un circuit cyclonique vers le bassin Ouest en passant par le détroit de Sicile, puis ressort par le détroit de Gibraltar (Taupier-Letage et Millot, 2005).
-l'eau intermédiaire d'hiver (eau de la Riviera), se forme dans le Nord de la Méditerranée occidentale (au large des côtes de Provence). Elle se trouve sous l'eau atlantique modifiée, marquée par un minimum relatif de température de 12,65°C - 13,30°C et une salinité de 38,3psu (Benzohra et Millot, 1990 et Bezohra, 1993). Cette eau méditerranéenne profonde suit un circuit cyclonique le long du talus continental vers l'Ouest (Millot, 1991 et Conan et Millot, 1995).

2.4.2. Hydrologie du bassin algérien

En passant par le détroit de Gibraltar, l'eau atlantique modifiée pénètre sous forme d'une veine de courant étroite en longeant les côtes algériennes et prend le nom de courant algérien (Bezohra, 1993). Ce courant de surface (fig.2) de direction Ouest-Est, lorsqu'il est déstabilisé, entraîne la formation de tourbillons anticycloniques, d'abord de quelques dizaines de kilomètres, qui sont associés à un phénomène d'upwelling sur leur bord Sud-ouest et qui se propagent vers l'Est à une vitesse de quelques kilomètres/jour, pouvant atteindre des diamètres de près de 300 kilomètres (Millot, 2013). Ces phénomènes de turbulence entraînent un mélange intense entre les eaux atlantiques et méditerranéennes traduisant un gradient important de salinité entre l'Est et l'Ouest.

2.4.3. Paramètres physico-chimiques de l'eau

La température de l'eau dans le bassin algérien, oscille entre 15 et 23 ° C en surface et entre 13,5 et 14,0 ° C en profondeur (Benzohra, 1993) avec des salinités allant de 36,5psu (Ouest) à 39psu (Est) (Chouikhi, 1993). Des valeurs plus récentes, issues de mesures satellitaires, de la température superficielle au large des côtes algériennes sont données par Millot (2013) et qui sont de l'ordre de 18 ° C à 23 ° C en été.

La teneur en oxygène dissous, en saison chaude, dans les eaux du littoral algérien, décroît rapidement de la surface vers la profondeur (Leclaire, 1972).

3. FLORE ALGALE D'ALGERIE

«Il existe encore de grandes lacunes dans la connaissance du phytobenthos méditerranéen » (Verlaque, 1987). En effet, contrairement à la partie Nord de la Méditerranée, où les travaux sur les algues marines benthiques sont relativement nombreux et d'actualité, depuis les années 60 à ce jour (Magne, Cabioch, Boudouresque et Verlaque en France, Ballesteros, Gómez-Garreta, Ribera-Siguan et Rodriguez en Espagne, Cormaci, Furnari et Giaccone en Italie), la Méditerranée Sud, dont l'Algérie, est peu explorée dans ce domaine.

Parler des algues benthiques des côtes algériennes, c'est surtout faire référence à des travaux anciens à très anciens dont essentiellement ceux de Montagne (1838), J. Feldmann (1931-1961) et J. Feldmann et G. Feldmann (1938-1947). D'autres études plus récentes, bien que peu nombreuses, sont venues compléter ces travaux.

3.1. HISTORIQUE

Les premiers travaux sur les algues marines benthiques de l'Algérie datent de 1838 (1846-1849 et 1856) par Montagne, particulièrement dans la région du Centre. A ces travaux s'ajoutent ceux de Debray (1897) et de Seurat (1927 et 1933) surtout au Centre et à l'Ouest. Sauvageau, en 1912, a recensé et précisé l'identification de plusieurs espèces du genre *Cystoseira*, notamment celles de la région de Cherchell.

Plus tard, une connaissance plus détaillée et plus complète ayant permis, entre autres, de confirmer les signalisations antérieures est rendue possible grâce aux nombreux travaux de J. Feldmann (1931 ; 1933 ; 1934 ; 1935 ; 1939 ; 1941 ; 1942 ; 1943 ; 1944 ; 1949 ; 1951 et 1961) puis J. Feldmann et G. Feldmann de 1938 à 1947 (1938, 1939, 1942, 1945 et 1947).

Une étude détaillée des Cérarniacées récoltées au Centre, à l'Est et à l'Ouest est réalisée par Feldmann-Mazoyer en 1940. Boudouresque (1969) a également contribué à la connaissance des algues marines de l'Algérie ; principalement celle des peuplements sciaphiles superficiels de la région du Centre et de l'Est d'Alger. Quelques rares signalisations d'espèces déjà inventoriées ont fait l'objet d'une étude préliminaire des algues de Bejaia (Est algérien) par Cirik et Mousli (1986).

Tous ces travaux ont principalement traité l'aspect floristique et parfois écologique mais sans aucune approche phytosociologique, à l'exception de l'étude préliminaire de Boudouresque (1969).

- Sur la base de ces travaux, un inventaire des algues marines des côtes algériennes a pu être établi (Perret Boudouresque et Seridi, 1989).
- Par la suite, une étude floristique, sur huit localités algéroises, a été réalisée par Seridi (1990).
- Dans la baie de Bou-Ismaïl, Kadari- Meziane (1994) a étudié l'impact de la pollution urbaine sur la distribution des peuplements phytobenthiques.
- Dans l'Ouest algérien (Golfe d'Arzew), une étude phytosociologique sur le phytobenthos avoisinant une centrale thermique a été effectuée par Ould Ahmed (1994).

- Plus récemment, Seridi (2007) et Seridi *et al.* (2007) ont traité l'aspect phytosociologique des peuplements algaux de l'infralittoral supérieur dans la région du Centre algérien.

Ces travaux ont mis en exergue un certain nombre d'espèces qui n'étaient pas encore signalées en Algérie, ce qui, par conséquent, vient compléter l'inventaire antérieurement réalisé.

MATERIEL ET METHODES

3.2. MATERIEL ET METHODES

3.2.1. Présentation des sites d'étude

Au total 12 sites (localités) font l'objet de notre étude, ceux-ci sont répartis le long du littoral algérien (fig.3).

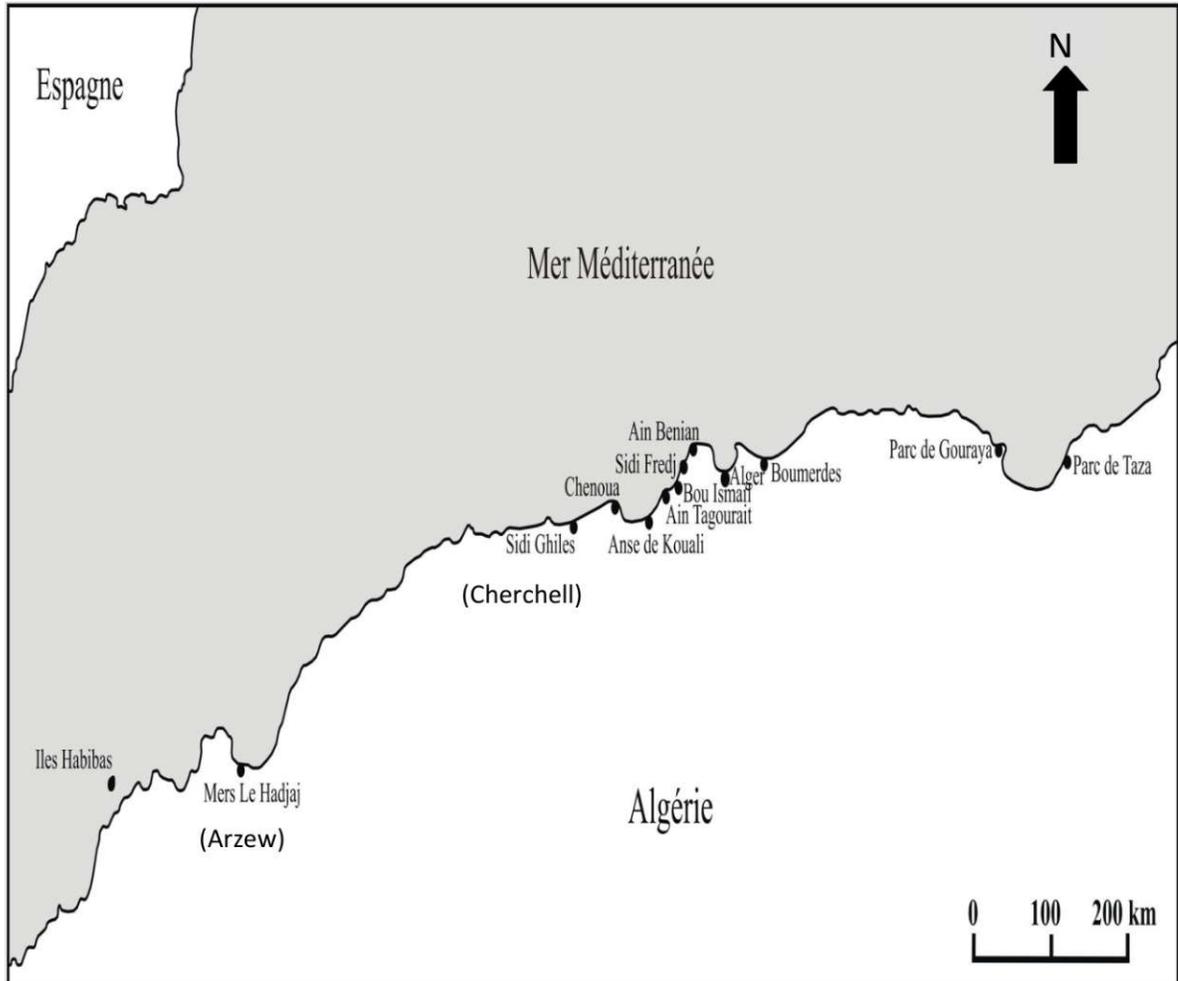


Figure 3: Localisation des différents sites d'étude.

3.2.1.1. Le littoral Ouest

a) Les îles Habibas

Les îles Habibas (figs.3 et 4) se situent au large de la côte Ouest algérienne à 40km au Nord-Ouest d'Oran, elles s'alignent selon un axe NE – SW ($35^{\circ} 44' 04''$ Nord et $1^{\circ} 06' 55''$ Est). Elles comprennent une partie principale méridionale et une autre plus petite à sa pointe septentrionale. D'Oran aux îles Habibas, se succèdent plusieurs caps (Falcon, Lindlès) de structure rocheuse qui délimitent autant de baies que de plages sablonneuses et un phare qui culmine à 105 mètres d'altitude. Elles couvrent 40 ha en superficie terrestre et 2700 ha en zone marine (Mabile et Pianté, 2005). Du point de vue géologique et sédimentaire, les Habibas sont constituées dans leur quasi- totalité par des roches volcaniques (Chenouf et Chalabi, 2004). Quant à la courantologie de cette zone, elle est régie par le flux d'eau d'origine atlantique qui rejoint le bassin algérien aux environs d'Oran, celui-ci se caractérise par des méandres représentant des forts tourbillons et des « up-willing » ; la circulation des masses d'eau dépend des instabilités de ce courant (Benzohra, 1993). La températures de l'eau varie entre 23,1 et 24, 4°C en surface et de 17, 6 à 24°C au fond, la salinité de surface fluctue entre 35, 65 et 36, 80 psu et entre 35,5 et 37,20 psu au fond (Grimes, 2005).

Les îles Habibas constituent une réserve naturelle marine et terrestre. C'est la première aire marine protégée de l'Algérie selon « le décret exécutif N.03-147 du 29 mars 2003 portant classement des îles Habibas (W. Oran) en réserve naturelle ; superficie classée est de 26, 84 Km² (Grimes, 2012). Les îles Habibas sont soumises à l'influence des eaux du large et loin de toute zone industrielle, de ce fait elles constituent une région vierge de toute contamination (Grimes, 2012).



Figure 4: Vue générale des îles Habibas (vue du phare).

b) Mers-El-Hadjaj (région d'Arzew)

Mers-El-Hadjaj (Port-aux-Poules) (figs.3 et 5) est une localité du golfe d'Arzew qui se trouve au bord de mer à 50 km à l'Est d'Oran. Elle est délimitée à l'Ouest par Bethioua et à l'Est par l'oued El-Macta. Les conditions météorologiques (périodes de pluie) et les débits de plusieurs effluents assurent la dilution des eaux de surface du golfe d'Arzew en général. En plus de l'oued El Macta, l'oued Magoun débouche directement dans le port d'Arzew. Il renforce, pendant les saisons de pluies surtout, l'arrivée de l'eau douce et des sédiments terrigènes dans le golfe d'Arzew. L'oued Cheliff, l'un des plus grands oueds d'Algérie, débouche à l'Est de Mostaganem, et amène, entre autres, les matériaux détritiques à l'Est et au Centre du golfe. Les eaux résiduelles susceptibles de contenir des teneurs importantes de polluants sont collectées et drainées vers la mer en empruntant les lits des oueds. Celles-ci résultent des diverses unités industrielles avoisinantes (Industrie chimique et pétrochimique, industrie métallurgique, industrie papèterie...). La température moyenne annuelle de l'eau de mer à Mers-El-Hadjaj est de 18,3°C. La température moyenne estivale est de 25°C. (Données de la centrale). Des courants dus au vent s'ajoutent au courant atlantique au large de cette zone. Ceux-ci suivent la direction du vent et ralentissent près de la côte. L'effet de ces courants, accélérés par des conditions météorologiques hivernales, provoque souvent l'arrivée massive d'algues flottantes dans ce site. La centrale électrique qui s'y trouve (fig.5) est l'une des plus grandes du pays (804 MW), elle est inaugurée officiellement depuis 1984. Pour l'alimentation de ses unités, elle utilise le gaz naturel comme combustible, au moyen d'un gazoduc provenant de l'aire d'extraction et de stabilisation du gaz de Hassi-R'mel (Sahara). Une alimentation de secours est assurée par deux réservoirs de gas-oil (10.000 m³ chacun). Trois voies sont utilisées pour l'amenée de l'eau de mer pour le refroidissement des turbines. Chaque voie se compose d'un ouvrage de prise d'eau relié au moyen de conduites souterraines à la station de filtration et de pompage. L'œuvre de prise est aménagée dans une baie artificielle située à l'extrémité Est de la centrale. L'aspiration de l'eau se fait à une profondeur de -5 m, le débit nécessaire pour la réfrigération d'un groupe est de 7 m³/s. L'eau de mer pompée est traitée au chlore (1 à 6g/m³), la chloration est utilisée à titre préventif pour éviter la fixation des organismes dans les canalisations. Plusieurs autres produits chimiques sont utilisés par la centrale et rejetés ensuite en mer. Il s'agit essentiellement du sulfate de fer (utilisé comme anticorrosif), de l'ammoniaque, ainsi que divers *anti-fouling* et produits de nettoyage. Lors de son passage dans les condenseurs, l'eau est réchauffée de 8°C environ. Celle-ci est déchargée en mer, à travers une canalisation en béton, située à 500 m environ de l'œuvre de prise d'eau. Le rejet total atteint un débit de 21 à 28 m³ /s avec une concentration en chlore résiduel de 0,5 ppm et un ΔT de 7 à 8°C. La zone d'échantillonnage s'entend du rejet thermique jusqu'à 840 m vers l'Est et 280 m vers l'Ouest (voir matériel et méthodes).



Figure 5: Centrale électrique de Mers El Hadjadj : Arzew (site d'échantillonnage).

3.2.1.2. Le Littoral Centre

a) Cherchell (Sidi Ghiles)

Sidi-Ghiles (ex Novi) (figs.3 et 6) est situé à environ 32 km au Nord-Ouest de Tipaza et à 7 km au Sud-ouest de Cherchell. C'est la commune de la région de Tipaza et appartient à la baie de Bou-Ismaïl. En effet, La région de Tipaza couvre un linéaire de 115 km de côtes, elle s'étend de la baie de Bou-Ismaïl à l'Est vers la baie de Chenoua et Cherchell à l'Ouest. Les coordonnées géographiques du site d'étude sont 36° 34' 57" Nord et 2° 07' 22" Est. Son linéaire côtier est d'environ 40 km. Les valeurs physico-chimiques moyennes mesurées au niveau de ce site (durant la saison printanière) sont de 18,4°C (Température), 36,7 psu (Salinité), 8,3 (pH) et de 4,6 mg/l (Oxygène dissous). Sur le plan géologique, ce sont des roches magmatiques qui caractérisent la région côtière de Cherchell, il s'agit d'un magmatisme calco-alcalin d'âge miocène (9-13Ma) (Bellon *et al.*, 1997). Le type de substrat de cette région correspond, en effet à celui décrit par Feldmann « *La côte de Cherchell est constituée par des fonds de sables ou des galets interrompus* » (Feldmann, 1931). L'échantillonnage a eu lieu à 2 km à l'Ouest de Sidi Ghiles sur une étendue côtière d'environ 400 m.



Figure 6: Site d'échantillonnage à Cherchell (ceinture à *Cystoseira*).

b) Chenoua

La région de Chenoua (figs.3 et7) se situe dans la baie de Bou-Ismaïl à environ 80 km à l'Ouest d'Alger. Elle débute à partir de Tipaza: 36°35'50''Nord, 2°27'Est et s'étend à l'Ouest jusqu'à la pointe Chenoua: 36°37'30''Nord, 2°24'30''Est sur une distance d'environ 4km, couvrant une superficie de 12 km² avec une orientation Nord-est Sud-ouest. Elle est délimitée à l'Est par la Baie d'El Djamila et à l'Ouest par la ville de Cherchell. Le substrat de la région de Chenoua est représenté par des fonds de sables et des grés ou des galets interrompus (Feldmann, 1931 et Kadari-Meziane, 1994). Les valeurs physico-chimiques moyennes mesurées au niveau de ce site (durant la saison printanière) sont de 19,3°C (Température), 36,8psu (Salinité), 8,25 (pH) et de 8,5 mg/l (Oxygène dissous).

L'échantillonnage a été effectué au niveau de « la plage des galets » qui se trouve à environ 4 km à l'Ouest de Tipaza, sur une étendue côtière d'environ 500 m.



Figure 7: Site d'échantillonnage à Chenoua

ceinture à *Cystoseira*.

c) Anse de Kouali

L'anse de Kouali (ex- ferme de Monchy) (figs.3 et 8) se trouve dans la partie occidentale de la baie de Bou-Ismaïl. Elle est située à l'Est de la ville de Tipaza, à 19 km environ à l'Ouest de Bou-Ismaïl ville, et à 70 km à l'Ouest d'Alger. Elle occupe une surface de 5 km². Le plateau continental de cette anse présente une extension maximale au niveau de l'embouchure du Mazafran à l'Est. Sur le plan hydrodynamique, cette zone est considérée comme étant la plus abritée de la baie (Le Gall, 1969). En effet, un goulet protège l'anse des houles du secteur Nord. On note également l'existence d'un îlot rocheux de grés calcaire et d'un récif barrière de *Posidonia oceanica* (Boumaza, 1995). Ce site reste éloigné des grandes sources de pollution, cependant un réseau hydrographique s'y débouche comme l'oued Gasbayan à l'Ouest et un petit cours d'eau au centre reliant l'oued Seris et l'oued Hadjidji et un ravin à l'Est.

La zone d'échantillonnage se situe à environ 500 m à l'Est du complexe touristique CET de Tipaza sur un linéaire côtier d'environ 500 m.



Figure 8: Site d'échantillonnage à l'Anse de Kouali.

d) Ain Tagourait

Ain Tagourait (figs.3 et 9) est aussi une localité de la région de Tipaza, elle se trouve dans la baie de Bou-Ismaïl, à 15 km au Nord-est de Tipaza et à 8,5 km à l'Ouest de la ville de Bou-Ismaïl. Ses coordonnées géographiques sont: $36^{\circ} 36' 13''$ Nord et $2^{\circ} 36' 34''$ Est. Les valeurs physico-chimiques moyennes mesurées au niveau de ce site (durant la saison printanière) sont de $19,2^{\circ}\text{C}$ (Température), 36,4psu (Salinité), 8 (pH) et de 3,8mg/l (Oxygène dissous).

L'échantillonnage a eu lieu à environ 2 km du centre-ville, sur un linéaire côtier d'environ 300 m à proximité (vers l'Est) de la ferme mytilicole.



Figure 9: Site d'échantillonnage à Ain Tagourait.

e) Bou-Ismaïl

Bou Ismaïl (figs.3 et 10) est situé à 45km au Sud-Ouest d'Alger et à 20 km à l'Est de Tipaza. Ce site se trouve au centre même de la baie de Bou-Ismaïl. Cette dernière est bordée par Ain Benian à l'Est et le massif de Chenoua à l'Ouest, la plaine de la Mitidja au Sud et la mer

Méditerranée au Nord. Ses coordonnées géographiques sont : 36° 38' 33" Nord et 2° 41' 24" Est. Les Oueds déversant à Bou Ismail sont Oued Beni Messous, Oued Nador et Oued Mazafran (Kadari-Méziane, 1994).

L'échantillonnage a été réalisé à 200 m à l'Est de l'ECOREP (Entreprise de Construction et Réparation des bateaux de Pêche), sur une étendue d'environ 500 m.



Figure 10: Site d'échantillonnage à Bou-Ismaïl.

f) Sidi-Fredj

Sidi-Fredj (figs.3 et 11) est une presqu'île qui se situe dans la baie d'Alger à environ 30 km à l'Ouest d'Alger, entre 36°45'51''Nord et 2°50'38''Est. Elle est délimitée par le cap de Ras Acrata (*ex* La Madrague) au Nord-est et le Mont Chenoua à l'Ouest. Les valeurs de température de l'eau de mer mesurées sont de 14°C en moyenne en hiver et de 22,5°C en moyenne en été. Des émissaires d'eaux usées provenant des agglomérations de la région, se déversent directement au niveau de la plage de ce site, ce qui rend cette zone relativement polluée.

La zone d'échantillonnage se situe à l'anse Ouest de la presqu'île, à proximité du centre de thalassothérapie.



Figure 11: Site d'échantillonnage à la presqu'île de Sidi-Fredj.

g) Ain Benian (La Madrague)

Le site de Ain Benian (figs.3 et 12) appartient à la baie d'El Djamila. C'est une zone relativement fermée, située à une vingtaine de km à l'Ouest d'Alger, sur un linéaire côtier de 6 km. Ses coordonnées géographiques sont comprises entre $36^{\circ} 46' 48''$ et $36^{\circ} 47' 24''$ Nord et $02^{\circ} 53' 18''$ et $02^{\circ} 53' 48''$ Est. Ce site est bordé à l'Est par Ras- Acrata et à l'Ouest par la presqu'île de Sidi-Fredj. Son rivage est jalonné par de nombreux oueds (principalement l'oued Beni-Messous). Ce site est caractérisé par une importante accumulation dunaire dont une grande partie est actuellement occupée par des constructions diverses. Il est aussi connu par son port de pêche. Les valeurs moyennes saisonnières de température varient de $14,5^{\circ}\text{C}$ en hiver à 20°C en été pour les eaux superficielles et sont de l'ordre de 14°C en moyenne à 100m de profondeur (pour les deux saisons). La salinité en surface est de 38psu en hiver et 37psu en été et de 38,3psu en hiver et 36psu en été pour les eaux profondes (Guibout, 1987). Nos valeurs physico-chimiques ont été prises en surface (à la saison printanière) avec une température moyenne de 18°C , une salinité moyenne de 36,1 psu et un pH moyen de 8,23. Quant à la morphologie littorale et sous-marine de la baie d'El Djamila, celle-ci est caractérisée essentiellement par des bancs rocheux qui se poursuivent sous l'eau (Boutiba, 1996).

L'échantillonnage a eu lieu à partir du port jusqu'à environ 1000 m vers l'Ouest de celui-ci ; soit au niveau des plages dites « petite plage » grande plage » et « plage la fontaine ».



Figure 12: Site d'échantillonnage à Ain Benian (La Madrague).

h) Boumerdès

La région de Boumerdès est située à 45 km à l'Est d'Alger (figs.3 et 13), elle occupe la partie centrale du littoral adjacent à la baie de Zemmouri. Elle s'étend sur un profil littoral de 100km, elle est délimitée par le cap de Boudouaou El Bahri à l'Ouest et par la commune de Thénia à l'Est. Ses coordonnées géographiques sont : $36^{\circ} 46' 00''$ Nord et $3^{\circ} 28' 00''$ Est. Un système rocheux caractérise ce site, il s'agit du cap blanc et le « rocher noir ». Du point de

vue hydrographique, trois oueds s'écoulent dans ce site ; de l'Ouest vers l'Est, on retrouve oued Corso, oued Tatareg et oued Boumerdès. Les valeurs des paramètres physico-chimiques mesurées en surface (saison printanière) sont de 18,2°C (température moyenne), 36,2 psu (salinité moyenne) et de 8 (pH moyen).

L'échantillonnage a été effectué au niveau des lieux dits « rocher noir », Sghiret Est et Sghiret Ouest.



Figure 13: Site d'échantillonnage à Boumerdès.

3.2.1.3. Le Littoral Est

a) Parc de Gouraya

Le Parc national de Gouraya (figs.3 et 14) est situé à 230 km au Nord Est d'Alger, à l'Ouest du golfe de Béjaïa. Ses coordonnées géographiques sont : 36°46'00''Nord et 5°06'00''Est.

Selon les données de la Direction du Parc et la DGF (Direction Générale des Forêts), ce Parc occupe une superficie de 2080 ha et une zone marine de 7842 ha ainsi qu'une zone lacustre « le lac de Mézaïa » d'une superficie de 2,5 ha. Il est largement ouvert sur la côte, sur une longueur de 11.5 km et présente des richesses archéologiques, dont 15 sites historiques et 9 pittoresques. La rupture de pente de son plateau continental est à -100 mètres de profondeur, des hautes falaises rocheuses représentant les façades maritimes des Djebels Gouraya et Adrar Oufernou, se prolongent sous l'eau, où l'on distingue de nombreuses grottes sous-marines. Le relief sous-marin présente des fonds accidentés et rocheux, ainsi que des fonds meubles (vases, vases sableuses, sables envasés, sables, graviers et graviers envasés). À l'exception des phares du Cap Carbon, il n'existe aucune infrastructure sur la façade maritime du Parc. La partie marine n'a fait l'objet d'aucune protection légale jusqu'à maintenant, cependant elle fait régie par de mesures générales de protection et de valorisation au terme de la loi n°02-02 relative à la protection et à la valorisation du littoral.

Ce Parc est établi en 1984, classé réserve de biosphère par l'UNESCO selon le décret N° 84-327, (23 Novembre 1984), sous couvert du décret 83458 du 23 Juillet 1983 sur les Parcs naturels (PNUE/UICN, 1990).



Figure 14: Vue générale du site du Parc de Gouraya.

b) Parc de Taza

Le Parc national de Taza (figs.3 et 15) est situé à environ 240 km au Nord-est d'Alger, dans la partie orientale du golfe de Bejaia, il appartient à la région de Jijel. Ses coordonnées géographiques sont : 36°41'00''Nord et 5°33'00''Est. Selon les données de la Direction du Parc et la DGF, ce Parc est d'une superficie de 11725 ha, dont 3807 ha constituant la partie terrestre. Le trait de côte s'étend sur 31,4 km, il couvre des baies, criques rocheuses, plages et de nombreux ilots. La rupture de pente de son plateau continental est à -100 mètres de profondeur, il est caractérisé par ses grottes sous-marines, dont la grotte merveilleuse avec stalactites et stalagmites. Le relief sous-marin présente plusieurs faciès sédimentaires (sables ; sables envasés, vases sableuses et vases), il présente des fonds accidentés et rocheux. La partie marine de ce Parc n'a également fait l'objet d'aucune protection légale jusque-là, cependant elle fait l'objet de mesures générales de protection et de valorisation au terme de la loi n°02-02 relative à la protection et à la valorisation du littoral.

Ce Parc est établi en 1984, reconnu par l'UNESCO comme réserve mondiale de la biosphère selon le décret N° 84-328 (23Novembre 1984), sous couvert du décret 83-458 du 23 Juillet 1983 sur les Parcs naturels (PNUE/UICN, 1990).



Figure 15: Vue générale du site du Parc de Taza.

3.2.2. Techniques d'échantillonnage

Pour l'étude de la flore algale, deux méthodes sont connues, une de type phytosociologique et l'autre floristique. Pour notre travail, nous avons effectué des prélèvements dans plusieurs sites (localités) de la côte algérienne (Ouest, Est et Centre). Un certain nombre d'entre-eux sont de type phytosociologique et d'autres correspondent à des récoltes dites « sauvages » ayant un but floristique. Les algues récoltées par l'une ou l'autre méthode sont aussitôt conservées dans de l'eau de mer formolée à 5%. Leur tri et leur identification est par la suite réalisé au laboratoire à l'aide d'une loupe binoculaire et d'un microscope optique (de type Zeiss).

Pour chaque site étudié, une liste des espèces présentes est dressée selon les trois grands groupes taxonomiques : Rhodobiontes, Chromobiontes (Phaeophyceae) et Chlorobiontes.

La détermination spécifique d'une algue ne saurait reposer sur de simples critères morphologiques. En effet toute identification d'une espèce algale benthique fait fréquemment appel, outre l'aspect général du thalle, aux caractéristiques liées à sa structure anatomique, sa croissance, sa cytologie et sa reproduction...

Aussi, il existe de nombreuses clés de détermination qui sont disséminées dans plusieurs publications rédigées dans toutes les langues. Cependant, leur pluralité ne peut permettre de les exposer dans le présent travail.

3.2.2.1. Prélèvements « sauvages »

Les prélèvements de type « sauvage » sont réalisés sans aucune détermination de surface précise d'où l'appellation de récolte « sauvage ». L'objectif de cette méthode est de connaître la composition floristique de la zone à étudier. Ces prélèvements ont concerné 11 sites du littoral algérien à des niveaux superficiels (0 -1 m) et profonds (infralittoral) (fig.3).

- Les Iles Habibas : pour des prélèvements superficiels et profonds (0 – 25 m) durant la saison estivale.

-Les sites de Cherchell, Chenoua, Ain Tagourait, Sidi-Fredj à des niveaux superficiels (0-1 m) durant la saison printanière, Kouali et Bou-Ismaïl (0-1m) durant la saison hivernale.

-Ain Benian (0 à -8 m) durant la saison printanière, estivale et automnale.

-Boumerdès (0- 1m) durant la saison printanière.

- Au niveau des deux Parcs nationaux, celui de Gouraya (0-18 m) et de Taza (0-27 m) durant la saison estivale.

3.2.2.2. Prélèvements phytosociologiques

Le concept de cette méthode consiste à effectuer une cueillette, un grattage intégral d'une surface où la quasi-totalité des espèces du peuplement ciblé se trouvent simultanément réunies. Cette surface est dite « aire minimale qualitative » (Perès et Picard, 1964). Elle est généralement de 20 cm x 20 cm à 30 cm x 30 cm ; ce qui correspond à un relevé de 400 cm² à 625 cm² (Boudouresque, 1971). Cette surface permet d'extrapoler les résultats au mètre carré. Il s'agit de la méthode de l'École zuricho-montpelliéraine (BRAUN-BLANQUET & PAVILLARD, 1922) qui a été adaptée au milieu marin.

Cette méthode d'échantillonnage a concerné la région de Mers El Hadjadj (Arzew) pour étudier l'impact d'un rejet thermique sur le phytobenthos superficiel avoisinant, pour étudier la flore associée à *Caulerpa prolifera* dans le même site, pour l'étude de la flore associée à *Caulerpa racemosa* (Sidi-Fredj) et pour la flore épiphyte des feuilles de la phanérogame marine *Posidonia oceanica* (Kouali).

Pour l'étude du phytobenthos près de l'effluent thermique, l'échantillonnage a été réalisé sur une aire s'étendant de 0 à 840 m à l'Est et de 0 à 280 m à l'Ouest du rejet thermique. La station de prise d'eau (à 490 m à l'Est du rejet) a été considérée comme étant la zone de référence. Nous avons effectué un total de 23 relevés répartis sur quatre saisons, de 625 cm² chacun sur substrat rocheux à des niveaux superficiels (0 à -0,50 m) et à des distances croissantes du rejet thermique (tab1. et fig.16).

Tableau 1: Localisation des différentes stations d'échantillonnage en fonction de la distance au rejet thermique (Mers-El-Hadjaj ; Arzew).

Numéro de la station	Distance au rejet (m)
S1	0
S2	40 (à l'Est du rejet)
S3	140 (à l'Ouest du rejet)
S4	260 (à l'Est du rejet)
S5	280 (à l'Ouest du rejet)
S6 (pompe d'eau de mer)	490 (à l'Est du rejet)
S7	840 (à l'Est du rejet)



Figure 16: Localisation des stations liées au rejet thermique (relevés superficiels: 0 à -0,50m) (Mers-EL-Hadjaj ; Arzew).

L'étude phytosociologique à *Caulerpa prolifera* a également été réalisée sur un cycle saisonnier par une série de plongées (-2, -5 et -10 m) en fonction de la distance au rejet (0 à 840 m à l'Est et de 0 à 280 m à l'Ouest du rejet thermique) (fig.17). Les relevés sont réalisés sur des surfaces de 625 cm² chacun (25 cm x 25 cm). 22 relevés ont fait l'objet de l'étude phytosociologique.

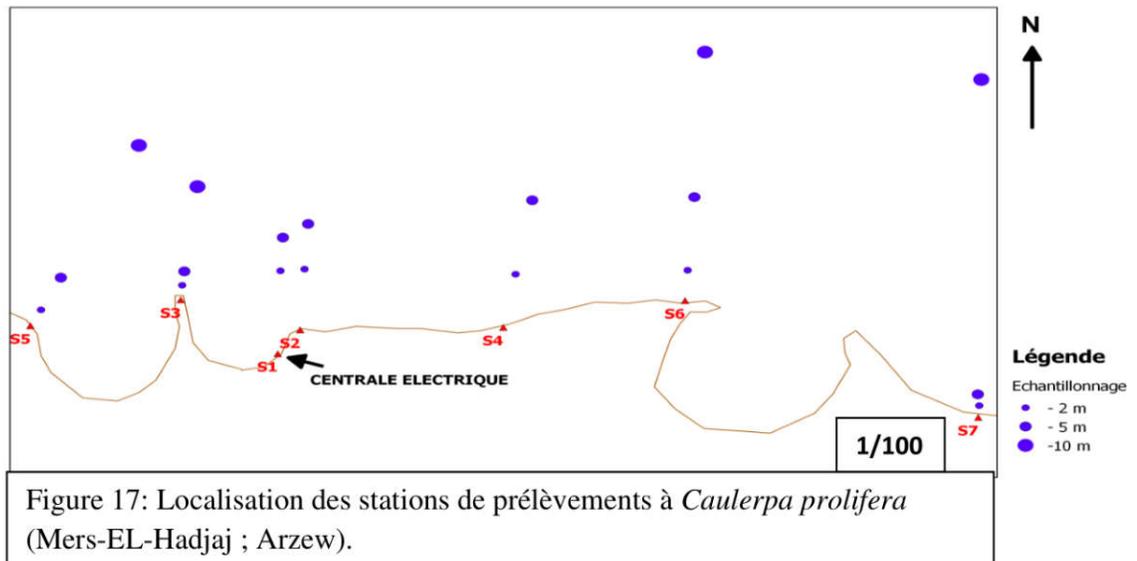


Figure 17: Localisation des stations de prélèvements à *Caulerpa prolifera* (Mers-EL-Hadjaj ; Arzew).

En ce qui concerne les relevés phytosociologiques à *Caulerpa racemosa*, ceux-ci ont été réalisés dans un des sites où cette espèce a été signalée pour la première fois (Ould Ahmed & Meinez, 2007). À l'Ouest d'Alger à Sidi-Fredj où nous avons effectué des prélèvements sur des surfaces de 20 cm x 20 cm à des niveaux superficiels (0 à -0,50 m) sur du substrat meuble.

L'échantillonnage a été réalisé au niveau de quatre stations (près du centre de thalassothérapie). Celles-ci ont été choisies au hasard, selon un cycle saisonnier à l'exception de la saison automnale où l'algue semble disparaître (ce qui serait dû à sa reproduction sexuée par holocarpie). Soit un total de 12 relevés (fig.18).



Figure 18: Localisation des stations de prélèvements à *Caulerpa racemosa* (Sidi-Fredj).

L'étude phytosociologique de la flore épiphyte des feuilles à *Posidonia oceanica* a été effectuée dans la région de Tipaza (Anse de Kouali) où quatre stations ont été choisies selon un gradient bathymétrique croissant dans l'axe central de l'anse (-0,5 m, -0,7 m, -2 m et -10 m) (fig.19), durant la saison printanière.

La méthode phytosociologique ayant porté sur les espèces d'algues épiphytes à *Posidonia oceanica* est différente d'un auteur à autre :

-Ben (1971) estime que pour une profondeur donnée, une à deux feuilles parmi les plus épiphytées, suffisent à rendre compte de la composition de la flore épiphyte.

-Panayotodis et Boudouresque (1981) ont montré que la distribution de la diversité épiphyte se stabilise au bout de trois faisceaux complets.

-Buia *et al.* (1985 et 1989) et Mazzella *et al.* (1981 et 1989) ont considéré les feuilles adultes et intermédiaires de cinq faisceaux, la plus jeune feuille intermédiaire n'étant pas prise en compte.

-Mazzella et Russo (1989) ont utilisé deux feuilles par faisceaux pour un ensemble de cinq faisceaux.

Toutes ces méthodes ont pour principe le choix du nombre de feuilles représentatif où le nombre d'espèces épiphytes reste relativement stable ce qui se traduit, comme pour toute autre méthode phytosociologique, par la courbe aire-espèces (Boudouresque, 1971), et dans ce cas, par une courbe nombre d'espèces-nombre de feuilles. Cette courbe dessine un plateau quand le nombre représentatif des feuilles est atteint, sachant qu'un faisceau est en général composé de 5 à 7 feuilles (en forme de lanières) ; larges de 7 à 11 mm et longues de 40 à 120 cm (Delepine *et al.*, 1987).

Pour notre travail, la courbe nombre d'espèces-nombre de feuilles se stabilise, d'une manière générale, au bout de cinq faisceaux, c'est-à-dire au bout de dix feuilles adultes et cinq intermédiaires. En effet, pour chaque station nous avons pris en compte un relevé de cinq faisceaux dont deux feuilles adultes (+50 mm et pétiole > 2 mm) et une intermédiaire (+50 mm et pétiole < 2 mm) par faisceau. Les feuilles plus jeunes (plus au centre) ne sont pas considérées, car elles sont relativement pauvres en chlorophylle, pendant que cette dernière augmente avec l'âge de la feuille (Libes, 1984), ce qui induit une augmentation des épiphytes (Casola et Scardi, 1989).

Pour chaque faisceau, les trois feuilles sont examinées sur toute leur longueur et sur les deux faces à la loupe binoculaire pour prélever l'algue épiphyte, puis au microscope optique pour son identification spécifique.



Figure 19: Localisation des stations de prélèvements des épiphytes à *Posidonia oceanica* (Anse de Kouali).

3.2.3. Paramètres analytiques et synthétiques

« Alors que les paramètres analytiques décrivent les espèces à l'intérieur d'un relevé (cas d'une étude phytosociologique), les paramètres synthétiques s'appliquent aux espèces (ou groupes d'espèces d'un ensemble de relèves » Boudouresque (1971).

Afin d'exploiter les résultats obtenus par les deux méthodes d'étude, nous avons utilisé un certain nombre de ces paramètres tel que définis par l'auteur.

a) Le coefficient T

Ce facteur représente le nombre total d'espèces participant activement à la réalisation de la couverture végétale d'une station ou d'un site (ou localité).

b) Le recouvrement (%)

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

c) Le coefficient Q

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

Donc : $\sum Q = T$

Q : effectif du groupe systématique d'espèces.

T : nombre total des espèces.

d) La dominance qualitative DQ (%)

La dominance qualitative DQ (%) d'un sous ensemble d'espèces est le rapport du coefficient Q du sous ensemble considéré sur le nombre des espèces (T) multiplié par 100.

$DQ = Q / T \times 100$.

e) Le rapport R/P

Le rapport R/P est le nombre de Rhodophyceae (Q_r) sur le nombre de Phaeophyceae (Q_p). Ce rapport permet la caractérisation de la flore d'une zone donnée. Sa valeur augmente depuis les régions froides vers les régions chaudes (Feldmann, 1938) (tab.2).

$R/p = Q_r / Q_p$.

f) Indice de similitude de Sørensen

$$\beta = \frac{2c}{S_1 + S_2}$$

Où, S_1 = le nombre total d'espèces enregistrées dans la première communauté (site ou localité), S_2 = le nombre total d'espèces enregistrées dans la deuxième communauté, et c = le nombre d'espèces communes aux deux communautés. L'indice de Sørensen est une mesure très simple de la biodiversité bêta, variant de 0 quand il n'y a pas d'espèces communes entre les deux communautés et à la valeur 1 lorsque les mêmes espèces existent dans les deux communautés.

Tableau 2: Données bibliographiques du rapport R/P en fonction de la latitude.

Régions	R/P	Auteurs
Groenland	1	Lund, 1959
Irlande	1.5	Cotton, 1912
Portugal	2.51	Ardre, 1970
Adriatique	2.42	Giaccone, 1978
Banyuls	2.9	Feldmann, 1938
Italie	3.1	Giaccone, 1969
Corse	3.13	Verlaque, 1987
Syrie	3.36	Mayhoub, 1976
Baléares	3.45	Ribera-Siguan, 1983
Catalogne	3.46	Ballesteros, 1984
Turquie (côtes égéennes)	2.8	Cirik, 1978
Mer Égée	4	Giaccone, 1968
Algérie	3	Feldmann, 1931
Région d'Alger	4.04	Seridi, 1990

3.2.4. Les groupes écologiques

«Un groupe écologique est un groupe d'espèces statistiquement liées entre elles et à un ou plusieurs types de biotopes dans un secteur géographique bien précis, sans que la raison de ces liaisons soit forcément élucidée" (Boudouresque, 1971).

Boudouresque (1984) distingue principalement cinq groupes écologiques (le premier n'a pas fait l'objet de notre étude):

- Supralittoral
- Médiolittoral
- Groupe photophile
- Groupe Sciaphile
- Groupe lié à la pollution

◆ **Le groupe Médiolittoral** au sens large (Rm sl) :

- Frange médiolittorale (FM).
- Roche médiolittorale (RM).
- Roche médiolittorale moyenne 1 (RMM1).
- Roche médiolittorale moyenne 2 (RMM2).
- Roche médiolittorale supérieure (RMS).

◆ **Le groupe Photophile infralittoral** au sens large (PhI sl) :

- Photophile infralittoral (PhI).
- Photophile infralittoral battu (PhIB).
- Photophile infralittoral relativement calme (PhIC).
- Photophile infralittoral de surpâturage (PhIG).
- Photophile infralittoral thermophile (PhIT).

◆ **Le groupe Sciaphile** au sens large (SC ls) :

- Anti-sciaphile (AS).
- Concrétionnements coralligènes (CC).
- Concrétionnements coralligènes tolérants (CCT).
- Sciaphile de mode relativement calme (SC).
- Sciaphile infralittoral calme (SCI).
- Sciaphile infralittoral de mode relativement calme tolérant (SCIT).
- Sciaphile infralittoral (SI).
- Sciaphile infralittoral et circalittoral (SIC).
- Sciaphile superficiel battu (SSB).
- Sciaphile superficiel battu d'affinités chaudes (SSBc).
- Sciaphile superficiel battu d'affinités froides (SSBf).

◆ **Le groupe plus ou moins liés à la pollution** (ETN sl) :

- Eutrophe et thionitrophile (ETN).
- Hémisciaphile des petits ports (HSPP)
- Photophile infralittoral portuaire (PhIP)
- Le groupe infralittoral de substrat dur (ISR)

♦ **Le groupe caractéristique des herbiers à *Posidonia oceanica* (HP)**

♦ **Groupes des espèces à large répartition écologique** et espèces sans signification précise, espèces diverses (LRE-SSP).

Pour chaque espèce identifiée nous avons attribué le groupe (ou sous-groupe) écologique auquel elle appartient (voir annexe) et calculé sa valeur absolue (coefficient Q) par rapport à ce groupe et sa dominance qualitative (DQ%) globale et par site étudié.

3.2.5. Éléments biogéographiques

L'origine et la distribution géographique de la flore algale de Méditerranée étaient tout d'abord connues par les travaux de Hamel (1931-1939), Feldmann et Hamel (1936), Feldmann (1938). Celles des Ceramiacées principalement précisées par ceux de Feldmann-Mazoyer (1940-1941) et autres. Ces travaux ont permis de distinguer un certain nombre d'éléments biogéographiques utilisés par plusieurs auteurs dont Verlaque (1977 et 1994); Ribera (1993); Ribera *et al.* (1992 et 1995); Cormaci *et al.* (1982); Giaccone *et al.* (1985); Giaccone (1991); Furnari *et al.* (2003) et Zenetos *et al.* (2010 et 2012).

L'élément Méditerranéen «M»: est constitué d'espèces endémiques et d'espèces qui se dispersent en Méditerranée en se localisant également dans l'Atlantique à proximité du détroit de Gibraltar; certaines de ces espèces semblent s'étendre hors de la Méditerranée (Verlaque, 1977).

L'élément Pantropical «P»: cet élément regroupe l'ensemble des espèces communes aux mers chaudes: Méditerranée, Atlantique tropicale et subtropicale, Mer rouge, Océan Indien, Océan Pacifique- tropicale et subtropicale.

L'élément Atlantique-tropical «At»: cet élément comprend les espèces communes aussi bien à l'Atlantique tropical qu'à la Méditerranée. Les espèces appartenant à cet élément s'entendent entre la côte basque française et l'équateur.

L'élément Atlantique-intermédiaire «Ai»: regroupe les espèces qui s'intercalent entre l'élément Atlantique- tropicale et l'élément Atlantique- boréal. Ces espèces se répartissent de part et d'autre du détroit de Gibraltar (Maroc, le Nord-ouest de l'Espagne, le Portugal, les Açores et la Méditerranée), on ne peut donc attribuer aux espèces de cet élément une affinité boréale ou tropicale précise.

L'élément Atlantique-boréal «Ab»: est constitué généralement d'espèces d'eau tempérée ou froide dont la limite méridionale de leur aire est la Méditerranée. Ces espèces se limitent à l'Irlande vers le Nord, et au Maroc vers le Sud.

L'élément Boréal «B»: comprend généralement les espèces des eaux froides ayant des affinités nordiques. Celles-ci se répartissent du Nord de la Norvège jusqu'au Nord-ouest de l'Espagne ou le Maroc.

L'élément Indo-Pacifique «I-P»: cet élément englobe les espèces communes à l'océan Indien et l'océan Pacifique.

L'élément Indo-Atlantique «I-A»: regroupe toutes les espèces présentes dans les deux océans : Indien et Atlantique.

L'élément Atlantique-Pacifique «A-P»: est composé des espèces communes à l'océan Atlantique et l'océan Pacifique.

L'élément Cosmopolite «C»: est composé d'espèces dont l'aire d'extension est très vaste, elles se rencontrent sous diverses latitudes et dans toutes les Mers du globe, la plupart d'entre-elles sont eurythermes.

L'élément Divers «D»: cet élément regroupe toutes les espèces dont la répartition géographique n'est pas précise ou insuffisante.

Pour chaque espèce identifiée, nous avons attribué l'élément biogéographique auquel elle appartient et calculé sa valeur absolue (coefficient Q) et sa dominance qualitative (DQ%) par rapport à cet élément pour chaque site et pour la somme de tous les sites.

3.2.6. Analyse factorielle des correspondances

Pour le traitement de nos données, nous avons utilisé la méthode d'analyse factorielle des correspondances (A.F.C). Le principe de cette méthode factorielle est la simplification, l'ordination et la coordination des données initiales en exprimant la complexité des inter-relations entre variables par un petit nombre de facteurs. Ces facteurs sont représentés par des axes perpendiculaires qui délimitent des plans dans lesquels se projettent les points « espèces » et « relevés » (ou sites). Plus deux points (espèces et relevés) sont rapprochés dans le plan, plus intense est la relation entre ces espèces (ou relevés).

Nous pouvons alors graphiquement schématiser les affinités algales (regroupant les espèces de même « occurrence » dans les différents relevés regroupant des sites ayant même caractéristiques floristiques.

Par ailleurs, plus un point ou un ensemble de points (espèces ou relevés) est éloigné du centre du plan, plus forte est l'influence des facteurs (axes) qui composent le plan.

L'Analyse factorielle des correspondances (A.F.C.) est une méthode descriptive, elle est décrite par différents auteurs Lebart *et al.* (1977) ; Legendre et Legendre (1979 et 1984) ; Benzecri (1982) et Philipeau (1986). Cette analyse statistique est largement utilisée actuellement en écologie.

Elle a pour objectif d'établir des liaisons entre deux variables : l'une explicative et l'autre expliquée ; dans notre cas la variable explicative correspond aux différentes espèces identifiées et la variable expliquée sera les différents sites à comparer.

Les espèces et les différents sites sont introduits dans un tableau à double entrée (matrice). Les espèces sont portées en lignes et les sites en colonne. Un code est établi par une succession de 0 et 1 pour désigner l'absence (0) ou la présence (1) de l'espèce de la variable (site).

La matrice est soumise pour l'analyse AFC en utilisant le logiciel « STATISTICA version 6 ». Ce logiciel permet de définir des axes factoriels qui sont caractérisés par un taux d'inertie exprimant le pourcentage de l'information globale (variable). La plus grande inertie trouvée est celle qui résume au mieux la dispersion du nuage de points. Les axes factoriels sont considérés comme déterminant un facteur. Ce facteur est purement abstrait et ne traduit que la structure principale du jeu de données (Prodon et Lebreton, 1984).

3.2.7. Étude moléculaire et phylogénétique

Actuellement les études de taxonomie des algues sont orientées vers des analyses de biologie moléculaire (Rousseau *et al.*, 1997 ; Peters & Clayton, 1998 ; Rousseau & De Reviere, 1999 ; Stiger *et al.*, 2000 ; Harvey et Goff, 2006 ; Varela-Alvarez *et al.*, 2006 ; Susini *et al.*, 2007 ; Draisma *et al.*, 2010 ; Gómez Garreta *et al.*, 2010 et Ribera Siguan *et al.*, 2011).

C'est un des instruments taxonomiques le plus utilisé qui apporte des données, pour confirmer ou bien modifier les résultats obtenus par la méthodologie d'étude taxonomique classique.

Dans notre travail, qui est essentiellement floristique, nous avons jugé intéressant d'introduire un sous chapitre de biologie moléculaire, ce qui nous a permis d'apprendre une méthodologie de travail totalement nouvelle pour les algues de l'Algérie, et aussi d'apporter des résultats dont certains sont inédits.

Nos analyses ont été réalisées sur des spécimens du genre *Cystoseira* C. Agardh (Chromobiontes, Fucales, Sargassaceae).

Le choix des espèces du genre *Cystoseira* est basé, tout d'abord, sur le fait que ce sont les plus importantes en nombre, sachant que plus de 30 taxa existent en Méditerranée (Boudouresque *et al.*, 1992). Elles constituent également les communautés algales les plus dominantes de la Méditerranée ; on les trouve, en effet, dans plusieurs biotopes aussi calme que battu, en surface comme en profondeur : jusqu'à 100m (Gómez-Garreta, 2001). Par ailleurs plusieurs auteurs (Barcelo et Seoane-Camba, 1984 ; Motta, 1989 ; Gonzalez et Afonso Carrillo, 1990 ; Serio, 1995a et b et Gómez-Garreta, 2001) ont affirmé qu'il existe une grande variabilité phénologique entre les espèces et Giaccone (1991) considère que le genre *Cystoseira* est en voie de spéciation. Elles sont également très polymorphes ; la même espèce peut avoir plusieurs morphologie en fonction de son milieu écologique ; ce qui rend plus difficile leur identification. Sur le plan biogéographique, beaucoup d'espèces du genre *Cystoseira* sont endémiques de la Méditerranée et sensibles à la pollution ; ce qui fait d'elles de très bons indicateurs biologiques (Boudouresque *et al.*, 1990). En outre, on connaît peu sur la cytologie nucléaire de ce genre (Gomez-Garreta, 2001).

Pour cette étude, nous avons utilisé 16 échantillons de *Cystoseira* que nous avons récoltés sur trois différents sites, puis séchés en herbier, et numérotés de 1 à 16 (tab.3). Cette analyse peut, en effet, se faire soit sur des échantillons frais et conservés dans du silicate gel ou alors sur ceux mis en herbier (Draisma *et al.*, 2010).

Tableau 3: Les différents échantillons de *Cystoseira* et leurs sites respectifs.

	Station 1	Station 2	Station 3
Station	Chenoua	Ain-Benian	Cherchell
Échantillons	1,2,3,4,6,7	8,9	10,11,12,13,14,15,16
Coordonnées	36°37'30'' N. 2°24'30'' E.	36°46'48''N. 02° 53' 18''E.	36° 34' 57" N. 2° 07' 22" E.

Ces échantillons ont été transportés au laboratoire de Biologie moléculaire (à Izmir ; Turquie où s'est déroulée cette étude).

Le traitement de ces échantillons s'est fait selon le protocole habituel utilisé par le laboratoire, d'après la procédure « CTAB » de Doyle et Doyle (1987) ; Tuney *et al.* (2010) et Tuney (2011).

Ceci consiste, principalement, à nettoyer, tout d’abord, les échantillons avec de l’eau distillée, puis à les mouler dans un mortier à l’aide d’un pilon avec de l’Azote liquide jusqu’à obtenir une poudre fine. Celle-ci sera additionnée à différentes solutions en suivant plusieurs étapes jusqu’à purification et isolation de l’ADN, tel que décrit dans le protocole de Doyle et Doyle (1987) ; Tuney *et al.* (2010) et Tuney (2011). L’ADN obtenu est ensuite analysé sur du gel agarose (à 0,8%) puis passé au spectrophotomètre pour vérifier la concentration d’ADN purifié (fig.20).

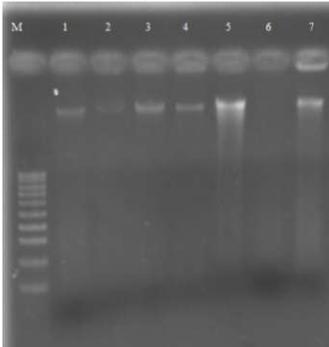


Figure 20: Analyse de l’ADN sur du gel agarose à 0,8% et spectrophotométrie.

L’analyse est poursuivie par la « Réaction en Chaîne par Polymerase » (PCR) en utilisant les amorces (Alpha DNA and IONTEK) 50-100 ng ADN. L’amplification génomique s’est faite selon les conditions dressées dans le tableau 4.

Tableau 4: Conditions utilisées pour l’analyse PCR

Température (°C)	Temps (minutes)	
95	5	
95	1	40 cycles
47	1.15	
72	1.15	
72	10	

Pour l’amplification du génome d’ADN, nous avons choisi les amorces utilisées pour l’espèce *Cystoseira osmundacea* à partir des données du NCBI (National Center for Biotechnology Information) pour la région « ITSF-ITSR » avec le « Perl-Primers programme » (Marshall, 2004). D’autres amorces ont été testées, il s’agit de celles utilisées sur les Fucales par Harvey et Goff (2006) (CysF5 –CysF4SAR, FrbcL-RrbcS, Alg26SF-Alg26SR) et While *et al.*(1990)

(ITS1-ITS4). Les séquences (amorces) et leurs températures respectives de fusion sont notées dans le tableau 5.

Tableau 5: Les différentes amorces utilisées et leur température de fusion

Primer #	Nom	Séquence	M _T (°C)
F1	ITSF	5'- CGA TTG AAT GTT TCG GTG AA-3'	M _T : 56.3
R1	ITSR	5'- AGA CAT CCG TCG CTG AAA GT-3'	M _T : 60.4
F2	CysF5	5'- CGC ACC TAC CGA TTG AAT TGT-3'	M _T : 57.9
R2	CysF4SAR	5'- CTC TAG CCT TGG GTG GAC TC-3'	M _T : 61.4
F3	Alg26SF	5' AGA GCT CGT GAT GAG AAC CC-3'	M _T : 59.4
R3	Alg26SR	5'- GCT CAC ACT CAA ACC TCG AC-3'	M _T : 59.4
F4	FrbcL	5'-ATTGTGGTCAAATGCATCAAC -3'	M _T : 58.0
R4	RrbcS	5'-ATCATCTGTCCATTCTACACT -3'	M _T : 58.0
F5	ITS1	5'-TCC GTA GGT GAA CCT GCG G -3'	M _T : 62.0
R5	ITS4	5'-TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC -3'	M _T : 58.0

Nous avons obtenu des résultats PCR, uniquement avec les amorces Alg26SF et Alg26SR amplifiées sur la région LSU rDNA (Large SubUnit Ribosomal DNA). Ces produits PCR sont examinés par électrophorèse sur agarose à 1,5% et sont sélectionnés pour leur bonne longueur (fig.21).

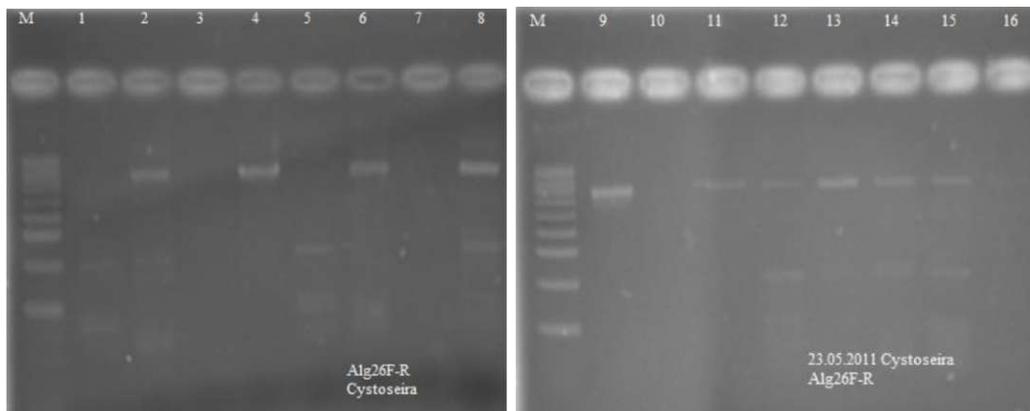


Figure 21: Résultats PCR obtenus par Alg26SF et Alg26SR primers.

Ces résultats sont aussitôt envoyés pour un séquençage à « l'Institute of Technology, Biotechnology and Bioengineering Cetral Research Laboratories » (Izmir ; Turquie).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.3.1. Inventaire et mise à jour taxonomique des espèces identifiées

Cet inventaire comprend les 260 espèces récoltées et identifiées dans les 12 sites étudiés. Seul le groupe des Cyanobionta n'a pas été pris en compte vu le nombre restreint d'espèces marines qu'il constitue.

Les trois autres groupes d'algues sont représentés : Rhodobionta (Bangiophyceae, Compsogonophyceae, Stylonematophyceae et Floridiophyceae) avec 150 espèces, Chromobionta (Phaeophyceae) : 59 espèces et Chlorobionta (Bryopsidophyceae, Dasycladophyceae et Ulvophyceae) : 51 espèces.

Chacune des espèces est placée au sein d'une classe et d'un ordre auxquels elle appartient selon la taxonomie actuelle, établie par Guiry et Guiry (2013).

Les groupes sont classés selon l'ordre évolutif, et au sein de chacun d'entre eux, les Classes, Ordres (et Familles pour les Ceramiales), genres et espèces sont représentés par ordre alphabétique.

Chaque espèce est donnée selon son nom actuel, d'après la nouvelle nomenclature (Guiry et Guiry, 2013), suivi, entre parenthèse, de son éventuel nom antérieurement usuel.

**INVENTAIRE DES ESPECES
IDENTIFIEES**

RHODOBIONTA

Bangiophyceae

Bangiales

Bangia fuscopurpurea (Dillwyn) Lyngbye (e)

Porphyra umbilicalis Kützinger

Pyropia leucosticta (Thuret) Neefus & J.Brodie (= *Porphyra leucostica* Thuret)

Compsopogonophyceae

Erythropeltidales

Erythrotrichia bertholdii Batters

Erythrotrichia carnea (Dillwyn) J.Agardh (e)

Stylonematophyceae

Stylonematales

Stylonema alsidii (Zanardini) K.M.Drew

Stylonema cornu-cervi Reinsch (e)

Florideophyceae

Bonnemaisoniales

Asparagopsis armata Harvey

Asparagopsis taxiformis (Delile) Trevisan de Saint-Léon

Bonnemaisonia asparagoides (Woodward) C.Agardh

Falkenbergia rufolanosa (Harvey) F.Schmitz

Bonnemaisonia hamifera Hariot (= *Trailliella intricata* Batters)

Ceramiales

Callithamniaceae

Aglaothamnion tenuissimum (Bonnemaison) Feldmann-Mazoyer (= *Ceramium tenuissimum* Bonnemaison)

Callithamnion granulatum (Ducluzeau) C.Agardh

Crouania attenuata (C.Agardh) J.Agardh

Ceramiaceae

- Antithamnion cruciatum* (C.Agardh) Nägeli
Antithamnionella elegans (Berthold) J.H.Price & D.M.John
Antithamnion tenuissimum (Hauck) Schiffner
Bornetia secundiflora (J.Agardh) Thuret
Centroceras clavulatum (C.Agardh) Montagne
Ceramium ciliatum (J.Ellis) Ducluzeau
Ceramium circinatum (Kützing) J.Agardh
Ceramium codii (H.Richards) Mazoyer
Ceramium diaphanum (Lightfoot) Roth
Ceramium echinotum J.Agardh
Ceramium gaditanum (Clemente) Cremades (= *Ceramium flabelligerum* J.Agardh)
Ceramium tenerrimum (G.Martens) Okamura
Ceramium virgatum Roth (= *Ceramium rubrum* C.Agardh)
Corallophila cinnabarina (Grateloup ex Bory de Saint-Vincent) R.E.Norris (= *Ceramium ordinatum* Kützing)
Gayliella flaccida (Harvey ex Kützing) T.O.Cho & L.J.McIvor (= *Ceramium flaccidum* (Harvey ex Kützing) Ardissonne)
Pterothamnion plumula (J.Ellis) Nägeli in Nägeli & Cramer

Dasyaceae

- Dasya rigidula* (Kützing) Ardissonne
Eupogodon planus (C.Agardh) Kützing (= *Dasyopsis plana* (C.Agardh) Falkenberg)
Heterosiphonia crispella (C.Agardh) M.J.Wynne

Delesseriaceae

- Acrosorium ciliolatum* (Harvey) Kylin (e) (= *Acrosorium venulosum* (Zanardini) Kylin)
Apoglossum ruscifolium (Turner) J.Agardh
Cryptopleura ramosa (Hudson) L.Newton (= *Acrosorium uncinatum* (Turner) Kylin)
Hypoglossum hypoglossoides (Stackhouse) F.S.Collins & Hervey
Myriogramme minuta Kylin (e)

Rhodomelaceae

Alsidium corallinum C.Agardh

Alsidium helminthochorton (Schwendimann) Kützing

Boergeseniella fruticulosa (Wulfen) Kylin (= *Polysiphonia fruticulosa* (Wulfen) Sprengel = *Polysiphonia martensiana* Kützing)

Boergeseniella thuyoides (Harvey) Kylin (= *Pterosiphonia thuyoides* (Harvey) Batters)

Chondria coerulescens (J.Agardh) Falkenberg

Chondria dasyphylla (Woodward) C.Agardh

Chondria mairei G.Feldmann

Chondria capillaris (Hudson) M.J.Wynne (= *Chondria tenuissima* (Withering) C.Agardh)

Digenea simplex (Wulfen) C.Agardh

Halopithys incurva (Hudson) Batters

Herposiphonia secunda (C.Agardh) Ambronn (e)

Herposiphonia tenella (C.Agardh) Ambronn

Laurencia obtusa (Hudson) J.V.Lamouroux

Lophocladia lallemandii (Montagne) F.Schmitz

Neosiphonia sertularioides (Grateloup) K.W.Nam & P.J.Kang (= *Polysiphonia sertularioides* (Grateloup) J.Agardh)

Osmundea pinnatifida (Hudson) Stackhouse (= *Laurencia pinnatifida* (Hudson) J.V.Lamouroux)

Palisada perforata (Bory de Saint-Vincent) K.W.Nam (= *Laurencia papillosa* (C.Agardh) Greville)

Palisada thuyoides (Kützing) Cassano, Senties, Gil-Rodríguez & M.T.Fujii (= *Laurencia paniculata* (C.Agardh) J.Agardh)

Polysiphonia denudata (Dillwyn) Greville ex Harvey in Hooker

Polysiphonia elongata (Hudson) Sprengel

Polysiphonia deusta (Roth) Sprengel

Polysiphonia flocculosa (C.Agardh) Endlicher

Polysiphonia furcellata (C.Agardh) Harvey (e)

Polysiphonia mottei Lauret

Polysiphonia opaca (C.Agardh) Moris & De Notaris

Pterosiphonia complanata (Clemente) Falkenberg in Schmitz & Falkenberg

Pterosiphonia parasitica (Hudson) Falkenberg

Pterosiphonia pennata (C.Agardh) Sauvageau

Rytiphloea tinctoria (Clemente) C.Agardh

Spyridiaceae

Spyridia filamentosa (Wulfen) Harvey in Hooker

Wrangeliaceae

Compsothamnion thuyoides (Smith) Nägeli (e)

Gymnothamnion elegans (Schousboe ex C.Agardh) J.Agardh

Griffithsia corallinoides (Linnaeus) Trevisan ©

Halurus flosculosus (J.Ellis) Maggs & Hommersand (= *Griffithsia flosculosa* (J.Ellis) Batters)

Pleonosporium borrieri (Smith) Nägeli

Spermothamnion flabellatum Bornet (e)

Sphondylothamnion multifidum (Hudson) Nägeli

Tiffaniella capitata (Schousboe ex Bornet) Doty & Meñez

Colaconemales

Colaconema codii (G.Hamel) I.-K.Hwang & H.-S.Kim (= *Rhodothamniella codii* (Hamel) Feldmann)

Colaconema daviesii (Dillwyn) Stegenga (e) (= *Acrochaetium daviesii* (Dillwyn) Nägeli)

Corallinales

Amphiroa cryptarthrodia Zanardini

Amphiroa rigida J.V.Lamouroux

Corallina elongata J.Ellis & Solander

Corallina officinalis Linnaeus

Hydrolithon farinosum (J.V.Lamouroux) D.Penrose & Y.M.Chamberlain(e) (= *Fosliella farinosa* (J.V.Lamouroux) M.A.Howe)

Jania virgata (Zanardini) Montagne (= *Haliptilon virgatum* (Zanardini) Garbary & H.W.Johansen = *Corallina granifera* J.Ellis & Solander)

Jania adhaerens J.V.Lamouroux

Jania longifurca Zanardini

Jania rubens (Linnaeus) J.V.Lamouroux

Jania rubens var. *corniculata* (Linnaeus) Yendo (= *Jania corniculata* (Linnaeus) J.V.Lamouroux)

Lithophyllum byssoides (Lamarck) Foslie (= *Lithophyllum lichenoides* Philippi)

Lithophyllum decussatum (J.Ellis & Solander) Philippi

Lithophyllum incrustans Philippi

Mesophyllum expansum (Philippi) Cabioch & M.L.Mendoza (= *Lithophyllum expansum* Philippi)

Mesophyllum lichenoides (J.Ellis) Me.Lemoine

Neogoniolithon brassica-florida (Harvey) Setchell & L.R.Mason (= *Spongites notarisi* (Dufour) Athanasiadis)

Phymatolithon calcareum (Pallas) W.H.Adey & D.L.McKibbin (= *Lithothamnion calcareum* (Pallas) Areschoug)

Pneophyllum fragile Kützing (e) (= *Pneophyllum lejolisii* (Rosanoff) Y.M.Chamberlain)

Titanoderma pustulatum (J.V.Lamouroux) Nägeli (e) (= *Lithophyllum pustulatum* f. *similis* Foslie)

Gelidiales

Parviphycus pannosus (Feldmann) G.Furnari (= *Gelidiella tenuissima* Feldmann & G.Hamel)

Gelidiella lubrica (Kützing) Feldmann & G.Hamel

Gelidiella nigrescens (Feldmann) Feldmann & G.Hamel

Gelidiella ramellosa (Kützing) Feldmann & G.Hamel

Gelidium corneum (Hudson) J.V.Lamouroux (= *Gelidium sesquipedale* (Clemente) Thuret)

Gelidium crinale (Hare ex Turner) Gaillon

Gelidium bipectinatum Furnari (= *Gelidium pectinatum* Schousboe ex Montagne)

Gelidium pulchellum (Turner) Kützing

Gelidium pusillum (Stackhouse) Le Jolis

Gelidium spathulatum (Kützing) Bornet

Gelidium spinosum (S.G.Gmelin) P.C.Silva (= *Gelidium latifolium* Bornet ex Hauck)

Pterocladia melanoidea (Schousboe ex Bornet) Santelices & Hommersand (= *Gelidium melanoideum* Schousboe ex Bornet)

Pterocladia capillacea (S.G.Gmelin) Santelices & Hommersand (= *Pterocladia capillacea* (S.G.Gmelin) Bornet)

Gigartinales

Calliblepharis jubata (Goodenough & Woodward) Kützing

Callophyllis laciniata (Hudson) Kützing

Chondracanthus acicularis (Roth) Fredericq (= *Gigartina acicularis* (Roth) J.V.Lamouroux)

Chondracanthus teedei (Mertens ex Roth) Kützing (= *Gigartina teedii* (Mertens ex Roth) J.V.Lamouroux)

Feldmannophycus rayssiae (Feldmann & G.Feldmann) Augier & Boudouresque

Gigartina pistillata (S.G.Gmelin) Stackhouse

Gymnogongrus crenulatus (Turner) J.Agardh

Gymnogongrus griffithsiae (Turner) Martius

Hypnea spinella (C.Agardh) Kützing (= *Hypnea cervicornis* J.Agardh)

Hypnea musciformis (Wulfen) J.V.Lamouroux

Phyllophora crispa (Hudson) P.S.Dixon (= *Phyllophora nervosa* (A.P.de Candolle) Greville)

Phyllophora heredia (Clemente) J.Agardh

Rhodophyllis divaricata (Stackhouse) Papenfuss (e)

Rissoella verruculosa (Bertoloni) J.Agardh

Schottera nicaeensis (J.V.Lamouroux ex Duby) Guiry & Hollenberg

Sphaerococcus coronopifolius Stackhouse

Wurdemannia miniata (Sprengel) Feldmann & G.Hamel

Gracilariales

Gracilaria bursa-pastoris (S.G.Gmelin) P.C.Silva

Gracilaria foliifera (Forsskål) Børgesen

Gracilariopsis longissima (S.G.Gmelin) M.Steentoft, L.M.Irvine & W.F.Farnham
(= *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss)

Halymeniales

Grateloupia lanceola (J.Agardh)J.Agardh

Nemaliales

Liagora viscida (Forsskål) C.Agardh

Nemalion helminthoides (Velley) Batters

Sciniaia furcellata (Turner) J.Agardh

Rhodymeniales

Botryocladia botryoides (Wulfen) Feldmann

Champia parvula (C.Agardh) Harvey

Chylocladia verticillata (Lightfoot) Bliding

Gastroclonium clavatum (Roth) Ardissonne

Lomentaria articulata (Hudson) Lyngbye

Lomentaria clavellosa (Lightfoot ex Turner) Gaillon

Rhodymenia pseudopalmata (J.V.Lamouroux) P.C.Silva

Palmariales

Rubrointrusa membranacea (Magnus) S.L.Clayden & G.W.Saunders (e) (= *Rhodochorton membranaceum* (Magnus) Hauck)

Peyssonneliales

Peyssonnelia coriacea Feldmann

Peyssonnelia polymorpha (Zanardini) F.Schmitz

Peyssonnelia rubra (Greville) J.Agardh

Peyssonnelia squamaria (S.G.Gmelin) Decaisne

Plocamiales

Plocamium cartilagineum (Linnaeus) P.S.Dixon

Sebdeniales

Sebdenia monardiana (Montagne) Berthold

Sebdenia rodrigueziana (Feldmann) Codomier ex Parkinson

CHROMOBIONTA

Phaeophyceae

Cutleriales

Aglaozonia parvula (Greville) Zanardini

Cutleria adspersa (Mertens ex Roth) De Notaris

Cutleria multifida (Turner) Greville

Zanardinia prototypus (J.V.Lamouroux) Montagne

Dictyotales

Dictyopteris polypodioides (A.P.De Candolle) J.V.Lamouroux (= *Dictyopteris membranacea* (Stackhouse) Batters)

Dictyota dichotoma (Hudson) J.V.Lamouroux

Dictyota fasciola (Roth) J.V.Lamouroux (= *Dilophus fasciola* (Roth) M.A.Howe)

Dictyota spiralis Montagne (= *Dilophus spiralis* (Montagne) G.Hamel)

Dictyota implexa (Desfontaines) J.V.Lamouroux (= *Dictyota linearis* (C.Agardh) Greville)

Padina pavonica (Linnaeus) Thivy

Spatoglossum solieri (Chauvin ex Montagne) Kützing

Taonia atomaria (Woodward) J.Agardh

Zonaria tournefortii (J.V.Lamouroux) Montagne

Ectocarpales

Colpomenia peregrina Sauvageau (c)

Colpomenia sinuosa (Mertens ex Roth) Derbès & Solier

Ectocarpus commensalis Setchell & N.L.Gardner (= *Ectocarpus parvus* (De A.Saunders) Hollenberg)

Ectocarpus fasciculatus Harvey

Ectocarpus siliculosus (Dillwyn) Lyngbye (= *Ectocarpus confervoides* Le Jolis)

Elachista intermedia P.L.Crouan & H.M.Crouan (e)

Feldmannia caespitula (J.Agardh) Knoepffler-Péguy (e)

Feldmannia irregularis (Kützing) G.Hamel (e)

- Hinckesia secunda* (Kützing) P.C.Silva (e) (= *Giffordia secunda* (Kützing) Batters)
- Giraudia sphaclarioides* Derbès & Solier (e)
- Kuckuckia spinosa* (Kützing) Kornmann
- Liebmannia leveillei* J.Agardh
- Myriactula gracilariae* Feldmann (e)
- Myrionema orbiculare* J.Agardh (e)
- Myrionema strangulans* Greville (e)
- Myriotrichia repens* Hauck (e)
- Nemacystus flexuosus* (C.Agardh) Kylin (e) (= *Nemacystus ramulosus* Derbès & Solier)
- Petalonia fascia* (O.F.Müller) Kuntze
- Scytosiphon lomentosa* (Lyngbye) Link (= *Scytosiphon lomentaria* (Lyngbye) Link)
- Fucales**
- Cystoseira algeriensis* Feldmann
- Cystoseira amentacea* var. *stricta* Montagne
- Cystoseira barbata* (Stackhouse) C.Agardh
- Cystoseira compressa* (Esper) Gerloff & Nizamuddin
- Cystoseira brachycarpa* J.Agardh (= *Cystoseira caespitosa* Sauvageau)
- Cystoseira crinita* Duby
- Cystoseira foeniculacea* (Linnaeus) Greville (= *Cystoseira ercegovicii* Giaccone)
- Cystoseira humilis* Schousboe ex Kützing
- Cystoseira montagnei* J.Agardh (Inquirenda)
- Cystoseira sauvageauana* Hamel
- Cystoseira sedoides* (Desfontaines) C.Agardh
- Cystoseira spinosa* Sauvageau
- Cystoseira tamariscifolia* (Hudson) Papenfuss
- Cystoseira usneoides* (Linnaeus) M.Roberts
- Sargassum hornschurchii* C.Agardh
- Sargassum vulgare* C.Agardh

Laminariales

Phyllariopsis brevipes (C.Agardh) E.C.Henry & G.R.South

Ralfsiales

Ralfsia verrucosa (Areschoug) Areschoug

Scytothamnales

Bachelotia antillarum (Grunow) Gerloff (e) (= *Bachelotia fulvescens* (Bornet) Kuckuck ex G.Hamel)

Sphacelariales

Cladostephus spongiosus (Hudson) C.Agardh (= *Cladostephus hirsutus* (Linnaeus) C.-F.Boudouresque & M.Perret-Boudouresque)

Halopteris filicina (Grateloup) Kützing

Sphacelaria cirrosa (Roth) C.Agardh

Sphacelaria rigidula Kützing (e) (= *Sphacelaria furcigera* Kützing)

Sphacelaria plumula Zanardini

Sphacelaria tribuloides Meneghini

Stypocaulon scoparium (Linnaeus) Kützing

Sporochnales

Nereia filiformis (J.Agardh) Zanardini

CHLOROBIONTA

Bryopsidophyceae

Bryopsidales

Blastophysa rhizopus Reinke (= *Blastophysa polymorpha* Kjellmann)

Bryopsis hypnoides J.V.Lamouroux

Bryopsis muscosa J.V.Lamouroux

Bryopsis plumosa (Hudson) C.Agardh

Bryopsis secunda J.Agardh

Caulerpa racemosa var. *cylindracea* (Sonder) Verlaque, Huisman & Boudouresque

Caulerpa prolifera (Forsskål) J.V.Lamouroux

Codium Bursa (Olivi) C.Agardh

Codium decorticatum (Woodward) M.A.Howe

Codium effusum (Rafinesque) Delle Chiaje

Codium fragile subsp. *fragile* (Suringar) Hariot (= *Codium fragile* Suringar)

Codium tomentosum Stackhouse

Derbesia tenuissima (Moris & De Notaris) P.L.Crouan & H.M.Crouan

Flabellia petiolata (Turra) Nizamuddin (= *Udotea petiolata* (Turra) Børgesen)

Halimeda tuna (J.Ellis & Solander) J.V.Lamouroux

Halicystis parvula F.Schmitz ex Murray

Ostreobium quekettii Bornet & Flahault

Pseudochlorodesmis furcellata (Zanardini) Børgesen

Dasycladophyceae

Dasycladales

Acetabularia acetabulum (Linnaeus) P.C.Silva

Dasycladus vermicularis (Scopoli) Krasser

Siphonocladophyceae

Siphonocladales

Valonia macrophysa Kützing

Valonia utricularis (Roth) C.Agardh

Ulvophyceae

Cladophorales

Chaetomorpha aerea (Dillwyn) Kützing

Chaetomorpha capillaris (Kützing) Børgesen

Chaetomorpha linum (O.F.Müller) Kützing

Cladophora albida (Nees) Kützing

Cladophora coelothrix Kützing

Cladophora dalmatica Kützing

Cladophora hutchinsiae (Dillwyn) Kützing

Cladophora laetevirens (Dillwyn) Kützing

Cladophora lehmanniana (Lindenberg) Kützing (= *Cladophora utriculosa* Kützing)

Cladophora prolifera (Roth) Kützing

Cladophora rupestris (Linnaeus) Kützing

Cladophora sericea (Hudson) Kützing

Microdictyon tenuius J.E.Gray

Rhizoclonium riparium (Roth) Harvey (= *Rhizoclonium kochianum* Kützing)

Ulvales

Acrochaete viridis (Reinke) R.Nielsen (e)

Blidingia marginata (J.Agardh) P.J.L.Dangeard

Blidingia minima (Nägeli ex Kützing) Kylin (= *Enteromorpha compressa* var. *minima* (Nägeli ex Hauck) Hamel)

Ulva clathrata (Roth) C.Agardh (= *Enteromorpha clathrata* (Roth) Greville)

Ulva compressa Linnaeus (= *Enteromorpha compressa* (Linnaeus) Nees)

Ulva flexuosa Wulfen (= *Enteromorpha flexuosa* (Wulfen) J.Agardh)

Ulva intestinalis Linnaeus (= *Enteromorpha intestinalis* (Linnaeus) Nees)

Ulva lactuca Linnaeus

Ulva linza Linnaeus (= *Enteromorpha linza* (Linnaeus) J.Agardh)

Ulva clathrata (Roth) C.Agardh (= *Enteromorpha ramulosa* (Smith) Carmichael)

Ulva prolifera O.F.Müller (= *Enteromorpha prolifera* (O.F.Müller) J.Agardh)

Ulva rigida C.Agardh

Ulvella lens P.L.Crouan & H.M.Crouan

Phaeophila dendroides (P.L.Crouan & H.M.Crouan) Batters

Ulotrichales

Monostroma grevillei (Thuret) Wittrock (e)

(e)= épiphyte

3.3.2. Espèces nouvelles pour la flore algale d'Algérie

En se référant à l'inventaire des algues marines des côtes algériennes de Perret-Boudouresque et Seridi (1989) et aux seuls autres travaux réalisés sur les algues benthiques de l'Algérie, soit ceux de Seridi (1990, 2007) et de Kadari-Meziane (1990), 15 espèces sont nouvelles pour la flore de la côte d'Algérie. Parmi ces espèces 5 ont été retrouvées près de la centrale thermique de Mers-El-Hadjaj (golfe d'Arzew ; Ouest algérien : Ould Ahmed, 1994). Il s'agit de : *Alsidium helminthochorton*, *Polysiphonia deusta*, *Gelidiella lubrica*, *Gigartina teedii* (Rhodobiontes) et *Bryopsis secunda* (Chlorobiontes). Toutes ces espèces sont thermophiles ; ce qui expliquerait leur présence dans cette région.

Les 10 autres nouvelles espèces sont réparties en 2 Rhodobiontes : *Grateloupia lanceola*, *Lithophyllum decussatum* ; 5 Chromobiontes (Phaeophyceae) : *Bachelotia antillarum*, *Cystoseira barbata*, *Cystoseira humilis*, *Myriotrichia repens*, *Nemacystus flexuosus* et 3 Chlorobiontes : *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*, *Monostroma grevillei* et *Ulvella lens*.

-***Grateloupia lanceola*** (fig.22) est une Halymeniales, Halymeniaceae que nous avons récoltée au printemps, à l'Ouest (Ain Benian) et à l'Est d'Alger (Boumerdès.), en surface souvent non fixée (en flottant). Cette algue est de consistance gélatineuse, formée d'une ou plusieurs lames minces lancéolées (2 à 30 cm de haut), de couleur rouge violacé. Ces lames portent souvent des ramifications et sont réunies à la base par un disque de fixation qui est porté par un très court stipe (1 mm) qui peut également être absent. La base de la lame est souvent colorée en vert. Cette espèce est caractérisée par son cortex formé de cellules alignées non ramifiées réunies entre-elles par des synapses latérales.

C'est une espèce native de la Méditerranée (Verlaque ; *comm. pers.*). Elle est connue au Maroc (Dangeard, 1949) et en Espagne (Pérez-Cirera *et al.*, 1989 et Couceiro *et al.*, 2011).

-***Lithophyllum decussatum*** (fig.23) est une Corallinales, Corallinaceae, nous l'avons retrouvée en profondeur dans un seul site : Parc national de Taza durant la saison estivale. C'est une algue totalement calcaire constituée de lamelles verticales délicates qui délimitent plusieurs alvéoles centrales et périphériques. C'est une espèce d'eau froide et tempérée (Atlantique-boréale). Cette espèce est connue en Europe : Corse (Boudouresque et Perret, 1977) ; France (Anon. 2012) ; Italie (Cinelli *et al.*, 1976, Babbini et Bressan, 1997, Furnari *et al.*, 2003) ; Espagne (Gallardo *et al.*, 1985) et en Afrique du Nord : Libye (Babbini et Bressan, 1997) ; Maroc (Babbini et Bressan, 1997).



Figure 22: *Grateloupia lanceola*

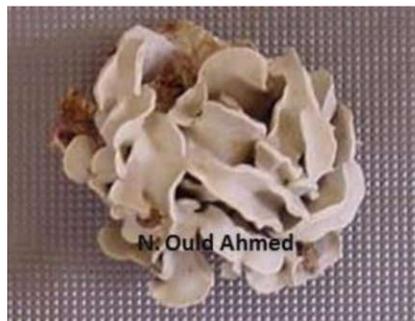


Figure 23: *Lithophyllum decussatum*

Parmi les nouvelles Phaeophyceae recensées *Bachelotia antillarum*, *Myriotrichia repens* et *Nemacystus flexuosus* ont exclusivement été rencontrées en épiphyte sur les feuilles de *Posidonia oceanica* (Anse de Kouali ; Tipaza) au printemps (-0,50 m et 10 m de profondeur). Elles sont de petite taille et méconnues, jusque-là, de la flore d'Algérie. Cependant les travaux antérieurs réalisés sur nos côtes, ont porté sur la flore benthique et non sur la flore épiphyte de *Posidonia oceanica*.

- *Bachelotia antillarum* est une Scytothamnale, Bachelotiaceae, c'est une petite algue gazonnante de quelques mm de haut, sous forme d'une petite touffe filamenteuse qui est formée de filaments rampants et dressés avec peu de ramification (thalle haplostique), elle possède des crampons de fixation. Elle diffère du genre *Pylaiella* auquel elle était rattachée par sa taille, son aspect (Hamel, 1931-1939). Mais elle en diffère par la structure étoilée de ses plastes (Magne, 1976) (au lieu de discoïde ; cas de *Pylaiella*). C'est une espèce connue de la Méditerranée occidentale : France (Feldmann et Magne 1964).

- *Myriotrichia repens* est une Ectocarpale, Cordariaceae, c'est une petite algue sous forme d'une touffe de 0,25 à 1 mm de haut, son thalle est unisériel, non ramifié portant plusieurs poils terminaux, il est formé de cellules 1 à 4 fois plus longues que larges.

C'est une espèce « Pantropicale » qui a également été signalée sur les feuilles de *Posidonia oceanica* dans d'autres régions de la Méditerranée : à Ville-franche par Sauvageau (d'après Hamel, 1931- 1039) et à Banyuls sur- mer par Ben-Van (1971). Elle est répertoriée en Tunisie (Ben Maiz *et al.*, 1987) et en Grèce (Athanasiadis, 1987).

-*Nemacystus flexuosus* est une Ectocarpale, Cordariaceae dont le thalle est uniaxial, mesurant quelques mm de haut, de consistance mucilagineuse, de couleur jaune brunâtre. Elle possède à sa base un filament rampant qui porte plusieurs rameaux dressés non ramifiés et disposés sans ordre portant des cellules rectangulaires de 2 à 3 fois plus longues que larges. C'est une espèce Méditerranéenne, qui a également été retrouvée (comme *Myriotrichia repens*) sur les feuilles de *Posidonia oceanica* (sous le nom de *Nemacystus ramulosus*) à Ville-franche par Sauvageau (d'après Hamel, 1931- 1939) et à Banyuls sur- mer par Ben-Van (1971). Elle est aussi signalée en France (Feldmann, 1938), aux Baléares (Ribera-Siguan et Gómez-Garreta, 1985) et en Tunisie (Ben Maiz *et al.*, 1987).

« Cette espèce est très abondante au printemps par 0,50 m à 1 m de profondeur, sur les feuilles de Posidonies » (Hamel, 1931-1939).

-*Cystoseira barbata* (fig.24) est une Fucale, Sargassaceae. Elle a été classée par Perret-Boudouresque et Seridi (1989) dans le *taxa excludenda*, cependant Hamel (1931-1939) cite cette espèce parmi celles du genre *Cystoseira* qui croissent sur les côtes de l'Afrique du Nord. Nous l'avons, en effet, récoltée dans trois localités de la région de Tipaza (Cherchell ; Ain Tagourait et Anse de Kouali) à des niveaux superficiels au printemps (et aussi en hiver à Kouali). C'est une espèce non cespiteuse (une seule tige principale), fixée par un disque circulaire non épais d'où part une tige arrondie à sommet nu, elle est tronquée, non couverte d'épines et ramifiée sur toute sa longueur. Elle mesure jusqu'à 60 cm de long, de couleur noirâtre, souvent courbée et caractérisée également par son sommet lisse longuement saillant

et ses réceptacles mucronés. C'est une espèce photophile de l'infralittoral de mode calme (PhIC), endémique de la Méditerranée. Elle est signalée en France (Feldmann, 1938 et Ben Maiz *et al.*, 1988) et en Corse (Ribera-Siguan *et al.*, 1992).

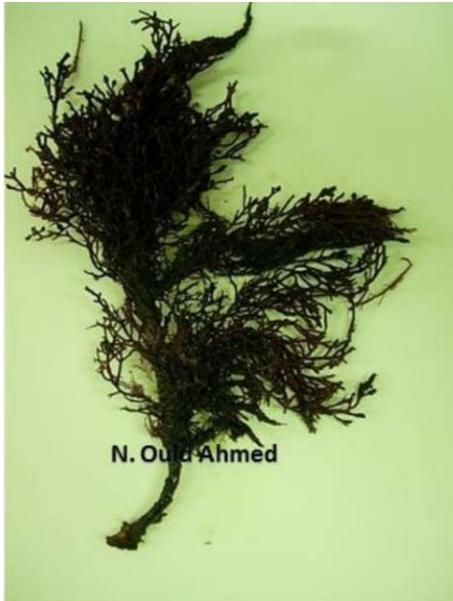


Figure 24 : *Cystoseira barbata*.



Figure 25: *Cystoseira humilis*.

- *Cystoseira humilis* (fig.25) est une Fucale, Sargassaceae, que nous avons récoltée dans un seul site, au Parc national de Gouraya à 15 m de profondeur en été. C'est une espèce cespiteuse de 8 à 12 cm de haut, caractérisée par un disque compact d'où partent des « tiges » robustes qui portent de nombreux rameaux primaires rapprochés et de rares rameaux adventifs, c'est une espèce non feuillée, non iridescente, tous les rameaux sont de section arrondie. Les réceptacles sont cylindriques et fusiformes. C'est une espèce sciaphite (SCI), appartenant au groupe biogéographique Atlantique. Elle est, en effet, à affinité froide d'où sa présence en profondeur. Cette espèce a également été signalée dans d'autres lieux de Méditerranée : en Tunisie (Baez *et al.*, 2005) ; en France et Espagne (Ribera *et al.*, 1992) et en Italie (Ribera *et al.*, 1992, Taskin *et al.*, 2012).

Des trois nouvelles Chlorobiontes identifiées *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* est signalée pour la première fois en Algérie, soit à Bou-Ismaïl, Sidi-Fredj et Tamentfoust (Ould Ahmed et Meinesz., 2007).

-*C. racemosa* (fig.26) est une Bryopsidale, Caulerpaceae, que nous avons récoltée à Bou-Ismaïl, Sidi-Fredj et Ain Benian à des niveaux superficiels (0-1m) en hiver, au printemps et en été. Elle possède un thalle coenocytique composé d'un axe dressé formé de frondes couvertes de ramules souvent opposés, sphériques en forme de grappe de raisin (appelée « rimu » dans les îles Australes d'où son nom). L'axe rampant: stolon porte des rhizoïdes permettant la fixation de l'algue au substratum. C'est une espèce d'origine Indo-Pacifique qui a pénétré en

Méditerranée depuis 1991. (C'est une espèce introduite et invasive qui fait l'objet des sous chapitre 3.3.3.1 et 3.3.5.3).



Figure 26: Appareil végétatif de *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*.

Quant aux deux espèces *Monostroma grevillei* et *Ulvella lens*, ce sont deux Chlorobiontes de petites taille qui ont exclusivement été rencontrées en épiphyte sur les feuilles de *Posidonia oceanica* (Anse de Kouali ; Tipaza), au printemps soit respectivement à -0,50 m et -2 m de profondeur (*M. grevillei*); -10 m (*U. lens*).

-*Monostroma grevillei* est une Ulotrichale, Gomontiaceae qui contrairement au *M. oxycoccum*, est une espèce marine, d'un vert très clair, d'aspect très mince et de consistance molle. Le thalle est monostromatique dont les cellules sont plus ou moins arrondies. Cette algue est généralement épiphyte (Hamel, 1930). Cette espèce est connue en Afrique du Nord : Maroc (Benhissoune, Boudouresque et Verlaque, 2001) ; en Europe : Italie (Furnari *et al.*, 1999) et en France (Anon, 2012).

-*Ulvella lens* est une Ulvales, Ulvellaceae qui diffère du genre *Ulva* par son thalle plus fin et plus souple et surtout par ses cellules périphériques en « Y » qui la caractérisent. C'est une espèce qui n'est ni à affinité boréale ni tropicale, elle appartient au groupe biogéographique Atlantique -intermédiaire (Ai). Le genre *Ulvella* a également été signalé en épiphyte sur les feuilles de *Posidonia oceanica* à Banyuls-sur mer par Ben-Van (1971). *Ulvella lens* a été recensée en Libye (Gallardo *et al.*, 1993) et au Maroc (Benhissoune, Boudouresque et Verlaque, 2001).

3.3.3. Espèces introduites

« L'apparition brutale d'une algue loin de sa région d'origine résulte en général d'une introduction » (Verlaque, 1994). Une espèce est définie comme introduite lorsqu'elle est nouvelle pour l'aire considérée (Boudouresque, 2008).

a) En Méditerranée

Les premières introductions spectaculaires en Méditerranée sont constatées à l'orée du XX^{ème} siècle, parmi les espèces introduites les algues marines benthiques tiennent une place honorable (Verlaque, 1994). Les principales voies d'introduction en Méditerranée, selon Verlaque, 1994 ; Boudouresque, 1999 ; Boudouresque, 2008 et Zenetos *et al.*, 2012 sont :

- Le canal de Suez (suite au creusement du canal de Suez en 1869, le courant Sud-Nord favorise le passage des espèces de la Mer rouge vers la Méditerranée. Por (1978) qualifie ces espèces de « migrants lessepsiens ».
- Le détroit de Gibraltar.
- L'aquaculture (dans un but d'élevage), il s'agit des espèces associées à l'espèce à cultiver exemple l'huitre japonaise *Crassostrea gigas* Thunberg dans l'étang de Thau (France) où il y a eu l'introduction de la Phaeophyceae *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt qui était présente dans les naissains de l'huitre.
- Trafic maritime (sallissures ou « fouling » sur les coques de navires et eaux de ballast).

La quasi-totalité de ces voies d'introductions sont fondamentalement liées aux activités anthropiques. La cinétique d'une introduction d'espèce passe par trois principales phases : une phase d'installation puis d'expansion et une phase de persistance ou de déclin naturel (Boudouresque, 1999) (fig.27).

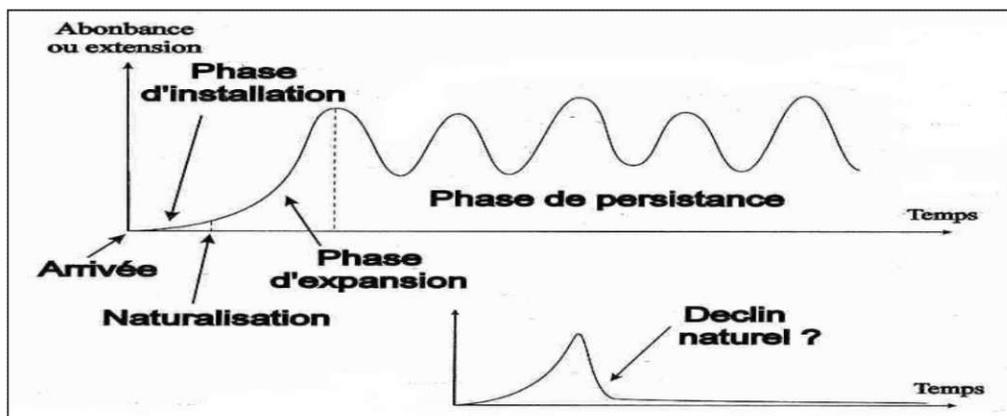


Figure 27: Les phases successives d'une introduction d'espèce (Boudouresque1999).

Depuis le début du 20^{ème} siècle, le nombre d'espèces de la Méditerranée a presque doublé tous les 20 ans (Boudouresque et Verlaque, 2002). Nous dressons ci-après l'évolution du nombre de macrophytes introduites en Méditerranée durant ces deux dernières décennies.

Tableau 6: Évolution du nombre de macrophytes introduites en Méditerranée.

Année	Rhodobiontes	Chromobiontes	Chlorobiontes	Total	Auteurs
1995	40	12	9	61	Ribera et Boudouresque
2002	59	14	12	85	Boudouresque et Verlaque
2009	71	22	17	110	Verlaque <i>et al.</i> ,
2010	79	24	21	124	Zenetos <i>et al.</i> ,
2012	81	25	23	129	Zenetos <i>et al.</i> ,

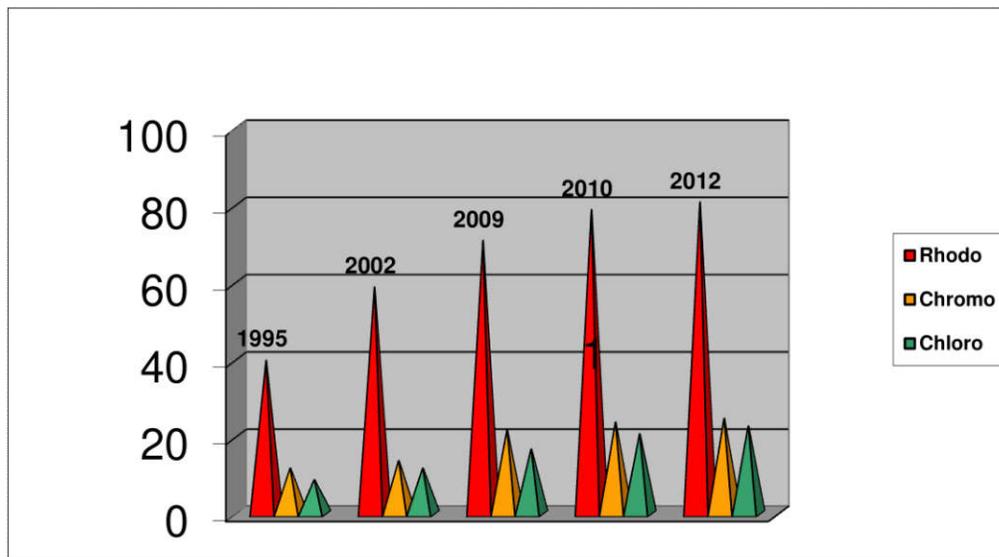


Figure 28: Évolution du nombre de Macrophytes introduites en Méditerranée.

b) En Algérie

Selon nos résultats (voir inventaire) et en se basant sur les listes des espèces introduites en Méditerranée établies par Verlaque (1994), Ribera et Boudouresque (1995), Boudouresque et Verlaque (2002), Ribera (2002), Verlaque *et al.* (2009), Zenetos *et al.* (2010) et Zenetos *et al.* (2012), sur les 260 espèces que nous avons identifiées, nous dénombrons onze (11) espèces d'algues introduites dont huit (8) sont des Rhodobiontes, deux (2) Chlorobiontes et une (1) Chromobionte. Il s'agit de :

Antithamnionella elegans, Asparagopsis armata, Asparagopsis taxiformis, Bonnemaisonia hamifera, Chondria coerulescens, Griffithsia corallinoides, Hypnea spinella, Lophocladia lallemandii, Caulerpa racemosa var.cylindracea, Codium fragile et Colpomenia peregrina.

Parmi ces espèces certaines sont classées, d'après les travaux de ces auteurs, comme espèces invasives.

3.3.3.1. Espèces invasives : mention particulière sur *Caulerpa racemosa var.cylindracea*

Plusieurs algues introduites tendent à pulluler au détriment de la végétation autochtone (Verlaque, 1994). Lorsqu'elles présentent un impact économique et (ou) écologique sérieux, on dit qu'elles sont invasives ou envahissantes (nuisibles) (Boudouresque, 2008). Ceci se traduit principalement par un bouleversement des chaînes alimentaires et une chute drastique de la biodiversité et on parle de pollution biologique (Boudouresque, 2008).

« La règle de 10 de Williamson et Fitter » (1996) stipule qu'en moyenne, sur 10 espèces introduites, 1 espèce devient envahissante. Selon Bright (1998 *in* Boudouresque 2008) le pourcentage d'espèces invasives, par rapport aux espèces introduites, est peut être sous-estimé car il y'a lieu de considérer le temps de l'arrivée, le temps de la naturalisation et de l'invasion.

En effet, parmi les 129 macrophytes introduites en Méditerranée (Zenetos *et al.*, 2012) 15 étaient déjà considérées comme invasives (Gravez *et al.*, 2005) et sur les 260 espèces que nous avons récoltées et identifiées, dont les 11 introduites, 5 sont décrites comme invasives selon plusieurs travaux, dont ceux de Ribera et Boudouresque (1995), Boudouresque et Verlaque (2002), Ribera (2002), Gravez *et al.*, (2005), Boudouresque (2008). Il s'agit de 3 Rhodobiontes et 2 Chlorobiontes :

Les Rhodobiontes (Florideophyceae)

-*Asparagopsis armata* (gamétophyte du sporophyte *Falkenbergia rufolanosa*). C'est une Bonnemaisoniale, Bonnemaisoniaceae dont l'origine probable est l'Australie (Verlaque, 1994), donc Indo-Pacifique (Zenetos *et al.*, 2010). C'est l'un des exemples classiques d'introduction d'algues en Europe (Feldmann et Feldmann, 1942), sa première signalisation a été notée à Guéthary (Atlantique) en 1922 puis en 1923 en Algérie (Sauvageau, 1925). Par la suite, en 1926, elle a été retrouvée à Banyuls (Pyrénées-Orientales (Hamel, 1926), «Très rare au moment de sa découverte, l'espèce devient abondante dès 1927 » Feldmann, 1975 d'après Verlaque (1994). Cette introduction en Méditerranée s'est probablement faite par le détroit de Gibraltar (Boudouresque, 1996). Actuellement cette algue est commune en Algérie, en Espagne et dans le Sud-ouest de la France, elle est signalée dans l'ensemble de la Méditerranée (Verlaque, 1994 ; Zenetos *et al.*, 2010). Pour l'Algérie, elle est signalée aussi

bien sur le littoral Ouest, Centre que Est: Îles Habibas, Cherchell, Tipaza, Bordj-El- Bahri, Dellys et Bejaia (Feldmann et Feldmann, 1942), Alger (Hamel, 1926), El Marsa (Boudouresque, 1969).

Pour notre étude, nous l'avons récoltée (en abondance) à Cherchell, dans toute la région de Tipaza (Ain Tagourait, Anse de Kouali, Bou-Ismaïl), Sidi-Fredj, Ain Benian et au stade sporophyte nous l'avons retrouvée aux Iles Habibas, Kouali, Ain Benian et au Parc de Taza. « Cette espèce est évitée par les herbivores, gamétophyte et sporophyte pullulent saisonnièrement ce qui permet d'étendre son aire de répartition, c'est l'une des espèces les plus fréquente du bassin nord occidental de la Méditerranée » (Verlaque, 1994). *Asparagopsis armata* est une espèce invasive qui a pu couvrir 100% du substratum (en hiver) dans plusieurs localités du Nord-ouest de la Méditerranée (Ribera, 2002).

-*Asparagopsis taxiformis* (gamétophyte du sporophyte *Falkenbergia hillebrandii*). C'est aussi une Bonnemaisoniale, Bonnemaisoniaceae. Son origine est Indo-Pacifique (Verlaque *et al.*, 2007 et 2009 ; Zenetos *et al.*, 2010). On ne connaît pas la date exacte de sa première introduction en Méditerranée, « cette espèce est présente en Méditerranée avant l'ouverture du canal de Suez » :1869 (Verlaque *et al.*, 2007 ; 2009). En effet cette espèce semble être présente en Méditerranée depuis 1813 Delile (1813) in Ribera (2002). Par ailleurs, cette algue n'est pas citée dans la liste des espèces invasives établie par Boudouresque et Verlaque en 2002, ni par Ribera en 2002 ni par Boudouresque en 2008. Par contre, elle figure parmi les 15 espèces d'algues mentionnées comme invasives par Gravez *et al.*, en 2005 (en Italie occidentale). Zenetos *et al.* (2010), dans leurs listes des espèces introduites en Méditerranée, citent les 2 espèces (*A. armata* et *A. taxiformis*) dans le groupe de « invasion strain ». Pour l'Algérie, cette espèce est signalée pour la première à Bordj –EL-Bahri (Centre algérien) sous le nom de *Fucus taxiformis* Delile par Feldmann et Feldmann en 1939 ; c'est d'ailleurs la seule signalisation retrouvée dans l'inventaire de Perret-Boudouresque et Seridi (1989).

Pour notre étude, nous l'avons récoltée au Centre algérien, soit à Cherchell, Chenoua, Ain Tagourait et à Ain Benian.

-*Lophocladia lallemandii* est une Ceramiale, Rhodomelaceae dont l'origine probable est la Mer Rouge (Boudouresque, 1996 ; Ribera, 2002), Indo-Pacifique (Boudouresque et Verlaque 2002 ; Verlaque *et al.*, 2007, 2009 ; Zenetos *et al.*, 2010). La date de sa première observation en Méditerranée (sans précision de région) est en 1938, elle serait introduite par le canal de Suez (Boudouresque, 1996). Cette espèce est classée parmi les 9 algues invasives sur les 85 introduites en Méditerranée d'après Boudouresque et Verlaque (2002) et Ribera (2002). Pour l'Algérie, cette espèce est citée pour la première fois dans la région du Centre ; soit à EL-Marsa (en épave) (Feldmann et Feldmann, 1938). Nous ne connaissons pas d'autres signalisations officielles en Algérie de cette espèce.

Nous l'avons récoltée une seule fois dans un seul site à Mers-El Hadjaj (Golfe d'Arzew). Mais elle ne semblait pas être envahissante. En revanche, une importante prolifération de

Lophocladia lallemandii a été enregistrée dans l'Ouest de la Méditerranée au Nord de la côte d'Ibiza (Espagne) (Patzner, 1998). L'invasion de cette espèce a été évaluée par la diminution importante de la biodiversité algale et de l'herbier à *Posidonia oceanica* et une disparition de la faune benthique dans les aires couvertes par cette espèce (Patzner, 1998).

Chlorobiontes (Bryopsidophyceae)

-*Codium fragile subsp. fragile* (= *Codium fragile*) est une Bryopsidale, Codiaceae. Origine probable : Japon (Burrows, 1991 et Trowbridge, 1998), Atlantique (Boudouresque, 1996 et Ribera, 2002), Indo-Pacifique (Verlaque *et al.*, 2009) Pacifique NW (Zenetos *et al.*, 2010). Cette espèce serait rentrée en Méditerranée par le détroit de Gibraltar, fixée sur les navires en provenance de l'Atlantique, elle a été retrouvée à Banyuls en 1946 (Verlaque, 1994). Sur les côtes algériennes, elle a été signalée pour la première dans la région du Centre (Surcouf et Boudouaou) (Seridi, 1990).

Nous l'avons récoltée à l'Ouest (Arzew) et dans plusieurs localités du Centre (Bou-Ismaïl, Sidi-Fredj, Ain Benian et Boumerdès). C'est l'espèce du genre *Codium* la plus commune en Algérie (obs. personnelles). Cette espèce est décrite dans plusieurs régions de la Méditerranée (Verlaque, 1994), elle est actuellement présente dans toute la Méditerranée : Ouest, Centre et Est (Zenethos *et al.*, 2010). Son invasion a été enregistrée sur la côte de Marseille où elle s'est étendue au point d'être éradiquée mécaniquement (Boudouresque, 1994 *in* Ribera, 2002) ainsi que dans l'étang de Thau (Gravez *et al.*, 2005). « Cette espèce est, par ailleurs, peu appréciée par les herbivores méditerranéens » (Verlaque, 1994).

-*Caulerpa racemosa var. cylindracea* est une Bryopsidale, Caulerpaceae originaire de la Mer Rouge (Boudouresque, 1996 et Ribera, 2002), Indo-Pacifique (Boudouresque et Verlaque, 2002 ; Verlaque *et al.*, 2007, 2009 et Zenetos *et al.*, 2010). La première signalisation de cette variété en Méditerranée date de 1990 en Libye (Nizamuddin, 1991). Elle serait rentrée en Méditerranée par le canal de Suez (Boudouresque, 1996 ; Piazzini *et al.*, 1997 ; Ribera, 2002 ; (Boudouresque et Verlaque, 2002 ; Verlaque *et al.*, 2007, 2009 et Zenetos *et al.*, 2010, 2012). Elle est devenue envahissante en Méditerranée depuis 1991, son expansion est devenue très rapide. En 1997, une première colonie a été découverte au port de Marseille puis elle s'étend sur plusieurs colonies en France (golfe de Marseille, les Alpes-Maritimes, les Bouches-du-Rhône et en Corse). Elle est ensuite signalée en Italie, en Sicile, en Grèce, en Turquie, Sardaigne et aux îles Baléares, à Chypre (Verlaque *et al.*, 2000). Plus de 500 km de côtes concernées en 2004, elle présente un danger pour les écosystèmes littoraux et contrairement à *C. taxifolia*, sa reproduction sexuée est plus connue, ce qui explique sa vitesse d'expansion (Gravez *et al.*, 2005). Quatorze pays, dont l'Algérie, sont actuellement touchés par l'invasion de *C. racemosa* (Albanie, Chypre, Croatie, Égypte, Espagne, France, Grèce, Italie, Libye, Malte, Monaco, Tunisie, Turquie et Algérie) (fig.29).

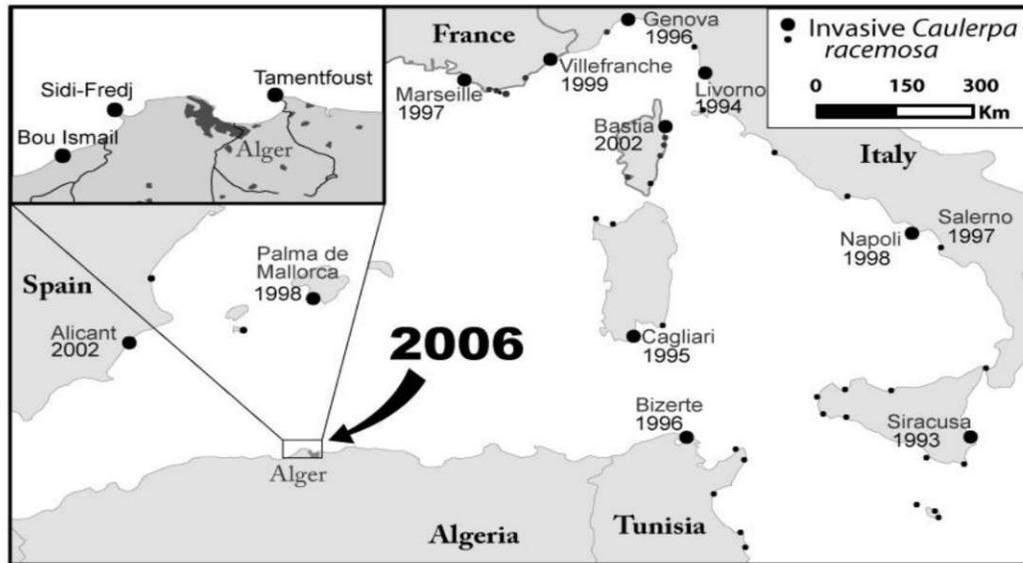


Figure 29: Localisation de l'espèce invasive *Caulerpa racemosa* en Algérie et dans les différentes régions de la Méditerranée occidentale avec l'année de sa première découverte (Ould Ahmed et Meinesz, 2007).

Nous l'avons retrouvée pour la première fois en Algérie au Centre : Bou-Ismaïl, Sidi-Fredj et Tamentfoust et près du port d'Algier (Ould Ahmed et Meinesz, 2007 ; fig.29). Pour notre étude, nous l'avons récoltée à Bou-Ismaïl, Sidi-Fredj et Ain Benian de 0 à -1 m de profondeur, sur substrat meuble. Cette algue semble s'étendre vers l'Est algérien à Mostaganem (Bouiadjra *et al.*, 2010).

D'une manière générale, et selon les études d'impact des espèces invasives sur les communautés indigènes, on note une diminution du nombre d'espèces des macroalgues autochtones et un changement dans la structure de la communauté affectée. Pour *Caulerpa racemosa*, on assiste souvent à une compétition avec l'espèce native *Posidonia oceanica* au profit de l'espèce invasive (Ribera, 2002 et Gravez *et al.*, 2005).

3.3.3.2. Espèces non invasives

Les 6 autres espèces introduites ne sont pas citées dans la littérature comme étant des espèces invasives et n'ont, d'ailleurs, selon nos observations, pas de comportement invasif. En effet, les espèces introduites ne deviennent pas systématiquement envahissantes et donc nuisibles (Gravez *et al.*, 2005 ; Boudouresque, 2008). Ces espèces sont toutefois exotiques pour la Méditerranée et se trouvent actuellement en Algérie. Ces espèces sont:

- **Les Rhodobiontes** (Florideophyceae)

-*Antithamnionella elegans* est une Ceramiale, Callithamniaceae originaire du Japon, la date de sa première signalisation en Méditerranée est en 1882 (Ribera, 2002), son origine serait

inconnue selon Zenetos *et al.* (2010). Elle est signalée en Algérie depuis 1936 : Alger (Feldmann-Mazoyer, 1936 ; Mazoyer et Feldmann, 1937 ; Feldmann-Mazoyer, 1941), Bordj El-Bahri et Bejaia (Feldmann-Mazoyer, 1941).

Pour notre étude, nous l'avons récoltée dans l'Ouest (Arzew) et au Centre (Sidi-Fredj et à Ain Benian).

-*Bonnemaisonia hamifera* (= « *Trailliella intricata* » stadium) est une Bonnemaisoniaceae dont l'origine probable est le Japon, la date de son apparition en Europe reste indéterminée (Verlaque, 1994), Atlantique (Boudouresque, 1996 ; Ribera, 2002). Elle serait introduite en Méditerranée par Gibraltar en 1910 (Boudouresque, 1996 ; Ribera, 2002). Selon des travaux plus récents, cette espèce serait d'origine Indo-Pacifique (Verlaque *et al.*, 2009 ; Zenetos *et al.*, 2010). Cette espèce a été signalée en Algérie sous le nom du tetrasporophyte (*Trailliella intricata* au Centre (El Marsa) et l'Est algérois (Dellys) par Boudouresque (1969).

Selon nos récoltes, nous l'avons recensée à l'Ouest (îles Habibas) et au Centre (Anse de Kouali et Bou-Ismaïl).

-*Chondria coerulescens* est une Ceramiale, Delesseriaceae d'origine Atlantique (Ribera, 2002 ; Verlaque *et al.*, 2009), Est-Atlantique et serait introduite en Méditerranée par le détroit de Gibraltar (Zenetos *et al.*, 2010). Cette espèce est signalée en Algérie depuis 1893 (sans préciser de localité) et à l'Ouest (Oran) et au Centre (Tipaza) en 1897 par Debray *in* Perret-Boudouresque et Seridi (1989). Elle a également été retrouvée par la suite par Feldmann-Mazoyer (1949) près d'Alger.

Nous l'avons récoltée à l'Ouest (Arzew) et à l'Est au Parc de Taza.

-*Griffithsia corallinoides* est une Ceramiale Spyridiaceae originaire (probable) de l'Atlantique (Boudouresque, 1996) ; Atlantique / Pacifique (Ribera, 2002) ; Atlantique / Indo-Pacifique (Verlaque *et al.*, 2009) ; Atlantique/Pacifique (Zenetos *et al.*, 2010). Son introduction en Méditerranée serait liée à l'ostréiculture (Boudouresque, 1996), conchyliculture (Ribera, 2002).

Cette espèce est signalée pour la première fois en Algérie à l'Est (Annaba) par Steinheil, (1834) puis au Centre (Alger) par Montagne (1838) *in* Perret-Boudouresque et Seridi (1989).

Pour notre étude, nous l'avons récoltée dans un seul site au Centre (Sidi-Fredj) en épiphyte sur *Caulerpa racemosa*.

-*Hypnea spinella* (= *Hypnea cervicornis*) est une Gigartinale, Cystocloniaceae d'origine subtropicale (Verlaque, 1994), Pantropicale (Boudouresque, 1996 ; Ribera, 2002 ; Zenetos *et al.*, 2010) , Atlantique, Indo-Pacifique (Verlaque *et al.*, 2009). Cette espèce est signalée pour la première fois aux Baléares Gómez Garreta *et al.* (1979) et Ribera (2002). Pour l'Algérie, elle a été signalée pour la première fois au Centre (Tipaza) sous le nom de *H. Cevicornis* (Seridi, 1990).

Pour notre travail, nous l'avons retrouvée à l'Ouest (îles-Habibas), au Centre (Cherchell, Ain Benian), dans la région de Tipaza (Ain Tagourait et Bou-Ismaïl) et à l'Est (au Parc National de Taza).

Les Chromobiontes (Phaeophyceae)

-Colpomenia peregrina est une Ectocarpale, Scytosiphonaceae d'origine (probable) Atlantique (Boudouresque, 1996), Pacifique/Atlantique (Ribera, 2002), Indo-Pacifique (Verlaque *et al.*, 2009 ; Zenetos *et al.*, 2010). Elle se serait retrouvée en Atlantique en passant par le canal de Suez, de l'Atlantique en Méditerranée par le détroit de Gibraltar (Boudouresque, 1996). Sa première signalisation en Méditerranée (sans précision de localité) date de 1956 (Boudouresque, 1996 ; Ribera, 2002). Pour l'Algérie, elle a été signalée au Centre (El Marsa) par Boudouresque (1969).

Pour notre étude, nous l'avons récoltée dans un seul site au Centre (Sidi-fredj) associée à *Caulerpa racemosa*.

3.3.4. Analyse floristique

Seules les espèces sont considérées dans cette analyse, les algues limitées au nom de genre ne sont pas prises en compte. Par ailleurs, seulement deux sous espèces (variété) sont incluses dans le nombre total : il s'agit de la Chlorobionte : *Caulerpa racemosa* var. *cyliindracea* et de la Phaeophyceae *Cystoseira amentacea* var. *stricta* dont l'espèce, pour l'une comme pour l'autre, n'est représentée qu'une seule fois.

3.3.4.1. Groupes taxonomiques

a) Coefficient T total

Le nombre total d'espèces récolées et identifiées est de 260 dont 150 Rhodobiontes, 59 Chromobiontes (Phaeophyceae) et 51 Chlorobiontes (fig.30 (A)).

Rappelons qu'au total 468 taxa et stades d'algues marines benthiques ont été dénombrés sur les côtes algériennes par Perret-Boudouresque et Seridi (1989). Cet inventaire représente un recueil des signalisations antérieures, basé sur une recherche bibliographique relative aux travaux des algues marines réalisés jusqu'alors en Algérie.

Nos résultats mettent en évidence une prédominance des Rhodobiontes par rapport aux autres groupes taxonomiques, ce qui coïncide avec les résultats de l'inventaire cité (292 sur 468). Les Rhodobiontes occupent également la première position en nombre d'espèces dans la flore algale de Méditerranée (657 sur 1124), suivies des Chromobiontes (277) puis des Chlorobiontes (Rodriguez *et al.*, 2013).

b) Dominance qualitative totale DQ(%)

Le pourcentage des Rhodobiontes est par conséquent le plus élevé avec une dominance qualitative nettement supérieure à celles des autres groupes ; soit 57% suivi des Phaeophyceae (22,69%), les Chlorobiontes viennent en dernière position avec 19,62% (fig.30 (B)).

La flore algérienne semble être relativement moins bien représentée par ce groupe vu les mêmes résultats obtenus par Perret-Boudouresque et Seridi (1989) ; soit un total de 16,88% de Chlorobiontes. Nos résultats sont comparés avec la flore algale de la côte marocaine (Benhissoune, 1995) où les Rhodobiontes sont également les plus représentatives avec 63,37%. Il en est de même pour la flore algale d'Italie (Furnari *et al.*, 2003) qui montre une prédominance des Rhodobiontes dont la valeur est sensiblement supérieure à celle que nous avons obtenue (58,44%), suivie des Phaeophyceae (23,88%) et en dernier les Chlorobiontes (17,68%). Nos résultats concordent également avec ceux enregistrés en Méditerranée en général par Rodriguez *et al.* (2013) : 58,45% de Rhodobiontes, 24,64% de Chromobiontes et 16,90% de Chlorobiontes.

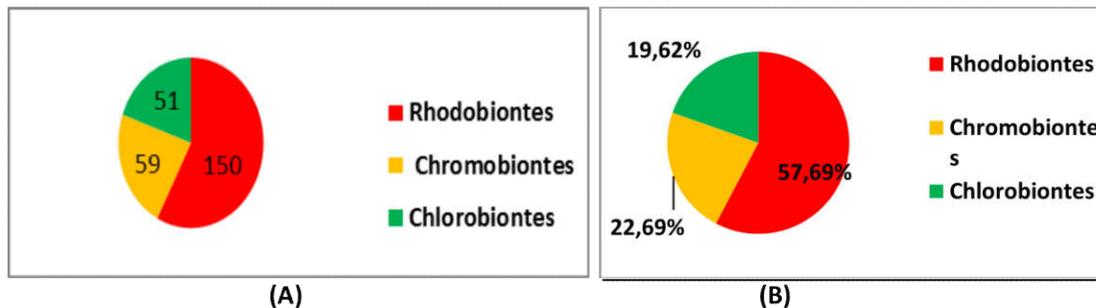


Figure 30: Coefficient Q total (A) et Dominance qualitative totale DQ(%) (B) des groupes taxonomiques.

3.3.4.2. Rapport R/P total

La valeur du R/P total obtenue est de 2,54. Feldmann (1938), ayant défini ce paramètre dont le but est de caractériser une zone ou une région donnée (voir paramètres analytiques et synthétiques), note une valeur de 1 en Arctique et une augmentation jusqu'à 4,6 au Bahamas en passant par une valeur de 3 dans la zone subtropicale dont la Méditerranée. Ribera (1983) rapporte une valeur du rapport R/P égale à 3,56 aux Baléares.

Pour l'Algérie, Feldmann (1931) donne une valeur du rapport R/P égale à 3 et Perret-Boudouresque et Seridi (1989) à 3,07 ; ce qui se rapproche de nos résultats.

D'autres valeurs du rapport R/P sont notées dans d'autres régions de la Méditerranée et qui restent très proches de celle que nous avons obtenue ; soit 2,9 à Banyuls (Feldmann, 1938) ; 2,9 également en Tunisie (Ben Maiz *et al.*, 1987) ; 2,9 au Maroc (Benhissoune, 2002) et 2,45 en Italie (Furnari *et al.*, 2003).

Nos résultats témoignent d'une flore à affinité tempérée comparable à celle qui existe ailleurs en Méditerranée.

3.3.4.3. Groupes écologiques

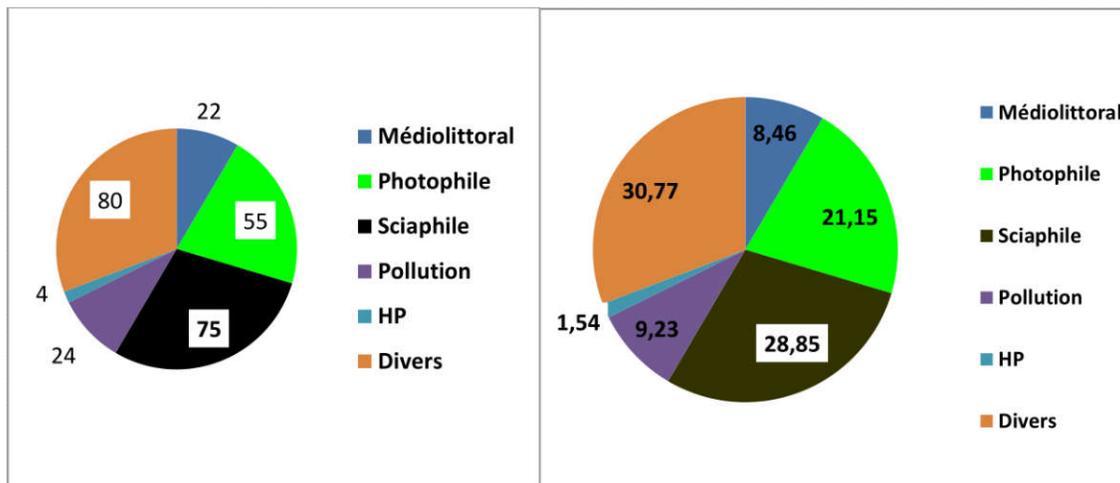
Il est à noter que la classification des algues en fonctions des différents groupes écologiques n'a pas fait l'objet d'autres recherches depuis sa mise en place par Boudouresque (1984). C'est la raison pour laquelle beaucoup d'espèces, en plus de celles qui sont nouvelles pour la Méditerranée, n'ont pas de délimitation écologique précise. Ces espèces sont alors placées dans un groupe dit « Divers », leur effectif absolu est souvent élevé. Elles ne révèlent, par ailleurs, aucune interprétation possible du peuplement.

a) Coefficient Q total

Sur les 260 espèces recensées, nous dénombrons un effectif (Q) relativement élevé des espèces photophiles (fig.31 (A)). Ces espèces sont celles qui sont le plus exposées à la lumière, par conséquent celles du groupe « Médiolittoral » sont également incluses ; soit un total de 77 espèces. Les algues sciaphiles sont aussi représentatives avec 75 espèces. Ceci s'explique par la richesse spécifique récoltée en profondeur (notamment celles des Parcs nationaux).

b) Dominance qualitative (DQ%) totale

En faisant abstraction des espèces appartenant au groupe « Divers », les espèces photophiles sont les plus dominantes, en leur additionnant celles du groupe Médiolittoral (également photophiles). Elles représentent 29,61% de l'ensemble des autres groupes écologiques (fig. 31(B)). Les espèces sciaphiles, comme pour leur effectif absolu, ont une dominance qualitative qui se rapproche de celle des espèces photophiles (28,85%). Les espèces du groupe lié à la pollution restent les moins dominantes avec 9,23% après celles du groupe HP qui est très peu significatif (1,54%).



(A)

(B)

Figure 31: Coefficient Q total (A) et Dominance qualitative totale DQ(%) (B) des groupes écologiques.

3.3.4.4. Éléments biogéographiques

a) Coefficient Q total

Parmi les 260 espèces identifiées, le maximum : 81 algues appartiennent au groupe Atlantique (fig.32(A)). Les espèces Cosmopolites occupent la seconde position avec 62 espèces auxquelles font suite les algues endémiques : Méditerranéennes qui sont représentées par un total de 39 espèces. Notons que les espèces Indo-Pacifiques sont les plus rares avec seulement un total de 7 espèces.

b) Dominance qualitative (DQ%) totale

Le calcul des dominances qualitatives totales pour chaque élément biogéographique révèle une prédominance des espèces Atlantiques avec 31,16% (fig.32 (B)). Au sein de cet élément, le groupe Atlantico-boréal est la plus représentatif avec 18,46%, auquel fait suite le groupe d'espèces Atlantico-intermédiaires (8,08%), cette valeur représente un peu plus que le double de celle des espèces Atlantico-tropicale obtenue (3,85%) et en dernier vient le sous-groupe Atlantique (0,77%). La dominance qualitative des espèces Cosmopolites n'est également pas négligeable : 23,85%. Les espèces endémiques de la Méditerranée sont aussi bien représentées et viennent en troisième position avec un total de 15%. Enfin, les espèces Indo-Pacifiques sont qualitativement les moins dominantes (2,69%).

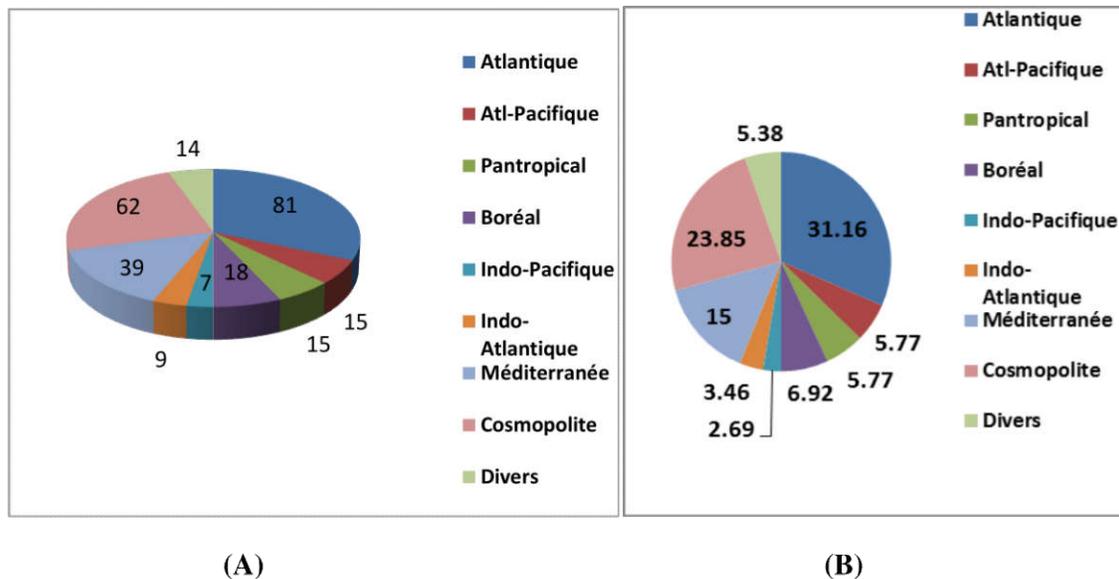


Figure 32: Coefficient Q total (A) et Dominance qualitative totale DQ(%) (B) des différents éléments biogéographiques.

À partir de ces résultats, nous pouvons affirmer que la flore des côtes algériennes, du moins pour la partie du littoral étudiée, est essentiellement d'origine Atlantique ; ce qui ne semble

pas être en contradiction avec le reste de la Méditerranée. En effet, par comparaison avec les valeurs obtenues aux Baléares (Espagne) par Ribera (1983), nous constatons que nos résultats corrélaient parfaitement avec l'affinité biogéographique de cette partie de la Méditerranée. L'auteur note une dominance qualitative de 53% pour les espèces Atlantiques. Il en est de même pour la Sicile et le Détroit de Messine où Giaccone et Rizzi-Longo (1976) obtiennent une valeur de 57% d'espèces Atlantiques. Furnari *et al.* (2003) confirment ces résultats sur la côte italienne avec une prédominance des espèces Atlantiques : 28, 42% dont le maximum est obtenu, comme dans notre cas, par les espèces Atlantiques-boréales (19,68%).

Ces valeurs maximales des espèces Atlantiques présentes en Méditerranée seraient le résultat de l'entrée des eaux Atlantiques, par le Détroit de Gibraltar, permettant leur installation en Méditerranée. Si bien que les espèces Atlantiques boréales se trouvent dans la limite Sud méridionale en Méditerranée et les espèces Atlantique tropicales à la limite Nord en Méditerranée, la composition floristique algale est surtout dominée par celle de l'élément Atlantique (Ribera, 1983).

Notons, par ailleurs, qu'aux Baléares, les espèces endémiques (Méditerranéennes) occupent, comme pour l'Algérie, la troisième position et que les espèces Indo-Pacifique sont les moins représentées (Ribera, 1983). La valeur relative à cet élément biogéographique obtenue par Furnari *et al.* (2003) sur la côte italienne (4,94%) est comparable à celle que nous avons obtenue.

3.3.5. Analyse phytosociologique

3.3.5.1. Relevés liés au rejet thermique

Il est question dans ce sous chapitre de faire une analyse du phytobenthos avoisinant un rejet thermique en utilisant les différents paramètres analytiques et synthétiques (définis en matériel et méthodes). Ceci nous permettra de connaître les variations de ces paramètres en fonction de la distance au rejet selon un cycle saisonnier (fig.5 et 16).

a) Le nombre total d'espèces

Sur les 23 relevés superficiels (0-0,50 m) de 25 cm x 25 cm chacun, nous avons dénombré un total de 113 taxons. Ceux-ci sont répartis en 63 Rhodobiontes, 21 Chromobiontes (Phaeophyceae) et 29 Chlorobiontes.

La présence des trois grands groupes systématiques dans notre zone d'étude, traduit une incidence relativement moins grave de l'impact d'un rejet thermique sur le phytobenthos comparativement aux résultats obtenus dans les régions tropicales et subtropicales. En effet, près de la centrale thermique de Turkey-Point (en Floride ; $\Delta T=6$ à 7°C , T^0 du milieu varie entre 10 et 32°C) Thorau et Roessier (1973) ont noté une destruction massive des algues, voire la disparition des Rhodobiontes, des Phaeophyceae et Bryopsidophyceae (une partie des Chlorobiontes).

b) Le nombre d'espèces par relevé (Coefficient T)

Le coefficient T varie de 17 à 40 espèces par relevé (fig.33). Ces variations sont en relation avec la distance au rejet et des saisons. La plus petite valeur de T a été obtenue au voisinage immédiat du rejet ; à 0m de celui-ci, à la saison estivale : 17 espèces. Un gradient positif du nombre d'espèces est enregistré au fur et à mesure que l'on s'éloigne du rejet. En effet, nous avons obtenu 39 espèces à 490 m du rejet (S6: pompe d'eau) en automne et 40 espèces à 840 m du rejet au printemps.

Au niveau des trois stations que nous avons suivies à chaque saison : S1, S3 et S6 (à 0, 140 et 490m du rejet), le coefficient T montre quelques variations. Prés du rejet (0m), de l'été à l'automne T augmente de 17 à 22 et reste stationnaire en hiver et au printemps. A la station S3 (à 140 m du rejet), les valeurs de T sont plus faibles durant les saisons chaudes : 28 en été et au printemps et augmentent légèrement pendant les saisons froides : 30 en automne et 31 en hiver. A la prise d'eau : station S6 (à 490 m du rejet), c'est en hiver que le nombre d'espèces est le plus faible avec 25 espèces par relevé et varie peu durant les autres saisons.

Par comparaison à d'autres résultats obtenus par d'autres auteurs, dans d'autres peuplements infralittoraux sur substrat rocheux, dans des biotopes pollués, les valeurs de T enregistrées sont plus faibles : 2 à 13 (Cap-Corse ; Molinier, 1960) ; 0 à 3 espèces par relevé (Vieux-Port de Marseille ; Bellan-Santini, 1969) ; 1 à 3 (Golfe de Koper au nord de l'Adriatique ; Stirn, 1971). Pour ce qui est des valeurs enregistrées au voisinage de la centrale de Martigues-Ponteau (golfe de Fos ; France), celles-ci sont en général, plus élevées que les nôtres (T=22 à 70 ; Verlaque et Boudouresque, 1977), néanmoins Verlaque (1977) note également une diminution du nombre d'espèces près du rejet thermique. Les mêmes observations ont été rapportées par Pérès (1979). « *La richesse spécifique est très fortement diminuée dans la portion de la tache thermique la plus proche de l'émissaire, particulièrement en été* » (Pérès, 1979). La diminution du nombre d'espèces dans les peuplements de substrat rocheux, depuis les eaux relativement pures vers les eaux polluées, est également signalée dans le golfe de Fos par Desrosiers *et al.* (1982). Cependant, dans des conditions « normales » (non polluées), les peuplements photophiles de la Méditerranée occidentale renferment rarement moins de 35 espèces différentes par relevé et se situent généralement entre 40 et 80 espèces (Villaca *et al.*, 1985).

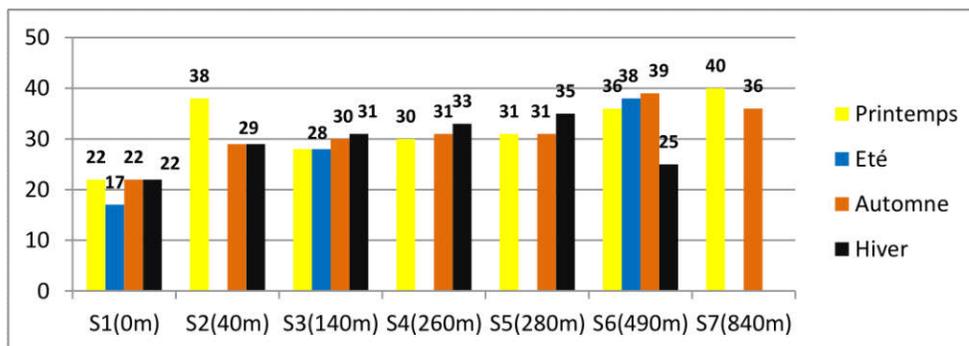


Figure 33 : Nombre d'espèces /relevé en fonction du rejet

c) Le recouvrement total (Rt) par relevé

Le recouvrement Rt varie également en fonction de la distance au rejet et des saisons (fig.34). En effet, un gradient positif du coefficient Rt est mis en évidence en fonction de l'éloignement de la source de l'effluent thermique. Les plus faibles valeurs sont enregistrées au voisinage immédiat du rejet. A la station S1 (0 m du rejet), il varie de 70% en été (minimum saisonnier) à 92% en hiver. Il augmente d'une manière générale, d'une façon progressive à partir de ce point jusqu'aux stations les plus éloignées du rejet. Il atteint 130% à la prise d'eau (Station S6 ; 490 m du rejet) et un maximum de 142% à 840 m du rejet (Station S7) à la saison printanière.

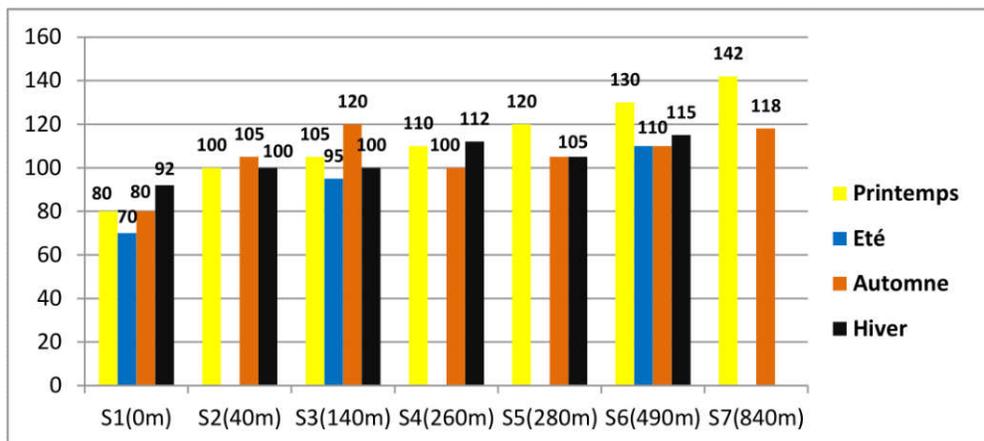


Figure 34: Recouvrement total (Rt%) / relevé en fonction de la distance au rejet et des saisons.

Par comparaison aux recouvrements totaux obtenus dans d'autres régions de la Méditerranée pour des peuplements photophiles de substrat dur, nos résultats témoignent d'une façon générale des valeurs relativement plus faibles.

-Dans la région de Marseille Rt=73,70 à 167,45% (dans le massif de Marseille-Veyre, Belsher, 1974) ; Rt est compris entre 54 à 308% (golfe de Fos, France, Verlaque, 1977) ; Rt= 249,60% (Cap-Croisette, Boudouresque, 1970). En Grèce (dans le golfe de Saronikos à Athènes) Rt varie de 136,2 à 324% (Diapoulis, 1985). « Les plus grandes valeurs du recouvrement ont été trouvées à la station qui est la plus éloignée de l'égout des eaux usées » (Diapoulis, 1985).

d) Le rapport R/P

Le calcul du rapport R/P au niveau des différentes stations du site étudié révèle des variations qui sont en relation avec la distance au rejet (fig.35).

-De 0 à 40 m, on enregistre une progression du R/P suivie d'une régression nette à partir de 40 m jusqu'aux stations éloignées de l'effluent thermique.

-Des valeurs très élevées ont été obtenues à 40 m du rejet (S2) ; 5 en hiver et 7,33 en automne. En été, la valeur la plus élevée du rapport R/P a été enregistrée à 140 m du rejet (S3) : 7.

-Des résultats inverses ont été obtenus au niveau des stations les plus éloignées du rejet, où les plus faibles valeurs du rapport R/P ont été notées : 3,12 à 490 m (en été) et 3,36 à 840 m du rejet (en automne).

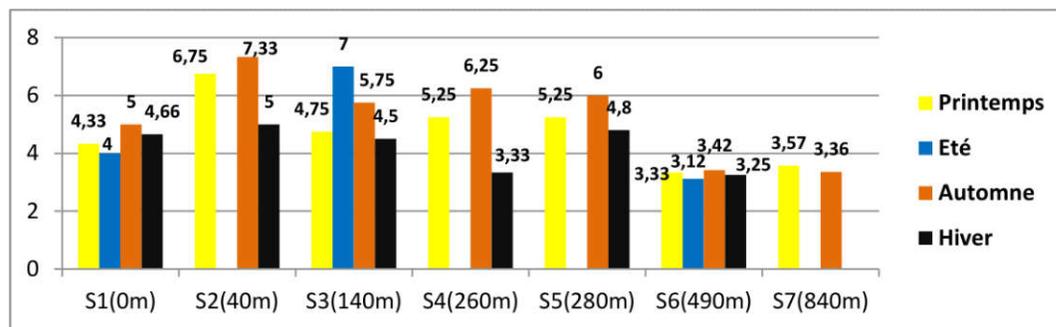


Figure 35: Rapport R/P par relevé en fonction de la distance au rejet et des saisons.

Les résultats relatifs aux valeurs du rapport R/P, révèlent un déséquilibre dans les populations algales, ce qui se traduit par l'augmentation du rapport R/P d'une manière générale et particulièrement au voisinage immédiat du rejet thermique. On se rapproche de la valeur R/P obtenue en Algérie par Feldmann (1931) et Perret-Boudouresque et Seridi (1989) (3 et 3,07) dans les stations les plus éloignées du rejet. C'est un peuplement à affinité chaude qui caractérise cette zone d'étude.

e) Le coefficient Q des groupes taxonomiques

Quelle que soit la saison considérée, les Rhodobiontes sont les plus représentatives de la zone d'étude (fig.36). Leur effectif croit en général au fur et à mesure que l'on s'éloigne du rejet. Ceci se remarque nettement à la saison estivale avec un coefficient Q qui augmente de 4 à 25 de la station S1 à la station S6 (de 0 à 490m du rejet). Il en est de même pour la saison printanière, automnale et hivernale où leurs valeurs sont minimales près du rejet (S1) ; soit respectivement 13, 10 et 14 espèces. Elles atteignent un maximum de 27 espèces à 40 m du rejet (au printemps) et 25 à 260 m (automne) et 24 à 280 m (hiver). Les espèces des stations

près du rejet sont souvent celles qui sont photophiles thermophiles (PhIT) telles que *Spyridia filamentosa*, *Corallina granifera*, *Halopitys incurva*, *Hypnea musciformis* et *Alsidium helminthochorton* (cette dernière a été retrouvée pour la première fois en Algérie dans cette région). De toutes les Rhodobiontes, ce sont les Gelidiales qui sont les plus présentes dans ce site d'une manière générale.

Les Chlorobiontes viennent en seconde position après les Rhodobiontes mais ont une distribution hétérogène par rapport à la distance au rejet et aux saisons (fig.36). En été et automne, elles atteignent un nombre relativement élevé dans la zone immédiatement liée au rejet (S1); soit respectivement 12 et 10 espèces dont particulièrement *Enteromorpha intestinalis*, *Ulva rigida* et *Bryopsis plumosa*; ce sont des espèces photophiles portuaires : PhIP (indicatrices de pollution). Leur effectif diminue d'une manière générale puis se stabilise au niveau des stations éloignées du rejet.

L'effectif des Chromobiontes (Phaeophyceae) augmente en fonction de la distance croissante du rejet quelle que soit la saison considérée (fig.36). En effet les valeurs minimales ont été obtenues à proximité du rejet (0 m) et particulièrement en été : une seule espèce : *Colpomenia sinuosa* qui est une espèce photophile infralittorale portuaire (PhIP), indicatrice de pollution, ce qui expliquerait sa présence près du rejet. Le nombre augmente jusqu'à 8 à la même saison et à 7 en automne à 490 m puis se stabilise à 840 m en automne et au printemps. Il est à noter que les espèces du genre *Cystoseira* sont très rares et n'apparaissent qu'au niveau des stations les plus éloignées du rejet telles que *C. crinita* à 490 m en été, *C. tamariscifolia* à 280 et 490 m en hiver et *C. compressa* à 490 m en hiver et 840 m au printemps.

f) La dominance qualitative DQ(%) des groupes taxonomiques

Comme pour les effectifs, les dominances qualitatives des différents groupes taxonomiques traduisent une variation dans la distribution saisonnière en fonction du rapprochement ou de l'éloignement au rejet (fig.37)

Les Rhodobiontes: c'est le groupe systématique le plus dominant dans notre zone d'étude, cependant il semble être moins présent à proximité de l'émissaire thermique (fig. 37A). En effet, la valeur minimale de la dominance qualitative de ce groupe a été notée pendant la saison estivale à la station S1 (0 m du rejet) avec 23, 53%. Elle atteint une valeur maximale à 260 m du rejet (S4) en automne avec 80,65%.

Les Chromobiontes (Phaeophyceae) semblent être les plus sensibles à l'impact du rejet thermique vu leur rareté à proximité de celui-ci quelle que soit la saison (fig. 37B). Leurs plus faibles dominances qualitatives ont été enregistrées à 0m du rejet pendant la saison estivale et automnale avec respectivement 5,88 et 9, 09%. Elles croissent généralement à

des distances plus éloignées où elles deviennent très dominantes pour atteindre à 490 m (S6) un maximum de 21,05% à la saison estivale.

Les Chlorobiontes: contrairement aux Chromobiontes, les Chlorobiontes sont celles qui paraissent être plus tolérantes à l'effluent thermique notamment pendant la saison estivale (fig. 37C). Leur dominance qualitative atteint sa valeur maximale saisonnière de 70,59% à 0 m du rejet en été et 45,45% à la même station en automne. C'est au-delà de 140 m de l'émissaire thermique que les Chlorobiontes sont moins dominantes pendant ces deux saisons (13,16% à 490 m en été et 6,45% à 260 m en automne). On peut noter également qu'en hiver ce groupe n'est particulièrement pas dominant au voisinage immédiat du rejet ; ses valeurs(DQ) sont plus ou moins stables au niveau de toutes les stations étudiées. Une légère augmentation est néanmoins notée à la prise d'eau (490 m). Pendant la saison printanière, les Chlorobiontes sont aussi bien représentées près du rejet qu'à la prise d'eau.

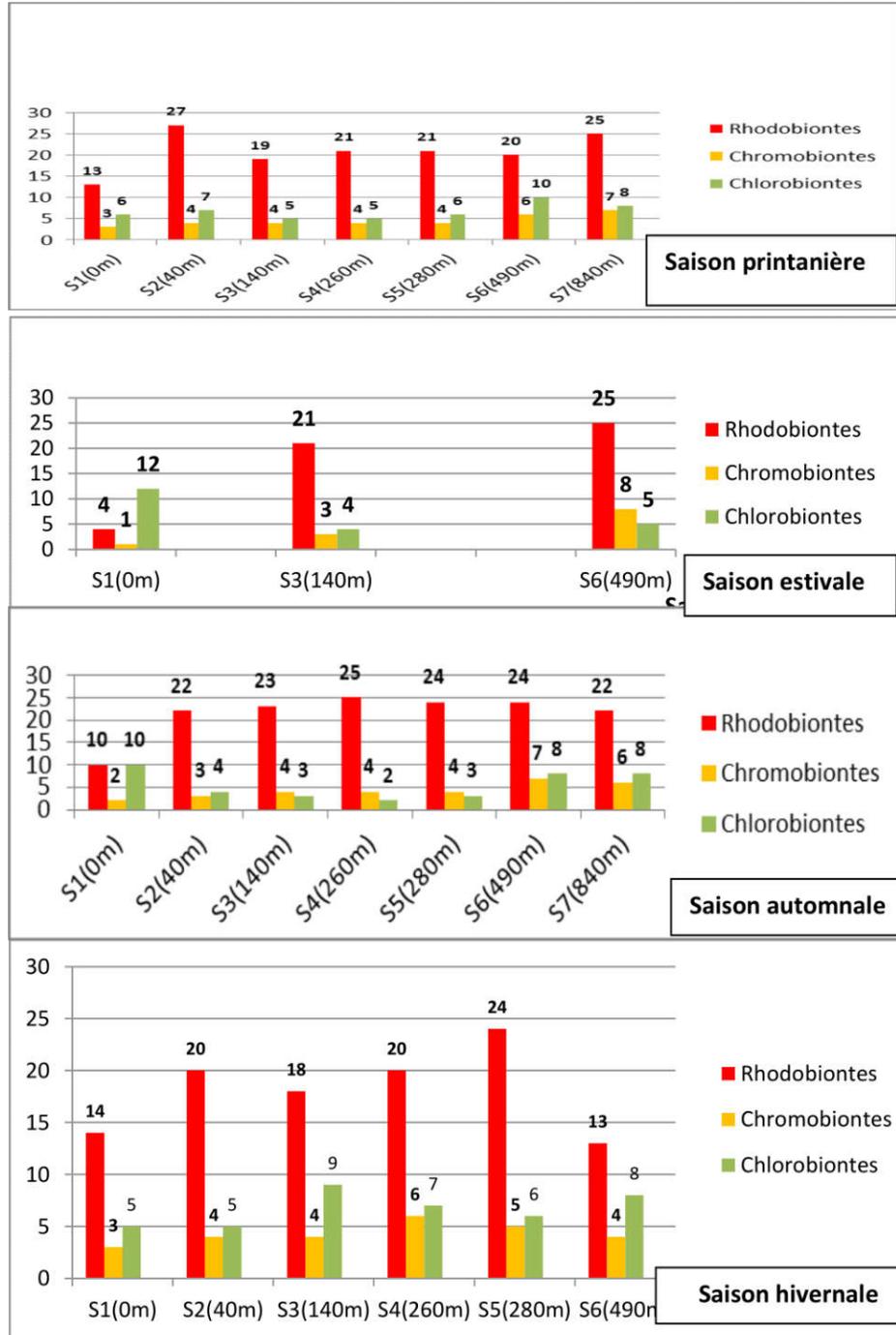
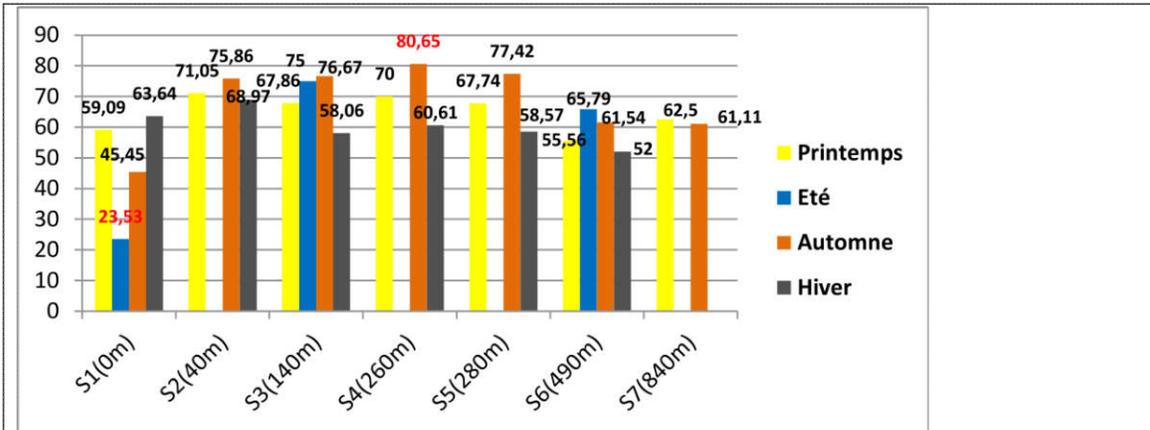
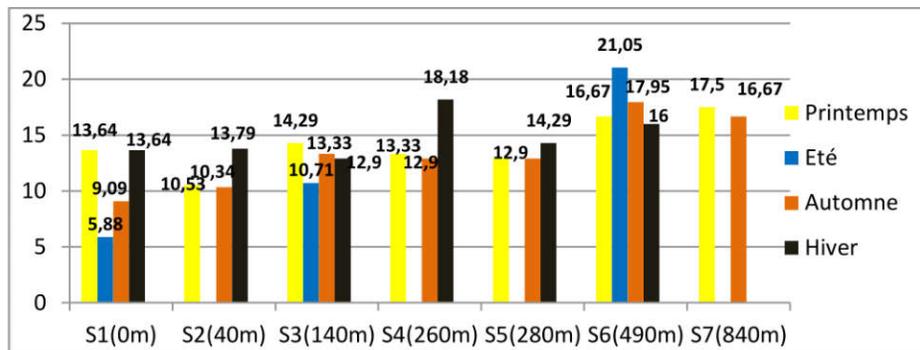


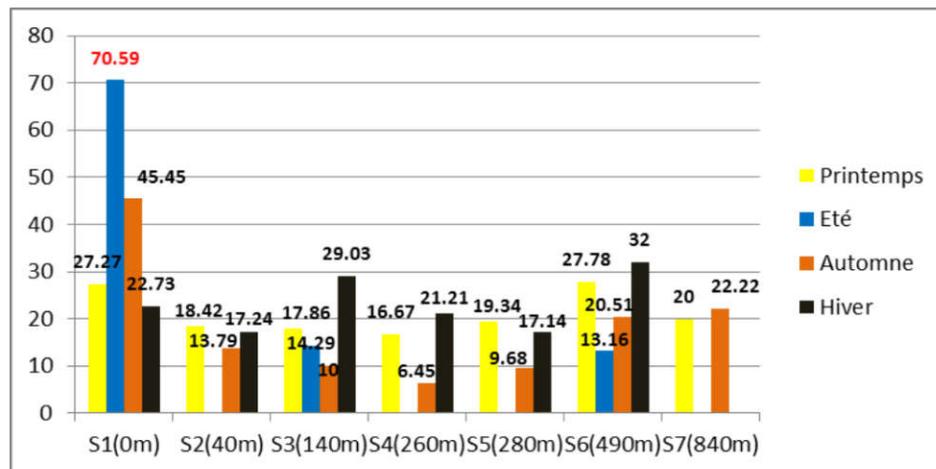
Figure 36: Coefficient Q des groupes taxonomiques/relevé en fonction de la distance au rejet et des saisons.



(A): DQ(%) des Rhodobiontes



(B): DQ (%) des Chromobiontes (Phaeophyceae)



(C): DQ(%) des Chlorobiontes

Figure 37: Dominance qualitative DQ (%) des groupes taxonomiques par relevé en fonction de la distance au rejet et des saisons.

Toutes ces fluctuations des paramètres analytiques et synthétiques notamment près du rejet de la centrale (coefficient T et RT faibles, rapport R/P élevé, augmentation des Chlorobiontes au détriment des Phaeophytes...) sont sans doute le résultat de l'impact de l'effluent thermique. Rappelons qu'en face du rejet l'action de l'émissaire est intense :

- L'élévation de la température est significative ($\Delta T^{\circ}C = 7$ à $8^{\circ}C$ pour une température moyenne annuelle de $18,38^{\circ}C$ et une température moyenne estivale de $25^{\circ}C$).
- La concentration en chlore utilisée par la centrale puis rejetée directement en mer est élevée (0,5ppm).
- La vitesse du jet est maximale ($2 \times 3,385 \text{ m}^3/\text{s}$ par groupe à raison de 4 groupes).

3.3.5.2. Relevés à *Caulerpa prolifera*

Caulerpa prolifera a été retrouvée dans la partie supérieure de l'infralittoral lié à l'effluent thermique (à Mers-El-Hadjaj, dans le golfe d'Arzew ; fig.5 et 17). La méthode phytosociologique adoptée pour l'étude de son peuplement est la même que celle utilisée pour les relevés superficiels (prélèvements sur un carré de $25\text{cm} \times 25\text{cm}$; soit une surface de 625 m^2). Seuls les relevés réalisés à 5 m de profondeur sur un cycle saisonnier feront l'objet de cette analyse ; soit un total de 22 relevés répartis en fonction de la distance au rejet.

Il est à noter que cette espèce a exclusivement été retrouvée au niveau de ce site d'où l'intérêt de donner quelques caractères la concernant.

- Position systématique : *Caulerpa prolifera* (Forsskal) J.V. Lamouroux, Chlorobiontes, Bryopsidophyceae, Bryopsidales, Caulerpaceae.
- Position écologique : Photophile infralittorale thermophile « PhIT ».
- Position biogéographique : Atlantique tropicale.
- Distribution géographique : Côtes occidentales françaises (Meinesz, 1973, 1980 et Anon, 2012) ; Mer Noire (Gallardo *et al.*, 1993) ; Floride (Littler et Hanisak, 2008) ; Canaries (Anon, 2011) ; Baléares (Ribera Siguan & Gómez Garreta, 1985) Turquie (Taskin *et al.*, 2008) ; Ouest de la Méditerranée (Box *et al.*, 2010) ; Italie (Rindi *et al.*, 2002) ; Espagne (Hernández *et al.*, 2010) ; Tunisie (Ben Maiz *et al.*, 1987) ; Maroc (Benhissoune *et al.*, 2001) ; Algérie (Debray, 1897).

Hamel (1930) note que sur toutes les espèces du genre *Caulerpa*, *C. prolifera* était la seule espèce connue jusqu'alors en Méditerranée et selon les travaux de Feldmann (1938) cette espèce est commune en Atlantique subtropicale. Cette espèce est actuellement commune en Méditerranée (Ribera Siguan, *comm. pers.*).

a) Le nombre total d'espèces par relevé (coefficient T)

Sur les 22 relevés effectués, le nombre d'espèces reste très faible. Le coefficient T total par relevé varie de 1 (seul *C. prolifera*) à 14 (fig.38). Notons que d'une manière générale, les

valeurs minimales sont celles enregistrées à proximité du rejet thermique avec un gradient croissant vers les stations les plus éloignées.

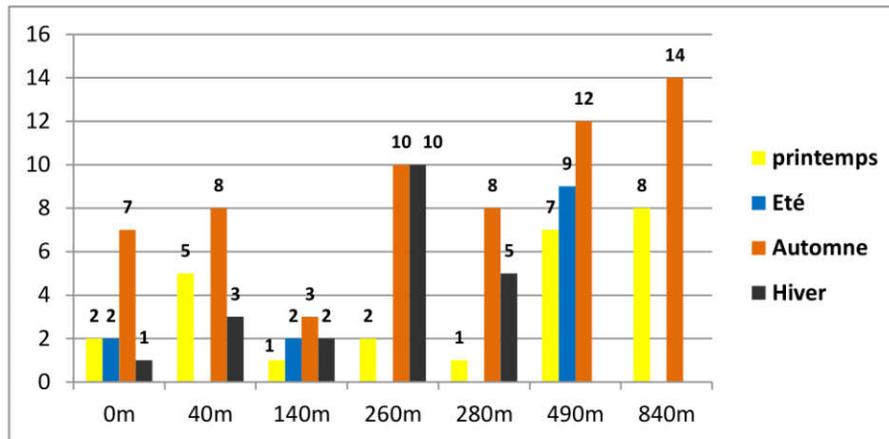


Figure 38: Coefficient T/relevé à *C. prolifera* en fonction de la distance au rejet et aux saisons

b) Coefficient Q des groupes taxonomiques par relevé

Les différents groupes taxonomiques du peuplement à *C. prolifera* révèlent une variation saisonnière importante dans leurs effectifs en relation avec la distance au rejet (fig.39)

- Saison printanière** : De 0 jusqu'à 280 m, à l'exception de la station 40 m du rejet, le nombre des Chlorobiontes reste égal à 1, c'est à dire que ce groupe est représenté uniquement par *C. prolifera*. De 490 m jusqu'à 840 apparaissent deux, puis trois autres espèces (*Pseudochlorodesmis furcellata*, *Udotea petiolata* et *Cladophora prolifera* et *Valonia macrophysa*). Il en est de même pour les Rhodobiontes qui varient de 1 à 2 espèces de 0 à 840 m du rejet. (*Antithamnion cruciatum*, *Stylonema alsidii* en épiphyte sur *C. prolifera* et *Peyssonnelia squamaria*). Les Chromobiontes sont les plus rares, voire absentes de 0 jusqu'à 280m du rejet puis 2 espèces apparaissent à 490 m de celui-ci (*Sphacelaria cirrosa* en épiphyte sur *C. prolifera* et *Stypocaulon scoparium*).

- Saison estivale** : Le nombre de Chlorobiontes augmente de 2 à 4 de 0 à 490 m du rejet, soit *Cladophora prolifera* (associée à *C. prolifera*) qui disparaît pour laisser place à une autre (*Acetabularia acetabulum*) qui disparaît à son tour pour laisser apparaître 3 autres espèces (*Codium bursa*, *Halimeda tuna* et *Udotea petiolata*). Les Rhodobiontes, comme les Chromobiontes, sont absentes près du rejet et n'apparaissent qu'à 490 m de celui-ci, avec respectivement 2 à 3 espèces (*Ceramium codii*, *Halopitys incurva* et *Dictyopteris membranacea*, *Dictyota dichotoma* et *Halopteris filicina*).

- **Saison Automnale** : Les Chlorobiontes tout comme les Rhodobiontes, enregistrent des valeurs stables de 0 jusqu'à 280 m du rejet avec une légère augmentation à 490 et 840 m de celui-ci. Aucune Chromobionte n'est présente dans le peuplement à *C. prolifera* au niveau des stations situées près du rejet et n'apparaissent qu'à 260 m avec seulement 2 espèces (*Stypocaulon scoparium* et *Sphacelaria tribuloides*). Celles-ci disparaissent à 280 m, dont une réapparaît à 490 m (*S. scoparium*) avec 2 autres espèces (*Ectocarpus siliculosus* et *Sphacelaria cirrosa*) à 840 m du rejet.

- **Saison hivernale** : De 0 jusqu'à 140 m du rejet, aucune Chlorobionte ni Chromobionte n'est associée ou n'est en épiphyte sur *C. prolifera*. À 0 m de celui-ci, elle est seule présente dans la surface étudiée, à 40 m on retrouve seulement deux Rhodobiontes photophiles thermophiles associées (*Halopityx uncurva* et *Spyridia filamentosa*). Dans tous les relevés de cette saison, on ne retrouve qu'une seule Chromobionte (*Stypocaulon scoparium*) à 260 m du rejet, celle-ci disparaît à 280 m plus loin. Les Rhodobiontes marquent un maximum de 6 espèces (principalement des Ceramiales en épiphyte sur *C. prolifera*) à 260 m pour diminuer jusqu'à 3 espèces à 280 m (*Ceramium codii*, *Crouania attenuata* et *H.incurva*).

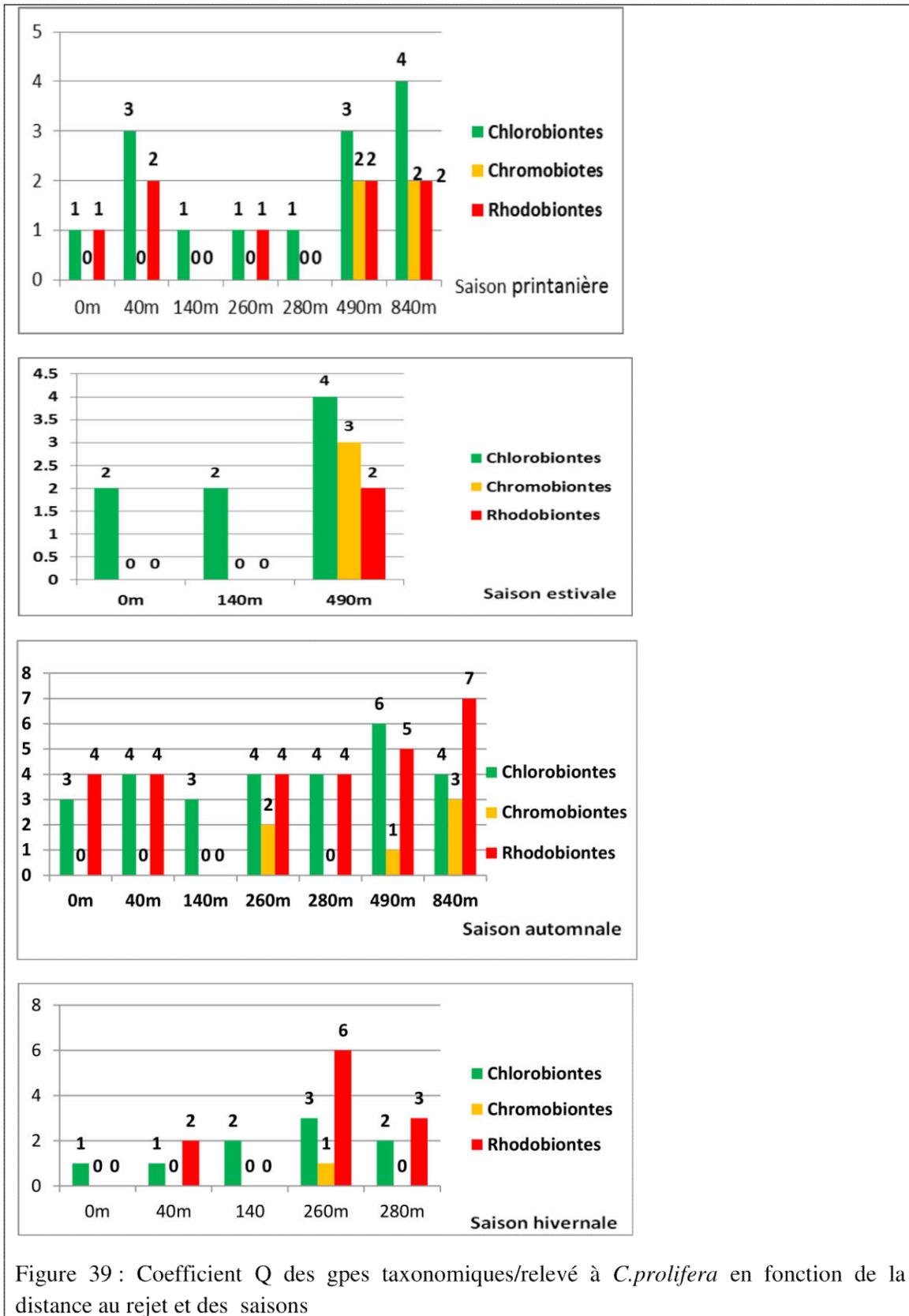


Figure 39 : Coefficient Q des gpes taxonomiques/relevé à *C.prolifera* en fonction de la distance au rejet et des saisons

c) Le recouvrement (Rt) total par relevé

Contrairement au coefficient T, le recouvrement total Rt par relevé (y compris *C. prolifera*) reste globalement dans les normes de sa définition : « *Le recouvrement total est très généralement supérieur à 100%* » Boudouresque (1971).

Ses valeurs varient de 70% en hiver (à 140 m du rejet) à 141% en été (à 490 m du rejet) (fig.40). Nous remarquons, en effet, que les valeurs minimales du Rt (moins de 100%) sont celles enregistrées pendant la saison hivernale alors que les maximales sont généralement celles obtenues à la saison estivale ou automnale. Au printemps, les valeurs du recouvrement sont plus ou moins stables jusqu'à 490 m du rejet pour croître à 840 m et atteindre un maximum de 122%. Ces résultats sont, sans doute, en relation avec les variations de la croissance de *C. prolifera* où elle atteint son maximum à partir de l'été et décroît en hiver (Meinesz, 1979).

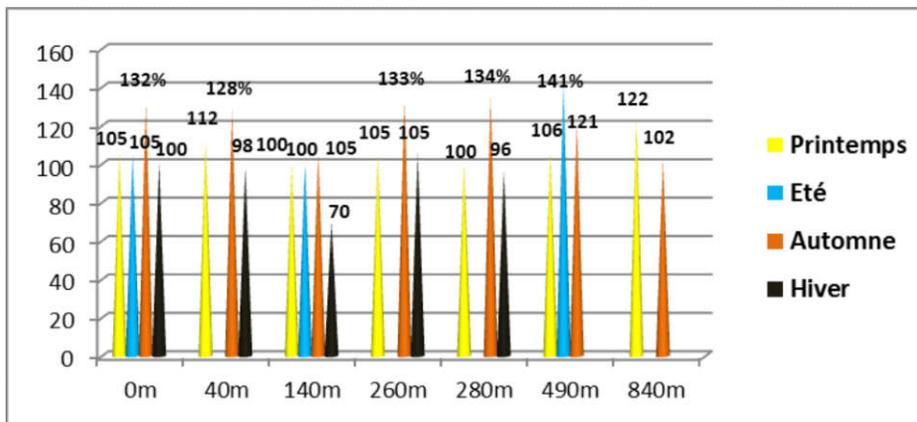


Figure 40: Coefficient Rt total par relevé à *C.prolifera* en fonction de la distance au rejet et des saisons.

À partir des résultats du recouvrement total par relevé obtenus, nous avons jugé utile de connaître la part de la couverture végétale de *C. prolifera* par rapport aux groupes taxonomiques associés (fig. 41).

d) Le recouvrement (Rt) des différents groupes taxonomiques associés à *C. prolifera*

- **Saison printanière** : de 0 à 280 m du rejet, le recouvrement de *C. prolifera* augmente de 90 à 100% puis diminue à 490m et garde la même valeur jusqu'à 840 du rejet avec 80% de la surface totale. Très peu de Chlorobiontes lui sont associées pendant cette saison, elles sont en effet présentes dans trois relevés sur sept et montrent un gradient croissant de 10 à 20% de 0m à 840 m du rejet. Les Rhodobiontes sont rares et parfois absentes dans les relevés à *C. prolifera* à cette saison. Elles couvrent une surface maximale de 15% près du rejet (0 m). Il en est de même pour les Chromobiontes qui

sont absentes de 0 à 280 m du rejet, on les retrouve à 490 m pour couvrir une surface seulement de 6% puis croître à 11% à la station la plus éloignée (840 m du rejet).

- **Saison estivale** : sur les trois relevés effectués à cette saison, *C. prolifera* occupe à elle seule un recouvrement de 100% au voisinage immédiat du rejet. Elle enregistre un gradient décroissant de son recouvrement en s'éloignant progressivement du rejet : 90% à 140 m et 80% à 840 m. Des trois groupes taxonomiques, ce sont les Chlorobiontes qui sont le plus présentes. Celles-ci marquent un gradient croissant au fur et à mesure que l'on s'éloigne du rejet ; de 5% à 0 m, elles passent à 10% à 140 pour atteindre un maximum de 25% à 490 m. Ce recouvrement est relativement faible par rapport au recouvrement occupé par *C. prolifera* seule. Les Chromobiontes (Phaeophyceae) sont complètement absentes à 0m et 140 m du rejet. Elles finissent par apparaître à 490 m pour couvrir 25% de la surface explorée. Les Rhodobiontes, comme les Chromobiontes, sont absentes près du rejet et à 140 m puis se retrouvent à 490 m de celui-ci avec des valeurs plus faibles que celles des Chromobiontes (11%).
- **Saison automnale**: comme pour la saison estivale, *C. prolifera* couvre la quasi-totalité de la surface étudiée. Elle constitue un recouvrement de 95% près du rejet et se stabilise jusqu'à 280 m de celui-ci pour diminuer à 75% puis 70% de 490 à 840 m du rejet. Durant cette saison, les Rhodobiontes semblent plus apparentes qu'en été. Elles atteignent un recouvrement maximal de 31% près du rejet, diminuent à 18% à 40m pour disparaître à 140 de celui-ci. Elles réapparaissent ensuite à 260 m du rejet (12%) et se stabilisent jusqu'à 840 m. Les Chlorobiontes se partagent la seconde position avec les Rhodobiontes, elles sont en revanche, présentes au niveau de tous les relevés réalisés à cette saison. Leur recouvrement est minimal à proximité du rejet (6%) et maximal à 490m (32%). Aucune Chromobionte (Phaeophyceae) n'est présente pendant cette saison dans les relevés à *C. prolifera* à 0, 40, 140 et 280 m du rejet. On les retrouve à 490 m et à 840 m avec respectivement 5 et 7%.
- **Saison hivernale** : c'est pendant cette saison que *C. prolifera* atteint son recouvrement minimal égal à 60% (à 140 et 260 m du rejet). Elle couvre toutefois une surface de 100% dans le relevé effectuée à proximité du rejet (0m). Les Chlorobiontes, comme les Rhodobiontes, s'associent à elle seulement dans trois relevés sur six. Leur recouvrement maximal est respectivement de 20% et de 16% à 260 et 280 m. Quant aux Chromobiontes, elles ne sont présentes que dans un seul relevé (260 m du rejet) avec un recouvrement total de 10%.

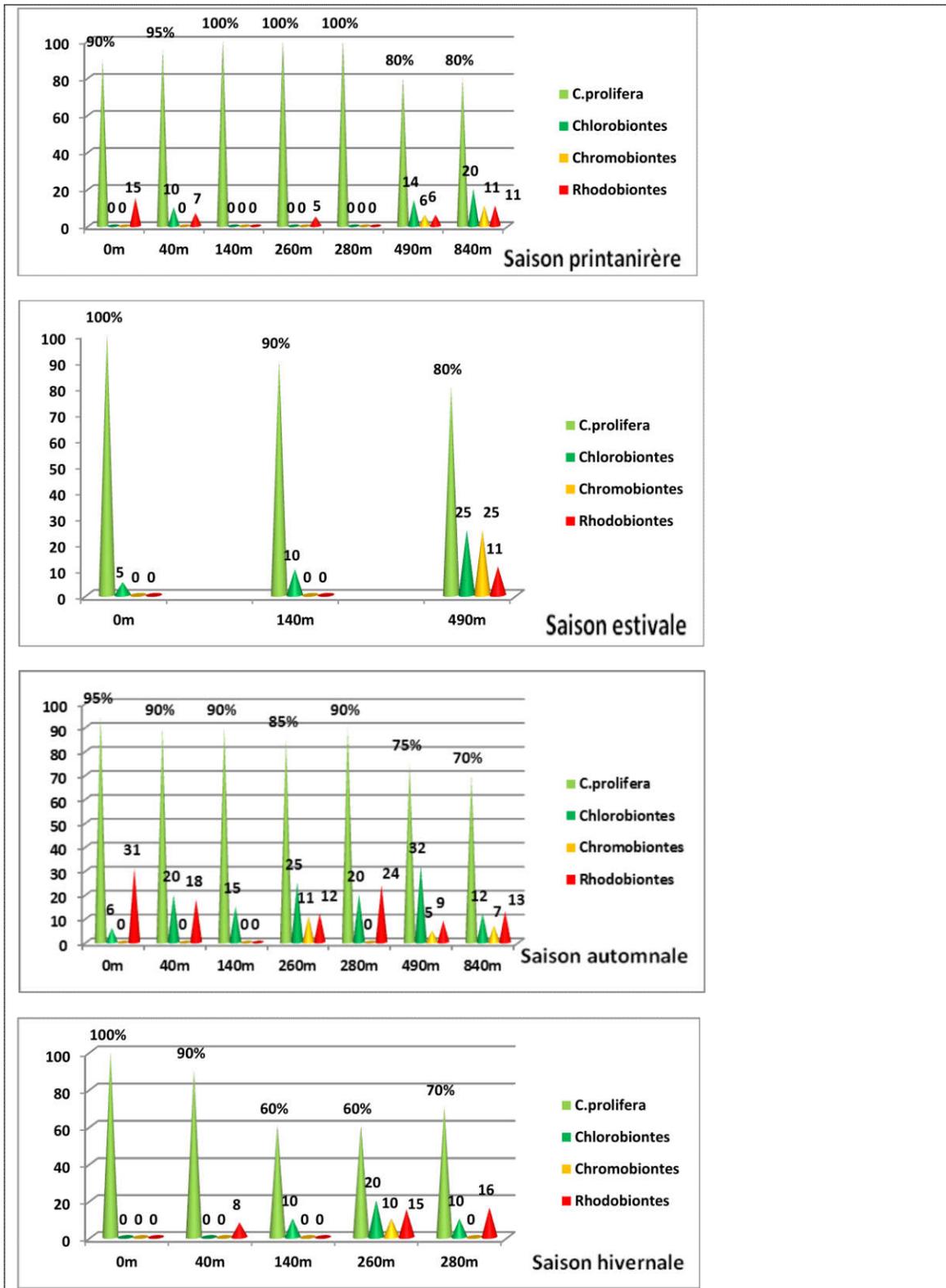


Figure 41: Recouvrement (Rt) par relevé des groupes taxonomiques associés à *C. prolifera* en fonction du rejet et des saisons.

Nos observations sur terrain ainsi que les résultats phytosociologiques sur le peuplement à *Caulerpa prolifera* obtenus, nous amènent à admettre que cette espèce résiste bien à l'impact thermique. Elle se développe aisément au détriment des autres espèces ; ceci explique les valeurs faibles du coefficient T ainsi que le recouvrement des groupes taxonomiques associés. En effet, les quelques Chlorobiontes qui s'associent à elle telles que *Halimeda tuna* et *Udotea petiolata* sont respectivement des espèces Pantropicale et Atlantico-tropicale.

Il en est de même pour le groupe des Rhodobiontes ; ce sont surtout les espèces à affinité chaude qui se développent en association ou bien en épiphyte sur *C. prolifera* comme *Peyssonnelia squamaria* (SCIT), *Halopitys incurva* (PhIT.) et *Spyridia filamentosa* (PhIT).

Les Phaeophyceae sont également rares dans le peuplement à *C. prolifera*, les espèces communes dans nos relevés sont aussi des espèces thermophiles ex : *Halopteris filicina* (SCIT) et *Sphacelaria tribuloides* (PhIT). La température de l'eau est en effet à considérer pour expliquer ces résultats, sachant que la valeur moyenne annuelle estivale dans ce site est de 25° C, avec une élévation de 7 à 8 ° C près de l'émissaire thermique. D'autres mesures de température ont été effectuées (excepté en été) au moment de l'échantillonnage (fig.42) et ont révélé des valeurs élevées près des stations liées au rejet et coïncident d'une manière générale avec les valeurs faibles du coefficient T et les recouvrements particulièrement importants de *C. prolifera*.

Nos résultats se confirment par les observations de Meinesz et Verlaque (1979) qui ont réalisé des essais de repiquage de *C. prolifera* dans la zone de l'effluent thermique de Martigues-Ponteau (Golfe de Fos; France). Ils ont suivi avec succès la transplantation de cette espèce dans un site très éloigné des limites de l'aire géographique de l'algue des côtes françaises (interrompue ultérieurement suite à une forte tempête). « L'effluent thermique a semblé favorable à *C. prolifera* ; espèce dite thermophile » (Meinesz, 1980).

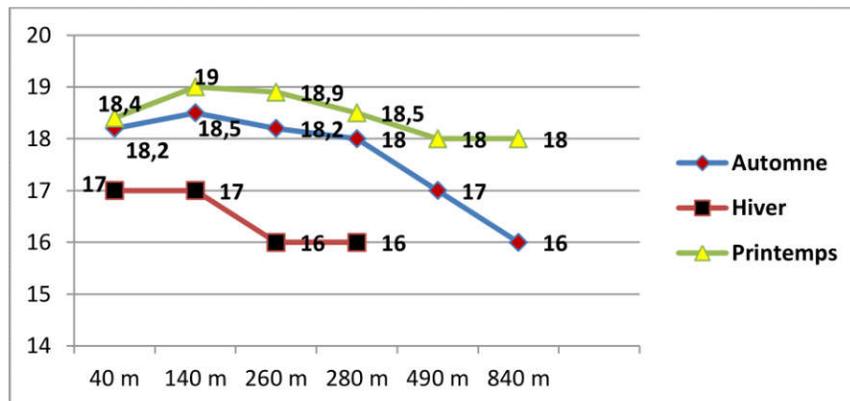


Figure 42: Température (° C) moyenne saisonnière (à 5 m de profondeur) en fonction de la distance au rejet.

3.3.5.3. Relevés à *Caulerpa racemosa*

L'étude phytosociologique du peuplement à *C. racemosa* est réalisée à la presqu'île de Sidi-Fredj (fig.11 et 18). Les quatre stations de prélèvements n'ont pas de différence particulière : c'est la raison pour laquelle nous avons effectué la moyenne des paramètres analytiques et synthétiques des relevés obtenus par saison afin de mettre en évidence leurs éventuelles variations saisonnières.

a) Le coefficient T moyen

Le nombre d'espèces moyen du peuplement à *C. racemosa* varie de 8, 25 à 11 (y compris *C. racemosa*). On note un gradient décroissant de ce paramètre de l'hiver à l'été (fig. 43)

Par comparaison avec le nombre d'espèces de la flore algale associée à *Cystoseira crinita* et à *Cystoseira brachycarpa* obtenu par Pizzuto (1999), soit respectivement 21 à 42 et 25 à 59, les valeurs du coefficient T moyen du peuplement algal à *C. racemosa* sont nettement inférieures.

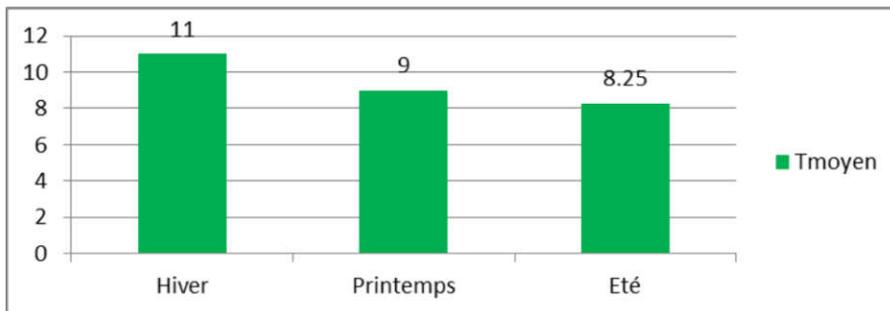


Figure 43: Coefficient T moyen /relevé à *C.racemosa* en fonction des saisons

b) Le recouvrement total (Rt %) moyen

Contrairement au nombre total (moyen), le recouvrement total (moyen) du peuplement à *C. racemosa* augmente en fonction des saisons (fig.44). Il passe de 116,13% en hiver pour atteindre un maximum de 146,5% en été. Ces résultats pourraient traduire une expansion de cette espèce, ce qui augmente, par conséquent, sa couverture végétale. Ceci nous a amenés à calculer le recouvrement total moyen de *C. racemosa* seule en fonction des saisons (fig. 45).

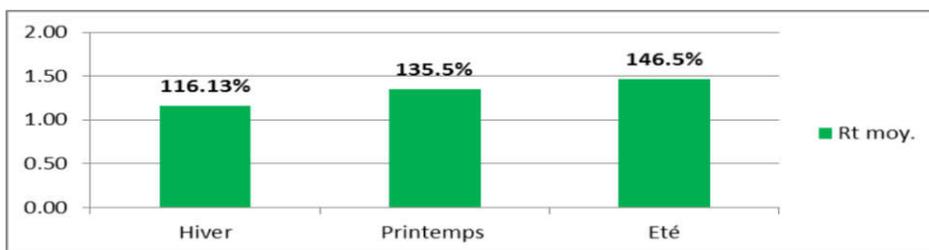


Figure 44: Recouvrement total moyen (Rt%) /relevé à *C.racemosa* en fonction des saisons.

c) Le recouvrement total moyen de *Caulerpa racemosa*

Quelle que soit la saison considérée, le recouvrement moyen total de *C. racemosa* confirme son envahissement par rapport aux autres espèces associées (fig.45). Son Rt moyen passe de 71,25% (sur un recouvrement total de 116,13%) en hiver à 81,25% (sur un recouvrement total de 146,5%) en été. Ces recouvrements constituent plus de la moitié de la couverture végétale totale obtenue. Ces résultats ne font pas exception vu que cette espèce est capable de former des prairies denses et continues dans des peuplements benthiques photophiles et sciaphiles en Méditerranée (Klein et Verlaque, 2008).

« A cause de ses caractéristiques de croissance et de son cycle pseudopérennant, *C. racemosa* apparait compétitivement supérieure à d'autres algues méditerranéennes et semble capable de monopoliser presque tout le substrat » (Piazzi et Cinelli, 1999).

Par ailleurs, l'analyse de ces paramètres met en évidence le bon développement de cette espèce en été par rapport à l'hiver. Ceci laisse supposer que l'augmentation de la température agit favorablement sur cette algue. En effet la température moyenne de l'eau de mer mesurée en été est de 22° C alors que celle de l'hiver n'est que de 13,8° C, en passant par 18,7° C au printemps. Ces résultats semblent se confirmer par Ruitton *et al.* (2005) qui enregistrent une meilleure croissance de cette espèce à partir du mois de juin et une diminution significative en fin octobre jusqu'à décembre.

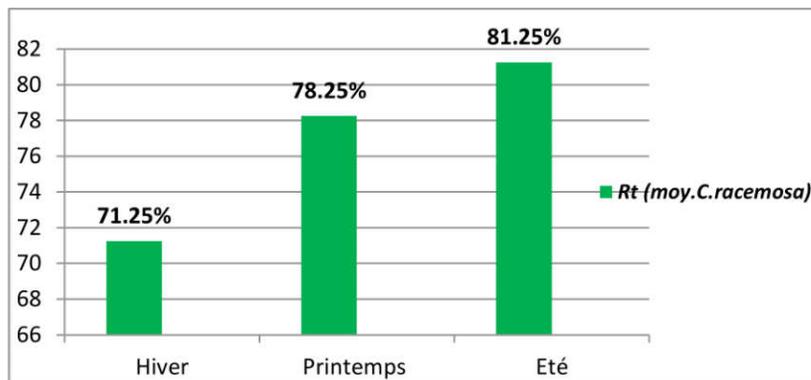


Figure 45: Recouvrement total moyen (Rt %) de *C. racemosa* en fonction des saisons.

d) le coefficient Q moyen des groupes taxonomiques associés

La composition taxonomique de la flore associée à *C. racemosa*, bien que rare, révèle une prédominance des Rhodobiontes par rapport aux autres groupes (fig.46). Celles-ci décroissent en nombre d'espèces (coefficient Q) de l'hiver à l'été. Leur valeur moyenne passe de 7 à 3,5 par relevé. Parmi ces espèces, on note surtout la présence des Corallinaceae dont principalement *Corallina elongata*, *Jania longifurca*, *Lithophyllum incrustans*, *Peyssonnelia*

squamaria et des Ceramiales en épiphyte telles que *Ceramium tenuissimum*, *Ceramium circinatum*, *Ceramium ciliatum*, *Griffithsia coralinoïdes* et la Bangiale *Stylonema alsidii*.

Klein et Verlaque (2008) notent également la présence de Corallinaceae (encroustantes) dans les peuplements associés à *Caulerpa racemosa* en Méditerranée occidentale.

Aux Rhodobiontes font suite les Chromobiontes (Phaeophyceae) qui enregistrent une valeur moyenne du coefficient Q de 1,75 en hiver, puis se stabilisent avec 2,5 pendant le printemps et l'été. Parmi lesquelles, notons l'espèce *Colpomenia peregrina* qui caractérise les milieux calmes portuaire « PhIP » (Boudouresque, 1984), *Stypocaulon scoparium*, *Sphacelaria cirrosa*. Les Chlorobiontes semblent être les moins représentatives du peuplement algal à *C. racemosa*. Elles atteignent une valeur moyenne du coefficient Q qui varie de 1 au printemps à 1,25 en hiver et en été dont surtout *Ulva lactuca* et des espèces du genre *Cladophora* en épiphyte (*C. albida* et *C. prolifera*).

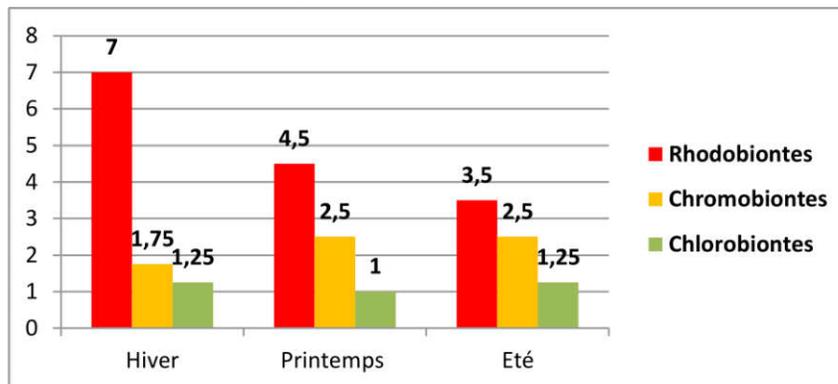


Figure 46: Coefficient Q moyen des groupes taxonomiques associés à *C. racemosa* en fonction des saisons.

e) La dominance qualitative (DQ%) moyenne des groupes taxonomiques associés

Le pourcentage moyen des différents grands groupes taxonomiques associés à *C. racemosa*, met en évidence la dominance qualitative des Rhodobiontes dont la valeur maximale est atteinte en hiver : 70% et la minimale en été : 48,38% (fig.47). Ces résultats sont inversement proportionnels avec les valeurs du recouvrement de *C. racemosa* obtenues. En effet, plus les Rhodobiontes augmentent qualitativement moins *C. racemosa* est présente quantitativement et vis-versa. Comme pour leurs coefficients Q, les Chromobiontes (Phaeophyceae) augmentent qualitativement de 17,5 en hiver à 31,25% au printemps, puis sensiblement encore à la saison suivante (34,48%). Les Chlorobiontes ont des dominances qualitatives moyennes relativement très peu significatives. Soit 12,5% en hiver, cette valeur reste constante au printemps puis augmente légèrement en été (17,24%).

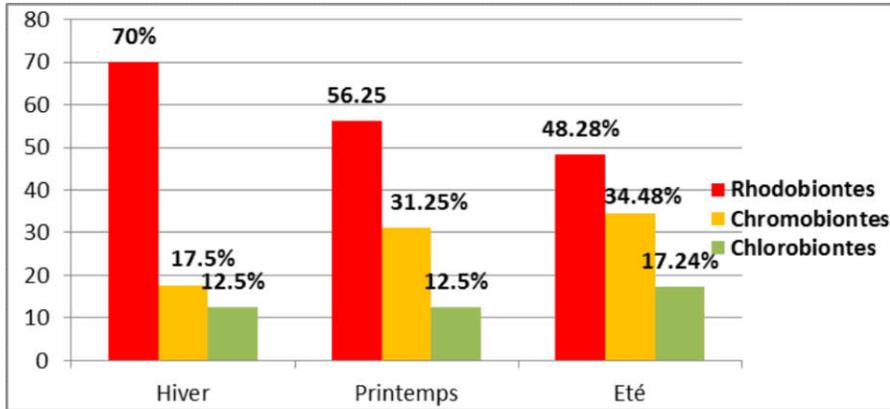


Figure 47: Dominance qualitative (DQ%)moyenne des groupes taxonomiques associés à *C. racemosa* en fonction des saisons.

Ces résultats des paramètres analytiques et synthétiques du peuplement algal à *C. racemosa* témoignent de l’envahissement de cette espèce au niveau du site étudié comme c’est le cas ailleurs en Méditerranée.

3.3.5.4. Relevés de la flore épiphyte à *Posidonia oceanica*

L’étude phytosociologique de la flore épiphyte à *P. oceanica* réalisée à l’Anse de Kouali (fig.8 et 19) met en évidence les résultats suivants :

a) Le nombre total d’espèces

Le nombre total d’espèces épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* obtenu est de 56. Elles sont réparties en 28 Rhodobiontes, 18 Chromobiontes (Phaeophyceae) et 10 Chlorobiontes (fig.48).

Cet effectif est supérieur à celui rapporté par Medina-Pons (2011) ; soit 40 taxa sur les feuilles de *P. oceanica* à l’île de Mallorca (Baléares). Il en est même pour les résultats obtenus par Bellissimo (2013) au niveau de l’île Bottaro (Nord de la Sicile ; Italie) avec 27 espèces d’algues épiphytes des feuilles *P. oceanica*. Ces travaux mettent en évidence également la prédominance des Rhodobiontes par rapport aux autres groupes taxonomiques.

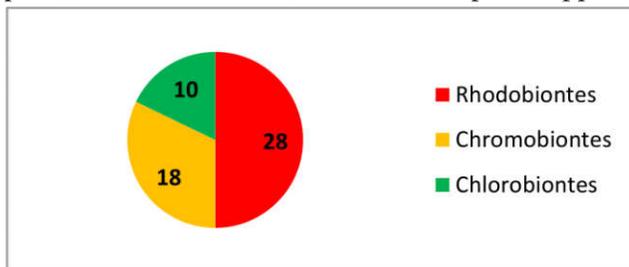


Figure 48: Nombre total d’espèces d’algues épiphytes à *P. oceanica*

b) Le nombre d'espèces par relevé (Coefficient T)

Le nombre d'espèces par relevé est compris entre 12 et 35 (fig.49). A titre de comparaison, le nombre d'espèces d'algues épiphytes de *P. oceanica* par relevé obtenu par Bellissimo (2013) varie de 22 à 23 (à 5 m de profondeur).

Par ailleurs, on remarque un gradient décroissant de ce paramètre en fonction de la profondeur. Il atteint 35 espèces à -0,5 m (Station 1) et décroît jusqu'à 12 espèces à 10 m de profondeur (Station 4). Ce résultat serait lié à la réduction de la lumière en profondeur comme l'avait noté Feldmann (1938) sur la végétation phytobenthique de la côte des Albères.

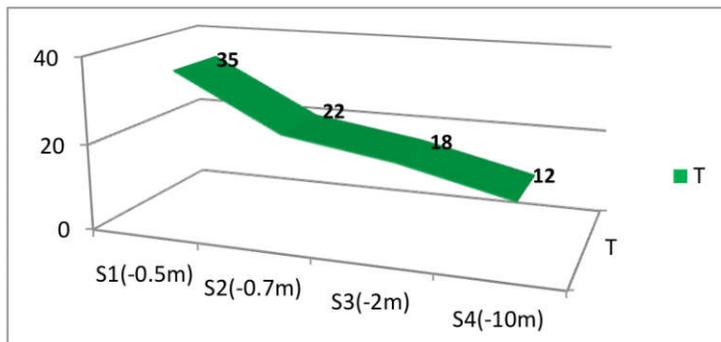


Figure 49: Nombre total d'espèces d'algues épiphytes à *P. oceanica* en fonction de la profondeur (coefficient T).

c) Le recouvrement total (Rt)

Des variations du recouvrement total (Rt) ont été enregistrées selon la profondeur (fig.50). Rt atteint un maximum de 48,88% près de la surface : à -0, 5 m (station S1) puis régresse jusqu'à 13,44% à 2 m de profondeur (Station S3) pour s'accroître et atteint 22, 23% à -10 m (station S4).

Cette diminution du recouvrement des algues épiphytes à 2m de profondeur est sans doute en relation avec la diminution progressive de la lumière, ce qui se traduit par la raréfaction des espèces photophiles. En revanche, son augmentation à -10 m, serait due au recouvrement des espèces sciaphiles telles que *Acrosorium uncinatum*, *Compsothamnion thuyoides*, *Spermothamnion flabellatum*... inexistantes dans les autres stations et *Fosliella farinosa* ainsi que *Peyssonnelia squamaria* qui sont rares quantitativement dans les autres stations alors qu'elles atteignent leur maximum à 10 m (16,6% et 1, 54%). Rappelons que c'est également au niveau de cette station (S4) que le nombre total d'espèces le plus faible a été enregistré. Cette corrélation pourrait expliquer la diminution de la compétition entre les espèces pour laisser place aux espèces sciaphiles qui colonisent par conséquent des surfaces plus grandes.

Par ailleurs, il est à noter que le recouvrement total de la flore épiphyte des feuilles de *P. oceanica* obtenu à l'île d'Ischia (Golfe de Naples ; Italie) n'excède pas les 20% (Buia *et al.*, 1989), alors que Panayotidis (1979) signale des valeurs de Rt de l'ordre de 139,5% pour la flore épiphyte de la même espèce en Mer Égée.

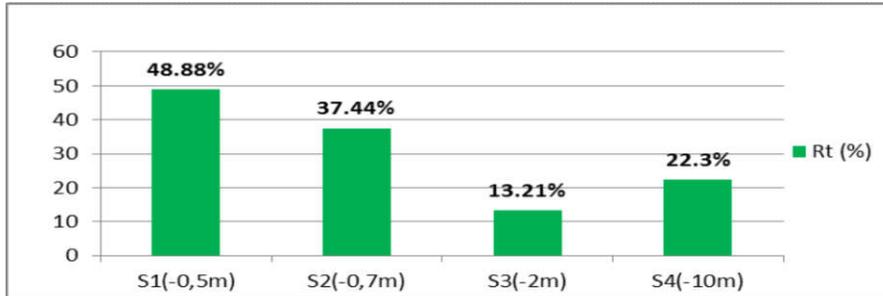


Figure 50: Recouvrement total (Rt) des espèces algales épiphytes à *P. oceanica* en fonction de la profondeur.

d) Recouvrement (Rt) des groupes taxonomiques

- **Les Chromobiontes** (Phaeophyceae) sont celles qui présentent un recouvrement le plus élevé des feuilles de *P. oceanica* (fig.51). Cependant, elles diminuent progressivement en fonction de la profondeur. En effet, elles passent de 28,97% à -0,5 m (S1) jusqu'à 3,29% à -10 m. Ce gradient décroissant du recouvrement des Chromobiontes serait sans doute dû à la présence, en profondeur, des espèces de petite taille telles que *Myrionema orbiculare* et *Myrionema strangulans*, *Myriotrichia repens* et à la diminution des espèces relativement de grande taille telle que *Colpomenia sinuosa* absente à -10 m.
- **Les Rhodobiontes** viennent quantitativement en seconde position. Elles sont de 15, 23 % à -0,5 m (S1) diminuent à 0,7 m (S2) puis augmentent par la suite en fonction de la profondeur pour atteindre un maximum de 18, 84% à -10 m (S4). Le gradient croissant des Rhodobiontes en fonction de la profondeur pourrait s'expliquer par leur capacité à absorber les radiations lumineuses à faible longueur d'onde grâce à la phycoérythrine (présente dans ces algues), qui pénètrent en profondeur (Cinelli *et al.*, 1984)
- **Les Chlorobiontes** sont les moins représentatives quantitativement au niveau de toutes les stations. Leur recouvrement maximal est noté à la station la moins profonde (S1 ; -0,5 m). Elles diminuent progressivement en fonction de la profondeur pour atteindre leur valeur minimale de 0.17% à 10 m de fond (S4). Cette baisse du recouvrement en fonction de la profondeur serait le résultat de la baisse de l'intensité lumineuse et aussi à l'absorption des radiations lumineuses à grande longueur d'onde par la chlorophylle « a » (dominante chez ces algues) qui restent en surface.

Des observations similaires concernant les variations de ces trois groupes taxonomiques en épiphyte sur *P. oceanica* sont notées dans la littérature (Ben, 1971 ; Panayotidis, 1980 ; Cinelli *et al.*, 1984 et Mazzella *et al.*, 1989).

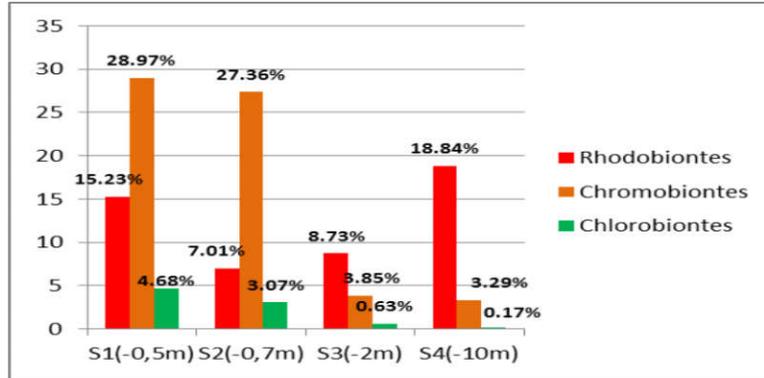


Figure 51: Recouvrement (Rt) des groupes taxonomiques épiphytes à *P. oceanica* en fonction de la profondeur.

e) Le coefficient Q des groupes taxonomiques

Des trois groupes taxonomiques les **Rhodobiontes** sont les plus présentes dans le peuplement épiphyte à *P. oceanica* (fig.52). Elles enregistrent un maximum de 17 espèces à 0,5 m (S1) puis décroissent sensiblement à -0,7 m (S2) puis se stabilisent de -2 à -10 m (S3 à S4). Dans ce groupe ce sont les Ceramiales qui sont les plus représentatives telles que *Acrosorium uncinatum*, *Antithamnion cruciatum*, *Apoglossum ruscifolium*, *Ceramium circinatum*, *Polysiphonia denudata*, *Polysiphonia flocculosa*, *Polysiphonia furcellata*, *Spermothamnion flabellatum*, *Spyridia filamentosa*.

Les Chlorobiontes sont les plus rares notamment à -10 m avec une seule espèce : *Ulvella lens* mais elles sont plus représentatives de la flore épiphyte à -0,5 m (S1) où elles atteignent un effectif de 5 espèces dont 4 Ulvales et une Cladophorale. *Ulvella lens* n'a été retrouvée qu'en épiphyte sur *P. oceanica*. Cette espèce est signalée également en épiphyte sur *P. oceanica* par Medina-Pons (2011).

Les Chromobiontes sont en position intermédiaire entre les deux groupes, elles varient de 13 à 4 espèces de 0,5 m (S1) à -10m (S4). Les principales espèces sont des Ectocarpales du genre *Ectocarpus*, *Giraudia*, *Myriactula*, *Myrionema* et *Myriotrichia* dont les 4 derniers sont caractéristiques des feuilles de *P. oceanica* (Boudouresque, 1984).

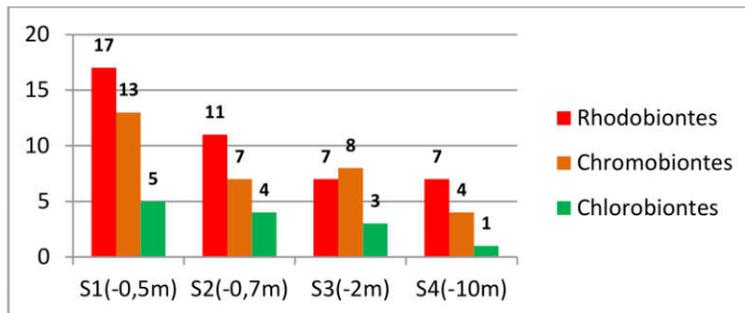


Figure 52: Le nombre d'espèces des groupes taxonomiques (Coefficient Q) épiphytes à *P.oceanica* en fonction de la profondeur.

f) Dominance qualitative (DQ%) des groupes taxonomiques

Comme pour leurs effectifs respectifs (le Coefficient Q), les Rhodobiontes sont les plus dominantes qualitativement suivies des Chromobiontes puis des Chlorobiontes (fig.53). Les mêmes résultats ont été obtenus par Bellissimo (2013).

- **Les Rhodobiontes** augmentent de 48,57% de 0,5 m (S 1) pour atteindre 58,33% à 10 m de profondeur (S4). Cet accroissement qualitatif en fonction de la profondeur corrèle avec les résultats quantitatifs obtenus.
- **Les Chromobiontes** (Phaeophyceae) n'enregistrent pas de grandes variations qualitatives en fonction de la profondeur. Elles sont dans l'intervalle de 31,82% à -0,7 m (S2) et 33,33% à -10 m (S4) en passant par un pic de 44,44% à -2 m (S3).
- **Les Chlorobiontes** ont une dominance qualitative relativement faible. Elles atteignent un maximum de 18,19% à 0,7 m (S2) pour arriver à un minimum de 8,33% à -10 m (S4). Ce gradient décroissant qualitatif de ce groupe concide avec la diminution de son recouvrement et de son coefficient Q en fonction de la profondeur.

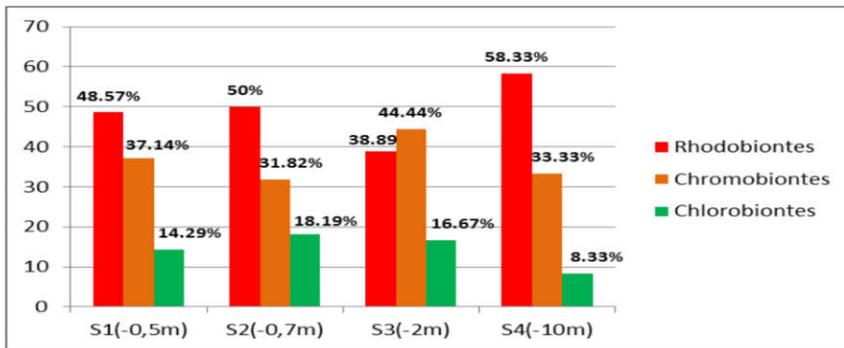


Figure 53: Dominance qualitative (DQ%) des groupes taxonomiques épiphytes à *P.oceanica* en fonction de la profondeur.

3.3.6. Comparaison entre localités

Afin de mettre en évidence les caractères communs ou différentiels entre les localités (sites) étudiées (és) un certain nombre de paramètres analytiques et synthétiques a été utilisé.

3.3.6.1. Le coefficient T

Le nombre maximal d'espèces (coefficient T) a été enregistré à Ain Benian, il est de 132 espèces suivi par celui obtenu à Kouali avec 123 espèces (fig.54). En revanche, le nombre total d'espèces chute relativement à Boumerdès, soit seulement 48 espèces, cette valeur est comparable à celle enregistrée à Bou-Ismaïl (49 espèces).

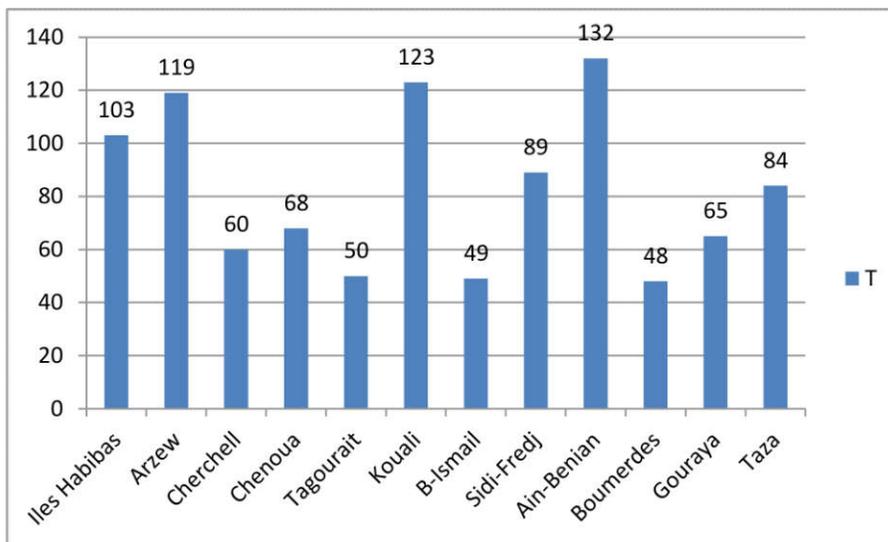


Figure 54: Nombre total d'espèces (Coefficient T) par site.

Cette variation du coefficient T d'un site à un autre pourrait s'expliquer par le nombre d'échantillonnage qui n'est pas homogène au niveau de tous les sites. En effet à Ain-Benian nous avons effectué des récoltes sur trois saisons (été, automne et hiver), à Kouali sur deux saisons (hiver et printemps) alors qu'à Boumerdès et Bou-Ismaïl une seule récolte a été réalisée pour chaque site (saison printanière). Cependant, à Arzew (Mers-El-Hadjaj) des prélèvements ont été faits sur quatre saisons, à des niveaux superficiels et profonds et pourtant le nombre total d'espèces obtenu, bien que non négligeable (119), n'est pas le plus élevé. De ce fait, mis à part le nombre d'échantillonnage, les facteurs du milieu sont également à considérer ; rappelons que les algues récoltées à Arzew sont influencées par une pollution d'origine thermique et que Bou-Ismaïl est un site relativement pollué (Kadari-Meziane, 1994). Nous n'avons pas de données précises quant au degré de pollution du milieu de Boumerdès pour expliquer le nombre relativement peu élevé d'espèces obtenu. Cependant, il est à noter que ce site est soumis au déversement de trois principaux oueds, ce qui induit la dessalure du milieu et les polluants véhiculées provoquant ainsi la disparition de certaines espèces algales.

« *Les oueds constituent des collecteurs de tous les polluants issus des activités humaines* » (Chouikhi, 1993).

Le nombre d'espèces peu élevé obtenu au niveau de ce site confirme nos observations sur terrain où la flore algale apparaît peu diversifiée.

Par ailleurs, au niveau du site des Iles Habibas où seulement un seul échantillonnage (saison estivale) a été réalisé, on enregistre un coefficient T assez significatif de 119 espèces. Par comparaison à un autre site géographiquement pas trop lointain : Arzew (Mers El-Hadjaj) (tous les deux dans l'Ouest algérien) et pour lequel l'échantillonnage a été réalisé sur un cycle saisonnier, les valeurs du coefficient T au niveau des deux sites restent comparables.

Ce nombre d'espèces relativement important au niveau de cette aire marine protégée (îles-Habibas) témoigne d'une diversité floristique algale à considérer. Il en est de même pour le Parc de Taza avec 84 espèces obtenues (pour un seul échantillonnage : saison estivale).

3.3.6.2. Les groupes taxonomiques

a) Le coefficient Q

De tous les groupes taxonomiques les Rhodobiontes sont les plus représentatives au niveau de toutes les localités explorées avec une valeur maximale de 84 espèces enregistrée à Ain Benian (fig.55). Les Chromobiontes (Phaeophyceae) se partagent la seconde position avec les Chlorobiontes en fonction de la localité étudiée. En effet, le maximum de Phaeophyceae est enregistré à Kouali avec 34 espèces suivi du Parc de Taza avec 27 espèces. Par contre la valeur minimale du même groupe est recensée à Boumerdès avec seulement 5 espèces. Les Chlorobiontes enregistrent un pic de 31 espèces à Arzew (Mers –El Hadjaj) pour une valeur minimale de 8 espèces obtenue à Cherchell.

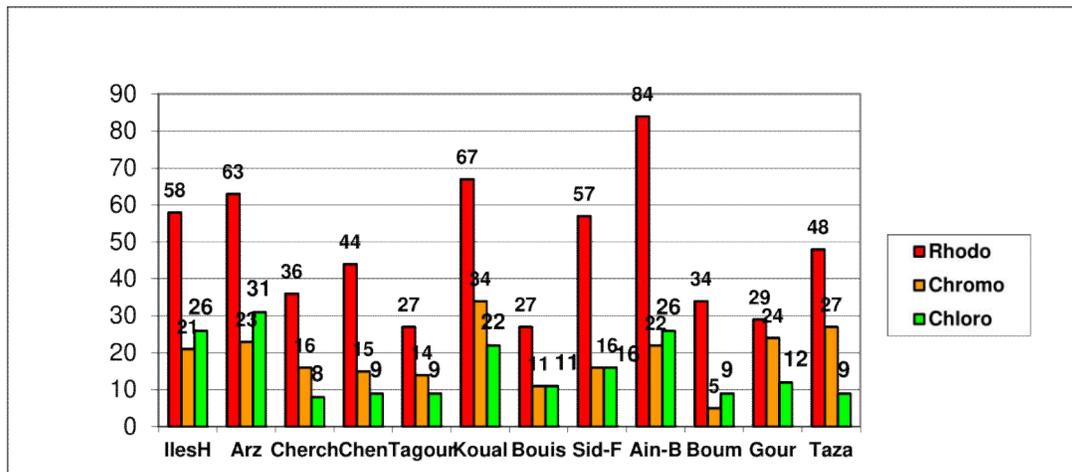


Figure 55: Nombre d'espèces des groupes taxonomiques par site (Coefficient Q).

b) La dominance qualitative DQ(%)

Le calcul des pourcentages des différents groupes taxonomiques au niveau de tous les sites étudiés concordent, par conséquent, avec les effectifs absolus obtenus. En effet, les Rhodobiontes sont les plus dominantes qualitativement avec un maximum de 70,83% (Boumerdès) (fig.56). Elles représentent plus de 50% des espèces au niveau de chaque site à l'exception du Parc de Gouraya où elles n'excèdent pas les 44,61%. Ce site est bien représenté par les Chromobiontes (Phaeophyceae) dont l'écart avec les Rhodobiontes n'est pas très significatif (7,69%). C'est en effet au niveau du Parc de Gouraya où l'on a enregistré la plus forte dominance qualitative des Phaeophyceae avec 36,92% suivi du Parc de Taza avec 32,14%. Vis-à-vis de ce groupe taxonomique les localités du Centre telles que Ain Tagourait, Kouali et Cherchell montrent des valeurs très peu différentes avec respectivement 28 ; 27,64 et 26,67%. Notons par ailleurs, que la dominance qualitative la plus faible des Phaeophyceae a été obtenue dans le site de Boumerdès avec 10,42% et que c'est aussi le groupe taxonomique le moins représenté à Mers-El-Hadjaj (Arzew). Par contre, les Chlorobiontes observent leur maximum à Mers-El Hadjaj (Arzew) avec 26,05% alors que leur valeur minimale est atteinte au Parc de Taza avec seulement 10,71%.

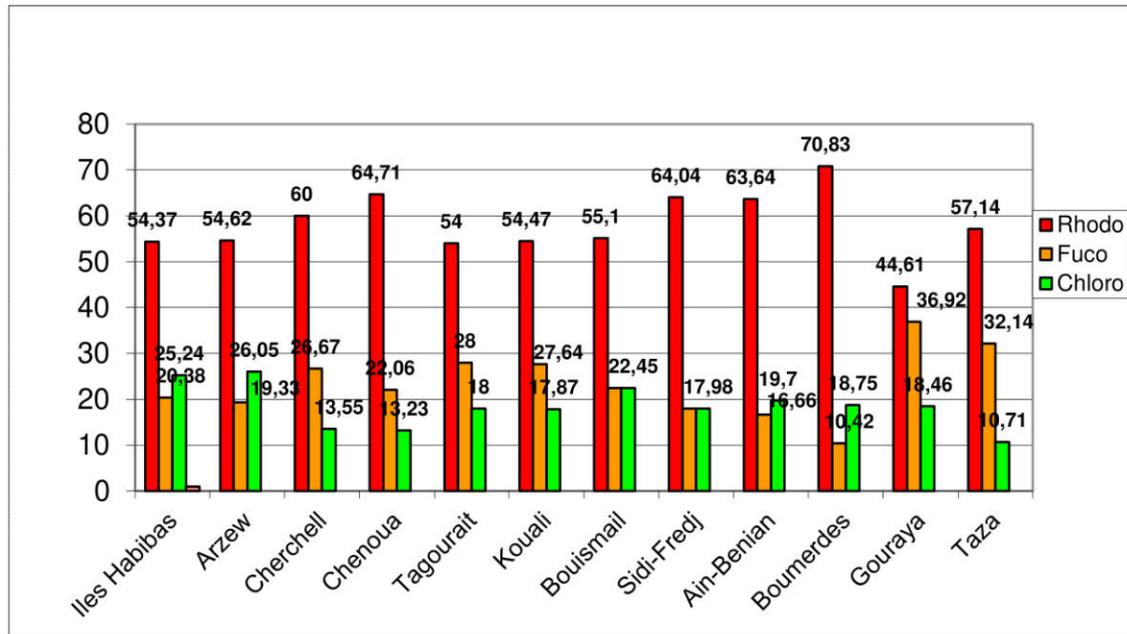


Figure 56: Dominance qualitative DQ(%) des groupes taxonomiques par site.

Ces résultats nous permettent d’emmètre les explications suivantes :

a) Le fait que la composition floristique algale soit dominée par les Rhodobiontes au niveau de tous les sites étudiés ne fait que confirmer les résultats obtenus et commentés dans la partie « Analyse floristique » générale.

b) les valeurs relativement élevées des Phaeophyceae au niveau des deux Parcs nationaux Gouraya et Taza s’explique par la présence de plusieurs espèces du genre *Cystoseira* dont certaines n’ont pas été retrouvées dans d’autres sites (voir liste en annexe). Ceci confirme par ailleurs la nature « propre » du milieu de ces deux Parcs vu que les *Cystoseires* d’une manière générale régressent dans un milieu pollué. D’autres espèces de Phaeophyceae n’ont pas été retrouvées dans d’autres sites (telle que le *Phyllariopsis brevipes* à Taza) viennent s’ajouter à cette liste.

c) les valeurs sensiblement égales des Phaeophyceae à Ain Tagourait, Kouali et Cherchell peut être le résultat de leur position géographique (des sites très proches) et aussi à la qualité de leur milieu relativement « propre ».

d) Enfin, le fait que les Chlorobiontes dominent qualitativement à Mers-El Hadjaj (Arzew) traduit l’adaptation de ce groupe d’algues à la pollution thermique. En effet, de nombreuses espèces de Chlorobiontes et qui sont présentes dans ce site (comme celles du genre *Enteromorpha* et *Uva rigida*) supportent la dessalure et d’autres modifications chimiques du milieu, ce qui explique également leur rareté au niveau des deux Parcs notamment à Taza.

« L'évolution progressive vers les zones les plus polluées se traduit par l'apparition des peuplements à *Enteromorpha* et *Ulva* » (BenMaiz, 1993).

3.3.6.3. Le rapport R/P

Les valeurs du rapport R/P obtenues au niveau de toutes les localités étudiées sont d'une manière générale comparables au rapport R/P total enregistré, à l'exception de certaines, comme Boumerdès où l'on note une valeur très élevée : 6,8 (fig.57). Ceci s'explique principalement par le nombre relativement élevé des Rhodobiontes par rapport aux Phaeophyceae dans ce site, sachant que les Phaeophyceae sont, d'une manière générale, sensibles à la pollution et à la dessalure de l'eau et que dans ce site des oueds avoisinants pourraient en être la cause. Inversement des valeurs relativement faibles du rapport R/P sont obtenues aux Parcs de Gouraya et Taza (1,29 et 1,78). Cette baisse du rapport R/P est le résultat du nombre élevé des Phaeophyceae dû principalement à l'échantillonnage qui a été réalisé à des profondeurs assez importantes au niveau de ces deux sites (jusqu'à -18m à Gouraya et -27m à Taza) où nombreuses Phaeophyceae sont présentes, ce rapport traduit le caractère d'une végétation relativement froide (sciaphile).

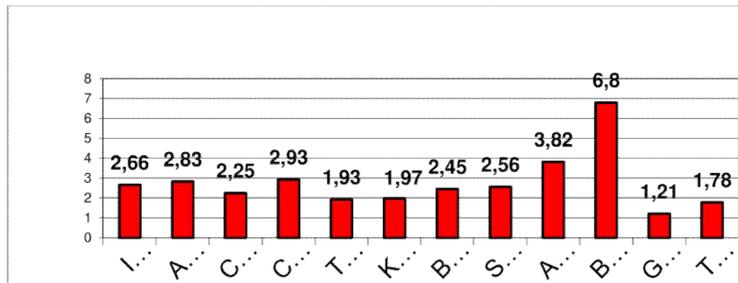


Figure 57: Valeurs du rapport R/P des différents sites.

3.3.6.4. Les groupes écologiques

a) Le coefficient Q

À l'exception de l'aire marine protégée des îles Habibas et des deux Parcs nationaux : Gouraya et Taza, le groupe écologique « Photophile » est le plus représentatif avec un coefficient Q maximal enregistré à Arzew : 40 espèces (fig.58), telles que *Ceramium rubrum*, *Corallina granifera*, *Crouania attenuata*, *Gelidiella lubrica*, *Gelidium pusillum*, *Jania rubens*, *Laurencia obtusa...*(Rhodobiontes); *Kuckuckia spinosa*, *Padina pavonica*, *Sargassum vulgare*, *Sphacelaria cirrosa*, *Sphacelaria tribuloides*, *Stypocaulon scoparium...* (Chromobiontes) et *Acetabularia acetabulum*, *Caulerpa prolifera*, *Codium bursa*, *Codium fragile...*(Chlorobiontes). Nombreuses sont des espèces photophiles thermophiles (PhIT) dans ce site dû au rejet d'eau chaude.

Aux îles Habibas et au niveau des deux Parcs ce sont les espèces sciaphiles qui prédominent avec respectivement 36 ; 24 et 30, comme *Antithamnionella elegans*, *Dasyopsis plana*, *Lithothamnion calcareum*, *Mesophyllum lichenoides...*(Rhodobiontes) ; *Cystoseira spinosa*, *Halopteris filicina*, *Nereia filiformis*, *Spathoglossum solieri...*(Chromobiontes) et *Pseudochlorodesmis furcellata*. *Valonia utricularis...*(Chlorobiontes). Ces deux groupes écologiques (Photophile et Sciaphile) ont des valeurs égales au niveau de Kouali (28 espèces).

Le groupe « lié à la pollution » atteint son maximum à Ain Benian avec un coefficient Q de 18 espèces, exemple : *Gigartina acicularis*, *Gigartina teedii*, *Colpomenia sinuosa*, *Cutleria multifida*, *Bryopsis plumosa*, *Cladophora sericea*, *Enteromorpha flexuosa*, *Enteromorpha intestinalis*, *Ulva lactuca*, *Ulva rigida...* Les espèces du « Médiolittoral » sont les plus rares dont le maximum est obtenu à Arzew (15 espèces) exemple : *Callithamnion granulatum*, *Ceramium ciliatum*, *Gelidium crinale*, *Laurencia papillosa*, *Nemalion helminthoides*, *Scytosiphon lomentosa*, *Chaetomorpha aerea*, *Chaetomorpha capillaris*, *Cladophora dalmatica*, *Enteromorpha compressa...*

Il est à noter que les espèces dites « caractéristiques de l'herbier à *Posidonia oceanica* » formant le groupe « HP » n'est obtenu qu'à Kouali avec 4 espèces : *Chondria mairei*, *Giraudia sphacelarioides*, *Myriactula gracilariae* et *Myrionema orbiculare*.

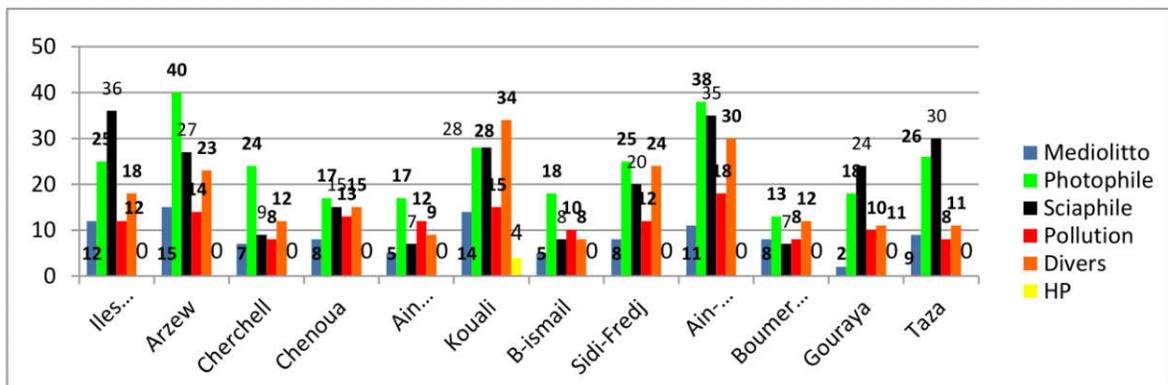


Figure 58: Le nombre d'espèces (coefficient Q) des groupes écologiques par site.

b) La dominance qualitative DQ(%)

Les dominances qualitatives (DQ) des différents groupes écologiques obtenues mettent en avant le groupe photophile par rapport aux autres groupes d'une manière générale (fig.59 et tab.7). La valeur maximale est enregistrée à Cherchell avec 40% alors que le maximum du nombre d'espèces photophiles (coefficient Q) a été obtenu à Arzew. Seules aux Iles Habibas et au niveau des Parcs de Gouraya et Taza que ce groupe ne soit pas dominant, il est en effet remplacé par le groupe sciaphile avec des valeurs très proches, soit respectivement 34, 95 ; 36, 92 et 35,71%.

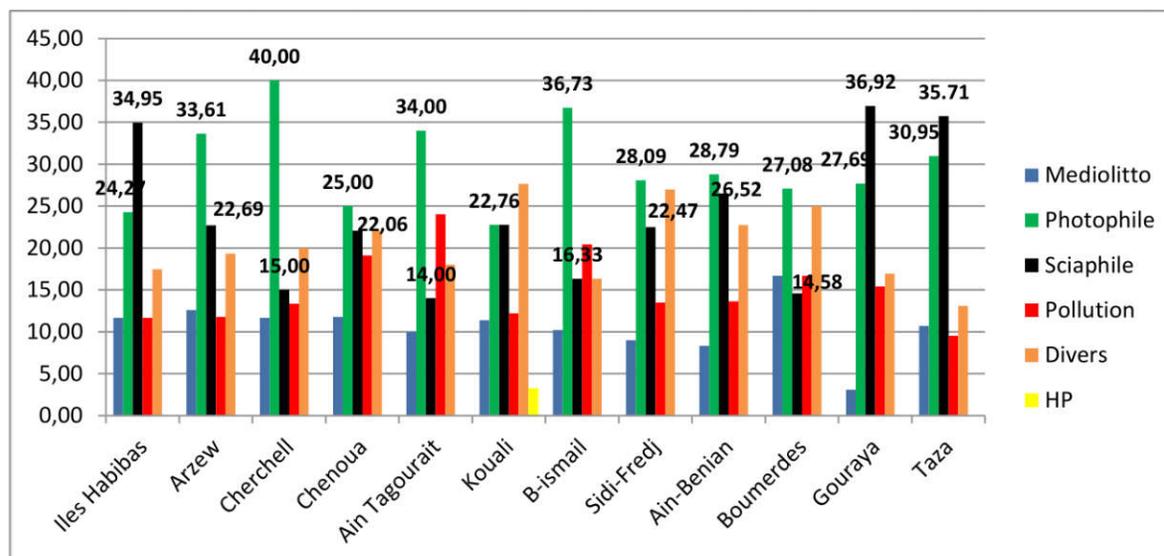


Figure 59: Dominance qualitative DQ(%) des groupes écologiques par site.

Tableau 7: Dominance qualitative DQ(%) des groupes écologiques par site.

Gpes écolo	Iles Habibas	Arzew	Cherchell	Chenoua	Ain Tagourait	Kouali	B-ismail	Sidi-Fredj	Ain-Benian	Boumerdes	Gouraya	Taza
Mediolitto	11.65	12.61	11.67	11.76	10.00	11.38	10.20	8.99	8.33	16.67	3.08	10.71
Photophile	24.27	33.61	40.00	25.00	34.00	22.76	36.73	28.09	28.79	27.08	27.69	30.95
Sciaphile	34.95	22.69	15.00	22.06	14.00	22.76	16.33	22.47	26.52	14.58	36.92	35.71
Pollution	11.65	11.76	13.33	19.12	24.00	12.20	20.41	13.48	13.64	16.67	15.38	9.52
Divers	17.48	19.33	20.00	22.06	18.00	27.64	16.33	26.97	22.73	25.00	16.92	13.10
HP	0	0	0	0	0	3.25	0	0	0	0	0	0
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Ces résultats peuvent être expliqués par la profondeur à laquelle s'est effectué l'échantillonnage. En effet la prédominance des espèces photopiles (en effectif et en dominance qualitative) d'une manière générale, est la conséquence de l'échantillonnage qui a été réalisé à des niveaux superficiels. Les résultats inverses obtenus aux îles Habibas et au niveau des deux Parcs : Gouraya et Taza sont dus à l'échantillonnage effectué surtout en profondeur d'où la dominance des espèces sciaphiles.

Comme pour les coefficients Q les dominances des espèces du groupe écologique « Médiolittoral » sont relativement faibles et ne dépassent pas les 16,67% (à Boumerdes). Ceci est dû au fait que le Médiolittoral est d'une manière générale l'étage le plus pauvre en espèces dont *Porphyra leucostica*, *Nemalion helminthoides* et *Enteromorpha compressa*, sachant qu'il est le plus exposé aux variations de température, de salinité et aux émissaires et rejets d'origines diverses. La dominance qualitative de 3,25 % du groupe « caractéristique de l'herbier à *Posidonia oceanica* » (HP) n'est représenté qu'une seule fois ; soit à Kouali. Cette

valeur traduit en effet les espèces que nous avons retrouvées en épiphytes sur cette plante dans ce site. Pour ce qui est des espèces « liées à la pollution » nous remarquons que la dominance la plus faible a été obtenue au Parc de Taza avec 9,52% ; soit une valeur inférieure à celle des espèces Méditerranéennes obtenue dans ce site. Cette dernière est en général, la plus faible enregistrée dans tous les autres sites.

3.3.6.5. Les éléments biogéographiques

a) Le Coefficient Q

D'une manière générale ce sont les espèces Atlantiques qui sont les plus représentatives des sites étudiés, avec un maximum de 34 espèces enregistrées à Arzew, Kouali et Ain-Benian et un minimum de 12 espèces à Cherchell, Ain Tagourait et Bou-Ismaïl (fig.60 et tab.8). Parmi ces espèces, notons la présence de *Acrosorium incinatum*, *Antithamnion cruciatum*, *Antithamnion tenuissimum*, *Bonnemesonia asparagoides*, *Bornetia secundiflora*, *Botryocladia botryoides*, *Callithamnion granulatum*, *Ceramium ciliatum*, *Chondria coerulea*, *Compsothamnion thuyoides*, *Corallina elongata*, *Erythrotrichia bertoldi*, *Gelidium pectinatum*, *Gelidium pulchellum*, *Lomentaria articulata*, *Peyssonnelia rubra*...(Rhodobiontes) ; *Cystoseira tamariscifolia*, *Kuckuckia spinosa*, *Sphacelaria plumula*, *Taonia atomaria*...(Chromobiontes) et *Balstophysa polymorpha*, *Blidinginia marginata*, *Cladophora dalmatica*, *Cladophora rupestris*, *Codium decorticatum*...(Chlorobiontes). Aux espèces Atlantiques font suite les espèces Cosmopolites dont le maximum a été recensé à Ain-Benian et un minimum de 16 espèces à Boumerdès et Gouraya comme *Amphiroa rigida*, *Asparagopsis armata*, *Ceramium diaphanum*, *Ceramium flaccidum*, *Ceramium tenerrimum*, *Champia parvula*, *Falkenbergia rufolanosa*, *Gelidium latifolium*...(Rhodobiontes) ; *Colpomenia sinuosa*, *Cutleria multifida*, *Dictyota dichotoma*, *Ectocarpus confervoides*, *Ectocarpus parvus*, *Petalonia fascia*...(Chromobiontes) et *Bryopsis hypnoides*, *Chaetomorpha linum*, *Ulva lactuca*, *Ulva rigida*...(Chlorobiontes). À l'exception du site de Bou-Ismaïl, les espèces endémiques (Méditerranéennes) occupent la troisième position avec un maximum de 17 espèces à Arzew dont *Alsidium helminthochorton*, *Antithamnionella elegans*, *Ceramium echinotum*, *Gelidiella lubrica*, *Gelidiella nigrescens*, *Gelidium melanoideum*, *Peyssonnelia squamaria*...(Rhodobiontes) ; *Cystoseira algeriensis*, *Cystoseira amentacea* var. *stricta*, *Cystoseira crinita*, *Cystoseira ercegovicii*, *Cystoseira sedoides*, *Cystoseira spinosa*, *Sargassum hornschurchii*...(Chromobiontes) et *Bryopsis muscosa*, *Bryopsis secunda*, *Microdictyon tenuius*...(Chlorobiontes). Les espèces Indo-Pacifiques sont en général les moins représentatives avec un maximum de 3 espèces retrouvées à Arzew et Ain Benian exemple *Asparagopsis taxiformis*, *Gelidiella ramellosa*, *Gelidiella tenuissima*, *Jania adherens*, *Lomentaria clavellosa* et *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*.

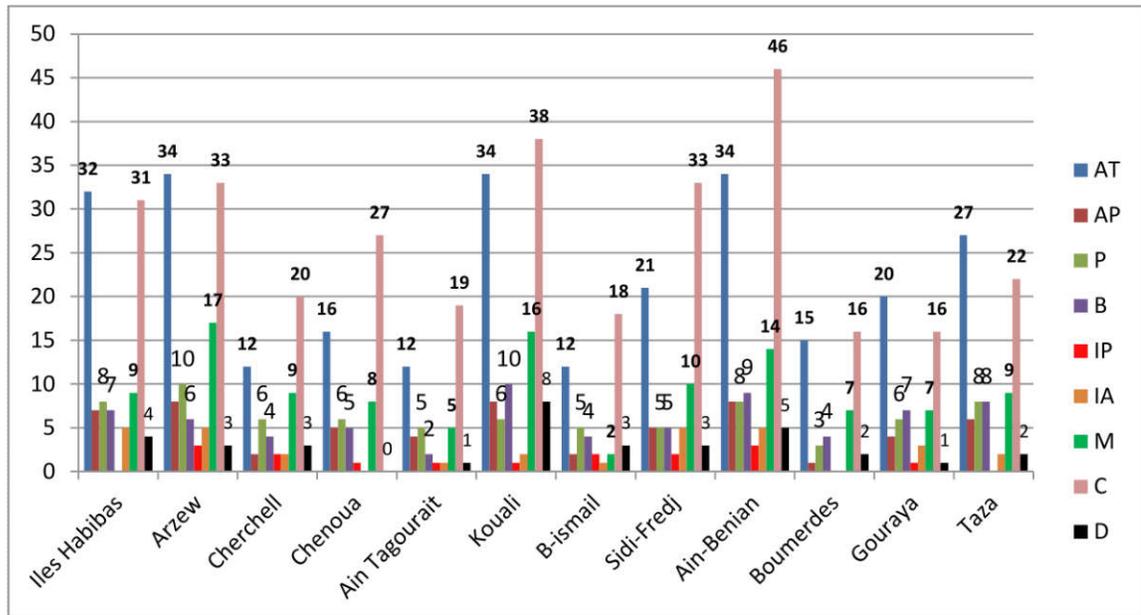


Figure 60 : Nombre d'espèces (Coefficient Q) des éléments biogéographiques par site.

Tableau 8: Nombre d'espèces (coefficient Q) des éléments biogéographiques par site.

Els biog	Iles Habib	Arzew	Cherchell	Chenoua	Ain Tagourait	Kouali	Bou-ismail	Sidi-Fredj	Ain-Benian	Boumerdès	Gouraya	Taza
AT	32	34	12	16	12	34	12	21	34	15	20	27
AP	7	8	2	5	4	8	2	5	8	1	4	6
P	8	10	6	6	5	6	5	5	8	3	6	8
B	7	6	4	5	2	10	4	5	9	4	7	8
IP	0	3	2	1	1	1	2	2	3	0	1	0
IA	5	5	2	0	1	2	1	5	5	0	3	2
M	9	17	9	8	5	16	2	10	14	7	7	9
C	31	33	20	27	19	38	18	33	46	16	16	22
D	4	3	3	0	1	8	3	3	5	2	1	2
Total	103	119	60	68	50	123	49	89	132	48	65	84

b) La dominance qualitative DQ(%)

Les espèces Atlantiques, et dans certaines localités, les Cosmopolites sont les plus dominantes (fig.61 et tab.9). Le groupe Atlantique enregistre une dominance maximale de 33, 33% (à Boumerdès). Cette valeur est comparable à celles obtenues à Taza (32,14%), Iles Habibas

(31,07%) et Gouraya (30,77%). Les Cosmopolites enregistrent un maximum de 39,79% à Chenoua et une minimum de 24,62% au Parc de Gouraya. Cette dominance qualitative est sensiblement supérieure à celle obtenue au Parc de Taza (26,19%). Les espèces endémiques viennent, d'une manière générale, en troisième position. Au Parc de Gouraya, celles-ci ont même dominance qualitative que celle des espèces Boréales avec 10,77%.

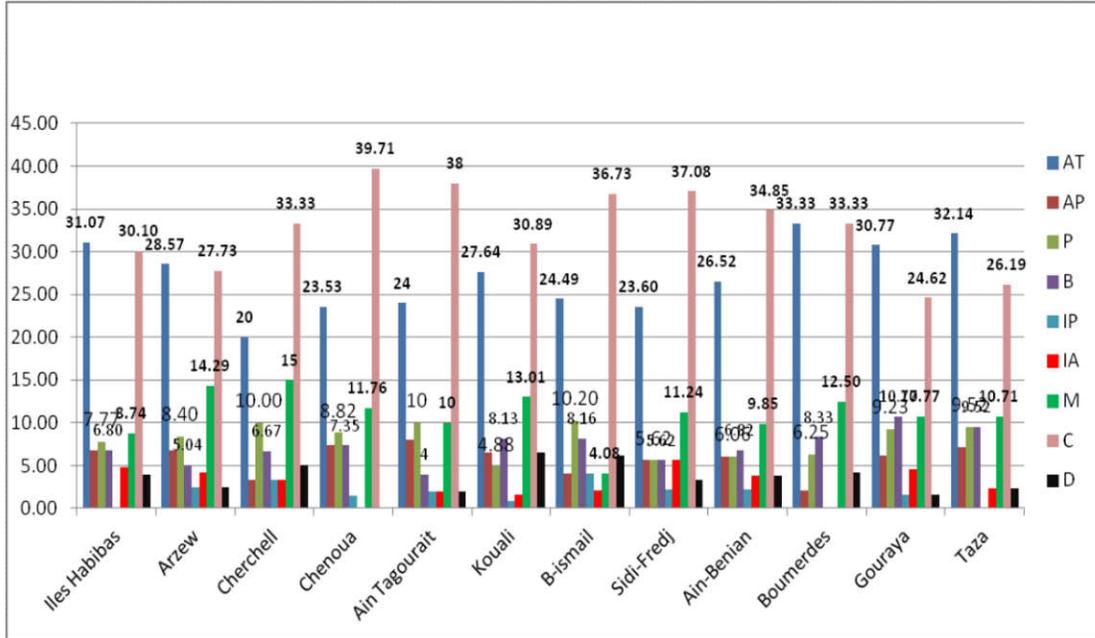


Figure 61: Dominance qualitative DQ(%) des éléments biogéographiques par site.

Tableau 9: Dominance qualitative DQ(%) des éléments biogéographiques par site.

Elts biog	Iles Habibas	Arzew	Cherchell	Chenoua	Ain - Tagourait	Kouali	Bou-ismail	Sidi-Fredj	Ain-Benian	Boumerdès	Gouraya	Taza
At	31.07	28.57	20	23.53	24	27.64	24.49	23.60	26.52	33.33	30.77	32.14
AP	6.80	6.72	3.33	7.35	8	6.50	4.08	5.62	6.06	2.08	6.15	7.14
P	7.77	8.40	10.00	8.82	10	4.88	10.20	5.62	6.06	6.25	9.23	9.52
B	6.80	5.04	6.67	7.35	4	8.13	8.16	5.62	6.82	8.33	10.77	9.52
IP	0.00	2.52	3.33	1.47	2	0.81	4.08	2.25	2.27	0.00	1.54	0.00
IA	4.85	4.20	3.33	0.00	2	1.63	2.04	5.62	3.79	0.00	4.62	2.38
M	8.74	14.29	15	11.76	10	13.01	4.08	11.24	9.85	12.50	10.77	10.71
C	30.10	27.73	33.33	39.71	38	30.89	36.73	37.08	34.85	33.33	24.62	26.19
D	3.88	2.52	5	0	2	6.50	6.12	3.37	3.79	4.17	1.54	2.38
T	100	100	100	100	100	100.	100	100	100	100	100	100

Ces résultats sont en relation avec les valeurs obtenues pour la biogéographie de la flore algale globale. Celle-ci est en corrélation avec la biogéographie de la flore algale de la Méditerranée d'une manière générale, où les espèces Atlantiques sont les plus dominantes,

contrairement aux Indo-Pacifiques. Par ailleurs, les espèces cosmopolites relativement rares au niveau des deux Parcs Gouraya et Taza (particulièrement des Ulvales) indiquent que le milieu est plutôt « propre ». La présence, relativement importante, des espèces Boréales au niveau des deux Parcs Gouraya et Taza est en relation avec les espèces de profondeur qui sont à affinité froide. Celles-ci ont même dominance qualitative que celles des espèces endémiques (Méditerranéennes) au niveau des deux Parcs. Les espèces de profondeur, dont celles du genre *Cystoseira* avec une majorité d'espèces qui sont endémiques et souvent rares, sont particulièrement présentes dans ces Parcs. Ces algues méritent un statut de conservation.

3.3.6.6. Similitude floristique

Une fois la liste complète de toutes les espèces algales obtenue, nous avons utilisé l'indice de similitude de Sorensen (1948) afin de déterminer les éventuelles affinités qui existent entre certains sites étudiés. Le principe de ce paramètre étant de comparer deux relevés (ou deux sites) pris deux à deux, sa valeur est comprise entre 0 et 1, la plus élevée est celle qui indique une grande similarité entre relevés (ou sites).

Les résultats obtenus sont comme suit :

- L'indice de similitude calculé pour les deux Parcs nationaux Taza et Gouraya affiche une valeur de 0,64. La valeur obtenue pour le Parc de Taza et l'aire marine protégée des Iles Habibas est de 0,65 et celle des sites : Parc Gouraya avec les Iles Habibas est de 0,57. Toutes ces valeurs sont supérieures à 0,5 ce qui traduit une certaine homogénéité entre les peuplements de ces trois sites, avec un nombre relativement important d'espèces communes. En effet, ces sites sont particulièrement « remarquables » par la végétation algale qu'ils abritent dont un certain nombre d'espèces sont très rares ou alors inexistantes dans d'autres sites étudiés. Ex. *Amphiroa cryptarthrodia*, *Peyssonnelia polymorpha*, *Cystoseira ercegovicii*, *Cystoseira spinosa*, *Sphacelaria plumula*, *Zonaria tourefortii* et *Pseudochlorodesmis furcellata*.
- Néanmoins, la valeur de l'indice de similitude obtenue entre Gouraya et les Iles Habibas est sensiblement inférieure par rapport aux autres valeurs enregistrées (0, 57). Ceci pourrait s'expliquer par la différence du nombre total d'espèces qui existe entre les des deux sites, soit une différence de 38 espèces.
- Un autre exemple de l'indice de similitude est à considérer, il s'agit des deux sites très proches géographiquement : Bou-Ismaïl et Ain Tagourait appartenant tous les deux à la région de Tipaza et à la baie de Bou-Ismaïl. Leurs nombre total d'espèces est sensiblement le même, soit respectivement 49 et 50. Pourtant la valeur de leur indice de similitude est de 0,48, ce qui correspond à moins de 50% d'affinité entre les communautés algales des deux sites. Ceci traduit une différence relativement significative entre la composition floristique des deux sites, c'est-à-dire peu d'espèces communes telles que *Asparagopsis armata*, *Corallina elongata*, *Corallina officinalis*, *Jania rubens*, *Cystoseira compressa* et *Ulva rigida*. Cependant

toutes ces espèces ne caractérisent pas ces deux sites mais elles se retrouvent également ailleurs. En revanche, les espèces du genre *Cystoseira* dont *Cystoseira amentacea* var. *stricta*, *Cystoseira barbata* et *Cystoseira tamariscifolia* (espèces sensibles à la pollution) ne se retrouvent qu'au niveau du site de Ain Tagourait et sont complètement absentes à Bou-Ismaïl. Par conséquent, cette valeur relativement faible de l'indice de similitude entre ces deux sites peut s'expliquer par leur milieu écologique. En effet, le site de Bou-Ismaïl est relativement pollué (Kadari-Meziane, 1994) alors que Ain Tagourait semble être plus « propre » par la présence des populations de *Cystoseires* très développées et l'existence d'un biotope particulier qui correspond au trottoir à vermetes qui est un indicateur biologique de milieu non pollué (PNUE/UICN, 1990).

- Nous avons également testé la similitude entre le site protégé des Iles Habibas avec le site de Kouali ; un site propre en voie de classement, caractérisé par le récif barrière à *Posidonia oceanica* (paysage marin sensible également à la pollution) et aussi par sa diversité en espèces à *Cystoseira*. L'indice de similitude obtenu est de 0,47, cette valeur traduit une affinité relativement peu significative entre le phytobenthos de ces deux sites. Ce résultat pourrait être lié au fait que l'herbier à *Posidonia oceanica* est complètement absent au niveau du site des Iles-Habibas et que, par ailleurs, nous avons trouvé à Kouali des espèces caractéristiques de l'herbier à Posidonie et qui sont absentes aux îles Habibas comme *Chondria mairei*, *Erythrotrichia carnea*, *Titanoderma pustulatum*, *Giraudya sphacelarioides*, *Myrionema repens*, *M. repens*, *Ulvella lens*... Un autre facteur qui pourrait altérer la similitude est la différence du nombre d'espèces entre ces deux sites, celle-ci est de 20 espèces, ce qui n'est pas négligeable. Parmi les espèces communes aux deux sites, nous pouvons citer des Rhodobiontes comme: *Acrosorium uncinatum*, *Antithamnion cruciatum*, *Ceramium ciliatum*, *Corallina elongata*, *Peyssonnelia squamaria* des Chromobiontes telles que *Cystoseira compressa*, *Cystoseira tamariscifolia*, *Ectocarpus parvus*, *Padina pavonica* ...et des Chlorobiontes comme *Acetabularia acetabulatum* et *Bryopsis plumosa*...
- L'indice de similitude obtenu entre deux sites géographiquement proches et où *C. racemosa* est présente, Sidi-Fredj et Bou-Ismaïl est de 0,42. Cette valeur traduit une affinité relativement faible entre les flores de ces deux sites, notons toutefois que l'écart du nombre d'espèces entre-eux est de 40. Par ailleurs, les espèces communes retrouvées sont en majorité cosmopolites et par conséquent peuvent se trouver dans différents biotopes. Elles ne sont pas caractéristiques de la prairie à *C. racemosa*. Ces espèces sont : *Asparagopsis armata*, *Ceramium diaphanum*, *Ceramium tenerrimum*, *Gelidium latifolium*, *Gelidium pusillum*, *Heterosiphonia crispella*, *Jania rubens*, *Plocamium cartilaginum*, *Stylonema alsidii*, *Colpomenia sinuosa*, *Dictyota dichotoma*, *Stypocaulon scoparium*, *Codium fragile*, *Enteromorpha intestinalis*, *Ulva lactuca* et *Ulva rigida*.

3.3.7. Analyse factorielle des correspondances

À l'issu de notre inventaire, 260 espèces ont été identifiées sur 12 sites.

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) est alors établie sur un tableau binaire formé de 12 colonnes (sites) et 260 lignes (espèces).

Pour l'analyse de nos résultats, nous nous sommes limités au plan factoriel (2x3) qui correspond à 25,01% de l'inertie totale, ce qui nous donne une bonne projection du nuage nous permettant l'interprétation de nos données.

L'axe factoriel 1 représente une contribution de 11,50% et l'axe 2 de 13,51% de l'inertie totale.

À partir de cette analyse, 5 groupes distincts peuvent se dégager (fig.62) :

1. Un groupe formé des sites qui correspondent aux Parcs de Taza et Gouraya, aux Iles Habibas et Kouali.
2. Un second groupe constitué des sites de Bou-Ismaïl, Ain-Benian et Sidi-Fredj.
3. Un groupe qui englobe les sites de Cherchell, Chenoua et Ain Tagourait.
4. Un groupe formé d'un seul site celui de Arzew (Mers-El Hadjaj).
5. Un dernier groupe avec un seul site : Boumerdès

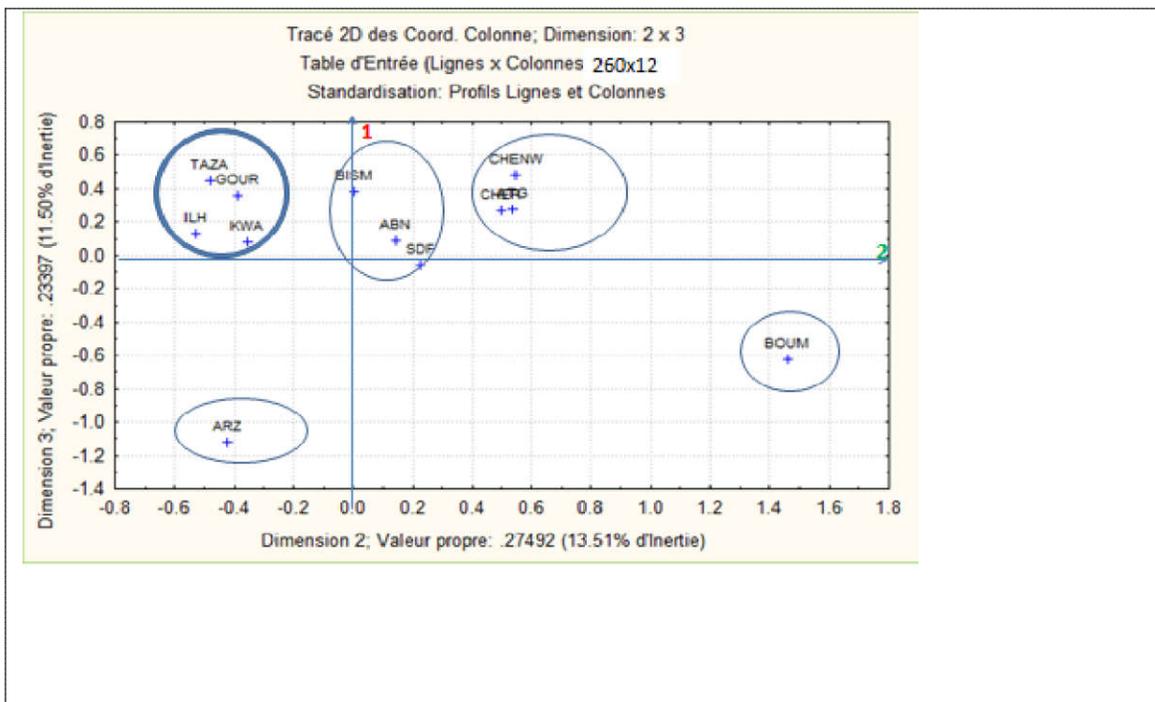


Figure 62: Résultats de l'analyse factorielle des 260 espèces identifiées sur les 12 sites d'étude.

- L'axe 1 (vertical) nous permet de séparer les sites dont les communautés algales sont bien structurées de celles qui le sont moins ou pas du tout. En effet, du côté positif de l'axe (en

haut), on retrouve les groupes 1, 2 et 3. Ces sites sont constitués d'une flore benthique homogène relativement équilibrée qui est en accord avec les conditions environnementales et que l'on peut retrouver dans d'autres sites de la Méditerranée.

En revanche, le côté négatif du même axe (1) (en bas), se positionne les deux groupes 4 et 5 qui correspondent respectivement aux sites d'Arzew (Mers-El-Hadjaj) et Boumerdès. Le premier constat que l'on pourrait faire par rapport à ces deux sites, c'est qu'ils sont séparés de tous les autres. Ceci traduit, pour l'un comme l'autre, une différence par rapport aux autres sites due à une hétérogénéité dans leur composition floristique. Ils sont constitués d'une flore relativement non structurée et non équilibrée. En effet dans le site d'Arzew, nous avons englobé toute la flore qui s'y trouve, aussi bien celle de surface que celle de profondeur, sur un substrat rocheux (pour les relevés superficiels) et meuble (pour les relevés profonds). Par ailleurs, c'est le seul site impacté par une pollution thermique où nous avons tenu compte aussi bien de la flore avoisinant l'effluent thermique que celle qui l'était moins (stations plus éloignées).

Pour le groupe 5 (Boumerdès), rappelons que c'est le site qui s'est opposé aux autres dans les résultats relatifs à ses paramètres analytiques et synthétiques. En effet, il enregistre un nombre total d'espèces le moins significatif (48), un rapport R/P très élevé: 6,8 (au-dessus de la normale). Sa composition floristique n'est pas homogène dont seulement 5 espèces de Chromobintes. Il ne répond pas à un biotope écologiquement bien défini.

- L'axe 2 horizontal, vu dans sa globalité, peut représenter le degré de pollution. En effet dans la partie négative de l'axe (à gauche en haut), se distingue le groupe 1 qui englobe les Parcs nationaux (Taza et Gouraya), le site de Kouali (3 sites en voie de classement) et l'aire marine protégée des îles-Habibas. Ce groupe est constitué de communautés algales représentatives des eaux propres. Ce sont des sites qui ont une composition floristique importante où les espèces « remarquables » ou rares et endémiques ont surtout été retrouvées (voir 4.3). Ils présentent par ailleurs une affinité écologique significative, rappelons que c'est au niveau de ces sites que les indices de similitude les plus élevés ont été obtenus (0,64 : Taza-Gouraya), bien que certains ne sont pas proches géographiquement (0,65 : Taza-Iles Habibas ; 0,57 : Gouraya-Iles- Habibas), ce qui a permis leur corrélation.

Le passage du groupe 1 vers le groupe 2 confirme la position du groupe 1 sachant que les sites de Bou-Ismaïl, Ain Benian et Sidi-Fredj (groupe2) sont relativement plus pollués, ce qui se confirme par leur rareté en espèces sensibles à la pollution dont celles du genre *Cystoseira* et inversement par la présence d'espèces indicatrices de pollution du genre *Enteromorpha*, *Chaeteromorpha* et *Ulva*. Par ailleurs, la composante principale de ce groupe est leur proximité géographique et aussi la présence de *Caulerpa racemosa* qui y est bien installée.

Juste après ce groupe, apparaît le groupe 3 formé des 3 sites Cherchell, Ain Tagourait et Chenoua. Selon le degré de pollution fixé par l'axe 2, il est évident que ce groupe soit moins bien représenté par une communauté algale d'eau propre comme celle du groupe 1 d'où sa position dans le sens positif de l'axe 2. Cependant ce groupe (3) se retrouve à proximité du groupe 2, mais n'étant pas plus pollué que ce dernier, par conséquent on peut considérer que la

flore algale des 3 sites (du groupe 3) corrént mieux avec leur proximité géographique que le facteur pollution.

Enfin les 2 points restants qui se trouvent dans la partie négative de l'axe 1 vertical, et en considérant l'axe 2 comme indicateur du degré de pollution, le site de Boumerdès serait plus pollué que celui d'Arzew, ce qui n'est pas tout à fait vérifié. Cependant cette zone est soumise au déversement de trois principaux oueds (oued Corso, oued Tatareg et oued Boumerdès), sachant que la dessalure et les apports véhiculées vers la mer peuvent altérer les communautés algales de cette zone, dont l'étude mériterait néanmoins d'être poursuivie.

Dans ce cas de figure, le site d'Arzew, situé dans le sens négatif de l'axe 2 (horizontal), a un degré de pollution plus bas, ceci pourrait s'expliquer par l'union de toutes les espèces des différents relevés le long de toute la côte de la centrale électrique, aussi bien en surface qu'en profondeur. Rappelons que ce sont les points les plus proches du rejet qui sont les plus altérés par la pollution thermique et qu'au même temps, ce sont ceux-là qui ont le nombre d'espèces le plus bas. Par contre, ceux qui sont le plus loin, contiennent plus d'espèces dont celles non indicatrices de pollution, comme les *Cystoseires*. En définitive, les espèces non indicatrices de pollution dominant en nombre par rapport aux espèces de pollution, ce qui a permis de positionner Arzew dans le sens négatif de l'axe 2 « indicateur du gradient de pollution ».

3.3.8. Analyse moléculaire et phylogénétique

Sur les 16 échantillons du genre *Cystoseira* séquencés, 10 ont donné des résultats (tab.10).

Tableau 10: Les échantillons et leur longueur (bp) de la région LSU rDNA obtenus après séquençage.

N° de l'échantillon	2	4	6	8	9	11	12	13	14	15
Longueur(bp)	651	649	649	650	654	651	651	654	651	652

Ces séquences sont comme suit :

Échantillon N° 2

TACTACGAGATGTGATCTGGAGAGGCGTTGCCAGCCGGCGGGGTCGAAGTC
TCTTGGAAAAGAGCATCAAGGAGGGTGACAATCCCGTCCGGTCCCCGCTCGTCG
AGCGTACGGCGCGCTTTCTACGAGTCGAGTTGCTTGGGATTGCAGCTCAAAGCGG
GTGGTAAATTCCATCTAAAGCTAAATACTGGTGGGAGACCGATAGCGAACAAGT
ACCGTGAGGGAAAGATGCAAAGAACTTTGAAAAGAGAGTTAAAGAGTGCCTGAA
ATTGCTGAAAGGGAAGCGAAGGAAGCCAGTGTCTGGCGGTTGTGCTTCTCCGACG
GTCTTCGGACCGTCCGGCCGCGCCTCCGCCGTGGCCAGGGTCGGGTCGGGCCGCG
GGATACCGCGTCCCCGGGAGGTACGTCTTTCGGAGAGGGAATGCCGGGGCGCT
CTCCCTGTCGCGGTCTTGGGCCGGTCCCCGACGAAATGGATTTCTTACCCCCGTCT
TGAAACACGGACCAAGGAGTCTAACATGCCCGCAGTACAGGGGTGGCAAACCC

CCGTGCGCAGTGAAAGTGAATGCAGGTGGGACGCCTTCCTTTTAAAGGGAGGCTG
CACCATCGACCGACCGTGGCCCTCCGGGGTCGAGGTTTGAGTGGTGAGCA

Échantillon N° 4

GCTACTGATGTGTCTGGAGAGGCGTTGCCAGCCGGCGGGGTCGAAGTCTCTT
GGAAAAGAGCATCAAGGAGGGTGACAATCCCGTTCCGGTCCCCGCTCGTCGAGC
GTACGGCGCGCTTTCTACGAGTCGAGTTGCTTGGGATTGCAGCTCAAAGCGGGTG
GTAAATTCCATCTAAAGCTAAATACTGGTGGGAGACCGATAGCGAACAAGTACC
GTGAGGGAAAGATGCAAAGAACTTTGAAAAGAGAGTTAAAGAGTGCCTGAAATT
GCTGAAAGGGAAGCGAAGGAAGCCAGTGTCTGGCGGTTGTGCTTCTCCGACGGT
CTTCGGACCGTCGGGCCGCGCCTCCGCCGTGGCCAGGGTCGGGTCCGGGCCGCGGG
ATACCGCGTCCCCGGGAGGTACGTCTCTTCGGAGAGGGAATGCCGGGGCGCTCTC
CCTGTCGCGGTCTTGGGCCGGTCCCCGACGAAATGGATTTCTTCACCCCGTCTTGA
AACACGGACCAAGGAGTCTAACATGCCCGCGAGTACAGGGGTGGCAAACCCCCG
TGCGCAGTGAAAGTGAATGCAGGTGGGACGCCTTCCTTTTAAAGGGAGGCTGCAC
CATCGACCGACCGTGGCCCTCCGGGGTCGAGGTTTGAGTGGTGAGCA

Échantillon N° 6

AACTACGGATGTGATCTGGAGAGGCGTTGCCAGCCGGCGGGGTCGAAGTCT
CTTGGAAAAGAGCATCAAGGAGGGTGACAATCCCGTTCCGGTCCCCGCTCGTCGA
GCGTACGGCGCGCTTTCTACGAGTCGAGTTGCTTGGGATTGCAGCTCAAAGCGGG
TGGTAAATTCCATCTAAAGCTAAATACTGGTGGGAGACCGATAGCGAACAAGTA
CCGTGAGGGAAAGATGCAAAGAACTTTGAAAAGAGAGTTAAAGAGTGCCTGAAA
TTGCTGAAAGGGAAGCGAAGGAAGCCAGTGTCTGGCGGTTGTGCTTCTCCGACGG
TCTTCGGACCGTCGGGCCGCGCCTCCGCCGTGGCCAGGGTCGGGTCCGGGCCGCGG
GATACCGCGTCCCCGGGAGGTACGTCTCTTCGGAGAGGGAATGCCGGGGCGCTCT
CCCTGTGCGGGTCTTGGGCCGGTCCCCGACGAAATGGATTTCTTCACCCCGTCTTG
AAACACGGACCAAGGAGTCTAACATGCCCGCGAGTACAGGGGTGGCAAACCCCC
GTGCGCAGTGAAAGTGAATGCAGGTGGGACGCCTTCCTTTTAAAGGGAGGCTGC
ACCATCGACCGACCGTGGCCCTCCGGGGTCGAGGTTTAGTGGTGAACA

Échantillon N° 8

TGTCGGTTAGTTCAACAATGGAGTGACGTAAGAGTGTGACCATGGACTTGATAGC
AATGGTTTCCGATGAGAAGATGGGGTCAGTCAGGAATACGGCGTCCCGCACTTGG
GGTTGATAGGGCTTTCTACAATGAGAGCCTTGTGGAGGTTTGAGGGTGACAAGGT
GGTAAATTCCATCTAAAGCTAAATACTGGTGGGAGACCGATAGCGAACAAGTAC
CGTGAGGGAAAGATGCAAAGAACTTTGAAAAGAGAGTTAAAGAGTGCCTGAAAT
TGCTGAAAGGGAAGCGAAGGAAGCCAGTGTCTGGCGGTTGTGCTTCTCCGACGGT
CTTCGGACCGTCGGGCCGCGCCTCCGCCGTGGCCAGGGTCGGGTCCGGGCCGCGGG
ATACCGCGTCCCCGGGAGGTACGTCTCTTCGGAGAGGGAATGCCGGGGCGCTCTC

CCTGTCGCGGTCTTGGGCCGGTCCCCGACGAAATGGATTTCTTCACCCCGTCTTGA
AACACGGACCAAGGAGTCTAACATGCCCGCGAGTACAGGGGTGGCAAACCCCGG
TGCGCAGTGAAAGTGAATGCAGGTGGGACGCCTTCCTTTTAAAGGGAGGCTGCAC
CATCGACCGACCGTGGCCCTCCGGGGTCGAGGTTTGAGTGTGAGCAA

Échantillon N° 9

TAAGTACGAGATGTGGAATGGAGTCGACGTTGGAGTGTGACCATGGGGTTCGAAA
TCTCTTGGAAAAGAGCATCAAGGAGGGTGACAATCCCGTTCGGTCCCCGCTCGT
CGAGCGTACGGCGCGCTTTCTACGAGTCGAGTTGCTTGGGATTGCAGCTCAAAGC
GGGTGGTAAATTCCATCTAAAGCTAAATACTGGTGGGAGACCGATAGCGAACAA
GTACCGTGAGGGAAAGATGCAAAGAACTTTGAAAAGAGAGTTAAAGAGTGCCTG
AAATTGCTGAAAGGGAAGCGAAGGAAGCCAGTGTCTGGCGGTTGTGCTTCTCCG
ACGGTCTTCGGACCGTCGGGGCCGCGCCTCCGCCGTGGCCAGGGTCGGGTTCGGCC
GCGGGATACCGCGTCCCCGGGAGGTACGTCTCTTCGGAGAGGGAATGCCGGGGC
GCTCTCCCTGTCGCGGTCTTGGGCCGGTCCCCGACGAAATGGATTTCTTCACCCCG
TCTTGAACACGGACCAAGGAGTCTAACATGCCCGCGAGTACAGGGGTGGCAA
CCCCCGTGCAGTGAAAGTGAATGCAGGTGGGACGCCTTCCTTTTAAAGGGAGG
CTGCACCATCGACCGACCGTGGCCCTCCGGGGTCGAGGTTTAGTTGGTGAGCAA

Échantillon N° 11

TGTCATTATTCAAACCATGGAGTGTACGTATGAGTGTGACCATGGACTTGATAGC
AATGTTTCCGGTGAGAGTGATGGGGTCCCCCGGAATACCGCGCCCCCGCACTT
GAGCTTGATAGGGATTTCTAGAATGAGAGCCTTGCCAAGGTTTGAGTGTAACAAA
GTGGTAAATTCCATCTAAAGCTAAATACTGGTGGGAGACCGATAGCGAACAAAGT
ACCGTGAGGGAAAGATGCAAAGAACTTTGAAAAGAGAGTTAAAGAGTGCCTGAA
ATTGCTGAAAGGGAAGCGAAGGAAGCCAGTGTCTGGCGGTTGTGCTTCTCCGACG
GTCTTCGGACCGTCGGGGCCGCGCCTCCGCCGTGGCCAGGGTCGGGTTCGGCCGCG
GGATACCGCGTCCCCGGGAGGTACGTCTCTTCGGAGAGGGAATGCCGGGGCGCT
CTCCCTGTCGCGGTCTTGGGCCGGTCCCCGACAAAATGGATTTCTTCACCCCGTCT
TGAAACACGGACCAAGGAGTCTAACATGCCCGCGAGTACAGGGGTGGCAAACCC
CCGTGCGCAGTGAAAGTGAATGCAGGTGGGACGCCTTCCTTTTAAAGGGAGGCTG
CACCATCGACCGACCGTGGCCCTCCGGGGTCGAGGTTTGAGTGTGAGCA

Échantillon N° 12

TCTCCATCTTTCCGTCCAGGAGTCGAGGTAAGAGTGTGACCATGGACTTGATAGC
AATGTTTCCCGTGAGAGTGATGAGGTCACCCAGGAATACCGCGTCACCGTACTT
GAGCTTGATAGGCATCAAGAGAGTGAGCGCCTTGTTCGAGGTTTGAGTGTGAGAA
AGTGGTAAATTCCATCTAAAGCTAAATACGGGTGGGAGACCGAAGCGAACAAAGT
ACCGTGAGGGAAAGATGCAAAGAACTTTGAAAAGAGAGTTAAAGAGTGCCTGAA
ATTGCTGAAAGGGAAGCGAAGGAAGCCAGTGTCTGGCGGTTGTGCTTCTCCGACG

GTCTTCGGACCGTCGGGCGCGCCTCCGCCGTGGCCAGGGTCGGGTTCGGGCCGCG
GGATAACCGGTCCCCGGGAGGTACGTCTCTTCGGAGAGGGAATGCCGGGGCGCT
CTCCCTGTCGCGGTCTTGGGCGGTCCCCGACAAAATGGATTTCTTACCCCGTCT
TGAAACACGGACCAAGGAGTCTAACATGCCCCGCGAGTACAGGGGTGGCAAACCC
CCGTGCGCAGTGAAAAGTGAATGCAGGTGGGACGCCTTCCTTTTAAAGGGAGGCTG
CACCATCCACCGACCGTGGCCCTCCGGGGTCGAGGTTTGAGTGTGAACAA

Échantillon N° 13

TGTATTTAGTCCACTCATGGAGTGTAATATGAGTGTGACCATGGACTTGATAGC
AATGGTTTCCGGTGAGAGTGATGGGGTCCCCCCCCGAATCCCGCCCCCTCACT
TGGGCTTGATAGGGATTTCTAGAATGAGAGCCTTGTGGAGGTTTGAGTGTAAACA
GGTGGTAAATCCATCTAAAGCTAAATACTGGTGGGAGACCGATAGCGAACAAG
TACCGTGAGGGAAAGATGCAAAGAACTTTGAAAAGAGAGTTAAAGAGTGCCTGA
AATTGCTGAAAGGGAAGCGAAGGAAGCCAGTGTCTGGCGGTTGTGCTTCTCCGAC
GGTCTTCGGACCGTCGGGCGCGCCTCCGCCGTGGCCAGGGTCGGGTTCGGGCCGCG
GGGATAACCGGTCCCCGGGAGGTACGTCTCTTCGGAGAGGGAATGCCGGGGCGC
TCTCCCTGTCGCGGTCTTGGGCGGTCCCCGACGAAATGGATTTCTTACCCCGTCT
TTGAAACACGGACCAAGGAGTCTAACATGCCCCGCGAGTACAGGGGTGGCAAACC
CCCGTGCAGTGAAAAGTGAATGCAGGTGGGACGCCTTCCTTTTAAAGGGAGGCT
GCACCATCGACCGACCGTGGCCCTCCGGGGTCGAGGTTTGAGGTTTGAGGTTGAGCAA

Échantillon N° 14

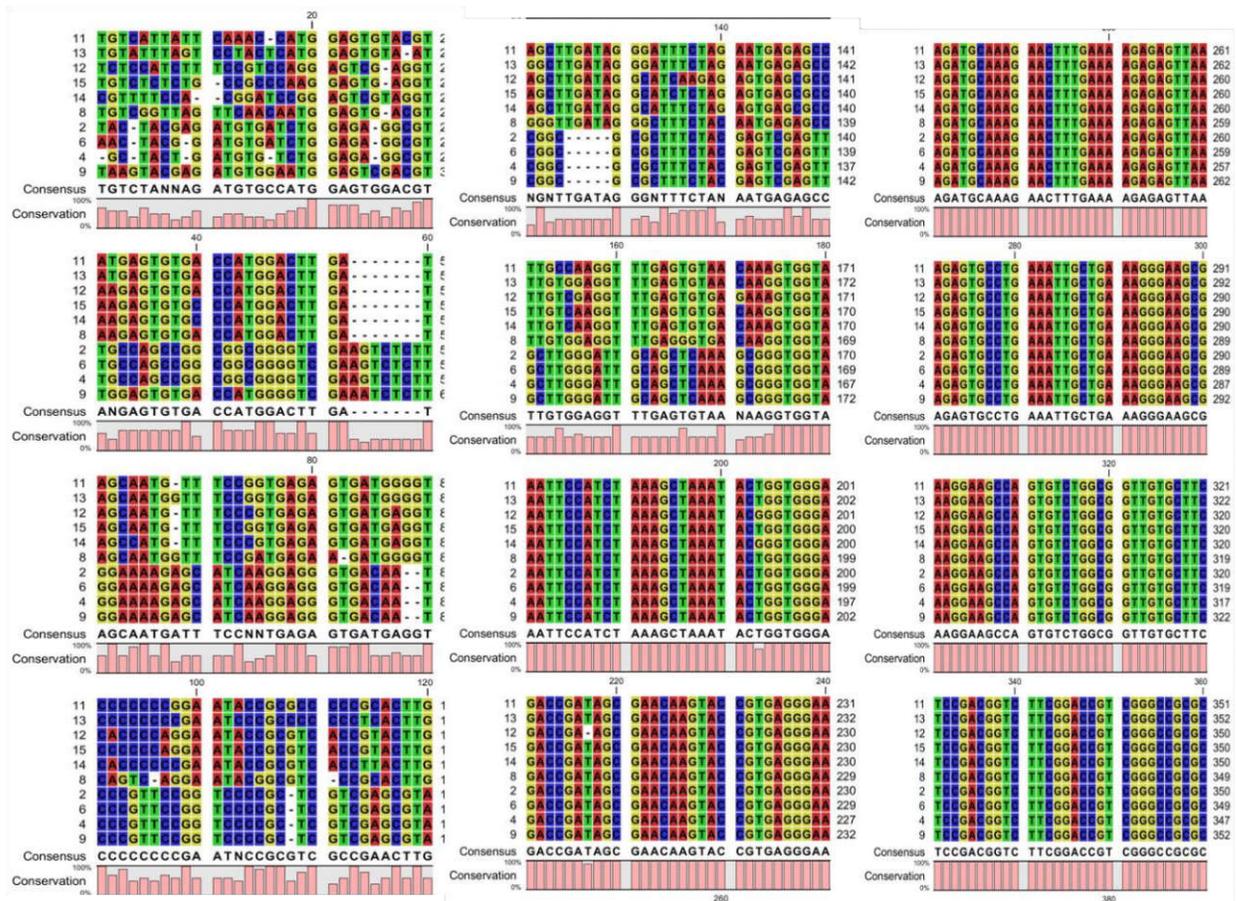
CGTTTTCCACGGATCCGGAGTCGTAGGTAAGAGTGTGCCCATGGACTTGATAGCC
ATGTTTCCCGTGAGAGTGATGAGGTCACCCCCGAATACCGCGTCACCTTACTTG
AGCTTGATAGGCATTTCTAGAGTGAGCGCCTTGTCAAGGTTTGAGTGTGACAAAG
TGGTAAATCCATCTAAAGCTAAATACGGGTGGGAGACCGATAGCGAACAAGTA
CCGTGAGGGAAAGATGCAAAGAACTTTGAAAAGAGAGTTAAAGAGTGCCTGAAA
TTGCTGAAAGGGAAGCGAAGGAAGCCAGTGTCTGGCGGTTGTGCTTCTCCGACGG
TCTTCGGACCGTCGGGCGCGCCTCCGCCGTGGCCAGGGTCGGGTTCGGGCCGCGG
GATAACCGGTCCCCGGGAGGTACGTCTCTTCGGAGAGGGAATGCCGGGGCGCTCT
CCCTGTCGCGGTCTTGGGCGGTCCCCGACAAAATGGATTTCTTCCCCCGTCTTG
AAACACGGACCAAGGAGTCTAACATGCCCCGCGAGTACAGGGGTGGCAAACCCCC
GTGCGCAGTGAAAATGGATGCAGGTGGGACGCCTTTCTTTTAAAGGGAGGCTGCC
CCATCGACCGACCGTGGCCCTCCGGGGTCGAGGTTTGAGTGTGAACAA

Échantillon N° 15

TGTCTCTTGCCGCCAAGGAGTGAGGTAAGAGTGTGCCCATGGACTTGATAGCA
ATGTTTCCGGTGAGAGTGATGAGGTCCCCCAGGAATACCGCGTCACCGTACTTG
AGCTTGATAGGCATCTCTAGAGTGAGCGCCTTGTCAAGGTTTGAGTGTGACAAGG
TGGTAAATCCATCTAAAGCTAAATACTGGTGGGAGACCGATAGCGAACAAGTA

CCGTGAGGGAAAGATGCAAAGA AACTTTGAAAAGAGAGTTAAAGAGTGCCTGAAA
 TTGCTGAAAGGGAAGCGAAGGAAGCCAGTGTCTGGCGGTTGTGCTTCTCCGACGG
 TCTTCGGACCGTTCGGGCCGCGCCTCCGCCGTGGCCAGGGTTCGGGTTCGGGCCGCGG
 GATACCGCGTCCCCGGGAGGTACGTCTCTTCGGAGAGGGAATGCCGGGGCGCTCT
 CCCTGTGCGGGTCTTGGGCCGGTCCCCGACAAAATGGATTTCTTCCCCCGTCTTG
 AACACGGACCAAGGAGTCTAACATGCCCGCGAGTACAGGGGTGGCAAACCCCC
 GTGCGCAGTGAAAGTGAATGCAGGTGGGACGCCTTCTTTTAAAGGGAGGCTGC
 ACCATCGACCGACCGTGGCCCTCCGGGGTTCGAGGTTTGTAGTGTGAACAAA

Une fois les séquences obtenues, nous avons procédé à leur alignement avec le programme « CLC sequence viewer program ». Les résultats de l'alignement sont dressés dans la figure 63 (ci-dessous) :



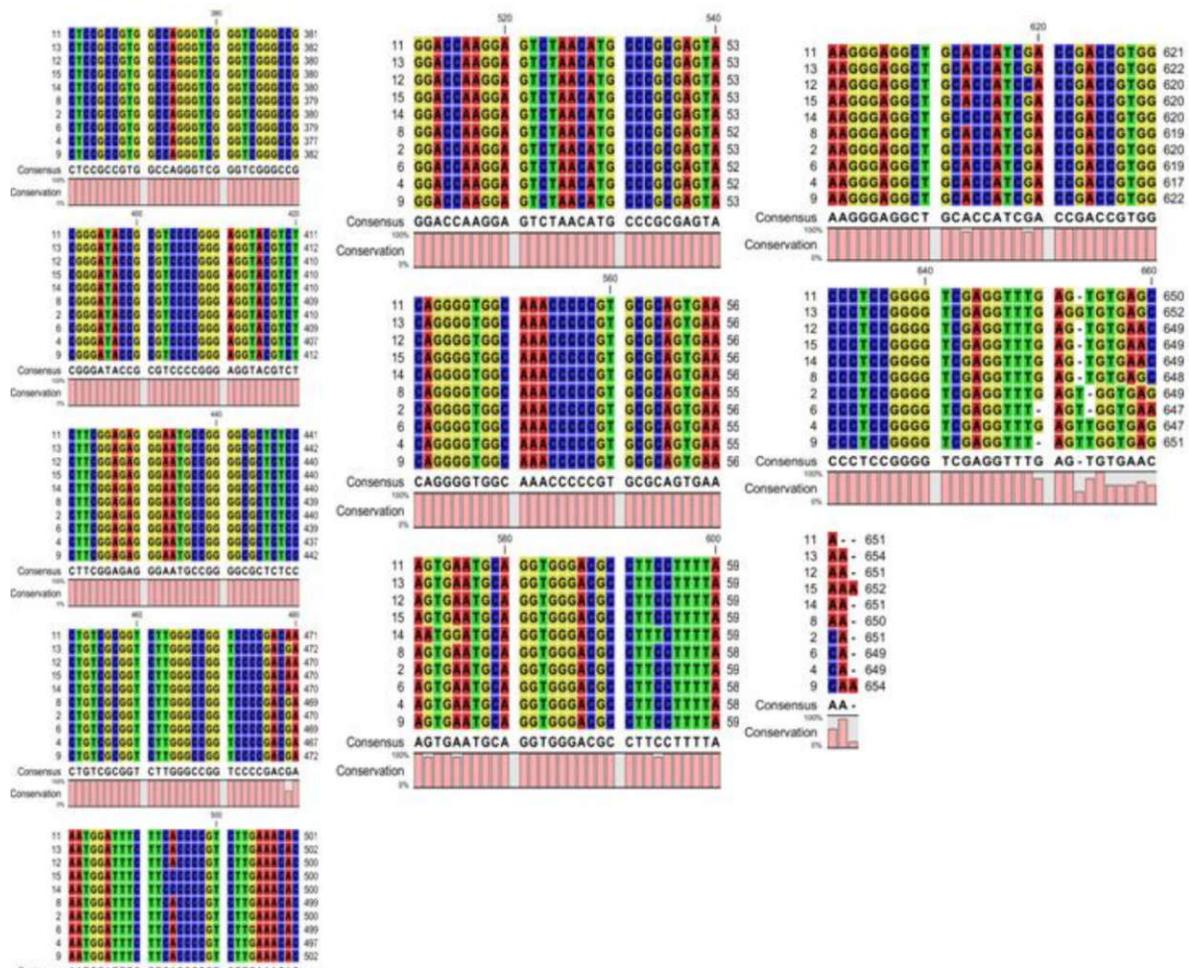


Figure 63: résultats de l'alignement (par CLC Sequence program)

Cet alignement met en évidence 4 zones distinctes:

1. De 0 à la 40^{ème} paire de bases (pb) : une zone dont l'alignement des séquences n'est pas homogène, ce qui serait dû à la liaison du primer sur cette première portion d'ADN et qui aurait causé son altération.
2. À partir de 40 jusqu'aux 220 pb : une zone contenant des séquences avec des variations qui peuvent nous donner des informations sur les échantillons séquencés.
3. De 220 aux 460 pb : une zone très conservée (la moins variable), toutes les séquences sont semblables. Elle ne peut nous donner aucune information de variabilité entre les échantillons analysés.
- 4- De 460 à la fin des séquences : une zone avec de petites variations ponctuelles qui pourraient correspondre à des variations spécifiques des échantillons étudiés.

Cet alignement nous a permis de construire l'arbre phylogénétique avec le même programme, en utilisant le « Neighbour Joining Method » avec une valeur de 100 bootstrap (fig.64).

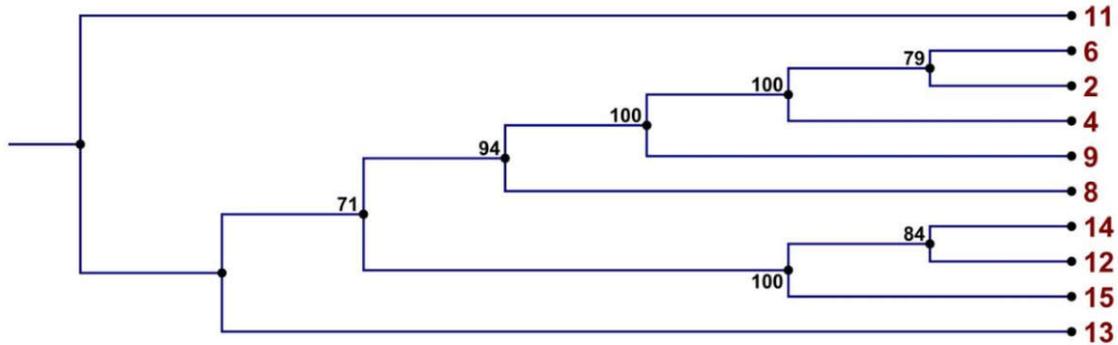


Figure 64: Arbre phylogénétique (region LSU rDNA sequences ; « Neighbour Joining Method » avec une valeur de 100 bootstrap : numéro des nodes indiquant le % de bootstrap support utilisant NJ ; 100 replications) pour les échantillons du genre *Cystoseira* d'Algérie.

Avant l'interprétation de l'arbre obtenu, nous avons identifié les échantillons étudiés avec la méthode taxonomique classique, qui est essentiellement morphologique. Cette identification spécifique a été confirmée par l'équipe des phycologues du laboratoire de Botanique de Barcelone ; Espagne (par Gomez- Garreta et Ribera- Siguan).

De cette identification, il ressort 5 espèces différentes appartenant au genre *Cystoseira* des 10 échantillons obtenus ; il s'agit de :

- a) N° 11 correspond à *C. crinita*
- b) N° 6 ; 2 ; 8 et 13 à *C. compressa*
- c) N° 4 et 9 à *C. tamariscifolia*
- d) N° 14 et 12 à *C. amentacea* var. *stricta*
- e) N° 15 à *C. barbata*

L'arbre phylogénétique obtenu nous permet de savoir quelles sont les espèces les plus proches ; ce qui nous aidera à comparer les différentes espèces qui partagent certains gènes.

- La N° 11 qui est *C. crinita* se trouve séparée des autres. Cette espèce a en effet une morphologie très différente des autres espèces appartenant au même genre.

- La N^o 12 et 14 qui ne correspondent finalement qu'à une seule espèce et qui est *C. amentacea* var. *stricta*. Ceci se confirme avec sa position dans l'arbre ; 12 et 14 sont dans le même clade et bien soutenu (84%).
- La N^o 4 et 9 qui correspondent à *C. tamariscifolia*, n'appartiennent pas au même clade, mais la 9 se trouvent dans le clade juxtaposé où se trouve la 4 et en étant soutenues à 100%. Il est à rappeler que ces 2 échantillons ont été récoltés au niveau de 2 sites différents (Chenoua et Ain Benian), ce qui pourrait expliquer le fait qu'elles ne se retrouvent pas exactement dans le même clade.
- La N^o 15 qui est *C. barbata*, se trouve toute seule, mais reste bien soutenue (100%) avec la variété *C. amentacea* var. *stricta* (12 et 14) ; encore que du point de vue morphologique, elles ne se ressemblent pas.
- La N^o 6 et la N^o 2 correspondent à la même espèce : *C. compressa* ; ce qui se confirme aussi par sa position dans l'arbre. Elles sont dans le même clade et sont assez bien soutenues (79%). Cependant la N^o 8 et la N^o 13 correspondant à la même espèce se retrouve loin et séparée.

Cette divergence pour cette espèce (*C. compressa*) peut avoir deux explications possibles:

(1)- La variabilité observée à la première partie des séquences analysées et qui a été retenue pour l'alignement, aurait altéré la construction de l'arbre.

(2)- *C. compressa* étant la plus polymorphe des espèces du genre *Cystoseira* Gomez-Garreta (2001), elle peut, selon l'auteur, adopter des formes morphologiques très différentes en fonction des paramètres du milieu. Cormaci *et al.* (2012) confirment cette hypothèse et distinguent alors, en fonction de ce paramètre, 3 formes différentes de la même espèce (*C. compressa* f. *compressa* ; *C. compressa* f. *plana*, *C. compressa* f. *rosetta*). C'est ainsi que la 2 et la 6, qui sont dans le même clade, proviennent du même site (Chenoua) alors que la 8 et la 13 (dans des clades différents) ont été récoltées dans deux sites différents (Ain-Benian et Cherchell). Il s'agit alors, sans doute, de la même espèce qui serait rattachée à des formes différentes, d'où leur position dans l'arbre obtenu.

Par ailleurs, nous avons comparé nos séquences avec celles des autres espèces du genre *Cystoseira* de Gen Bank correspondant à la région « LSU rDNA ». Ces espèces proviennent de l'Atlantique (*C. osmundacea*, *C. neglecta*, *C. humilis* et *C. tamariscifolia*) avec une espèce supplémentaire appartenant à un genre différent (comme « out group ») : *Carpoglossum confuluens* (Chromobiontes ; Fucales) (tab.11). En combinant ces séquences avec celles que nous avons obtenues, nous avons construit un arbre phylogénétique global avec le programme Mr Bayes version 3.1.2 (Ronquist & Huelsenbeck, 2003).

Cet arbre est composé au total de 24 séquences correspondant à 9 espèces du genre *Cystoseira* dont 5 sont Algériennes et 5 Atlantiques et une espèce du genre *Carpoglossum*. (Australienne) (fig.65).

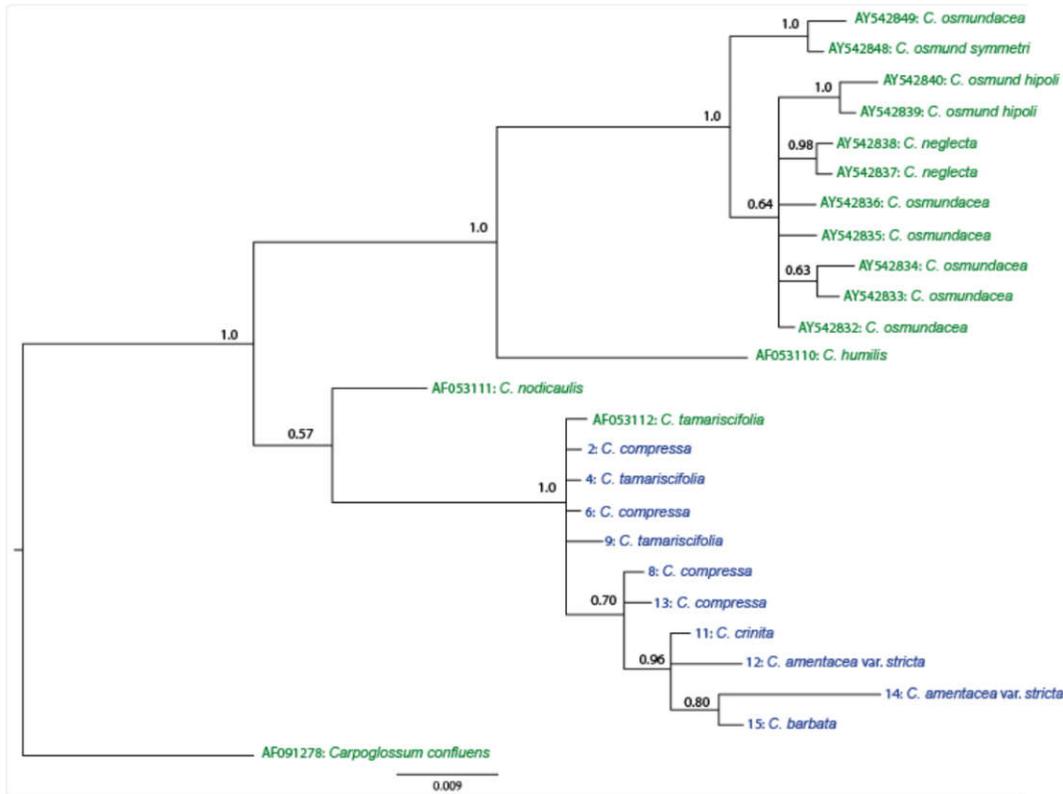


Figure 65: Arbre phylogénétique (région LSU rDNA séquence) par la méthode Bayesian Inférence des espèces de *Cystoseira* obtenues et des espèces du même genre + *Carpoglossum confluens* de Gen Bank. Le numéro de nodes indique la probabilité du support.

L'arbre construit met en évidence que toutes les espèces du genre *Cystoseira* forment un clade monophylétique (même origine taxonomique), dans ce clade, on peut séparer deux clades:

- Un premier clade qui regroupe toutes les espèces non Méditerranéennes (Atlantiques) et qui sont bien soutenues (100%), à l'exception de *C. tamariscifolia*.
- Un deuxième clade, complètement séparé du premier, qui est constitué de toutes nos espèces ; un clade qui reste également bien soutenue (100%). Dans ce même clade nous notons la présence de la séquence de *C. tamamriscifolia* provenant de l'Atlantique avec, entre autres espèces, *C. tamariscifoila* d'Algérie. Ce qui traduit qu'il s'agisse bien de la même espèce qu'elle provienne de l'Atlantique ou de la Méditerranée.

Par ailleurs, on remarque l'espèce *C. humilis* (de l'Atlantique) dans le premier clade. Cette espèce, nous l'avons retrouvée pour la première fois en Algérie mais qui n'a pas donné de résultats de séquençage. L'espèce étant présente en Méditerranée, dont l'Algérie, on se serait attendu à l'obtenir dans le deuxième clade, seulement sa présence dans le clade des espèces non Méditerranéennes peut s'expliquer par le fait que l'espèce *C. humilis* de l'Atlantique est complètement différente de *C. humilis* de la Méditerranée. Il s'agit même d'une variété de l'espèce *C. humilis*, elle correspond à *C. humilis* var. *myriophylloides* tandis qu'en Méditerranée, c'est l'espèce *C. humilis* var. *humilis* qui existe (Gomez-Garreta, 2001).

Pour *C. naudicaulis* (esp. Atlantique), elle se retrouve dans le clade des espèces de l'Algérie mais elle reste toutefois mal soutenue (57%). Cette espèce bien qu'Atlantique, pénètre aussi en Méditerranée (Gomez-Garreta, 2001).

À partir de cette analyse, nous disposons actuellement des séquences (LSU-rDNA) de 5 espèces du genre *Cystoseira* dont 4 sont inédites : *C. compressa*, *C. crinita*, *C. amentacea* var. *stricta* et *C. barbata*. Les séquences de *C. tamariscifolia*, sont connues, jusque-là, pour des exemplaires de l'Atlantique et non de la Méditerranée.

Les échantillons correspondant à ces espèces et qui ont servi à cette analyse sont en herbier (fig. 66).

Tableau 11: Numéros d'accès des paires de bases (région LSU-rDNA) des différentes espèces du genre *Cystoseira* + *Carpoglossum confluens* et leur référence dans GenBank (NCBI).

Numéro d'accès	Espèces	longueur (bp)	Référence
AY542849	<i>Cystoseira osmundacea</i> f. <i>symmetricaulis</i> biotype Santa Rosa Island 2 large subunit ribosomal RNA gene, partial sequence.	660	Harvey,J.B.J. & Goff,L.J
AY542848	<i>Cystoseira osmundacea</i> f. <i>symmetricaulis</i> biotype Santa Rosa Island 1 large subunit ribosomal RNA gene, partial sequence.	660	Harvey,J.B.J. & Goff,L.J
AY542840	<i>Cystoseira osmundacea</i> f. <i>hipolito</i> biotype San Hipolito Bay 2 large subunit ribosomal RNA gene, partial sequence.	660	Harvey,J.B.J. & Goff,L.J
AY542839	<i>Cystoseira osmundacea</i> f. <i>hipolito</i> biotype San Hipolito Bay 1 large subunit ribosomal RNA gene, partial sequence	660	Harvey,J.B.J. & Goff,L.J
AY542838	<i>Cystoseira neglecta</i> biotype Catalina Island 4 large subunit ribosomal RNA gene, partial sequence.	660	Harvey,J.B.J. & Goff,L.J

RESULTATS ET DISCUSSIONS

AY542837	<i>Cystoseira neglecta</i> biotype Catalina Island 3 large subunit ribosomal RNA gene, partial sequence.	660	Harvey,J.B.J. & Goff,L.J
AY542836	<i>Cystoseira osmundacea</i> biotype Stillwater Cove 1 large subunit ribosomal RNA gene, partial sequence.	660	Harvey,J.B.J. & Goff,L.J
AY542835	<i>Cystoseira osmundacea</i> biotype Stillwater Cove 5 large subunit ribosomal RNA gene, partial sequence	659	Harvey,J.B.J. & Goff,L.J
AY542833	<i>Cystoseira osmundacea</i> biotype Mesa Lane 1 large subunit ribosomal RNA gene, partial sequence	660	Harvey,J.B.J. & Goff L.J
AY542832	<i>Cystoseira osmundacea</i> biotype Pigeon Point large subunit ribosomal RNA gene, partial sequence	660	Harvey,J.B.J. & Goff, L.J
AY542831	<i>Cystoseira osmundacea</i> biotype Lover's Point large subunit ribosomal RNA gene, partial sequence	660	Harvey,J.B.J. & Goff ,L.J
AF053110	<i>Cystoseira humilis</i> 28S large subunit ribosomal RNA gene, partial sequence	571	Rousseau,F., Leclerc ,M.-C.,& de Reviers B
AF053111	<i>Cystoseira nodicaulis</i> 28S large subunit ribosomal RNA gene, partial sequence	571	Rousseau,F. , Leclerc, M.-C.& de Reviers B.
AF053112	<i>Cystoseira tamariscifolia</i> 28S large subunit ribosomal RNA gene, partial sequence	574	Rousseau,F. ,Leclerc, M.-C.& de Reviers B.
AF091278	<i>Carpoglossum confluens</i> 28S large subunit ribosomal RNA gene, partial sequence		Rousseau F. & de Reviers B.

**CONSERVATION DES ESPECES ET
POPULATIONS ALGALES**

4. CONSERVATION DES ESPECES ET POPULATIONS ALGALES

4.1. INTRODUCTION

La Méditerranée (3millions de Km²) constitue un foyer humain très actif, les mouvements de populations sont intenses, focalisées dans des secteurs parfois extrêmement fragiles et dont les infrastructures conservatoires sont sommaires (Bellan *et al.*, 1994).

Le littoral a une importance particulière par son espace et son patrimoine naturel. Des espèces et des populations marines de Méditerranée, dont les algues, sont sélectionnées sur des critères scientifiques pour être conservées (protégées). Celles-ci se trouvent sur les listes rouges d'espèces « menacées » et sur les annexes des conventions internationales (Convention de Bonn, Convention de Berne, Convention de Washington, etc.) (Boudouresque *et al.*, 1996).

-Les définitions et les critères de sélection : selon le système utilisé par Wells *et al.* (1983) ; le livre Rouge des espèces, peuplements et paysages des végétaux marins menacés de Méditerranée par Boudouresque *et al.* (1990) ; IUCN (*International Union for Conservation of Nature*) (1994) et les travaux de Boudouresque *et al.* (1996), on attribue le terme « menacé » aux espèces qui sont « en régression » ou bien « en voie d'extinction ». Celles -ci sont classées, selon ces auteurs, en quatre catégories en fonction du degré de menace :

1) en danger : quand elles ont disparu d'une grande partie de leur aire d'origine et que leurs effectifs sont réduits à un niveau critique ou que leur habitat a régressé de façon drastique. Ces espèces sont menacées de disparition si les causes de leur déclin continuent d'agir.

2) vulnérables : si leurs effectifs et (ou) leur habitat ont fortement diminué. Ces espèces passeront vraisemblablement dans la catégorie « en danger » si les causes de leur déclin continuent d'agir.

3) rares : si leurs effectifs sont naturellement faibles, ou leurs stations naturellement très localisées, ce qui les expose à des risques : un petit nombre d'aménagements, des accidents (pollution) même localisés, peuvent les faire passer dans des catégories des espèces « en danger »

4) indéterminées : quand il est clair qu'elles sont en « danger », « vulnérables » ou « rares », mais que les données scientifiques sont insuffisantes pour les placer de façon précise dans l'une de ces trois catégories.

-Le terme de « menace » tel que défini, est également appliqué aux « peuplements » et « paysages » floristiques marins :

- Peuplements marins : « Par peuplement, nous entendons des biocénoses ou des écosystèmes benthiques caractérisés par leur composition en espèces et par leur structure » (Boudouresque *et al.*, 1990).

- Paysages marins : « *Par paysages, nous entendons un aspect particulier d'un peuplement ou un ensemble de peuplement susceptible d'être perçu comme tel par un observateur non spécialiste, à petite ou moyenne échelle* » (Boudouresque *et al.*, 1990).

Ces espèces, peuplements et paysages ont souvent été décrits dans des réserves naturelles (Ben-Maiz et Boudouresque, 1986 ; Boudouresque, 1996 ; Boudouresque *et al.*, 1996 et Bonhomme *et al.*, 2001) d'où l'intérêt de mettre en place des aires marines protégées.

Sur les 12 sites étudiés dans ce travail, suite à l'analyse floristique (3.3.4), nous avons retenu trois qui semblent remarquables par la végétation algale qu'ils abritent et qui méritent d'être mentionnée dans un objectif de préservation et de conservation.

Il s'agit des Îles Habibas, du Parc National de Taza et du Parc National de Gouraya.

4.2. AIRES MARINES PROTEGEES

La définition la plus universelle de l'aire marine protégée a été établie par l'UICN-UNEP (*United Nations Environment Programme*) en 1988, il s'agit de « *toute région intertidale ou subtidale, de même que les eaux la recouvrant, ainsi que la flore, la faune et les caractéristiques historiques et culturelles associées, classées par la législation dans le but de protéger partiellement ou intégralement l'environnement inclus* » (Mabile et Pianté, 2005).

Actuellement, en Algérie l'unique partie marine protégée se trouve dans la Réserve naturelle marine des îles Habibas (décret N^o03-147 du 29 mars 2003). La partie marine des deux Parcs nationaux de Taza et Gouraya sont en cours de classement (pour la partie marine) mais n'ont pas encore de décret (données du MATE; mars 2014). (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement).

Ce processus de classement est le résultat de la mise en place de l'assise juridique nationale de conservation de la biodiversité marine à travers la loi du 5 février 2002 relative à la protection du littoral et sa valorisation (Grimes, 2005).

En se référant à la liste des espèces, peuplements et paysages des végétaux marins menacés de Méditerranée (Boudouresque *et al.*, 1990), nous avons recensé, parmi les espèces que nous avons identifiées, un certain nombre d'algues qui figurent dans cette liste. Celles-ci ont particulièrement été retrouvées au niveau de l'aire marine protégée des îles-Habibas et les deux Parcs nationaux de Taza et Gouraya. En effet, ce sont des peuplements et paysages « remarquables » qui existent particulièrement dans des espaces « remarquables ».

- Pour les îles Habibas, sur les 103 espèces identifiées (voir liste en annexe), on dénombre trois espèces qui ont un intérêt écologique particulier « espèces remarquables » c'est à dire rares ou protégées (Bonhomme *et al.*, 2001). Elles sont classées parmi la liste des « espèces menacées », il s'agit de : *Lithophyllum byssoïdes* (*L.lichenoides*), *Hypnea spinella* (*H. cervicornis*) (Rhodobiontes) et *Cystoseira amentacea* var. *stricta* (Chromobiontes).

Parmi cette diversité algale de ce site, deux espèces forment des « paysages marins menacés » : la « forêt à *Dictyopteris polypodioides* » (*D. membranacea*) et les « bourrelets à *Corallina elongata* ».

- Pour le Parc National de Gouraya, des 65 espèces identifiées (voir liste en annexe), cinq sont considérées comme des « espèces remarquables », elles sont présentes dans la liste des espèces menacées, ces espèces sont : *Lithophyllum byssoides* (*L. lichenoides*), *Cystoseira amentacea* var. *stricta*, *Cystoseira ercegovicii*, *Cystoseira sedoides* et *Cystoseira spinosa*.

Parmi celles qui constituent des « peuplements marins menacés », on retrouve le « peuplement à *Cystoseira* de profondeur » : *Cystoseira spinosa* à laquelle s'associent plusieurs autres espèces dont la Chromobionte *Sargassum hornschurchii*. Cette espèce est également décrite dans le peuplement à *C. spinosa* des eaux très claires des secteurs chauds de Méditerranée centrale (Boudouresque *et al.*, 1990).

Les « paysages marins menacés » dans ce site sont constitués par la « forêt à *Dictyopteris polypodioides* », l'« Encorbellement à *Lithophyllum byssoides* » et les « bourrelets à *Corallina elongata* ».

- Pour le Parc National de Taza, sur les 84 espèces identifiées (voir liste en annexe), cinq sont des « espèces remarquables » (menacées) dont deux Rhodobiontes: *Lithophyllum byssoides* et *Hypnea spinella* et trois Chromobiontes : *Cystoseira amentacea* var. *stricta*, *Cystoseira ercegovicii* et *Cystoseira spinosa*. Cette dernière forme au même temps un « peuplement menacé » constitué de plusieurs espèces dont particulièrement la Laminariale *Phyllariopsis brevipes* (qui n'a été retrouvée que dans ce site). Cette espèce est décrite dans le « peuplement menacé à *Cystoseira* de profondeur » (*C. zosteroides*) dans le travail de Boudouresque *et al.* (1990). On signale également la présence de deux « paysages marins menacés » le premier formé par la « forêt à *Dictyopteris polypodioides* » et le second constitué par l'« Encorbellement à *Lithophyllum byssoides* ».

4.3. ESPECES MARINES MENACEES

(a) *Hypnea spinella* (Rhodobionta, Gigartinales, Cystocloniaceae)

Description sommaire (fig. 66)

Cette algue est de couleur rouge pourpre dont la taille varie de 3 à 10 cm, elle est très ramifiée avec des axes cylindriques à légèrement aplatis alternes à apex aigu (cellule apicale). En coupe transversale apparait une cellule axiale de 15 à 20 µm de diamètre entourée de 5 cellules péricentrales de 90 à 140 µm de diamètre délimitées par 2 couches de cellules corticales.

Écologie

H. spinella est une espèce qui vit dans des biotopes photophiles à de faible profondeur. Elle est souvent épiphyte sur les *Cystoseires*. Elle est citée comme espèce vulnérable (Boudouresque *et al.*, 1990).

Distribution géographique

En Méditerranée, cette espèce est signalée (sous le nom de *H. cervicornis*) aux Baléares (Ribera-Siguan et Gómez-Garreta, 1984) ; à Almería (Ballesteros et Catalan, 1983) ; sur le littoral levantin (Barceló et Marti, 1987) ; au Sud-est de l'Espagne (Soto, 1987) et en Grèce (Athanasiadis, 1987).

Elle est également signalée en Italie (sous le nom de *H. spinella*) (Rindi, Sartoni et Cinelli 2002, Furnari *et al.*, 2003) et en Espagne (Hernández *et al.*, 2010).

Pour l'Algérie, elle a été répertoriée à Tipaza (sous le nom de *H. cervicornis*) (Seridi, 1990). En plus des îles Habibas et du Parc de Taza, nous l'avons également retrouvée dans la région de Tipaza (Ain Tagourait) ; Bou-Ismaïl et Ain Benian.

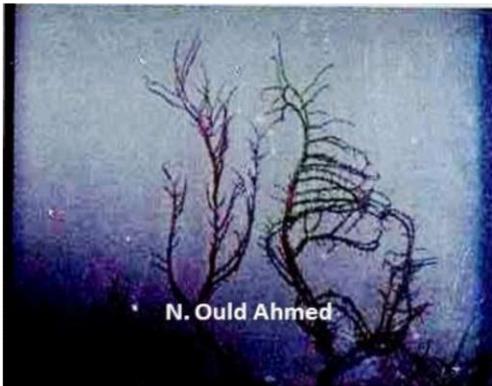


Figure 66 : *Hypnea spinella*



Figure 68 : *Cystoseira amentacea* var. *stricta*

(b) *Lithophyllum byssoides* (Rhodobionta, Corallinales, Corallinaceae)

Description sommaire (fig. 67)

Cette algue est fortement calcifiée, elle a la forme d'un massif hémisphérique pouvant atteindre 10 cm de diamètre, de couleur violacée à blanc. Sa surface apparaît découpée par des crêtes profondes.

Écologie

Cette espèce occupe généralement l'étage médiolittoral (zone soumise aux mouvements des vagues et des marées (Pérès et Piccard, 1964).

Dans des conditions favorables, cette espèce édifie de puissants concrétionnements (Hamel et Lemoine, 1952) « Encorbellements à *L. byssoides* » (voir 4.4).

Cette algue est particulièrement sensible à la pollution de surface (détergents et hydrocarbures), elle est considérée comme vulnérable » (Boudouresque *et al.*, 1990).

Distribution géographique

Cette espèce est largement répandue en Méditerranée occidentale (Bianconi *et al.*, 1987) : en Grèce (Athanasiadis, 1987) ; en Tunisie (Ben Maiz *et al.*, 1987) ; en Espagne (Rodriguez *et al.*, 1988) ; en Corse ; France ; en Italie et aux Baléares (Babbini et Bressan, 1997). En revanche, elle est plus rare en Méditerranée orientale ; signalée en Turquie (golfe d'Izmir) (Zimmermann, 1982).

Pour l'Algérie les signalisations les plus récentes sont celles de Seridi (1990) à Tametefoust, Surcouf et Boudouaou. En plus des deux Parcs (Taza, Gouraya) et les îles-Habibas, nous l'avons récoltée à Cherchell et Bou-Ismaïl.



Figure 67: *Lithophyllum byssoides* (*L. lichenoides*).

(c) *Cystoseira amentacea* var. *stricta* (Chromobionta, Fucales, Sargassaceae)

Description sommaire (fig. 68)

L'algue est cespiteuse (plusieurs axes dressés), elle peut atteindre 15 cm de haut, fixée par un disque basal encroûtant, les rameaux primaires sont cylindriques et souvent sinueux qui portent des « feuilles » ou épines. Les réceptacles sont terminaux compacts et épineux.

Écologie

C'est une espèce photophile de l'infralittoral supérieur de mode battu à très battu. Elle forme des ceintures denses à des niveaux superficiels, (comme dans les archipels de la mer Egée; Boudouresque *et al.*, 1990). Elle régresse dans des sites pollués (Boudouresque *et al.*, 1990), c'est une espèce très vulnérable, incapable de supporter de fortes perturbation du milieu (Bonhomme *et al.*, 2001).

Distribution géographique

Cette espèce est endémique de la Méditerranée (Espagne, France, Italie, Grèce, Tunisie et Algérie ; Boudouresque *et al.*, 1990).

En plus des îles-Habibas et des deux Parcs nationaux de Taza et Gouraya, nous l'avons recensée dans la région de Tipaza (Cherchell, Chenoua et Ain Tagourait) ; Ain Beninan et Bouverdès.

(d) *Cystoseira ercegovicii* (Chromobionta, Fucales, Sargassaceae)

Description sommaire (fig.69)

Cette algue est cespiteuse, non vésiculifère, les rameaux ne portent pas de « feuilles » (épines). Elle est par contre, caractérisée par son tronc couvert d'épines denses et par ses ramules primaires plutôt plats et dentelés.

Écologie

Selon Boudouresque *et al.* (1990) deux formes de *C. ercegovicii* existent ; une de surface et une de profondeur. Cette dernière est souvent décrite comme accompagnée d'autres algues brunes telles que *Cystoseira spinosa* et *Sargassum hornschurchii* et qui correspond à la forme *latiramosa*. C'est, en effet, le cas de celle que nous avons récoltée au Parc de Gouraya et au Parc de Taza.

Les deux formes de cette espèce sont menacées et *C. ercegovicii* f. *latiramosa*, par le déséquilibre aux origines non précises, a disparu dans beaucoup de stations méditerranéennes (Boudouresque *et al.*, 1990).

Distribution géographique

Cette espèce est largement répandue en Méditerranée dont elle est endémique (Boudouresque *et al.*, 1990). Elle est signalée en Algérie par Hamel (1931-1939) à Cherchell et à Surcouf par Seridi (1990).

Nous l'avons retrouvée à -11 m au Parc de Gouraya et 27 m de profondeur au Parc de Taza.

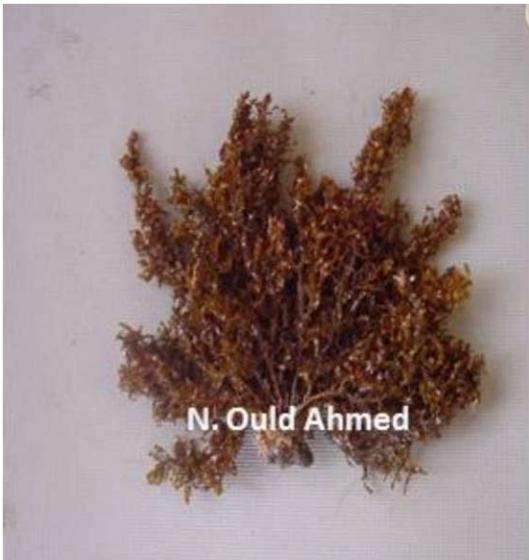


Figure 69: *Cystoseira ercegovicii*



Figure 70: *Cystoseira sedoides*

(e) *Cystoseira sedoides* (Chromobionta, Fucales, Sargassaceae)

Description sommaire (fig.70)

C. sedoides est caractéristique par son port en « brosse » ; ce qui la distingue de toutes les autres espèces de Méditerranée. Le thalle présente souvent une à deux (parfois plusieurs) bifurcations. Les rameaux primaires sont divariqués, très rapprochés simples ou ramifiés. Les rameaux secondaires sont simples et n'arrivent pas au sommet des rameaux primaires. Les « feuilles » ou épines sont très rapprochées les unes des autres et mesurent environ 2 à 3 mm de longueur.

Écologie

Cette algue vit généralement sur substrat dur au niveau de l'infralittoral supérieur, dans des stations assez agitées (Hamel, 1931-1939). C'est une espèce photophile thermophile (Boudouresque, 1984). Sa rareté et son aire de répartition relativement restreinte font d'elle une espèce vulnérable (Boudouresque *et al.*, 1990).

Distribution géographique

C. sedoides est endémique de la Méditerranée, cantonnée à la partie nord africaine de la Méditerranée occidentale (Hamel, 1931-1939). Elle est signalée en Italie (Ribera *et al.*, 1992 et Taskin *et al.*, 2012), en Tunisie (Ribera *et al.*, 1992 ; Báez *et al.*, 2005 et Taskin *et al.*, 2012).

Pour l'Algérie elle est signalée à Cherchell ; Sidi-Fredj ; El-Marsa et Tametfoust selon des travaux anciens, dont ceux de Hamel (1931-1939) et à Surcouf et Tipaza (Seridi, 1990).

Mis à part le Parc National de Gouraya où nous l'avons récoltée entre 0 et 3m de profondeur sur substrat rocheux, nous l'avons également retrouvée à des niveaux superficiels dans la région de Tipaza (Cherchell, Chenoua, et Anse de Kouali).

(f) *Cystoseira spinosa* (Chromobionta, Fucales, Sargassaceae)

Description sommaire (fig.71)

L'algue est non cespiteuse (présente qu'un seul tronc) dont l'axe principal est épais fixé par un disque basal large et pourvu de tophules épineux. Elle porte, à la base, des rameaux primaires épineux (de 5 à 15 cm) à sommet non saillant et épineux, les rameaux secondaires sont peu ramifiés aplatis et plus courts.

Écologie

Cette espèce vit en profondeur, dans des endroits abrités (Hamel, 1931-1939). C'est une espèce sciaphile de mode relativement calme (Boudouresque, 1984). *C. spinosa* est sensible à la pollution, l'arrachage par les filets et le chalutage de fond pourrait expliquer sa raréfaction (Boudouresque *et al.*, 1990).

Distribution géographique

C'est une espèce endémique de la Méditerranée, en individu isolé, elle se retrouve dans la majeure partie de la Méditerranée à l'exception des côtes espagnoles méditerranéennes où l'espèce est rare (Boudouresque *et al.*, 1990).

Pour l'Algérie, elle a été signalée à Alger (Hamel, 1931- 1939) au Cap Caxine (Feldmann J. et Felmann G. 1947).

Nous l'avons récoltée uniquement au niveau des deux Parcs nationaux (Gouraya et Taza) à 11 m et 27 m de profondeur sur substrat rocheux.



Figure 71: *Cystoseira spinosa*

4.4. PAYSAGES MARINS MENACES

Peuplement à *Cystoseira* de profondeur : *Cystoseira spinosa*.

Il s'agit des associations et des épiphytes à une végétation dense d'un certain nombre d'espèces du genre *Cystoseira* de profondeur dont *C. spinosa* qui se présentent sous forme d'une forêt à *Cystoseira* (Boudouresque *et al.*, 1990).

Ce type de peuplement nous l'avons, en effet, retrouvé au niveau de l'infralittoral des deux Parcs nationaux (Gouraya et Taza). Plusieurs espèces algales (citées précédemment) sont mêlées à ce peuplement ce qui diversifie sa composition floristique.

Ce type de peuplement est considéré comme menacé du fait de sa disparition et sa raréfaction en Méditerranée nord-occidentale, particulièrement le long des côtes catalanes en Espagne et des Albères en France (Boudouresque *et al.*, 1990).

Distribution géographique

Ce peuplement est bien représenté sur les fonds rocheux de la partie de la Méditerranée centrale (Baléares et Sud de l'Italie ; Boudouresque *et al.*, 1990) et au niveau de la réserve marine de Scandola (Corse ; Ballesteros *et al.*, 2010).

4.5. PEUPLEMENTS MARINS MENACES

(a) « **bourrelets à *Corallina elongata*** » (Rhodobionta, Corallinales, Corallinaceae).

On parle de bourrelets à *Corallina elongata* lorsque cette espèce se développe d'une façon très dense, en retenant dans ses ramifications calcaires de grandes quantités d'éléments détritiques et en abritant une faune très riche (Boudouresque *et al.*, 1990). Ce sont surtout des algues calcaires telles que *Jania longifurca*, *Jania rubens*, *Lithothamnion calcareum* et *L. incrustans* que nous avons retrouvées sur ces bourrelets à *C. elongata*.

Ce type de paysage n'est pas strictement de surface mais peut se rencontrer jusqu'à quelques mètres de profondeur. Selon Laborel (1987), cette formation est inféodée aux roches verticales.

En tant que formation organogène, les bourrelets à *C. elongata* correspondent à un fragile équilibre entre bio-construction et bio-destruction (Boudouresque *et al.*, 1990).

Par ailleurs, leur localisation souvent près de la surface les soumet à l'action de la pollution. La rareté de ce type de paysage en Méditerranée, dont l'édification est très longue (plusieurs siècles), le rend vulnérable (Boudouresque *et al.*, 1990).

Distribution géographique

Ce type de paysage est signalé en Corse (Molinier, 1955) ; en Syrie (Mayhoub, 1976) ; en Sicile (Dalongeville, 1980) ; île Verte ; Bouche du Rhône (France) (Bonhomme *et al.*, 2001). Pour l'Algérie, en plus de la réserve naturelle des îles Habibas et le Parc National de Gouraya, nous l'avons observé dans la région de Tipaza (Anse de Kouali).

(b) « **forêt à *Dictyopteris polypodioides*** » (*D. membranacea*) (Chromobionta, Dictyotales, Dictyotaceae).

On parle de forêts à *D. polypodioides* lorsque cette algue se développe d'une manière spectaculaire dont les thalles se serrent les uns contre les autres, formant ainsi une forêt dense ce qui donne un paysage original (Boudouresque *et al.*, 1990). L'algue peut atteindre alors plusieurs centimètres de haut, la flore accompagnatrice est aussi riche, avec *Peyssonnelia* mais surtout formée d'algues brunes du genre *Cystoseira*, *Padina pavonica*, *Dictyota dichotoma*, *Halopteris filicina*, *Sargassum vulgare*, etc.

Les paysages caractérisés par *D. polypodioides* sont très localisés en Méditerranée ; leur rareté les rend donc très vulnérables, leurs peuplements sont sensibles à la pollution (Boudouresque *et al.*, 1990).

Distribution géographique

Ce type de paysage a été observé aux Baléares (Espagne) au niveau de l'archipel de Cabrera, aux îles Columbretes (Boisset et Garcia-Carrascosa, 1987).

Pour l'Algérie, nous l'avons retrouvé au niveau des trois sites (îles Habibas, Parcs de Gouraya et Taza).

(c) « **Encorbellement à *Lithophyllum byssoides*** » (fig.72)

On désigne par "Encorbellement à *Lithophyllum byssoides* » l'édification de l'espèce *L. byssoides* qui est connue également sous le nom de « corniche », « bourrelet » ou « trottoir » à *L. byssoides*. C'est une formation qui se développe généralement au niveau du médiolittoral sur substrat rocheux en mode battu (Feldmann, 1938 ; Molinier, 1960 et Pérès et Piccard, 1964). L'espèce forme une étendue continue de bioconcrétionnement qui peut atteindre jusqu'à 2m de largeur (Sicsic, 1967). Dans de bonnes conditions, la croissance de l'espèce *L. byssoides* peut être relativement rapide : près de 3cm/an (Boudouresque *et al.*, 1972). Par contre l'édification d'un encorbellement est un phénomène extrêmement lent qui nécessite plusieurs siècles (Laborel *et al.*, 1983). Sa destruction est donc irréversible à l'échelle humaine (Laborel *et al.*, 1994).

Sa situation et sa structure poreuse rendent ce paysage particulièrement vulnérable aux pollutions de surface (Boudouresque *et al.*, 1990 et Laborel *et al.*, 1994). De plus, les encorbellements constituent des zones de débarquement pour les petites embarcations (Verlaque, 1996 et Boudouresque, 1996), ils sont par conséquent particulièrement exposés aux agressions mécaniques (chocs, accostages et piétinement). Il est certain que les formations qui subsistent doivent impérativement être protégées (Bonhomme *et al.*, 2001).

Distribution géographique

Les encorbellements à *L. byssoides* semblent relativement rares (Boudouresque *et al.*, 1990). Cités aux Pyrénées orientales (France) (Delamare-Deboutville et Bougis, 1951) ; près de Marseille (France) (Blanc, 1968); Iles Egadi (Italie) (Giaccone et Sortino, 1974) ; Iles Medes (Espagne) (Ballesteros, 1984) ; Réserve marine de Scandola (Corse) (Laborel *et al.*, 1983 ; Bianconi *et al.*, 1987) ; Ile Verte (Bouches du Rhône, France) (Bonhomme *et al.*, 2001). Pour l'Algérie nous avons noté l'édification de l'espèce *L. byssoides* en encorbellement au niveau des deux Parcs de Taza et Gouraya.



Figure72: Encorbellement à *Lithophyllum byssoides*

4.6. DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS

La Réserve naturelle marine des îles Habibas, le Parc national de Gouraya ainsi que celui de Taza recèlent une flore marine riche par sa diversité et son écodiversité. Il ne s'agit pas seulement du nombre d'espèces qu'ils abritent, bien que non négligeable pour une seule récolte (estivale), mais surtout de la composition qualitative de la flore qui s'y trouve. En effet, ces trois localités couvrent des espèces, des peuplements et des paysages rares ; de ce fait ils sont potentiellement menacés. Leur listing dans le « livre rouge » (Boudouresque *et al.*, 1990) a pour objectif principal la mise en place d'un plan de gestion pour leur préservation et leur conservation.

Parmi ces espèces certaines présentent actuellement un statut légal de protection en Méditerranée (Boudouresque *et al.*, 1996 et Bonhomme *et al.*, 2001). Il s'agit de :

- 1) *Cystoseira amentacea* var. *stricta* : classée selon « l'intensité de menace » : « 2 » (menace sérieuse) ayant un statut « V » (vulnérable).
- 2) *Cystoseira spinosa* : classée selon « l'intensité de menace » : « 3 » (menace sérieuse dans une grande partie de l'aire méditerranéenne) ayant un statut « V » (vulnérable).

Ces deux espèces sont inscrites dans l'annexe I de la convention de Berne (1996) et l'annexe I de la convention de Barcelone (1996).

« Leur présence peut donc témoigner de la bonne qualité des milieux littoraux » (Bonhomme *et al.*, 2001).

Elles figurent actuellement dans la liste des espèces de la flore strictement protégée : Annexe I de la convention de Berne (1996).

- 3) *Cystoseira sedoides* : classée selon « l'intensité de menace » : « 1 » (menace encore moyenne mais peut devenir sérieuse dans la prochaine décennie : « 2 ») ayant un statut « R » (rare). Sa protection est proposée par AC (Alghero convention 1995 on Coastal and marine biodiversity) ; « LR » (Boudouresque *et al.*, 1990 et Boudouresque, 1993).

- 4) *Lithophyllum byssoides* : cette Rhodobionte est classée selon « l'intensité de menace » : « 3 » (menace sérieuse dans une grande partie de l'aire méditerranéenne). En tant qu'espèce isolée elle a un statut « V » (vulnérable), mais s'agissant d'un encorbellement à *Lithophyllum byssoides* (paysage marin), son statut est de type « E » (importance écologique). L'encorbellement à *L. byssoides* est classé comme monument naturel (Boudouresque *et al.*, 1990).

Bien que notre sujet ne traite que de la végétation algale, nous pouvons toutefois signaler la présence de deux espèces de phanérogames marines (Magnoliophytes marines) : *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile au niveau des deux Parcs et *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson au niveau du Parc de Taza ; ces deux espèces, respectivement vulnérable et rare, sont également portées sur la liste des espèces strictement protégées (en Catalogne et en

France) (Boudouresque *et al.*, 1996). *P. oceanica*, édifiatrice d'un écosystème qui est un pôle de biodiversité pour la Méditerranée, elles sont toutes les deux sensibles à la pollution, ce qui explique leur présence en herbiers denses au niveau de ces deux sites.

Selon Boudouresque *et al.* (1996), les critères de sélection justifiant la protection d'une espèce sont essentiellement basés sur le degré de menace qui pèse sur elle ; les espèces n'ont été retenues qu'à partir du degré de menace « 2 ».

Hormis ce critère, ces auteurs tiennent compte également de l'importance écologique qu'une espèce peut avoir. Il s'agit, dans ce cas, de celles qui sont édifiatrices d'écosystèmes qui ont une grande valeur écologique (exemple *P. oceanica*) et d'encorbellements remarquables comme le *L. byssoïdes*.

Mises à part ces espèces classées et(ou) protégées, on retrouve, particulièrement au niveau de ces trois sites d'étude, d'autres espèces algales qui ne figurent pas actuellement sur des listes menacées ou en vue d'être protégées, pourtant, elles méritent d'être mises en évidence vu leur rareté du moins en Algérie.

Tel est l'exemple de *-Phyllariopsis brevipes* (Chrombionta, Laminariales, Phyllariaceae) que nous avons retrouvée qu'au niveau du Parc de Taza à 27m de profondeur sur substrat rocheux, c'est l'une des plus grandes algues que nous avons rencontrée (40cm). Par ailleurs, elle n'est signalée en Algérie que par des travaux anciens sous le nom de *Laminaria reniformis* Lamouroux ou *Phyllaria reniformis* (Lamouroux) Rostafinsky ou *Sacchoriza bulbosa* J. Agardh à Cherchell (Montagne, 1846-1849) et Bou-Ismaïl ; à Chenoua et Bordj-EL-Bahri (Feldmann, 1943 récolte Seurat).

-Cystoseira humilis (Chrombionta, Fucales, Sargassaceae) qui jusque-là, n'est pas signalée en Algérie (voir 3.3.2). Nous l'avons retrouvée seulement au Parc de Gouraya à 15 m de profondeur.

-Cystoseira usneoides (Chrombionta, Fucales, Sargassaceae), nous l'avons récoltée dans un seul site : Parc de Gouraya à 8m de profondeur. Elle est signalée en Algérie par des travaux anciens sous le nom *C.concatenata* Agardh : Cherchell (Montagne, 1846-1849 ; Sauvageau, 1912 ; Hamel, 1931-1939 et J. Feldmann, 1943) ; à l'Est d'Alger : Bordj-El-Bahri (J. et G. Feldmann, 1939 et Hamel, 1931-1939).

-Sargassum hornschuchii (Chrombionta, Fucales, Sargassaceae), nous l'avons retrouvée uniquement au Parc de Gouraya à 18 m de profondeur avec d'autres Fucales telle que *C. spinosa*. C'est une espèce qui est anciennement recensée en Algérie sous le nom de *S. salicifolium* Montagne : à Alger (Montagne, 1846-1849 et Hamel, 1931-1939) ; à Bordj-EL-Bahri (J. et G. Feldmann, 1939 et Hamel, 1931-1939) ; dans l'Est algérien : El-Kala (Hamel, 1939).

-*Nereia filiformis* (Chrombionta, Sporochnales, Sporochnaceae), c'est une espèce que nous avons pu trouver seulement au niveau des îles Habibas à 15 m de profondeur.

Elle est connue en Algérie par des travaux anciens sous le nom de *Desmarestia filiformis* J. Agardh : à Alger (Hamel, 1931-1939) ; à Bordj-EL-Bahri (J. Feldmann, 1943) et à EL-Marsa (Boudouresque, 1969).

-*Lithophyllum decussatum* (Rhodobionta, Corallinales, Corallinaceae), cette espèce est signalée pour la première fois en Algérie (voir 3.3.2). Nous l'avons retrouvée uniquement au Parc de Taza à 21 m de profondeur.

-*Neogoniolithon brassica-florida* (Rhodobionta, Corallinales, Corallinaceae), nous l'avons retrouvée exclusivement au Parc de Taza à 11 m de profondeur. Cette espèce n'est signalée en Algérie que par des travaux anciens, sous le nom de *Spongites notarisii* (Dufour) Athanasiadis : à Bou-Ismaïl (Dieuzeide et Goeau-Brissonniere, 1951) ; à Cherchell et au cap Carbon (Lemoine, 1957).

Bien que cette espèce ne figure pas dans la liste des espèces, peuplements et paysages des végétaux marins menacés de Méditerranée (Boudouresque *et al.*, 1990), elle est néanmoins mentionnée dans la liste du « 2^{ème} plan d'action pour la conservation du Coralligène, maërl, corniches, trottoirs à *Lithophyllum byssoides* pour la Méditerranée » au niveau de la communauté européenne. Suite à ce plan d'action *N. brassica-florida* est actuellement dans la liste des espèces ayant un statut de protection en Espagne selon le décret 139 de l'année 2011 (Rodriguez *et al.*, 2013).

Toutes ces espèces, peuplements et paysages, bien que rares, existent actuellement en Algérie. Ils constituent un véritable patrimoine naturel, et afin de permettre leur pérennité, il est nécessaire de les protéger. La mesure la plus efficace de protéger une espèce ou une communauté phytobenthique (dans notre cas), c'est de préserver l'habitat où elle se trouve. Il est alors important d'agir sur les impacts littoraux tels que pollution et aménagements, et dans les meilleurs cas, mettre en place des réserves marines ou des Parcs nationaux régis par une législation nationale, permettant ainsi le maintien de la biodiversité et l'écodiversité marine.

UTILISATION DES ALGUES

5. UTILISATION DES ALGUES

5.1. INTRODUCTION

Les macroalgues sont utilisées depuis près de 2,500 années par les populations littorales, principalement en Asie, notamment pour leurs hautes valeurs nutritives liées à la présence de protéines, minéraux et vitamines (Tseng, 1981). Les premières tentatives d'introduction des algues dans l'alimentation occidentale datent du XV^{ème} siècle dont l'objectif était d'adoucir les famines des populations littorales. Elles furent supplantées au XVII^{ème} siècle par l'introduction de la pomme de terre pour réapparaître au du XIX^{ème} siècle particulièrement en Bretagne (Pérez, 1997). En effet, environ 80 000 tonnes d'algues sont exploitées chaque année dans les populations naturelles des côtes bretonnes ; l'espèce *Laminaria digitata* est la plus récoltée avec près de 65.000 tonnes prélevées (Vauchel, 2007).

Aujourd'hui, on ne cesse de trouver de nouvelles espèces et de nouvelles propriétés à ces algues qui possèdent des molécules très intéressantes notamment au niveau industriel (Faller, 2011).

Actuellement, les pays producteurs et aussi consommateurs d'algues sont principalement la Chine, le Japon, la Corée et la France (façade Atlantique). La production mondiale qui comprend les algues brunes, rouges et vertes augmente de 5,7% par an. Les tonnages utilisés pour la consommation humaine sont de 47%, l'extraction des colloïdes est de 43%, 7% de maërl et 3 % pour les utilisations en pharmacie, parapharmacie, cosmétique et agriculture (Perez, 1997). En 2008, la production en macroalgues a atteint près de 14 millions de tonnes, provenant de la récolte et de l'aquaculture (Frangoudes *et al.*, 2012).

En Algérie, vu le manque de gisements naturels d'algues et la non mise en place, jusque-là, de l'algoculture, aucune exploitation économique algale n'est connue. Cependant des phycocolloïdes importés sont utilisés dans l'industrie et en thalassothérapie.

Pour notre étude, vu la place qu'occupent les phycocolloïdes dans l'utilisation des algues et afin de promouvoir la culture des algues en Algérie, nous avons réalisé, à petite échelle, des essais d'extraction des alginates sur deux espèces de Phaeophyceae et de l'agar agar sur quatre Florideophyceae. L'extraction de l'agar est jusque-là inédite en Algérie ; en revanche, pour les alginates, des tests ont antérieurement été réalisés en laboratoire sur d'autres espèces d'algues brunes (Benchabane, 1988).

5.2. CONNAISSANCES GENERALES

L'emploi des algues se fait principalement de deux manières :

- Par une utilisation directe dans l'alimentation humaine, ce qui concerne les algues dites « Alimentaires » vu leur incomparable richesse en éléments minéraux, notamment en

iode. Leur intérêt nutritionnel réside également dans les fibres, les protéines, les lipides et les vitamines qu'elles renferment. En effet, la composition vitaminique des algues est bien intéressante ; l'ensemble des vitamines sont présentes : A ; B1 ; B₂ ; B₆ ; B12 ; C ; D et E. L'intérêt réside dans la vitamine B12 dont la forme active est présente chez les algues avec des teneurs importantes contrairement aux autres plantes qui en sont totalement dépourvues (Watanabe *et al.*, 1999 et 2002). La teneur en protéines de certaines espèces d'algues est comparable à celle des légumineuses (30–40 % de la matière sèche chez *Porphyra*) (Fleurence et Kaas, 1999, Leclerc et Floch, 2010).

En outre, certaines espèces d'algues (notamment les Phaeophyceae) s'avèrent intéressantes pour l'alimentation du bétail. Comparées au fourrage, à l'avoine, aux pommes de terre, les quantités de glucides, lipides, protides qu'apportent les algues sont généralement du même ordre ; elles offrent en plus, des oligoéléments et de l'iode permettant de prévenir les maladies (par carence) (Gayral, 1966).

Dans l'agriculture, les algues rejetées par la mer (goémon) peuvent directement être utilisées en épandage dans les champs pour enrichir les sols en sels minéraux. Au même titre, les algues rouges calcaires (maërl) servent à amender les sols acides comme substitut de la chaux (Gayral, 1966 et Ribier et Godineau, 1984).

Dans certaines régions, des algues sont récoltées spécialement pour renforcer la croissance de certains légumes ; par exemple en Bretagne, l'algue *Himantalia elongata* a été utilisée pour la culture des artichauts, dans le New-Jersey, principalement des espèces du genre *Fucus* ont été dispersées dans des champs de pommes de terre afin d'activer leur poussée (Chapman et Chapman, 1980).

L'algothérapie, concerne toutes les espèces d'algues aux propriétés vivifiantes, hydratantes structurantes et anti-stress, employées dans les bains ou comme enveloppement en cure de thalassothérapie ; cures prescrites dans les affections rhumatismales, troubles de locomotion et circulatoires dont l'efficacité résulterait des oligoéléments que ces algues laissent diffuser.

- Par l'utilisation de leurs extraits : en médecine, en pharmacie, en cosmétologie, et plus récemment, en biotechnologie (Gayral, 1966 ; Ribier et Godineau, 1984 ; Pérez, 1997 et Das, 2010). En effet, certaines algues possèdent des propriétés antioxydantes, antibiotiques, antivirales, antifongiques, antiparasitaires et même antitumorales (Delepine *et al.*, 1987 et Salvador *et al.*, 2007).

Les principaux extraits tels que les phycocolloïdes, sont utilisés comme gélifiant et épaississant dans l'industrie agroalimentaire et textile. Ces substances gélifiantes sont contenues principalement dans les parois cellulaires (Braud, 1974). Ces Colloïdes, encore appelés « structurants » constituent plus de 39% des colloïdes produits dans le monde (Pérez 1997 ; fig.73).

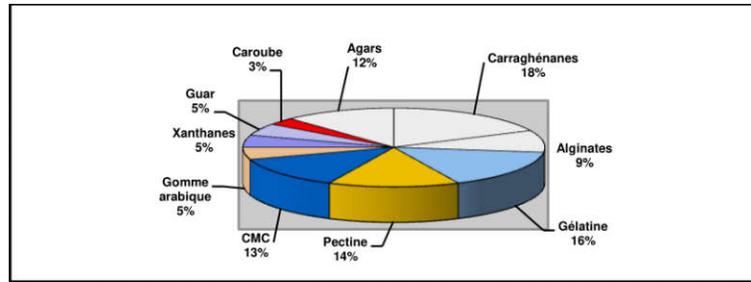


Figure 73: Place des phycocolloïdes parmi les colloïdes utilisés pour épaissir ou gélifier les solutions aqueuses. (Pérez, 1997).

Par ailleurs, les algues constituent actuellement la biotechnologie appliquée à l'agriculture dont le principe est de fabriquer des biofertilisants à base d'extraits d'algues qui non seulement permettent la croissance des plantes cultivées, mais aussi de renforcer les défenses des plantes contre les agresseurs externes tels que parasites, champignons et bactéries. (Morin, 2002 et Das, 2010).

5.3. LES ALGINATES

La découverte de l'acide alginique, par le professeur Stanford, date de 1883. Après trempage d'une lame de *Laminaria digitata* dans une solution alcaline, suivie d'une attaque acide, il obtint un précipité blanchâtre auquel il donna le nom d' « algine », celle-ci libère des ions H^+ (comme les acides), d'où son appellation d'acide alginique (Pérez, 1997).

Les alginates sont des polysaccharides contenus dans les parois cellulaires et autour des cellules de la zone médullaire de certaines algues brunes (les Laminariales et Fucales) (Pérez, 1997). Plusieurs hypothèses existent sur la fonction physiologique des alginates dans l'algue. La plus répandue attribue aux alginates un rôle dans le maintien de l'algue, en lui donnant à la fois résistance mécanique et flexibilité (Andresen et Smidsrod, 1977). Selon Lestang et Quillet (1980), la majeure partie des alginates se trouve dans le thalle sous forme de gel, surtout calcique, peu soluble dans l'eau salée et dans l'eau froide. En solution, le sel d'alginate n'apporte ni goût, ni odeur, ni couleur ; il ne modifie donc pas la solution dans laquelle il est incorporé (Pérez, 1997), d'où l'intérêt de son utilisation dans diverses branches industrielles.

La structure chimique et la proportion des alginates varient d'un genre à un autre (McHugh, 2003). Dans les pays asiatiques, c'est le genre *Laminaria* qui est utilisé ; sur la côte pacifique américaine : *Macrocystis pyrifera* ; en Europe c'est *Ascophyllum nodosum* et le genre *Ecklonia* en Afrique du Sud (Faller, 2011). Les alginophytes sont définies comme étant les espèces d'algues contenant des alginates.

5.3.1. Structure, composition, propriétés et utilisation

- **Composition chimique et structure**

L'alginate est un sel de l'acide alginique dont la molécule est formée de deux monomères l'acide mannuronique ou mannuronate et l'acide guluronique ou guluronate. Ces deux acides sont reliés par la liaison glycosidique β 1-4 (fig.74). La proportion et la distribution de ces deux monomères sont déterminantes pour une large expansion des propriétés physiques et chimiques de l'alginate (Raymond *et al.*, 2009).

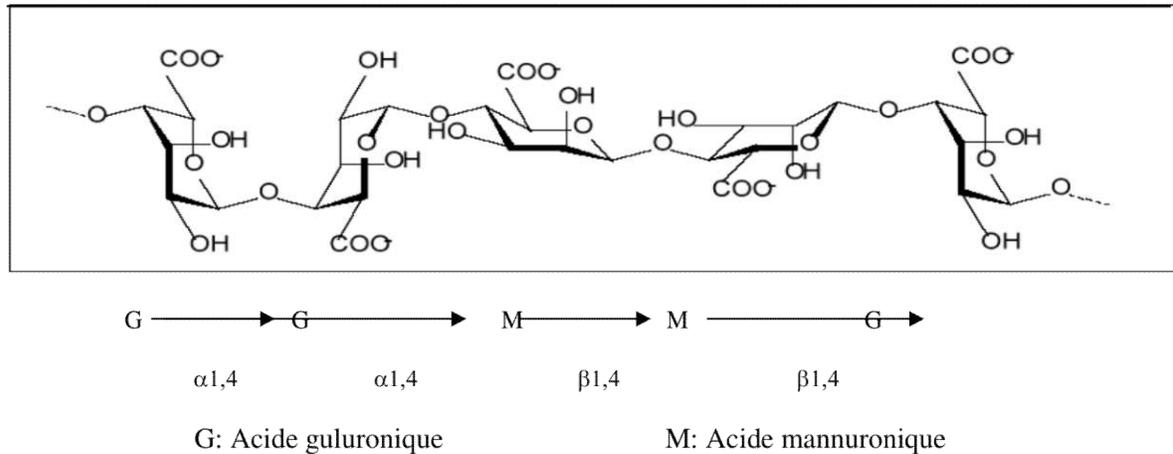


Figure 74: Structure de l'acide alginique (Bodard, 1983).

Dans ces chaînes d'alginate, on distingue les blocs polymannuronique et les blocs polyguluronique et les blocs mixtes mannuronique/guluronique. Chaque bloc est formé de 20 à 30 unités uroniques mais le degré de polymérisation global d'un acide alginique varie de 1000 à 10000. Plus le nombre de monomères est élevé, plus le degré de polymérisation (DP) et sa viscosité ou aptitude à former des gels sont importants. La partie active des monomères est la fonction acide : le radical COOH. (Pérez, 1997 et Faller, 2011).

- **Biosynthèse des alginate**

Le processus de la biosynthèse de l'acide alginique se fait au cours de la photosynthèse où le fructose -6-p subit une réduction au niveau de la fonction cétonique (C=O) par le NADH/H⁺ donnant ainsi naissance à deux polyalcools : D-mannitol-6p et D-sorbitol-6p. En présence du GTP, les deux polyalcools se transforment successivement en GDP-D-mannose et GDP-L-gulose qui subiront une oxydation de la fonction alcool primaire pour devenir deux acides uroniques : l'acide D-mannuronique et l'acide L-guluronique, qui vont se lier en liaison β 1 \rightarrow 4 par l'intermédiaire d'une ligase pour obtenir l'acide alginique (Lestang et Quillet, 1980). La molécule d'acide alginique contient des zones uniquement formées par des acides mannuroniques: séquences dites "dures", des zones uniquement constituées d'acides guluroniques: séquences dites "dures" également, et des zones d'alternance entre acides guluroniques et acides mannuroniques : séquences dites: "fragiles". Plus il y aura de séquences "fragiles", moins l'acide alginique sera stable c'est à dire qui aura tendance à se dépolymériser. Le niveau d'acide guluronique (et par conséquent la rigidité du gel d'alginate) est régie par une enzyme la C5 épimérase (Pérez, 1997 et Bodard, 1983).

- **Solubilité**

L'acide alginique est insoluble dans l'eau mais il est très hydrophile, ce qui lui permet de stocker jusqu'à 140 fois son propre volume. Les propriétés rhéologiques de cet acide peuvent être modifiées par l'addition de cations mono, bi ou trivalent. Avec les ions monovalents (Na⁺ ; NH₄⁺ ; K⁺), les sels formés sont solubles. Ces sels d'alginate ne changent ni le goût, ni la couleur, ni l'odeur, ils ne modifient que la viscosité d'où leur intérêt en agro-alimentaire (Pérez, 1997).

- **Viscosité**

La viscosité est considérée comme l'un des principaux critères de qualité du point de vue commercial. La viscosité des alginate dépend du degré de polymérisation, la concentration, la température, le pH et la présence d'ions di ou trivalents (Braud, 1974). Une viscosité élevée traduit une qualité élevée de l'alginate ; soit 1% de la solution d'eau (McHugh, 2002).

- **Rapport M/G**

La qualité de l'alginate est appréciée par le rapport M/G. Plus le groupement contiendra d'acides guluroniques, plus l'acide alginique sera gélifiant. On considère que ce polymère est bon gélifiant lorsque ce rapport est (faible) voisin de 0,5 (Pérez, 1997).

- **Principaux domaines d'application des alginate**

Les applications d'alginate sont connues dans le domaine de l'industrie alimentaire (30%) et celui du non alimentaire (70%) (fig.75).

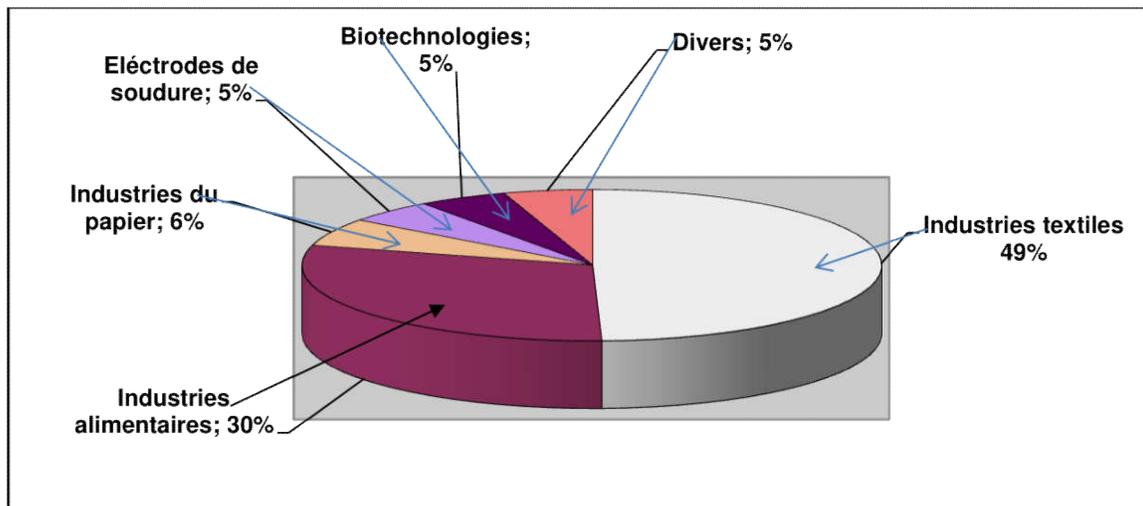


Figure 75: Principales utilisations de l'acide alginique (Pérez, 1997).

➤ **Dans l'industrie alimentaire :** Les alginate sont utilisés comme épaississants et stabilisateurs dans plusieurs produits : confiture, jus de fruits, les sauces, potages, produits

laitiers, rétenteur d'humidité dans les biscuiteries, empêche la formation des cristaux dans les glaces, comme liant des pâtes, charcuteries et saucisses, agent clarifiant des vins et vinaigre, et aussi dans l'enrobage des poissons (Boudouresque et Gómez, 1995 et McHugh, 2003).

Les alginates sont utilisés comme additifs alimentaires désignés sous les codes européens :

- E 400 Acide alginique
- E 401 Alginate de sodium
- E 402 Alginate de potassium
- E 403 Alginate d'ammonium
- E 404 Alginate de calcium
- E 405 Alginate de propane-1,2-diol

➤ **Dans le domaine du textile :** Les alginates de sodium sont utilisés pour épaissir les solutions des colorants, servant à l'impression. Agent intervenant dans la synthèse des fibres textiles, artificielles, L'alginate de calcium dissous dans l'ammonium, sert à imperméabiliser par simple vaporisation, bâches et toiles de tentes, parapluies, chaussures, vêtements. Le textile imprimé représente environ 50 % du marché mondial de l'alginate (McHugh, 2003).

➤ **En agriculture :** Le gel d'alginate assure une protection physique contre la pénétration des germes pathogènes lorsque des parties de la plante sont blessées, et aussi une protection des racines, sans réduire leur potentiel d'absorption des éléments minéraux du sol (Mabeau *et al.*, 1990).

➤ **En cosmétologie, pharmacologie et médecine :** Les alginates sont utilisés comme stabilisateur, adoucissant et épaississant des produits de beauté (crèmes, pommades, et autres...), pâtes dentifrices, champoings, crèmes à raser, agglomérant dans les comprimés, enrobage des gélules, gélifiant dans les pâtes à empreintes dentaires. L'alginate de calcium est très apprécié en médecine pour la fabrication des pansements et de compresses qui constituent une interface entre la plaie et le tissu évitant que le pansement ne colle à la blessure, en outre il fixe les bactéries ; ce qui permet la cicatrisation rapide de la plaie (Boudouresque et Gómez, 1995 ; Pérez, 1997). La production de pénicilline à partir du champignon filamenteux *Penicillium chrysogenum* est optimisée grâce à des oligosaccharides d'alginates (Ariyo, 1997).

➤ **Dans les industries diverses :** Les alginates interviennent comme film protecteur dans la fabrication du papier et du papier-peint, dans l'enrobage des électrodes de soudure électriques afin d'éviter l'oxydation. Ils sont également intégrés dans la fabrication de produits variés comme les plâtres de moulures, les pellicules photographiques, les vernis, les céramiques, les colles, les résines, les mines de crayon et la peinture où ils augmentent la viscosité et le temps de sédimentation (Boudouresque et Gómez, 1995 ; Pérez, 1997 et McHugh, 2003).

➤ **Pour l'environnement**, les alginates sont utilisés dans les traitements des eaux de surface afin d'éliminer les matières en suspension. C'est surtout l'alginate de sodium qui est utilisé pour cette pratique, l'alginate précipite en un nuage d'acide alginique plus dense que l'eau, il se déposera sur le fond en entraînant avec lui les particules (polluants) en suspension (Pérez, 1997).

5.3.2. Matériel et méthodes

a) Choix des deux alginophytes

Les algues brunes décrites comme étant celles qui possèdent un taux important d'alginates sont les Fucales et les Laminariales (Pérez, 1997 et McHugh, 2003). Les Laminariales, sur nos côtes, étant rares et inaccessibles (espèces de profondeur) d'où le choix des Fucales. Deux genre existent en Algérie ; *Cystoseira* et *Sargassum* ; ce dernier a fait objet d'extraction des alginates en eau tropicale (McHugh, 2002 et 2003). Le genre *Cystoseira* a été utilisé pour des essais d'extraction à l'échelle du laboratoire en Algérie (Benchabane, 1988). Cependant, le choix des espèces appartenant à ce genre doit se faire avec prudence dans la mesure où plusieurs d'entre elles sont des espèces protégées (Boudouresque *et al.*, 1990 et Rodriguez *et al.*, 2013).

Notre choix a donc porté sur deux espèces : *Sargassum vulgare* et *Cystoseira compressa*.

Sargassum vulgare (Chromobionta, Phaeophyceae, Fucales, Sargassaceae) est une algue très répandue sur nos côtes, comme sur les autres côtes méditerranéennes (Hamel, 1931-1939). Elle vit, par ailleurs, au niveau de l'infralittoral supérieur, ce qui la rend accessible ; en outre, elle est recommandée comme source de phycocolloïdes (Delépine *et al.*, 1987).

L'espèce *C. compressa* (Chromobionta, Phaeophyceae, Fucales, Sargassaceae) est aussi répandue qu'accessible sur nos côtes. Elle est également commune sur toutes les côtes de la Méditerranée, dans toutes les stations abritées ou battues de la région littorale (Hamel, 1931-1939). Elle ne figure dans aucune liste des espèces protégées, elle n'a pas d'intérêt écologique particulier (Gómez-Garreta, *comm. pers.*) (fig.76).



Sargassum vulgare C.Agardh *Cystoseira compressa* (Esper) Gerloff & Nizamuddin
Figure 76: Les deux espèces d'alginophytes utilisées.

b) Récolte

Les algues sont récoltées en hiver, à des niveaux superficiels (0-1m). *S. vulgare* à Bou Ismail (fig. 10) et *C. compressa* à l'anse de Kouali (fig. 8).

La quantité recueillie, d'environ 4kg pour chaque espèce, est transportée au laboratoire dans des sacs en plastique contenant de l'eau de mer et à l'abri de la lumière.

c) Traitement au laboratoire

Les algues récoltées sont lavées abondamment à l'eau de robinet pour être débarrassées des impuretés et des épiphytes. Elles sont ensuite séchées à l'air libre puis mises à l'étuve à 60°C pendant une heure (selon Haug *et al.*, 1974 et Chee *et al.*, 2010).

d) Extraction des alginates

En industrie, il existe deux protocoles classiquement utilisés pour extraire les alginates, la méthode dite directe et la méthode dite indirecte qui reprennent toutes les deux le principe du pré-traitement acide, suivi d'une extraction alcaline. C'est le mode de précipitation utilisé ensuite qui différencie la méthode directe de la méthode indirecte. Le choix de l'une ou l'autre est lié à l'espèce d'algue traitée (Vauchel, 2007).

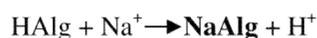
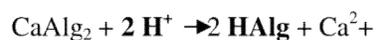
Pour notre étude, le principe d'extraction utilisé est celui établi par Haug (1964) selon les étapes suivantes :

- **Broyage des algues** : l'objectif est de permettre l'introduction rapide et efficace des différents réactifs dans l'algue. Il est réalisé selon la méthode de Pelligrini *et* Pelligrini (1971) qui consiste à pulvériser les algues dans un broyeur électrique jusqu'à obtenir une poudre fine.

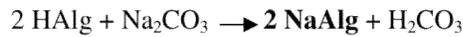
- **Traitement de la poudre avec le formaldéhyde** : le formaldéhyde a pour effet de libérer les phénols et une dépigmentation des algues (amélioration de la blancheur du produit final) (Vauchel, 2007). Le mode opératoire consiste à mettre à gonfler 50g de poudre d'algues pendant une nuit dans un volume de formaldéhyde (40%), à 0.2ml/g.

- **Formation de l'alginate de sodium**

L'alginate se trouve dans les cellules de l'algue sous forme de sels insolubles de magnésium, sodium et principalement de calcium. Le principe de l'extraction est de convertir ces sels insolubles en sels de sodium solubles par libération dans l'eau des ions calcium ou magnésium. Elle se fait par acidification et carbonation permettant de les transformer en sel de sodium soluble dans l'eau par un échange d'ions dans des conditions alcalines (Bashford *et al.*, 1950 et Haug, 1964).



En pratique, la solution obtenue dans le formaldéhyde est alors additionnée à 250ml d'acide chlorhydrique (HCl) 0.2N ; ce qui permettra de passer des sels d'alginate insolubles en acide alginique insoluble. Les ions calcium (ou magnésium) sont libérés avec les eaux de rinçage. Deux à trois rinçages à l'eau douce sont nécessaires. Le résidu obtenu est mis dans une solution de carbonate de sodium (solution alcaline) (Na₂CO₃) à 3%. L'acide alginique insoluble présent dans le résidu algal réagit avec le carbonate de sodium pour donner de l'alginate de sodium.



La solution est récupérée par filtration à laquelle on rajoute un volume égal d'éthanol. L'alginate de sodium est alors obtenu par précipitation à l'état encore semi purifié.

Pour être totalement purifié, l'alginate de sodium obtenu est réhydraté dans de l'eau douce, additionné de chlorure de potassium (KCl) 0.2M puis insolubilisé par de l'acide chlorhydrique (HCl) à pH = 2.0 -2.2.

Le précipité formé est recueilli par filtration, il est ensuite abondamment lavé à l'eau distillée jusqu'à élimination complète de l'acide chlorhydrique. Il est dissout dans de la soude (NaOH), puis floclé par un volume égal d'éthanol. Après lavage à l'éther il est séché dans un dessiccateur sous vide puis broyé en poudre d'alginate de sodium.

e) Test d'identification de l'alginate

L'identification des alginate est basée sur la formation d'un précipité gélatineux, ceci se fait soit par spectroscopie infra-rouge (I.R) soit par addition d'un acide minéral ou d'un sel de calcium. La méthode choisie est « le test avec l'acide minéral (H₂SO₄) ». Le principe est d'ajouter 1ml d'acide sulfurique 1N (H₂SO₄) et 5ml d'une solution aqueuse à 1% d'alginate de sodium obtenu.

f) Rapport M/G

Le principe repose sur la différence de comportement des fragments guluroniques (G) et des fragments mannuroniques (M) vis- à- vis du KCl et du MgCl₂. Cette méthode est proposée par Haug *et al.* (1974). Ainsi, 0.5g d'alginate broyé sont ajoutées à chacune des deux solutions. Après agitation, la séparation se fera selon le schéma suivant :

	KCl	MgCl₂
Acide polyguluronique.....	Soluble.....	insoluble
Acide polymannuronique.....	insoluble.....	Soluble

La différence de solubilité est déduite selon les pourcentages des deux acides par pesée des résidus non solubles.

5.3.3. Résultats et discussion

a) Identification de l'alginate

Le test d'identification de l'alginate avec l'acide minéral a répondu positivement. En effet dès l'addition de l'acide sulfurique à la solution aqueuse d'acide alginique, il y a formation d'un précipité gélatineux. Ceci traduit que les deux espèces utilisées sont bien des alginophytes.

b) Le rapport M/G

Les valeurs du rapport M/G obtenues sont de 0,39 pour *Cystoseira compressa* et de 0,54 pour *Sargassum vulgare*.

Ces résultats signifient que les deux espèces expérimentées possèdent un alginate ayant un très bon pouvoir gélifiant, qui est d'autant plus important pour *C. compressa*.

Ce rapport M/G de 0.54 obtenu pour le *Sargassum vulgare* est sensiblement égal à celui signalé dans la littérature pour le *Sargassum diaphanum* qui est de 0.52. (Pérez, 1997). Ces deux espèces proches taxonomiquement semblent avoir des propriétés alginiques identiques.

D'autres valeurs du rapport M/G sur d'autres espèces d'algues brunes sont dressées dans le tableau 12. Il s'agit d'espèces utilisées industriellement de par le monde et bien que leur rendement en alginates soit représentatif, leur pouvoir gélifiant (M/G) reste inférieur à celui que nous avons obtenu.

Tableau 12: Teneurs en acide alginique et le rapport M/G des principaux alginophytes (Pérez, 1997).

Espèce	Taux d'alginate (% en matière sèche)	M/G
<i>Macrocystis pyrifera</i>	18 à 21	1.56
<i>Laminaria japonica</i>	20 à 26	2.26
<i>Laminaria hyperborea</i> Lame	24 à 30	1.38
Stipe		0.65
<i>Laminaria digitata</i>	22 à 36	2.26
<i>Ascophyllum nodosum</i>	15 à 20	1.56
<i>Fucus serratus</i>	18 à 28	1.31
<i>Ecklonia cava</i> Lame	35 à 38	2.64
Stipe		1.39
<i>Sargassum diaphanum</i>	20 à 26	0.52

c) Le rendement en alginates

Le rendement en alginate a été calculé (en %) par rapport à la poudre de la matière sèche algale obtenue. Il est de 5,31% pour *Cystoseira compressa* et de 6,10% pour *Sargassum vulgare*. En tenant compte des différentes pertes dues aux différentes manipulations, surtout lors des filtrations, ces résultats sont à considérer avec une marge de $\pm 2\%$. (Pelligrini et Pelligrini, 1971).

Selon les données de la littérature (tab. 12), les teneurs en alginates varient selon les espèces. Elles sont comprises entre 10 à 45%, en fonction de l'espèce considérée, l'état physiologique de l'algue, la période de l'année, l'âge du plant etc. (Perez, 1997 et Kloareg et Quatrano, 1988).

Par comparaison avec ces valeurs, nos résultats traduisent des rendements relativement faibles. En effet, en plus des facteurs cités, il y a lieu de considérer également le facteur « habitat » de l'espèce selon McHugh (2003). L'auteur note que les espèces de l'hémisphère Nord (eau froide) ont un taux d'alginates plus élevé que celles de l'hémisphère Sud. Toujours selon cet auteur, « *Sargassum* » reste un genre à faible rendement en alginates. Ceci pourrait expliquer les faibles valeurs que nous avons obtenues notamment sur *S. vulgare*. Par ailleurs, l'auteur signale que toutes les espèces utilisées industriellement sont à affinité froide, alors que *Sargassum vulgare*, rappelons-le, est une espèce photophile thermophile (PhIT) d'origine Pantropicale.

En ce qui concerne *Cystoseira compressa*, cette espèce a été utilisée en tant que seconde Fucale existant en Algérie. Cependant, ce genre n'est pas souvent cité dans la littérature comme alginophyte exploitable industriellement. C'est sans doute parce que l'extraction des alginates est un domaine connue surtout en Atlantique et que *Cystoseira* est surtout méditerranéenne et que par ailleurs de nombreuses espèces appartenant à ce genre sont protégées (ce qui n'est pas le cas de celle que nous avons utilisée). Ses valeurs en alginates restent basses comme pour *S. vulgare* et probablement pour les mêmes raisons. En outre, les individus récoltés et qui ont servi à l'extraction étaient fertiles. Du point de vue cytologique, les cellules végétatives ayant subi une transformation, leurs substances de réserves pourraient venir remplacer les phycocolloïdes contenus dans le thalle. Ceci peut être considéré comme un état physiologique de l'algue ayant pu agir sur le rendement réel en alginates.

D'autres facteurs pourraient éventuellement expliquer les faibles rendements en alginates obtenus ; comme l'épiphytisme ou la dessiccation. En effet, nous avons constaté un important épiphytisme des thalles des espèces utilisées. C'est surtout le cas de *Sargassum vulgare* dont les thalles sont incrustés par des algues surtout calcifiées.

Le phénomène de « dessiccation » n'est pas à négliger pour expliquer les faibles teneurs en alginates obtenues, notamment sur *S. vulgare* dont les thalles, de plus de 60cm, étaient à des niveaux superficiels et exposés à l'air. Ce phénomène, provoque un stress où les cellules de

l'algue sont dans l'incapacité à absorber les nutriments (Daws, 1997). Ce qui induirait la diminution de la biosynthèse de l'alginate.

Ceci étant, les deux espèces expérimentées contiennent bien des alginates, avec un pouvoir gélifiant intéressant. Selon Delepine *et al.* (1987), de nombreuses espèces du genre *Cystoseira* constituent une source potentielle d'alginates. Il suffit de choisir l'espèce en tenant compte de son écologie. Par ailleurs, l'une comme l'autre espèce étudiée, a des possibilités de culture pour pallier le manque de biomasse sur nos côtes.

5.4. LES AGARS

Les agars sont des substances extraites de certaines Rhodobiontes (Géolidiales, Gigartinales ou des Céramiales) qui sont capables de donner spontanément des gels en solution dans l'eau; ils sont utilisés depuis le XVII^{ème} siècle (Ribier et Godineau, 1984). Ils ont la particularité de ne pas être dégradés par la température de stérilisation (100, 120°C) ; raison pour laquelle ils sont très utilisés au niveau de l'industrie, notamment dans le domaine agroalimentaire en tant qu'additif sous le code E 406, ce sont des géloses commercialisées sous le nom d'agar-agar (Gayral, 1966 et Pérez, 1997). Les principaux pays producteurs de l'agar sont le Japon, le Mexique, le Maroc, le Portugal et l'Espagne (McHugh, 2003).

L'agar est un polysaccharide localisé dans la paroi cellulaire des algues rouges (Garon-Lardière, 2004). La quantité des agars dans l'algue varie d'une espèce à une autre ; les espèces de *Gracilaria* et de *Gelidium* sont les principales sources de l'industrie de l'agar dans le monde, avec 65% de rendement pour *Gracilaria* (McHugh, 2002). Quant au rôle physiologique de l'agar pour l'algue, il assure la flexibilité du thalle et participe aux échanges ioniques de l'algue avec son milieu, ce qui permet d'abaisser la pression osmotique de l'eau de mer et de réguler ainsi les pressions de turgescence dans les membranes cellulaires (Garon-Lardière, 2004).

5.4.1. Structure, composition, propriétés et utilisation

- **Composition chimique et structure**

L'agar est un polymère sulfaté du D- et L-galactose et/ou du 3,6- α -anhydrogalactose. Il est constitué par la répétition régulière du motif diosidique [...3(D-galactose) β 1-4(L-galactose) α 1...] (Faller, 2011).

Il a pour formule chimique brute : $(C_{12}H_{18}O_9)_n$ qui se compose de deux fractions: l'agarose et l'agaropectine. L'agarose constitue 55 à 66% du polysaccharide, il est responsable de l'action gélifiante. Il s'agit d'un polysaccharide neutre, en forme de chaîne où alternent D-galactose et 3,6-anhydro-L-galactose reliés par des liaisons β -1,4 et α -1,3-glycosidiques. L'agaropectine possède la même structure de base que l'agarose, mais enrichi à des taux variables de résidus sulfatés (Lauret, 2004).

Selon Yaphe (1984), L'agar est un mélange de polymères du galactose, sous deux configurations :

- la configuration « galactose » proprement dite, associée ou non à des ions hydrophiles OSO_3^-

- la configuration « anhydrogalactose » présentant entre les 3^{ème} et 6^{ème} carbone, un radical hydrophobe $\text{CH}_2\text{-O}$.

Ces deux configurations sont réunies en une séquence par une liaison oxygène entre le carbone n°1 du premier monomère et la carbone n°4 du second.

Dans l'espace, l'agar forme une spirale lévogyre qui est constituée par une succession de cette séquence de deux monomères, reliée par un pont oxygène (Pérez, 1997) (fig.77).

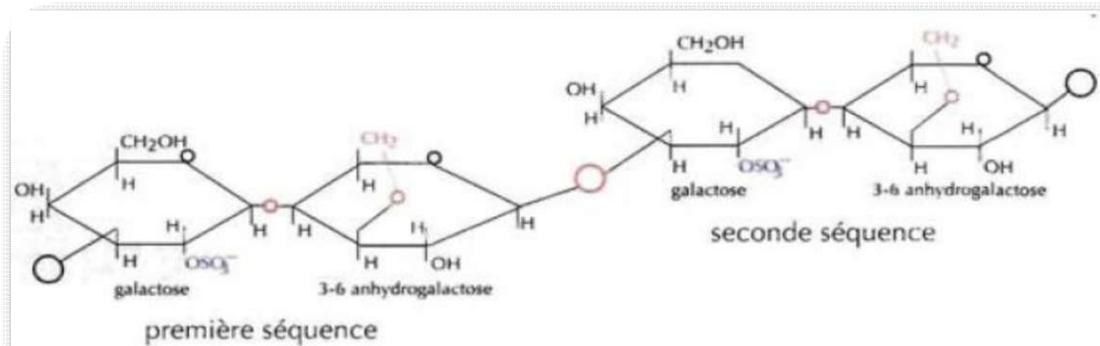


Figure 77: Structure moléculaire des agars (Pérez, 1997).

- **Biosynthèse des agars**

Les agars étant des galactanes, leur synthèse nécessite la conversion des glucoses et mannoses activées. Ce type de réaction est catalysé par des épiméras $\text{UDP-glucose-4-épimérase}$ et la $\text{GDP-mannose-3,5-épimérase}$ conduisant respectivement à l' UDP-D-galactose et au GDP-L-galactose (Barber, 1971 ; Manley et Burns, 1991 ; Goulard *et al.*, 1999).

- **Propriétés texturantes des agars**

L'intérêt industriel des agars réside dans leur aptitude à former un gel translucide, sans goût ni odeur, par conséquent ils peuvent être utilisés pour gélifier les produits alimentaires sans altérer ni leur couleur ni leur saveur. Ils rehaussent le goût originel et fixent l'arôme (Garon-Lardière, 2004). Par ailleurs, les agars ont une excellente réversibilité ; on peut les faire fondre et les faire gélifier de façon répétitive sans baisse de qualité. Ils supportent un traitement thermique au-dessus de 100 °C , ce qui permet de les employer dans des préparations à stériliser à chaud. Ils sont stables dans une large gamme de pH (5 - 8).

En outre, aucun réactif n'est nécessaire pour les conserver indéfiniment. Leur température de gélification étant de 40-50°C et celle de fusion aux alentours de 80-90 °C (Pérez, 1997 et Ruiz, 2005).

- **Force de gel**

La force de gel est un facteur important pour identifier la qualité des agars. Celle-ci se mesure en général à l'aide de l'appareil de « Nikan Sui » qui permet de déterminer la charge pondérale qui, à 20 °C, rompt, en moins de 20 secondes, un gel composé de 1,5 % de poudre d'agar. Cette force varie de 150 à 1200g/cm² (Pérez, 1997).

Les meilleurs gels sont ceux de *Gelidium latifolium* (*G.spinosum*) qui supportent jusqu'à 1200gr contre 100gr pour les gels des autres colloïdes à la même concentration (Lauret, 2004).

- **Principaux domaines d'application des agars**

➤ L'agroalimentaire est la principale branche d'utilisation des agars (88%). D'autres applications par les agars sont connues telles que la bactériologie et l'agriculture (fig.78).

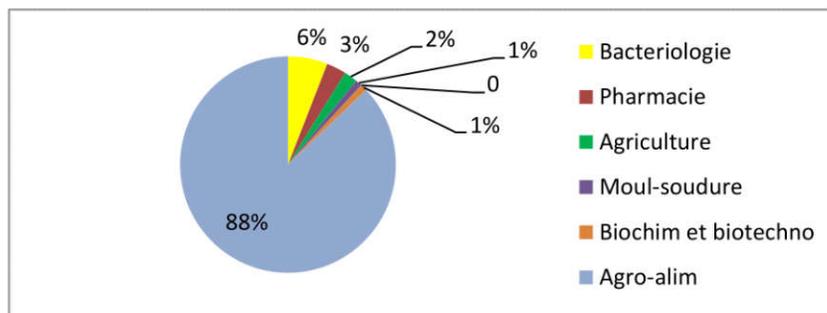


Figure 78: Principaux domaines d'application des agars (d'après Pérez, 1997).

En effet, incorporés à des doses inférieures à 1%, les agars peuvent permettre une gélification et une stabilisation des milieux dans lesquels ils sont dissous (Garon-Lardiere, 2004). Les possibilités importantes de gélification associées à leur non toxicité et à leur assimilation réduite font de l'agar un produit qui ne modifie pas l'apport calorique des aliments auxquels il est incorporé.

Les agars (comme gélifiant) se retrouvent dans tous les aliments à base de lait (crèmes desserts, crèmes glacées, yaourts, flans et fromages). Ils nécessitent moins de sucre que la pectine pour gélifier, d'où leur utilisation pour des confitures allégées ou des gelées. Ils sont également utilisés dans les viandes, bœufs ou poulet en gelée pour la conservation. Ils jouent un rôle de stabilisant dans les sauces ou les boissons stérilisées. Associés à de la glycérine et du glycérol, ils servent de film protecteur pour les plats préparés car les moisissures et les bactéries ne peuvent ni traverser ni se fixer sur ce gel. Ils apportent à la gélatine une qualité

complémentaire de résistance au choc et à la chaleur. En boulangerie, leur addition empêche les craquelures sur le nappage et assure une meilleure adhérence et brillance (Gayral, 1966, Pérez, 1997 et Garon-Lardière, 2004).

➤ **En bactériologie**

C'est l'une des utilisations les plus remarquables des agars. Ils permettent de solidifier les milieux de culture bactériennes et (ou) mycologiques. Leur particularité réside dans leur absence en contaminants puis n'ayant pas d'influence sur la majorité des bactéries et n'étant pas altérés par elles, les agars permettent une étude des colonies bactériennes. Toutes ces qualités ont conduit à leur utilisation pour l'élaboration des vaccins. Pour cette application, le choix se porte sur les agars extraits de *Gelidium* dont la température de gélification est plus basse que celle des autres agars (Pérez, 1997 et McHugh, 2002).

➤ **En agriculture**

Les semences sont conservées à l'abri des bactéries et des champignons, en les enrobant d'un gel d'agar de faible teneur en matières minérales. L'agar est également conçu pour la préparation de substrats pour la culture, ainsi que pour le développement de plantes in vitro (McHugh, 2002).

➤ **En industrie pharmaceutique**

Les agars sont utilisés comme excipients dans l'industrie pharmaceutique ; comme épaississant et stabilisant dans les pommades, crèmes, suppositoires et lotions, comme principe actif dans les laxatifs, anticoagulants, traitements des problèmes digestifs. Ils servent de coupe faim pour les régimes alimentaires (Lauret, 2004).

➤ **En biotechnologie**

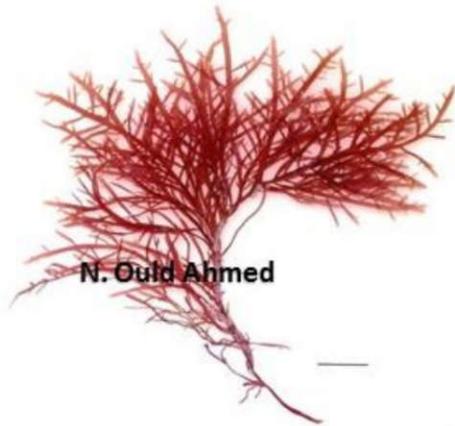
La partie « agarose » des agars peut être isolée et purifiée afin d'obtenir une substance riche en radicaux hydrophobes et dont la teneur en OSO₃⁻ est quasiment inexistante. Elle est employée pour les électrophorèses, en immunologie et en biochimie. En effet, l'électrophorèse est rendue possible par la faible charge électrique du gel d'agarose. Cette méthode est utilisée pour l'analyse des liquides biologiques, pour la récupération de certaines substances tel que les interleukines, les interférons ou bien encore pour la séparation de l'ADN (Faller, 2011). Les agars peuvent également servir de matériel de base dans la réalisation de billes de chromatographie (Garon-Lardière, 2004).

5.4.2. Matériel et méthodes

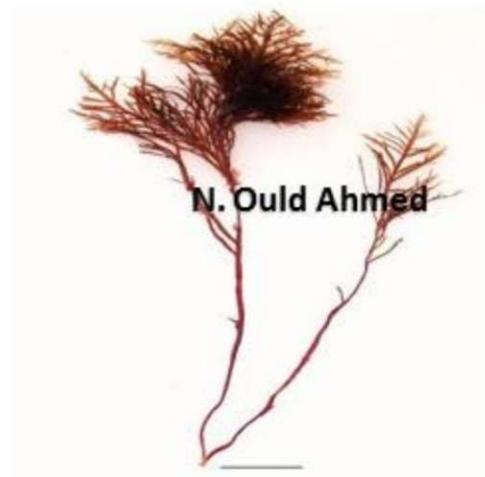
a) Choix des agarophytes

Quatre espèces (Rhodobionta, Florideophyceae) ont été choisies ; il s'agit de deux Gelidiales : *Gelidium spinosum* (Gelidiaceae) et *Pterocladia capillacea* (Pterocladaceae) et deux

Gigartinales : *Hypnea musciformis* (Cystocloniaceae) et *Sphaerococcus coronopifolius* (Sphaerococcaceae) (fig.79 (a) et (b)). « Les deux principales catégories d'agarophytes appartiennent à l'ordre des Gelidiales et à l'ordre des Gigartinales » (Pérez, 1997), d'où leur choix. Toutes ces espèces vivent au niveau de l'infralittoral supérieur, ce qui rend, par ailleurs, plus facile leur récolte. Il est également important de noter qu'aucune de ces algues n'a le statut d'espèce protégée en Méditerranée, ou considérée comme particulièrement rare ou « en danger » ; ce qui pourrait permettre leur exploitation.



Gelidium spinosum (S.G.Gmelin) P.C.Silva



Pterocladia capillacea (S.G.Gmelin)
Santelices et Hommersand

Figure 79 (a): Gelidiales utilisées pour l'extraction de l'agar.



Sphaerococcus coronopifolius Stackhouse*Hypnea musciformis* (Wulfen)

J.V.Lamouroux

Figure 80 (b): Gigartinales utilisées pour l'extraction de l'agar.

b) Récolte

La récolte des algues s'est faite à la main, durant la saison printanière, entre 0 et -1m de profondeur. *Gelidium*, *Pterocladia*, *Hypnea* ont été récoltées à Cherchell (fig. 6) et *Sphaerococcus* à Ain Tagourait (fig.9). La température moyenne de l'eau de mer, au niveau des deux sites, était respectivement de 18,4°C et de 19,2°C avec des salinités respectives de 36,7 et 36,4 psu et des valeurs de pH de 8,3 et de 8. Après plusieurs prospections au niveau du littoral (Centre), ces deux sites se sont révélés être les plus riches en ces groupes d'algues d'où leur choix. La quantité d'algues prélevée est d'environ 150 g de matière fraîche pour chacune des espèces. Les algues récoltées sont imprégnées dans l'eau de mer, dans des seaux en plastiques et transportées au laboratoire.

c) Traitement au laboratoire

La confirmation de l'identification spécifique (notamment pour les Gelidiales) s'est faite sous loupe et microscope optique (de type Zeiss).

Les algues ont été lavées à l'eau douce pour les débarrasser du sable et de leurs épiphytes, elles sont ensuite séchées à l'air libre (à l'ombre et à la température ambiante) en les étalant sur du papier absorbant durant une semaine.

d) Extraction de l'agar

Deux processus d'extraction de l'agar agar en laboratoire sont possibles. Ceux-ci dépendent du genre utilisé (McHugh, 2003). Il s'agit de l'extraction dite « classique » qui s'applique aux Gelidiales (*Gelidium*, *Pterocladia* (= *Pterocladia*) et *Gelidiella*) et l'extraction dite « alcaline » qui est surtout utilisée pour des autres alginophytes comme le genre *Gracilaria* (Pérez, 1997 et McHugh, 2003).

Pour notre étude, vu que nos alginophytes ne sont pas toutes des Gelidiales, nous avons utilisé la méthode alcaline pour les quatre espèces récoltées, puis dans un but de comparer les rendements et la qualité du gel d'agar, nous avons testé la deuxième méthode (« classique ») pour l'espèce *Gelidium spinosum*.

- **Extraction alcaline**

Le principe de cette méthode est décrit par Pérez (1997), Ben Saïd et Ksouri (2000) et McHugh (2003). Le processus suivi est comme suit :

30 g d'algue séchée sont mis dans 800 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) à 0,05% pendant 2 heures. Cette étape est importante ; l'acide a pour effet d'éliminer de nombreuses substances contenues dans l'algue dont le pigment rouge (r.phycoerythrine). Elle est ensuite mise, pour rinçage, dans de l'eau douce pendant une heure.

Avant l'extraction de l'agar, un prétraitement dans une solution alcaline est nécessaire ; après rinçage, l'algue est placée dans une solution alcaline (NaOH) à 5% à 90°C pendant 3 heures au bain-marie. L'hydroxyde de sodium permet la formation de radicaux hydrophobes accentuant la gélification. La solution est ensuite neutralisée avec de l'acide chlorhydrique (HCl).

▪ **Extraction classique**

Le principe de cette méthode est décrit par Pérez (1997) et McHugh (2003). Elle comprend différentes phases dont la première est la même que celle décrite dans la méthode alcaline :

➤ 30 g d'algues sont introduites dans 800 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) à 0,05 % à froid pendant 2 heures dans un cristalliseur, puis elles sont rincées à l'eau douce pendant une heure. Les algues sont récupérées dans une solution faiblement alcaline de carbonate de sodium (Na_2CO_3) à 0,5N, chauffée à 60°C pendant 30 minutes.

➤ Les algues sont ensuite mises à macérer dans de l'eau douce, chauffée à 127°C à une pression de 2 bars pendant 3 heures à l'autoclave. Cette phase est capitale, elle permet le découpage des molécules de l'agar et par conséquent leur dissolution en eau chaude.

➤ Filtration et séchage : le jus obtenu par les deux modes d'extractions est filtré sous vide, le filtrat est ensuite congelé pendant 24 heures, suivi d'une décongélation à l'eau du robinet pour éliminer le maximum d'eau. L'agar obtenu, sous forme d'un film, est séché à l'étuve à 70°C pendant 24heures. Il est, par la suite, pesé pour avoir une estimation du rendement de l'extraction.

➤ Broyage : une fois pesé, l'agar est broyé à l'aide d'un mortier (en agate) à une vitesse de 500tours /min jusqu'à obtenir une poudre.

e) **Test de la qualité de l'agar**

Trois critères principaux sont à considérer pour évaluer la qualité de l'agar ; il s'agit de la force de gel, le point de gélification et le point de fusion. Ces tests sont réalisés sur la poudre de l'agar obtenue. Celle-ci est mise à sécher pendant 3heures à l'étuve à 110°C.

La technique consiste à peser 3 g d'agar (après séchage) et à les faire bouillir dans 200 ml d'eau distillée afin d'avoir une concentration à 1,5%.

➤ **Force de gel :** 200 ml de solution d'agar chauffée est coulée dans un bécher; puis laissée refroidir pendant 24 heures jusqu'à prise complète du gel. Un cylindre de 1cm² est appliqué à la surface du gel, il reçoit progressivement des poids jusqu'à ce que le gel se brise entre 15 et 20 secondes. Cette charge correspond à la force de gel.

➤ **Point de gélification :** dans un tube à essai 20 ml de solution d'agar sont mis à chauffer, un thermomètre est plongé avec une petite bille en acier, le tout est mis en rotation jusqu'à la stabilisation de la bille, la température est aussitôt notée ; elle correspond à la température de gélification de l'agar obtenu.

➤ **Point de fusion :** un autre tube à essai, contenant 20 ml de solution d'agar, est laissé à refroidir pendant 24 heures, il est ensuite chauffé au bain-marie muni d'un thermomètre. Pendant que la solution est en train de chauffer, une bille en acier est mise à la surface du gel. Dès que la bille tombe au fond, on note la valeur de la température ; elle correspond à la température de fusion de l'agar extrait.

5.4.3. Résultats et discussion

a) Le rendement de l'extraction

Les teneurs en agar obtenu sont données dans le tableau 13.

Tableau 13: Teneur en agar obtenu selon les deux techniques d'extraction.

Extraction alcaline	
Espèce	rendement en agar en % de matière sèche
<i><u>Gelidium spinosum</u></i>	15,8
<i><u>Pterocladia capillacea</u></i>	18,6
<i><u>Hypnea musciformis</u></i>	-
<i><u>Sphaerococcus coronopifolius</u></i>	-
Extraction classique	
Espèce	Rendement en agar en % de matière sèche
<i><u>Gelidium spinosum</u></i>	23

Par l'extraction alcaline, utilisée sur les quatre espèces, nous n'avons pas obtenu de gel consistant après décongélation (rendement en agar) sur les Gigartinales choisies. Seules les Gelidiales ont donné des résultats en extrait d'agar, avec un rendement supérieur pour *Pterocladia capillacea* égal à 18.6% par rapport au *Gelidium spinosum* : 15.8%.

Quant au rendement obtenu par l'une et l'autre méthode, appliquée seulement sur *G. spinosum*, l'extraction classique a donné de meilleurs résultats ; soit un rendement de 23% (contre 15,8% par la méthode alcaline). C'est sans contradiction avec les hypothèses de la littérature, vu que c'est bien la méthode classique qui est recommandée pour l'extraction de l'agar des Gelidiales. En effet, celles-ci sont plus résistantes à la température élevée, nécessaire pour cette méthode (127°C), permettant la dissolution de la totalité des molécules d'agar dans l'eau, ce qui, par conséquent, donne un meilleur rendement en agar (McHugh, 2003). Par comparaison avec d'autres données de la littérature, nous remarquons que les valeurs optimales en rendement d'agar sont enregistrées également et principalement pour les espèces du genre *Gelidium* dont *G. spinosum* (= *G. latifolium*) (Gayral, 1966 et Pérez, 1997). Cependant ces valeurs sont relativement supérieures à celles que nous avons obtenues ; celles-ci varient de 25 à 38 %. Néanmoins, il s'agit de valeurs en agar issues des techniques utilisées industriellement qui font appel à un appareillage plus sophistiqué évitant, sans doute, les pertes inévitables lors des manipulations que nous réalisons en laboratoire.

Nos valeurs restent comparables, voire supérieures, à celles obtenues, en laboratoire, sur la côte de Monastir (Tunisie) sur la même espèce (*C. spinosum*) et même concentration (1.5%) dont le rendement annuel moyen, en agar, est de 19,77% de matière sèche (Ben Said *et al.*, 2009).

P. capillacea est également citée en bibliographie comme étant une des sources primordiales de l'agar, notamment celui destiné à l'application bactériologique (Gayral, 1966, Delepine *et al.*, 1987, Pérez 1997, Prud'homme van Reine et Trono, 2001). Ceci explique son rendement intéressant en agar que nous avons obtenu.

Pour ce qui est des deux Gigartinales : *H. musciformis* et *S. coronopifolius*, nous n'avons pas porté de valeurs de rendements en agar du fait qu'on ait obtenu un gel si fragile qu'il n'a pas été possible de récupérer l'agar après la décongélation. Ces espèces contiennent, sans doute, une faible teneur en agar dans leurs parois, ce qui nécessiterait une quantité plus importante de matière sèche. Les Gigartinales sont certes citées dans la littérature, dont Pérez (1997) et McHugh (2003), comme étant de bonnes agarophytes, seulement le genre le plus utilisé est le genre *Gracilaria* (anciennement classée dans les Gigartinales). Notre but était de tester d'autres genres du même Ordre.

À titre d'exemple, la teneur en agar de *Gracilaria verrucosa* de Bizerte (en Tunisie) varie de 10,65% à 37, 92% de matière sèche (Ben Said et Ksouri, 2000). Chez d'autres Gracilaires comme *G. gracilis* de l'étang de Thau (au sud de la France), on enregistre un rendement en agar qui varie de 19 et 33 % (Marinho-Soriano et Bourret, 2003).

D'autres facteurs sont à considérer pour comparer les rendements en agar, sachant que ces teneurs dépendent des variations saisonnières, de la localisation géographique et écologique, en plus de l'espèce d'agarophyte utilisée (Pérez, 1997).

b) La qualité de l'agar extrait

La qualité de l'agar est estimée selon les valeurs obtenues dans le tableau 14.

Tableau 14: Qualité de l'agar obtenu par les deux méthodes d'extraction.

Espèce	<i>Gelidium spinosum</i>		<i>Pterocladia capillacea</i>	Agar Bactériologique
	Ext. Class.	Ext. Alca	Extr.A	
Force de gel (g /cm ²)	411,8	924,3	682,3	1052,6
Temp.de Gélification (°C)	31	32	32	33
Temp. de fusion (°C)	93	94	93	90

Chez les deux espèces ayant donné des résultats en extrait d'agar, la force de gel enregistrée révèle des valeurs supérieures pour les gels obtenus par l'extraction alcaline par rapport à celles issues de l'extraction classique. Il semble que l'hydroxyde de sodium (nécessaire dans cette méthode d'extraction) ait formé de bons radicaux hydrophobes (éliminant un maximum d'eau) accentuant ainsi la gélification de l'agar obtenu.

Quant aux deux espèces expérimentées, il s'avère que la force de gel de *G. spinosum* égale à 924,3 g /cm² est supérieure à celle du gel de *P. capillacea* : 682,33 g /cm².

Les résultats de la force de gel obtenus, sont comparés à ceux qui sont donnés par la littérature *in* Pérez (1997) sur les mêmes espèces et même concentration (1,5%). Ils traduisent des valeurs supérieures à celles notées par l'auteur ; elles sont comprises entre 600 et 900 g/cm² ; une force de gel que l'auteur rapporte, en plus, à des agars de « haute qualité. Il signale par ailleurs « *qu'en fonction de leur force de gel, les agars de très haute qualité sont extraits des Gelidium* ». Ceci expliquerait les valeurs supérieures que nous avons obtenues sur *Gelidium* ».

par rapport à *Pterocladia*. Nos valeurs sont également supérieures à celles obtenues sur la même espèce (*G. spinosum*) de la côte de Monastir (Tunisie) ayant une force de gel qui varie en fonction des saisons et qui oscille entre 207,22 g/cm² (automne) et 576,11 g/cm² (été) (Ben Said *et al.*, 2009).

Pour d'autres espèces dont *Porphyra sp.*, on rapporte une valeur de moins de 350 g /cm² (Pérez, 1997). *Gelidium sesquipedale* des côtes marocaines, enregistre une force de gel de 890 à 1000g/ cm² (Mouradi-Givernaud *et al.*, 1999) alors que *Gracilaria verrucosa* de Bizerte (en Tunisie) présente des valeurs comprises entre 125 et 410g/cm² (Ben Said et Ksouri, 2000).

Nos résultats permettent d'admettre que l'agar que nous avons extrait est de bonne qualité, bien que sa force de gel reste relativement inférieure à celle testée sur l'agar industriel (tab.14). Il est évident que ce dernier est produit dans des usines spécialisées équipées de matériels industriels de pointe.

Pour ce qui est des températures de gélification et de fusion, celles-ci varient très peu pour les gels obtenus par l'une ou l'autre méthode d'extraction et également pour celui de *G. spinosum* ou *P. capillacea*. Ces valeurs sont respectivement de 31- 32 °C et de 93-94°C.

Il est à noter que la température de gélification de l'agar (1,5%), selon McHugh (2003), varie entre 32 et 43°C et celle de fusion est supérieure ou égale à 85°C. Ces valeurs dépendent particulièrement de l'agarophyte utilisée. Ces variations de température de gélification et de fusion, d'après l'auteur, seront en relation avec le type d'application de l'agar ; les agars ayant une haute température de fusion sont employés à chaud et peuvent être utilisés dans le domaine de l'alimentation sans réfrigération même dans un climat chaud.

À titre d'exemple, les températures de gélification et de fusion de *G. spinosum* de la côte de Monastir (Tunisie) sont respectivement de 32,08 et de 89,6°C (Ben Said *et al.*, 2009). Ces valeurs se rapprochent de celles que nous avons obtenues, probablement parce qu'il s'agit de la même espèce et de la même position géographique (Méditerranée).

Par comparaison avec d'autres espèces du même genre telle que *Gelidium sesquipedale* des côtes marocaines, cette espèce montre des écarts peu significatifs de ses températures de gélification et de fusion avec celles que nous avons obtenues. Ces valeurs fluctuent respectivement entre 35 °C et 36 °C et entre 89 °C et 92°C (Mouradi-Givernaud *et al.*, 1999). Quant aux *Gelidium* chiliens, *G. rex* et *G. lingulatum*, leurs températures de gélification et de fusion varient respectivement entre 30 °C et 40 °C et entre 77 °C et 94 °C ; ces variations sont en relation avec le cycle biologique des espèces étudiées (Matshuiro et Urzua, 1991). Ces valeurs, en revanche, s'éloignent des nôtres.

D'une manière générale, nos résultats concordent avec ceux rapportés par Pérez (1997) pour le genre *Gelidium*, où dans une solution à 1,5 % d'agar, la température de gélification est entre 34 et 38 °C et celle de fusion a lieu à partir de 85 °C.

Par ailleurs, l'expérience réalisée sur l'agar industriel bactériologique donne des résultats de température de gélification et de fusion qui sont très proches de celles que nous avons obtenues (tab. 14). Il semble que l'agar que nous avons extrait sur les deux Gelidiales d'Algérie, ayant la possibilité d'être stérilisé à chaud, pourrait être destiné à des applications de laboratoire (tel qu'en bactériologie).

CONCLUSION GENERALE

6. CONCLUSION GENERALE

Le présent travail, axé essentiellement sur la connaissance et l'analyse de la flore algale des côtes algériennes, constitue une contribution aux travaux sur les algues marines benthiques de l'Algérie et un complément d'informations à la base de données de la végétation marine de la Méditerranée.

L'exploration des algues de la côte algérienne est principalement connue par des travaux anciens, auxquels se sont rajoutées quelques études d'Algologie récentes, celles-ci restent, cependant, peu nombreuses. C'est dans ce contexte que s'inscrit l'objectif premier de cette thèse.

Par ailleurs, c'est surtout l'aspect systématique qui a été abordé dans les principaux travaux sur les algues de l'Algérie. C'est ainsi que l'étude de cette thèse, essentiellement floristique, s'est vouée à traiter différents autres aspects sur cette flore afin de mieux la caractériser.

Au total 12 localités (sites), étendues (us) sur le littoral Ouest, Centre et Est algérien ont fait l'objet de cette étude. Les prélèvements d'algues ont été effectués à des niveaux superficiels (0-1m) et, dans certains cas, à des niveaux profonds (jusqu'à -27m). La méthode de récolte est majoritairement de type « sauvage », dans le but est taxonomique. Parallèlement, une récolte de type phytosociologique a été réalisée au niveau de quatre communautés algales, particulièrement intéressantes sur le plan écologique.

Ces deux types de récoltes ont permis de dresser un inventaire de 260 espèces d'algues, celles-ci sont réparties en 150 Rhodobiontes, 59 Chromobiontes (Phaeophyceae) et 51 Chlorobiontes. Une mise à jour taxonomique de l'inventaire obtenu a permis de présenter l'ensemble des espèces selon la nomenclature actuelle, suivies de leur éventuel nom antérieur.

Parmi les 260 espèces identifiées, 10 sont nouvelles pour la flore algale des côtes algériennes, celles-ci s'ajoutent aux 5 nouvelles espèces antérieurement retrouvées dans la région d'Arzew (Ould'Ahmed, 1994). Ces dix espèces sont réparties en 2 Rhodobiontes : *Grateloupia lanceola*, *Lithophyllum decussatum*, 5 Chromobiontes : *Bachelotia antillarum*, *Cystoseira barbata*, *Cystoseira humilis*, *Myriotrichia repens* et *Nemacystus flexuosus*, 3 Chlorobiontes : *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*, *Monostroma grevillei* et *Ulvella lens*. Ces espèces viennent compléter l'inventaire des algues benthiques de l'Algérie, ce qui permet de dénombrer, à ce jour, 505 taxons.

Sur les 260 espèces recensées, 11 sont classées parmi les macrophytes introduites en Méditerranée, dont 8 sont des Rhodobiontes : *Antithamnionella elegans*, *Asparagopsis armata*, *Asparagopsis taxiformis*, *Bonnemaisonia hamifera*, *Chondria coerulescens*, *Griffithsia corallinoides*, *Hypnea spinella* et *Lophocladia lallemandii*, 2 Chlorobiontes :

Caulerpa racemosa var. *cylindracea* et *Codium fragile* et enfin une Chromobionte : *Colpomenia peregrina*.

Parmi ces espèces, 5 sont décrites comme invasives à l'échelle méditerranéenne. Il s'agit de : *Asparagopsis armata*, *Asparagopsis taxiformis*, *Lophocladia lallemandii*, *Codium fragile* et *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*. Cette dernière est récemment introduite sur nos côtes (Ould Ahmed et Meinesz, 2007).

L'étude floristique, basée sur le calcul des différents paramètres analytiques et synthétiques utilisés, a permis de mettre en évidence une prédominance des Rhodobiontes par rapport aux autres groupes taxonomiques (57%), ce qui corrèle avec la flore algale de la Méditerranée vue d'une manière générale. Le rapport R/P global obtenu est de 2.54, cette valeur se rapproche de celle rapportée par Feldmann (1931) pour la côte algérienne (3) ainsi que d'autres obtenues ailleurs en Méditerranée : à Banyuls (2,9 ; Feldmann, 1938), en Italie (2,45; Furnari et al., 2003), en Tunisie (2,9 ; Ben Maiz et al., 1987) et au Maroc (2, 9 ; Benhissoune, 2002). Ce résultat du rapport R/P traduit la présence, en Algérie, d'une flore algale marine à affinité tempérée de type méditerranéen.

Du point de vue écologique (en faisant abstraction du groupe des Divers), les résultats obtenus révèlent une dominance des espèces photophiles (29,61%) suivies, à moindre écart, des espèces sciaphiles (28,85%). Il s'agit respectivement des espèces exposées à la lumière qui proviennent des récoltes superficielles et de celles qui ont été prélevées en profondeur.

L'affinité biogéographique de la flore étudiée est essentiellement de type Atlantique, ce qui se manifeste par les valeurs relativement élevées du nombre d'espèces (81) et de la dominance qualitative (31,16%) de ce groupe. Parmi ces espèces, celles de l'Atlantique-boréal sont les plus représentatives (18,46%). Ces résultats biogéographiques de la flore algale d'Algérie sont similaires à l'affinité biogéographique décrite dans d'autres régions de la Méditerranée, comme les Baléares (Ribera, 1983), la Sicile et le Détroit de Messine (Giaccone et Rizzi-Longo, 1976) et la côte italienne (Furnari et al., 2003). C'est sans doute la conséquence de l'entrée des eaux Atlantiques, par le Détroit de Gibraltar, permettant l'installation des espèces d'origine atlantique en Méditerranée dont l'Algérie.

Quant à l'étude phytobiologique, celle-ci a permis, tout d'abord, d'illustrer l'impact d'un rejet thermique sur le phytobenthos superficiel (centrale de Mers-El-Hadjaj ; Arzew). Ce qui se traduit principalement par une fluctuation dans le nombre d'espèces, le recouvrement, le rapport R/P ainsi que sur la composition floristique, due à l'élévation de la température de l'eau. En effet, les plus petites valeurs du nombre d'espèces et du recouvrement ont été obtenues au niveau des stations les plus proches de l'effluent thermique durant les quatre saisons d'étude. Les valeurs du rapport R/P sont anormalement élevées (7,33) à proximité du rejet et se rapprochent de la « normale » en s'éloignant de celui-ci. Les Chromobiontes dont

les Cystoseires sont très rares, voire absentes, au niveau de ces mêmes stations et n'apparaissent qu'au niveau des stations les plus éloignées.

Les résultats phytosociologiques obtenus en profondeur ont mis en évidence une végétation « pauvre » dominée par une espèce thermophile : *Caulerpa prolifera* et ce, quelle que soit la saison. Le nombre d'espèces est d'autant plus faible au niveau des relevés avoisinant le rejet thermique, où parfois cette espèce est seule présente. Le recouvrement total est également au profit de cette espèce (100%) avec une légère baisse en s'éloignant du rejet. Les quelques espèces épiphytes et associées à cette algue sont d'une manière générale à affinité chaude. Notre étude permet d'admettre que *C. prolifera* répond favorablement à l'impact thermique.

L'étude phytosociologie du peuplement à *Caulerpa racemosa* (réalisée à Sidi-Fredj) a montré un nombre moyen d'espèces associées très faible, notamment en été, où parallèlement *C. racemosa* enregistre une valeur maximale de son recouvrement. C'est en effet la résultante de son expansion durant cette saison. La flore associée, peu nombreuse, est principalement composée de Corallinaceae et de quelques Cérariales. Ce sont également des Corallinaceae (encroutantes) qui ont surtout été décrites dans les peuplements associés à *C. racemosa* de Méditerranée occidentale en général (Klein et Verlaque, 2008). Cette étude phytosociologique confirme nos observations sur terrain où cette espèce est actuellement envahissante au niveau de l'aire étudiée.

L'analyse phytosociologique de la flore algale épiphyte des feuilles à *Posidonia oceanica* (à l'Anse de Kouali) a révélé une richesse spécifique. Celle-ci, est qualitativement dominée par les Rhodobiontes, dont particulièrement les Cérariales et quantitativement par les Chromobiontes dont notamment les Ectocarpales. Les Chlorobiontes sont les moins représentatives du peuplement à *P. oceanica*, aussi bien qualitativement que quantitativement. Un gradient décroissant du nombre d'espèces épiphytes est enregistré en fonction de la profondeur, ce qui est sans doute lié à la diminution de la lumière.

L'étude comparative des 12 localités (sites) étudiées, ont montré un coefficient T différent d'une localité à une autre. Les valeurs les plus élevées sont généralement proportionnelles au nombre d'échantillonnages effectué. Le maximum d'espèces a été obtenu à Ain Benian (132) et le minimum à Boumerdès (48). Néanmoins, quelques sites, comme la réserve marine protégée des Habibas et le Parc national de Taza, où seulement une récolte a été effectuée, ont mis en évidence une richesse spécifique non négligeable. Les Rhodobiontes sont les plus représentatives au niveau de tous les sites étudiés. Les Chromobiontes sont plus dominantes qualitativement au niveau des deux Parcs (Taza et Gouraya), ce qui est principalement dû à la présence de plusieurs espèces du genre *Cystoseira*, dont certaines sont absentes dans les autres sites d'étude. Les Cystoseires, d'une manière générale, régressent dans un milieu pollué, ce qui confirme la nature « propre » du milieu de ces deux Parcs. Les Chlorobiontes, particulièrement les Ulvales, prédominent à Mers-El Hadjaj (Arzew), ce qui traduit leur adaptation à la pollution thermique. Du point de vue écologique, les espèces photophiles sont

dominantes dans tous les sites à l'exception des îles Habibas, Taza et Gouraya. Ceci est en rapport avec l'échantillonnage réalisé respectivement en surface et en profondeur. Sur le plan biogéographique, les espèces atlantiques et cosmopolites prédominent au niveau de tous les sites étudiés et les endémiques viennent, d'une manière générale, en troisième position.

Des affinités entre un certain nombre de ces sites ont pu être démontrées par l'utilisation de l'indice de similitude de Sorensen. En effet, les valeurs les plus élevées de cet indice (> 0, 5) ont été obtenues entre les deux Parcs (Taza et Gouraya) et entre le Parc de Taza et l'aire marine protégée des Îles Habibas. Ces résultats traduisent une homogénéité entre les peuplements de ces trois sites, avec un nombre relativement important d'espèces communes, quelques-unes d'entre elles sont très rares, voire inexistantes dans les autres sites étudiés.

Les résultats de l'analyse factorielle des correspondances (AFC) confirment notamment ces affinités entre ces sites. En effet, cette analyse a permis de délimiter cinq groupes, principalement en fonction du degré de pollution, dont un s'est révélé englober les îles Habibas, le Parc de Taza, le Parc de Gouraya et Kouali (ce dernier étant en voie de classement). Ce groupe, se confirme comme étant constitué d'une communauté algale bien structurée, homogène, relativement équilibrée et non polluée.

L'analyse globale de ce travail a induit à différencier un certain nombre d'espèces dites « remarquables » (rares ou protégées en Méditerranée) (*Cystoseira amentacea* var. *stricta*,

C. ercegovicii, *C. sedoides*, *C. spinosa*, *Hypnea spinella*...). Parmi lesquelles, certaines constituent des peuplements et des paysages marins menacés de Méditerranée (forêt à *Dictyopteris polypodioides*, encorbellement à *Lithophyllum byssoides*, bourrelets à *Corallina elongata*...). Ces algues ont notamment été retrouvées au niveau des trois sites : Parcs de Taza, Gouraya et la réserve marine protégée des îles Habibas. Parallèlement, d'autres espèces non communes ont été retrouvées, celles-ci ne figurent pas actuellement sur des listes des espèces menacées ou en vue d'être protégées, mais méritent d'y être rajoutées vu leur rareté, du moins en Algérie. Ces espèces rares, paysages et peuplements marins, présents actuellement en Algérie, constituent un véritable patrimoine naturel qui nécessite un statut de conservation et la protection de leurs habitats. Ceci incite à l'élaboration et la mise en œuvre des législations appropriées.

L'étude moléculaire sur les espèces du genre *Cystoseira* a permis de construire un premier arbre phylogénétique avec les séquences obtenues (LSU rDNA), puis un second arbre combinant nos séquences avec celles d'autres espèces du même genre de la base de données de Gen-Bank. Cette analyse a permis de confirmer l'identification taxonomique de cinq espèces de *Cystoseira* dont les séquences de quatre espèces sont inédites (*C. compressa*, *C. crinita*, *C. amentacea* var. *stricta* et *C. barbata*) et celles d'une espèce (*C. tamariscifolia*) qui ne sont connues, jusque-là, que pour des exemplaires de l'Atlantique.

Quant au domaine d'application des algues, les essais d'extraction des phycocolloïdes réalisés sur les deux Phaeophyceae (*Cystoseira compressa* et *Sargassum vulgare*) et de l'agar

sur quatre Florideophyceae (*Gelidium spinosum*, *Pterocladia capillacea*, *Hypnea musciformis* et *Sphaerococcus coronopifolius*) ont permis de mettre en évidence les potentialités naturelles en alginates et en agars que pourraient avoir les algues des côtes algériennes. Les rendements en alginates obtenus sont relativement inférieurs à ceux mentionnés dans la littérature. Ces derniers correspondent en général aux espèces de l'Atlantique dont les rendements sont supérieurs à ceux des espèces des eaux chaudes (McHugh, 2003). En revanche, l'alginate obtenu s'est avéré avoir un très bon pouvoir gélifiant, comparable, voire meilleur, à celui rapporté par d'autres auteurs, dont Pérez (1997). Les rendements en agar obtenu sont comparables à ceux de l'agar extrait sur la même espèce (*G. spinosum*) de la côte Tunisienne (Ben Said *et al.*, 2009). Vu sa force de gel élevée, l'agar extrait se situe dans l'intervalle des agars qualifiés de « haute qualité ». Les résultats de sa température de gélification ainsi que de fusion se rapprochent de celles que nous avons enregistrées sur l'agar bactériologique.

D'autres expériences futures et plus étendues pourraient donner une réponse plus précise sur les possibilités d'exploitation des alginophytes et des agarophytes de l'Algérie.

Cette thèse, qui a eu pour objectifs de connaître, caractériser, conserver et d'utiliser, dans une certaine mesure, les algues marines des côtes algériennes, a permis d'apporter un supplément de données sur cette flore aussi riche que peu explorée. Cette étude est loin d'être définitive ; de nombreuses recherches, tant sur le plan biologique, écologique, chimique et autres sont encore nécessaires pour élucider les points obscurs que dissimulent ces algues plus « complexes » que ce que laisse voir leur aspect thallophyte.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aleem A. A.** 1993. *Marine algae of Alexandria, Egypt*. Alexandria: Privately published, [i-iv]:1-135.
- Andresen I. L.** & Smidsrod O. 1977. Temperature dependence of the elastic properties of alginate gels. *Carbohydrate Research*, 58: 271-279.
- Anon.** 2011. Listado preliminar de especies marinas de Canarias. *Observatorio Ambiental Granadilla, Tenerife*: 1-174.
- Anon.** 2012. *Inventaire national du Patrimoine naturel*. Website. Paris: Muséum National d'Histoire Naturelle. Accessed January 2012.
- Ardre F.** 1970. Contribution à l'étude des algues marines du Portugal. I. La flore. *Portug. Act. Biol.*, 10 (1-4): 1-423.
- Ariyo B.T.** 1997. Alginate oligosaccharides as enhancers of penicillin production in culture of *Penicillium chrysogenum*. *Biotechnology and bioengineering*, N° 53: 17-20.
- Athanasiadis A.** 1987. A survey of the seaweeds of the Aegean Sea with taxonomic studies on species of the tribe Antithamnieae (Rhodophyta). *Gothenburg: University of Gothenburg*; i-vii:1-174.
- Babbini L.** & Bressan G. 1997. Recensement de Corallinacées de la Mer Méditerranée et considérations phytogéographiques. *Bibliotheca Phycologica* 103: 1-421.
- Báez J.C., Olivero J., Real R., Vargas J.M. & Flores-Moya A.** 2005. Analysis of geographical variation in species richness within the genera *Audouinella* (Rhodophyta), *Cystoseira* (Phaeophyceae) and *Cladophora* (Chlorophyta) in the western Mediterranean Sea. *Botanica Marina* 48: 30-37.
- Báez J.C., Real R., Vargas J.M. & Flores-Moya A.** 2005. Chorotypes of seaweeds from the western Mediterranean Sea and the Adriatic Sea: An analysis based on the genera *Audouinella* (Rhodophyta), *Cystoseira* (Phaeophyceae) and *Cladophora* (Chlorophyta). *Phycological Research* 53(4): 255-265.
- Ballesteros E.** 1984. Els vegetals i la zonació littoral: Especies, comunitats i factors que influeixen en la seva distribució. *Thesis Doct.* Univ. Barcelona, Esp.: 1-587.

- Ballesteros E.** 1984. Els estatges supralitoral i mediolitoral de les illes Medes. « Els sistemes naturals de les illes Medes », Ros, *Olivella et Gili Eds.* Barcelona, Esp.: 647-659.
- Ballesteros E.** 1990. Check-list of benthic marine algae from Catalonia (North-West Mediterranean). *Treballs de l'Institut Botànic de Barcelona* 13: 5-52.
- Ballesteros E.** & Catalan J. 1983. Flora y vegetacion marina del litoral del Cabo del Gata y puerto de Roquetas de Mar (Almeria). Primera aproximacion. *Anal.Univ. Murcia. Cienc. Esp.* 42 (1-4): 236-276.
- Ballesteros E.,** Hereu B., Cebrian E., Weitzmann B. & Navarro L. 2010. *Rapport mission Scandola Cystoseira*: 1-32.
- Barber G.A.** 1971. The synthesis of galactose by plant enzyme systems. *Arch. Biochim. Biophys*, 147: 619-623.
- Barcelo I.** & Marti C. 1987. Estudi de la flora bentonica marina del Pais Valencia. *Tesis doctoral*, Univ. Barcelona, Esp.: 1-485.
- Barcelo M.C.** & Seoane Camba J. A. 1984. Nota sobre la variacion fenologica e *Cystoseira saugeauana* Hamel en las costas de Alicante. *Anales Biol.* 2: 45-54.
- Bashford L. A.,** Thomas R.S. & Woodman F.N. 1950. Manufacture from brown marine algae. *Journal of the Society of Chemical Industry*, 69: 337-343.
- Bellan-Santini D.** 1969. Contribution à l'étude des peuplements infralittoraux sur substrats rocheux (étude qualitative et quantitative de la frange supérieure). *Rec. Trav. Stn. Mar. Endoume*, 47 (63): 1-294.
- Bellan-Santini D.,** Lacaze J.C. & Poizat C. 1994. Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, Synthèse, Menaces et Perspectives. Collection Patrimoine Naturels-Volume N.19 Série Patrimoine écologique. *Edit. Mus. Hist.nat.* Paris., Fr.: 1- 246.
- Bellissimo G.** 2013. Effects of shallow water hydrothermal vents on phytobenthic communities. *Thesis (PHD) Technologies for sustainability and environmental remediation*, Univ. Barcelona (Espagne): 1-140.
- Bellon U.,** Lepverrier C., Magnej J. & Raymond D. 1997. L'activité éruptive dans l'algérois, nouvelles données géochronologiques. *Géologie Méditerranée*, 4(4): 1-289.
- Belsher T.** 1974. Séquence des effets d'un égout urbain en fonction de l'éloignement de la source de pollution, sur les peuplements photophiles de mode battu. Premiers résultats. *Soc. Phycol. Fr.*, 19: 158-163.

- Benchabane O.** 1988. Étude biochimique d'une algue brune des côtes algériennes : *Cystoseira sedoides*. *Ann. Inst. Nat. Agro.* (Alger), 12: 628-633.
- Benhissoune S.** 1995. Contribution à l'étude phytosociologique du phytobenthos marin de la région de Rabat-Mohammedia (Atlantique marocain). *Thèse 3eme cycle* (Bio. végétal) Algol.:1-238.
- Benhissoune S.** 2002. Contribution à l'étude de la flore des macroalgues marines du Maroc (Méditerranée et Atlantique). *Thèse Doct. Etat*, Univ. Mohammed V Rabat: 1-250.
- Benhissoune S., Boudouresque C.-F. & Verlaque M.** 2001. A checklist of marine seaweeds of the Mediterranean and Atlantic coasts of Morocco I. Chlorophyceae Wille *s. l.*. *Botanica Marina* 44: 171-182.
- Ben-Van D.** 1971. Les épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* Delile sur les côtes françaises de la Méditerranée. *Mém. Inst. Rech. Sci. Nat. Belgique*, 168: 1-101.
- Ben-Maiz N.** 1993. Évolution des peuplements phytobenthiques après travaux d'assainissement dans le Nord de Tunisie. Qualité du milieu marin. Indicateurs biologiques et physico-chimiques, Boudouresque C.F., Avon M., Pergent-Martini C. édit., *GIS. Posidonie publi.*, Marseille, Fr. : 89-104.
- Ben-Maiz N. & Boudouresque C.F.** 1986. Le benthos marin de l'île de Zembra (Parc National, Tunisie). *GIS Posidonie Publ.* Marseille Fr.: 3-199.
- Ben-Maiz N., Boudouresque C.-F., Lauret M. & Riouall R.** 1988. Inventaire bibliographique des macrophytes (Algues, Phanérogames) signalées dans l'Étang de Thau (Hérault, France). *Naturalia Monspel., Sér. Bot.* 52: 71-84.
- Ben-Maiz N., Boudouresque, C.-F. & Quahchi, F.** 1987. Inventaire des algues et phanérogames marines benthiques de la Tunisie. *Giornale Botanico Italiano* 121(5-6): 259-304.
- Ben Said R. & Ksouri J.** 2000. L'algue rouge *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss du lac de Bizerte (Tunisie) ; Teneur et qualité de l'agar-agar. *Proceedings of first Medit. Symp. Marine Vegetation* (Ajaccio): 87-96.
- Ben Said R., Romdane M.S., El Abed A. & Mrabet R.** 2009. La rhodophycée *Gelidium spinosum* (S.G. Gmelin) P.C. Silva, des côtes de Monastir (Tunisie) : quelques éléments hydrobiologiques et potentialités en agar-agar. *Afrique Science* 05(1): 126-146.

- Benzecri J. P.** 1982. L'analyse des données. 2. L'analyse des correspondances. *Dunod ed.*, Paris: 1-424.
- Benzohra M.** 1993. Les structures hydrodynamiques le long des côtes algériennes. *SOSMED Project.INOC Publi.*, (Morocco): 33-46.
- Benzohra M. & Millot C.** 1990. Analyse des caractéristiques hydrologiques et circulation des masses d'eaux dans la zone algérienne. In Production pélagique de la Méditerranée sud-occidentale. Campagne Médiprod V. *Campagne océanographique française*, 11: 88-89.
- Bianchi C. N.** 2007. Biodiversity issues for the forthcoming tropical Mediterranean Sea. *Hydrobiologia* 580(1): 7-21.
- Bianconi C.H., Boudouresque C.F. Meinesz A. & Disantof F.** 1987. Cartographie de la répartition de *Lithophyllum lichenoides* (Rhodophyta (dans la réserve de Scandola côte orientale de Corse, Méditerranée). *Trav. Sci. Parc nat. rég. Rés. nat. Corse, Fr.*, 13: 39- 63.
- Blanc J.J.** 1968. Sedimentary geology of the Mediterranean sea. *Oceanogr. mar. Biol. ann. Rev. UK.*, 6: 377-454 +Fig.17-55.
- Bodard M.** 1983. Mise au point sur les phycocolloïdes. *Bull. Soc. Bot.* 36 (12): 1-14.
- Boissete F. & Garcia Carrascosa A.M.** 1987. El fitobenthos de las islas Columbretes : flora y comunidades vegetales. (En Islas Columbretes. Contribucion al estudio de su medio natural). *Generalitat Valenciana, Esp.*: 269-302.
- Bonhomme P., Boudouresque C.-F., Bernard G., Verlaque M., Charbonnel E. & Cadiou G.** 2001. Espèces, peuplements et paysages marins remarquables de la Ciotat, de l'île Verte à la calanque du Capucin (Bouches du Rhône, France). *Contrat RAMOGE & GIS Posidonie publ.*, Fr.: 1-132.
- Bouiadjra B.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* (Supplement1): S97-S101.
- Boudouresque C.-F.** 1969. Note préliminaire sur le peuplement algal des biotopes sciaphiles superficiels le long des côtes de l'Algérois et de la Kabylie. *Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille, Fr.*, 29: 165-187 + 2tab.
- Boudouresque C.-F.** 1970. Recherche de Bionomie analytique, structurale et expérimentale sur les peuplements benthiques sciaphiles de Méditerranée occidentale (fraction algale) *Thèse Doctorat d'État, Univ. Aix-Marseille II, Fr.*: 1-624.

- Boudouresque C.-F.** 1971. Méthode d'étude qualitative et quantitative du benthos (en particulier du phytobenthos). *Téthys*, Fr., 3(1): 79-104.
- Boudouresque C.-F.** 1971. Contribution à l'étude phytosociologique des peuplements algaux des côtes varoises. *Végétatio*, Netheri., 22 (1-3): 83-184.
- Boudouresque C.-F.** 1984. Groupes écologiques d'algues marine et phytocénoses benthiques en Méditerranée nord-occidentale : une revue. *G. bot. ital.*, 118 (1-2): 7-42.
- Boudouresque C.-F.** 1993. Etat actuel de la biodiversité marine en Méditerranée. Pollution of Mediterranean Sea : Pollution research and environmental monitoring .Analyses, recommendations and assessment of scientific and technological options. BRIAND F. edit. European Parliament, Sirectorate General for Research, Scientific and Technological Option Assessment (STOA) *CIESM publ.* Monaco: 75-95.
- Boudouresque C.-F.** 1996. Impact de l'homme et conservation du milieu marin en Méditerranée. 2ème édition. *GIS. Posidonie publ.*, Marseille, Fr.: 1-243.
- Boudouresque C.-F.** 1999. Introduced species in the Mediterranean: routes, kenetics and consequences. *Proceedings of the workshop on invasive Caulerpa in the Mediterranean.* UNEP publ. (Athens, Greece): 51-72.
- Boudouresque C.-F.** 2004. Marine biodiversity in the Mediterranean: status of species, populations and communities. *Scientific Report of Port-Cros National* 20: 97-146.
- Boudouresque C.-F.** 2008. Les espèces introduites et invasives en milieu marin. Troisième édition. *GIS Posidonie publ.*, Marseille: 1-201.
- Boudouresque C.-F.,** Augier H. & Guenoun Y. 1972. Végétation marine de l'île de Port-Cros (Parc National).VIII-Premiers résultats de la croissance *in situ* de *Lithophyllum tortuosum* (Rhodophycées , Corallinacées). *Bull. Mus. Hist. nat.* Marseille, Fr., 32: 197-215.
- Boudouresque C.-F.,** Ballesteros E., Ben Maiz N., Boisset F., Bouladier E., Cirik S., Cormaci M., Jeudy De Grissac A., Laborel J., Lanfranco E., Lunderg B., Mayhoub H., Meinesz A., Panayotidis P., Semroud R.,Sinnassamy J.M., Span A. & Vuignier G. 1990. *Livre rouge "Gérard Vuignier" des végétaux, peuplements et paysages marins menacés de Méditerranée;* Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE-PAM CAR-ASP-IUCN) et *GIS Posidonie publ.*: 1-250.

- Boudouresque C.-F.**, Beaubrun P.C., Relini G., Templado J., Van Klaveren M.C., Van Klaveren P., Walmsley J.G. & Zotier R. 1996. Critères de selection et liste révisée des espèces en danger et menacées (marines et saumâtres). *GIS Posidonie Publishers*, Marseille, Fr.: 1-73.
- Boudouresque C.-F.** & Gómez A. 1995. Une approche moderne du monde végétal. Première partie. *Gis Posidonie Publishers*: 1-185.
- Boudouresque C.-F.**, Meinesz A. & Verlaque M. 1992. Guide des algues des mers d'Europe : Méditerranée. *Delachaux et Nestlé édit.*: 1- 231.
- Boudouresque C.-F.** & Perret M. 1977. Inventaire de la flore marine de Corse (Méditerranée): Rhodophyceae, Phaeophyceae, Chlorophyceae et Bryopsidophyceae. *Bibliotheca Phycologica* 25: 1-171.
- Boudouresque C.-F.** & Verlaque M. 2002. Biological pollution in the Mediterranean Sea: invasive versus introduced macrophytes. *Marine Pollution Bulletin*, 44:32-38.
- Boumaza S.** 1995. Phénologie, biomasse, lepidochronologie et production primaire de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L) Delile de l'anse de Kouali, Tipaza (Algérie). *Thèse de Magister* en océanologie, option écologie marine: 1-125.
- Bouras D.**, Mattallah A., Mouffok S. & Boutiba Z., 2007. Evolution bioclimatique et actions de développement sur le littoral occidental. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, 6: 91-104.
- Bouroumi M.T.** 2014. Le littoral algérien entre dégradation et protection du patrimoine, cas de la commune côtière d'Ain El Türck . *Actes, Coll. Francophone International Cultures, Territoires et Développements durable*, ESPE, Fr.: 1-23.
- Boutiba M.** 1996. Étude en vraie grandeur du mode de fonctionnement des ouvrages de protection de la plage Est de Sidi-Fredj (Ouest-Algérois). *Thèse de Magister* en aménagement du littoral, I.S.M.A.L (Alger): 1-123. + Annexes.
- Box A.**, Sureda A., Tauler P., Terrados J., Marba N., Pons A. & Deudero S. 2010. Seasonality of caulerpenyne content in native *Caulerpa prolifera* and invasive *C. taxifolia* and *C. racemosa* var. *cylindraceae* in western Mediterranean Sea. *Botanica Marina* 53(4): 367-375.
- Braud J.P.** 1974. Étude de l'acide alginique extrait de *Laminaria ochrolenca*. *Revue des travaux de l'institut des pêches maritimes*, 38(2): 163-192.

- Buia M. C.**, Cormaci M., Furnari G. & Mazzella L. 1985. Osservazioni sulla struttura delle prateri di *Posidonia oceanica* (L.) Delile di Capo Passero (Siracusa) e studio della macroflora epifita della foglie. *Bull. Accad. Gioenia Sci. Nat.* Catania, Ital.: 463-484.
- Buia M. C.**, Cormaci M., Furnari G. & Mazzella L. 1989. *Posidonia oceanica* off Capo Passero (Sicily, Italy): leaf phenology and leaf algal epiphytic community. In: *Second International Workshop on Posidonia oceanica Beds* (Boudouresque C.-F., Meinesz A., Fresi E. & Gravez V. eds.) *GIS Posidonie publ.*, Marseille, Fr.: 127-143.
- Burrows E.M.** 1991. Seaweeds of the British Isles. 2 ; Chlorophyta. *Natural History Museum Publ.*, Londres: 1-238.
- Cabioch J.** 1966. Contribution à l'étude morphologique, anatomique et systématique des deux Mélobesiées ; *Lithothamnion calcareum* (Pallas) Areschoug et *Lithothamnion corallinoides* Crouan. *Botanica Marina* 9: 33-53.
- Casola E.** & Scardi M. 1989. Variabilità della comunità epiphyta sulle due facce delle lamine fogliari di *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Oebalia*, N.S. 15(1): 889-897.
- Chapman V.J.** & Chapman D.J., 1980. Seaweeds and their uses. London *Chapmann and Hall edit.* 3: 1-334.
- Chee S-Y.**, Wong P. K., Wong C-L. 2010. *Extraction and characterisation of alginate from brown seaweeds (Fucales, Phaeophyceae) collected from Port Dickson, Peninsular Malaysia.* *Journal of Applied Phycology*, 23 (2): 191-196.
- Chenouf N.** & Chalabi A. 2004. Présentation des aires proposées pour inscription sur la liste des ASPEM. *Rapp. Minist-Amenag. Territ. et de l'Environn.*:1-36.
- Choukhi A.** 1993. Pollution marine des côtes algériennes, moyens de la combattre et la réduire. *SOSMED Project. INOC Publi.*, (Morocco): 115-125.
- Cinelli F.**, Cormaci M., Furnari G. & Mazella L. 1984. Epiphytic macroflora of *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves around the island of Ischia (Gulf of Naples). In: *International Workshop on Posidonia oceanica Beds* (Boudouresque C.-F., Jeudy de Grissac A. & Olivier J. eds.) *GIS Posidonie publ.*, Marseille, Fr. 1: 91-99.
- Cinelli F.**, Drago D., Furnari G., Giaccone G., Scammacca B., Solazzi A., Sortino M. & Tolomio C. 1976. Flora marina dell'Isola di Linosa (Arcipelago delle Pelagie). The sea flora of Linosa Island (Pelagic Islands). *Mem. Biol. Mar. Ocean.* 6: 141-172.

- Cirik S.**, 1978. Recherche sur la végétation marine des côtes torques de la mer Egée. Etudes particulières des Peyssonneliacées de Turquie. *Thèse Doct. Univ. P. et M. Curie*: 1- 172 + 128pl.
- Cirik S.** 1991. À propos de la végétation marine d'Akkuyu (Merzsin, Turquie). *Flora Mediterranea*, 1: 205-212.
- Cirik S. & Morsli M.** 1986. Étude préliminaire sur les algues du golfe de Bejaïa. *Rapp. PV. Réun. Commiss. Internat. Explor. Scie. mer Medit.*30(2): 2p.
- Conan P. & Millot C.** 1995. Variability of the Northern current of Marseille, Western Mediterranean sea, from february to june 1992. *Oceanologica Acta*, 18 (2): 193-205.
- Couceiro L., Maneiro I., Mauger S., Valero M., Ruiz J.M. & Barreiro R.** 2011. Microsatellite development in Rhodophyta using high-throughput sequence data. *Journal of Phycology* 47(6): 1258-1265.
- Cormaci M., Duro A. & Furnari G.** 1982. Considerazioni Sugli elementi filogeografia della flora algale di Sicilia. *Naturalista Sicil.*, S. IV, VI (suppl.) 1: 7-14
- Cormaci M., Furnari G., Catra M., Alongi G. & Giaccone G.** 2012. Flora marina bentonica del Meiterraneo : Phaeophyceae. *Bull. Acc. Gionenia Sci. Nat.* N°. 375: 1-508.
- Cormaci M., Furnari G., Giaccone G. & Serio D.** 2004. Alien macrophytes in the Mediterranean Sea: a review. *Recent Research Developments in Environmental Biology*, 1: 153-202.
- Cotton A. D.** 1912. Clave Island Survey. Part 15. Marine algae, Proc. Irish Acad., 31: 1-178.
- Dalongeville R.** 1980. Vues nouvelles sur le littoral actuel de Sicile : trottoir de corrosion, trottoir construit, formes mixtes, *Bull. Lab. rhod. Géomorphol.*, Fr., 7: 51- 53.
- Dangeard P.J.L.** 1949. Les algues marines de la côte occidentale du Maroc. *Le Botaniste* 34: 89-189.
- Das M.K.** 2010. Algal Biotechnology New Vistas. *Daya Publishing House* (India): 1-301.
- Daws C.J.**, 1997. *Marine Botany*. 2nd Ed: 1-578.
- De Clerck O., Lane C., Leliaert F., Payo D.A. & Coppejans E.** 2005. The Dictyotales revisited: a morphological and molecular perspective. *Phycologia* 44(4): 26-26.

- De Clerck O.**, Leliaert F., Verbruggen H., Lane C. E. & De Paula J. C. Payo D. A., Coppejans E. 2006. A revised classification of the Dictyoteae (Dictyotales, Phaeophyceae) based on *rbcL* and 26S ribosomal DNA sequence analyses. *J. Phycol.* 42(6): 1271-1288.
- Debray F.** 1897. *Catalogue des algues du Maroc, Algérie et de la Tunisie*. Librairie Adolphe Jourdan, Alger: 1-77.
- Delamare-Debouteville C.** & Bougis P. 1951. Recherche sur le trottoir d'algues calcaires effectuées à Banyuls pendant le stage d'été 1950. *Vie et Milieu*, Fr., 2(2): 161-181.
- Delepine R.**, Boudouresque C.-F., Frada-Orestano C., Noailles M.C. & Asensi A. 1987. Algues et autres végétaux marins. *Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Révision I méditerranée et mer Noire, Zone de pêche 37, Volume I Végétaux et invertébrés*, FAO, Rome, Italie: 1-136.
- Desrosier G.**, Bellan-Santini D. & Brethes J.C. 1982. Évolution spatio-temporelle des peuplements de substrats rocheux superficiels dans le golfe soumis à de multiples pollution (Golfe de Fos, France). *Téthys* 10(3): 245-253.
- Dhont F.** & Coppejans E. 1977. Résultats d'une étude d'aire minimale de peuplements algaux photophiles sur substrat rocheux à Port-Cros et à Banyuls (France). *Rapp. P. V. Réunions Comm. intern. Explor. sci. Mer Médit.*, Monaco, 24(4):141-142.
- Diapoulis A.** 1983. Étude qualitative et quantitative du phytobenthos du golfe Saronikos. *Thèse de Doct.*, Univ. de Thessaloniki: 1-171.
- Diapoulis A.** 1985. Etude du recouvrement et du nombre d'espèces d'algues du golfe de Saronikos (Athènes, Grèce). *Rapp. Commiss. internation. Mer Médit.*, 29(5): 265-266.
- Dieuzeide R.** & Goeau-Brissonniere W. 1951. Les prairies de Zostères naines et de Cymodocées (« mattes ») aux environs d'Alger. *Bull. Trav. Pub. Stat. Aquac. Pêche Castiglione (Alg.)*, 5(3): 9-53.
- Doyle J. J.** & Doyle J.L. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochem Bull.* 9: 11-15.
- Draisma G.A.**, Ballesteros E., Rousseau F. & Thibaut T. 2010. DNA Sequence data demonstrate the polyphyly of the genus *Cystoseira* and other Sargassaceae genera (Phaeophyceae). *J. Phycol.* 46: 1329-1345.
- Faller H.** 2011. Les applications et la toxicité des algues marines. *Thèse Doct. Pharmacie*, Univ. Limoges: 1-132.

Feldmann J. 1931. Contribution à la flore algale marine de l'Algérie. Les algues de Cherchell. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 22: 179-254.

Feldmann J. 1933. Contribution à la flore algologique marine de l'Algérie (fascicule 2). *Bull. soc. Hist. nat. Afr. Nord*, 24: 360-366.

Feldmann J. 1934. Les Laminariales de la Méditerranée et leur répartition géographique. *Bull.Trav. Stat.Aqacult.peche, Castiglione, Algeria*, 2: 143-184.

Feldmann J. 1935. Sur quelques algues marines nouvelles pour l'Algérie.. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 26 (6): 1p.

Feldmann J. 1938. Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée. La côte des Albères. *Rev Algol., Fr.*, 10 (1-4): 1-340 + 20 pl.

Feldmann J. 1939. Addition à la flore des algues marines de l'Algérie. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord, Algeria*, 30: 453-454

Feldmann J. 1941. Un nouveau *Peyssonnelia* des côtes Nord africaines. *Bull. soc. Hist. nat. Afr. Nord*. 32: 284-288.

Feldmann J. 1942. Les *Kalymenia* (Rhodophycees, Cryptonemiales) des côtes d'Algérie. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord, Algeria*, 33: 7-14.

Feldmann J. 1943. Contribution à l'étude de la flore marine de profondeur sur les côtes d'Algérie, *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord, Algeria*, 34: 150-167.

Feldmann J. 1944. Une nouvelle espèce de *Cystoseira* (Fucales, Sargassacées) des côtes d'Algérie. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord, Algeria*, 35: 7-10.

Feldmann J. 1949. L'ordre des Scytosiphonales. Travaux botaniques dédiés à René Maire, *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord, Algeria*, 2: 103-115.

Feldmann J. 1951. La flore marine de l'Afrique du Nord, *C.R.Sciences, Soc. Biogeogr. Fr.*: 103-108.

Feldmann J. 1961. Note sur les algues marines de la Galite. *Rapp. PV.Réun. Commiss. Internat. Explor.Sci.mer Médit.*, 16(2): 503-508.

Feldmann J. & Feldmann G. 1938. Présence de *Lophocladia lallemandii* (Mont.) Schmitz aux environs d'Alger. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord*, 29: P.49.

- Feldmann J.** & Feldmann G. 1939. Addition à la flore des algues marines de l'Algérie. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord*, 30 (2): 453-464.
- Feldmann J.** & Feldmann G. 1942. Addition à la flore des algues marines de l'Algérie. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord*, 33(3): 230-245.
- Feldmann J.** & Feldmann G. 1945. Sur les cellules sécrétrices à mucilage de certains *Kalymenia* (Rhodophycées). *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord*, 35: 41-46.
- Feldmann J.** & Feldmann G. 1947. Addition à la flore des algues marines de l'Algérie. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord*, 33(4): 80-91.
- Feldmann J.** & Hamel G. 1936. Floridées de France VII. Gelidiales. *Rev. Alg., Fr.*, 9(1): 85-140+ 6pl.
- Feldmann J.** & Magne M.F. 1964. Additions à l'inventaire de la flore marine de Roscoff algues, champignons, lichens. *Travaux Station Biologique de Roscoff, Nouvelle Série* 15 (New supplément): 1-23.
- Feldmann-Mazoyer G.** 1936. Un nouveau genre de Céramiacées : *Callithamniella*. *Bull. Stn. Aquacult. Pêche Castiglione, Algeria*: 91-101.
- Feldmann-Mazoyer G.** 1940. Recherche sur les Ceramiaceae de la Méditerranée occidentale. *Thèse Doct.* Impr. Minerva, Alger, Algérie: 1-510.
- Feldmann-Mazoyer G.** 1941. Écologie et répartition géographique des Ceraniacées méditerranéennes. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord, Algeria*, 32: 62-78.
- Feldmann-Mazoyer G.** 1942. À propos de quelques *Spermothamnion* à Polysporanges. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord, Algeria*, 33: 15-18.
- Feldmann-Mazoyer G.** 1949. Une nouvelle espèce de *Chondria* des côtes d'Algérie. *Trav. Bota. dédiés à René Maire, Mém. hors-série. Soc. Hist. nat. Afr. Nord, Algeria*, 2: 95-101.
- Fleurence F.**, Kaas R. 1999. Les algues marines: une source méconnue de protéines végétales. *Equinoxe* 56: 12-17.
- Frangoudes K.**, Jacob C., Lesueur M. & Mesnidrey L. 2012. Etats des lieux de la filière des macroalgues en Europe. *Netalgae Publi.*: 1-12.

- Furnari G.**, Cormaci M. & Serio D. 1999. Catalogue of the benthic marine macroalgae of the Italian coast of the Adriatic Sea. *Boccone* 12: 1-214.
- Furnari G.**, Giaccone G., Cormaci M., Alongi G. & Serio D. 2003. Biodiversità marina delle coste italiane: catalogo del macrofitobenthos. *Biologia Marina Mediterranea* 10(1): 1-482.
- Gallardo T.**, Gómez Garreta A., Ribera M.A., Alvarez M. & Conde F. 1985. A preliminary checklist of Iberian benthic marine algae. *Real. Jardín Botánico. Madrid*: p. 83.
- Gallardo T.**, Gómez Garreta A., Ribera M.A., Cormaci M., Furnari G., Giaccone G. & Boudouresque C.F. 1993. Check-list of Mediterranean Seaweeds, II. Chlorophyceae Wille s.l. *Botanica Marina* 36: 399-421.
- Garon-Lardiere S.** 2004. Étude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsis armata* (Bonnemaisoniales). *Thèse doct. Chimie, Univ. Bretagne ; Fr.*: 1-332.
- Gayral P.** 1966. Les algues des côtes Françaises (Manche et Atlantique). *Ed. Doin Paris*: 1-611.
- Giaccone G.** 1968. Contributo allo studio fitosociologico dei popolamenti algati del Mediterraneo orientale. *Gion. Bot. Italiano*, 102 (6): 485-506.
- Giaccone G.** 1969. Raccolte di fitobenthos sulla banchina continentale italiana. *Gion. Bot. Italiano*, 4: 485-514.
- Giaccone G.** 1978. Revisione della flora marina del mare Adriatico. *Parco marino di Miramare, Ital.*, 6(19): 1-118.
- Giaccone G.** 1991. Biogeografia di alghe brune e tettonica a zolle. *Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat.* 24(337): 65-86.
- Giaccone G.**, Collona P., Graziano C., Mannino A.M., Tornatore E., Cormaci M., Furnari G. & Scammacca B. 1985. Revisione della flora marina di Sicilia e isole minori. *Boll. Acc. Gioenia di Sci. Nat. Catania; Ital.* 18(326): 537- 781.
- Giaccone G.** & Rizzi-Longo L. 1976. Revisione della flora dello stretto di Messina (note storiche, biomiche e corologiche). *Mem. Biol. mar. Oceanogr. Ital.*, 6(3): 69-123.
- Giaccone G.** & Sortino M. 1974. Zonazione della vegetazione marina delle isole Egadi (canale di Sicilia). *Lav. Ist. bot. Giard. coll. Palermo, Ital.*, 25: 166-183+3pl.

- Gómez Garreta A.** 2001. Flora phycologica iberica 1.Fucales, Universidad de Murcia, *Gomez-Garreta A. Ed.*: 1-192.
- Gómez Garreta A.** Ribera Siguan M.A., Salvador Soler N., Rull Lluch J. & Kapraun D.F. 2010. Fucales (Phaeophyceae) DNA contents consistent with ancestral cryptopolyploidy. *Phycologia* 49 (1): 64-72.
- Gómez Garreta A.** Ribera Siguan M.A., & Senane Camba J.A. 1979. Nuevas citas para la flora algologica de Baléares. *Acta bot. Malacit.*, 5: 29-38.
- González R.M.** & Afonso Carrillo J. 1990. Estudio de 4 especies de *Cystoseira* C. Agardh (Phaeophyta, Fucales). En Punta del Hidalgo, Tenerife (Islas Canarias). *Vieraea* 18: 205-234.
- González García J.A.** and Conde Poyales, F. 1994. Catálogo del macrofitobentos del Mediterráneo de Marruecos. *Acta Botanica Malacitana* 19: 5-27.
- Goulard F.**, Diouris M., Deslandes E. & Floch J.V. 1999. Nucleotides, nucleoside sugar and UDP-glucose-4-epimerase activity in the iota-carrageenophytes *Soliera chordalis* and *Calliblepharis jubata* (Rhodophyceae). *Eur.Phycol.* 34: 21-25.
- Gravez V.**, Boudouresque C.F. & Ruitton S. 2005. Proposition d'une stratégie de contrôle des espèces envahissantes marines dans les eaux du Parc national de Port-Cros, illustrée par le cas de deux espèces de *Caulerpa*. *GIS Posidonie et Parc national de Port-Cros publ.*, Fr: 1-68.
- Grimes S.** 2005. Les aires marines et côtières protégées en Algérie. « Marine & Coastal Protected Areas » *INOC Publ.*: 101 - 111.
- Grimes S.** 2005. Plan de gestion de l'aire marine du parc national d'El Kala. *Med MPA/PNUE/PAMCARASP*: 1-148.
- Grimes S.** 2012. Rapport du comité de pilotage du site des îles Habibas « Aménagement des îles Habibas » *Rapp. Projet CNL*: 1-7.
- Guibout P.**, 1987. Atlas hydrologique de la Méditerranée. *Edit. Ifremer-Shom* (Paris): 1-150.
- Guiry M.D.** & Guiry G.M. 2013. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on October 2013.
- Hamel G.** 1926. Quelques algues rares ou nouvelles pour la flore méditerranéenne. *Bull. Mus. natn. Hist. nat. Fr.*, 32 (6): p.420.
- Hamel G.** 1930. Chlorophycées des côtes françaises. *Rev. Algol.* 1 à 6: 1-168.

- Hamel G.** 1931-1939- *Phéophycées de France* Paris I-XL VII: 1-432+ 10pl.
- Hamel G.** & Lemoine M. 1952. Corallinacées de France et d'Afrique du Nord. *Arch. Mus. nat. Hist. Nat. Fr.*, 7^{ème} série: 17-136.
- Harvey J. B. J.** & Goff L. J. 2006. A reassessment of species boundaries in *Cystoseira* and *Halidrys* (Phaeophyceae, Fucales) along the North American west coast. *J. Phycol.* 42 (3): 707-720.
- Haug A.** 1964. Composition and properties of alginates, Reports of the Norwegian Institute of *Seaweed Research*, 30: 1-25.
- Haug A.**, Larsen B. & Smidsrod O. 1974. Uronic acid sequence in alginate from different sources. *Carbohydrate Research*, 32: 217-225.
- Hernández I.**, Bermejo R., Pérez-Lloréns J.L. & Vergara J.J. 2010. Contribución al conocimiento de los macrófitos marinos del saco interno y caños adyacentes de la Bahía de Cádiz. *ALGAS. Boletín de la Sociedad Española de Ficología* 43: 11-16+ 7 Fig.
- IUCN.** 1994. IUCN Red List categories, *IUCN publ.*, Gland, Suisse: 1-21.
- IUCN-UNEP.** 1988 The Mediterranean monk seal. *REIJNDERS P.J.H., VISSCHER M.N. de RIES E. Edit.*, *IUCN publ.*, Gland, Suisse: 1-59.
- Kadari-Méziane Y.** 1994. Contribution à l'étude de l'impact de la pollution sur la distribution spatio-temporelle des peuplements phytobenthiques dans la baie de Bou-Ismaïl (Algérie). *Thèse Magister ENS Alger.* 1-226.
- Klein J.** & Verlaque M. 2008. The *Caulerpa racemosa* invasion. A critical review. *Mar. Pollut. Bull.* 56: 205-325.
- Kloareg B.** & Quatrano R.S. 1988. Structure of the cell walls of marine algae and ecophysiological functions of the matrix polysaccharides. *Oceanography and Marine Biology. An Annual Review*, 26: 259-315.
- Laborel J.** 1987. Marine biogenic constructions in the Mediterranean, a review. *Sci. Rep. Port-Cros nation.Park*, Fr., 13: 97-126.
- Laborel J.**, Boudouresque C.F. & Laborel-Deguen F. 1994. Les bioconcrétionnements littoraux de Méditerranée in: *Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèse*,

menaces et perspectives. Bellan-Santini D., Lacaze J.C., Poizat C. édit., *Muséum National d'Histoire Naturelle publ.*, Paris: 88-97.

Laborel J., Delibrias G. & Boudouresque C.F. 1983. Variations récentes du niveau marin à Port-Cros (Var, France), mises en évidence par l'étude de la corniche littorale à *Lithophyllum tortuosum*. *C. R. hebd. Séances Acad. Sci.*, Paris, Fr., 297: 157-160.

Larid M. 2003. Mer et littoral. *Rapport sur l'État de l'Environnement* (Algérie), Direction Générale de l'Environnement, *Plan National d'Actions Environnementales, 1ère Phase: bilan et diagnostic. Rapport d'expert n°6, Gestion des zones côtières*: 1-73.

Lauret M. 2004. Valorisation et écosystèmes des producteurs primaires marins. Macroalgues, Microalgues, Phanerogames. *Université de Montpellier2 édit.*: 1-79.

Lebart L., Morineau A. & Tabart N. 1977. Techniques de la description statistique, méthodes et logiciels pour l'analyse des grands tableaux. *Dunod ed.* Paris: 1-351.

Leclaire L. 1972. La sédimentation holocène du versant méridional du bassin algéro-baléares (Précontinent algérien) *Mém. Mus. Hist. nat.*, 24: 1-391.

Leclerc V. & Floch J.-Y. 2010. *Les secrets des algues. Carnets de sciences*, ISSN: 2110-2228.

Lefèvre A. 1992. Les fronts méditerranéens des sources fertiles. *La recherche*, Fr., 239 (23): 98-99.

Legall J. Y. 1969. Étude de l'endofaune des pelouses de zostéracées superficielle de la baie de Castiglione (Algérie). *Téthys 1(2)* : 395-420.

Legendre L. & Legendre P. 1979. Écologie numérique. 1. Le traitement multiple des données écologiques. *Masson édit.*, Paris: 1-197.

Legendre L. & Legendre P. 1984. Écologie numérique. 2. La structure des données écologiques. *Masson édit.*, Paris: 1-197.

Lemoine M. 1940. Les algues calcaires de la zone néritique: *Soc. Biogéogr.*, 7: 75-138.

Lemoine M. 1957. Algues calcaires des fonds coralligènes du Cap Carbon. Résultats des campagnes du « Professeur Lacaze-Duthiers », *Vie et Milieu*, Fr., 2 (Suppl. 6): 235-307.

Lestang-Bremond G. & Quillet M. 1980. Les polysaccharides des parois des algues brunes. Les polymères végétaux. *Ed. Bordas*, Paris: 289-303.

- Libes M.** 1984. Teneur en pigments chlorophylliens de *P.oceanica* (Potamogetonaceae) et de ses épiphytes. In: International Workshop *Posidonia oceanica* Beds, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A. & Olivier J. edit., *GIS. Posidonie publ.*, Marseille, Fr., 1: 261-269.
- Littler D.S.**, Littler M.M. & Hanisak M.D. 2008. Submersed plants of the Indian River Lagoon. *Washington, D.C.*: 1-286.
- Lund S.** 1959. The marine algae of east Greenland. I-Taxonomical part. *Med. Groenland. Danm.* 156(1): 1-247.
- Mabeau S.**, Rochas C. & Vallot O. 1990. De nombreux débouchés nouveaux ou potentiels. *Biofutur*, N°10: 30-35.
- Mabile S.** & Piante C. 2005. Répertoire global des aires marines protégées en Méditerranée. *Fondation WWF-France*. Paris, France xii: 1-132.
- Magne F.** 1976. Quelques caractères cytologiques particuliers du *Bachelotia antillarum* (Phéophycées, Ectocarpales). *J. Phycologia* 15: 309-319.
- Manley S.** & Burns D.J. 1991. Formation of nucleoside diphosphate monosaccharide (NDP-sugars) by the agarophyte *Pterocladia capillacea* (Rhodophyceae). *J. Phycol* 27: 702-709.
- Marinho-Soriano E.** & Bourret E. 2003. Effects of season on the yield and quality of agar from *Gracilaria* species (Gracilariaceae, Rhodophyta). *Biores. Techn.* 90: 329-333.
- Marshall O. J.** 2004. Perl Primer: cross-platform, graphical primer design for standard, bisulphite and real-time PCR. *Bioinformatics*, 20(15): 2471-2472.
- Matshuiro B.** & Urzua C.C. 1991. Agars from Chilean Gelidiaceae". *Hydrobiologia*, 221: 149-156.
- Mayhoub H.** 1976. Recherches sur la végétation marine de la côte syrienne. Étude expérimentale sur la morphogenèse et le développement de quelques espèces peu connues. *Thèse Doct.Etat*, Univ. Caen, Fr.: 1-286 +16pl.
- Mazoyer G.** & Feldmann J. 1937. Addition à la flore marine de l'Algérie. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord*, Algeria, 28: 318-321.
- Mazzella L.**, Cinelli F., Ott J. & Klepal W. 1981. Studi sperimentali «in situ» sull' epifitismo della *Posidonia oceanica* Delile. *Quad. Lab. Tecnol. Pesca*, Ital, 3(1 suppl.): 481-492.

- Mazzella L.** & Russo G. F. 1989. Grazing effect of two *Gibbula* species (Mollusca, Archaeogastropoda) on the epiphytic community of *Posidonia oceanica* leaves. *Aquatic Bot.*, 35: 357-373.
- Mazzella L.**, Scipione M. B. & Buia M. C. 1989. Spatio-Temporal Distribution of Algal and Animal Communities in a *Posidonia oceanica* Meadow. *Mar. Ecol.*10: 107-129.
- McHugh D.J.** 2002. Prospects for seaweed production in developing countries. *FAO Fisheries Circular edit.* N°968 (Rome): 1-28.
- McHugh D.J.** 2003. A guide to the seaweed industry. *FAO Fisheries Technical paper edit.* (Rome):1-105.
- Medina-Pons F.J.** 2011. Diversidad y funcionamiento de la comunidad epifita eucariota de las hojas de *Posidonia oceanica*. *Thesis Doct.* Univ. Baléares, Esp.:1-202+annexes.
- Meinesz A.** 1973. Les Caulerpales des côtes françaises de la Méditerranée : Biologie et Écologie. *Thèse de 3^{ème} cycle.* Univ. Paris VI: 1- 95+ 18pl.
- Meinesz A.** 1979. Contribution à l'étude de *Caulerpa prolifera* (Forssakal) Lamouroux (Chlorophyceae, Caulerpales) I. Morphogénèse et croissance dans une station des côtes continentales françaises de la Méditerranée. *Bot. Mar.* 22: 27-39.
- Meinesz A.** 1980. Contribution à l'étude des Caulerpales (Chlorophytes) avec une mention particulière aux espèces de la Méditerranée occidentale. *Thèse Doct. Sci.* Univ. Nice (France):1-266.
- Meinesz A.**, Cottalorda J.M., Chiaverini D., Garcia D., Javel F. & Gilletta L. 2002. Suivi de l'invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée : situation devant les côtes françaises et monégasques au 31 Décembre 2001. *Rapport Laboratoire Environnement marin Littoral, Université de Nice Sophia-Antipolis publ.*, Nice: 1-261.
- Meinesz A.** & Verlaque M. 1979. Note préliminaire sur concernant quelques expériences de repiquage de *Caulerpa prolifera* et de *Zostera noltii* dans la zone de rejet de l'effluent thermique de la centrale thermique de Martigues-Ponteau (Golfe de Fos; France). *Rapp. Comm. inter. Mer. médit.*, 25-26(4): 209-212.
- Millot C.** 1987. The circulation of the Levantine Intermediate Water in the algerian basin. *J. Geophys. Res.*, 92 (C4): 8265-8276.
- Millot C.** 1991. Mesoscale and seasonal variabilities on the circulation in the western Mediterranean Sea. *Dynamic of Atmospheres and Oceans*, 15: 179-214.

- Millot C.** 2013. L'océanographie physique de la Méditerranée. *Inst. Oceanogr. Monaco, publi.*: 1-6.
- Millot C. & Taupier-Letage I.** 2005. Circulation in the Mediterranean sea. *Hdb Env Chem, (K)* :29-66.
- Molinier R.** 1955. Deux nouvelles formations organogènes construites en Méditerranée occidentale. *C.R. Acad. Sci. Paris, Fr.*, 240: 2166-2168.
- Molinier R.** 1960. Étude des biocénoses marines du Cap Corse. *Végétatio, Netherl.*, 9 (3-5): 121-192, 217-312.
- Molinier R. & Picard J.** 1954. Éléments de bionomie marine sur les côtes de Tunisie. *Bull. Stat. Oceanogr. Salambo, Tun.*, 48: 3-47.
- Montagne C.** 1838. Cryptogames algériennes ou plantes recueillies par M. Roussel aux environs d'Alger. *Bull. Stat. Aquacult. Pêche Castiglione, Alger*, 4: 335-362.
- Montagne C.** 1846-1849. Ordo I Phyceae Fries.in Bory de Saint-Vincent et Durieu de Maisonneuve, « *Exploration scientifique de l'Algérie* » : 1-197 +16Pl.
- Montagne C.** 1856. Sylloge generum specirumque Cryptogamarum quos in variis operibus descriptas iconibusque illustrats, nunc ad reductas nonnullasque novas interjectas, ordine systematico disposuit. *J.B. Baillières Edit.*, Paris:1- 498.
- Mouradi-Givernaud A., L.A. Hassani L.A., Givernaud T. Lemoine Y. & Benharbet O.** 1999. Biology and agar composition of *Gelidium sesquipedale* harvested along the Atlantic coast of Morocco . *Hydrobiologia*, 398/399: 391-395.
- Morin H.** 2002. Des molécules tirées des algues brunes stimulant les défenses naturelles des plantes. *Aujourd'hui Sciences*: 1p.
- Motta G.** 1989. Fenologia morfologica e riproductiva di *Cystoseira sauvageauana* (Phaeophyta, Fucales). *Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat.* 22: 317-334.
- Myers N., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., Fonseca G.A.B. & Kent J.** 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858.
- Nizamuddin M.** 1981. Contribution to the marine algae of Libya Dictyotales. *Bibliotheca Phycologica* 54: 1-122

- Nizamuddin M.** 1991. The Green Marine Algae of Lybia. Edga Publ., Bern: 1-230.
- Nizamuddin M.,** West J.A. & Meñez E.G. 1979. A list of marine algae from Libya. *Botanica Marina* 24: 465-476.
- Ould-Ahmed N.** 1994. Étude des espèces phytobenthiques au voisinage de la centrale thermique de Mers El Hadjdj (Golfe d'Arzew; Ouest algérien). Mention particulier sur une espèce remarquable Chlorophyte, Caulerpale: *Caulerpa prolifera* (Forsskal) Lamouroux. *Thèse Magister ISMAL*: 1-178 +78tab+ 45pl.
- 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.
- Panayotidis P.** 1980. Contribution à l'étude qualitative et quantitative de l'association Posidonietum oceanicae Funk 1927. *Thèse 3^{ème} cycle*, Univ. Aix-Marseille, Fr.: 1-213.
- Panayotidis P.** & Boudouresque C.F. 1981. Végétation marine de l'île de Port-Cros (parc national): XXI. Aire minimale et patchiness de la flore épiphyte des feuilles de *Posidonia oceanica*. *Trav. Sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 7: 71-84.
- Patzner R.A.** 1998. The invasion of *Lophocladia* (Rhodomelaceae, Lophothaliae) at the northern coast of Ibiza (western Mediterranean Sea). *Bollet in de la Real Sociedad de Historia natural de Baleares* 41: 75–80.
- Pelligrini M.** & Pelligrini L. 1971. Contribution à l'étude biochimique des Cystoseiraceae méditerranéennes. *Botanica Marina*, 14: 6-16.
- Pérès J.M.** 1979. Influence des rejets thermiques sur le milieu vivant en mer et en estuaire. *Journ. Thermo. Ecol. I.S.T.P.M.* Nantes, 2: 853-868.
- Pérès J.M.** & Piccard J. 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Méditerranée. *Rec. Trav. Stat. mar. Endoume*, Fr., 31(47) :1-137.
- Pérez R.** 1997. Ces algues qui nous entourent : Conception actuelle, rôle dans la biosphère, utilisation, culture. *Ed. Ifremer*: 1-272.
- Pérez-Cirera J.L.,** Cremades J. & Bárbara I. 1989. *Grateloupia lanceola* (Cryptonemiales, Rhodophyta) en las costas de la Peninsula Ibérica: Estudio morfológico y anatómico. *Lazaroa* 11: 123-134+ 23 figs.
- Pérez R.,** Kaas R., Campello F., Arbault S. & Barbaroux O. 1992. La culture des algues marines dans le monde. *Édition IFREMER*: 1-614.

- Perret-Boudourresque M.** & Seridi H. 1989. Inventaire des algues marines benthiques d'Algérie. *GIS, Posidonie publ.*, Marseille, Fr.: 1-117.
- Peters A.** & Clayton M. 1998. Molecular and morphological investigation of three brown algal genera with stellate plastids: evidence for Scytothamnales ord. nov. (Phaeophyceae). *Phycologia*, 37: 106-113.
- Philippeau G.** 1986. Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales? *STAT/ITCF* : 1- 63.
- Piazzì L.** & Cinelli F. 1999. Développement et dynamique saisonnière d'un peuplement méditerranéen de l'algue tropicale *Caulerpa racemosa* (Forsskal) J. Agardh. *Cryptogamie, Algol.*, 20(4): 295-300.
- Piazzì L.,** Balestri E., Magri M. & Cinelli F. 1997. Expansion de l'algue tropicale *Caulerpa racemosa* (Forsskal) J. Agardh (Bryopsidophyceae, Chlorophyta) le long de la côte toscane (Italie). *Cryptogamie-Algologie* 18 (4): 343–350.
- Piazzì L.,** Ceccherelli G., Meinesz A., Verlaque M., Akçali B., Argyrou M., Balata D., Ballesteros E., Cinelli F., D'Archino R., Javel J., Mifsud C., Pala D., Panayotidis P., Peirano A., Pergent G., Pertocelli A., Ruitton S. & Zuljevic A. 2005. Invasion of *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta) in the Mediterranean Sea: the balance of Thirteen years of spread. *Cryptogamie, Agol.*, 26 (2) : 189-202.
- Pizzuto F.** 1999. On the structure typology and periodism of *Cystoseira brachycarpa* J. Agardh community and of *Cystoseira crinita* Duby community from the coast of Sicily (Mediterranean Sea). *Plant. Biosystems*, 133(1): 15-35.
- PNUE/UICN.** 1990. Répertoire des aires marines et côtières protégées de Méditerranée (première partie). Sites d'importance biologique et écologique. *Map Technical reports*, 36: 1-208.
- Por F.D.** 1978. Lessepsian migration: the influx of Red Sea biota into the Mediterranean by way of the Suez Canal. *Ecological studies 23*, Springer-Verlag, Berlin: 1-228.
- Prodon R.** & Lebreton J.D. 1984. Analyses multivariées des relations espèces-milieu. *Vie Milieu*, Fr., 44(1): 69-91.
- Prud'homme van Reine W.F.** & Trono Jr.G.C., 2001. Plant Resources of South-East Asia. *Cryptogams Algae*, 15(1) Backhuys Publishers, Leiden: 74-75.

- Ramade F.** 1993. Discours d'ouverture. Qualité du milieu marin. Indicateurs biologiques et physico-chimiques. *GIS Posidonie publi.*, Marseille, Fr.: 19-30.
- Raymond C.,** Rowe P., Sheskey J. & Quinn M.E. 2009. Handbook of Pharmaceutical Excipients, Londres, *Pharmaceutical Press and American Pharmacists Association*, 6^e édit.: 1-888.
- Rebas K.,** Vela E., Ghazouli R., Djellouli Y, Alatou D. & Gachet S. 2011. Caractérisation phytosociologique de la végétation du parc national de Gouraya (Bejaïa). *Revue d'Écologie (La Terre et la vie)* 66: 267-289.
- Ribera Siguan M.A.** 1983. Estudio de la flora bentonica marina de las Islas Baléares. *Tesis Doct. Fac. Biol. Univ. Barcelona, Esp.:* 1-639.
- Ribera Siguan M.A.** 1993. Les macrophytes marines introduites en Méditerranée: Biogéographie. *Rapp.Intern. In: Workshop DG XII of the European Comm.and CIESM.(Monaco), Boudouresque C.F., Brian F.et Nolan edit.:* 37-43.
- Ribera Siguan M.A.** 2002. Rewiew of non-native marine plants in the Mediterranean Sea: 291-310. *In Leppäkoski E., Gollasch S. & OleninS. (Eds) Invasive Aquatic Species of Europe. Kluwer Academic Publishers, Amsterdam.*
- Ribera Siguan M.A.** & Boudouresque C.F. 1995. Introduced marine plants with special reference to macroalgae:mechanisms and impact: 187-268. *In Round, F.E. & Chapman, D.J. (Eds). Progress in Phycological Research* 11. Biopress, Bristol, U.K.
- Ribera Siguan M.A.** & Gómez Garreta A. 1984. Catálogo de la flora bentónica marina de las Islas Baléares, I (Rhodophyceae). *Collect. Bot.* 15: 377-406.
- Ribera Siguan M.A.** & Gómez Garreta A. 1985. Catálogo de la flora bentónica marina de las Islas Baléares: II (Phaeophyceae, Chlorophyceae). *Collect. Bot.* 16(1): 25-41.
- Ribera Siguan M.A.,** Gómez-Garreta A., Gallardo T., Cormaci M., Furnari G. & Giaccone G. 1992. Check-list of Mediterranean Seaweeds. I. Fucophyceae (Warming 1884). *Botanica Marina* 35: 109-130.
- Ribera Siguan M.A.,** Gómez-Garreta A., Salvador Soler N., Rull Lluch J. & Kapraun Donald F. 2011. Nuclear content estimates suggest a synapomorphy between *Dictyota* and six other genera of the Dictyotales (Phaeophyceae). *Cryptogamie, Algologie*, 32: 205-219.
- Ribier J.** & Godineau J.C. 1984. Les Algues, connaissance, utilisation, culture. *Edit. Flammarion, La Maison Rustique, Paris :* 1-281.

- Rindi, F.**, Sartoni G. & Cinelli F. 2002. A floristic account of the benthic marine algae of Tuscany (Western Mediterranean Sea). *Nova Hedwigia* 74(1-2): 201-250.
- Rodríguez -Prieto C.** & Polo Alberti L. 1988. Aportación a la fenología de algas bentónicas de substrato duro de la Costa Brava (Gerona). *Actes del Simposi Internacional de Botànica Pius Font i Quer, Vol. I, Criptogàmia*: 143-149.
- Rodríguez-Prieto C.**, Ballesteros E., Boisset F. & Afonso-Carrillo J. 2013. Guía de las macroalgas y fanerógamas marinas del Mediterráneo occidental. Barcelona: *Ediciones Omega*, S.A:1-656.
- Ronquist F.** & Huelsenbeck J.P. 2003. Mr. Bayesian inference of phylogenetic trees under mixed model. *Bioninformatics* 19: 1572-1574.
- Rousseau F.**, Burrowes R., Peters, A. F., Kuhlenkamp R. & de Reviers B. 2001. A comprehensive phylogeny of the Phaeopyceae based on nrDNA sequences resolves the earliest divergences. *C.R. Acad. Sci., Ser. III. Sci. Vie/Life, Sci.* 324: 305-319.
- Rousseau F.**, Leclerc M.-C. & de Reviers B. 1997. Molecular phylogeny of European Fucales (Phaeophyceae) based on partial large-subunit rDNA sequence comparisons. *Phycologia* 36: 438-446.
- Rousseau F.** & de Reviers B. 1999. Phylogetic rekonationships within the Fucales (Phaeophyceae) based on combined partial SSU+ LSU rDNA sequence data. *J.Phycol.* 34: 53-64.
- Ruitton S.**, Javel F., Culioli J.M., Meinesz A., Pergent G. & Verlaque M. 2005. First assessment of the *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta) invasion along the French Mediterranean coast. *Mar. Poll. Bull.*, 50: 1061-1068.
- Ruiz G.** 2005. Extraction, Détermination structurale et valorisation chimique de phycocolloïdes d'algue rouge. *Thèse doctorat.*, Université de Limoge: 1-229.
- Sauvageau C.** 1912. À propos de *Cystoseira* de Banyuls et de Guétary. *Bull. Stat. biol. Arcachon*, Fr., 14 : 133-556.
- Sauvageau C.** 1925. Sur la naturalisation en France d'un floridée australienne (*Asparagopsis armata*) et sur ses ioduques. *Cr. Acad. Sci.* Paris: p.180.
- Salvador N.**, Gomez Garreta A., Lavelli L. & Ribera M.A. 2007. Antimicrobial activity of Iberian macroalgae. *Scientia Marina* (Spain), 71(1):101-113.

- Sellali B.** 1993. Contamination des sédiments de la côte algérienne par les hydrocarbures polyaromatiques. *SOSMED Project.INOC Publi.*, (Morocco) : 167-170.
- Seridi H.** 1990. Étude des algues marines benthiques de la région d'Alger. *Thèse de magister Sci. nat.* (USTHB), Alger : 121p. +129pl.
- Seridi H.** 2007. Étude de la flore algale de l'Algérie .Etude phytosociologique des peuplements algaux photophiles de l'infralittoral supérieur de substrat dur. *Thèse doct. és-Sciences Biologiques(USHB)* : 1-172.
- Seridi H.**, Ruitton S & Boudouresque C.F. 2007. Is it possible to calibrate the pollution level of the region of Algiers (Mediterranean Sea) by exploiting marine macrophytes. *C.R. Biologies* 330: 606-614
- Serio D.** 1995a. Fenologia morfologica e riproduttiva di *Cystoseira spinosa* Sauvageau v. *compressa* (Ercegovic) Cormaci *et al.* (Fucales, Fucophyceae). *Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat.* 28 : 5-22.
- Serio D.** 1995b. Fenologia morfologica e riproduttiva di *Cystoseira spinosa* Sauvageau v. *compressa* (Ercegovic) Cormaci *et al.* (Fucales, Fucophyceae). *Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat.* 28:45-58.
- Seurat L.G.** 1927. L'étage intertidal des côtes algériennes. *Bull. Trav. Stat. Aquicult. Pêche.* Castiglione. Alg. 1: 9-33.
- Seurat L.G.** 1933. Etage intertidal des côtes algériennes. *Bull. Trav. Stat. Aquicult. Pêche.* Castiglione. Alg. 2: 11-47.
- Sicsic M.** 1967. Répartition des formations à base de *Lithophyllum tortuosum* (Esper) Foslie, le long du littoral rocheux de la presqu'île de Giens. *Ann. Soc. Sci. nat. Archéol. Toulon Var*, Fr., 19 : 173-179.
- Soto J.** 1987. Estudio florístico, corológico, autoecológico y sinecológico de las algas bentónicas marinas del Sureste de la Península Ibérica. *Tesis Doctoral*, Univ. Malaga, Esp.:1-175
- Stiger V.**, Horiguchi T., Yoshida T., Coleman A.W. & Masuda M. 2000. Phylogenetic relationships of *Sargassum* (Sargassaceae, Phaeophyceae) with reference to a taxonomic revision of the section Phyllocytae based on ITS-2 nrDNA sequences. *Phycol. Res.* 48: 251-260.

- Stirn J.** 1971. Modification of some mediterranean communities due to a marine pollution. *Thalassia, Jugoslavia*, 7(1): 401-413.
- Susini M. L.,** Thibaut T., Meinesz A. & Forcioli D. 2007b. A preliminary study of genetic diversity in *Cystoseira amentacea* (C.Agardh) Bory var.*stricta* Montagne (Fucales, Phaeophyceae) using random amplified polymorphic DNA. *Phycologia* 46: 605-611.
- Taskin E.,** Jahn R., Öztürk M., Furnari G. & Cormaci M. 2012. The Mediterranean *Cystoseira* (with photographs). Manisa, Turkey: *Celal Bayar University edit.*: 1-75.
- Taskin E.,** Öztürk M., Kurt O. & Öztürk M., 2008. The check-list of the marine algae of Turkey. Manisa, Turkey, *Ecem Kirtasiye* [i-ii] : 1-87.
- Thoraug A. D. &** Roessier M. A. 1973. Impact of power plant of subtropical estuarine environment. *Mar. Pollut. Bull.* 9: 181-187.
- Trowbridge C.D.** 1998. Ecology of the green macroalga *Codium fragile* (Suringar) Hariot 1889: Invasive and non-invasive subspecies. *Oceanography and Marine Biology, Annual Review*, 36: 1-64
- Tseng C.K.** 1981. Commercial cultivation. *The Biology of Seaweds. CS Lobban and Wynne MJ (Eds.) Blackwell Scientific Publication, Oxford:* 680-725
- Tuney I.** 2011. The comparative study of molecular structures of some *Cystoseira* species exist in North Aegean Sea, *PhD thesis*, Aegean University, Izmir-Turkey: 1-110.
- Tuney I. &** Sukatar A. 2010. DNA Extraction Protocol From Brown Algae, *Biological Diversity and Conservation*, 3 (1): 51-55.
- UNEP-MAP RAC/SPA.** 2010. The Mediterranean Sea Biodiversity: state of the ecosystems, pressures, impacts and future priorities. By Bazairi H., Ben Haj S., Boero F., Cebrian D., De Juan S., Limam A., Leonart J., Torchia G., & Rais C., *Ed. RAC/SPA*, Tunis: 1-100.
- Varela-Alvarez E.,** Andreakis N., Lango-Leston A., Pearson Gareth A., Serrao Ester A., Procaccini G., Duarte Carlos M. & Marba N. 2006. Genomic DNA isolation from green and brown algae (Caulerpaes and Fucales) for microsatellite library construction. *J. Phycol.* 42: 741-745.
- Vauchel P.** 2007. Optimisation de procédés innovant pour l'obtention de phycocolloïdes. *Thèse Doctorat Génie des procédés Univ. Nantes, Fr.:* 1-156.

- Verlaque M.** 1977. Étude du peuplement photophile au voisinage de la centrale thermique de Martigue-Ponteau (Golfe de Fos, France) Thèse de 3^{ème} cycle, Univ. Aix-Marseille II, 1-159.
- Verlaque M.** 1987. Contribution à l'étude du phytobenthos d'un écosystème photophile thermophile en Méditerranée occidentale. Étude structurale et dynamique et analyse des relations faune-flore. *Thèse Doct. Etat Sci.* Univ. Aix-Marseille II, 389p + 26 pl. + Annexes.
- Verlaque M.** 1989. Contribution à la flore des algues marines de la Méditerranée: espèces rares ou nouvelles pour les côtes françaises. *Botanica Marina*, 32 : 101-113.
- Verlaque M.** 1994. Inventaire des plantes introduites en Méditerranée : origines et répercussions sur l'environnement et les activités humaines. *Ocanologia Acta*, 17(1) : 1-23.
- Verlaque M.** 1996. Étude des encorbellements à *Lithophyllum lichenoides* de la Réserve Naturelle de Scandola (Année 1995). Rapport scientifique Parc naturel Régional de Corse, *GIS Posidonie publ.*, Marseille, Fr. : 1-40.
- Verlaque M.** & Boudouresque C.F. 1977. Le peuplement algal au voisinage de la centrale thermique de Martigues-Ponteau (golfe de Fos, France) : Le nombre d'espèces par relevé. *Rapp. P.V. Réun. Comm. internat. Explor. Sci. Mer médit.*: 24(4) : 185-188.
- Verlaque M.**, Boudouresque C.F., Meinsez A. & Gravez V. 2000. The *Caulerpa racemosa* complex (Caulerpales, Ulvophyceae) in the Mediterranean Sea. *Bot. Mar.*, 43: 49-68.
- Verlaque M.**, Boudouresque C.F. & Mineur F. 2007. Oyster transfers as a vector for marine species introductions: a realistic approach based on the macrophytes. *CIESM Workshop Monographs, Monaco*, 32: 39-48.
- Verlaque M.**, Giraud G. & Boudouresque C.F. 1981. Le phytobenthos de la zone de décollement de la tache thermique d'une centrale électrique méditerranéenne. *Bot. mar. Germ.*, 24: 69-87.
- Verlaque M.**, Ruitton S. & Boudouresque C.F. 2005. List of invasive or potentially invasive exotic macroalgae in Europe – Final Report. WP 10 SCREENING PROTOCOL. ALIENS European program. UMR CNRS 6540 DIMAR, COM, Marseille, Fr. : 1-28.
- Verlaque M.**, Ruitton S., Mineur F. & Boudouresque C.F. 2009. CIESM Atlas of exotic macrophytes in the Mediterranean Sea. *Rapp. Comm. int. mer Médit.*, p.38.
- Villaca C.**, Bergin F., Boudouresque C.F. & Telin I. 1985. Le Benthos littoral d'El Dabaa (Méditerranée, Egypte). III-les peuplements algaux photophiles de substrat dur. *Rapp. Comm. int. mer Médit.*, 29(5): 249-252.

- Watanabe F.**, Takenaka S. & Katsura H. 1999. Dried green and purple lavers (Nori) contain substantial amounts of biologically active vitamin B12 but less of dietary iodine relative to other edible seaweeds. *J. Agric. Food Chem.* 47: 2341-2343.
- Watanabe F.**, Takenaka S. & Kittaka-Katsura H. 2002. Characterization and bioavailability of vitamin-B12 compounds from edible algae. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 48: 325-331.
- Weitzmann B.**, Garcia M., Cebrian E. & Ballesters E. 2009. Les invasions biologiques en el medi mar : exemples i impactes a la Mediterrània occidental. *L'Atzavara*, 18: 39-49.
- Wells S.M.**, Pyle R.M. & Collins N.M. 1983. The IUCN invertebrate red data book. *IUCN publ.*, Gland, Suisse : i-I + 1-632.
- White T. J.**, Bruns T., Lee S. & Taylor J. W. 1990. PCR Protocols: A guide to Methods and Applications, *Academic Press Inc.*, New York: 315-322.
- Williamson M.** & Fitter A. 1996. The varying success of invaders. *Ecology* 77 (6): 1661–1666.
- Yaphe W.** 1984. Properties of *Gracilaria agraria*. *Hydrobiologia* 116/117: 171-186.
- Zimmernann L.** 1982. Anmerkungen zur Verbreitung, Bionomie und taxonomischen Stellung von *Lithophyllum tortuosum* (Esper) Foslie und anderen biogenen Gesteinsbildern im Mittelmeer, Senckergiana, *mar.*, *Germ.*, 14 (1-2) : 9-21.
- Zenetos A.**, Gofas S., Morri C., Rosso A., Violanti D., García Raso J.E., Cinar M.E., Almogil-Labin A., Ates A.S., Azzurro E., Ballesteros E., Bianchi C.N., Bilecenoglu M., Gambi M.C., Giangrande A., Gravili C., Hyams-Kaphzan O., Karachle P.K., Katsanevakis S., Lipe L., Mastrototaro F., Mineur F., Pancucci-Papadopoulou M.A., Ramos-Esplá A., Salas C., San Martin G., Sfriso A., Streftaris N. & Verlaque M. 2012. Alien species in the Mediterranean Sea by 2012. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). *Mediterranean Marine Science* 13/2: 328-352.
- Zenetos A.**, Gofas S., Verlaque M., Cinar M.E., García Raso J.E., Bianchi C.N., Morri C., Azzurro E., Bilecenoglu M., Frogliá C., Siokou I., Violanti D., Sfriso A., San Martin G., Giangrande A., Katagan T., Ballesteros E., Ramos-Esplá A., Mastrototaro F., Ocaña O., Zingone A., Gambi, M.C. & Streftaris N. 2010. Alien species in the Mediterranean Sea by 2010. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part I. Spatial distribution. *Mediterranean Marine Science* 11/2: 381-493.

Study of Algal Flora of Algerian coasts: Knowing, Characterisation, Conservation and Use

This study carried out on 12 sites spread across the Algerian coast line contributes to the knowing of the marine algal flora of Algeria. A flora so vast in its diversity it can't be explored in full.

We have identified 260 species, 10 of which are new to the algal flora of Algerian coasts. 11 species were introduced to the Mediterranean Sea, 5 of them being of the invasive type. Results obtained through calculations using analytical and synthetic parameters show evidence of a predominance of Rhodobiontes, an R/P ratio of 2.54 and an important number of photophilous species followed by sciaphilous. The biogeography type in this flora is essentially to one of Atlantic; this is due to the flow of Atlantic waters into the Mediterranean Sea through the straits of Gibraltar.

Similarity index of Sorensen helped determine an affinity between the following sites: Iles-Habibas, Parcs of Taza and Gouraya. This is confirmed by factorial multiway analysis (AFC) which puts together the 3 sites mentioned above in a common group (along with Kouali). This group is distinguished by its well structured algal community, homogeneous, relatively balanced and none polluted. These sites host species of landscape and marine population that constitute a natural heritage which deserve to be protected and preserved.

The phytosociological study of thermal discharge on the surface of phytobenthos reveals weak recovery and small number of species. It also shows a high R/P near the effluent thermal discharge; where Chlorobiontes (Ulvales) are predominant and Chromobiontes in which Cystoseires are rare and at times absent. The same study carried out in the deep put in evidence a vegetation, poor and dominated by thermophilous species: *Caulerpa prolifera*. The number of species near the area of thermal discharge is weak where at times the only species present is *C. prolifera*. A total recovery is for the benefit of this alga (100%). The few partnering species are rather of thermophile nature. The phytosociological results regarding *Caulerpa racemosa* population show a very weak number of partnering species notably in summer when this species achieves its maximum recovery. The associate flora is, in principle, composed of Corallinaceae and some Ceramiales. This confirms our onsite (Sidi-Fredj) observation where this species is invasive. The analysis phytosociological of algal flora epiphyte of *Posidonia oceanica* leaves marks a wealth that is dominated, qualitatively by Rhodobiontes (Ceramiales) and quantitatively by Chromobiontes (Ectocarpales). The number of epiphytes species reduces the deeper it gets, which is linked to the amount of light.

The phylogenetic analysis helped confirm the identification taxonomic of 5 species of kind *Cystoseira*. In which the sequences LSU rDNA of 4 of the species (*C. compressa*, *C. crinita*, *C. amentacea* var. *stricta* and *C. barbata*) are unpublished and that of *C. tamariscifolia* species known only, up to now, for ones that are of Atlantic kind.

The extraction of alginates on the Phaeophyceae reveals a relatively weak return with very good gelling capability. The extract agar of Floridiophyceae, due to its gelling capability, is positioned in the interval of agars qualified for high quality. Its temperature of gelification and fusion draw close to the ones recorded on agar bacteriologic.

Key words : algal flora, Algerian coast, phytosociology, conservation, introduced species, *Cystoseira*, phylogenetic, alginates, agars.