

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية و الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل
Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MEMOIRE DE MAGISTER

En OCEANOGRAPHIE

(Option: ENVIRONNEMENT ET ECOSYSTEMES LITTORAUX)

Présenté par

Amina **TEBBAL - BABA ALI**

COMPOSITION CHIMIQUE ET MINERALE DE QUATRE ALGUES BENTHIQUES DE LA REGION DE KOUALI (TIPAZA)

Soutenu le 12/ 11/ 2011

Devant le jury composé de:

Mr B. HAMDI, Professeur, ENSSMAL, Alger

Président

Mr A. CHERMITI, Directeur de Recherche Agricole, INRA, Tunisie

Promoteur

Mlle H.S. KORICHI, Maître Assistante A, ENSSMAL, Alger

Co-Promotrice

Mr R. SEMROUD, Professeur, ENSSMAL, Alger

Examineur

Mr M. EL HATTAB, Maître de Conférences A, USD, Blida

Examineur

Mlle N.OULD AHMED, Maître Assistante A, ENSSMAL, Alger

Examinatrice

REMERCIEMENTS

En premier lieu, je remercie vivement Mr A. CHERMITI, Directeur de Recherche Agricole à l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie (I.N.R.A.T.), qui m'a pris en charge en mettant à ma disposition sa compétence et son expérience pour mener à bien cette étude.

Je remercie également, H.S. KORICHI, Maître Assistante à l' ENSSMAL, pour les conseils prodigués, pour la qualité des rapports humains dont elle a fait preuve à mon égard et de m'avoir consacré toute son énergie et son temps pour mener à bien le travail présenté.

J'exprime toute ma sincère reconnaissance à Mr B. HAMDI, Professeur à l' ENSSMAL, qui me fait l'immense honneur de présider ce Jury.

Mes remerciements vont à Mr R. SEMROUD, Professeur à l' ENSSMAL, qui me fait l'honneur d'examiner ce travail. Qu'il me soit permis de l'assurer de mon profond respect.

J'apprécie vivement l'honneur que me fait Mr M. EL HATTAB, Maître de Conférences à l' U.S.D.B., en acceptant de juger ce travail. Je le prie de bien vouloir trouver ici l'assurance de ma sincère reconnaissance pour l'accueil qu'il me consacre à chaque fois que je le sollicite.

Mlle N. OULD AHMED, Maître Assistante à l' ENSSMAL, m'accorde par sa présence dans ce jury, un témoignage de confiance qui m'honore et pour lequel je lui exprime ma profonde gratitude.

Je suis particulièrement reconnaissante et heureuse de pouvoir remercier toutes les personnes qui m'ont apporté aide et soutien.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	p : 1
PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
CHAPITRE I : GENERALITES	
1. Aperçu sur les travaux de recherches portant sur les algues benthiques en Algérie.....	p : 3
2. Utilisations des macroalgues.....	p : 4
2.1. Dans l'alimentation animale.....	p : 4
2.2. Dans l'alimentation humaine.....	p : 6
2.3. Dans l'industrie alimentaire.....	p : 7
2.4. Dans la cosmétologie.....	p : 7
2.5. Dans l'agriculture	p : 7
2.6. Dans le domaine pharmaceutique et médical.....	p : 7
2.7. Dans la biotechnologie	p : 8
2.8. Dans le traitement des eaux usées.....	p : 8
2.9. En aquaculture intégrée.....	p : 9
2.10. Comme nouvelle source d'iode pour les poissons d'eau douce	p : 9
3. Les ressources alimentaires utilisées dans l'alimentation du poisson dans la région méditerranéenne.....	p : 9
3.1. Le marché méditerranéen d'aliments aquacoles.....	p : 10
3.2. Les matières premières utilisées dans l'alimentation des poissons.....	p : 11
3.2.1. Les principales matières premières d'origine animale marine.....	p : 12
3.2.2. Les principales matières premières d'origine végétale.....	p : 13
CHAPITRE II. CARACTERISTIQUES NUTRITIONNELLES DES MACROALGUES	
1. Composition chimique	p : 14
1.1. Les polysaccharides.....	p : 14
1.2. Les minéraux.....	p : 15
1.3. Les protéines.....	p : 15
1.4. Les lipides.....	p : 16
1.5. Les vitamines.....	p : 16
1.6. Les polyphénols.....	p : 17
1.7. Les caroténoïdes.....	p : 17
2. Valeur nutritive	p : 18
3. Toxicité et substances antinutritionnelles.....	p : 18

PARTIE II : ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODES

1. Site d'échantillonnage « Kouali » Tipaza.....	p :21
1.1. Description	p :21
1.2. Hydrologie du site.....	p :21
1.3. La composition floristique du site « Kouali » Tipaza	p :22
2. Matériel végétal.....	p :22
2.1. Les algues brunes (Phéophycées)	p :23
2.2. Les algues vertes (Chlorobiontes)	p :25
3. Méthodes.....	p :28
3.1. Collecte des échantillons.....	p :28
3.2. Traitements des échantillons.....	p :29
3.3. Analyses chimiques	p :30
3.3.1. La matière sèche (MS).....	p :30
3.3.2. Les matières minérales (MM).....	p :30
3.3.3. La cellulose brute (CB).....	p :31
3.3.4. Les matières azotées totales (MAT).....	p :32
3.3.4.1. Minéralisation.....	p :32
3.3.4.2. Distillation.....	p :32
4. Analyses statistiques des données	p :33

CHAPITRE II : RESULTATS

1. Effets de la température de l'eau de mer sur la composition chimique des macroalgues étudiées	p :34
2. Variations de la composition chimique des macroalgues étudiées selon l'espèce et la saison.....	p :43

CHAPITRE III : DISCUSSION

1.Effets de la température de l'eau de mer sur la composition chimique des macroalgues étudiées.....	p :48
2. Variations de la composition chimique des macroalgues étudiées selon l'espèce et selon la saison	p :49

CONCLUSION.....	p :55
-----------------	-------

PERSPECTIVES	p :56
--------------------	-------

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	p :57
-----------------------------------	-------

ANNEXES

LISTE DES ABREVIATIONS

AA : acide aminé

AAI : acide aminé indispensable

Ag : acide gras

AGE : acide gras essentiel

Arg : arginine

Ca : calcium

CB : cellulose brute

CNRDPA : Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture

Cu : cuivre

CUD : coefficient d'utilisation digestive

EPA : eicosapentaenoic acid

Fe : fer

His : histidine

Ile : isoleucine

K : potassium

Leu : leucine

Lys : lysine

MAT : matières azotées totales

Met : méthionine

Mg : magnésium

MM : matières minérales

Mn : manganèse

MS : matière sèche

N : azote

Na : sodium

P : phosphore

Phe : phénylalanine

Thr : thréonine

Val : valine

Zn : zinc

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Evaluation du marché d'aliments aquacoles pour les principales espèces en élevage intensif dans les différents pays méditerranéens.....	p : 11
Figure 2 : Disponibilité en acides aminés du soja entier cru ou extrudé.....	p : 13
Figure 3 : Situation géographique du site d'échantillonnage «Kouali » Tipaza.....	p : 22
Figure 4 : Photographie de <i>Cystoseira sp.</i> (1) (mai 2005).....	p : 23
Figure 5 : Photographie de <i>Cystoseira sp.</i> (2) (mai 2005).....	p : 23
Figure 6 : Photographie des algues en ceinture au niveau du site «Kouali »	p : 24
Figure 7: Photographie de <i>Cystoseira sp.</i> (1) (juin 2005).....	p : 24
Figure 8 : Photographie de <i>Cystoseira sp.</i> (2) (juin 2005).....	p : 25
Figure 9: Photographie d' <i>Ulva rigida</i>	p : 26
Figure 10: Photographie d' <i>Ulva intestinalis</i>	p : 26
Figure 11 : Vue superficielle du thalle d' <i>Ulva rigida</i>	p : 27
Figure 12 : Coupe transversale du thalle d' <i>Ulva rigida</i>	p : 27
Figure 13 : Vue superficielle du thalle d' <i>Ulva intestinalis</i>	p : 27
Figure 14: Coupe transversale du thalle d' <i>Ulva intestinalis</i>	p : 28
Figure 15 : Photographie montrant un peuplement dense des deux <i>Cystoseira</i> au niveau du site « Kouali » Tipaza (25 juin 2005).....	p : 29
Figure 16 : Variations saisonnières de la température de l'eau de mer et des teneurs moyennes en matières azotées totales (en % de MS) chez <i>Cystoseira sp.</i> (1) et <i>Cystoseira sp.</i> (2).....	p : 38
Figure 17 : Variations saisonnières de la température de l'eau de mer et des teneurs moyennes en cellulose brute (en % de MS) chez <i>Cystoseira sp.</i> (1) et <i>Cystoseira sp.</i> (2).....	p : 38
Figure 18: Variations saisonnières de la température de l'eau de mer et des teneurs moyennes en matières minérales (en % de MS) chez <i>Cystoseira sp.</i> (1) et <i>Cystoseira sp.</i> (2).....	p : 39
Figure 19: Test de corrélation des variations saisonnières de la température de l'eau de mer et des taux des composés chimiques des deux <i>Cystoseira</i> ..	p : 40

Figure 20: Variations saisonnières de la température de l'eau de mer et des teneurs en macro-minéraux chez <i>Cystoseira sp.(1)</i>	p : 41
Figure 21: Variations saisonnières de la température de l'eau de mer et des teneurs en macro-minéraux chez <i>Cystoseira sp.(2)</i>	p : 42
Figure 22: Variations saisonnières de la température de l'eau de mer et des teneurs en oligo-éléments chez <i>Cystoseira sp.(1)</i>	p : 42
Figure 23: Variations saisonnières de la température de l'eau de mer et des teneurs en oligo-éléments chez <i>Cystoseira sp.(2)</i>	p : 42
Figure 24: Variations saisonnières des teneurs moyennes en MAT (en % de MS) chez <i>Cystoseira sp.(1)</i> et <i>Cystoseira sp.(2)</i>	p : 45
Figure 25: Variations saisonnières des teneurs moyennes en CB (en % de MS) chez <i>Cystoseira sp.(1)</i> et <i>Cystoseira sp.(2)</i>	p : 45
Figure 26: Variations saisonnières des teneurs moyennes en MM (% de MS) chez <i>Cystoseira sp.(1)</i> et <i>Cystoseira sp.(2)</i>	p : 46
Figure 27: Analyse en composante principale (ACP) des composés chimiques (MAT, CB, MM) des deux <i>Cystoseira</i> et de la température de l'eau de mer	p : 47
Figure 28: Classification hiérarchique ascendante des périodes de collecte des deux <i>Cystoseira</i>	p : 47

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Exemples d'algues utilisées en nutrition humaine.....	p: 6
Tableau 2 : Teneurs maximales en métaux lourds et en iode autorisées en France et critères microbiologiques pour les produits secs.....	annexes
Tableau 3 : Composition chimique des différentes catégories de farines de poissons.....	annexes
Tableau 4 : Coefficient d'utilisation digestive de certaines matières premières chez la truite (%)......	annexes
Tableau 5 : Variation de la teneur en MAT et en CB (en % de MS) selon l'espèce de macrophyte et la saison	p: 18
Tableau 6 : Résultats des différentes mesures et analyses effectuées au niveau du site « Kouali » Tipaza.....	p: 21
Tableau 7 : Périodes de collecte des macroalgues au site d'échantillonnage « Kouali » Tipaza	p: 28
Tableau 8 : Températures de l'eau de mer enregistrées pendant les périodes de collecte des macroalgues au site d'échantillonnage, « Kouali », Tipaza.....	p: 34
Tableau 9 : Teneurs moyennes des composés chimiques chez <i>Cystoseira sp.</i> (1) et <i>Cystoseira sp.</i> (2).....	p: 35
Tableau 10 :Teneurs moyennes des composés chimiques chez <i>Ulva intestinalis</i> et <i>Ulva rigida</i>	p: 35
Tableau 11 : Teneurs en macro-minéraux et oligo-éléments chez <i>Cystoseira sp.</i> (1).....	p: 36
Tableau 12 : Teneurs en macro-minéraux et oligo-éléments chez <i>Cystoseira sp.</i> (2).....	p: 36
Tableau 13 : Teneurs en macro-minéraux et oligo-éléments chez <i>Ulva intestinalis</i>	p: 36
Tableau 14 : Teneurs en macro-minéraux et oligo-éléments chez <i>Ulva rigida</i>	p: 36
Tableau 15 : Interactions température macro-minéraux et oligo-éléments chez les deux <i>Cystoseira</i>	annexes
Tableau 16 : Résultats de l'analyse statistique de l'effet de la température sur les teneurs en macro-minéraux et oligo-éléments chez les deux <i>Cystoseira</i>	p: 43
Tableau 17 : Valeurs de quelques teneurs en éléments minéraux de la farine de poisson et des macroalgues étudiées.....	p: 53
Tableau 18 : Besoins quantitatifs nutritionnels en éléments minéraux estimés nécessaires à la croissance de quelques espèces de poissons.....	annexes

ملخص

الخصائص الكيميائية لبعض أنواع الطحالب قاع المحيط لناحية كوالي (تيازا)

يهدف موضوع المذكرة لتقييم التركيبة الكيميائية لأربعة أنواع من الطحالب قاع المحيط المستخرجة من ناحية كوالي (تيازا) و ذلك بغرض تقييمها في مجال التغذية الحيوانية و بالتحديد عند الأسماك و قد خصصنا القسم الأول لدراسة ببيوغرافية تتضمن :

- تحليل لأعمال البحث المركزة على الطحالب قاع المحيط في ناحية كوالي .
- ثروات الغذائية المستعملة في تغذية السمك في الجزائر .
- الأهمية و الفائدة من استعمال الطحالب قاع المحيط .

و يهتم القسم الثاني من الدراسة إلى معرفة مكونات المواد الأزوتية العاملة (MAT)، و المواد المعدنية (MM)، و مادة السلولوز (CB) و المواد المعدنية الكبيرة ، و المواد الضرورية من جهة ، و من جهة أخرى يهتم بدراسة أثر حرارة ماء البحر و نوع و مرحلة الاستخراج على محتوى مختلف المكونات .

و لا تشير النتائج المتحصل عليها فقط بأن الأربعة أنواع من الطحالب الكبير المدروسة بأنها لا تحتوي على نفس كميات المكونات الكيميائية و لكن أيضا لا تقدم نفس المتغيرات في السنة التي أخذت بها العينات من شهر أوت 2004 إلى جويلية من سنة 2005 .

فهذا الاختلاف في المكونات الكيميائية مرتبطة بشكل حاد بالتركيبة الكيميائية لماء البحر و يقع تحت تأثير النوع و فترة الاستخراج ، كما أن درجة حرارة ماء البحر ليس لها أي تأثير على التركيبة الكيميائية لهذه الطحالب الكبيرة غير أنها تؤثر على تواجد و توزيع مختلف أنواع الطحالب فبالرغم من لون الأحياء النباتية المذكورة لا تقدم نفس المكونات بالنسبة للمواد فإنها تقدم كميات معتبرة من الأملاح المعدنية بسبب كثرة البوتاسيم و الكالسيوم و الصوديوم و الحديد و الزنك و ذلك بناء على الحاجة إلى الكميات الغذائية من المواد المعدنية التي يفترض أنها ضرورية لنمو السمك ، فالطحالب الكبيرة يمكن أن تستعمل كغذاء تكميلي في الإنتاج داخل الأحواض .

و تفسر قلة نسبة الفسفور و الأزون المدروسة في الطحالب الكبيرة بضعف كمية المواد الغذائية في موقع أخذ العينات بتيازا كونه موقع غير ملوث أين تثار أهمية القيام لأنواع مغايرة من الطحالب في مواقع أخرى .

أهم المصطلحات : الطحالب الكبيرة - التركيبة الكيميائية - درجة الحرارة - تغيرات فصلية - طحالب بنية - طحالب خضراء - التغذية الأسماك .

INTRODUCTION

INTRODUCTION

De nombreux auteurs (Culioli *et al.*, 2002; Chermiti *et al.*, 2003 ; Zubia *et al.*, 2003) ont signalé des variations dans la proportion des principaux constituants chimiques chez les algues marines benthiques. Ces variations seraient liées à plusieurs facteurs tels que les stades de développement, les différentes parties du thalle, la reproduction de l'algue, la distribution géographique, les facteurs environnementaux et la saison.

Pendant de nombreuses années, ces végétaux marins ont été employés dans le monde entier en agriculture, en nutrition et comme produits pharmaceutiques en raison de leur richesse en minéraux, vitamines et polysaccharides. Ces derniers représentent les constituants qui ont été les plus étudiés et jouent un rôle économique important dans plusieurs domaines surtout en industrie alimentaire.

Les études concernant les composés azotés, lipidiques, vitaminiques et minéraux ont été relativement délaissées jusqu'à une date récente, date à laquelle plusieurs espèces d'algues ont fait l'objet de nombreuses recherches dans le domaine de l'alimentation humaine et animale (Ventura et Castanon, 1998; Fleurence, 1999; Chermiti *et al.*, 2003).

Dans le domaine de la nutrition et l'alimentation des poissons, quelques études ont été réalisées durant cette dernière décennie dans le but de valoriser les matières premières à partir des végétaux aquatiques, cas des macroalgues par exemple qui sont considérées de plus en plus comme un aliment nouveau chez le poisson. Ces recherches sont faites dans le cadre de la substitution des farines et des huiles de poissons et qui seraient d'un grand intérêt pour l'aquaculteur et le secteur aquacole.

En aquaculture, les apports alimentaires protéiques et lipidiques sont fournis essentiellement par les farines et les huiles de poissons que l'Algérie importe. La dépendance de l'aquaculture vis-à-vis de ces ingrédients constitue le principal coût de l'élevage. Ainsi, l'une des recommandations énoncée dans le plan de développement durable de l'aquaculture en Algérie est de contribuer à la recherche d'autres sources protéiques et lipidiques de substitution aux farines et huiles de poissons, en valorisant notamment toutes les sources locales, agricoles et marines (anonyme, 2005).

C'est dans cette optique que nous avons axé notre travail qui porte sur l'étude des composés chimiques de quelques algues benthiques récoltées dans la région de Kouali (Tipaza) en vue de les valoriser dans l'aliment pour poisson.

La présente étude comprend deux parties :

Une première partie bibliographique nous permettant d'obtenir des données sur les possibilités d'exploitation et de valorisation de ce type de végétaux dans l'aliment pour animaux, notamment chez le poisson.

La seconde partie du travail consiste à doser certains constituants chimiques, en particulier : la fraction protéique, la cellulose brute, les matières minérales et même quantifier les macro-minéraux et les oligoéléments de quatre espèces d'algues marines benthiques de la région de Kouali (Tipaza) et ceci dans la perspective d'évaluer leur intérêt nutritionnel en alimentation piscicole. Tel est le but de notre étude.

PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : GENERALITES

1. Aperçu sur les travaux de recherches portant sur les algues benthiques en Algérie

L'étude de la flore algale de l'Algérie a fait l'objet d'un certain nombre de travaux. Les premières études remontent à la fin du 19^{ème} siècle dernier auxquelles viennent s'ajouter celles de Perret-Boudouresque et Séridi (1989) en regroupant tous les taxons et stades d'algues signalés sur l'ensemble des côtes algériennes (d'ouest en est). Plus de 468 taxons ont été inventoriés à partir de la compilation des travaux anciens et récents sur la communauté algale de l'Algérie.

Selon Séridi (2007), la flore algale de l'Algérie reste peu étudiée. Cet auteur, en adoptant la méthode phytosociologique (Boudouresque 1971 *in* Séridi, 1990) signale que le nombre d'algues a légèrement augmenté (497 espèces).

Des travaux plus récents sont réalisés sur l'étude de la flore algale dans la région d'Alger par Séridi en 1990 et sur le littoral algérien en 2007. Cependant, ces travaux algologiques sont essentiellement de type inventaire floristique.

D'autres études orientées sur l'aspect écologique sont réalisées par Ould Ahmed (1994) dans la région d'Arzew (à l'ouest d'Alger) et par Kadari-Méziane (1994) dans la baie de Bou-Ismaïl.

Quelques contributions d'ordre chimique ont porté sur l'extraction et la purification des alginates chez *Cystoseira sp.* des côtes algériennes par Benchabanne (1988 ; 1989) et sur la détermination des stérols en vue du développement d'une nouvelle méthode analytique chez l'algue rouge *Asparagopsis armata* par El Hattab-Bouzidi (2003) et chez les algues brunes des côtes algériennes par Bouzidi (2009). Une étude antérieure à celle-ci a porté sur des extraits organiques de quelques algues méditerranéennes et de l'océan Atlantique par El Hattab (2005). Cette étude a permis de développer les techniques d'extraction, de séparation et de caractérisation des extraits lipidiques et de leurs dérivés.

Au cours des deux contributions apportées par Séridi en 1990 et en 2007, l'étude des dominances des différents groupes systématiques algales reste insuffisante pour obtenir des données sur les possibilités d'exploitation répondant à notre objectif qui est celui de valoriser ce type de végétaux en alimentation piscicole. Néanmoins, cette méthode phytosociologique nous donne une vague idée sur l'aspect oligotrophe que possèdent les côtes algériennes.

Certes, cette étude phytosociologique est une méthode rigoureuse permettant de décrire avec efficacité les populations algales benthiques mais une étude quantitative avec comptages et pesées des espèces serait nécessaire pour compléter l'évaluation de la macroflore algale des côtes algériennes laquelle nous permettra de faire la part de l'exploitation de cette végétation macrobenthique.

2. Utilisations des macroalgues

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

2.1. Dans l'alimentation animale

Son utilisation principale est dans les régimes alimentaires de la volaille, des porcs et des poissons qui ont besoin de protéine de plus haute qualité que d'autres types d'élevage, tels que celui des ruminants (Windsor, 2001).

En aquaculture, ces macroalgues sont utilisées comme compléments alimentaires. D'ailleurs, quelques travaux ayant porté sur les essais d'alimentation à base de macroalgues sont réalisés avec succès chez le poisson.

Selon Satoh *et al.* (1987), les régimes à base d'algues semblent améliorer le gain de poids, augmentent les triglycérides, le dépôt des protéines dans le muscle et améliorent la résistance des poissons contre le stress et les maladies.

Nakagawa *et al.* (1987) concluent qu'un apport complémentaire (à raison de 10%) de farine d'*Ulva pertusa* dans le régime alimentaire de la daurade de la mer Noire (*Acanthopagrus schlegeli*) activait son métabolisme lipidique.

Parmi quatre espèces de macroalgues (*Ulva spp.*, *Sargassum spp.*, *Polycavernosa spp.* et *Gracilaria spp.*) testées par Hashim et Mat Saat (1992) en tant qu'ingrédients liants dans des régimes alimentaires pour *Channa striatus*, celui à base d'*Ulva spp.* présente une meilleure stabilité dans l'eau et donne un taux de croissance et un coefficient d'utilisation digestive élevés.

Davies *et al.* (1997) ont démontré selon une étude préliminaire que le niveau d'incorporation de farine de *Porphyra purpurea* dans des régimes expérimentaux à des jeunes mullets était limité et qu'un apport supplémentaire de farine de poisson de qualité supérieure s'avère efficace pour une croissance performante.

Wahbeh (1997) juge suite à une analyse de la composition chimique de quatre espèces de macroalgues, *Ulva lactuca*, *Enteromorpha compressa*, *Padina pavonica* et *Laurencia obtusa* que ces dernières pourraient être des sources potentielles de protéines et de lipides pour des régimes alimentaires diététiques pour le poisson.

Les macroalgues qui présentent des teneurs élevées en protéines semblent être une voie prometteuse dans l'utilisation de cette ressource marine dans des fermes piscicoles en Europe. Ceci satisfait les industries qui exigent une substitution partielle de la farine animale par les farines végétales dans l'aliment pour poissons (Fleurence, 1999).

Les effets bénéfiques de la farine de *Porphyra* utilisée comme additif alimentaire dans le régime d'un poisson cyprinidé ont été décrits par Mustafa *et al.* (1995) in Fleurence, 1999.

Selon une étude réalisée par Mensi *et al.* (2005), *Ulva lactuca* présente des caractéristiques chimiques permettant son incorporation comme ingrédient potentiel dans le régime alimentaire de tilapia avec des teneurs acceptables en protéines (11,3 % de MS) et en CB (5% de MS).

Une autre étude réalisée par Wassef (2005) montre une amélioration du taux de croissance, de la composition nutritive et un taux de survie élevé chez la daurade royale *Sparus aurata* et chez le bar européen *Dicentrarchus labrax* en utilisant de la farine d'*Ulva* et la farine de *Pterocladia* en complément dans leur régime alimentaire.

D'après Valente *et al.* (2006), l'incorporation de ce type de végétaux marins dans le régime de jeunes poissons, tel que le bar européen (*Dicentrarchus labrax*) s'est révélée très intéressante et qu'aucune conséquence négative n'a été observée en ce qui concerne les performances zootechniques (croissance, poids, utilisation nutritionnelle).

Les résultats d'une étude réalisée par Azaza *et al.* (2008) portant sur la valeur nutritionnelle d'*Ulva rigida* prouvent que cette espèce pourrait être utilisée en complément à raison de 20% dans le régime alimentaire du tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*).

2.2. Dans l'alimentation humaine

Les algues sont consommées en Asie depuis l'aube de l'humanité. En Occident, cette consommation directe d'algues est plus marginale et plus récente. Elles ont été récemment approuvées pour la consommation humaine (comme légumes et condiments), ouvrant ainsi de nouvelles opportunités pour l'industrie agro-alimentaire (Mabeau et Fleurence, 1993).

Ces macroalgues contiennent des protéines, lipides, vitamines et minéraux et constituent donc une source d'aliment précieuse (Sanchez-Machado *et al.*, 2004 ; Norziah et Ching, 2000 ; Wong et Cheung, 2000).

75% de la production d'algues produites mondialement (8 millions de tonnes d'algues fraîches) est destiné à l'alimentation humaine directe. Aujourd'hui, 14 macroalgues et microalgues alimentaires sont autorisées à la vente sur le territoire français (tabl.1).

Tableau 1: Exemples d'algues utilisées en nutrition humaine (Marfaing, 2004)

Nom scientifique	Nom commun
<ul style="list-style-type: none">• Algues brunes<ul style="list-style-type: none">- <i>Ascophyllum nodosum</i>- <i>Fucus vesiculosus</i>- <i>Himanthalia elongata</i>- <i>Undaria pinnatifida</i>- <i>Laminaria digitata</i>- <i>Laminaria saccharina</i>	Spaghetti de mer, Haricot de mer Wakamé Kombu Kombu Royal
<ul style="list-style-type: none">• Algues rouges<ul style="list-style-type: none">- <i>Palmaria palmata</i>- <i>Porphyra umbilicalis</i>- <i>Chondrus crispus</i>- <i>Gracilaria verrucosa</i>	Dulse Nori Pioca Ogonori
<ul style="list-style-type: none">• Algues vertes<ul style="list-style-type: none">- <i>Ulva sp.</i>- <i>Enteromorpha sp.</i>	Laitue de mer Aonori
<ul style="list-style-type: none">• Microalgues<ul style="list-style-type: none">- <i>Spirulina sp.</i>- <i>Ondontella aurita</i>	

L'algue *Lithothamnium calcareum* (mäerl) a également reçu un avis favorable en 1996 à son emploi dans des compléments alimentaires et à son incorporation dans la fabrication de pains spéciaux (Marfaing, 2004).

Cette habilitation des algues en alimentation s'est accompagnée de la mise en place d'une réglementation visant à assurer la sécurité du consommateur. Les algues autorisées doivent satisfaire aux critères figurant dans le tableau 2 (en annexes).

Une autre algue brune *Padina pavonica* a reçu l'habilitation dans le secteur de l'alimentation humaine à Malte. Cette même espèce a fait l'objet d'une étude réalisée par Ben Said *et al.* (2002) notamment sur sa biologie et sa biomasse dans le Cap Zebib, au nord de la Tunisie.

2.3. Dans l'industrie alimentaire

L'algue en alimentation fait cependant partie du quotidien de l'homme, mais de façon discrète, utilisée pour ses propriétés technologiques et ceci depuis le début des années soixante. Agar, alginate, carraghénane sont ainsi devenus des ingrédients incontournables de l'industrie agroalimentaire (Marfaing, 2004).

2.4. Dans la cosmétologie

Dans l'industrie cosmétique, les algues constituent un ingrédient important. Les produits cosmétiques dont la composition est à base de carraghénanes peuvent être «labellisés» produits naturels (Dabouineau, 2004).

2.5. Dans l'agriculture

Les macroalgues sont utilisées depuis les anciens temps comme fertilisant. Les effets des macroalgues comme fertilisant diffèrent selon l'algue utilisée. En général, ce n'est pas dû seulement aux composants chimiques de l'algue et à la valeur nutritionnelle de l'algue, mais aussi aux propriétés physiques des polysaccharides de l'algue lesquels aident à améliorer la structure du sol (Kim, 1970).

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

2.6. Dans le domaine pharmaceutique et médical

Plusieurs composés chimiques isolés des macroalgues sont biologiquement actifs dont certains possèdent une activité pharmacologique efficace (Rorrer et Cheney, 2004).

Une étude sur l'isolement et la détermination de la structure chimique de nouveaux métabolites secondaires pouvant présenter des activités biologiques à potentialités pharmacologiques a été réalisée à partir de deux algues méditerranéennes,

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

2.7. Dans la biotechnologie

Le processus biotechnologique des macroalgues marines a trois éléments: la cellule et le développement de culture cellulaire, la conception de photobioréacteur, et l'identification des stratégies pour obtenir la biosynthèse de métabolites secondaires (synthèse biomimétique) (Rorrer et Cheney, 2004). L'ingénierie biotechnologique (biomoléculaire) des macroalgues marines pour la production de ces composés est un domaine nouveau, émergent de la biotechnologie marine.

Les Rhodophycées contiennent une protéine particulière appelée phycoérythrine (PE) qui est déjà utilisée dans des applications biotechnologiques comme colorant ou teinture dans des réactions d'immunofluorescence (Fleurence, 1999).

2.8. Dans le traitement des eaux usées

La technique dite du « lagunage » représente une alternative économique et efficace à des systèmes de traitement (les rejets des villes, de l'industrie, des fermes aquacoles, des entreprises agricoles). La technique de traitement par lagunage à haut rendement algal a fait l'objet d'un travail de recherche au cours d'un projet d'élevage de loups en circuit fermé à l'Ifremer (Station Palavas-les-Flots) où la totalité des rejets sont recyclés ("zéro rejet") (Pagand, 1999). Les fortes concentrations en azote et phosphore inorganique dissous dans l'effluent de l'élevage en eau recyclée sont utilisées par les algues.

La capacité des algues à absorber les nutriments issus d'élevages piscicoles a été démontrée à partir de cultures d'algues en bassin (Cohen et Neori, 1991). Toutefois, l'intérêt de l'utilisation des macroalgues pour le traitement des eaux usées en eau salée à été démontré dès la fin des années 70 dans des mélanges d'eau usée et d'eau de mer (Prince, 1974 ; Guist et Humm, 1976). De plus, la biomasse algale formée est potentiellement valorisable, notamment pour l'alimentation des poissons (Appler, 1985 ; El-Sayed, 1994 ; Davies *et al.*, 1997 et Wahbeh, 1997).

Toutefois, les milieux riches en azote comme les effluents des fermes piscicoles, où les macroalgues sont utilisées comme biofiltres, peuvent augmenter leur teneur en

protéines (Lahaye *et al.*, 1995 et Pinchetti *et al.*, 1998 in Valente *et al.*, 2006). L'homme tire avantage des propriétés de la biomasse algale formée.

2.9. En aquaculture intégrée

La polyaquaculture ou plutôt la culture intégrée d'algues et d'aquaculture animale est un concept relativement nouveau. En Chine, ce concept se retrouve sous différentes facettes : culture intensive extérieure en bassin contrôlé, culture en bassin, culture sur l'estran et enfin culture en mer ouverte.

Bien que les espoirs attendus par cette nouvelle forme de mariculture soient très importants, ces différents systèmes sont encore quasiment tous au stade du développement, y compris en Chine, pays pionnier en la matière (Anonyme, 2004).

Une étude portant sur le système intégré d'une culture de macroalgues, poissons et gastéropodes a été réalisée avec succès par Neori *et al.* (2000). Les objectifs atteints consistent en l'obtention de bons rendements épuratoires du système, la réduction de l'utilisation de l'eau, réduire les décharges des effluents et augmenter la production de la polyculture utilisée.

2.10. Comme nouvelle source d'iode pour les poissons d'eau douce

Le recours aux algues et en particulier les laminaires et les fucales qui peuvent accumuler de 1500 à 8000 mg/kg sur sec et de 500 à 1000 mg/kg sur sec respectivement permet de supplémer en iode de manière naturelle les poissons d'eau douce (carpes, truites notamment) au travers de leur alimentation pour atteindre des valeurs voisines de celles des poissons marins.

Il serait envisageable à l'avenir, de voir se développer l'utilisation des algues comme source d'iode naturelle dans les aliments et participer ainsi au combat contre la déficience en iode dans l'alimentation humaine et les conséquences qu'elle entraîne (Marfaing, 2004).

3. Les ressources alimentaires utilisées dans l'alimentation du poisson dans la région méditerranéenne

Parmi les aspects technologiques et biotechnologiques développés dans le plan national de développement de l'aquaculture en Algérie, la conception de l'aliment est un principe fondamental pour le développement de la pisciculture intensive. Cependant, cette dernière connaît un nouvel essor suite à la politique de redéploiement et de relance économique tracée par le gouvernement avec la mise en œuvre du nouveau schéma

directeur de développement des activités de la pêche et de l'aquaculture à l'horizon 2025 (MPRH, 2008).

En Algérie, l'activité aquacole étant à ses débuts, le gouvernement algérien doit être en mesure d'assurer l'approvisionnement en farines et huiles de poissons pour la durabilité d'une telle pratique. Toutefois, à long terme, l'entretien de l'aquaculture pourrait être menacé par la dépendance excessive de ce type d'aliment (FAO, 2002). Par ailleurs, l'aliment piscicole représente plus de 50% du coût opérant en aquaculture intensive, avec une protéine devenant la source diététique la plus chère (Lovell, 2002 *in* Valente *et al.*, 2006).

Pour un développement réel de l'aquaculture en Algérie, et pour un meilleur encadrement de l'aquaculteur, plusieurs mesures ont été énoncées dans le plan de développement durable de l'aquaculture notamment sur le plan formation et recherche. En tant que soutien scientifique, le Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture à Bou Ismail s'investit dans le projet ayant pour thème : « Fabrication d'aliment composé artificiel pour poisson » (Belhasnet *et al.*, 2008).

Il faut souligner que les firmes d'aliments aquacoles jouent un rôle important dans cette activité en expansion et le déficit principal qui doit être relevé est l'utilisation de nouvelles matières premières. Il s'agit d'une question qui menace le développement futur de l'aquaculture dans tous les pays méditerranéens. Les producteurs d'aliments aquacoles devraient intensifier leurs efforts pour résoudre les problèmes pratiques liés à l'aliment poisson, en collaboration avec les aquaculteurs, pour que de nouvelles idées puissent être appliquées immédiatement (Karatarakis, 2005).

3.1. Le marché méditerranéen d'aliments aquacoles

Selon Fernández *et al.* (2005), l'accroissement de l'aquaculture, notamment l'élevage de poissons et des crevettes, se traduit par une augmentation du besoin en aliments composés. En effet, le marché méditerranéen d'aliments aquacoles a significativement augmenté, passant d'une production estimée à 315 000t en 1995 à 500 000t en 2001, soit une augmentation de 58% et cela suite à un accroissement de la production de certaines espèces de poissons d'eau de mer. Ce développement a eu un effet de production significatif sur le marché d'aliments aquacoles, puisqu'en 1995 l'aliment pour la truite a été estimé à 57% du total du marché, en 2001 il a atteint seulement 33%. Les aliments pour les poissons d'eau de mer (bar et daurade), ont atteint en 2001, les 64% du total du

marché, donc, détiennent maintenant la plus grande part du marché d'aliments aquacoles.

Pratiquement la totalité du marché d'aliments aquacoles (93% en 2001) s'est concentrée dans 5 pays seulement: l'Espagne, la France, l'Italie, la Grèce et la Turquie (fig.1). Ces dernières années, le développement de la pisciculture intensive, a été remarquable dans des pays tels que la Grèce et la Turquie signifiant un changement important dans la distribution du marché d'aliments aquacoles. En 1995, c'était l'Italie et la France qui détenaient plus de 50% de la part du marché, en 2001 leur part du marché est à moins de 30%, alors que la Grèce passe de 16% en 1995 à 30% en 2001. Cette tendance est suivie de la Turquie avec une croissance de la part de marché d'aliments aquacoles et à un moindre degré, l'Espagne (Fernández *et al.*, 2005).

L'Algérie se distingue par une très faible production d'aliments aquacoles qui se trouve bien en dessous de celle des deux autres pays maghrébins que sont la Tunisie et le Maroc (FAO-FIDI., 2003 *in* Fernández *et al.*, 2005).

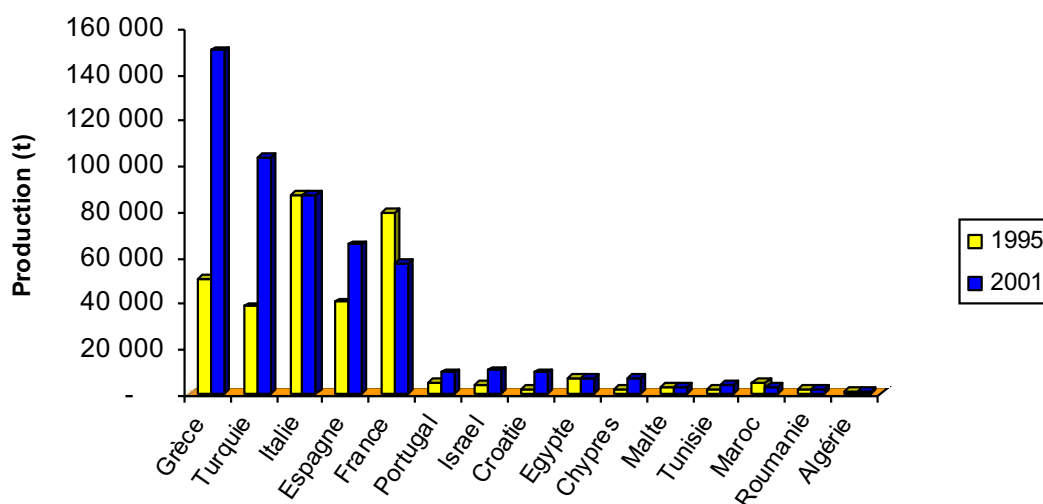


Figure 1: Evaluation du marché d'aliments aquacoles pour les principales espèces en élevage intensif dans les différents pays méditerranéens (Fernández *et al.*, 2005).

3.2. Les matières premières utilisées dans l'alimentation des poissons

Les diverses matières premières destinées à l'alimentation des poissons peuvent être d'origine animale ou végétale, terrestre ou marine.

Il faut souligner que depuis l'apparition de l'épidémie d'encéphalopathie spongiforme bovine (communément appelée « maladie de la vache folle »), l'utilisation de **matières premières d'origine animale terrestre**, telles que, les farines de viande, les farines d'os,

les farines de viande osseuse, les farines de volailles ou les farines de plumes **a été interdite**. Toutefois, les produits issus de poissons, crustacés ou coquillages restent admis dans l'alimentation des poissons et la fabrication d'aliments destinés aux poissons (Guillaume *et al.*, 1999).

3.2.1. Les principales matières premières d'origine animale marine

Nous ne citerons que les principales matières premières que sont les farines de poisson. Ces farines constituent des sources de protéines bien adaptées aux poissons car riches ou très riches en AAI dont le profil correspond remarquablement aux besoins des vertébrés et en particulier à ceux des poissons. Les huiles contenues dans ces produits sont une excellente source d'énergie et ont une teneur élevée en acides gras à longue chaîne polyinsaturés (AGLPI), AGE les plus importants pour les poissons. Ces matières premières sont également de très bonnes sources de minéraux essentiels (calcium, phosphore, magnésium et oligo-éléments) et de vitamines (vitamines B12, A, D3, choline, inositol et aussi, dans une moindre mesure, de toutes les autres vitamines à l'exception de l'acide ascorbique). Elles apportent souvent aussi des caroténoïdes (Guillaume *et al.*, 1999).

a / Composition chimique des farines de poisson

Il existe plusieurs qualités de farines de poisson de différentes catégories. Toutes ces farines, à base de poisson entier, ont une composition chimique voisine (66 à 71% de protéines, 9 à 12% de lipides et 12 à 15% de cendres (tabl.3 en annexes).

b / Valeur nutritive des farines de poisson

La valeur nutritive d'un aliment dépend non seulement de son contenu en nutriments mais aussi de la capacité de l'animal à les digérer et les absorber (Guillaume *et al.*, 1999).

Un certain nombre de résultats acquis portant sur les valeurs nutritives (représentés par le CUD) de certaines matières premières sont reportés dans le tableau 4 (en annexes). Parmi les ingrédients étudiés, la farine de poisson et le concentré de protéines de poisson présentent la valeur nutritive la plus élevée.

c / Rôle des farines de poisson dans l'alimentation animale

La farine de poisson a une teneur élevée en protéines avec une valeur nutritionnelle de qualité supérieure. Elle est employée pour compléter d'autres protéines, particulièrement les protéines végétales, dans les régimes employés dans l'élevage animal (FAO, 1986).

En fournissant une protéine de haute qualité avec un équilibre idéal en acides aminés dans l'élevage piscicole, la farine de poisson traitée avec un antioxydant fournit une source valable en acides gras n-3 à longue chaîne qui sont essentiels pour les poissons tels que la truite, le saumon, la carpe, le poisson-chat et l'anguille (FAO, 1986).

3.2.2. Les principales matières premières d'origine végétale

Les matières premières d'origine végétale sont très nombreuses (soja, colza, pois, blé, maïs...) et sont moins chères que celles d'origine animale. Les fabricants d'aliments sont donc tentés de les substituer à ces dernières (Guillaume *et al.*, 1999). Néanmoins, ces matières premières présentent des avantages et des inconvénients.

Ces ingrédients sont généralement riches en glucides complexes, peu digestibles par les poissons. Cependant, de nombreuses études (Kaushik, 1980 *in* Kaushik *et al.*, 2004) ont montré que des traitements technologiques adéquats tels que les traitements thermiques de cuisson-extrusion permettent d'améliorer la digestibilité des glucides complexes. D'après les travaux réalisés par Cheng et Hardy (2003), l'incorporation de céréales (blé, maïs, triticales), de protéagineux (pois, lupin) ou d'oléagineux (soja, colza) convenablement traités (cuisson-extrusion, co-extrusion) pourraient améliorer l'énergie digestible des aliments, épargnant ainsi des protéines alimentaires (fig. 2).

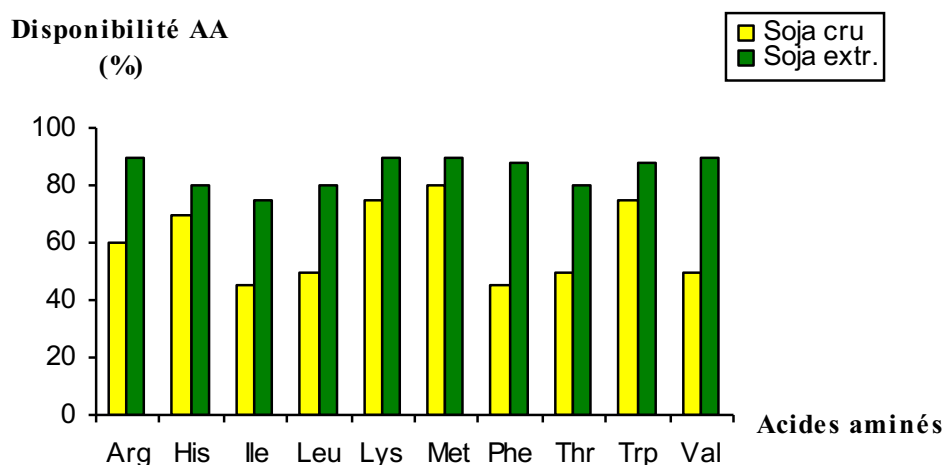


Figure 2 : Disponibilité en acides aminés du soja entier cru ou extrudé (d'après Cheng et Hardy, 2003).

CHAPITRE II. CARACTERISTIQUES NUTRITIONNELLES DES MACROALGUES

La valeur nutritionnelle des algues peut s'expliquer en grande partie par la présence conjointe de 3 grandes catégories de composants (fibres, minéraux et protéines) mais également par la présence de métabolites présentant des propriétés antioxydantes et antiradicalaires tels que les caroténoïdes, les polyphénols, les vitamines ou les acides gras polyinsaturés (Marfaing, 2004).

1. Composition chimique

La composition chimique des algues benthiques varie suivant les espèces, et peut subir des variations selon les saisons et les lieux de récoltes ou de culture.

Dans leur environnement naturel, les algues se composent d'environ 80 à 90% d'eau. Une fois séchées, elles n'en contiennent plus que 10 à 20%. Les glucides, les protéines et les sels minéraux représentent 80 à 90% du poids sec, alors que la teneur en lipides est toujours très faible, 1 à 2% (Ito et Hori, 1989).

1.1. Les polysaccharides

Les algues constituent des sources importantes de polysaccharides (de 33 à 61%) ayant des structures variées et originales, différentes des polysaccharides des végétaux terrestres. Du point de vue nutritionnel, la majorité des polysaccharides algaux sont représentés par des polysaccharides non digestibles, excepté pour l'amidon chez les algues vertes et le floridoside chez les algues rouges (Marfaing, 2004).

Selon ce même auteur, parmi les polysaccharides insolubles (21% à 44% des polysaccharides totaux), on trouve une fraction cellulosique, présente en faible proportion chez les trois phylla ainsi que de l'amidon floridéen, notamment chez les algues rouges. D'une manière générale, hormis la cellulose, les structures chimiques précises des polysaccharides insolubles restent très mal connues. Plus intéressante, la fraction des polysaccharides solubles représente de 51% à 56% des polysaccharides totaux chez les algues vertes et rouges, de 67 à 87% chez les algues brunes. La nature de ces polysaccharides solubles est variable en fonction du phylum considéré :

- les polysaccharides solubles des algues rouges sont les agars, carraghénanes et xylanes.
- les polysaccharides solubles des algues brunes sont les laminaranes, les alginates, et les fucanes.
- les polysaccharides solubles des algues vertes sont constituées par les ulvanes.

1.2. Les minéraux

Les algues puisent dans la mer une richesse incomparable d'éléments minéraux. La fraction minérale peut représenter jusqu'à 36% de la matière sèche. Cette fraction minérale offre d'abord une grande diversité : macroéléments comme le sodium, calcium, magnésium, potassium, chlore, soufre, phosphore, mais également oligo-éléments tels que l'iode, le fer, le zinc, le cuivre, le sélénium, le molybdène, ainsi que bien d'autres oligo-éléments comme le fluor, le manganèse, le bore, le nickel, le cobalt.

Les trois phylla d'algues (brunes, vertes, rouges) sont à peu près équivalentes en quantité de matières minérales totales. On peut noter, cependant, un léger avantage pour les brunes et les rouges (jusqu'à 36% de la masse sèche) devant les vertes (jusqu'à 30%) (Marfaing, 2004).

1.3. Les protéines

La teneur en protéines des macroalgues diffère suivant les espèces. Généralement, la fraction protéique des macroalgues brunes est faible (3-15% de la matière sèche) comparée à celle des macroalgues vertes et rouges (10-47% de la matière sèche) (Arasaki et Arasaki, 1983 in Fleurence, 1999). La plupart des macroalgues brunes industriellement exploitées (*Laminaria digitata*, *Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus* et *Himanthalia elongata*) ont une teneur en protéines plus faible que 15% (MS) excepté pour l'espèce *Undaria pinnatifida* (wakamé) qui possède un niveau protéique variable de 11 à 24% (MS) (Fleurence, 1999).

Chez certaines macroalgues telles que les espèces appartenant au genre *Ulva*, la teneur en protéines peut représenter de 10 à 26% de la MS. L'espèce *Ulva pertusa*, qui est fréquemment consommée sous le nom de "ao-nori" au Japon, possède un niveau protéique élevé entre 20 et 26% (MS) (Fleurence, 1999). L'espèce *Ulva lactuca* présente une teneur en protéines qui varie de 7,7 à 22,2% de MS (Chermiti *et al.*, 2003). Les teneurs protéiques élevées sont enregistrées chez les macroalgues rouges tel que *Porphyra tenera* (47% de MS) ou *Palmaria palmata* (35% de MS) (Fleurence, 1999). Ces algues connues sous les noms de "nori" et "dulse", respectivement, possèdent une fraction protéique comparable, du point de vue quantitatif, à celle des légumineuses (ex : soja) (Fleurence, 1999).

La teneur en protéines des algues marines dépend aussi des périodes saisonnières. Une étude annuelle du niveau protéique de *Palmaria palmata* (Dulse) collectées sur la côte Atlantique Française montre que sa teneur en protéines peut varier de 9 à 25% de la MS.

Les contenus protéiques élevés sont observés durant les périodes de fin d'hiver et de printemps et les faibles quantités sont observées durant les mois d'été (Fleurence, 1999).

1.4. Les lipides

La teneur lipidique est très faible et varie de 1 à 3% de la matière sèche. Du point de vue qualitatif, les lipides des algues diffèrent de ceux des végétaux terrestres. Ils présentent une proportion en acides gras essentiels supérieure et les acides gras insaturés sont prédominants (Darcy-Vrillon, 1993 *in* Marfaing 2004).

Les algues vertes, dont la composition en acides gras est la plus proche de celle des végétaux supérieurs ont, par rapport à ceux-ci, une teneur beaucoup plus élevée en acide oléique (C 18 : 1) et en acide alpha-linolénique ($\alpha 3$ - C18 : 3), acide gras indispensable car non synthétisé par l'homme. Les algues rouges contiennent des taux élevés d'acides gras polyinsaturés à 20 carbones, ce qui constitue une originalité car ces acides gras sont rencontrés essentiellement dans le monde animal. Le fameux EPA ($\omega 3$ - C20 : 5) en particulier constitue 50% des acides gras polyinsaturés chez *Porphyra sp.* et *Palmaria palmata* (Marfaing, 2004).

Benchabane (1989) a montré lors de l'étude de la fraction lipidique de l'algue brune *Cystoseira sedoïdes* des côtes algériennes une multitude d'acides gras de C12 à C20 parmi lesquels se distinguent les acides gras saturés et insaturés.

1.5. Les vitamines

Les travaux concernant les teneurs en vitamines de différentes algues marines sont peu nombreux. Une étude sur les teneurs en vitamines de plusieurs algues de la mer Baltique réalisée par Schiewer (1970) montre des différences non significatives en ce qui concerne les teneurs en vitamines chez les 3 groupes d'algues (brunes, vertes et rouges).

Cependant, des variations en vitamines chez une même espèce sont très élevées pour trois raisons :

- L'état de développement annuel,
- L'influence du lieu de prélèvement,
- Variations annuelles saisonnières, maxima estival, minima hivernal.

Selon Schiewer (1970), il semble ne pas exister de différences notables entre la teneur en vitamines d'algues d'eau douce stagnante et celles d'eau de mer.

Selon Marfaing (2004), la composition vitaminique des algues est très intéressante, malgré de grandes variations saisonnières.

Les principales vitamines dosées :

- Vitamine B12

Les algues contiennent une proportion non négligeable de vitamine B12, contrairement aux plantes terrestres qui en sont totalement dépourvues. Les travaux les plus récents semblent indiquer que la vitamine B12 des algues est bien biodisponible.

- Vitamine C

La vitamine C est présente en quantité importante dans certaines algues vertes et brunes, à des taux variant entre 500 et 3000 mg /kg sec alors que les algues rouges ont des teneurs en vitamine C de l'ordre de 100 à 800 mg/kg.

- Vitamine E

Les algues brunes sont plus riches en vitamine E que les algues vertes et rouges. Parmi les algues brunes, les teneurs les plus élevées sont observées chez les Fucales (*Ascophyllum* et *Fucus sp.*), qui contiennent entre 200 et 600 mg de tocophérols/kg de la matière sèche.

1.6. Les polyphénols

Certaines algues marines contiennent des polyphénols appelés aussi phlorotannins. Ces derniers constituent un groupe très hétérogène de molécules selon leur structure et leur degré de polymérisation, fournissant ainsi une grande variété d'activités biologiques potentielles. Les teneurs les plus élevées sont retrouvées dans les algues brunes et varient de 5 à 15% du poids sec (Marfaing, 2004).

1.7. Les caroténoïdes

Les caroténoïdes (carotènes, formés de chaînes hydrocarbonées, et xanthophylles, très voisins mais comportant des atomes d'oxygène) sont de puissants antioxydants. Les algues brunes sont particulièrement riches en caroténoïdes et notamment en fucoxanthine, β -carotène et violaxanthine. Les principaux caroténoïdes des algues rouges sont le β -carotène, l' α -carotène et leurs dérivés dihydroxylés : zeaxanthine et lutéine. La composition en caroténoïdes des algues vertes reste voisine de celle des plantes supérieures : les principaux caroténoïdes présents sont le β -carotène, la lutéine, la violaxanthine, l'antheraxanthine, la zeaxanthine et la neoxanthine. Un grand nombre d'études a démontré les propriétés antioxydantes des caroténoïdes algaux et le rôle qu'ils jouent dans la prévention de plusieurs pathologies liées au stress oxydatif (Okuzumi *et al.* (1993) et Yan *et al.* (1999) in Marfaing, 2004).

2. Valeur nutritive

Les études relatives à la valeur nutritive des macrophytes sont très peu nombreuses et plus particulièrement celles de leurs protéines et de leurs composés qui peuvent avoir un effet sur leur digestibilité (Fleurence, 1999).

Chermiti *et al.* (2003) ont étudié la digestibilité in vitro de cinq espèces de macrophytes après avoir étudié leurs compositions chimiques reportées dans le tableau 5.

Tableau 5 : Variation de la teneur en matières azotées totales (MAT) et en cellulose brute (CB) (en % de MS) selon l'espèce de macrophyte et la saison (Chermiti *et al.*, 2003)

Espèce		Automne	Hiver	Printemps	Eté
<i>Chaetomorpha linum</i>	MAT	16,3	12,0	9,8	9,2
	CB	15,5	19,4	19,2	14,4
<i>Cymodocea nodosa</i>	MAT	12,3	10,7	14,0	12,7
	CB	13,6	14,1	10,8	20,3
<i>Posidonia oceanica</i>	MAT	16,8	7,4	16,0	4,1
	CB	22,8	26,7	29,5	26,7
<i>Ruppia maritima</i>	MAT	14,4	2,8	13,1	12,8
	CB	19,0	22,7	9,7	15,0
<i>Ulva lactuca</i>	MAT	17,5	22,2	13,5	7,7
	CB	18,8	18,7	5,3	5,8

L'étude a montré que parmi ces cinq végétaux marins, *Ruppia maritima* et *Chaetomorpha linum* présentent une meilleure digestibilité. *Ulva lactuca* présente une digestibilité plus faible que *Chaetomorpha linum* tandis que l'espèce *Posidonia océanica* présente la plus faible digestibilité. Les espèces *Ruppia maritima* et *Chaetomorpha linum* ont été testées par la suite chez des brebis lesquelles ont permis de conclure sur l'amélioration des performances animales.

Des essais de performances zootechniques ont été réalisés avec succès avec *Chaetomorpha linum* chez des animaux en croissance (agneaux et lapereaux) (Rjiba, 2003).

3. Toxicité et substances antinutritionnelles

Les toxines élaborées par les algues ou phycotoxines responsables de la contamination de la chaîne alimentaire restent assez peu documentées. Elles étaient attribuées uniquement aux dinoflagellés jusqu'à la découverte de l'espèce responsable de l'intoxication qui a été identifiée comme étant la diatomée *Pseudo-nitzschia pungens f. multiseriis* (Bates, 1989 in Frémy et Lassus, 2001).

Parmi les principales toxines marines, on connaît 2 types :

- Les toxines azotées (la saxitoxine STX et ses dérivés, l'acide domoïque) ;
- Les toxines polyéther liposolubles (l'acide okadaïque, brevétoxines, ciguatoxines).

Outre les substances ichthyotoxiques puissantes qui ont été isolées des algues rouges planctoniques responsables de la « marée rouge » et des diatomées, l'acide domoïque, une neurotoxine a été isolée précédemment au Japon à partir de *Chondria armata domoi* (macroalgue rouge) (Takemoto et Daigo, 1958 in Frémy et Lassus, 2001). Ce composé est généralement bioconcentré par les fruits de mer mais a également été détecté dans la chair du hareng (Whyte *et al.* (1996), Durborow (1999), Lefebvre *et al.* (2001), Wekell *et al.* (2002) in Chateau-Degat, 2003). L'acide domoïque (C₁₅ H₂₁ O₆ N-2H₂O) est un composé azoté hétérocyclique qui présente une activité anthelminthique marquée.

Un autre composé actif, l'acide kainique largement utilisé comme anthelminthique isolé d'algues rouges en Méditerranée *Corallina officinalis*. Il s'agit du même composé que celui utilisé en Asie et qui a été isolé de l'algue rouge *Digenea simplex* (Bhakuni et Silva, 1974).

Ces composés toxiques sont des métabolites secondaires qui peuvent donc avoir une activité biologique. Ces substances biologiquement actives ou « biodynamiques » représentent un des quelques exemples de produits pharmaceutiques isolés de source marine (Bhakuni et Silva, 1974).

Le cholestérol est le principal stérol dans les algues rouges qui pourrait être dangereux (toxique) en favorisant le dépôt de graisse dans le foie et dans le cœur humain (Reiner *et al.*, 1962 in Bhakuni et Silva, 1974).

Cependant, d'autres substances toxiques pourraient faire partie de ces composés chimiques mais qui sont exclues de toute activité clinique. Il s'agit des composés bromés, principalement les bromophénols isolés de certaines espèces d'algues rouges tel que *Symphyclocladia gracillis*, *Rhodomela labrixi* et *Polysiphonia lanosa*. Aucune donnée n'est obtenue concernant l'importance physiologique et le mécanisme de biosynthèse de ces phénols bromés. Il semble que ces composés jouent un rôle dans la régulation des épiphytes et des endophytes (Bhakuni et Silva, 1974). Ces bromophénols sont des métabolites secondaires présents chez les algues rouges, plus précisément celles appartenant à la famille des Rhodomelaceae. Ces macroalgues présentent une toxicité aiguë due à leur richesse en phénols bromés, on parle à ce moment là de poison et, l'algue n'est plus classée comme comestible.

Cependant, les phénomènes de toxicité dus aux excès d'oligo-éléments sont fréquents chez ce type de végétaux marins. De nombreuses études montrent que les

polyphénols des macroalgues brunes sont responsables des concentrations élevées en métaux chez de nombreuses espèces qui pourraient contaminer la chaîne alimentaire. Des concentrations en oligo-éléments (Zn, Cd, Pb, Cr et Cu) ont été mises en évidence dans la fraction polyphénolique de l'algue brune *Padina gymnospora* (Karez et Pereira, 1995).

Parmi les composés indésirables chez les végétaux marins en plus des composés toxiques sont les facteurs antinutritionnels qui entravent l'utilisation digestive ou métabolique des nutriments par les animaux (Guillaume *et al.*, 1999). En effet, ces végétaux marins comme les végétaux terrestres contiennent des facteurs antinutritionnels qui causent un souci majeur chez les aquaculteurs lors de l'emploi de ces ingrédients d'origine végétale dans l'alimentation piscicole.

Les composés antinutritionnels courants dans les produits végétaux et rares dans les produits d'origine animale comprennent :

- les composés membranaires des végétaux qui, en cas d'excès, diminuent la digestibilité chez les animaux.
- les antinutriments qui limitent l'utilisation de nutriments spécifiques, comme les facteurs antitrypsiques.
- L'acide phytique : composé qui limite l'efficacité des processus de digestion. L'acide phytique et plus spécialement la phytine sont des formes de stockage du phosphore et des métaux pour la plante (composé qui joue un rôle dans la physiologie de la plante). Les nutriments des phytates sont donc indisponibles, tout au moins pour l'animal qui ne possède pas de flore digestive active, ce qui est généralement le cas chez les poissons. L'action néfaste de l'acide phytique est que la molécule peut aussi agir sur certaines enzymes digestives et diminuer par exemple la digestibilité des protéines alimentaires.

Notons que l'on a récemment proposé d'incorporer aux aliments des phytases purifiées qui permettent de diminuer les suppléments en phosphore minéral et de réduire le rejet de phosphore fécal dans l'environnement (Guillaume *et al.*, 1999).

- Les tannins condensés renferment des facteurs antinutritionnels vrais. Un effet antinutritionnel qui peut se doubler d'un effet d'inappétibilité. L'effet antinutritionnel proprement dit provient d'une complexation non spécifique par les tannins de certaines protéines et tout particulièrement des enzymes digestives. Il s'agit donc d'une inhibition qui diminue la digestibilité (Guillaume *et al.*, 1999).

PARTIE II : ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODES

Objectif

L'objectif principal de ce travail est d'étudier les variations saisonnières des teneurs des composés chimiques (MAT, MM et CB) chez les algues marines benthiques collectées, essayer de déduire les premiers indices des teneurs optimales de ces constituants et d'évaluer l'effet du facteur écologique « température » de l'eau de mer sur la composition chimique des algues.

Cette composition chimique est l'une des caractéristiques qui nous permettra de les évaluer et de les identifier comme ingrédient alimentaire potentiel de haute ou de faible qualité pour le poisson.

1. Site d'échantillonnage « Kouali » Tipaza

Le choix du site s'est fait en se rapportant à la littérature (Perret-Boudouresque et Sérédi (1989) ; Sérédi (1990); les mémoires de fin d'études) et aussi pour sa proximité et son accessibilité.

1.1. Description

Le site Kouali appartient à la baie de Tipaza située à 70 km à l'ouest d'Alger. Il s'agit d'une baie peu profonde, presque fermée, de mode calme (fig.3). Elle présente deux types de substrats, l'un sableux occupé par un herbier à *Cymodocea Nodosa* auquel fait suite, vers le large, un herbier à *Posidonia oceanica*, l'autre rocheux est situé à la sortie de la baie (Sérédi, 1990 ; 2007).

1.2. Hydrologie du site

Les paramètres hydrologiques concernant le site d'échantillonnage « Kouali » ont été analysés lors d'une étude de la conception technique d'une ferme marine (CNRDPA, 2004, rapport interne). Les résultats obtenus suite à des mesures et analyses des paramètres physico-chimiques (salinité, pH, taux d'oxygène dissous, nitrites, nitrates, ammoniums) et bactériologiques nous révèlent qu'il s'agit d'une eau de mer de bonne qualité (tabl.6).

Tableau 6 : Résultats des différentes mesures et analyses effectuées au niveau du site « Kouali » (CNRDPA, 2004, rapport interne)

		S1	S2
Paramètres physico-Chimiques	Salinité (‰)	33,03	32,9
	Oxygène dissous (mg/l)	5,56	5,41
	pH	8,32	8,32
Analyses des composés Inorganiques	Ammonium (mg/l)	0,063	0
	Nitrites (mg/l)	0,02	0
	Nitrates (mg/l)	0,338	0,104
	Phosphore (mg/l)	0	0
Analyses bactériologiques	Streptocoques fécaux (Germes / 100 ml d'eau)	0	11
	Coliformes fécaux et totaux (Germes / 100 ml d'eau)	0	4



Figure 3 : Situation géographique du site d'échantillonnage «Kouali »Tipaza
Carte d'Algérie – 1/25 000 (type 1960)

1.3. La composition floristique du site « Kouali » Tipaza

Une étude détaillée de la flore algologique du site d'échantillonnage « Kouali » a été réalisée par Séridi (1990) qui consiste en une étude systématique des espèces présentes, quelques notions de dominance ont été abordées. On note une nette abondance des espèces d'algues appartenant au groupe des Phéophycées notamment les *Cystoseira*. Le groupe le plus faiblement représenté à la station de Tipaza serait le groupe des Chlorobiontes. Ces dernières étant peu présentes, le site « Kouali » serait considéré comme non pollué.

2. Matériel végétal

Le matériel végétal ayant fait l'objet de notre étude est constitué de quatre algues benthiques, deux appartiennent au groupe des algues brunes et deux au groupe des algues vertes. Le choix de ces algues benthiques a été fait en se basant sur des données bibliographiques notamment l'étude réalisée par Séridi (1990), des études préliminaires ayant fait l'objet de mémoires de fin d'études, de la compilation des travaux anciens et récents de la flore algale de l'Algérie réalisé par Perret-Boudouresque et Séridi (1989) et selon la dominance et l'abondance de ces algues dans le temps.

Sachant qu'il existe des algues toxiques notamment les espèces d'algues rouges appartenant à la famille des Rhodomelacées (§ 3, Chap.II, partie bibliographique), ce groupe a été exclu de la présente étude.

Position systématique

Phylum : Ochrophyta

Classe : Phaeophyceae

Ordre : Fucales

Famille : Cystoseiraceae

Genre : *Cystoseira*

Espèce : *C. sp.* (1)

Position systématique

Phylum : Ochrophyta

Classe : Phaeophyceae

Ordre : Fucales

Famille : Cystoseiraceae

Genre : *Cystoseira*

Espèce : *C. sp.* (2)

L'identification de ces macroalgues s'est basée sur les travaux réalisés par Fischer *et al.*, 1987, Séridi (1990), de Reviers (2002 ; 2003) et Cabioch *et al.*, 2006.

Une classification actuelle des algues marines est en perpétuelle révision et des communautés algales regroupant un très grand nombre d'espèces appartenant à différents taxons algaux qui ne sont toujours bien définis (Chopin, 1997).

2.1. Les algues brunes (Phéophycées)

Les caractères généraux

Les deux algues indiquées en figures 4 et 5 représentent l'échantillonnage réalisé en mai 2005. Elles se localisent en ceinture sur les côtes rocheuses et exposées de l'étage médiolittoral et l'étage infralittoral supérieur (fig.6).



Figure 4: Photographie de *Cystoseira sp.(1)*



Figure 5: Photographie de *Cystoseira sp.(2)*



Figure 6: Photographie des algues en ceinture au niveau du site « Kouali »
(13 mai 2005)

Ces mêmes espèces ont fait l'objet de l'échantillonnage réalisé en juin 2005, elles sont représentées en figures 7 et 8.



Figure 7: Photographie de *Cystoseira* sp.(1)



Figure 8: Photographie de *Cystoseira sp.(2)*

Les critères d'identification

- Aspect général du thalle
 - La base du thalle, qui chez les deux algues étudiées possède le même plan d'organisation, c'est-à-dire, un caractère cespiteux (plusieurs axes dressés), un système de rameaux de plusieurs ordres;
 - Elles possèdent plusieurs axes fixés sur une base encroûtante large (fig.7). Chez *Cystoseira sp.(2)* (fig.8), la base du thalle a été mal conservée.

Concernant ces deux Phéophycées, la détermination de l'espèce n'a pu être réalisée.

2.2. Les algues vertes (Chlorobiontes)

Les caractères généraux

Les deux algues vertes (fig.9 et fig.10) se localisent à l'étage infralittoral supérieur, se développent en abondance dans les stations riches en éléments nutritifs. Ce sont des algues annuelles, à dominance estivale, de mode calme, cosmopolites ; elles sont éphémères et contribuent aux "marées vertes".

Les critères d'identification

- Aspect général du thalle
 - Ulva rigida*** (C. Agardh) (fig.9)
 - thalle foliacé, très polymorphe ;
 - petit disque formé de nombreux rhizoïdes issus des cellules basales;
 - mesure entre 10 et 30 cm de diamètre, dans les stations calmes et eutrophisées.

Position systématique

Phylum : Chlorophyta

Classe : Ulvophyceae

Ordre : Ulvales

Famille : Ulvaceae

Genre : *Ulva*

Espèce : *U. rigida* (C. Agardh)

Position systématique

Phylum : Chlorophyta

Classe : Ulvophyceae

Ordre : Ulvales

Famille : Ulvaceae

Genre : *Ulva*

Espèce : *U.intestinalis* (Linnaeus, 1753)

Ulva intestinalis (Linnaeus, 1753) (fig.10)

- thalle tubulaire ramifié;
- disque formé de rhizoïdes;
- tubes le plus souvent aplatis, ramifiés, quelquefois élargis ou au contraire atténués vers leur extrémité.



Figure 9 : Photographie d'*Ulva rigida*



Figure 10 : Photographie d'*Ulva intestinalis*

- Aspect structurel

Des coupes cytologiques ont été effectuées et observées au microscope optique (type MOTIC). Ces coupes ont été réalisées au laboratoire de recherches au CNRDPA.

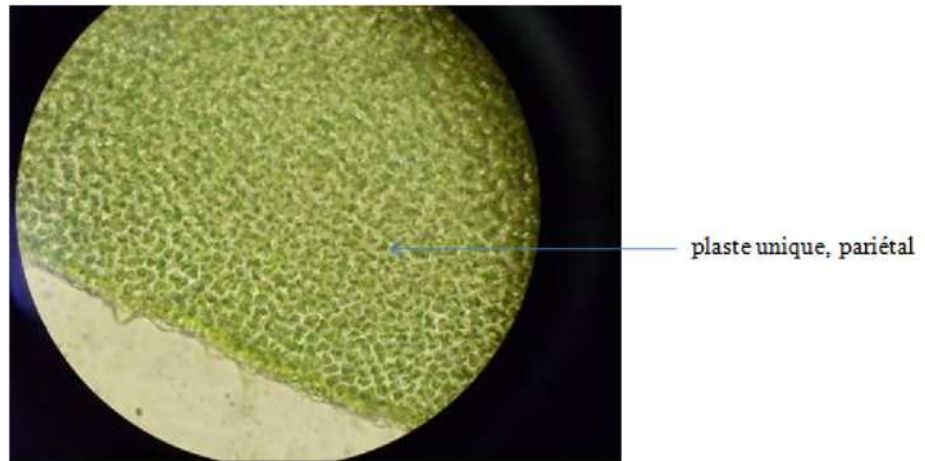


Figure 11: Vue superficielle du thalle d'*Ulva rigida*
MO ; Gr: 400

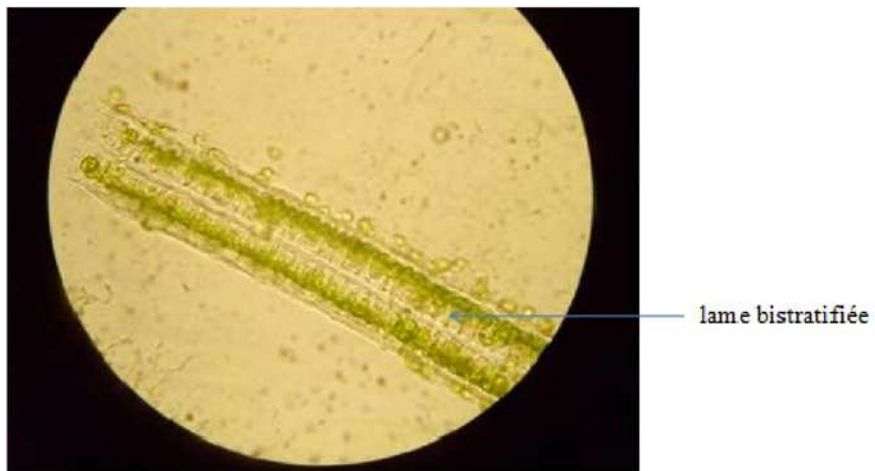


Figure 12: Coupe transversale du thalle d'*Ulva rigida*
MO ; Gr: 400

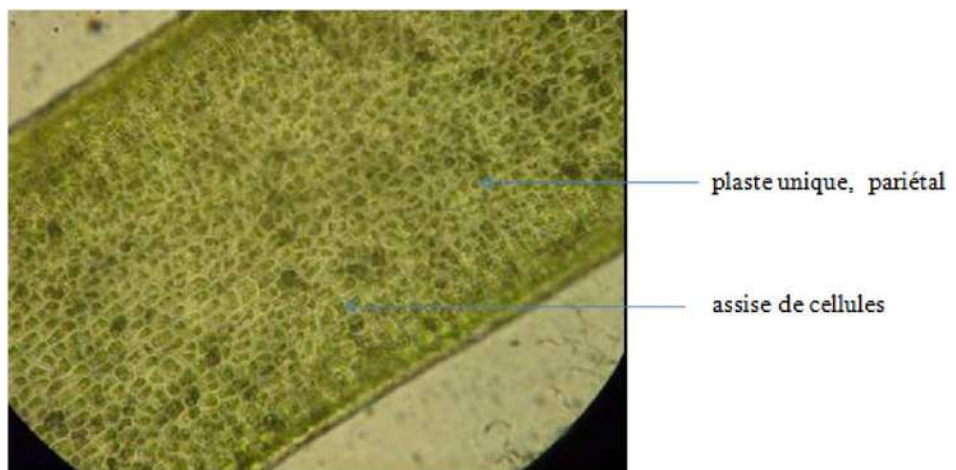


Figure 13: Vue superficielle du thalle d'*Ulva intestinalis*
MO ; Gr: 400

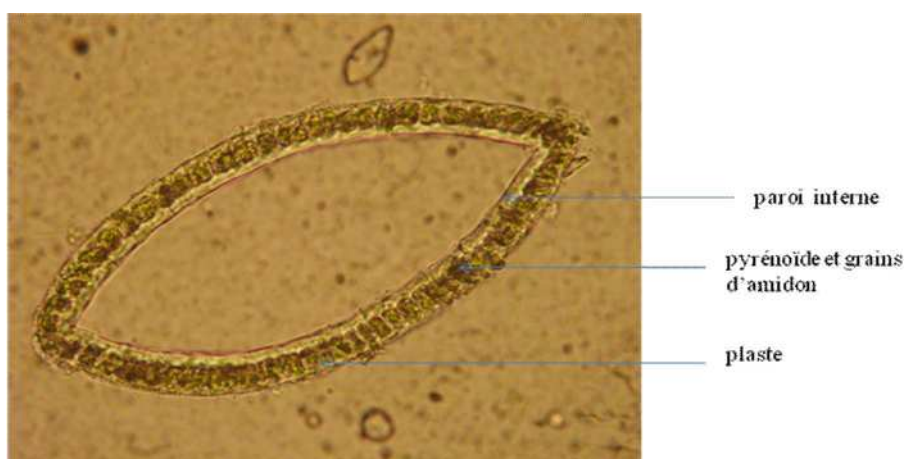


Figure 14: Coupe transversale du thalle d'*Ulva intestinalis*
MO ; Gr: 400

3. Méthodes

3.1. Collecte des échantillons

La collecte des algues benthiques étudiées s'est effectuée d'une manière bimestrielle au niveau du site « Kouali » Tipaza (36° 35,527' de latitude nord, 02° 28,725' de longitude est) s'étalant sur une année, d'août 2004 à juillet 2005 (tabl.7). Les Phéophycées (algues brunes) constituaient des peuplements bien homogènes et denses au niveau du site d'échantillonnage, par contre les Chlorobiontes (algues vertes) étaient très peu abondantes (fig.15).

Tableau 7: Périodes de collecte des macroalgues au site d'échantillonnage, « Kouali », Tipaza

Périodes de collecte	Algues brunes collectées	Algues vertes collectées
11 août 2004 (août/septembre)	<i>Cystoseira sp.</i> (1) <i>Cystoseira sp.</i> (2)	/
26 novembre 2004 (octobre/novembre)	<i>Cystoseira sp.</i> (1) <i>Cystoseira sp.</i> (2)	/
14 janvier 2005 (décembre/janvier)	<i>Cystoseira sp.</i> (1) <i>Cystoseira sp.</i> (2)	/
31 mars 2005 (février/mars)	<i>Cystoseira sp.</i> (1) <i>Cystoseira sp.</i> (2)	<i>Ulva intestinalis</i>
13 mai 2005 (avril/mai)	<i>Cystoseira sp.</i> (1) <i>Cystoseira sp.</i> (2)	<i>Ulva intestinalis</i> <i>Ulva rigida</i>
25 juin 2005 (juin/juillet)	<i>Cystoseira sp.</i> (1) <i>Cystoseira sp.</i> (2)	<i>Ulva rigida</i>

Les macroalgues ont été ramassées pendant leur immersion en eau de mer. Après plusieurs temps de lavages avec l'eau de mer, ces algues sont placées dans des sacs de plastique en présence d'une petite quantité d'eau de mer et transportées directement vers le laboratoire dans une glacière.

Des relevés bimestriels de température de l'eau de mer sont effectués en même temps que la récolte des algues jusqu'à deux mètres environ de profondeur à l'aide d'un profondimètre digital « Uwaterc » ce qui nous permettra d'émettre des hypothèses de corrélation entre les fluctuations de ce facteur écologique important et la composition chimique des algues étudiées.



Figure 15: Photographie montrant un peuplement dense des deux *Cystoseira* au niveau du site « Kouali » Tipaza (25 juin 2005)

3.2. Traitements des échantillons

Au laboratoire, les algues sont triées manuellement afin d'éliminer toute source de contamination (épiphytes, larves, crustacés,...) puis lavées à l'eau distillée et lyophilisées.

La méthode utilisée pour sécher ces végétaux aquatiques est la lyophilisation car le séchage des algues à l'air libre au laboratoire provoque l'apparition d'une couleur jaunâtre. Il semble permis d'attribuer la cause de ce phénomène à un dommage chimique des algues (Kroes, 1970). Cette méthode de séchage permettrait la préservation de la composition chimique des algues tout en éliminant l'eau.

3.3. Analyses chimiques

Les analyses chimiques ont porté sur les dosages des matières azotées totales (MAT), des matières minérales (MM) et de la cellulose brute (CB) des algues collectées selon les méthodes officielles des analyses de l'AOAC (1965).

Avant d'effectuer les analyses, l'échantillon lyophilisé doit être finement broyé et passé au tamis (maille d'1mm); il est conservé ensuite dans un flacon hermétiquement fermé. Tous les dosages ont été réalisés en trois répétitions au laboratoire d'analyses fourragères du département des sciences agronomiques (Université de Blida) et les résultats sont exprimés en pourcentage de MS.

3.3. 1. La matière sèche (MS)

- Dans une capsule séchée et tarée préalablement, introduire 2 g d'échantillon lyophilisé.
- Porter la capsule dans une étuve à circulation d'air réglée à $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, laisser refroidir au dessiccateur, peser, remettre 1h à l'étuve et procéder à une nouvelle pesée, continuer l'opération jusqu'à poids constant.

La teneur en MS est donnée par la relation :

$$\text{MS \%} = \frac{Y}{X} \times 100$$

X : poids de l'échantillon humide

Y : poids de l'échantillon après dessiccation

3.3.2. Les matières minérales (MM)

- Porter au four à moufle, la capsule contenant 2g d'échantillon lyophilisé, chauffer progressivement afin d'obtenir une carbonisation sans inflammation de la masse.

- 1h 30mn à 200°C

- 2h 30mn à 500°C

- L'incinération doit être poursuivie, s'il y a lieu, jusqu'à combustion complète du charbon formé et obtention d'un résidu blanc ou gris clair.
- Refroidir au dessiccateur la capsule contenant le résidu de l'incinération puis peser.

$$\text{Teneur en MM (\%MS)} = \frac{A \times 100}{B \times \text{MS}}$$

A : poids des cendres

B : poids de l'échantillon lyophilisé

MS : teneur en MS (en%)

3.3.3. La cellulose brute (CB)

La teneur en CB est déterminée par la méthode de WEENDE, où les matières cellulosiques constituent le résidu organique obtenu après deux hydrolyses successives, l'une en milieu acide et l'autre en milieu alcalin.

- Peser 2 g d'échantillon lyophilisé; l'introduire dans un ballon de 500ml muni d'un réfrigérant rodé sur le goulot ; ajouter 100ml d'une solution aqueuse bouillante contenant 12,5g d'acide sulfurique pour 1 litre.
- Chauffer pour obtenir une ébullition rapide et maintenir celle-ci pendant 30mn, agiter régulièrement le ballon pendant l'hydrolyse ; séparer le ballon du réfrigérant. Transvaser dans un ou plusieurs tubes de centrifugeuse en conservant la plus grande quantité possible du produit dans le ballon. Centrifuger jusqu'à ce que les eaux de lavage ne soient plus acides.
- Introduire le résidu dans le même ballon en le détachant du tube à centrifuger avec 100 ml de solution bouillante contenant 12,5 g de soude pour 1 litre, faire bouillir durant 30mn, ensuite filtrer sur creuset (de porosité 1 ou 2) préalablement pesé, le résidu. Passer à l'étuve le creuset plus le résidu à l'étuve réglée à 105°C jusqu'à poids constant.
Après refroidissement au dessiccateur, peser puis incinérer dans le four à moufle à 400°C durant 5h.
- Refroidir au dessiccateur et peser à nouveau.
- La différence de poids entre les deux pesées représente les matières cellulosiques, une grande partie de cellulose vraie, une partie de la lignine, et des résidus d'hémicellulose.

$$\text{Teneur en CB (\%MS)} = \frac{(A - B) \times 100}{C \times \text{MS}}$$

A : poids du creuset + résidu après dessiccateur

B : poids du creuset + résidu après incinération

C : poids de l'échantillon lyophilisé

3.3.4. Les matières azotées totales (MAT)

L'azote est dosé par la méthode de KJELDHAL (1883).

3.3.4.1. Minéralisation

- Opérer sur un échantillon de 2g d'échantillon lyophilisé, l'introduire dans un matras de 250 ml.
- Ajouter environ 2g de catalyseur obtenu à partir d'un mélange constitué de : 250g de K_2SO_4 , 250g de $CuSO_4$, 5g de Se et 20ml d'acide sulfurique ($d=1.84$).
- Porter le matras sur le support d'attaque et chauffer jusqu'à obtention d'une coloration verte stable, laisser refroidir.
- Puis ajouter peu à peu avec précaution 200ml d'eau distillée en agitant et en refroidissant sous un courant d'eau.

3.3.4. 2. Distillation

- Transvaser 10 à 50 ml du contenu du matras dans l'appareil distillateur (BUCHI), rincer la burette graduée. Dans un bécher destiné à recueillir le distillat, introduire 20ml de composé de : pour 1 litre de solution, 20g d'acide borique, 200ml d'éthanol absolu, 10ml d'indicateur contenant : $\frac{1}{4}$ de rouge de méthyle à 0.2%, dans l'alcool à 95° et $\frac{3}{4}$ de vert de bromocrésol à 0.1% dans l'alcool à 95°.
- Verser lentement dans l'appareil distillateur 50ml de lessive de soude ($d=1.33$), mettre en marche l'appareil, laisser l'attaque se faire jusqu'à l'obtention d'au moins 100ml de distillat. Titrer en retour par de l'acide sulfurique N/20 jusqu'à l'obtention de la couleur initiale de l'indicateur.

1 ml d' H_2SO_4 ----- 0.0014g d'N

1 ml d' H_2SO_4 ----- 0.0007g d'N

$$Ng = X \cdot 0,0007 \cdot \frac{100}{Y} \cdot \frac{200}{A}$$

$$\text{Teneur en MAT (\%MS)} = Ng \times 6,25$$

X : descente de burette (ml)

Y : poids de l'échantillon lyophilisé

A : volume de la prise d'essai

Les analyses chimiques relatives aux dosages des macro-minéraux et des oligo-éléments ont été réalisées au laboratoire des Productions Animale et Fourragère de l'INRA (Tunisie). Les méthodes de mesures sont celles d'Afnor (1985). Elles ont porté sur les dosages du Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, lesquels ont été mesurés par spectrophotométrie d'absorption atomique (Philips PU9200X atomic absorption spectrophotometer) ou par spectrophotométrie d'émission à flamme (Corning Flame Photometer 410) pour le dosage du K et du Na. Le phosphore est dosé par spectrophotométrie UV-visible (Shimadzu, UV visible Spectrophotometer, P/N 206-89175-92).

4. Analyses statistiques des résultats

Des analyses statistiques ont été réalisées dans un premier temps pour comparer la composition chimique des espèces étudiées en fonction des facteurs température et saison selon le test Anova à deux facteurs.

Une étude de corrélation bivariée entre les paramètres température et composés chimiques pour chaque espèce est illustrée par des courbes de régression.

L'évolution des composés chimiques en fonction de la saison et de l'espèce est analysée par un test one-way Anova pour les MAT et CB et un test Kruskal-Wallis pour les MM.

Une analyse multivariée a permis de comparer les teneurs des composés chimiques, l'espèce, la saison et la température de l'eau de mer. Tous les tests statistiques ont été établis par le logiciel statistique le PAST- Paleontological Statistics, version 2.08 (Hammer *et al.*, 2001).

CHAPITRE II : RESULTATS

1. Effets de la température de l'eau de mer sur la composition chimique des macroalgues étudiées

Les thalles récoltés dont nous ignorons en réalité les stades et la durée de croissance, se sont développés dans des conditions liées aux variations des paramètres physico-chimiques de l'eau du site d'échantillonnage « Kouali » Tipaza. Rappelons que ce site présente une faible quantité en éléments nutritifs et exempts de toute forme de pollution (tabl.6).

Dans le cas de la présente étude, seule la température de l'eau de mer a été enregistrée au cours de l'année d'échantillonnage (août 2004 / juillet 2005) (tabl.8).

Tableau 8: Températures de l'eau de mer enregistrées pendant les périodes de collecte des macroalgues au site d'échantillonnage, « Kouali », Tipaza

Dates des collectes	Température de l'eau de mer (°C)
11 août 2004	25
26 novembre 2004	17
14 janvier 2005	15
31 mars 2005	16
13 mai 2005	18
25 juin 2005	23

Les teneurs en composés chimiques (MAT, CB et MM) obtenues suite aux différentes analyses réalisées chez les algues benthiques collectées sont exprimées en pourcentage de MS. Les résultats sont reportés dans les tableaux 9 et 10.

Les résultats des teneurs en macro-éléments (% de MS) et oligo-éléments (mg/kg de MS) obtenus chez les algues benthiques collectées sont reportés dans les tableaux 11, 12, 13 et 14.

Rappelons que l'un des objectifs du présent travail est d'analyser l'effet de la température de l'eau de mer sur la concentration des composés chimiques et sur les variations saisonnières des teneurs de ces composés chez les espèces de macroalgues collectées durant l'année d'échantillonnage d'août 2004 à juillet 2005.

Tableau 9: Teneurs moyennes des composés chimiques chez *Cystoseira sp.(1)* et *Cystoseira sp.(2)*

Périodes de Collecte	T (°C)	<i>Cystoseira sp.(1)</i>			<i>Cystoseira sp.(2)</i>		
		Composés chimiques			Composés chimiques		
		MM (%de MS)	MAT (%deMS)	CB (%de MS)	MM (%deMS)	MAT (%deMS)	CB (%deMS)
11 août 2004	25	38,50±0,22 a	4,45±0,02 b	10,66±0,23 a	41,08±0,11 a	5,38±0,71 c	6,07±1,56 b
26 novembre 2004	17	23,77±0,03 e	7,67±0,01 a	7,53±0,23 b	25,73±0,30 d	8,52±0,01 a	8,17±1,79 a
14 janvier 2005	15	27,14±0,02 cd	5,05±0,02 b	4,82±0,35 c	24,43±0,55 e	7,43±0,21 ab	5,49±0,64 b
31 mars 2005	16	29,44±0,12 b	7,37±0,49 a	4,91±0,17 c	32,97±0,40 c	7,10±0,65 ab	5,58±0,13 b
13 mai 2005	18	28,03±0,33 c	8,31±0,83 a	7,59±0,47 b	32,40±0,40 c	7,35±0,66 ab	5,44±0,88 b
25 juin 2005	23	26,21±1,20 d	6,53±0,85 a	7,43±0,23 b	36,42±0,33 b	6,10±0,36 bc	4,33±0,14 c

Les valeurs suivies verticalement de la même lettre sont statistiquement comparables

Tableau 10: Teneurs moyennes des composés chimiques chez *Ulva intestinalis* et *Ulva rigida*

Périodes de collecte	T (°C)	<i>Ulva intestinalis</i>			<i>Ulva rigida</i>		
		Composés chimiques			Composés chimiques		
		MM (%deMS)	MAT (%deMS)	CB (%deMS)	MM (%deMS)	MAT (%deMS)	CB (%deMS)
31 mars 2005	16	29,74±0,37 a	5,65±0,20 b	6,34±0,51 b	/	/	/
13 mai 2005	18	19,67±0,04 b	6,56±0,38 a	9,43±0,29 a	33,99±0,18 a	5,68±0,52 b	4,23±0,10 b
25 juin 2005	23	/	/	/	23,92±0,04 b	6,59±0,38 a	7,32±0,29 a

Les valeurs suivies verticalement de la même lettre sont statistiquement comparables

Tableau 11: Teneurs en macro-minéraux et oligo-éléments chez *Cystoseira sp.*(1)

Périodes de collecte	T(°C)	Macro-minéraux (% de MS)					Oligo-éléments (mg/kg de MS)		
		Ca	P	K	Mg	Na	Fe	Zn	Mn
11 août 2004	25	4,69	0,08	3,26	1,00	4,73	1675,44	14,88	47,94
26 novembre 2004	17	1,90	0,07	4,36	0,68	1,97	253,95	11,87	32,17
14 janvier 2005	15	2,06	0,07	2,98	1,80	1,74	166,97	12,86	8,72
31 mars 2005	16	0,94	0,05	5,27	2,12	1,72	88,09	10,15	6,16
13 mai 2005	18	1,26	0,09	5,78	1,47	3,03	86,72	9,38	10,35
25 juin 2005	23	1,32	0,07	5,09	1,29	2,59	65,96	4,96	7,44

Tableau 12 : Teneurs en macro-minéraux et oligo-éléments chez *Cystoseira sp.*(2)

Périodes de collecte	T (°C)	Macro-minéraux (% de MS)					Oligo-éléments (mg/kg de MS)		
		Ca	P	K	Mg	Na	Fe	Zn	Mn
11 août 2004	25	3,37	0,09	3,29	0,96	4,71	1665,15	12,31	42,55
26 novembre 2004	17	2,16	0,06	2,49	1,45	1,81	174,18	29,29	9,68
14 janvier 2005	15	1,85	0,10	4,43	2,03	2,09	137,57	10,24	9,88
31 mars 2005	16	1,00	0,05	6,52	1,89	1,64	96,75	9,62	9,10
13 mai 2005	18	1,28	0,04	6,28	1,51	2,32	179,21	9,40	9,09
25 juin 2005	23	1,27	0,04	3,96	0,66	2,45	75,87	7,17	16,55

Tableau 13: Teneurs en macro-minéraux et oligo-éléments chez *Ulva intestinalis*

Périodes de collecte	T (°C)	Macro-minéraux (% de MS)					Oligo-éléments (mg/kg de MS)		
		Ca	P	K	Mg	Na	Fe	Zn	Mn
31 mars 2005	16	0,82	0,09	3,17	2,00	4,18	159,91	87,67	12,78
13 mai 2005	18	0,67	0,03	2,01	2,45	5,73	194,60	4,33	9,90

Tableau 14 : Teneurs en macro-minéraux et oligo-éléments chez *Ulva rigida*

Périodes de collecte	T (°C)	Macro-minéraux (% de MS)					Oligo-éléments (mg/kg de MS)		
		Ca	P	K	Mg	Na	Fe	Zn	Mn
13 mai 2005	18	0,90	0,03	2,56	2,58	5,88	172,13	4,75	10,46
25 juin 2005	23	1,09	0,07	1,56	2,52	2,80	124,74	9,60	10,70

D'après ces résultats, nous constatons que les deux *Cystoseira* (tabl.9) présentent des teneurs analogues pour certains composés chimiques à une même température de l'eau de mer comme aussi, nous constatons, chez chacune des deux *Cystoseira* des teneurs similaires des différents composés chimiques enregistrées à des températures différentes de l'eau de mer.

Il faut souligner que l'échantillonnage réalisé nous permet d'observer les variations saisonnières de la composition chimique enregistrées uniquement chez les deux *Cystoseira* (algues brunes) collectées au cours de l'année d'échantillonnage, d'août 2004 à juillet 2005. Les deux Chlorobiontes (algues vertes) sont présentes au niveau du site uniquement pendant trois périodes (février/mars, avril / mai, juin / juillet) de l'année d'échantillonnage.

Les résultats des analyses des teneurs en MAT, en CB et en MM sont illustrés par les figures 16, 17 et 18 qui nous révèlent des variations saisonnières caractéristiques de chacun des composés chimiques dosés pour chacune des deux *Cystoseira* étudiées. En effet, les courbes exprimant les variations des teneurs des composés chimiques (MAT, CB et MM) ne sont pas comparables.

La figure 16 montre que les courbes exprimant les variations des teneurs en MAT chez les deux *Cystoseira* sont de faible amplitude et sont non comparables à la courbe exprimant les fluctuations de la température de l'eau de mer.

La courbe exprimant les fluctuations des teneurs en MAT chez *Cystoseira sp.(1)* accuse un premier pic obtenu à une température de l'eau de mer de 17°C (automne) et un second pic plus prononcé à 18°C (printemps) par contre *Cystoseira sp.(2)* présente un seul maximum à une température de l'eau de mer de 17°C (automne).

La figure 17 nous révèle que les courbes exprimant les variations des teneurs en CB chez les deux *Cystoseira* sont de faible amplitude et semblent présenter les mêmes variations uniquement pendant les saisons automnale et hivernale. Cependant, la courbe exprimant les variations des teneurs en CB chez *Cystoseira sp.(1)* semble comparable à celle exprimant les fluctuations de la température de l'eau de mer avec une amplitude maximale obtenue à une température de l'eau de mer de 25°C (été). Chez *Cystoseira sp.(2)*, nous observons une amplitude maximale quantitativement moins importante à 17°C (automne).

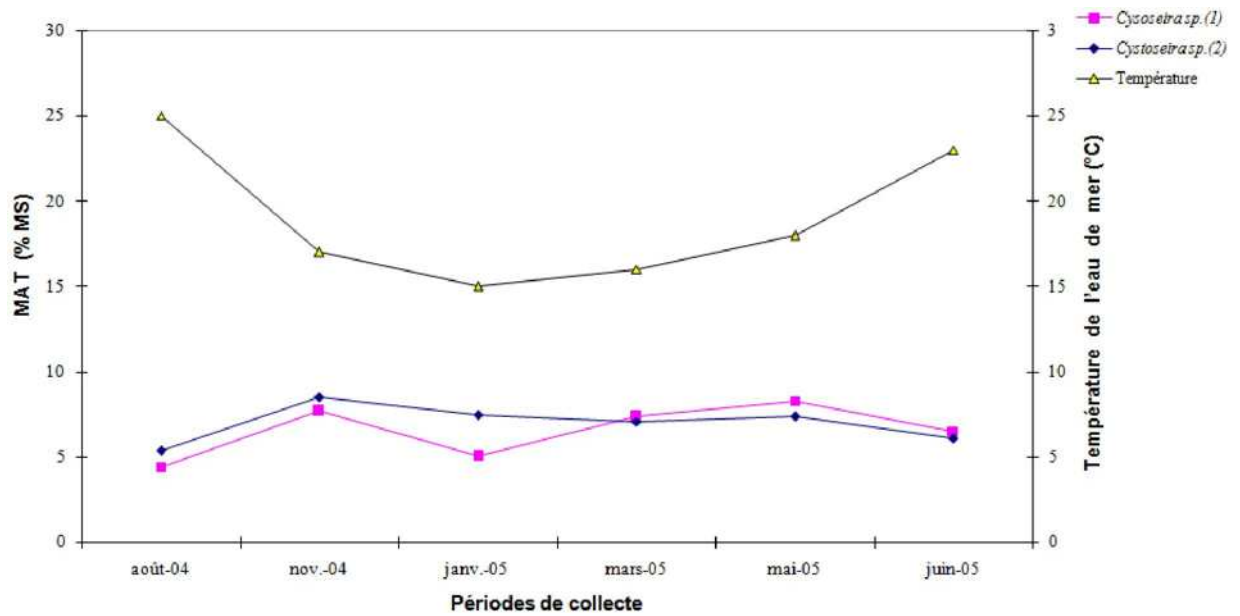


Figure 16 : Variations saisonnières de la température de l'eau de mer et des teneurs moyennes en matières azotées totales (en % de MS) chez *Cystoseira sp.(1)* et *Cystoseira sp.(2)*

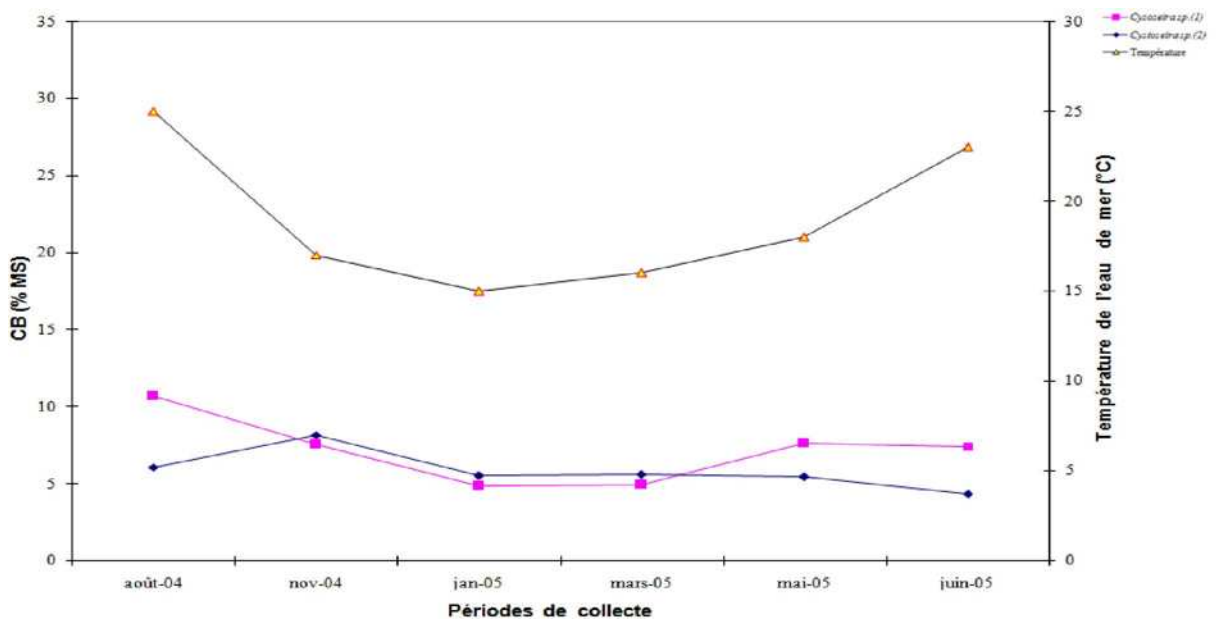


Figure 17: Variations saisonnières de la température de l'eau de mer et des teneurs moyennes en cellulose brute (en % de MS) chez *Cystoseira sp.(1)* et *Cystoseira sp.(2)*

La figure 18 montre que les courbes exprimant les variations des teneurs en MM chez les deux *Cystoseira* présentent des amplitudes plus élevées, ces macroalgues possèdent des teneurs plus élevées en matières minérales qu'en protéines et qu'en cellulose brute.

Les pourcentages des teneurs en MM enregistrés chez les deux *Cystoseira* nous révèlent en figure 23 un maximum chez les deux macroalgues à une température de l'eau de mer de 25°C (été) suivi d'une chute brutale à une température de l'eau de 17°C

(automne) chez *Cystoseira sp.(1)* et à 15°C (hiver) chez *Cystoseira sp.(2)* puis l'allure des deux courbes de MM semble suivre celle exprimant les fluctuations de la température de l'eau de mer. Ces deux Phéophycées semblent mieux absorber les éléments minéraux à une température élevée de l'eau de mer.

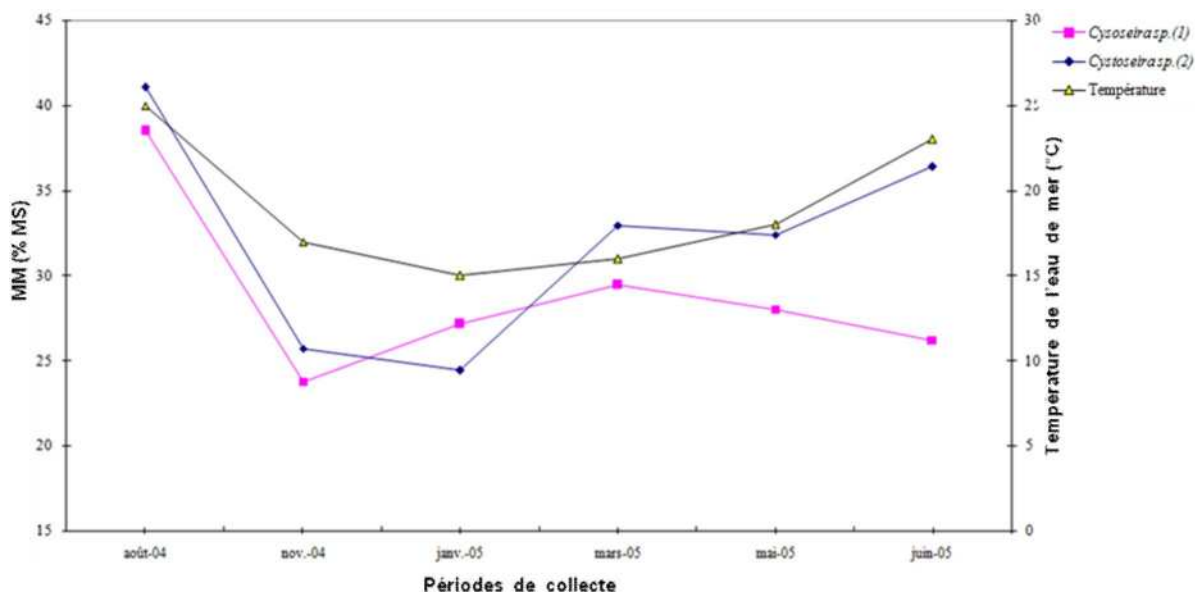


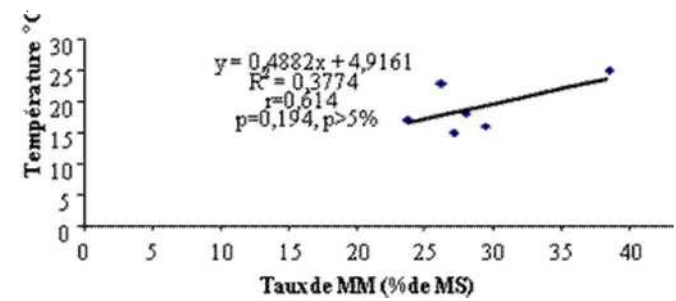
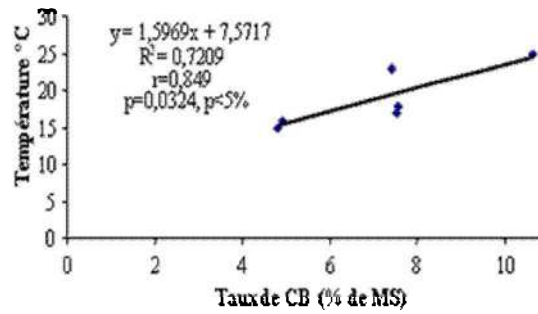
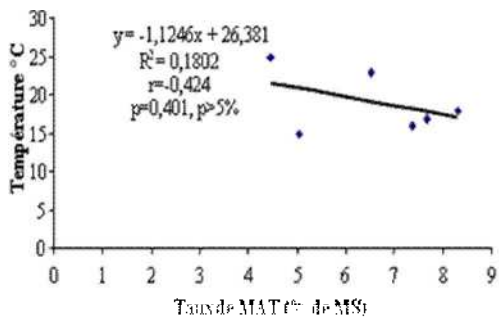
Figure 18 : Variations saisonnières de la température de l'eau de mer et des teneurs moyennes en matières minérales (en % de MS) chez *Cystoseira sp.(1)* et *Cystoseira sp.(2)*

Les résultats de l'analyse statistique de corrélation des variations saisonnières des composés chimiques (MAT, CB, MM) des deux *Cystoseira* et des fluctuations saisonnières de la température de l'eau de mer sont représentés dans la figure 19.

Concernant l'effet de la température de l'eau de mer sur les variations des teneurs en MAT, *Cystoseira sp.(1)* montre une droite de régression avec un coefficient de corrélation négatif ($r\text{-Pearson}=-0,424$) où les différences d'accumulation de MAT ne présentent pas de différence significative sous l'effet de la température ($p=0,401$, $p > 5\%$) par contre, chez *Cystoseira sp.(2)* une différence significative des teneurs en MAT ($p= 0,0362$, $p < 5\%$) est observée présentant une droite de régression avec un coefficient de corrélation négatif ($r\text{-Pearson}=-0,840$).

Concernant l'effet de la température de l'eau de mer sur les variations des teneurs en CB, l'analyse statistique a révélé chez *Cystoseira sp.(1)* une droite de régression avec un coefficient de corrélation positif ($r\text{-Pearson}=0,849$) qui reflète bien l'effet de la température sur le taux de CB et, où une différence significative entre les différents teneurs en CB a été observée ($p= 0,0324$, $p < 5\%$).

Cystoseira sp.(1)



Cystoseira sp.(2)

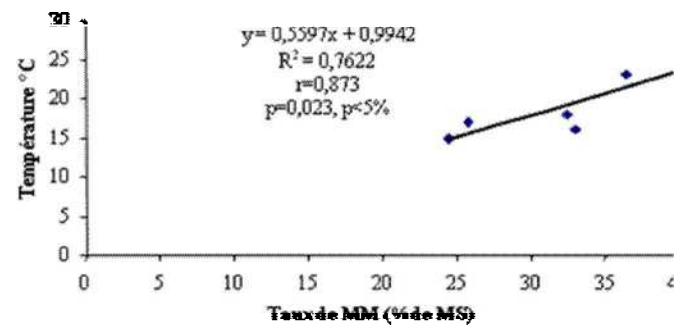
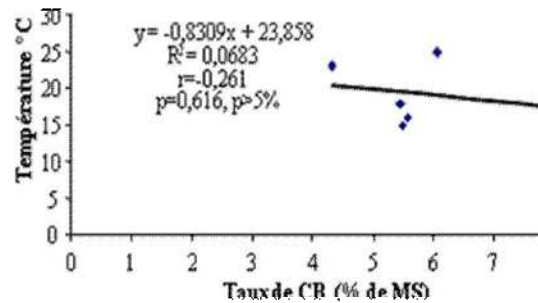
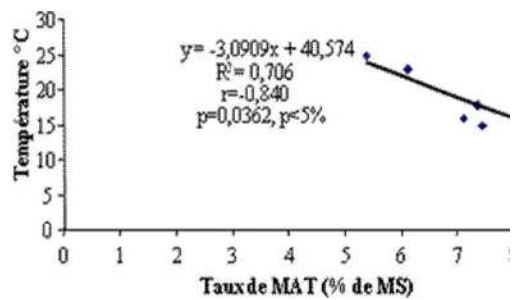


Figure 19 : Test de corrélations des variations saisonnières de la température de l'eau de mer et des taux des composés chimiques des deux *Cystoseira*

Chez *Cystoseira sp.(2)*, l'analyse statistique a révélé une droite de régression avec un coefficient de corrélation négatif ($r\text{-Pearson}=-0,261$) et une différence non significative entre les différents teneurs en CB ($p=0,616$, $p > 5\%$).

Concernant l'effet de la température de l'eau de mer sur les variations des teneurs en MM, les deux *Cystoseira* affichent une droite de régression avec un coefficient de corrélation positif ($r\text{-Pearson } r=0,614$ pour *Cystoseira sp.(1)* et $r=0,873$ pour *Cystoseira sp.(2)*). Cependant, la figure 19 montre une différence non significative entre les différents teneurs en MM chez *Cystoseira sp.(1)* ($p=0,194$, $p > 5\%$) et une différence significative entre les différents teneurs en MM chez *Cystoseira sp.(2)* ($p=0,023$, $p < 5\%$).

Les figures 20, 21, 22 et 23 illustrent les fluctuations des températures de l'eau de mer et les variations des teneurs en macro-minéraux et oligo-éléments trouvées chez les deux *Cystoseira* au cours de l'année d'échantillonnage août 2004/juillet 2005.

En figures 20 et 21, la courbe montrant les teneurs de phosphore trouvées chez les deux *Cystoseira* est superposable à l'axe des abscisses, ceci indique des taux presque nuls.

Concernant les autres macro-minéraux dosés (Ca, K, Mg et Na), chez *Cystoseira sp.(1)* les courbes reflétant les variations saisonnières des taux de ces éléments minéraux représentées en figure 20 ne sont pas similaires. La courbe représentant les variations des teneurs en Na semble comparable à celle représentant les fluctuations saisonnières de la température de l'eau de mer. Chez *Cystoseira sp.(2)*, seules les courbes reflétant les teneurs en Na et Ca semblent comparables à celle de la température de l'eau de mer.

Concernant les oligo-éléments dosés chez les deux *Cystoseira*, les courbes reflétant leurs variations saisonnières représentées en figures 22 et 23 sont de faible amplitude et sont non comparables à celle représentant les fluctuations des températures de l'eau de mer relevées durant l'année d'échantillonnage. Cependant, ces figures montrent bien un taux maximum très prononcé en Fer à une température de l'eau de mer de 25°C.

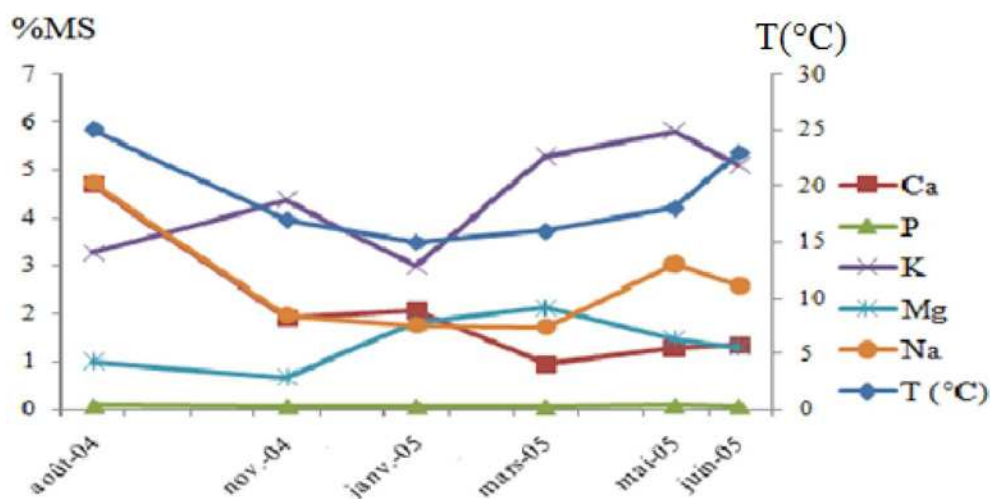


Figure 20 : Variations saisonnières de la température de l'eau de mer et des teneurs en macro-minéraux chez *Cystoseira sp.(1)*

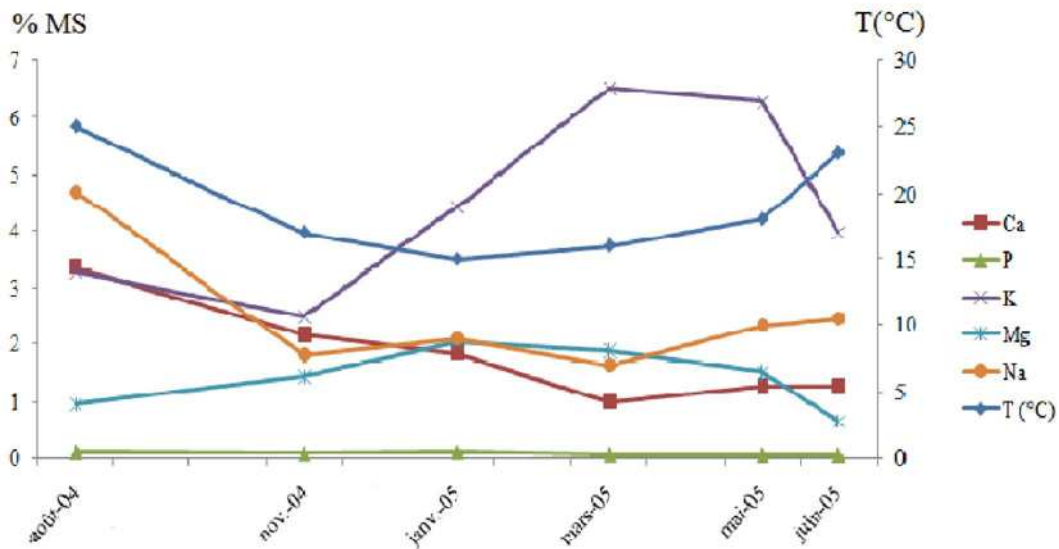


Figure 21 : Variations saisonnières de la température de l'eau de mer et des teneurs en macro-minéraux chez *Cystoseira sp.*(2)

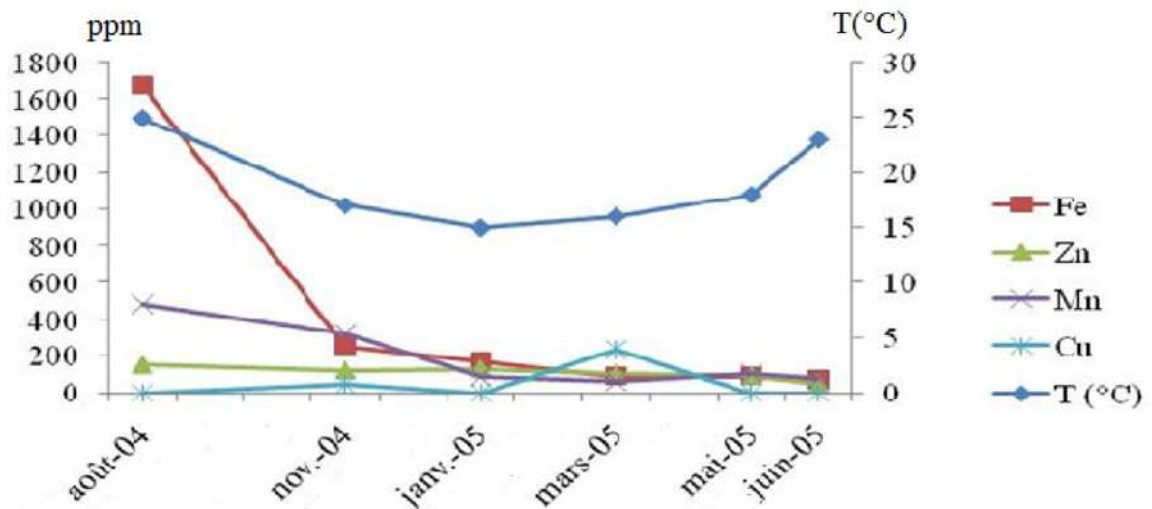


Figure 22 : Variations saisonnières de la température de l'eau de mer et des teneurs en oligo-éléments chez *Cystoseira sp.*(1)

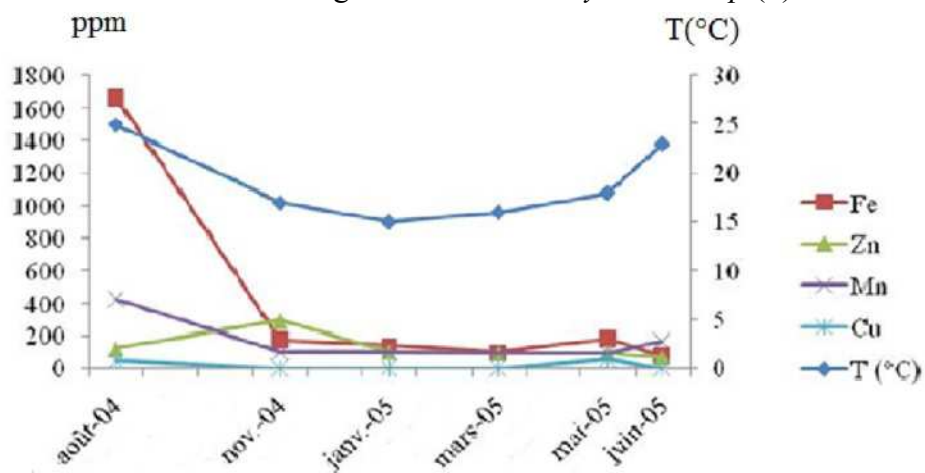


Figure 23: Variations saisonnières de la température de l'eau de mer et des teneurs en oligo-éléments chez *Cystoseira sp.*(2)

L'étude des interactions entre le facteur écologique température et des différents macro-minéraux et oligo-éléments dosés chez les deux *Cystoseira* est reportée dans le tableau 15 (en annexes).

Les résultats obtenus de l'analyse statistique de corrélation (tabl.16) montrent une influence positive de la température uniquement sur la teneur en sodium chez *Cystoseira sp.(1)* (r -Pearson=0,84292) et sur les teneurs en sodium et manganèse avec les valeurs respectives r -Pearson=**0,82872** et r -Pearson=**0,84321** chez *Cystoseira sp.(2)*. Chez cette dernière, une influence négative de la température de l'eau de mer est trouvée sur les teneurs en magnésium (r -Pearson=**-0,91756**).

Tableau 16 : Résultats de l'analyse statistique de l'effet de la température sur les teneurs en macro-minéraux et oligo-éléments chez les deux *Cystoseira*

	<i>Cystoseira sp.(1)</i>		<i>Cystoseira sp.(2)</i>	
	C.C.	Prob.	C.C.	Prob.
Ca	0,62384	0,18563	0,52786	0,28175
P	0,37156	0,46831	-0,019127	0,97131
K	-0,10056	0,84968	-0,39619	0,43681
Mg	-0,49281	0,32063	-0,91756	0,0099142
Na	0,84292	0,035075	0,82872	0,041491
Fe	0,68487	0,13332	0,70314	0,11911
Zn	-0,085043	0,87274	-0,21376	0,68425
Mn	0,54176	0,26687	0,84321	0,034947
Cu	-0,42407	0,40202	0,40146	0,43016

2. Variations de la composition chimique des macroalgues étudiées selon l'espèce et la saison

Teneurs en matières azotées totales (MAT)

Les deux *Cystoseira* possèdent un taux en protéines relativement faible, il varie de 4,45% à 8,52 % de MS (tabl.9). En tenant compte des variations des teneurs en MAT chez les deux *Cystoseira* étudiées, on constate deux maxima, le premier maximum observé en automne (octobre / novembre) et le deuxième maximum au printemps (avril / mai), sauf que chez l'une et l'autre l'un des maximums est quantitativement moins important que l'autre et, un pourcentage minimum est observé en été (juin / juillet et août / septembre).

Les deux Chlorobiontes trouvées pendant la saison printanière présentent de faibles teneurs en MAT (tabl.10).

Teneurs en cellulose brute (CB)

Les pourcentages de cellulose brute trouvés chez les deux algues brunes étudiées varient de 4,33 % à 10,66 % de MS (tabl.9). *Cystoseira sp.(1)* présente une teneur en CB

maximale en été (août/septembre) alors que chez *Cystoseira sp.*(2) on retrouve cette teneur maximale en automne (octobre/novembre).

Les deux Chlorobiontes semblent présenter des teneurs proches en CB pendant les saisons printanière et estivale (tabl.10).

Teneurs en matières minérales (MM)

Les teneurs en matières minérales chez les algues brunes étudiées oscillent de 23,77 à 41,08 % de MS (tabl.9). Chez les algues vertes étudiées, on trouve des teneurs proches en MM les saisons printanière et estivale (tabl.10).

Teneurs en macro-minéraux

Chez les deux *Cystoseira* étudiées et parmi les macro-minéraux testés (tabl.11 et tabl.12), les valeurs les plus élevées sont représentées par le potassium, le calcium et le sodium. Nous remarquons que les teneurs en potassium sont plus élevées pendant la période printanière. De très faibles teneurs en phosphore sont trouvées chez les deux *Cystoseira* (de 0,04 à 0,1% de MS).

Teneurs en oligo-éléments

Parmi les oligo-éléments testés, on note chez les deux *Cystoseira* étudiées des teneurs élevées en Fer et en Manganèse durant la période estivale (tabl.11 et tabl.12).

En comparant les teneurs en macro-minéraux et en oligo-éléments chez les deux Chlorobiontes pendant la période printanière (avril/mai), nous constatons que celles-ci présentent des pourcentages très proches (tabl.13 et tabl.14).

Les résultats des teneurs en MAT, CB et en MM obtenus chez les deux *Cystoseira* sont illustrés par les figures 24, 25 et 26.

Ces deux macroalgues présentent des teneurs en MAT assez comparables durant toute l'année d'échantillonnage (fig.24).

L'analyse statistique (test One-Way ANOVA) et après vérification préalable de la normalité des données, montre que les variations temporelles des teneurs moyennes en MAT ($p=0,599$, $p>5\%$) ainsi que la comparaison par paire chez les deux *Cystoseira* ($p=0,600$, $p>5\%$) sont non significatives (fig.24).

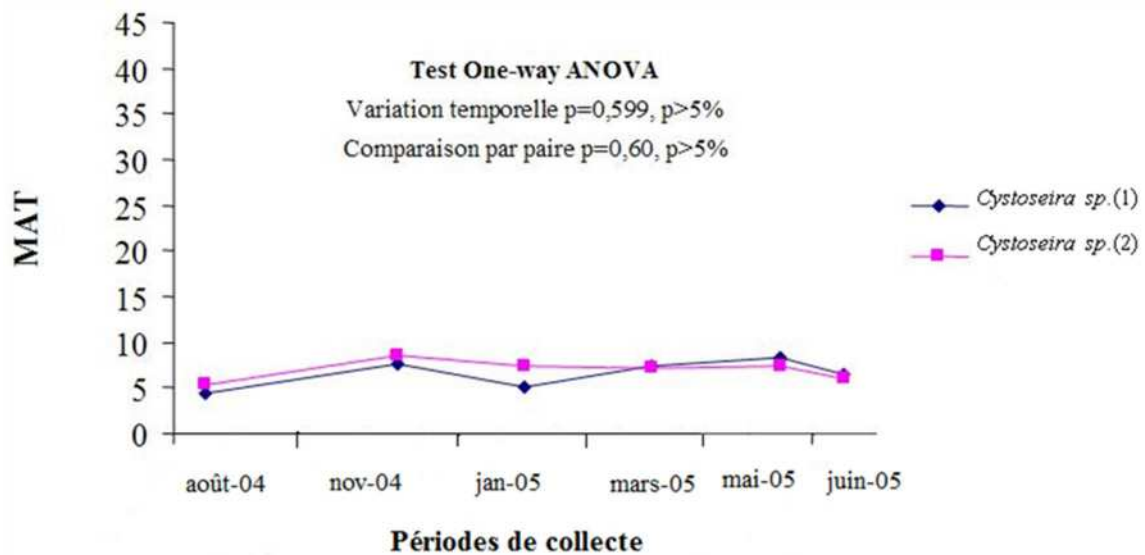


Figure 24: Variations saisonnières des teneurs moyennes en MAT (en % de MS) chez *Cystoseira sp.(1)* et *Cystoseira sp.(2)*

La figure 25 montre des variations saisonnières des teneurs en CB non comparables chez les deux *Cystoseira* étudiées. L'analyse statistique (test One-Way ANOVA) et après vérification de la normalité des données montre que les variations temporelles des teneurs moyennes en CB ($p=0,228$, $p>5\%$) ainsi que la comparaison par paire chez les deux *Cystoseira* ($p=0,228$, $p>5\%$) sont non significatives.

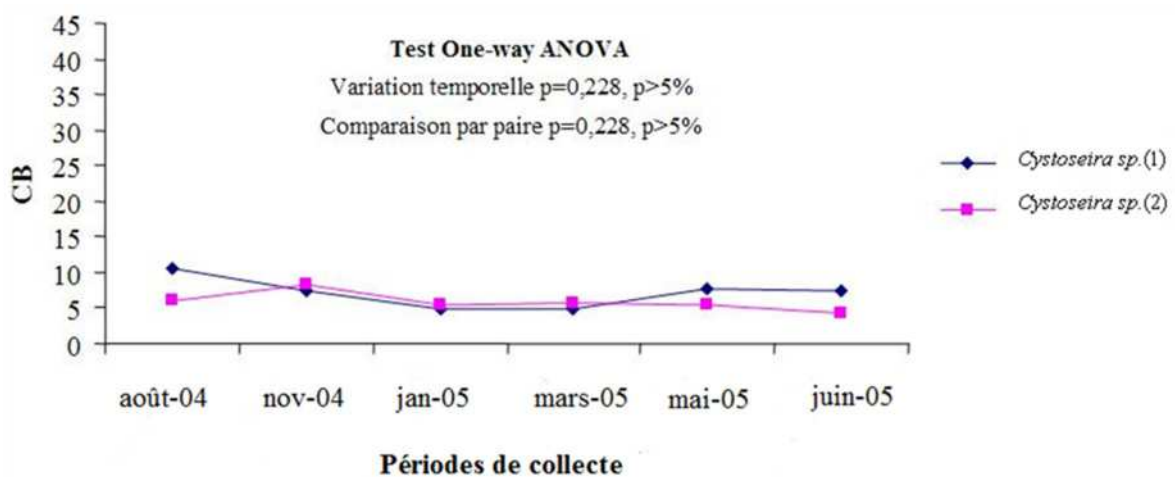


Figure 25: Variations saisonnières des teneurs moyennes en CB (en % de MS) Chez *Cystoseira sp.(1)* et *Cystoseira sp.(2)*

La figure 26 nous révèle que les deux *Cystoseira* présentent presque la même évolution des teneurs en MM durant les périodes d'échantillonnage.

L'analyse statistique (test Kruskal-Wallis) après vérification de la normalité des données montre que les variations temporelles des teneurs moyennes en MM ($p=0,433$, $p>5\%$) ainsi

que la comparaison par paire chez les deux *Cystoseira* ($p=0,471$, $p>5\%$) sont non significatives.

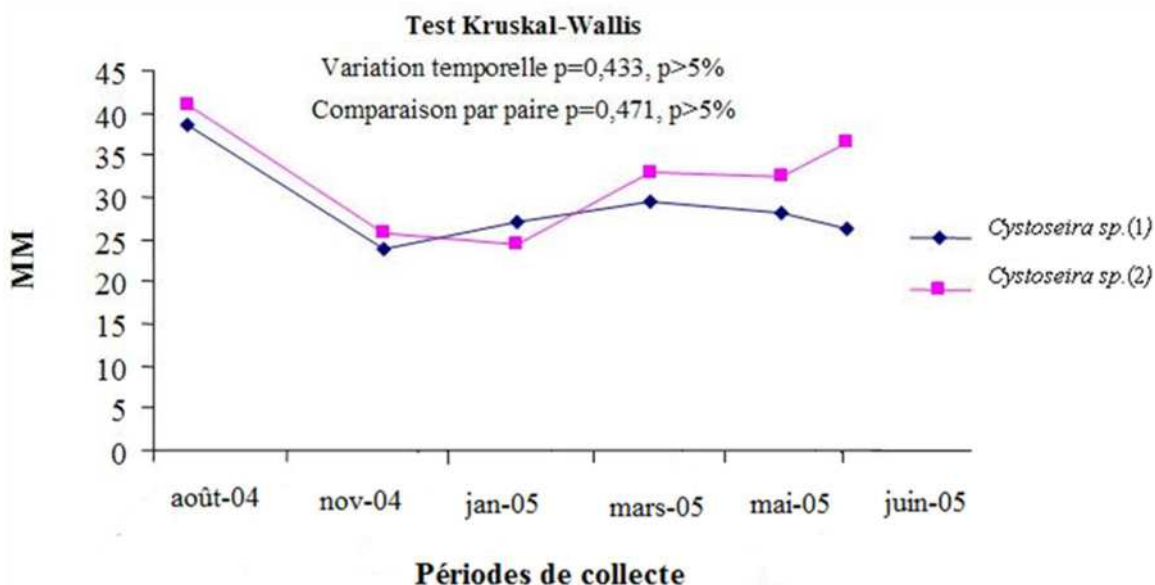


Figure 26: Variations saisonnières des teneurs moyennes en MM (% de MS) chez *Cystoseira sp.(1)* et *Cystoseira sp.(2)*

L'étude des corrélations des différents paramètres à savoir les teneurs des composés chimiques (MAT, CB, MM), des saisons et de la température de l'eau de mer est réalisée par l'analyse en composante principale (ACP) et est représentée par la figure 27.

La lecture des interactions des différents paramètres a été réalisée sur l'axe 1 et 2 car ils regroupent plus de 80% de l'information relative aux différentes données étudiées. Cependant, nous constatons une disparité temporelle certaine des taux des composés chimiques chez les deux *Cystoseira*.

La projection des vecteurs des composés chimiques montre l'existence de corrélation entre CB et MM chez *Cystoseira sp.(1)* et MM chez *Cystoseira sp.(2)* et la température par contre, les taux de MAT chez les deux *Cystoseira* et les taux de CB chez *Cystoseira crinita* semblent ne pas interagir avec les fluctuations de la température de l'eau de mer.

D'après le calcul des distances euclidiennes et sur la base d'une similarité incluse entre -1 et -1,5, la classification hiérarchique ascendante (CHA), nous révèle la présence de quatre groupes temporels stipulant des accumulations spécifiques des composés chimiques chez les deux *Cystoseira* dans des périodes obéissant à la variable saison (fig.28). De ce fait, la saison estivale (groupe 4) est caractérisée par une concentration de CB et de MM avec des taux variables chez les deux espèces alors que les concentrations des MAT sont plus prononcées pendant la saison automnale (groupe 1).

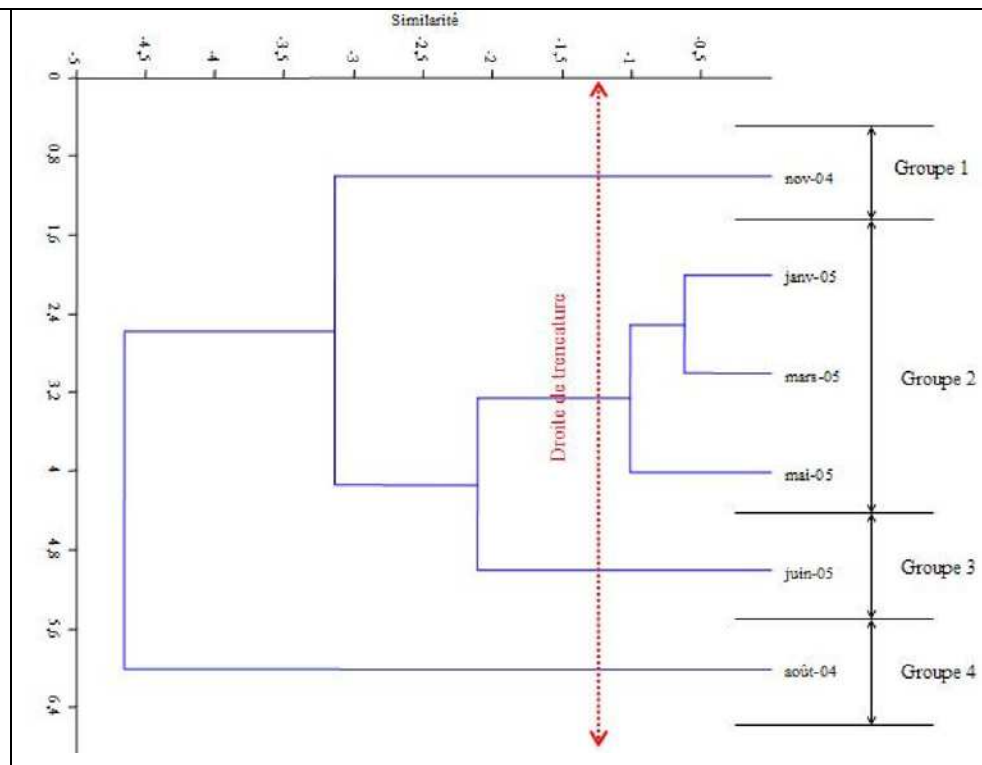
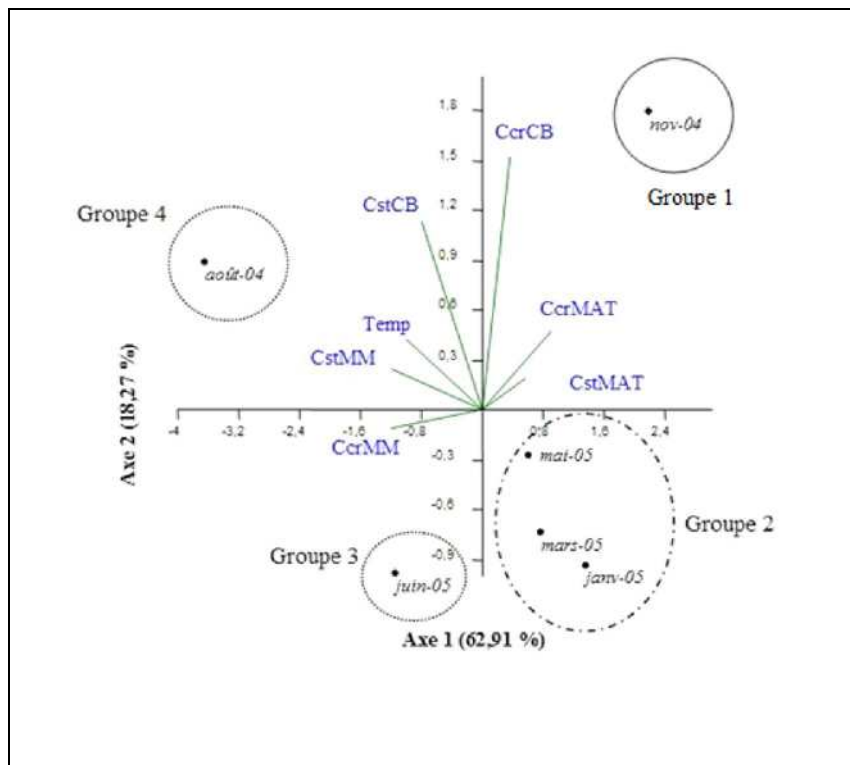


Figure 27 : Analyse en composante principale (ACP) des composés chimiques (MAT, CB, MM) des deux *Cystoseira*, des saisons et de la température de l'eau de mer

Figure 28: Classification hiérarchique ascendante des périodes de collecte des deux *Cystoseira*

Cst : *Cystoseira* sp.(1)
 Ccr : *Cystoseira* sp.(2)

CHAPITRE III : DISCUSSION

1. Effets de la température de l'eau de mer sur la composition chimique des macroalgues étudiées

L'analyse des différents résultats obtenus relatifs à l'étude des variations saisonnières de la composition chimique des deux *Cystoseira* sous l'effet de la température de l'eau de mer nous permet de constater que ce facteur écologique semble avoir une influence sur l'accumulation de certains composés chimiques chez l'une ou l'autre des deux *Cystoseira* étudiées.

Concernant les teneurs en MAT chez les deux *Cystoseira*, l'analyse statistique montre d'une part qu'il n'y a aucune influence de la température de l'eau de mer sur leurs accumulations et d'autre part, une différence significative des différentes teneurs en MAT uniquement chez *Cystoseira sp.(2)*.

Par ailleurs, l'analyse statistique de corrélation révèle l'existence d'une influence positive de la température de l'eau de mer sur l'accumulation de CB chez *Cystoseira sp.(1)* uniquement avec une différence significative concernant des différentes teneurs obtenues durant la période d'échantillonnage, une teneur maximale à la température maximale de l'eau de mer de 25°C et une teneur minimale obtenue à de faibles températures de l'eau de mer de 15 et 16°C (tabl.9).

D'autre part, l'analyse statistique confirme l'existence d'une influence positive de la température de l'eau de mer sur l'accumulation de MM chez les deux *Cystoseira* avec une variation significative des teneurs chez *Cystoseira sp.(2)* uniquement.

La présente étude nous révèle que parmi les macro-minéraux et oligo-éléments dosés chez les deux *Cystoseira*, la température de l'eau de mer aurait une influence positive sur l'accumulation du Na chez *Cystoseira sp.(1)* et sur l'accumulation du Na et du Mn chez *Cystoseira sp.(2)*.

D'après les résultats obtenus lors de la présente étude, les macroalgues ne réagissent pas de la même manière en ce qui concerne l'accumulation des différents composés chimiques sous l'effet de la température de l'eau de mer. Il semblerait que ce facteur écologique n'aurait pas d'effet direct sur l'accumulation des différents composés chimiques.

Selon Sitakararao et Tipnis, 1967 in Murthy et Radia, 1978, la température de l'eau de mer n'a aucune relation avec la composition chimique des algues. D'après Rice et

Lapointe (1981), les concentrations en éléments minéraux des macroalgues dépendent de la composition chimique de l'eau environnante et que les variations des teneurs en minéraux peuvent être liées à l'activité métabolique de l'algue. Selon ces mêmes auteurs, les facteurs du milieu environnant peuvent affecter indirectement l'absorption des éléments minéraux par les macroalgues.

Selon Pelligrini et Pelligrini (1971), ces fluctuations de la composition chimique reflètent les diverses activités physiologiques de l'algue (croissance, photosynthèse, respiration, reproduction...) et sont directement influencées par les facteurs environnementaux (température, lumière, salinité, taux d'oxygène dissous, pH, alcalinité, sels nutritifs ...).

Par ailleurs, l'étude des variations saisonnières de l'activité photosynthétique et de la composition chimique réalisée chez *Fucus virsoides* par Zavodnik (1973) montre que le cycle de développement du thalle est lié à l'intensité de la lumière, à la température environnante et aux concentrations en sels nutritifs de l'eau de mer. Un exemple cité par cet auteur explique qu'une faible température de l'eau de mer retarde la fructification de *Fucus virsoides* et qu'une température élevée serait à l'origine d'une fructification précoce.

Aussi, les fluctuations des facteurs écologiques du milieu environnant affectent l'activité photosynthétique et par conséquent le rythme du cycle de reproduction des macroalgues (Zavodnik, 1973 ; Borel, 1956 ; Black et Dewar (1949) in Bérard-Therriault et Cardinal, 1975).

Nos résultats semblent rejoindre ces quelques travaux de recherche ainsi que ceux de Murthy et Radia (1978) qui confirment que parmi les facteurs environnementaux, le facteur température n'aurait pas d'influence directe sur l'accumulation des différents composés chimiques chez les macroalgues étudiées ni sur les variations saisonnières de leurs teneurs.

2. Variations de la composition chimique des macroalgues étudiées selon l'espèce et selon la saison

Rappelons que les macroalgues étudiées possèdent des teneurs plus élevées en matières minérales qu'en protéines et qu'en cellulose brute et que, seules les deux *Cystoseira* constituant notre échantillonnage nous permettent d'analyser les variations de leurs teneurs en composés chimiques dont l'objectif visé serait d'évaluer leur valeur nutritive chez le poisson.

En comparant nos résultats à ceux trouvés par d'autres chercheurs, les pourcentages de MAT obtenus chez les deux *Cystoseira* (tabl.9) semblent du même ordre de grandeur que celles appartenant à l'ordre des Fucales, telle que l'espèce *Cystoseira stricta* de 5,25 % à 12,78 % de MS (Pelligrini et Pelligrini, 1971), l'espèce *Ascophyllum nodosum* de 3 % à 15 % de MS (Munda, 1977) et l'espèce *Bifurcaria rotunda* de 6,62 à 16,25 % de MS (Citharel et Villeret, 1964). D'après Fleurence (1999), la plupart des algues brunes industriellement exploitées (*Laminaria digitata*, *Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus* et *Himanthalia elongata*) possèdent une teneur en protéines inférieure à 15 % de MS.

En règle générale, chez les Phéophycées, la teneur en azote total, exprimé en pourcentage du poids sec, présente un maximum à la fin de l'hiver et un autre maximum au printemps, pour décroître dès l'été vers un minimum qui s'établit dans les mois d'octobre à décembre. En été, on trouve une teneur minimale (Citharel et Villeret, 1964).

Des variations saisonnières de la composition chimique d'une Phéophycée endémique de la mer Adriatique, *Fucus virsoides*, ont été étudiées en fonction des propriétés physique et chimique de l'eau de mer. L'étude a montré des teneurs maximums en MAT de 10 à 12 % de la MS chez *Fucus virsoides* durant la période de février à avril qui coïncide avec les grandes quantités d'éléments nutritifs dans le milieu marin et des teneurs minimums en MAT de 5 à 6 % de la MS durant la période d'août à septembre (Zavodnik, 1973). Selon ce même auteur, le mélange des eaux en hiver stimule la régénération des nutriments qui est suivie par une augmentation des teneurs de MAT dans l'algue.

Ceci semble expliquer les faibles teneurs en MAT trouvées chez les deux *Cystoseira* étudiées par rapport à d'autres algues citées par d'autres auteurs. Il est vrai que notre site d'échantillonnage renferme de très faibles quantités en sels nutritifs (tabl.6). On note toutefois un décalage dans les variations, un maximum plutôt pendant la saison automnale et non à la fin de l'hiver.

Citharel et Villeret, (1964) remarquent que les stades de développement montrent une évolution non parallèle dans l'assimilation photosynthétique et l'assimilation de l'azote. C'est une croissance « chimique » dysharmonique bien classique chez les végétaux supérieurs. Pendant les deux saisons d'été et d'automne, l'activité photosynthétique est maximale alors que les deux Phéophycées étudiées présentent une teneur minimale de MAT. Pendant les deux saisons d'hiver et de printemps l'activité

photosynthétique est minimale, nos Phéophycées présentent une teneur maximale de MAT. Les fluctuations de MAT chez les deux espèces confirment l'influence du stade de développement de l'espèce et celui de la saison.

Cependant, les teneurs en MAT obtenues chez *Ulva rigida* (5,68 % et 6,59% de MS) sont plus faibles que celles mentionnées par Chermiti *et al.* (2003), chez *Ulva lactuca* 13,5 % et 7,7 % de MS au printemps et en été respectivement (tabl.5.). D'après Fleurence (1999), les espèces appartenant au genre *Ulva* présentent une teneur de MAT qui varie entre 10 et 26% de MS, telles que les espèces, *Ulva pertusa*, les teneurs de MAT sont élevées et varient entre 20 et 26% de MS, *Ulva lactuca* de 10 % à 21 % de MS. Selon Schuenhoff *et al.* (2003), la teneur en MAT chez *Ulva lactuca* peut être supérieure à 34% du poids sec. Chez *Ulva intestinalis*, les valeurs de MAT enregistrées sont de 5,65 % à 6,56 % de MS beaucoup plus faibles que celle mentionnées chez le même genre par Haroon *et al.* (2000), de 9.42 % à 20.6 % de MS.

Concernant les teneurs en CB, les deux *Cystoseira* étudiées présentent des taux plus élevés que les pourcentages signalés pour *Cystoseira stricta* (3,2 à 6,1 % de MS) par Pelligrini et Pelligrini (1971). *Cystoseira sp.*(1) présente une teneur en CB maximale en été (août/septembre) alors que chez *Cystoseira sp.*(2) on retrouve cette teneur maximale en automne (octobre/novembre) (tabl.9).

Les résultats des teneurs en CB enregistrés chez *Cystoseira sp.*(1) semblent coïncider avec ceux trouvés chez *Bifurcaria rotunda* (Citharel et Villeret, 1964). Selon ces deux auteurs, le thalle accumule plus de matériaux glucidiques à mesure que la teneur en MAT diminue par rapport au poids sec, bien que le poids sec augmente encore. Nos résultats semblent aussi rejoindre ceux de Pellegrini et Pellegrini (1971), les fluctuations traduisent globalement une augmentation du taux de cellulose au cours de la croissance des rameaux des algues qui semble plus prononcée chez *Cystoseira sp.*(1).

Cependant, les pourcentages de cellulose brute trouvés chez *Ulva rigida* (tabl.10) sont comparables à celles enregistrées chez *Ulva lactuca* par Chermiti *et al.* (2003) de 5,3 % et 5,8 % de MS au printemps et en été respectivement. Il faut noter que les teneurs de CB enregistrées chez *Ulva* par Chermiti *et al.* (2003) présentent des variations saisonnières de grandes amplitudes (été : 5,8 % de MS, l'automne : 18,8 % de MS, hiver : 18,7 % de MS, printemps : 5,3 % de MS) (tabl.5).

Les deux algues brunes étudiées possèdent des pourcentages en MM (tabl.9) proches de ceux signalés par Rupérez (2002) chez *Fucus vesiculosus* (30,1 % de MS) et supérieurs à ceux enregistrés chez *Cystoseira stricta* (18,4 à 32,6 %) par Pelligrini et Pelligrini (1971).

Parmi les macro-minéraux et oligo-éléments dosés, les deux *Cystoseira* ayant fait l'objet de notre étude présentent les mêmes faibles pourcentages en phosphore que ceux enregistrés chez des espèces appartenant à l'ordre des Fucales par Zubia *et al.* 2003. D'après Imbamba (1972), les trois groupes d'algues (Rhodophycées, Phéophycées et Chlorophycées) présentent les mêmes variations en ce qui concerne la teneur en phosphore.

Nous constatons aussi une même teneur élevée en sodium chez les deux *Cystoseira* pendant la saison estivale (tabl.11et tabl.12) et chez les deux Chlorobiontes pendant la saison printanière (mai 2005) (tabl.13et tabl.14). Concernant le potassium, le calcium et le sodium, les teneurs trouvées chez les deux *Cystoseira* sont faibles en les comparant à celles trouvées chez d'autres macroalgues appartenant à l'ordre des Fucales (Zubia *et al.* 2003, Rupérez 2002).

Ces différentes variations des teneurs des différents composés chimiques étudiés lesquels dans le cas de notre étude sont de faible amplitude à l'exception des teneurs en MM nous indiquent que chaque algue possède sa propre composition chimique, son propre métabolisme, son propre développement. Cependant, l'analyse en composante principale et la classification hiérarchique ascendante des résultats obtenus chez les deux *Cystoseira* ont mis en évidence d'une part, des similarités en ce qui concerne les teneurs de leurs composés chimiques et d'autre part une accumulation de CB et de MM pendant la saison estivale (groupe 4) et qu'une accumulation des MAT pendant la saison automnale (groupe 1). En d'autres termes, la mise en évidence des variations de la composition chimique selon l'espèce n'a pu être vérifiée dans le cas de la présente étude et donc les variations enregistrées restent aléatoires.

En essayant de répondre à notre objectif qui est celui de valoriser ce type de végétaux en alimentation piscicole et d'après les résultats obtenus en éléments minéraux, les macroalgues étudiées semblent constituer un ingrédient nutritionnel piscicole intéressant en les comparant à l'aliment de base, la farine de poisson qui est la matière première majeure dans la formulation des aliments pour poissons (tabl.17).

Tableau 17 : Valeurs de quelques teneurs en éléments minéraux de la farine de poisson et des macroalgues étudiées

	Ca (%)	P (%)	Na (%)	K (%)	Mg (%)	Références
Farine de poisson	2,70-6,30	1,80-3,50	0,77-1,00	0,70-0,90	0,18-0,23	Guillaume <i>et al.</i> , 1999
<i>Cystoseira sp.</i> (1)	0,94-4,69	0,09	1,72-4,73	2,98-5,78	0,68-2,12	Présente étude
<i>Cystoseira sp.</i> (2)	1,00-3,37	0,1	1,64-4,71	2,49-6,52	0,66-2,03	Présente étude
<i>Ulva intestinalis</i>	0,74	0,06	4,95	2,59	2,22	Présente étude
<i>Ulva rigida</i>	0,99	0,05	4,34	2,06	2,55	Présente étude

Les 09 éléments minéraux testés dans le cas de notre étude ont un rôle nutritionnel confirmé chez les poissons (à l'exception du sodium) c'est à dire des éléments pour lesquels un besoin nutritionnel quantitatif est clairement établi chez les poissons (tabl.18 en annexes).

Toutefois, en ce qui concerne le phosphore dont les macroalgues étudiées en sont très pauvres et dont le besoin alimentaire est le plus coûteux à couvrir semble plus disponible dans les plantes terrestres comestibles (tourteaux d'oléagineux, céréales et co-produits) qui en sont plus riches (Guillaume *et al.*, 1999).

D'autre part, Hou (1999) *in* Zubia *et al.* (2003) démontre que la partie soluble des éléments chimiques dans l'eau (principalement le chlore, potassium et sodium) pourrait être complètement enlevée des algues après trois temps de lavage à l'eau. Donc, dans le cas de l'utilisation des macroalgues en nutrition animale, le lavage antérieur à leur usage doit être évité pour ne pas réduire la teneur minérale (Carrillo *et al.* 1992 *in* Zubia *et al.* 2003).

Cependant, en comparant la composition chimique des macroalgues étudiées avec celles testées par de nombreux auteurs (Appler, 1985 ; Nakagawa *et al.*, 1987 ; Hashim and Mat Saat, 1992 ; El-Sayed, 1994 ; El-Sayed, 1999 ; Davies *et al.*, 1997 ; Wahbeh, 1997 ; Mensi *et al.*, 2005 ; Azaza *et al.*, 2008) en alimentation piscicole, l'une et l'autre semblent intéressante pour une utilisation potentielle en alimentation piscicole.

En étudiant la nature des acides aminés et des acides gras d'*Ulva lactuca*, d'*Enteromorpha compressa*, de *Padina pavonica* et de *Laurencia obtusa*, Wahbeh (1997) juge ces quatre espèces comme étant source potentielle de protéines et de lipides alimentaires pour poissons.

Compte tenu des besoins nutritionnels des animaux aquatiques, les aliments utilisés en aquaculture sont généralement plus riches en matières azotées totales (MAT > 35% de la matière sèche) et en matières grasses (MG >10%) que ceux utilisés pour l'élevage d'animaux terrestres (Kaushik *et al.*, 2004). La quantité en huiles des végétaux ne couvre pas les besoins en acides gras essentiels des poissons (Alexis, 1997), cependant les macroalgues étudiées pourraient constituer une source complémentaire de protéines alimentaires en aquaculture.

A part leur valeur potentielle nutritionnelle comme substitut de protéines, les algues peuvent aussi donner une contribution importante dans l'aliment aquacole comme source de lipides (Nakagawa *et al.*, 1987), comme agents liants (Hashim and Mat Saat, 1992) ou agents colorants (Sommer *et al.*, 1992).

CONCLUSION

Cette étude nous a permis d'obtenir qu'une valeur approximative des teneurs en composés chimiques de quatre algues benthiques collectées dans la région de Kouali (Tipaza).

Le suivi bimestriel de la composition chimique des macroalgues met en évidence des variations saisonnières des teneurs des composés chimiques lesquelles dans le cas de notre étude sont de faibles amplitudes. Néanmoins, les deux *Cystoseira* étudiées présentent des teneurs élevées en MAT pendant la saison automnale et, des teneurs élevées en CB et en MM pendant la saison estivale.

Par ailleurs, la présente étude n'a révélé aucune influence directe de la température de l'eau de mer sur l'accumulation des différents composés chimiques chez les deux *Cystoseira* ou sur les variations saisonnières de leurs teneurs.

En comparant les teneurs des protéines des macroalgues étudiées avec celle de l'aliment de référence « farine de poisson » ou à d'autres matières premières susceptibles de remplacer la farine de poisson, tels que la farine de soja et la farine de maïs (Gomes *et al.*, 1995), nos végétaux présentent en effet des teneurs faibles. Cette faible teneur en protéines chez les espèces d'algues benthiques étudiées semble due à la composition chimique de l'eau de notre site d'échantillonnage. En effet, il s'agit d'un milieu pauvre en éléments nutritifs (tabl.6). D'après Lahaye *et al.* (1995) et Pinchetti *et al.* (1998) in Valente *et al.* (2006), les macroalgues utilisées comme biofiltres dans des milieux riches en azote tels que les effluents des fermes piscicoles présentent une teneur élevée en protéines. De telles macroalgues satisferont les industriels qui exigent une substitution partielle de la farine animale par de la farine végétale dans l'aliment aquacole, d'où l'intérêt d'autres recherches sur d'autres espèces d'algues en d'autres sites.

D'après les résultats obtenus concernant les teneurs en CB, les algues étudiées semblent favorables à l'alimentation du poisson puisque des phénomènes d'intolérance semblent se manifester dès que l'on dépasse un certain seuil d'incorporation dans l'aliment ; une certaine limite d'incorporation de cellulose pure dans l'aliment est fixée à 4 ou 5 % (Guillaume *et al.*, 1999). Selon Anderson *et al.* (1984), des teneurs en fibres alimentaires dépassant 5 % réduisent chez tilapia leur utilisation alimentaire et la digestibilité des protéines.

Ces polysaccharides complexes, constituant les parois cellulaires des macroalgues ne sont pas indispensables dans l'alimentation des poissons, mais chez certaines espèces, un apport glucidique semble nécessaire dans la mesure où il favorise la croissance et surtout l'utilisation protéique. Au niveau des parois cellulaires des algues, les polysaccharides sont liés aux protéines (Deniaud *et al.*, 2003).

Etant donné que nous ne pouvons sélectionner l'espèce d'algue pouvant répondre à notre objectif qui est celui de remplacer partiellement la farine de poisson par la farine de macroalgues, cette courte étude doit être envisagée comme un travail préliminaire susceptible d'être utilement développé dans l'avenir.

PERSPECTIVES

Il serait intéressant de développer ce type de recherches qui contribueraient à une meilleure connaissance de ces macroalgues, sur d'autres sites avec un nombre beaucoup plus élevé d'espèces permettant de connaître leur développement, leur physiologie, leur composition chimique et leur reproduction. Ces recherches seraient d'autant plus profitables dans le cadre d'une culture et d'une éventuelle utilisation en nutrition aquacole.

Des analyses complémentaires plus élaborées permettraient certainement de connaître le profil en acides aminés, en vitamines des macroalgues étudiées et identifier si possible les substances antinutritionnelles.

Des essais d'utilisation des macroalgues étudiées en complément dans le régime alimentaire sur les performances de croissance chez le poisson sont nécessaires afin d'établir la valeur nutritive de ces macroalgues.

Le bref tour d'horizon portant sur les travaux de recherches sur les algues benthiques en Algérie énoncé dans la partie bibliographique évoque que les côtes algériennes ne disposent pas d'une véritable biomasse en algues benthiques et l'utilisation potentielle des macroalgues en alimentation piscicole serait de les employer comme biofiltres dans les effluents de fermes aquacoles. La production des macroalgues peut être considérée dans ce cas, comme sous-produits de cette industrie avant d'être incorporées dans l'aliment pour poissons. Ceci réduira aussi la quantité de nutriments (azote et phosphore inorganique dissous) des effluents des fermes piscicoles grâce à la capacité d'absorption et d'assimilation des algues.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Afnor., 1985. Aliments des animaux. Méthodes d'analyses françaises et communautaires. Recueil de normes françaises. Ed. Afnor, 251p.

Alexis M. N., 1997. Fish meal and fish oil replacers in Mediterranean marine fish diets. *in* Feeding Tomorrow's Fish, Cahiers Options Méditerranéennes, Zaragoza: CIHEAM-IAMZ., **22** : 183–204.

Anderson J., Jackson A. J., Matty A. J. & Capper B.S., 1984. Effects of dietary carbohydrate and fiber on tilapia *Oreochromis niloticus* (Linn.). *Aquaculture*, **37** : 303-314.

Anonyme, 2004. Extrait du numéro 67, 3^{ème} trimestre, Algorythme, revue du CEVA (Centre d'Etudes et de Valorisation des Algues à Pleubian).

Anonyme, 2005. Brochure : Développement durable de l'aquaculture méditerranéenne. Conclusions de l'atelier de Sidi Fredj, Alger, 25-27 Juin 2005.

AOAC, 1965. Official methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. Tenth Edition, Washington. Procédé n°2044, p.16.

Appler H.N., 1985. Evaluation of *Hydrodictyon reticulatum* as protein source in feeds for tilapia, *Oreochromis niloticus* and *tilapia zillii*, *J. Fish Biol.*, **27** : 327–334.

Azaza M.S., Mensi F., Ksouri J., Dhraief M.N., Brini B., Abdelmouleh A. & Kraiem M.M., 2008. Growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed with diets containing graded levels of green algae *ulva* meal (*Ulva rigida*) reared in geothermal waters of southern Tunisia. *J. Appl. Ichthyol.*, **24** : 202–207.

Belhasnet K., Guenachi B., Hidour M., Bouhdiba S. & Ouadda H., 2008. Formulation, fabrication et essai d'un aliment composé à base de protéines d'origine végétale pour l'élevage de *Tilapia nilotica*. 2^{ème} Journée scientifique du CNRDPA, Bou-Ismaïl, Tipaza.

Ben Said R., El Abed A. & Romdhane M.S., 2002. Etude d'une population de l'algue brune *Padina pavonica* (L) Lamouroux à Cap Zebib (Nord de la Tunisie). *Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô*, **29** : 95-103.

Benchabane O., 1988. Les algues brunes : Sources d'additifs alimentaires. *Ann.Inst.Nat.Agro.El-Harrach*, **12** : 628-633.

Benchabane O., 1989. Etude de la fraction lipidique de *Cystoseira sedoides* : Algue brune endémique des côtes d'Algérie. *Ann.Inst.Nat.Agro.El-Harrach*, **13** : 659-665.

Bérard-Therriault L. & Cardinal A., 1975. Variations de la teneur en acide alginique des Fucacées de l'estuaire du Saint-Laurent (Québec) en fonction de certains facteurs écologiques. *Bot.Mar.*, **16** : 96-102.

Bhakuni D.S. & Silva M., 1974. Biodynamic substances from marine flora. *Bot. Mar.*, **17**: 40-51.

Borel A., 1956. Quelques zones de végétation facultatives sur le littoral de Trébeurden (Côtes-du-Nord). *Bull. Lab. Marit. Dinard.*, **42** : 56-61.

Bouzidi N., 2009. Contribution à l'étude chimique d'algues marines méditerranéennes : Analyse quantitative des stérols de l'extrait lipidique par spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier. Thèse Doc., chimie industrielle. Univ. Saad Dahleb, Blida. 160p.

Cabioc'h J., Floc'h J. Y., Le Toquin A., Boudouresque C.F., Meinesz A. & Verlaque M., 2006. Guide des algues des mers d'Europe. Delachaux et Niestlé. Neuchâtel, Paris. 272p.

Chateau-Degat M.L., 2003. Les toxines marines : problèmes de santé en émergence. La revue en sciences de l'environnement, *VertigO*, **4** : 1-11.

Cheng Z. J. & Hardy R.W., 2003. Effects of extrusion and expelling processing, and microbial phytase supplementation on apparent digestibility coefficients of nutrients in full-fat soybeans for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, **218** : 501-514.

Chermiti A., Mahouachi M., Ksouri J., Mensi F. & El Abed A., 2003. Nutritional characteristics of marine plants and possibilities of their utilization in animal nutrition. The 3rd Tunisia-Japan symposium on science and technology. INSAT. Tunis. 22-24 May. Tunisie.

Chopin T., 1997 - Marine biodiversity monitoring. Protocol for monitoring of seaweeds. Environment Canada, Ecological Monitoring and Assessment Network, Ottawa, 40 p.

Citharel J. & Villeret S., 1964. Recherches sur les constituants azotés des algues marines. I. Evolution de l'azote total et de l'azote soluble chez *Furcellaria fastigiata* (L.) Lam. et *Bifurcaria rotunda* (Huds.) Papenf. *Bull. Lab. Marit. Dinard.*, **50** : 99-109.

Cohen, I. & Neori, A., 1991. *Ulva lactuca* biofilters for marine fishpond effluents. I. Ammonia uptake kinetics and nitrogen content. *Bot. Mar.*, **34** : 475–482

Culioli G., Ortalo-Magné A., Richou M, Valls R. & Piovetti L., 2002. Seasonal variations in the chemical composition of *Bifurcaria bifurcata* (Cystoseiraceae). *Biochem. Syst. Ecol.*, **30** : 61-64.

Dabouineau L., 2004. Un autre regard sur les algues marines. Revue : Le rôle de l'eau. **118** : 1-4.

Davies S.J., Brown M.T. & Camilleri M., 1997 . Preliminary assessment of the seaweed *Porphyra purpurea* in artificial diets for thick-lipped grey mullet (*Chelon labrosus*), *Aquaculture*, **152** : 249–258.

Deniaud E., Fleurence J. & Lahaye M., 2003. Preparation and chemical characterization of cell wall fractions enriched in structural proteins from *Palmaria palmata* (Rhodophyta). *Bot.Mar.*, **46** : 366-377.

El Hattab-Bouzidi D., 2003. Détermination des stérols de l'algue rouge ' *Asparagopsis armata* ' par spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier en employant l'extraction en phase solide : Etude comparative avec la chromatographie liquide à haute performance. Mémoire de magistère. Département de chimie industrielle, Univ. Saad Dahleb, Blida : 87 p

El Hattab M., 2005. Contribution à l'étude chimique des extraits lipidiques et huiles essentielles d'algues méditerranéennes et de l'océan atlantique : isolement, détermination structurale de nouveaux métabolites et modélisation mathématique des procédés d'extraction. Thèse Doc., chimie industrielle. Univ. Saad Dahleb, Blida. 297p.

El-Sayed A.F.M., 1994. Evaluation of soybean meal, Spirulina meal and chicken offal meal as protein sources for silver seabream (*Rhabdosargus sarba*) fingerlings, *Aquaculture.*, **127** : 169–176.

FAO., 1986. The production of fish meal and oil. Fishery Industries Division, FAO Fish. Tech. Pap., **142** : 1-63.

FAO., 2002. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Rome. 152p.

Fernández A., Alvarez E. & Basurco B., 2005. Aquafeed production in the Mediterranean region in Mediterranean Fish Nutrition, Cahiers Options Méditerranéennes, Zaragoza : CIHEAM-IAMZ., **63** : 113-119.

Fischer W., Bauchot M.L. & Schneider M., 1987. Fiches d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37., **1** : 760 p.

Fleurence J., 1999. Seaweed proteins biochemical, nutritional aspects and potentiel uses. *Journal of Trends in Food Science & Technology.*, **10** : 25-28.

Fleurence J., Le Cœur C., Mabeau S., Maurice M. & Landrein A., 1995. Comparison of different extractive procedures from the edible seaweeds *Ulva rigida* and *Ulva rotundata*. *Journal of Applied Phycology.*, **7** : 577-582.

Frémy J.M. & Lassus P., 2001. Toxines d'algues dans l'alimentation. Ed. Ifremer, 560p.

Gomes E. F., Rema P. & Kaushik S., 1995. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): digestibility and growth performance. *Aquaculture*, **130** : 177-186.

Guillaume J., Kaushik S., Bergot P. & Métailler R., 1999. Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. Ed. INRA-IFREMER .489p.

Guist G. G. & Humm H. J., 1976. Effect of sewage effluent on growth of *Ulva lactuca*. *Florida Sci.*, **39** : 267-271.

Hammer O., Harper D.A.T. & Ryan P. D., 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.

Haroon A.M., Szaniawska A., Normant M. & Janas U. 2000. The biochemical composition of *Enteromorpha spp.* from the Gulf of Gdansk coast on the southern Baltic Sea. *Oceanologia*, **42** :19-28.

Hashim R. & Mat Saat N.A., 1992. The utilization of seaweed meals as binding agents in pelleted feeds for snakehead (*Channa striatus*) fry and their effects on growth, *Aquaculture*, **108** : 299–308.

Imbaba S. K., 1972. Mineral Element Content of Some Benthic Marine Algae of the Kenya Coast. *Bot.Mar.*, **15** : 113-115.

Ito K. & Hori K., 1989. Seaweed :chemical composition and potentiel food uses. *Food Reviews International*, **5** : 101-144.

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. Thèse de Magister. ENS Alger.226p.

Karatarakis N.J., 2005. Common problems with aquafeeds and feeding in marine farms in Greece in Mediterranean Fish Nutrition, Cahiers Options Méditerranéennes, Zaragoza: CIHEAM-IAMZ., **63** : 155–158.

Karez C.S. & Pereira R.C., 1995. Metal contents in polyphenolic fractions extracted from the brown alga *Padina gymnospora*. *Bot.Mar.*, **38** : 151-155.

Kaushik S. J., Coves D., Dutto G. & Blanc D., 2004. Almost total replacement of fishmeal by plant protein sources in the diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, **230** : 391-404.

Kim D.H., 1970. Economically important seaweeds, in Chile –I/ *Gracilaria*. *Bot. Mar.*,**13**: 140-162.

Kroes H. W., 1970. Excretion of mucilage and yellow-brown substances by some brown algae from the intertidal zone. *Bot. Mar.*, **13** : 107-110.

Mabeau S. & Fleurence J., 1993. Seaweed in food products : biochemical and nutritional aspects. *Journal of Trends in Food Science & Technology*, **4** : 103-107.

Marfaing H., 2004. Les algues dans notre alimentation : intérêt nutritionnel et utilisations. Revue de nutrition pratique – Dietecom Bretagne. CEVA., 1-9.

Marsham S., Scott G.W. & Tobin M.L., 2006. Comparaison of nutritive chemistry of range of temperate seaweeds. *Food Chemistry*, **100** : 1331-1336.

Mensi F., Jamel K. & Amor E.A., 2005. Potential use of seaweeds in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets, in Feeding Tomorrow's Fish, Cahiers Options Méditerranéennes, Zaragoza: CIHEAM-IAMZ., **63** : 151–154.

Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques., 2008. Schéma Directeur de développement des activités de la pêche et de l'aquaculture à l'horizon 2025.Ed. EN NAKHLA.330p.

Munda I.M., 1977. Differences in amino acid composition of estuarine and marine fucoids. *Aquatic Botany*, **3** : 273-280.

Murthy M.S. & Radia P., 1978. Eco-Biochemical studies on some economically important intertidal algae from port Okha (India). *Bot.Mar.*,**21** : 417-422.

Nakagawa H., Kasahara S. & Sugiyama T., 1987. Effect of *Ulva* meal supplementation on lipid metabolism of black sea bream, *Acanthopagrus sclegeli* (Bleeker), *Aquaculture*, **62** : 109–121.

Neori A., Shpigel M. & Ben-Ezra D., 2000. A sustainable integrated system for culture of fish, seaweed and abalone. *Aquaculture*, **186** : 279-291.

Norziah M.H. & Ching Ch.Y., 2000. Nutritional composition of edible seaweed *Gracilaria changgi*. *Food Chemistry*, **68** : 69–76.

Ould'Ahmed N., 1994. Etude des espèces phytobenthiques, au voisinage de la centrale thermique de Mersa El Hadjadj (Golf d'Arzew) Ouest Algérien. Mention particulière sur une espèce remarquable chlorophyte, caulerpale : *Caulerpa prolifera* (Forsskal) LAMOUROUX. Thèse de magister. ENSSMAL, Alger : 181p.

Pagand P., 1999. Traitement des effluents piscicoles marins par lagunage à haut rendement algal. Thèse Doc., Univ. Montpellier I. 260p.

Pérez R., 1997. Ces algues qui nous entourent. Conception actuelle, rôle dans la biosphère, utilisations, culture, aquaculture. Ifremer.266p.

Pellegrini L. & Pellegrini M., 1971. Contribution à l'étude biochimique des cystoseiracées Méditerranéennes. I. *Cystoseira stricta* (Mont.) Sauvageau. *Bot.mar.*, **14** : 6-16.

Perret-Boudouresque M. & Séridi H., 1989. Inventaire des algues marines benthiques d'Algérie. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr., 1-117.

Praud A., 1994. Isolement, caractérisation structurale et analyse de nouveaux métabolites d'algues méditerranéennes appartenant aux genres *Cystoseira* et *Lyngbya*. Thèse Doc.Scién.Spectro.Physico-chimie structurales. Univ.Aix-Marseille I, France, 186p.

Prince J. S., 1974. Nutrient assimilation and growth of some seaweeds in mixtures of seawater and secondary sewage treatment effluents. *Aquaculture*, **4** : 69-79.

Reviere B. de ; 2002. Biologie et phylogénie des algues. ed. Belin, Tome 1. 347p.

Reviere B. de ; 2003. Biologie et phylogénie des algues. ed. Belin, Tome 2. 252p.

Rice D. L. & Lapointe B. E., 1981. Experimental outdoor studies with *Ulva fasciata*. Trace metal chemistry. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.*, **54** : 1-11.

Rjiba S., 2003. Valorisation des végétaux marins en nutrition animale. Mémoire D.E.A. Spécialité: Nutrition animale. Ecole Supérieure d'Agriculture de Mateur, Tunisie. 78p.

Rorrer G.L. & Cheney D.P. 2004. Bioprocess engineering of cell and tissue cultures for marine seaweeds. *Aquacultural Engineering*, **32** : 11-41.

- Rupérez P., 2002.** Mineral content of edible marine seaweeds. *Food Chemistry*, **79**: 23-26.
- Sánchez-Machado D. I., López-Cervantes J., López-Hernández J. & Paseiro-Losada P., 2004.** Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. *Food Chemistry*, **85** : 475–482.
- Satoh K.I., Nakagawa H. & Kashara S., 1987.** Effect of *Ulva* meal supplementation on disease resistance of Red Sea Bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **53** : 1115-1120.
- Schiewer U., 1970.** Über den Vitamingehalt mehrzelliger Ostseealgen (Les teneurs en vitamines de la mer Baltique). *Bot.mar.*, **13** : 28-37.
- Schuenhoff A., Shpigel M., Lupatsch I., Ashkenazi A., Msuya F.E. & Neori A., 2003.** A semi-recirculating, integrated system for the culture of fish and seaweed. *Aquaculture*, **221** : 167-181.
- Séridi H., 1990.** Etude des algues marines benthiques de la région d'Alger. Thèse de magister en Sciences de la nature, ISN, USTHB, Alger : 235p.
- Séridi H., 2007.** Etude de la flore algale de l'Algérie. Etude phytosociologique des peuplements algaux photophiles de l'infra littoral superficiel de substrat dur. Thèse Doc., Sciences de la nature, USTHB. 174p.4annexes.
- Sommer T.R., D'Sousa F.M.L & Morrissy N.M., 1992.** Pigmentation of adult rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss*, using the green alga *Haematococcus pluvialis*, *Aquaculture*, **106** : 63–74.
- Valente L.M.P., Gouveia A., Rema P., Matos J., Gomes E.F. & Pinto I.S., 2006.** Evaluation of three seaweeds *Gracilaria bursa-pastoris*, *Ulva rigida* and *Gracilaria cornea* as dietary ingredients in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquaculture*, **252** : 85–91.
- Ventura M.R. & Castanon J.I.R., 1998.** The nutritive value of seaweed (*Ulva lactuca*) for goats. *Small Rumin. Res.*, **29** : 325–327.
- Wahbeh M.I., 1997 .** Amino acid and fatty acid profiles of four species of macroalgae from Aqaba and their suitability for use in fish diets, *Aquaculture*, **159**: 101–109.

Wassef E.A., 2005. Alternative protein sources for fish feeds in Egypt. In CIHEAM/FAO **63** : 127-141.

Windsor M. L., 2001. Fish meal. Torrey Research Station. Department Of Trade and Industry. FAO. Torrey Advisory, Note No. 49.

Wong K.H. & Cheung P.C.K., 2000. Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds. Part I—proximate composition, amino acid profiles and some physico-chemical properties. *Food Chemistry*, **71** : 475–482.

Zavodnik N., 1973. Seasonal variations in rate of photosynthetic activity and chemical composition of the littoral Seaweeds common to North Adriatic. Part I. *Fucus virsoides* (Dos) J. AG. *Bot.Mar.*, **16** : 155-165.

Zubia M., Payri C.E., Deslandes E. & Guezennec J., 2003. Chemical composition of attached and drift specimens of *Sargassum mangarevense* and *Turbinaria ornata* (Phaeophyta: Fucales) from Tahiti, French Polynesia. *Bot. Mar.*, **46** : 562-571.

ANNEXES

Tableau 2: Teneurs maximales en métaux lourds et en iode autorisées en France et critères microbiologiques pour les produits secs (Marfaing, 2004).

	Teneur maximale autorisée en mg par kg sec		
Arsenic minéral	3,0	Germes aérobies mésophiles	≤ 105 / g
Cadmium	0,5	Coliformes fécaux	≤ 10 / g
Mercure	0,1	Anaérobies sulfitoréducteurs	≤ 102 / g
Plomb	5,0	Staphylococcus aureus	≤ 102 / g
Etain	5,0	Clostridium perfringens	≤ 1 / g
Iode (5)	2000 6000 pour laminaires et Gracilaria	Salmonella	Absence dans 25 g

Normes toxicologiques et bactériologiques

Tableau 3 : Composition chimique des différentes catégories de farines de poissons

Matières premières	Matière sèche (%)	Protéines brutes (%)	Matières grasses (%)	Matières minérales (%)	Références
Farine de poisson	92	68,4	6,6	16,2	Guillaume <i>et al.</i> , 1999
Farine de poisson	93	72	11	11	Aksnes <i>et al.</i> , 1997
Farine de poisson	91,9	67,6	8,9	18,6	Gomes <i>et al.</i> , 1995

Tableau 4: Coefficient d'utilisation digestive de certaines matières premières chez la truite (%)
(D'après Cho *et al.*, 1982 in Guillaume *et al.*, 1999)

Matières premières	Matière sèche	Protéines	Lipides	Energie
Farine de luzerne	39	87	71	43
Farine de sang	91	99	-	89
Maïs jaune	-	95	-	39
Farine de gluten de maïs	-	96	-	83
Farine de plume hydrolysée	75	58	-	70
Farine de poisson	85	92	97	91
Farine d'os	78	85	73	85
Tourteau de colza	35	77	-	45
Soja cuit	78	96	94	85
Tourteau de soja	74	96	-	75
Concentré de protéines de poisson	90	95	-	94

Tableau 15: Interactions température macro-minéraux et oligo-éléments chez les deux *Cystoseira*

	Castri	Pstri	Kstri	Mgstri	Nastri	Festri	Znstri	Mnstri	Custri	Cacrin	Perin	Kerin	Mgerin	Nacrin	Fecrin	Zncrin	Mncrin	Cucrin	t
Castri	-	0,480	0,109	0,336	0,053	0,001	0,111	0,021	0,423	0,001	0,131	0,252	0,501	0,010	0,002	0,824	0,009	0,400	0,186
Pstri	0,363	-	0,965	0,328	0,192	0,557	0,825	0,527	0,042	0,477	0,942	0,767	0,500	0,338	0,502	0,969	0,564	0,055	0,468
Kstri	-0,717	-0,023	-	0,718	0,690	0,238	0,101	0,301	0,498	0,091	0,001	0,218	0,834	0,356	0,291	0,747	0,328	0,797	0,850
Mgstri	-0,479	-0,486	0,190	-	0,376	0,399	0,750	0,088	0,263	0,186	0,950	0,038	0,204	0,432	0,440	0,134	0,427	0,712	0,321
Nastri	0,806	0,617	-0,210	-0,445	-	0,026	0,537	0,119	0,362	0,114	0,708	0,643	0,187	0,003	0,015	0,750	0,014	0,072	0,035
Festri	0,973	0,305	-0,570	-0,426	0,864	-	0,153	0,022	0,617	0,010	0,255	0,385	0,443	0,005	0,000	0,912	0,002	0,324	0,133
Znstri	0,714	0,117	-0,728	-0,168	0,319	0,660	-	0,142	0,940	0,081	0,049	0,582	0,459	0,377	0,178	0,482	0,380	0,623	0,873
Mnstri	0,878	0,327	-0,510	-0,746	0,704	0,876	0,674	-	0,589	0,005	0,375	0,131	0,460	0,089	0,033	0,291	0,068	0,472	0,267
Custri	-0,407	-0,829	0,349	0,545	-0,458	-0,261	-0,040	-0,282	-	0,395	0,602	0,322	0,364	0,369	0,606	0,985	0,538	0,445	0,402
Cacrin	0,970	0,365	-0,742	-0,623	0,710	0,917	0,757	0,940	-0,430	-	0,128	0,126	0,556	0,045	0,018	0,500	0,040	0,505	0,282
Perin	0,687	0,039	-0,971	-0,033	0,197	0,553	0,813	0,446	-0,272	0,691	-	0,429	0,585	0,389	0,297	0,870	0,388	0,953	0,971
Kerin	-0,556	-0,157	0,589	0,836	-0,243	-0,438	-0,287	-0,688	0,492	-0,695	-0,403	-	0,355	0,480	0,466	0,175	0,400	0,682	0,437
Mgerin	-0,346	-0,347	-0,111	0,604	-0,622	-0,391	0,379	-0,378	0,455	-0,305	0,284	0,463	-	0,244	0,429	0,886	0,223	0,674	0,010
Nacrin	0,919	0,478	-0,462	-0,400	0,955	0,943	0,445	0,746	-0,452	0,821	0,435	-0,363	-0,564	-	0,002	0,747	0,001	0,206	0,041
Fecrin	0,959	0,346	-0,520	-0,394	0,898	0,996	0,632	0,848	-0,269	0,888	0,514	-0,373	-0,402	0,959	-	0,993	0,002	0,253	0,119
Zncrin	0,118	-0,021	-0,170	-0,684	-0,168	0,059	0,361	0,519	0,010	0,347	0,087	-0,635	0,076	-0,170	-0,005	-	0,836	0,679	0,684
Mncrin	0,923	0,300	-0,486	-0,404	0,903	0,961	0,442	0,778	-0,319	0,831	0,436	-0,425	-0,584	0,977	0,965	-0,110	-	0,365	0,035
Cucrin	0,426	0,802	0,136	-0,194	0,772	0,490	0,257	0,369	-0,389	0,343	-0,032	0,215	-0,221	0,603	0,555	-0,218	0,455	-	0,430
t	0,624	0,372	-0,101	-0,493	0,843	0,685	-0,085	0,542	-0,424	0,528	-0,019	-0,396	-0,918	0,829	0,703	-0,214	0,843	0,401	-

Tableau 18 : Les besoins quantitatifs nutritionnels en éléments minéraux estimés nécessaires à la croissance de quelques espèces de poissons (Guillaume *et al.*, 1999).

	P (%deMS)	Ca (%de MS)	Mg (%deMS)	K (%deMS)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)
Poisson-chat américain	0,45	0,45	0,04	0,26	20	2,4	5	30
Carpe commune	0,65	0,3	0,05	/	25	13	3	150
Tilapia	0,90	0,65	0,06	/	10	12	3,5	/
Truite	0,5-0,8	0,03- 0,24	0,05	/	15-20	12	3	/
Anguille	0,3	/	0,14	/	/	/	/	170
Daurade japonaise	/	0,34						150

Résumé: Le but de la présente étude est d'évaluer la composition chimique de quatre algues benthiques collectées dans la région de Kouali (Tipaza) dans la perspective de les valoriser dans l'aliment pour animaux, notamment chez le poisson.

La première partie de ce mémoire est consacrée à une étude bibliographique comprenant deux chapitres. Le premier chapitre englobe un aperçu sur les travaux de recherches réalisés sur les algues marines benthiques en Algérie, l'importance et l'intérêt de l'utilisation des macroalgues et les ressources alimentaires utilisées dans l'alimentation du poisson dans la région méditerranéenne. Le second chapitre est consacré aux caractéristiques nutritionnelles des macroalgues.

La deuxième partie comprend trois chapitres regroupant la méthodologie de travail pour la réalisation de la présente étude, les résultats des dosages des matières azotées totales (MAT), des matières minérales (MM), de la cellulose brute (CB), des macro-minéraux, des oligo-éléments, et l'étude de l'effet de la température de l'eau de mer, de l'espèce et de la période de récolte sur la teneur de ces différents composés chimiques des algues étudiées.

Les résultats obtenus nous révèlent d'une part que la température de l'eau de mer n'a pas d'effet direct sur la composition chimique et d'autre part, qu'aucune différence significative n'a été trouvée chez les deux *Cystoseira* étudiées en ce qui concerne leurs teneurs en composés chimiques (MAT, CB, MM) ou sur les variations de ces derniers. Cependant, l'analyse de l'ACP a permis de mettre en évidence une disparité temporelle certaine des taux des composés chimiques chez les deux *Cystoseira*. Ces dernières présentent des concentrations élevées en MAT en automne et des concentrations élevées en CB et en MM en été. Même si nos végétaux ne présentent pas des teneurs élevées en MAT, elles possèdent toutefois des teneurs élevées en MM du à leur richesse en K, en Ca²⁺, en Na⁺, en Fer et en Zn.

Compte tenu des besoins quantitatifs nutritionnels en éléments minéraux estimés nécessaires à la croissance du poisson, nos macroalgues peuvent être utilisées en complément dans le régime alimentaire du poisson. Les faibles teneurs en phosphore et en azote des macroalgues étudiées s'expliquent par le fait que le site d'échantillonnage « Kouali 3 » Tipaza, présente une faible quantité en éléments nutritifs (site non pollué) d'où l'intérêt d'autres recherches sur d'autres espèces d'algues en d'autres sites.

Mots clefs : Macroalgues - Composition chimique - Température – Variations saisonnières – Phéophycées – Ulvophycées – Aliment pour poisson.

Chemical and mineral composition of four benthic algae of the area Kouali (Tipaza)

Abstract: The aim of this work is to evaluate the chemical composition of four species of benthic algae collected in the area of Kouali (Tipaza) from the point of view of develop them in animals feeding, in particular in fish.

The first part of this memory is devoted to a bibliographical study including two chapters. The first chapter includes an outline on the research tasks realized on the benthic marine algae in Algeria, the importance and the interest of the use of the macroalgae and the food resources used in the food of fish in the Mediterranean area. The second chapter is devoted to the nutritional characteristics of the macroalgae.

The second part includes three chapters gathering the methodology of work for the realization of this study, the results about the quantity determination of the crude protein (MAT), of ashes (MM), the crude fiber (CB), the macro-minerals, the trace elements, and the study of the temperature effect of sea water, species and the period of harvesting on these different compounds contents.

The results obtained reveal us on the one hand that the temperature of sea water does not have a direct effect on the chemical composition and on the other hand, that no significant difference was found at both *Cystoseira* studied with regard to their contents of chemical compounds (MAT, CB, MM) or on the variations in the latter. However, a seasonal variation of the chemical composition was highlighted at these two macroalgues. These last present high percentages of MAT during in autumn and of the high percentages of CB and MM in summer. Even if our plants do not present high percentages of MAT, they have however high percentages of MM of with their wealth in K, Ca²⁺, Na⁺, Iron and Zn.

Taking into account the nutritional quantitative requirements in mineral elements needed for the fish growth, the macroalgae can be used like food complement in a piscicultural feeding. The low contents of nitrogen and phosphorus of the studied macroalgae are explained by the fact that the sampling site "Kouali 3" Tipaza, presents low quantity of nutritive elements (not polluted site) from which interests leadings for other research on other species of algae in other sites.

Key words: Macroalgae - Chemical composition – Temperature – Seasonal variations - Phaeophyceae – Ulvophyceae – Fish feeds.