



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

École Nationale supérieure des sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme D'Ingénieur en science de la mer et l'aménagement du littoral

Option : Aquaculture

Sujet :

**BIOLOGIE, ÉCOLOGIE, SYSTÉMATIQUE ET VALEURS NUTRITIVES
DE QUELQUES ALGUES MARINES DE LA CÔTE OUEST D'ALGER.**

Présenté par :

KENDRI Amina Chiraz

MECHOU Manel

Soutenu le 21/09/2024 devant le jury composé de :

Mme S. Mahdid	Maitre assistante A	ENSSMAL	Présidente
Mme N. Ould Ahmed	Maitre de Conférences A	ENSSMAL	Promotrice
Mme C. Aissou-Akrour	Maitre de Conférences A	ENSSMAL	Co-Promotrice
Mme N. Chaou	Maitre assistante A	ENSSMAL	Examinatrice

Année universitaire 2023/2024



République Algérienne Démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للعلوم البحر وتهيئة الساحل

École Nationale supérieure des sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral

**Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme Master en science de la mer et
l'aménagement du littoral**

Option : Aquaculture

Sujet :

**BIOLOGIE, ÉCOLOGIE, SYSTÉMATIQUE ET VALEURS NUTRITIVES
DE QUELQUES ALGUES MARINES DE LA CÔTE OUEST D'ALGER.**

Présenté par :

Kendri Amina Chiraz

Mechou Manel

Soutenu le 21 /09/2024 devant le jury composé de :

Mme S. Mahdid	Maitre assistante A	ENSSMAL	Présidente
Mme N. Ould Ahmed	Maitre de Conférences A	ENSSMAL	Promotrice
Mme C. Aissou-Akrour	Maitre de Conférences A	ENSSMAL	Co-Promotrice
Mme N. Chaou	Maitre assistante A	ENSSMAL	Examinatrice

Année universitaire 2023/2024

REMERCIEMENTS

Nous rendons grâce à **Dieu tout puissant** pour la force, la sagesse et la persévérance qu'il nous a octroyées, nous permettant ainsi de mener à bien ce travail.

On souhaite exprimer nos plus profondes reconnaissances à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

Madame Ould Ahmed pour avoir accepté de nous encadrer, cru en nos capacités, et nous avoir dirigés avec son expertise et ses conseils avisés.

Madame Aïssou mérite également nos plus sincères remerciements pour son expertise et son engagement. Ses remarques pertinentes et son accompagnement rigoureux ont grandement enrichi ce travail.

On est profondément reconnaissantes aux membres du jury,

On tient à exprimer notre gratitude aux ingénieurs du laboratoire, dont les compétences techniques et la disponibilité ont été indispensables. **Madame Houda**, **Monsieur Nour Eddin** et **Madame Selma** ont fait preuve d'une générosité de temps et d'un professionnalisme exemplaires, contribuant de manière significative aux avancées expérimentales de cette thèse.

Enfin, on remercie chaleureusement **le personnel de la bibliothèque** pour leur accueil chaleureux et leur assistance précieuse. Leur dévouement et leur efficacité ont facilité nos recherches documentaires et ont largement contribué à l'enrichissement de ce travail.

Chacun de vous, par votre contribution unique, a joué un rôle crucial dans la réalisation de ce travail. On vous adresse nos remerciements les plus sincères et vous exprime toute notre gratitude. Ce travail est autant le fruit de votre aide et de votre soutien que de nos propres efforts. Merci infiniment.

Dédicace

À ma mère, dont l'amour infini et le soutien constant ont été les fondements de mon courage. Tes sacrifices silencieux, ta sagesse, ta force et ta dévotion sans faille m'ont permis de surmonter chaque défi. Ce travail est le fruit de ton inspiration et de ton soutien indéfectible.

À mon père, pour ton soutien. Tes encouragements et ta foi en moi m'ont guidé tout au long de ce parcours. Merci pour être un pilier de force et d'intégrité.

À mes meilleurs amis Rayene, Shanna et Feryal

À Rayene, pour ta présence inébranlable et ton amitié véritable. Merci pour être toujours là, prêt à m'épauler.

À Shanna, mon âme sœur pour ton aide inestimable et ta gentillesse. Ton soutien et ta patience ont été une source de réconfort et de motivation. Merci pour ta présence chaleureuse et rassurante, Ton amitié fidèle et ton dévouement ont transformé cette aventure académique en une expérience inoubliable et profondément gratifiante.

À Feryal, pour ton optimisme contagieux et ton énergie débordante.

À Baya pour son aide précieuse et pour sa disponibilité

À mon binôme et meilleur amie Amina :

À Amina, ma partenaire de recherche et amie fidèle. Travailler avec toi a été une expérience aussi enrichissante que divertissante. Ta créativité et ton soutien ont été des atouts majeurs tout au long de ce projet. Merci pour tous les moments partagés, les idées géniales et ton amitié. Ce voyage académique a été d'autant plus mémorable grâce à toi.

À Aziz Milat pour ta disponibilité. Merci pour ton aide généreuse et ton dévouement.

À Monsieur Hasan, pour sa guidance éclairée.

Manel.

Dedicase

À ceux qui, par leur amour, leur dévouement et leur bienveillance, ont rendu cette aventure possible. . .

À mon docteur et neurochirurgien, merci de m' avoir permis de retrouver la force et la vie après cet accident d' équitation. Votre expertise et votre soutien m' ont guidée à travers un chemin difficile, et je ne pourrais jamais assez exprimer ma reconnaissance.

À ma mère et mon père, vous êtes mes piliers, mon refuge et ma lumière. Votre amour infini, vos sacrifices et vos encouragements ont nourri chacun de mes rêves. Ce mémoire est autant le vôtre que le mien.

À mon moniteur de plongée, qui m' a enseigné bien plus que la technique, mais aussi le courage, la persévérance et la confiance en moi. Vous m' avez aidée à plonger dans mes peurs pour les surmonter.

À Lilia, ma chère cousine, pour ta tendresse, ton soutien et ta capacité à apporter de la joie même dans les moments les plus difficiles. Ta présence dans ma vie est un cadeau inestimable.

Et à Manel, ma partenaire de travail et mon amie précieuse. Merci pour ta présence constante, ton aide sincère et ton soutien sans faille. Ce projet n' aurait jamais été le même sans toi.

De tout cœur, merci.

Amina

Sommaire

Liste des tableaux.

Liste des figures

Liste des abréviations

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : GENERALITES	4
I.1 Définition	4
I.2 Classification des Algues	4
I.2.1 La composition pigmentaire :.....	5
I.2.2 Les polysaccharides de réserve	6
I. 2.3 Les polysaccharides pariétaux.....	6
I.3. Les grands groupes d'algues marines :	6
I. 4 Répartition des algues	7
I.5 Les conditions de vie des algues :.....	8
I.5-1 : Les Facteurs de la distribution :	8
I.5-1-1 La lumière, condition essentielle :	8
I.5-1-2 Le substrat :.....	8
I.5-1-3 Les facteurs hydrodynamiques, sources de vie :.....	9
I.5-1-4 La température :	9
I.5-1-5 La salinité :.....	9
I.6 Principaux types de cycle de vie des Algues	9
I. 6-1 Le cycle de vie des algues vertes	10
I. 6-2 Le cycle de vie des algues brunes	10
I.6-3 Le cycle de vie des algues rouges	11
I.7 Culture des Algues (vue générale) :.....	11
I.8 Situation et tendance de la production mondiale des algues.....	13
I.9 Utilisation des algues	14
I.9-1 L'alimentation, la nutrition et la santé humaine	14
I.9-2 Les revenus, moyens d'existence et la cohésion sociale.....	14
I.9-3 Bienfaits environnementaux et services écosystémiques	15
I.9-4 l'aquaculture	15
I.9-5 L'alimentation des poissons.....	15
I.9-6 Traitement des eaux usées	15
I.9-7 Cosmétologie :	16
I.9-8 Les engrais et les amendements du sol	16
I.9-9 Les biocarburants à base d'algues :	16
I.10 Utilisation actuelle des algues en Algérie	16

1.10-1 Agriculture	16
I.10-2 Alimentation animale	17
I.10-3 Industrie	17
I.11 Caractéristiques nutritionnelles des algues	17
I.11-1 Les protéines	17
I.11-2 Les Lipides	18
I.11-3 Les Glucides.....	18
I.11-4 Fraction minérale :	18
I.11-4-1 Calcium	18
I.11-4-2 Magnésium.....	19
I.11-5 Les Vitamines	19
I.11-6 Les Fibres :	19
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES	21
1 .Présentation du site d'étude:	21
1-1 Travail sur terrain:	22
1. 2 Travail au laboratoire	22
1.2-1 Etude de la flore algale	22
1.2-2 Etude biochimique.....	23
1.2-2-1 Préparation du Matériel Végétal	23
1.2-2-2 Séchage.....	23
1.2-2-3 Broyage	23
1.2-2-4 Dosage des composants biochimiques.....	24
1.2-2-4.1Les protéines (Méthode de Kjeldahl)	24
1.2-2-4-2Les Lipides (Méthode de Soxhlet)	28
1.2-2-4-3 Les Glucides (Méthode Dubois) :	30
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION	32
1 – Etude floristique	33
1.1 Identification et position systématique des espèces récoltées	33
1.1-1 <i>Ellisolandia elongata</i>	33
1.1-2 <i>Dictyopteris polypodioides</i>	33
1.1-3 <i>Ulva rigida</i>	34
1.2 Biologie, écologie, utilisation et distribution géographique des algues récoltées	34
2. Etude biochimique.....	41
2.1. Taux des protéines :	41
2.2. Taux des lipides	42
2.3. Concentration des Glucides	44
CONCLUSION	49
BIBLIOGRAPHIE	51
ANNEXES	60

Liste des tableaux

TABLEAU 01 : CARACTERISTIQUES IMPORTANTES DES GROUPES D'ALGUES (DEMOULAIN ET LEYMERGIE, 2009).....	5
TABLEAU 02 : TENEURS MOYENNES DES PROTEINES CONTENUES DANS CHAQUE PHYLUM.....	41
TABLEAU 03 : PROPORTION DE LIPIDES DANS DIVERSES ESPECES D'ALGUES.....	43
TABLEAU 04 : ABSORBANCES CORRESPONDANTES AUX DIFFERENTES CONCENTRATIONS (MG/ML) DU GLUCOSE.....	44
TABLEAU 05 : CONCENTRATIONS EN GLUCOSE (MG/ML) DES ECHANTILLONS INCONNUS A PARTIR DE LEURS MESURES D'ABSORBANCE	46
TABLEAU 06 : LES RESULTATS DES CONCENTRATIONS EN GLUCIDES (MG/ML).....	46

Liste des Figures

FIGURE 01 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE DE LA REPARTITION DES ALGUES.	8
FIGURE 02 : SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE.	21
FIGURE 03 : SITUATION GEOGRAPHIQUE DU SITE D'ETUDE (GOOGLE EARTH, 2024).....	21
FIGURE 04 : RECOLTE DES ALGUES.....	22
FIGURE 05 : POUDRE D'ALGUES BROYEES	24
FIGURE 06 : APPAREIL DE MINERALISATION « INKJEL)	26
FIGURE 07 : L'AJOUT DES GOUTTES DE L'INDICATEUR DE TASHIRO	27
FIGURE 08 : TITRAGE	27
FIGURE 09 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE D'UN APPAREIL D'EXTRACTION SOXHLET CLASSIQUE (GERHARDT ANALYTICAL SYSTEMS).....	28
FIGURE 10 : L'APPAREIL DE SOXLHET	29
FIGURE 11 : PREPARATION DE LA SOLUTION A ANALYSEE	30
FIGURE 12 : PREPARATION DES SOLUTIONS FILLES POUR ANALYSER AU SPECTROPHOTOMETRE	31
FIGURE 13 : SOLUTIONS FILLES PRETS A ANALYSER.....	31
FIGURE 14 : ASPECT GENERAL D'UNE TOUFFE D'ELLISOLANDIA ELONGATA VUE A L'ŒIL NU...	34
FIGURE 15 : DETAIL DE L'EXTREMITE DU THALLE D'ELLISOLANDIA ELONGATA VUE A LA LOUPE (G.4x 10).....	35
FIGURE 16 : MORPHOLOGIE GENERAL DICTYOPTERIS POLYPODIOIDES VU A L'OEIL NU	36
FIGURE 17 : COUPE TRANSVERSALE DU THALLE DICTRYOPTERIS POLYPODIOIDES (G. 40×10)	37
FIGURE 18 : MORPHOLOGIE GENERAL DU THALLE D'ULVA RIGIDA VU A L'ŒIL NUE	38
FIGURE 19 : CELLULES DU THALLE D'ULVA RIGIDA OBSERVEE A PLAT (G. 40×10).	39
FIGURE 20 : COUPE TRANSVERSALE DU THALLE ULVA RIGIDA (G .40x10)	39
FIGURE 21 : CARTE REPRESENTATIVE DE LA DISTRIBUTION MONDIALE DE ULVA RIGIDA.(FACILITY2013)	40
FIGURE 22 : TENEURS EN PROTEINES CHEZ LES ESPECES D'ALGUES ETUDIEES.	41
FIGURE 23 : TENEURS EN LIPIDES CHEZ LES ESPECES D'ALGUES ETUDIEES.	43
FIGURE 24 : COURBE D'ETALONNAGE DU GLUCOSE.....	45
FIGURE 25 : COURBE D'ETALONNAGE DU GLUCOSE ET ECHANTILLONS (EXTRAITS D'ALGUES) .	45
FIGURE 26 : TENEURS EN PROTEINES ET LIPIDES ET CONCENTRATIONS EN GLUCIDES CHEZ LES ESPECES D'ALGUES ETUDIEES.	48

Liste des abréviations

C° : Degré Celsius

pH: potentiel d'hydrogène

Cm : centimetre

FAO: Food and Agriculture Organization

g : Gramm

mL : Millilitre

mg/mL : Milligrams par millilitre

Km : Kilomètre .

m : mètre

mg : Milligramme

nm : nanomètre

INTRODUCTION

Introduction

Les océans et les mers représentent près des trois-quarts de la surface du globe et l'environnement marin est un écosystème unique en raison de la diversité des organismes qu'il abrite. Parmi ces organismes, les algues font preuve d'une incroyable richesse, (Radmer et Parker, 1994). Elles sont des végétaux beaucoup moins connus que les plantes terrestres et beaucoup plus difficiles à appréhender. Elles occupent en grande partie, les milieux aquatiques, en particulier marins et sous-marins et constituent un ensemble d'organismes extrêmement divers qu'il est très difficile de présenter de manière simplifiée.

La valorisation de la biomasse algale est considérée parmi les programmes Internationaux les plus intéressants dans l'exploitation du milieu marin (Lakhdar, 2018).

Les algues ont développé un répertoire chimique très diversifié, constituant une barrière contre de nombreux agresseurs biotiques et abiotiques. Elles produisent une quantité importante de métabolites secondaires tels que les polyphénols (acide phénolique, tanins, flavonoïdes), les pigments (fucoxanthines, astaxanthines et caroténoïdes), les alcaloïdes et les terpénoïdes qui jouent un rôle écologique et économique très important et représentent des pistes utiles dans le développement de nombreux domaines (Pohnert, 2004 ; Paul et al, 2006 ; Blunt et al, 2006). De plus, les algues marines contiennent des proportions relativement élevées en acides gras connus pour leurs propriétés nutritionnelles et activité biologique très diverses.

L'importance des algues dans le milieu aquatique est due à leur situation à la base du cycle trophique existant dans l'eau. Elles constituent le point de départ de la chaîne alimentaire qui aboutit aux peuplements piscicoles exploités par l'Homme (Ait Sali et Ghazali, 2022).

La composition biochimique des algues est très variable selon les espèces, la saison, les conditions de croissance et de stress... (Julie et al., 2010).

Selon le rapport du Comité des pêches de la FAO en 2023, la valeur commerciale des algues a atteint 17,65 milliards USD, avec une croissance annuelle moyenne de 8,18%. Les principaux producteurs et consommateurs d'algues sont l'Asie, l'Europe et l'Amérique du Nord. Les algues sont utilisées dans divers domaines, tels que la nutrition, la santé, la cosmétologie, la bioénergie et l'environnement.

En Algérie, la production d'algues est encore seulement limitée à la production de quelques micro- algues comme la spiruline mais il existe un potentiel de développement à explorer l'ensemble des algues qui sont présentes sur nos côtes.

En Méditerranée on recense un total de 1131 espèces de végétaux marins, ce qui constitue 6.3 % de la flore marine totale dans le monde (Ould Ahmed, 2015).

En Algérie, les travaux réalisés sur les algues marines sont essentiellement de type Taxonomique et phytosociologique, dont principalement ceux de Feldmann (1931-1961) ; Seridi (1990 et 2007) ; Kadari-Meziane (1994) ; Ould Ahmed (1994 et 2015) et Ould Ahmed *et al.*, (2013 et 2019). Peu de travaux mettent en évidence la valeur nutritionnelle d'origine Algale (Marfaing et Lerat, 2007).

Notre étude a été menée durant la saison hivernale, spécifiquement sur le site d'Ain Tagourait, dans la région de Tipaza.

Ce travail trouve sa place dans plusieurs domaines académiques. Il enrichit le domaine de la biologie marine en explorant la diversité, la reproduction et l'adaptation des algues aux conditions côtières. De plus, il contribue à la connaissance biochimique des algues.

Ce mémoire offre également des perspectives dans le domaine de la nutrition et de l'alimentation en examinant les valeurs nutritives des algues, qui sont riches en minéraux, vitamines et antioxydants. Enfin, il constitue un apport à la gestion des ressources marines en fournissant des données cruciales pour la conservation et l'utilisation durable des algues marines.

Notre étude met en évidence deux aspects distincts. Le premier concerne une analyse approfondie, à la fois biologique, écologique et systématique actualisée, de trois espèces d'algues appartenant à des embranchements (groupes) différents. Le second aspect a pour objet la réalisation d'une étude biochimique, incluant le dosage des protéines, des lipides, du calcium ainsi que de certains sels nutritifs tels que le phosphore, les nitrates et l'ammonium, à partir de ces mêmes espèces.

Le premier chapitre offre une vue d'ensemble sur les algues, leurs productions, leurs diverses applications et leurs caractéristiques nutritionnelles. Le deuxième chapitre expose les méthodes utilisées pour l'étude systématique et biochimique, ainsi que le matériel employé pour chaque manipulation. Enfin, le troisième chapitre présente les résultats obtenus et leur discussion, suivis d'une conclusion.

CHAPITRE 1

Généralités

Chapitre I : Généralités

I.1 Définition

Les algues sont les premiers êtres vivants de notre planète. Il y aurait environ 4 milliards d'années que la matière organique se serait constituée, et 3.7 milliards d'années que les algues bleues auraient pris naissance (Perez, 1997), ce sont des organismes chlorophylliens ayant besoin d'eau ou d'humidité, d'air, de lumière et de sels minéraux. Elles prospèrent partout où se trouvent réunies ces conditions, c'est-à-dire : mer, lacs, étangs, mares, tourbières, marais, ruisseaux, eaux vives, eaux thermales, rochers mouillés ou suintants, cascades. Certaines espèces se récoltent aussi sur terre, neige colorée, troncs humides (la symbiose avec des champignons permet à certaines algues, sous forme de lichens, d'occuper les lieux les moins hospitaliers). C'est un ensemble fort complexe et fort varié contenant des espèces qui diffèrent, parfois sensiblement, les unes des autres par leur habitat, leur système de reproduction, leur composition chimique, leurs réactions physiologiques, la résistance à la houle ou à l'éclairement (Cayla, 1995).

Leur appareil végétatif ou thalle est extrêmement variable, aussi bien en forme qu'en dimension. Il peut ainsi être formé d'une seule cellule allant de quelques dizaines de microns à une dizaine de centimètres ; il peut au contraire comporter de très nombreuses cellules et atteindre plusieurs dizaines de mètres de longueur. Les algues se distinguent donc des autres végétaux par leur thalle, appareil végétatif uni- ou pluricellulaire, dépourvu de racines, de tiges et de feuilles. Les cellules des algues possèdent les mêmes éléments de structure que celles des plantes supérieures. Elles ont une paroi cellulaire partiellement cellulosique, des petits noyaux et des plastes pigmentés ou chromatophores (comportant de la chlorophylle souvent masquée par des pigments surnuméraires qui donnent aux thalles des couleurs rouge, brune, verte ou bleue) (Garon-Lardiere, 2004).

I.2 Classification des Algues

La définition des embranchements et des classes d'algues est complexe et de très nombreux autres critères, écologiques, morphologiques, physiologiques, ultra structuraux ou biochimiques interviennent, comme la nature et la localisation des glucanes de réserve, la nature des parois, le nombre de membranes périplastidiales, la forme des crêtes mitochondriales, la présence et l'ultrastructure des flagelles, leur mode d'insertion, le type de mitose, le mode de nutrition, le mode de reproduction, l'habitat. Certains caractères biochimiques ou ultra structuraux, les données sont encore parfois limitées à un petit nombre d'espèces supposées

représentatives du groupe envisagé. Dans d'autres cas, les données sont encore manquantes ou trop insuffisantes pour connaître la position systématique d'un taxon (REVIERS, 2002).

I.2.1 La composition pigmentaire :

La classification fondamentale des algues est basée sur la nature des pigments qu'elles contiennent, ce qui a permis de distinguer 4 groupes d'algues : Cyanophytes (algues bleues), Rhodophytes (algues rouges), Chromophytes (algues bruns) et Chlorophytes (algues verts).

Tableau01 : Caractéristiques importantes des groupes d'algues (Demoulin et Leymergie, 2009)

Embranchement (Règne)	Nom Commun	Nombre d'espèces	Pigments	Habitat
Chlorophytes (Protistes)	Algues verts	7500	Chlorophylle (a, b) Xanthophylles Carotènes	Eau douce, saumâtre salée et terrestre
Phéophytes (plantes)	Algues brunes	1500	Chlorophylle (a, c) Xanthophylles Carotènes Fucoxanthine	Eau salée et saumâtre
Rhodophytes (plantes)	Algues rouges	3900	Chlorophylle (a) Xanthophylles Carotènes, Zéaxanthine, Phycocyanine C, Phycoérythrine	Eau douce, saumâtre et salée

Cyanophytes (Procaryotes)	Algues bleues cyanobactéries	15000	Chlorophylle (a), Allophycocyanines, Phycocyanine, Phycoérythrine, Phycoérythrocyanine	Eau riche en minéraux
------------------------------	---------------------------------	-------	--	--------------------------

I.2.2 Les polysaccharides de réserve

Les polysaccharides ou glucanes sont des polymères de glucides qui résultent du mécanisme photosynthétique. Il en existe deux familles, les polysaccharides de réserve et les polysaccharides pariétaux. Il existe des glucanes de réserve solubles en solution dans les vacuoles et d'autres insolubles qui forment des grains observables en microscopie. Composés de D-glucose, les glucanes de réserve se rencontrent sous deux formes : liés en (α -1,4) ils appartiennent à la catégorie des amidons et liés en (β -1,3), ils font partie de la catégorie des laminarines (Ruiz, 2005).

I. 2.3 Les polysaccharides pariétaux

La classification des grandes familles d'algues repose également sur la nature chimique des colloïdes qu'elles produisent à la périphérie de leurs cellules (Candles , 1978) .La paroi des cellules végétales est parfois considérée par les biologistes comme un organite à part entière. La paroi des algues diffère significativement de celles des autres organismes végétaux par son organisation et sa composition. Elle peut être interprétée comme étant généralement une structure biphasique, composée d'une phase fibrillaire cristalline squelettique et d'une phase matricielle dont les structures de compositions variables selon les espèces, sont parmi les plus complexes connus dans la nature (Neil et *al*, 1984).

I.3 Les grands groupes d'algues marines :

-Les Rhodophytes (algues rouges) tirent parti des rayons solaires de courtes longueurs d'ondes, très pénétrants dans l'eau, ce qui leur permet une croissance à une profondeur atteignant parfois 50 m , sans leur interdire les stations de surface ou les eaux douces. De nombreuses espèces (corallines) s'incrument d'une gaine calcaire. On trouve aussi les espèces carragaheen qui vivent dans les cuvettes ombreuses et profondes (Michèle, 1995). Elles présentent une grande diversité. Leur teinte distinctive provient de pigments rouges comme la phycoérythrine, contenus dans des plastes roses. La majorité de ces algues sont multicellulaires et vivent en

milieu marin, bien qu'il existe aussi des formes unicellulaires et quelques-unes résidant en eau douce. Elle se distingue généralement par leur cycle de reproduction particulièrement complexe (Garon-Lardiére ,2004).

-Les Chromophytes (algues bruns) sont majoritaires dans le varech (ou goémon). *Fucus*, *Ascophyllum*, *Laminaria* peuplent toutes nos côtes. Elles se distinguent par la prédominance de la "Fucoxanthine", ce pigment leur conférant une teinte allant du jaune olive au jaune pâle. Elles affichent une variété considérable sur le plan morphologique (Garon-Lardiére ,2004). Leur pigment brun leur permet l'usage des longueurs d'ondes moyennes et courtes et l'accès à des profondeurs de 10 à 20 m, mais leur aptitude à supporter de longues émergences les qualifie aussi pour l'extrême bord des rivages à fortes marées (Cayla, 1995).

-Les Chlorophytes (algues verts), jouent un rôle important dans l'oxygénation des eaux et se sont sensibles aux radiations rouges qui dominent dans les couches superficielles de la mer (situées entre 1 et 5 mètres de profondeur). Elles sont de formes très variées, uni- ou pluricellulaires. Leurs plastes sont colorés en vert par les chlorophylles a et b, auxquelles sont associés aux carotènes et xanthophylles. La photosynthèse permet la formation d'amidon, comme pour les plantes supérieures (Guillaume, 2010).

I. 4 Répartition des algues :

L'adaptation de la nature des pigments assimilateurs a permis aux divers groupes d'algues la colonisation des différents niveaux du littoral marin (Nizamuddin, 1991). Toutes les algues possèdent des chloroplastes renfermant de la chlorophylle a qui leur permettent d'être photosynthétiques en absorbant dans le rouge et le bleu. Selon les groupes d'algues, on retrouve d'autres pigments, dits surnuméraires. Ce sont des chlorophylles b, c, ou d, des caroténoïdes (carotènes alpha, bêta, et xanthophylles), ou des phycobilines. Les caroténoïdes des algues brunes absorbent dans le bleu et la phycoérythrine (phycobiline) des algues rouges dans le vert.

La répartition des algues sur le littoral se fait donc globalement de la manière suivante (Figure 1)

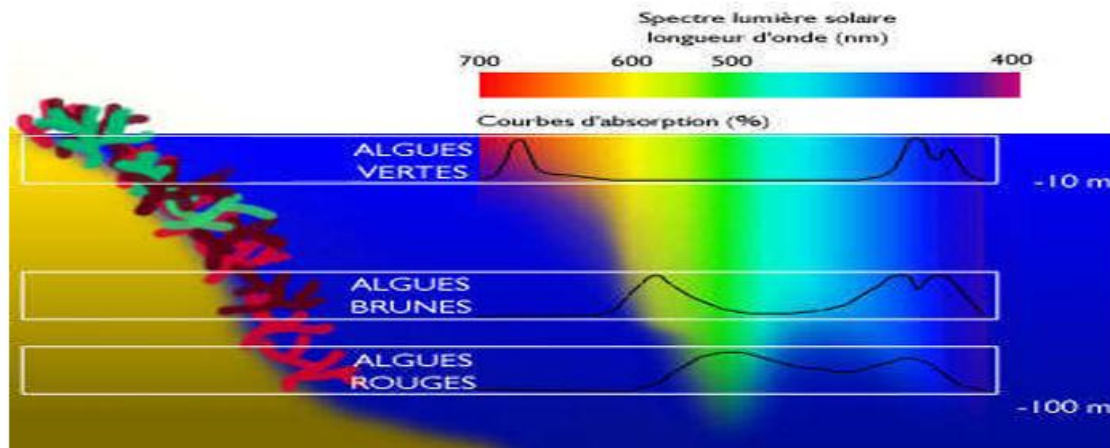


Figure 01 : Représentation schématique de la répartition des algues.

I.5 Les conditions de vie des algues :

Les Algues, tout comme l'ensemble des organismes marins, sont soumises à un ensemble de conditions propres au milieu marin qui constituent leur environnement. Elles présentent à l'égard de celui-ci d'une part des adaptations, d'autre part des exigences. De la combinaison de tous ces facteurs résulte la physionomie du paysage algal que nous observons. Nous évoquerons donc brièvement les traits marquants (Boudouresque et *al.*, 1992).

I.5-1 : Les Facteurs de la distribution :

I.5-1-1 La lumière, condition essentielle :

La lumière influence le cycle de vie des algues par sa quantité, sa qualité et la photopériode, affectant leur photosynthèse et croissance. Les variations de la photopériode déclenchent des phénomènes reproducteurs et l'apparition d'espèces saisonnières. Les algues possèdent des pigments accessoires qui capturent l'énergie lumineuse à différentes longueurs d'onde, ce qui permet leur adaptation à diverses profondeurs et environnements lumineux (Boudouresque et *al.*, 1992).

I.5-1-2 Le substrat :

La plupart des algues pluricellulaires nécessitent un support pour se développer et accomplir leur cycle de vie, n'ayant pas de système racinaire, elles ne tirent pas leurs éléments nutritifs de leur substrat, mais directement du milieu liquide qui les baigne. La texture et la cohésion du support sont cruciales pour leur fixation, et certains substrats comme les roches calcaires peuvent favoriser ou inhiber certaines espèces. Les supports peuvent aussi être des organismes

vivants, permettant des relations symbiotiques ou parasitaires essentielles à certaines algues (Boudouresque et *al.*, 1992).

I.5-1-3 Les facteurs hydrodynamiques, sources de vie :

L'hydrodynamisme des vagues, marées et courants est essentiel pour la diffusion des substances, rendant la vie océanique possible. Ces mouvements influencent les conditions d'humidité et les forces d'arrachement, affectant la fixation et le développement des algues. Les variations de niveau de la mer dues aux marées créent des environnements changeants, impactant le cycle de vie des algues en modifiant régulièrement leur habitat (Boudouresque et *al.*, 1992).

I.5-1-4 La température :

Elle agit sur le système métabolique et reproducteur de l'algue. C'est alors que des variations de température peuvent agir sur la dispersion ou la régression des peuplements. (Anne, 2002).

I.5-1-5 La salinité :

La salinité de l'eau La salinité agit de deux façons sur l'algue: soit par dissolution du sel dans l'eau, soit par concentration du sel dans l'eau. Ces modifications temporaires ou permanentes peuvent incommoder la vie de l'algue. Les zones à salinité variable limitent l'adaptation des algues. Cette instabilité intervient sur le métabolisme, le perturbe à tel point parfois qu'elle entraîne une élimination des espèces. Seules les algues vertes réussissent à s'adapter (Anne, 2002).

I.6 Principaux types de cycle de vie des Algues

Le cycle de vie des algues peut être monogénétique haplophasique (c'est-à-dire ne comporter qu'une génération haploïde), monogénétique diplophasique (c'est-à-dire ne comporter qu'une génération diploïde), digénétique haplodiplontique ou trigénétique haplodiplontique (c'est-à-dire comporter deux ou trois générations, certaines haploïdes et certaines diploïdes). L'état haploïde ou l'état diploïde peut plus ou moins dominer selon les taxons. À partir de ces quatre types fondamentaux, il existe une infinité de variantes et il n'est pas possible, dans le cadre restreint de ce manuel, d'exposer tous les cycles connus. Il a été choisi de présenter un exemple des quatre types fondamentaux et suffisamment d'exemples de variations autour de ces thèmes pour pouvoir aborder l'évolution des cycles (REVIERS, 2002).

I. 6-1 Le cycle de vie des algues vertes

Le cycle de reproduction des algues vertes peut se manifester à l'observateur de deux manières. Dans les cas les plus simples et les plus aisément observables, un ensemble de cellules végétatives transforment intégralement leur contenu en cellules fertiles (spores ou gamètes). Tel est le cas des Ulvales, dont on observe fréquemment sur les grèves les extrémités décolorées après complète libération des éléments fertiles. Chez ces espèces, après élimination de la région morte décolorée, le thalle, demeuré intact, se répare jusqu'à l'apparition d'une seconde poussée reproductrice. Chez d'autres espèces, au contraire, le thalle se reproduit une seule fois, se transforme intégralement en éléments reproducteurs (holocarpie des *Caulerpa*, *Flabellia*, *Halimeda*) et ne survit pas à la période de reproduction.

Dans d'autres cas (*Codium*, par exemple), des cellules spécialisées apparaissent au moment de la reproduction et sont relativement peu accessibles à l'observateur sans les moyens de la microscopie.

Les cycles biologiques des algues vertes marines sont divers, depuis le cycle digénétique isomorphe (alternance entre un sporophyte diploïde et un gamétophyte haploïde identiques) des *Ulva* et *Cladophora* jusqu'au cycle monogénétique des *Codium* et *Caulerpa* (une seule génération productrice de gamètes), auxquels s'ajoutent des cas intermédiaires (cycles digénétiques hétéromorphes) ainsi que de nombreuses possibilités d'aberrations (apoméiose, apomixie, parthénogénèse) (Boudouresque et al., 1992).

I. 6-2 Le cycle de vie des algues brunes

Les Algues brunes sont, à quelques rares exceptions près, des organismes purement marins et sont très largement distribuées à la surface du globe. La reproduction se fait par voie sexuée et asexuée, à l'aide de cellules spécialisées, sporo- ou gamétocystes, dont l'identification nécessite souvent l'usage du microscope, sauf lorsque ces cystes sont réunis en sores étendus (*Laminaria*) ou localisés dans des réceptacles spécialisés (*Fucales*). Deux grands types de cycles biologiques ont été reconnus (Boudouresque et al., 1992).

Dans la majorité des cas, le cycle digénétique alterne entre un gamétophyte producteur de gamètes et un sporophyte producteur de spores. Ces générations peuvent être identiques ou différentes morphologiquement. Chez les algues brunes évoluées (comme les Laminariales), le gamétophyte est microscopique et réduit, tandis que le sporophyte est grand et développé. En

général, les sporophytes sont diploïdes et les gamétophytes haploïdes, avec réduction chromatique lors de la formation des spores (Boudouresque et *al.*,1992).

Un second ensemble d'Algues brunes est caractérisé, selon l'interprétation actuelle, par une réduction extrême du gamétophyte. Seule persiste une génération diploïde (sporophyte) qui héberge un gamétophyte inclus et réduit, producteur de gamètes. Le cycle est alors monogénétique (Boudouresque et *al.*,1992).

I.6-3 Le cycle de vie des algues rouges

La reproduction des algues rouges est complexe et comporte une succession d'étapes, dont seules certaines sont perceptibles extérieurement par l'observateur de terrain.

Dans la majorité des cas, le cycle est trigénétique, donc caractérisé par la succession de trois générations. Un sporophyte diploïde produit des spores méiotiques généralement groupées en tétrades à l'intérieur de leur sporocyste (le thalle producteur est alors dénommé tétrasporophyte). Un gamétophyte haploïde, issu du développement d'une tétraspore, produit des gamètes mâles ou femelles non mobiles, les thalles pouvant être, selon les genres et les espèces, dioïques ou monoïques. Le gamète femelle demeure hébergé par le gamétophyte et l'œuf issu de la fécondation engendre, sur le gamétophyte porteur, une génération parasite à développement réduit: le carposporophyte. Celui-ci produit des spores diploïdes, les carpospores, qui, après libération, vont se développer en un nouveau tétrasporophyte diploïde.

Dans la majorité des cas, gamétophytes et tétrasporophytes sont morphologiquement identiques et le cycle est alors qualifié de dimorphe (un premier type morphologique est commun au gamétophyte et au tétrasporophyte, le second est celui du carposporophyte parasite). Il peut être trimorphe lorsque gamétophyte et tétrasporophyte sont morphologiquement dissemblables. Tel est le cas d'*Asparagopsis armata* (gamétophyte) et de son stade « *Falkenbergia rufolanosa* » (tétrasporophyte), longtemps considérés comme deux espèces différentes.

Il existe également un certain nombre de cas où l'une des générations a disparu ou n'est pas réalisée, le cycle devenant alors digénétique (Boudouresque et *al.*,1992).

I.7 Culture des Algues (vue générale) :

Certaines algues marines peuvent être cultivées de manière végétative, tandis que d'autres nécessitent un cycle reproductif distinct, impliquant une alternance de générations.

Dans la culture végétative, de petits morceaux d'algues sont prélevés et placés dans un environnement propice à leur croissance. Lorsqu'ils ont atteint une taille appropriée, ils sont récoltés, soit en retirant la plante entière, soit en enlevant la plupart d'entre elle mais en laissant un petit morceau qui repoussera. Lorsque la plante entière est retirée, de petits morceaux en sont découpés et utilisés comme matériel de semence pour une nouvelle culture. L'environnement propice varie selon les espèces, mais doit répondre aux exigences en termes de salinité de l'eau, de nutriments, de mouvement de l'eau, de température de l'eau et de lumière. Les algues peuvent être maintenues dans cet environnement de plusieurs façons : des morceaux d'algues peuvent être attachés à de longues cordes suspendues dans l'eau entre des pieux en bois, ou attachés à des cordes sur une structure flottante en bois (un radeau) ; parfois, des filets sont utilisés à la place des cordes ; dans certains cas, les algues sont simplement placées au fond d'un étang et ne sont fixées d'aucune manière ; dans des eaux plus ouvertes, un type d'algue est soit enfoncé dans le sédiment mou du fond marin avec un outil en forme de fourche, soit maintenu en place sur un fond sablonneux en le fixant à des tubes en plastique remplis de sable (McHugh, 2003).

La culture impliquant un cycle reproductif, avec alternance de générations, est nécessaire pour de nombreuses algues marines ; pour celles-ci, de nouvelles plantes ne peuvent pas être cultivées en prélevant des boutures sur des plantes matures. C'est le cas typique de nombreuses algues brunes, et les espèces de *Laminaria* en sont un bon exemple ; leur cycle de vie implique une alternance entre un sporophyte de grande taille et un gamétophyte microscopique - deux générations présentant des formes assez différentes. Le sporophyte est ce qui est récolté comme algue, et pour faire pousser un nouveau sporophyte, il est nécessaire de passer par une phase sexuelle impliquant les gamétophytes. Le sporophyte mature libère des spores qui germent et donnent naissance à des gamétophytes microscopiques. Les gamétophytes deviennent fertiles, libèrent du sperme et des ovules qui se rejoignent pour former des sporophytes embryonnaires. Ceux-ci se développent lentement pour devenir les grands sporophytes que nous récoltons. Les principales difficultés de ce type de culture résident dans la gestion des transitions de la spore au gamétophyte et au sporophyte embryonnaire ; ces transitions sont généralement effectuées dans des installations terrestres avec un contrôle attentif de la température de l'eau, des nutriments et de la lumière. Les coûts élevés associés à cela peuvent être absorbés si les algues marines sont vendues comme aliment, mais le coût est généralement trop élevé pour la production de matières premières destinées à la production d'alginate (McHugh, 2003).

Lorsque la culture est utilisée pour produire des algues marines pour l'industrie des hydrocolloïdes (agar-agar et carraghénane), la méthode végétative est principalement utilisée, tandis que les principales algues utilisées comme aliment doivent passer par l'alternance de générations pour leur culture (McHugh, 2003).

I.8 Situation et tendance de la production mondiale des algues

Actuellement, la production mondiale de macroalgues est principalement assurée par l'aquaculture. En 1970, les 2,2 millions de tonnes de macroalgues produites dans le monde étaient issues à parts presque égales du ramassage d'espèces sauvages et de la culture. Un demi-siècle plus tard, en 2020, le ramassage d'espèces sauvages, qui stagnait autour de 1,1 million de tonnes, a été largement surpassé par la production d'espèces cultivées, qui a atteint 35,1 millions de tonnes, soit 97 pour cent du total de la production mondiale cette année-là (données de la FAO, 2023).

Le développement de la culture d'algues marines est variable d'une région à l'autre et d'un pays à l'autre au sein d'une même région (données de la FAO, 2023).

En 2020, la production de macroalgues en Asie (dont 98,9 % est issue de cultures) a contribué à la production mondiale à hauteur de 97,4 % et six des dix principaux pays producteurs de macroalgues étaient situés en Asie de l'Est et du Sud-Est. Pendant la même année, le continent américain et l'Europe ont contribué à la production mondiale de macroalgues à hauteur de 1,4 % et 0,8 % respectivement. Dans ces deux régions, la production de macroalgues provenait principalement du ramassage d'espèces sauvages, la culture ne comptant respectivement que pour 5 % et 7,7 % de la production totale de macroalgues. À l'inverse, la culture était la principale source de production de macroalgues en Afrique (77,4 %) et en Océanie (79,2 %), étant entendu toutefois que leurs contributions à la production mondiale de macroalgues s'élevaient seulement à 0,3 % et 0,03 %, respectivement (données de la FAO, 2023).

La culture mondiale de macroalgues brunes, lesquelles comprennent des espèces relativement plus diverses et sont présentes dans les zones tempérées et froides de l'hémisphère Nord, a atteint 16,8 millions de tonnes en 2020, soit 48 % des macroalgues cultivées à l'échelle mondiale du point de vue de la quantité et 47,7 % du point de vue de la valeur. Deux genres de macroalgues brunes poussant dans les eaux froides ont principalement été cultivés: *Laminaria/Saccharina* (kelp) et *Undaria* (wakamé). La même année, la production d'algues rouges représentait 18,1 millions de tonnes, soit 51,7 % des macroalgues cultivées à l'échelle mondiale, du point de vue de la quantité et 51,3 % du point de vue de la valeur. Deux genres de

macroalgues rouges poussant dans les eaux chaudes, *Kappaphycus/Eucheuma* et *Gracilaria*, et un genre poussant dans les eaux froides, *Porphyra* (nori), ont principalement été cultivés. La culture de macroalgues vertes est modeste: 23 000 tonnes environ ont été cultivées en 2020 (données de la FAO, 2023).

I.9 Utilisation des algues

Les algues sont utilisés dans divers domaines industriels tels que :

I.9-1 L'alimentation, la nutrition et la santé humaine

La consommation de macroalgues est ancrée dans de nombreuses cultures côtières depuis des siècles. Les espèces telles que *Laminaria/Saccharina*, *Porphyra* et *Undaria* sont largement consommées en Asie de l'Est sous différentes formes, telles que les soupes, les salades et les en-cas. Les macroalgues sont souvent considérées comme des aliments sains en raison de leur richesse en fibres alimentaires, en micronutriments et en composés bioactifs. Leur faible teneur en calories les rend attrayantes pour ceux qui suivent un régime pauvre en glucides ou à base de végétaux. Les macroalgues sont également une source d'acides gras oméga-3, bien que la teneur puisse varier selon l'espèce et la saison. En plus de la consommation directe, les macroalgues sont utilisées comme additifs alimentaires pour épaissir, stabiliser et gélifier les aliments. Certains extraits de macroalgues, tels que l'iode et la fucoxanthine, sont également utilisés comme compléments nutritionnels (données de la FAO, 2023).

I.9-2 Les revenus, moyens d'existence et la cohésion sociale

Selon les données de la FAO (2023), la production mondiale de macroalgues a atteint 35,1 millions de tonnes en 2020, générant une valeur de 16,5 milliards de dollars américains, avec 98 pays réalisant des recettes d'exportation totalisant 2,48 milliards de dollars américains à partir des macroalgues et d'hydrocolloïdes à base de macroalgues. Les polysaccharides issus des algues marines, appelés phycocolloïdes, sont d'un intérêt économique majeur, formant des colloïdes stables dans l'eau. L'agar, la carraghénine et l'acide alginique sont largement utilisés comme phycocolloïdes dans divers domaines tels que l'alimentation, les produits pharmaceutiques, les textiles et la fabrication industrielle. La culture de macroalgues offre des opportunités d'emploi significatives, en particulier dans les communautés côtières, contribuant ainsi à l'amélioration des moyens de subsistance. La faible mécanisation et l'automatisation limitée dans les pays développés à revenu élevé contrastent avec les avantages socio-économiques, notamment la cohésion sociale et l'autonomisation des femmes, observés dans de

nombreuses régions tropicales où la culture de macroalgues est florissante (données de la FAO, 2023).

I.9-3 Bienfaits environnementaux et services écosystémiques

Les macroalgues présentent des avantages environnementaux importants en absorbant les éléments nutritifs et le dioxyde de carbone de l'eau, contribuant ainsi à atténuer l'eutrophisation, à réduire l'acidification des océans et à séquestrer le carbone. En capturant du carbone et en réduisant les émissions de méthane dans l'élevage, la culture d'algues peut contribuer à lutter contre le changement climatique (données de la FAO, 2023).

I.9-4 L'aquaculture

Outre leur contribution directe à la production de l'aquaculture, les macroalgues et les microalgues facilitent également d'autres activités aquacoles. L'aptitude des macroalgues à assimiler le dioxyde de carbone et à extraire les éléments nutritifs inorganiques (azote et phosphore) des eaux environnantes rend particulièrement intéressants les systèmes qui intègrent leur culture dans l'élevage d'espèces animales, car ces systèmes permettent de multiplier les bienfaits environnementaux et économiques du fait du meilleur recyclage des nutriments et de l'utilisation plus efficace des zones de production. (Données de la FAO, 2023).

I.9-5 L'alimentation des poissons

Dans l'aquaculture, les aliments humides sont souvent composés de déchets de viande et de poisson mélangés à des additifs secs pour former une masse pâteuse. Pour garantir leur intégrité lorsqu'ils sont jetés dans les étangs ou les cages à poissons, un liant tel que l'alginate est parfois utilisé, bien que la farine d'algues soit une alternative moins coûteuse et plus efficace. Certains marchés exigent des algues fraîches comme aliment pour les abalones, avec différentes espèces utilisées dans différentes régions, telles que *Macrocystis pyrifera* en Australie et *Porphyra* en Afrique du Sud (McHugh, 2003).

I.9-6 Traitement des eaux usées

Les algues marines offrent deux applications principales dans le traitement des eaux usées : d'abord, réduire les niveaux de composés azotés et phosphorés dans les eaux usées domestiques et agricoles avant leur rejet dans les cours d'eau ou les océans. Ensuite, éliminer les métaux toxiques des eaux usées industrielles. Les espèces intertidales et estuariennes, notamment les algues vertes telles que *Enteromorpha* et *Monostroma*, sont particulièrement adaptées à ces environnements. (McHugh, 2003).

I.9-7 Cosmétologie :

L'industrie cosmétique a axé sur les substances bioactives dérivées de substances naturelles des produits tels que les plantes, les métabolites microbiens, les champignons, et algues marines (Berthona et *al.*, 2017).

En cosmétique, les algues sont partout, elles sont incorporées dans des produits de maquillage, rouges à lèvres, savons, shampoings, mousses à raser, crèmes hydratantes, etc. L'utilisation des algues vertes dans ce secteur n'est pas encore très développée. Cependant, au vu de leurs propriétés, il est facile d'imaginer les applications potentielles dans les produits de soins personnels (Kim et *al.*, 2008)

I.9-8 Les engrais et les amendements du sol

L'utilisation des algues marines dans l'agriculture remonte à longtemps, les populations côtières utilisant principalement les grandes algues brunes pour fertiliser les terres voisines. Les algues marines séchées et broyées, appelées farine d'algues, sont souvent utilisées comme additifs pour le sol, agissant à la fois comme engrais et amendement., ces produits contiennent des nutriments tels que l'azote et le potassium, ainsi que des hydrates de carbone insolubles qui améliorent la structure du sol et sa capacité de rétention d'eau.. En combinaison avec les engrais chimiques, les extraits d'algues marines peuvent améliorer leur efficacité, offrant ainsi une alternative attrayante et économiquement viable pour de nombreux agriculteurs, en particulier ceux qui préfèrent les fertilisants organiques ou naturels (McHugh, 2003).

I.9-9 Les biocarburants à base d'algues :

Ces dernières années, les biocarburants dérivés d'algues ont gagné une attention considérable, éclipsant d'autres produits potentiels. Cette tendance est principalement due aux inquiétudes mondiales concernant l'épuisement des ressources fossiles et le réchauffement climatique. De surcroît, améliorer l'accès à l'énergie et garantir la sécurité énergétique sont considérés comme des stratégies essentielles pour réduire la pauvreté et atteindre les Objectifs du Millénaire pour le Développement (Person, 2010).

I.10 Utilisation actuelle des algues en Algérie

1.10-1 Agriculture

Les agriculteurs des régions de Cherchell et de Damous utilisent depuis longtemps les algues décomposées comme engrais vert pour modifier la texture du sol et améliorer la structure du

sol sablonneuse généralement. Une autre utilisation à petite échelle est la protection des pommes de terre contre les algues. Les agriculteurs creusent des tranchées pour conserver les pommes de terre en les recouvrant d'algues avant de les mettre dans le sol. Il semble que le sel contenu dans les algues améliore la protection (in Benarous, 2012).

I.10-2 Alimentation animale

Les algues n'ont été utilisées que récemment dans la production d'aliments pour animaux. Actuellement, seules deux espèces, *Ulva lactuca* et *U. rigida* sont utilisées dans la fabrication d'aliments pour poissons. Ces deux-là ont été trouvés en abondance à : Anse de koali, plage d'El Djamilia (wilaya d'Alger) , Wilaya de Tipaza et plages de la Sghirette et du Rocher Noir, Wilaya de Boumerdès (in Benarous , 2012) .

I.10-3 Industrie

Actuellement, l'utilisation industrielle des algues n'existe pas, cependant, des extractions à petite échelle de colloïdes végétaux, en particulier d'alginate, ont été réalisées. Ils impliquent plusieurs espèces du genre *Cystosira* (Benarous , 2012).

I.11 Caractéristiques nutritionnelles des algues

Comme tous les végétaux, la composition des algues est variable selon l'espèce et son environnement de croissance (Banerjee et al., 2009). Les algues sont reconnues pour leur valeur nutritionnelle élevée. Elles sont entre autres une excellente source de glucides, de protéines, de vitamines et de minéraux (MacArtain et al., 2007).

I .11-1 Les protéines

Le taux de protéines chez les algues varie considérablement selon les espèces et des facteurs abiotiques comme la saison (Galland-Irmouli et al., 1999). La fraction protéique des algues brunes est faible (3-15 % du poids sec), comparativement aux fractions protéiques des algues vertes et rouges (10-47 % du poids sec) (Rupérez et SauraCalixto, 2001). La plupart des algues brunes industriellement exploitées (*Laminaria digitata*, *Ascophylum nodosum*, *Fucus vesiculosus* et *Himanthalia elongata*) ont une teneur en protéines inférieure à 15 % de la matière sèche excepté pour l'espèce *Undaria pinnatifida* (Wakamé) qui possède un niveau protéique variable de (11 à 24%) (MS) (Fleurence, 1999).

Les teneurs protéiques élevées sont enregistrées chez les algues rouges telles que *Porphyra tenera* (47 % de MS) ou *Palmaria palmata* (35% de MS) (Fleurence, 1999). Ces algues

possèdent une fraction protéique comparable du point de vue quantitatif, à celles des légumineuses (ex, soja) (Fleurence, 1999). Chez certaines algues telles que les espèces appartenant au genre *Ulva*, la teneur en protéines peut représenter de 10 à 26 % de la matière sèche. L'espèce *Ulva lactuca* présente une teneur en protéines qui varie de 7,7 à 22,2% de (MS) (Chermiti et *al.*, 2003). La teneur en protéines des algues marines dépend aussi des périodes saisonnières. Une étude annuelle au niveau de *Palmaria palmata* (Dulse) a montré 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).

I.11-2 Les Lipides

La teneur lipidique est très faible varie de 1 à 5 % chez les macro-algues de la matière sèche. D'un point de vue qualitatif, les lipides algaux présentent une proportion en acide gras essentiels importante. Les algues rouges comme *Palmaria palmata*, *Porphyra sp* contiennent par exemple des taux élevés d'acides gras polyinsaturés à 20 carbones comme l'acide gras eicosapentaénoïque (EPA) oméga 3 ($\omega 3 - C20 : 5$) ou l'acide arachidonique ($\omega 6 - 20 : 4$) (Guillaume , 2010).

I.11-3 Les Glucides

Les principaux sucres des algues sont le mannitol dans la classe des Fucus et le sorbitol dans la classe des Rhodophycées. Le mannitol se trouve sous forme de poudre blanche à la surface d'espèces telles que le varech. C'est un stimulant du foie avec un léger effet laxatif. Le sorbitol est un sucre très sucré utilisé dans l'alimentation, notamment chez les diabétiques (Cayla, 1995).

I.11-4 Fraction minérale :

Les algues puisent dans la mer une richesse incomparable d'éléments minéraux. La fraction minérale peut représenter jusqu'à 36 % de la masse sèche. La diversité des éléments représentés est énorme : calcium, sodium, magnésium, potassium, phosphore, iode, fer, zinc, magnésium, etc... (Marfaing et Lerat , 2007) .

I.11-4-1 Calcium

Les algues constituent une des sources végétales de calcium les plus importantes avec des teneurs pouvant atteindre 6 % de la masse sèche chez les macroalgues (*Ulva sp.*). Encore plus intéressant, l'algue calcaire lithothamne contient de 25 à 34 % de calcium. Le calcium du maërl

se solubilise très bien dans les conditions gastriques (pH = 1,5) et produit quantitativement du calcium ionisé bio disponible (Assoumani ,1997)

I.11-4-2 Magnésium

L'algue calcaire lithothamne est également une source très intéressante de magnésium : de 1,7 à 3,3 % de magnésium (par rapport au poids sec). Les différentes macroalgues sont également bien pourvues en magnésium, en particulier les algues vertes avec *Ulva sp.* (Teneur moyenne de 4,7 g/100 g MS) et *Enteromorpha sp.* (Teneur moyenne de 3,7 g/100 g MS) (Marfaing et Lerat , 2007)

I.11-5 Les Vitamines

La composition vitaminique des algues est très intéressante, malgré de grandes variations saisonnières. Les principales vitamines sont :

Vitamine C : la vitamine C est présente en quantités importantes dans certaines algues vertes et brunes (Zitouni, 2015).

Vitamine E : Les algues brunes sont plus riches en vitamine E que les algues vertes et rouges (Zitouni, 2015)

Vitamine B12 : les algues contiennent une proportion non négligeable en vitamine B12, contrairement aux plantes terrestres qui en sont complètement dépourvues. Les travaux les plus récents semblent indiquer que la vitamine B12 des algues est bien bio disponible (Zitouni, 2015).

I.11-6 Les Fibres :

Les algues forment une source importante de fibres (de 33 à 61%) qui facilitent le transit intestinal. La fraction de fibres solubles constituée selon l'espèce d'agar-agar, de carraghénane, de xylane, d'alginate, de fucane, de laminarane et d'ulvane, offre un intérêt particulier lié à la nature chimique originale des monomères constitutifs (Lahaye, 1991).

CHAPITRE III

Matériel et méthodes

CHAPITRE II : Matériel et méthodes

1 .Présentation du site d'étude:

Notre étude s'est déroulée dans la zone de Tipaza, avec un accent particulier sur Ain Tagourait. Cette région, qui s'étend sur 115 km de côtes, s'étire de la baie de Bou-Ismaïl à l'est jusqu'à la baie de Chenoua et Cherchell à l'ouest.

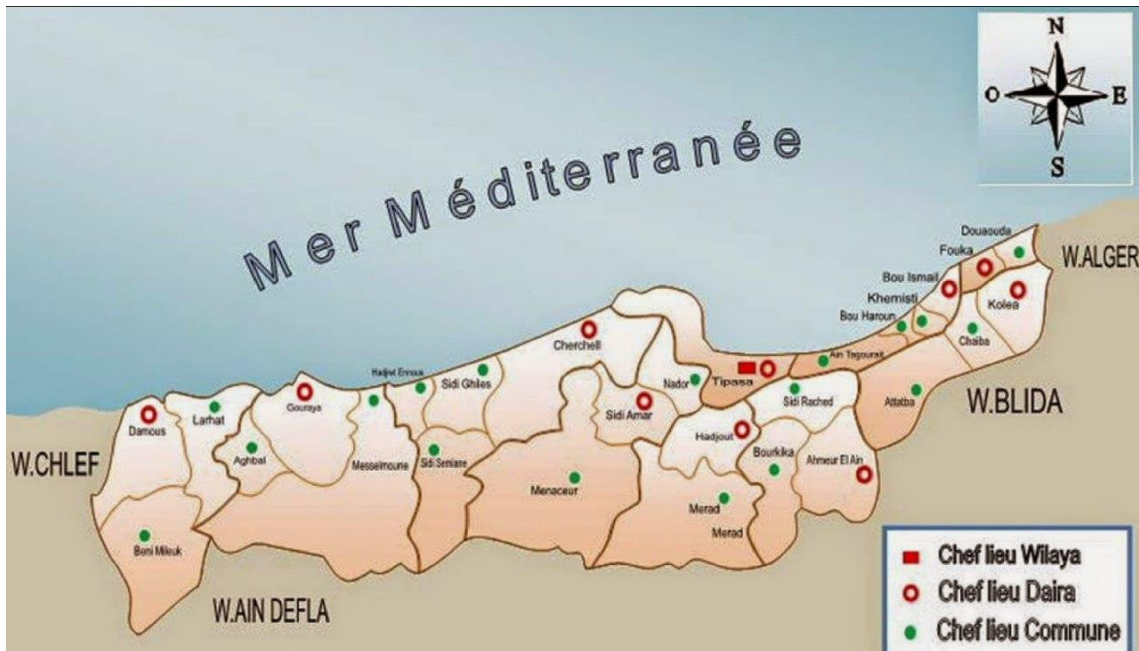


Figure 02 : Situation géographique de la zone d'étude.

Tipaza est limitée comme suit :

- Au Nord, par la mer Méditerranée.
- Au Sud, par les communes de Hadjout et Nador.
- A l'Est par la commune d'Ain Tagourait.
- A l'Ouest par la commune de Cherchell.

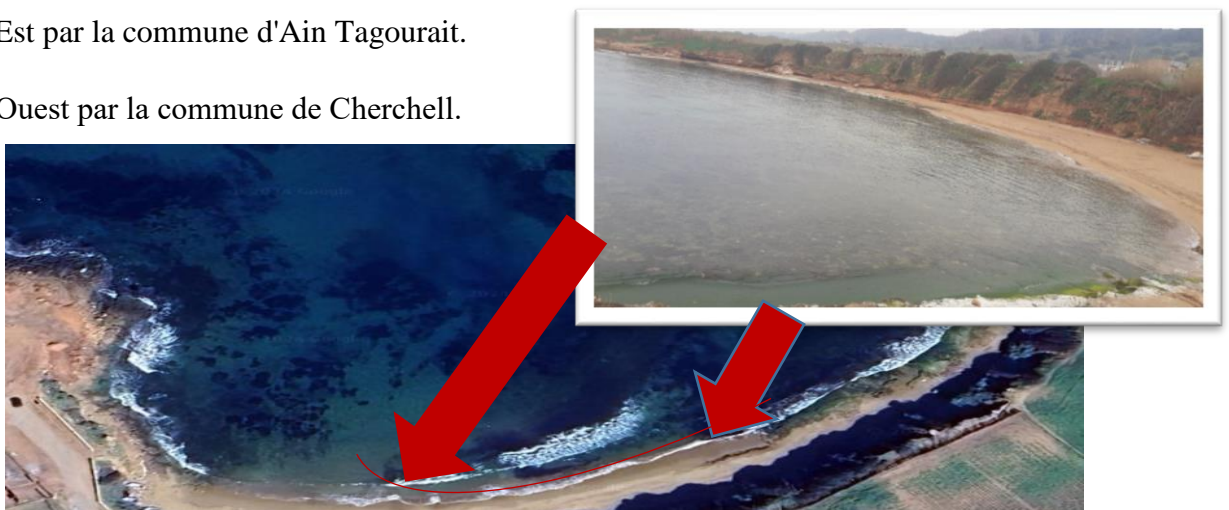


Figure 03 : Situation géographique du site d'étude (Google Earth, 2024).

1-1 Travail sur terrain:

Trois échantillons d'algues ont été récoltés à la main, fixées sur le rocher à des niveaux superficiels (0-0,5m) le 2 février 2024 à Ain Tagourait (W.Tipaza).

Ces algues ont été choisies en fonction de leur appartenance aux trois différents groupes taxonomiques (Rhodophytes, Chromophytes et Chlorophytes) et vu leur abondance sur le site.

Les algues prélevées sont aussitôt mises dans des seaux en plastiques immergées d'eau de mer puis transportées au laboratoire de l'ENSSMAL.



Figure 04 : Récolte des algues

1. 2 Travail au laboratoire

1.2-1 Etude de la flore algale

Cette étude consiste en premier à identifier les espèces d'algues récoltées. D'abord selon leur morphologie (à l'œil nu) puis à la loupe binoculaire et sous microscope optique.

Il s'agit de réaliser des observations morphologiques et des coupes cytologiques à l'aide d'un bistouri afin d'arriver à l'identification complète de chaque espèce.

Nous nous sommes guidées de clés d'identification dont celles de Delepinee et *al.*,1987, Boudouresque et *al.*,1992, et 2006, Seridi 1990 et Ould Ahmed 1994 et 2015..etc.

Pour chaque espèce , nous avons donné la nomenclature actualisée et sa position systematique récente (GUIRY et GUIRY , 2024).

Par ailleurs , pour chaque espèce identifiée , nous avons précisé sa description morphologique et cytologique , son écologie et ses différentes possibilités d'utilisation . En outre , nous avons précisé la répartition géographique générale

Ces memes espèces vont constituer le matériel végétal pour le deuxième volet de notre travail qui concerne l'étude biochimique .

1.2-2 Etude biochimique

1.2-2-1 Préparation du Matériel Végétal

Dans cette étude, les algues ont été soumises à un traitement particulier dans le dessein de déterminer leur composition biochimique, notamment en ce qui concerne les protéines, les lipides et les glucides, pour trois espèces différentes d'algues. Les échantillons ont été d'abord soigneusement rincés à l'eau du robinet afin d'éliminer toute contamination et tout organisme épiphyte, puis lavés à l'eau distillée pour éliminer tout résidu de sels minéraux résultant du rinçage initial.

1.2-2-2 Séchage

Pour effectuer le processus de séchage des algues dans l'étuve, nous avons commencé par préchauffer l'étuve à la température appropriée 39°C pour le séchage des échantillons. Ensuite, nous avons délicatement disposé les algues sur des papiers absorbants, en veillant à ce qu'elles soient réparties de manière uniforme pour favoriser un séchage homogène. Une fois les échantillons positionnés, nous avons placé les grilles à l'intérieur de l'étuve, en veillant à ce qu'ils ne se touchent pas pour permettre une circulation d'air optimale. En refermant la porte de l'étuve, nous avons créé un environnement hermétique propice au séchage. Nous avons ensuite laissé les algues sécher pendant le temps nécessaire, en vérifiant périodiquement l'avancement du processus. Une fois les algues entièrement séchées, nous avons éteint l'étuve et attendu qu'elles refroidissent avant de les manipuler

1.2-2-3 Broyage

Pour broyer les algues, nous avons utilisé à la fois un mixeur et un broyeur. Nous avons commencé par placer les algues dans le récipient du mixeur, en veillant à respecter la capacité maximale pour garantir un broyage efficace. Ensuite, à une vitesse appropriée, nous avons

actionné le mixeur jusqu'à obtenir une consistance homogène et fine. Après avoir transféré la pâte obtenue dans le broyeur, nous avons réglé les paramètres pour un broyage plus fin et uniforme. En ajustant les réglages selon nos besoins, nous avons poursuivi le processus jusqu'à obtenir la texture désirée. Cette méthode combinée de mixage et de broyage nous a permis d'obtenir des échantillons d'algues finement broyés, prêts pour les analyses ultérieures.

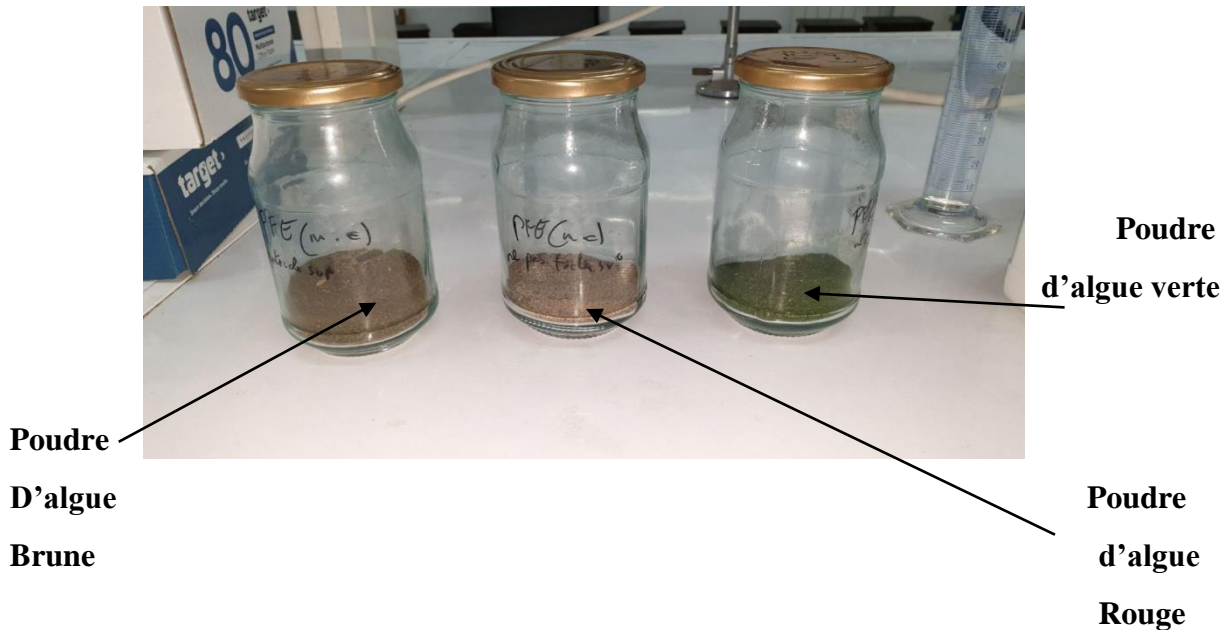


Figure 05 : Poudre d'algues broyées

1.2-2-4 Dosage des composants biochimiques

Les analyses des composants biochimiques ont été effectuées sur les échantillons des Trois espèces d'algues dans le laboratoire de biochimie de l'ENSSMAL.

1.2-2-4.1 Les protéines (Méthode de Kjeldahl)

La technique employée pour mesurer la quantité d'azote total est la méthode de Kjeldahl, telle que décrite dans le protocole des travaux pratiques Nutrition-Alimentation, 4ème année Aquaculture, par C. Akrou Aissou en 2020.

Principe

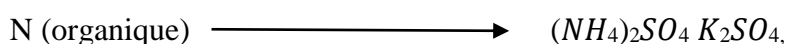
L'azote organique des échantillons secs et broyés (prise d'essai 2 g) sont décomposés à chaud, sous l'action d'acide sulfurique et d'un catalyseur. Ce catalyseur contient du sulfate de potassium (K_2SO_4), qui permet d'augmenter la température d'ébullition de l'acide sulfurique, et du sulfate de cuivre ($CuSO_4$) qui agit comme catalyseur de la réaction. L'azote va donner quantitativement

de sulfate d'ammonium : c'est l'étape de **minéralisation**.

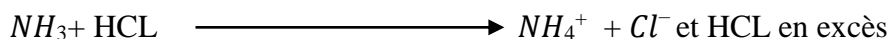
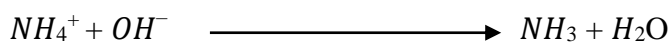
L'ammoniac est ensuite distillé par entraînement à la vapeur d'eau et recueilli dans une quantité connue d'acide borique en excès. C'est l'étape de **distillation**.

L'ammoniac est emporté par la vapeur d'eau et absorbé dans une solution d'acide borique. Par la suite, il est quantifié à l'aide d'une solution d'acide chlorhydrique (0,1N) additionnée par l'indicateur coloré . C'est l'étape de **Titrage**.

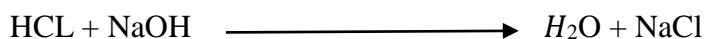
Minéralisation :



Distillation :



Dosage :



Matériel	Réactifs
Appareil de minéralisation, matras Kjeldahl, balance, erlenmeyers, étuve, pierre ponce, papier filtre cylindre gradué, distillateur, burette, pH mètre, agitateur magnétique.	Sulfate de potassium (7g), sélénium (5 mg), peroxyde d'hydrogène (1mL), acide sulfurique (10mL), soude (40 mL), acide borique (4%), quelques gouttes de l'indicateur Tashiro (Méthyl Orange Bleu de Méthylène) , acide chlorhydrique, eau distillée

Minéralisation :

Nous sommes équipés de 4 matras de Kjeldahl, chacun attribué à l'une des 3 variétés d'algue plus le blanc.

-Dans chaque matras, nous incorporons 2 g de poudre d'algue, 7 g de sulfate de potassium, 5 mg de sélénium, 1 mL de peroxyde d'hydrogène, 10 mL d'acide sulfurique et 2 à 3 fragments de pierre ponce.

- Après un mélange méticuleux des réactifs, nous plaçons les matras sur la plaque chauffante du minéralisateur et progressivement, nous accroissons la température jusqu'à l'apparition de fumées noires.



Figure 06 : Appareil de minéralisation « Inkjel »

La chauffe est poursuivie jusqu'à ce qu'une solution transparente se forme. Enfin, l'appareil est éteint.

Après le refroidissement des matras, la filtration est réalisée pour transférer les minéralisats dans des erlenmeyers. Le volume est ensuite ajusté à 100 mL en utilisant de l'eau distillée. Les minéralisats sont versés dans des erlenmeyers teintés de brun, munis de bouchons, puis stockés dans un réfrigérateur à une température de 4°C.

Distillation

On place un matras de kjeldahl avec 20 mL du minéralisat et un erlenmeyer avec 20 mL d'acide borique dans un distillateur pour recueillir le minéralisat

On Rajoute au minéralisat 40 ml de la soude et 20 mL d'eau distillée afin de faire virer le pH en milieu basique, ce changement de pH va transformer les sels d'ammonium en ammoniac qui va « s'évaporer ».

L'ammoniac va passer par un réfrigérant qui va entraîner son retour sous sa forme liquide puis va couler dans l'acide borique (4%) (Dosage direct).

La distillation est continuée jusqu'à ce que le volume de la solution atteigne 100 mL. Ensuite, une nouvelle mesure du pH est effectuée.

Titrage

L'ammoniac sous forme de borates d'ammonium est alors titré directement à l'aide d'une solution standardisée d'acide, comme l'acide chlorhydrique, en utilisant 10 gouttes de l'indicateur de Tashiro.



Figure 07 : L'ajout des gouttes de l'indicateur de Tashiro

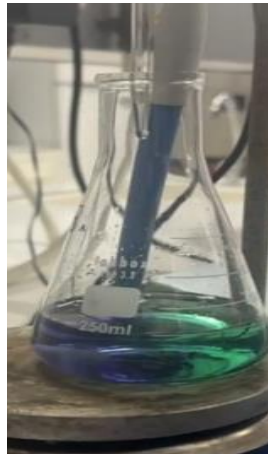


Figure 08 : Titrage

Calcul

Le pourcentage en protéines est calculé par la formule suivante :

$$P\% = X \times F = \frac{2,803 \times \text{Vol Hcl} \times 100}{1000 \times m} \times F$$

Sachant que : 1mL d'Hcl correspond à 2,803 mg de N

X : la quantité d'azote dans 100 g d'échantillon

m : le poids de la prise d'essai (g)

F= *ulva* : 6.25

Les autres : 5.75

1.2-2-4-2 Les Lipides (Méthode de Soxhlet)

Les lipides ont été évalués en utilisant la méthode Soxhlet, une méthode gravimétrique qui repose sur la pesée du ballon avant et après l'extraction, comme décrit dans le protocole des travaux pratiques en Nutrition-Alimentation de C. Akrou-Aissou , 2020 pour la 4ème année en Aquaculture.

Appareillage

Appareil de Soxhlet composé d'un ballon récepteur à col rodé et d'un réfrigérant à reflux permettant de condenser le solvant évaporé avant de tomber dans un extracteur qui est muni d'un système de siphonage permettant de transvaser l'éther dans le ballon. Cet extracteur doit héberger une cartouche en cellulose dans laquelle est déposée la matière à extraire.

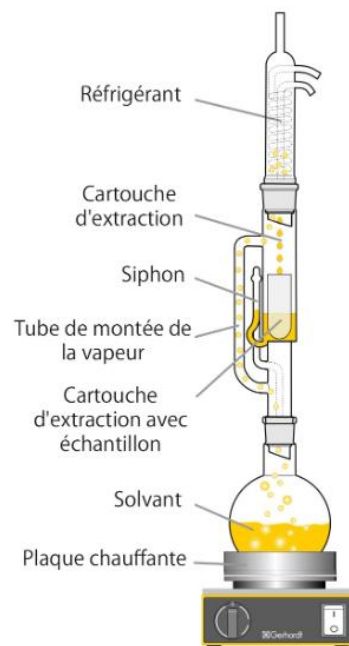


Figure 09 : Représentation schématique d'un appareil d'extraction Soxhlet classique (Gerhardt Analytical Systems)

Principe :

Les lipides sont extraits de manière continue et à froid en utilisant de l'éther éthylique dans un appareil Soxhlet composé de trois parties : un ballon à col rodé, un extracteur contenant une cartouche et un réfrigérant à reflux.

Mode opératoire :

Matériels	Réactif
appareil de soxhlet, réfrigèrent, matras, ballons, cartouches, balance, étuve, dessiccateur, rota-vapeur.	éther-éthylique

-On allume le réfrigèrent à 2°, Nous commençons par peser les ballons vides, que nous notons P_0 . Ensuite, nous prélevons 2 g de l'échantillon et on le mets dans les cartouches et les plaçons dans les matras. Après avoir installé les ballons et les matras dans l'appareil de Soxhlet, nous ajoutons 160 mL d'éther éthylique à chaque matras avant de les scelle

- Nous amorçons l'appareil à une température de 90°C, puis, une fois que l'ébullition est atteinte, nous ajustons la température à 60°C et la maintenons pendant une durée de 4 heures. Ensuite, l'appareil est éteint et les ballons sont laissés à refroidir.



Figure 10 : L'appareil de soxhlet

Les échantillons sont concentrés au moyen d'un rotaevaporateur et le solvant est récupéré. Ensuite, les ballons sont séchés dans une étuve à 60 °C, puis refroidis dans un dessiccateur, et leur poids est déterminé après extraction.

Calcul

Les lipides sont quantifiés par la formule suivant

$$X = \frac{M}{m} \times 100$$

$$M = P - P_0$$

m : le poids de la prise d'essai de l'échantillon

P₀: le poids du ballon vide

P : le poids du ballon après extraction

1.2-2-4-3 Les Glucides (Méthode Dubois) :

La méthode du phénol sulfurique donnée par Dubois et al. (1956), est une méthode calorimétrique qui permet de doser les sucres totaux en utilisant le phénol et l'acide sulfurique concentré en présence de ces deux réactifs, les oses donnent une couleur jaune-orange dont l'intensité est proportionnelle à la concentration des glucides, les résultats sont exprimés par rapport à une gamme étalon de glucose préparée à 490 nm (Nielsen, 1997).

Réactifs	Matériels
Phénol: Solution aqueuse de phénol à 5% (m/v). Acide sulfurique concentré Glucose	Spectrophotomètre Echantillons à analyser

Dosage

Dans un tube à essai, 1mL de phénol (5%) et 5 mL d'acide sulfurique concentré (96%) ont été ajoutés à 2 mL de la solution à analyser.



Figure 11 : Préparation de la solution à analyser

Après 10 minutes, le mélange a été placé dans un bain marie pendant 20 minutes à 25-30°C. Puis refroidis sous eau à 20°C, une coloration jaune se développe, stable durant plusieurs heures.



Figure 12 : Préparation des solutions filles pour analyser au spectrophotomètre

La lecture de l'absorbance a été faite à 490 nm et la concentration en sucres totaux a été déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant le glucose comme solution standard d'étalonnage (Dubois et al. 1956).

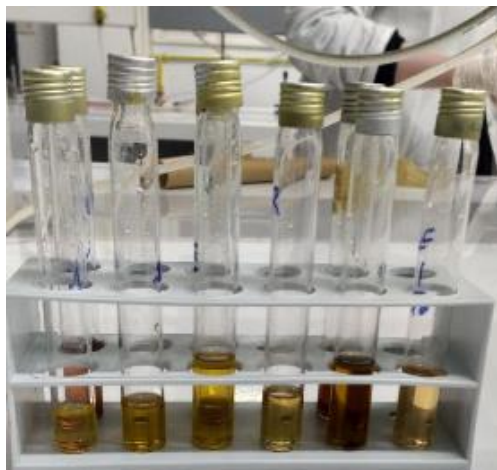


Figure 13 : solutions filles prêts à analyser

CHAPITRE III

Résultats et discussion

CHAPITRE III : Résultats et discussion

1 – Etude floristique

1.1 Identification et position systématique des espèces récoltées

Les espèces étudiées sont présentées selon l'ordre alphabétique et la systématique actualisée (Guiry et Guiry 2024).

1.1-1 *Ellisolandia elongata* (J.Ellis & Solander) K.R.Hind & G.W.Saunders

Position systématique :

Embranchement : Rhodophyta

Classe : Florideophyceae

Sous - classe : Corallinophycidae

Ordre : Corallinales

Famille: Corallinaceae

Genre : *Ellisolandia*

Esp : *Ellisolandia elongata*

1.1-2 *Dictyopteris polypodioides* (A.P.De Candolle) J.V.Lamouroux.

Position systématique :

Embranchement : Ochrophyta

Classe : Phaeophyceae

Sous - classe : Dictyotophycidae

Ordre : Dictyotales

Famille: Dictyotaceae

Genre : *Dictyopteris*

Esp : *Dictyopteris polypodioides*

1.1-3 *Ulva rigida* C.Agardh

Position systématique :

Embranchement : Chlorophyta

Classe : Ulvophyceae

Ordre : Ulvales

Famille: Ulvaceae

Genre : *Ulva*

Esp : *Ulva rigida*

1.2 Biologie, écologie, utilisation et distribution géographique des algues récoltées

-Ellisolandia elongata :

Description

L'algue se présente sous forme de frondes pennées, ramifiée, de couleur rose violacée (2 à 10 cm) de consistance charnue (calcifiée) fixée à une base crouteuse et contenant des conceptacles terminaux. La structure du thalle est formée d'articles comprimés fortement calcifiés séparés par des articulations non calcifiées flexibles.

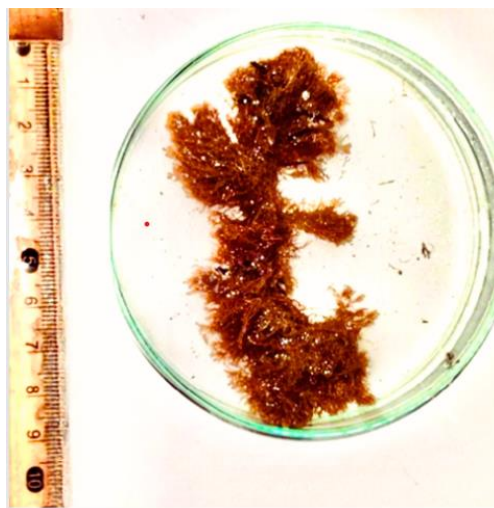


Figure 14 : Aspect général d'une Touffe d'*Ellisolandia elongata* vue à l'œil nu

Croissance

La croissance de cette espèce se fait par un ensemble de cellules initiales apicales.

Cytologie

Les plastes sont sous forme de plaquettes de type neoplastidiés observées notamment dans le cytoplasme des cellules superficielles.

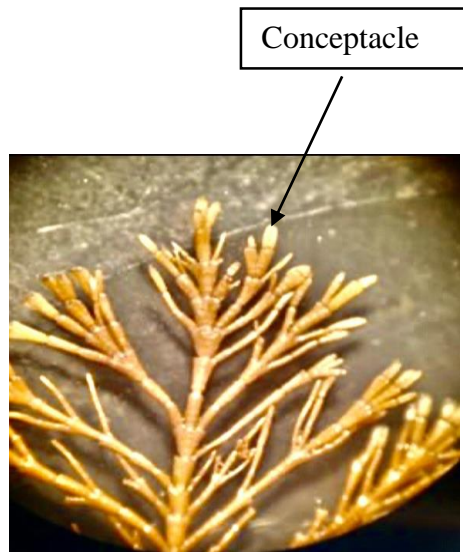


Figure 15 : Détail de l'extrémité du Thalle d'*Ellisolandia elongata* vue à la loupe (G.4x 10)

Reproduction

La reproduction de cette algue se fait par un cycle trigénétique. Aucune différence morphologique ne semble exister entre le sporophyte et le gamétophyte. Les conceptacles sont piriformes ou arrondis, mais toujours terminaux, sont des cavités closes où se développent les organes reproducteurs : conceptacles mâles prolongés en un mucron, rarement sessiles. Les Conceptacles asexués ne sont jamais sessiles.

Ecologie

Cette espèce pérennante photophile qui se développe au niveau de l'infralittoral, elle est plus abondante dans les milieux battus (Boudouresque et *al.*, 1992).

Utilisation

Cette espèce comme la plupart des corallines, est utilisée comme vermifuge dans la pharmacie traditionnelle (Delepine et *al.*, 1987).

Répartition géographique :

E. elongata est l'espèce la plus courante en mer Méditerranée, avec une distribution allant du nord-ouest de la mer Méditerranée (de la côte sud de l'Espagne à la Grèce) au sud-est de la mer Méditerranée (du Liban à l'Algérie, avec la plus forte concentration en Tunisie) (Bressan et

Babbini, 2003). Elle est également présente dans des environnements de transition tels que les bassins de marée, où elle doit faire face à des fluctuations rapides de la salinité (Morris et Taylor, 1983 ; Huggett et Griffiths, 1986).

En Algérie , elle a été récoltée a : Iles Habibas , Arzew , Cherchelle , Ain Tagourait , Bou Ismail , Ain Benian , Boumerdes , Anse de Kouali , Sidi-Fredj (Ould Ahmed , 2015)

-Dictyopteris polypodioides :

Description :

L'algue est de couleur brun verdâtre, ramifié dichotomiquement, avec une nervure médiane très nette. Vers la base du thalle, la nervure persiste souvent seule par destruction des autres tissus, s'épaississant et constituant un stipe. La fixation est assurée par un disque formé de rhizoïdes très ramifiés.



Figure 16 : Morphologie général *Dictyopteris polypodioides* vu à l'oeil nu

Croissance

La croissance de cette algue se fait par une cellule apicale, mais souvent cette cellule est accolée à de plusieurs autres cellules entraînant une croissance pseudomarginale.

Cytologie

La structure du thalle de cette espèce est polystique: les cellules axiales peuvent se cloisonner secondairement par des cloisons longitudinales, transversales ou obliques pour former un axe de structure parenchymateuse. Le thalle est formé d'un certain nombre de couches de cellules internes incolores et deux couches externes riches en plastides. En coupe transversale, la nervure est nettement visible.

Les plastes sont de petites tailles de forme discoïdes sans pyrenoides de type néoplastidié avec de nombreux petits sans pyrénoides. Dans le cytoplasme et surtout autour du noyau, présence de physodes abondants

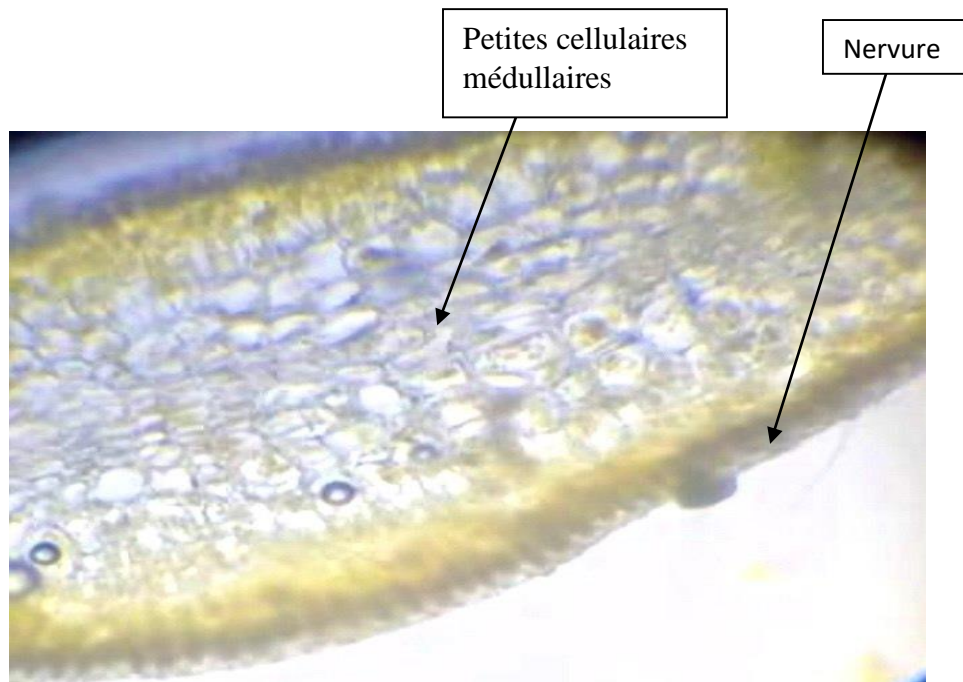


Figure 17 : Coupe transversale du thalle *Dictryopteris polypodioides* (G. 40×10)

Reproduction

Cette espèce se reproduit par un cycle digénétique isomorphe avec alternance de deux générations (sporophytique et gamétophytique) morphologiquement semblables, l'une asexuée et diploïde où s'effectuent la méiose, l'autre sexuée et haploïde.

Ecologie :

Cette algue vit dans des biotopes aquaphiles de la surface jusqu'à 35 m du fond (Delepine et *al.*,1987).

Utilisation

Cette espèce montre des propriétés antibactériennes remarquables contre les bactéries pathogènes Gram-positives et Gram-négatives, ainsi que des activités antifongiques élevées contre les champignons phytopathogènes et les levures (Belattmania et *al.*,2016).

Répartition géographique :

Cette espèce est décrite en : Méditerranée, Atlantique Est (Canaries, Espagne, Madère, Portugal, Irlande, Mauritanie), Atlantique Ouest (zone Caraïbe), océan Indien (Afrique du Sud,

Tanzanie, Seychelles, Inde, Pakistan, Sri-Lanka), Pacifique, Amérique centrale (Mexique, Panama), Japon, Vietnam.

En Algérie, elle se trouve au niveau de : Iles Habiba, Arzew, Cherchell, Chenoua, Ain Tagourait, Kouali, Sidi Fredj, Gouraya, Taza (Ould Ahmed et al, 2013).

-Ulva rigida

Description :

Cette algue, mesurant de 5 à 10 cm, se distingue par un thalle très mince (moins d'un dixième de millimètre d'épaisseur), en forme de feuille, de couleur vert émeraude et translucide qui peut virer à la transparence en cas de stress. Ce thalle, présentant un stipe très court, est rigide à la base et plus délicat à proximité des bords de croissance. Le stipe, appelé aussi crampon par lequel l'algue se fixe à son support, est constitué par de petits rhizoïdes rigides. Elle peut se retrouver sous forme de touffes ou le plus souvent de lames solitaires.



Figure 18 : Morphologie général du thalle d'*Ulva rigida* vu à l'œil nue

Cytologie

En coupe transversale, les lames sont composées de deux assises de cellules et deux couches peuvent être séparées facilement en couches de cellules simples. Chaque cellule contient un plaste pariétal avec 2 à 3 pyrénoides et un noyau.

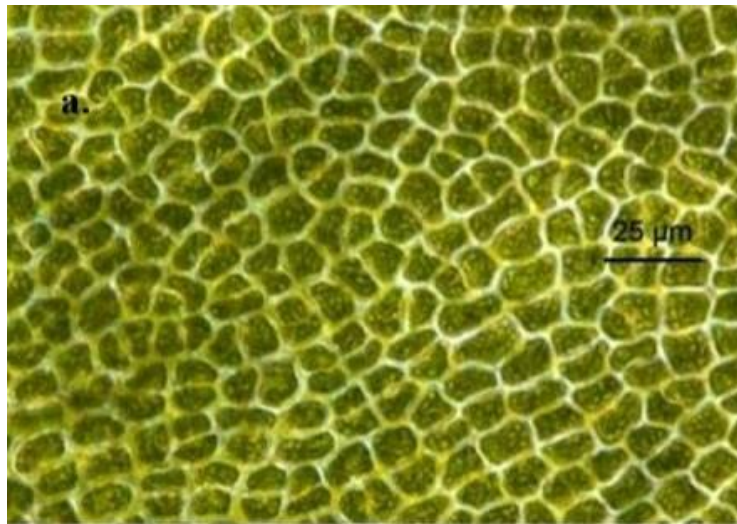


Figure 19 : Cellules du thalle d'*Ulva rigida* observée à plat (G. 40×10).

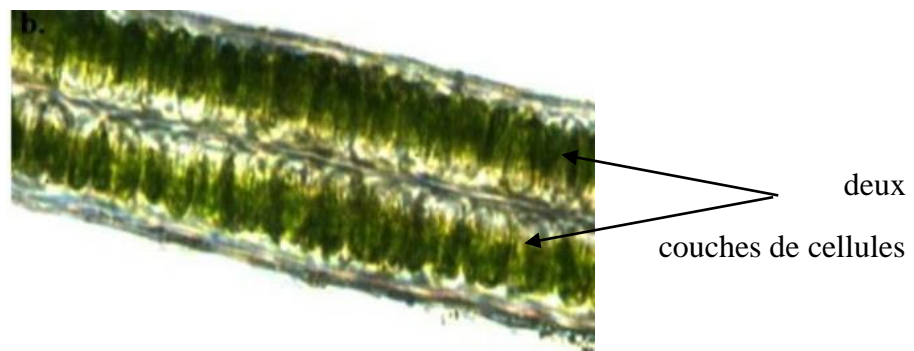


Figure 20 : Coupe transversale du thalle *Ulva rigida* (G .40x10)

Reproduction

Les gamétophytes d'*Ulva rigida* engendrent des gamètes biflagellés anisogames et les sporophytes des spores quadriflagellées. Le cycle de reproduction de cette algue est digénétique isomorphe.

Ecologie

Ulva rigida est généralement fixée sur des roches dans des zones intertidale et sublittoral. Elle est retrouvée également en abondance dans les zones abritées et peu profondes, des endroits bien illuminés tels que les lagunes saumâtres et les ports. Elle se développe aussi dans les zones enrichies en eau douce et de ruissellement riches en éléments nutritifs même polluées. En effet, c'est une algue très résistante à l'eutrophisation. (Botany 2001; Lami R. 2008).

Utilisation

En France, *Ulva rigida* fait partie des quelques macroalgues autorisées à être utilisées dans l'industrie alimentaire (Mabeau ,1992). *Ulva rigida* fait partie des espèces à partir de laquelle ont été isolés des métabolites biologiquement actifs tels que l'acide gallique et des stéroïdes (Yildiz, 2012). Elle se trouve aussi incluse dans une grande variété de plats tels que les salades,

les soupes, les biscuits et les repas traditionnels (Silva, 2013). Elle est potentiellement utilisée dans l'alimentation humaine sous forme de salade ; et dans l'alimentation animale et dans le domaine médical en raison des vitamines C et B1 et des substances antimicrobiennes

- Elle est aussi utilisée pour la fabrication de biocarburants.

Répartition géographique

La distribution géographique de cette espèce est commune et elle est largement présente dans le monde comme le montre la carte suivante. (Smithsonian Tropical research institute , 2009)

Au niveau de la mer Méditerranée *U. Rigida* est la plus répandue des espèces du genre *Ulva*. (Mediterraneo ,2015)



Figure 21 : Carte représentative de la distribution mondiale de *Ulva rigida*.(facility2013)

En Algérie, elle se trouve au niveau de : Alger, Bordj El Kiffan, El Marsa, Surcouf; Bourmerdès, Boudouaou; Tipaza, Bouharoun, Tipaza (Seridi, 1990) Oran, Iles Habibas, Arzew; Tipaza, Cherchell, Ain Tagourait, Anse de Kouali, Bou-Ismaïl; Alger, Sidi-Fredj, Ain Benian; Boumerdès, Boudouaou (Ould Ahmed, 2015).

2. Etude biochimique

La composition chimique des algues marines varie suivant plusieurs facteurs : l'espèce, le stade de maturité, l'habitat naturel et les conditions environnementales (Ortiz et *al.*, 2006).

2.1. Taux des protéines :

Les données recueillies sont illustrées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 02 : Teneurs moyennes des protéines contenues dans chaque phylum

Espèces	Poids sec de l'échantillon (g)	Volume de HCl versé 1er essai (mL)	Volume de HCl versé 2ème essai (mL)	Volume de HCl versé 3ème essai (mL)	Volume moyen de HCl versé (mL)	Taux (%) moyen en protéines
<i>Ulva rigida</i>	2	2,18	2,36	2,1	2,21	1,94
<i>Ellisolandia elongata</i>	2	1,2	1,04	0,96	1,07	0,86
<i>Dictyopteris polypodioides</i>	2	1,93	2,41	-	2,17	1,75

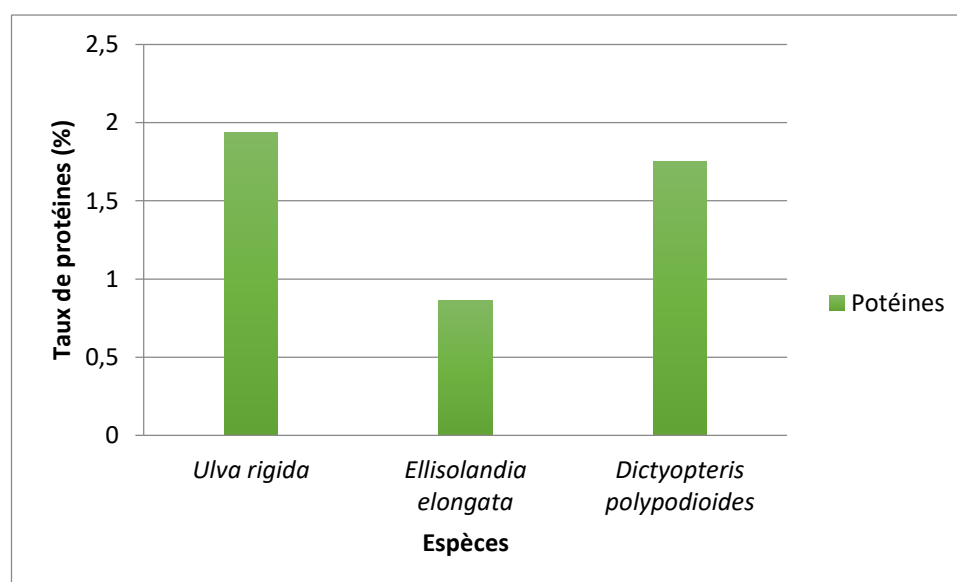


Figure 22 : Teneurs en protéines chez les espèces d'algues étudiées.

Le dosage des protéines par la méthode Kjeldahl a permis d'obtenir les teneurs suivantes :

Ulva rigida avec le taux le plus élevé **1,94%**, suivis par *Dictyopteris polypodioides* avec **1,75%**, et en dernier l'espèce *Ellisolandia elongata* avec **0,86%**.

La teneur en protéines reflète parfois l'âge des algues marines, car à mesure que les plantes mûrissent, la teneur en azote diminue. La teneur en protéines varie également en fonction du site de collecte, de la profondeur et de la disponibilité des nutriments, étant donné que le niveau d'azote influence directement la teneur en protéines des algues (El-Sarraf et El-Sharrawy, 1994). De manière générale, il est admis que les algues rouges (Rhodophyta) présentent une teneur en protéines plus élevée, suivies des algues vertes (Chlorophyta), alors que les algues brunes (Phaeophyta) en contiennent moins (Rickey, 2004).

Cependant, dans notre travail, nous avons observé des résultats divergents. En effet, les algues rouges ont montré une teneur en protéines plus faible par rapport aux algues vertes et brunes, ce qui contraste avec les données classiques de la littérature. Ces résultats suggèrent qu'il pourrait y avoir des variations importantes selon les espèces spécifiques étudiées, ou des facteurs environnementaux influençant la composition protéique des algues dans notre site d'échantillonnage particulier.

Les résultats de Sukran et *al* en 2003 soutiennent l'idée d'une teneur en protéines élevée chez certaines Rhodophyta et Chlorophyta, notamment chez le genre *Ulva*. Ce genre est connu pour ses applications en tant que légume de mer, avec des teneurs protéiques oscillant entre 9 et 32 % du poids sec algal (Fleurence, 2004; Fleurence et *al.*, 2018) et il est doté d'une balance acides aminés essentiels/acides aminés non essentiels qui est de l'ordre de 35/65 %. Cette balance est comparable à celle rapportée pour la fraction protéique de soja.

De même, Burtin en 2003 a confirmé des niveaux plus élevés de protéines chez les algues vertes et rouges. Nos résultats indiquent donc une déviation par rapport aux tendances généralement observées, suggérant que des recherches supplémentaires sont nécessaires pour mieux comprendre les facteurs influençant la variabilité des teneurs en protéines dans les différents groupes d'algues.

Cette disparité pourrait également refléter des différences dans la méthodologie d'analyse, le stade de développement des algues au moment de la collecte ou encore des conditions locales spécifiques qui modifient la composition chimique des espèces étudiées.

2.2. Taux des lipides

Les données recueillies sont illustrées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 03 : Proportion de Lipides dans diverses espèces d'algues.

Espèces	m(g)	P ₀ (ballon vide)	P (ballon avec échantillon)	Quantité de lipides (g)	Taux des lipides dans 100 g d'algue (%)
<i>Ulvarigida</i>	2	117,5298	117,554	0,0242	1,21
<i>Ellisolandia elongata</i>	2	123,5442	123,5873	0,0431	2,155
<i>Dictyopteris polypodioides</i>	2	111,725	111,9207	0,1957	9,785

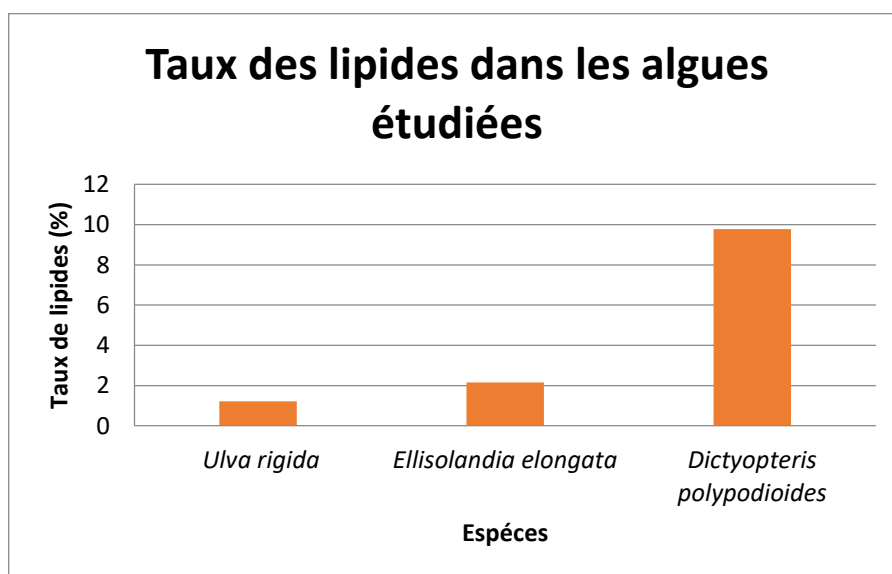


Figure 23 : Teneurs en Lipides chez les espèces d'algues étudiées.

L'extraction des lipides par la méthode de Soxhlet a révélé des teneurs variables en fonction des espèces analysées. Comme le montre le tableau, *Dictyopteris polypodioides* présente la concentration lipidique la plus élevée, atteignant **9,78 %**. Elle est suivie de *Ellisolandia elongata* avec **2,16 %** et enfin *Ulva rigida* avec **1,21 %**.

Les algues marines sont traditionnellement décrites comme ayant une faible teneur en lipides, généralement comprise entre 1 % et 7 % de la matière sèche (Nisizawa et al., 1987; Wielgosz-Collin et al., 2016).

Toutefois, ce paradigme est remis en question par certaines espèces qui présentent une teneur en lipides bien supérieure, notamment celles appartenant à l'ordre des Dictyotales, où les teneurs en lipides varient régulièrement entre 11 % et 20 % du poids sec (Montgomery & Gerking, 1980; McDermid & Stuercke, 2003). Ces données sont en concordance avec nos propres résultats.

Ces résultats soulignent l'importance de reconsidérer la perception dominante concernant la teneur lipidique des macroalgues. En effet, certaines espèces montrent un potentiel prometteur pour la production d'huiles, notamment dans le cadre de la valorisation des algues pour des applications industrielles. Toutefois, les variations saisonnières et interspécifiques observées suggèrent qu'il est nécessaire de poursuivre les recherches afin de mieux cerner les facteurs influençant la biosynthèse lipidique dans les différentes espèces d'algues, en particulier celles présentant un intérêt commercial.

Des études antérieures ont démontré que le stress dû à la pollution entraîne une diminution de la teneur en chlorophylle, réduisant ainsi les activités photosynthétiques des algues, et par conséquent, une diminution de la production d'oxygène dissous. Cette réduction peut être accentuée si la pollution s'accompagne d'un apport accru de matière organique et des processus de dégradation qui en résultent (Sawyer et McCarty, 1978).

2.3. Taux des Glucides

La courbe d'étalonnage, élaborée à partir de solutions standards à concentrations connues (Tableau 04), a révélé une relation linéaire entre l'absorbance mesurée et la concentration en glucides (Figure 24). L'équation correspondante, sous la forme $y = 5,832 x$ (Figure 25), a facilité l'estimation des concentrations des échantillons inconnus. La forte corrélation obtenue (avec un coefficient proche de 1) démontre la fiabilité de cette approche. Cette relation a permis de déduire les concentrations des échantillons inconnus à partir de leurs mesures d'absorbance (Tableau 5).

Tableau 04 : Absorbances correspondantes aux différentes concentrations (mg/mL) du glucose

[Glucose] (mg/mL)	0,1	0,2	0,4	0,5
Absorbance (490 nm)	0,499	1,1	2,282	3

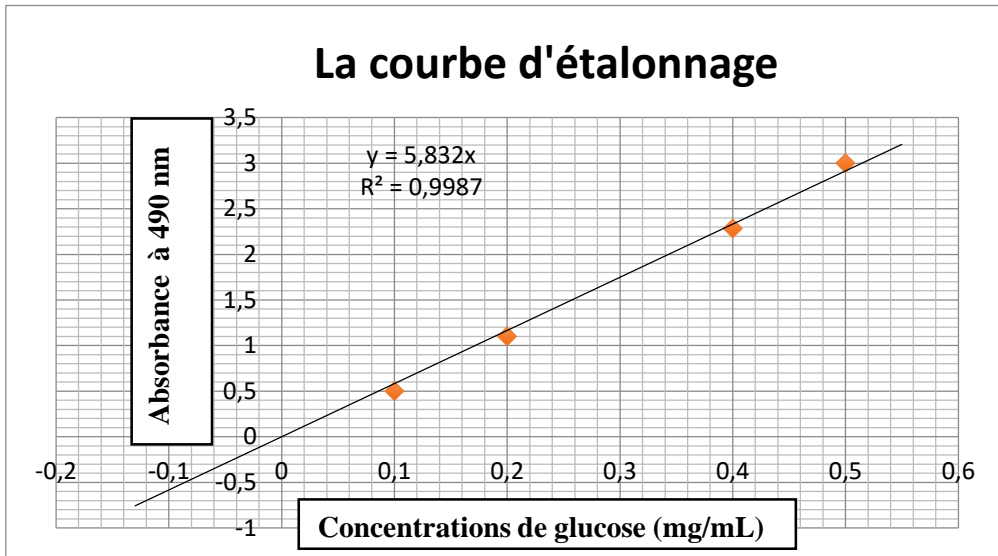


Figure 24 : Courbe d'étalonnage du glucose

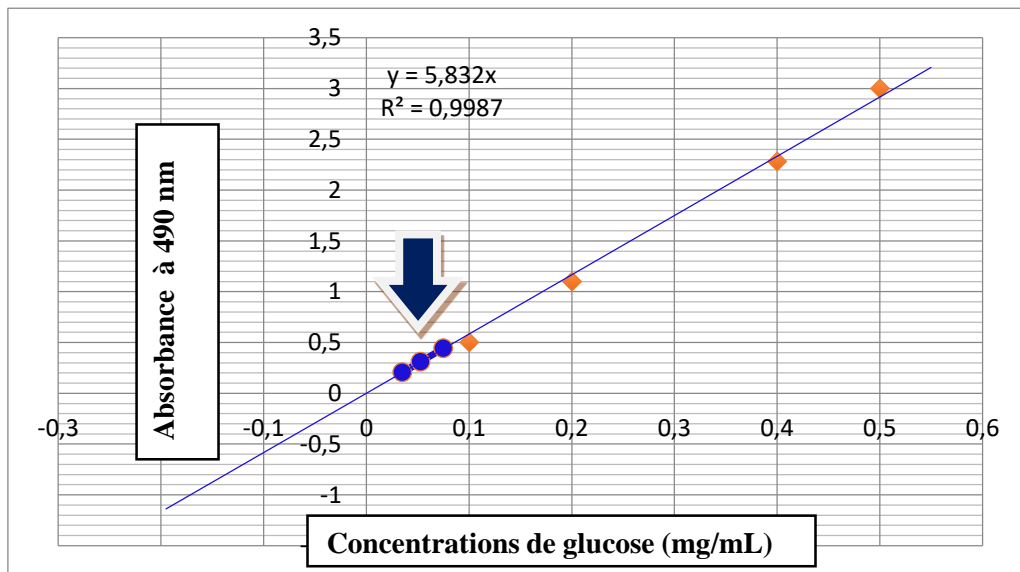


Figure 25 : Courbe d'étalonnage du glucose et échantillons (extraits d'algues)

Le tableau suivant montre les concentrations de glucose des échantillons inconnus à partir de leurs mesures d'absorbance.

Tableau 05 : Concentrations en glucose (mg/mL) des échantillons inconnus à partir de leurs mesures d'absorbance

Espèces	<i>Ulva rigida</i>	<i>Dictyopteris polypodioides</i>	<i>Ellisolandia elongata</i>
Absorbance (490 nm)	0.311	0.207	0.443
[Glucose] (mg/mL)	0,053	0,035	0,075

La concentration des glucides dans les échantillons d'algues est calculée selon la formule (Dubois, 1956):

$$[\text{Glucides}] = (A \times F) / C$$

D'où :

A : Concentration du glucose (mg/mL) déterminée à partir de courbe étalonnage (Tableau 05)

C : Concentration d'extrait (1 mg/mL)

F : Facteur de dilution (100)

Les résultats des concentrations en glucides (mg/mL) sont résumés dans le tableau .

Tableau 06 : Les résultats des concentrations en glucides (mg/mL)

Espèces	<i>Ulva rigida</i>	<i>Dictyopteris polypodioides</i>	<i>Ellisolandia elongata</i>
[Glucides] (mg/mL)	5,3	3,5	7,5

D'après les résultats présentés dans le tableau , *Ellisolandia elongata* affiche la concentration en glucides la plus élevée, avec une valeur de **7,5 mg/mL**, la positionnant en tête des espèces étudiées. *Ulva rigida* suit avec une concentration de **5,3 mg/mL**, tandis que *Dictyopteris polypodioides* présente la concentration la plus faible **3,5 mg/mL** parmi les trois, confirmant ainsi une différence notable dans la teneur en glucides entre ces espèces.

Cette hiérarchie dans les concentrations pourrait s'expliquer par des différences intrinsèques dans la composition cellulaire ou les stratégies métaboliques de chaque espèce. Par exemple, **Ellisolandia**, étant une algue calcifiée, pourrait avoir des mécanismes plus actifs de stockage des glucides pour compenser ses besoins énergétiques plus élevés. En revanche, les niveaux

plus faibles observés chez **Dictyopteris** suggèrent une moindre accumulation de glucides, potentiellement liée à des différences d'habitat ou d'efficacité photosynthétique.

Les algues rouges ont montré une teneur en glucides en moyenne plus élevée par rapport aux algues brunes. Les macroalgues possèdent différents types de glucides avec divers monomères de sucre. Les algues rouges contiennent des polysaccharides sous forme de κ -carraghénane et d'agar, constitués de différents types de monomères. Le κ -carraghénane et l'agar contiennent des sucres sous forme de sulfates de D-galactose et d'esters sulfates de (3,6)-anhydro-D-galactose (Bayu et Handyani , 2018).

La paroi cellulaire des algues rouges est composée de cellulose et d'agar, ce qui la rend plus facilement hydrolysable comparée à celle des algues brunes (Saravanan et *al.*, 2018). Ainsi, en général, les macroalgues rouges présentent potentiellement la plus haute teneur en glucides par rapport aux autres macroalgues brunes ou vertes. Cependant, des études supplémentaires avec un échantillon plus vaste seraient nécessaires pour confirmer cette observation.

En plus de la composition biochimique des macroalgues, plusieurs facteurs environnementaux influencent leur développement, tels que l'intensité lumineuse, la température, le vent, la salinité, le pH et la concentration en nutriments dans les eaux. Les paramètres écologiques fluctuent en fonction de la localisation géographique et de la saison de prélèvement. La période des marées influence fortement la disponibilité de la biomasse des macroalgues ainsi que leur composition biochimique (Addams et *al.*, 2011).

En conclusion, la figure suivante résume les teneurs en protéines et les lipides et les concentrations en glucides chez les trois espèces étudiées, où on constate, ***Ulva rigida* est la plus riche en protéines, *Dictyopteris polypodioides* est la plus riche en lipides et *Ellisolandia elongata* est la plus riche en glucides (Figure 26).**

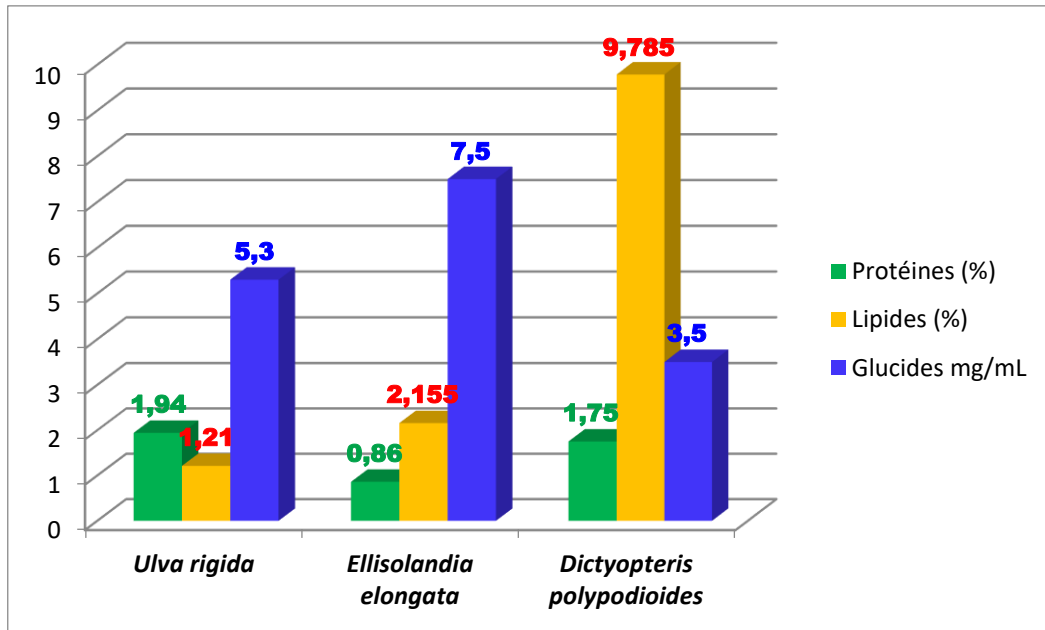


Figure 26 : Teneurs en protéines et Lipides et concentrations en glucides chez les espèces d'algues étudiées.

CONCLUSION

Notre étude a porté sur la biologie, l'écologie et la systématique de trois espèces d'algues marines. Ces algues ont été choisies selon leur appartenance aux trois différents groupes taxonomiques : Rhodophytes, Chromophytes et Chlorophytes et aussi en fonction de leur abondance sur le site.

- Nos algues ont été récoltées à Aïn Tagourait (dans la région de Tipaza) à l'ouest de la ferme aquacole CULTMARE, au cours de la saison hivernale (début février 2024), sur substrat rocheux, à des niveaux superficiels (0 -0.50m).
- Ce travail a été enrichi par une approche axée sur la valorisation de ces espèces, basée sur une étude biochimique, qui consiste à une analyse quantitative de leurs protéines, lipides et glucides.
- Pour chaque espèce identifiée, nous avons détaillé sa position taxonomique complète, selon la nomenclature actuelle, son mode de reproduction, ses caractéristiques cytologiques, ses principales utilisations industrielles, ainsi que sa répartition géographique, tant au niveau mondial qu'en Algérie.
- Le volet biochimique de cette étude a permis de mettre en évidence les éléments suivants
- L'analyse des espèces utilisées a révélé que l'algue verte *Ulva rigida* offre le rendement en protéines le plus élevé par rapport aux deux autres espèces; soit une concentration de 1,94 %. En revanche, l'algue brune *Dictyopteris polypodioides* a présenté le plus haut taux de lipides avec une valeur atteignant 9,78 %. Quant à l'algue rouge *Ellisolandia elongata*, celle-ci a affiché la valeur maximale en glucides ; soit 7,5 mg/l.
- Ces résultats bien que préliminaires, révèlent des possibilités nutritives qui varient selon les espèces.
- Par ailleurs, chaque espèce identifiée, quelle que soit sa position systématique ou écologique, révèle des potentialités d'application dans des domaines variés telles que l'alimentation, l'agriculture, l'aquaculture, la cosmétique, et la médecine...
- L'existence d'espèces algales en Algérie, aux usages multiples ouvre des perspectives économiques significatives. Néanmoins, il est impératif de protéger cette ressource marine vivante algale, d'où l'intérêt de promouvoir une algoculture durable et de garantir la pérennité de ces ressources en Algérie.

BIBLIOGRAPHIE

- **Ait-Sali, I., & Ghezali, L. (2022).** Etude de quelques algues marines de la région de Tipaza : Systématique et valorisation. Mémoire d'ingénieur, Aquaculture. Dely Ibrahim, ENSSMAL : 89 p.
- **Assoumani, M. B. (1997).** A natural calcium supplement derived from seaweed. *Agro-Food Industry Hi Tech*, 45–47.
- **Banerjee, K., Ghosh, R., et al. (2009).** Seasonal variation in the biochemical composition of red seaweed (*Catenella repens*) from Gangetic delta, northeast coast of India. *Journal of Earth System Science*, 118(5), 497–505.
- **Benarous, A. (2012).** État des connaissances et possibilité d'exploitation des macroalgues en Algérie. Mémoire de Master. ENSSMAL, Alger, 120p.
- **Berthona, J.-Y., Nachat-Kappesa, R., Beya, M., Cadoreta, J.-P., Renimela, I., & Filaireb, E. (2017).** Marine algae as attractive source to skin care. *National Institute of Health*, 51(6), 555–567.
- **Blunt, J. W., Copp, B. R., Munro, M. H. G., Northcote, P. T., & Prinser, M. R. (2006).** Marine natural products. *Nat. Prod. Rep.* 23 : 26-78.
- **Boudouresque, C. F., & Cabioch, J. (2006).** Guide des algues des mers d'Europe. Paris : Ed. de la chaux et Niestlé : 272 p.
- **Boudouresque, C. F., & Cabioch, J. (1992).** Guide des algues des mers d'Europe. Edit Neuchate, Paris : 231 p.
- **Bressan, G., & Babbini, L. (2003).** Corallinales del mar Mediterraneo: Guida alla determinazione. *Biologia Marina Mediterranea*, 10, 237.
- **Bayu, A., & Handayani, T. (2018).** High-value chemicals from marine macroalgae: Opportunities and challenges for marine-based bioenergy development. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, 209, 012046. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/209/1/012046>
- **Cayla, M. (1995).** Découvrez des algues: Propriétés, applications, recettes. Editions Chiron.
- **Burtin, P. (2003).** Nutritional value of seaweeds. *Electron. J. Env. Agric. Food Chem.*, 2, 498– 503.
- **Botany. (2001).** Algae: Native *Ulva Rigida* C Agardh 1823 : University of Hawaii at Manoa.
- **Delepine R., Boudouresque C.F., et al. (1987).** Algues et autres végétaux marins. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Révision I

méditerranée et mer noire, zone de la pêche, volume I végétaux et invertébrés. Rome : FAO, 136 p

- **Demoulin, G., & Leymergie, C. (2009).** Les algues, le trésor de la mer. Filière Nutrition et diététique, Haute école de santé Genève. <https://www.yumpu.com/fr/document/read/14503814/les-algues-le-tresor-de-la-mer>.
- **Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., & Smith, F. (1956).** Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28, 350–356.
- **El-Sarraf, W. M., & El-Sharrawy, G. (1994).** Chemical composition of some marine algae from the Mediterranean Sea of Alexandria, Egypt. *Bulletin of the High Institute of Public Health*, 25(3), 523–534.
- **FAO. (2022).** La Situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2022. Vers une transformation bleue. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461fr>.
- **Fatima, L. (2018).** Contribution à l'étude des potentialités antiprolifératives et antibactériennes des algues brunes et rouges de la côte d'El Jadida pour une valorisation médicale et environnementale. Thèse de doctorat, Biologie des organismes – Biotechnologie animales, végétales et microbiennes.
- **Feldmann, J. (1931).** Contribution à la flore algologique marine de l'Algérie. Les algues de Cherchell. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, Algérie*, 22: 179–254.
- **Feldmann, J. (1933).** Contribution à la flore algale de l'Algérie (Fascicule 2). *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, Algérie*, 24: 360–366.
- **Feldmann, J. (1934).** Les Laminaricées de la Méditerranée et leur répartition géographique. *Bull. Trav. Stat. Aquicult. Pêche. Castilgone, Algérie*, 2: 143–184.
- **Feldmann, J. (1935a).** Algae marine méditerranéennes navae. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, Algérie*, 26: 362–369.
- **Feldmann, J. (1935b).** Sur quelques algues marines rares ou nouvelles pour l'Algérie. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, Algérie*, 26(6): 1 p.
- **Feldmann, J. (1937).** Les algues marines de la côte des Albères I-III. Cyanophycées, Chlorophycées et Phaeophycées. *Rev. Algol., Fr.*, 9(3–4): 144–331 + 10 pls.
- **Feldmann, J. (1938).** Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée. La côte des Albères. *Rev. Algol.*, 10(1–4): 339 + 20 pls.
- **Feldmann, J. (1939).** Les algues marines de la côte des Albères, IV, Rhodophycées (Bangiales, Géliidiales, Cryptonémiales). *Rev. Algol.*, 11(3–4): 247–330 + 25 fig.

- **Feldmann, J. (1939).** Addition à la flore des algues marines de l'Algérie. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, Algérie, 30: 453–454.
- **Feldmann, J., & Feldmann, G. (1939).** Addition à la flore des algues marines de l'Algérie, Fascicule 2. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, Algérie, 30: 453–464.
- **Feldmann, J. (1941).** Les algues marines de la côte des Albères, IV, Rhodophycées (Gigartinales et Rhodyméniales). Rev. Algol., 12(1–2): 77–100.
- **Feldmann, J. (1942).** Les algues marines de la côte des Albères IV (Céramiales). Trav. Algol., Fr., 1: 29–113.
- **Feldmann, J., & Feldmann, G. (1942).** Addition à la flore des algues marines de l'Algérie, Fascicule 2. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, Algérie, 33: 230–245.
- **Feldmann, J. (1943).** Contribution à l'étude de la flore marine de profondeur sur les côtes d'Algérie. Bull. Soc. Nat. Hist. Afr. Nord, Algérie, 34: 7–10.
- **Feldmann, J. (1944).** Une nouvelle espèce de *Cystoseira* (Fucales, Sargassées) des côtes d'Algérie. Bull. Soc. Nat. Hist. Afr. Nord, Algérie, 35: 7–10.
- **Feldmann, J. (1947).** Addition à la flore des algues marines de l'Algérie. Fascicule 4. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, Algérie, 38: 80–91.
- **Feldmann, J. (1951).** La flore marine de l'Afrique du Nord. C. R. Séances. Soc. Biogéograph., Fr., 243: 103–108.
- **Feldmann, J. (1958).** Origine et affinités du peuplement végétal benthique de la Méditerranée. Rapp. P. Réun. Commiss. Internation. Explor. Sci. Mer Médit., 14: 515–518.
- **Feldmann, J. (1961).** Note sur les Algues marines de la Galite. Rapp. P
- **Fouda, W. F., Moustafa, H. Z., & Ramadan, G. (1998).** Chemical composition of some algae from the Mediterranean Sea of Alexandria, Egypt. Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries, 3(1), 55–71.
- **Fritsch, F. E. (1952).** The structure and reproduction of algae, Vol. 2: Chlorophyta, Phaeophyceae, Rhodophyceae. Cambridge University Press, 939 p.
- **Fleurence J. (1999).** Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses. Trends in Food Science & Technology, 10(1): P.P. 25-28.
- **Fleurence, J., & Rychen, G. (2018).** Les algues alimentaires: bilan et perspectives. Paris: Lavoisier. 128 pp.
- **Fleurence J (2004).** Seaweed proteins. In: Yada RY. Proteins in food processing. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 197-213.

- **Fleurence J. Dumay J. Morançais M (2018).** Seaweed proteins. In: Yada RY. Proteins in food processing, 2nd ed. Academic Press-Elsevier (In Press).
- **Galland-Irmouli, A. V., Fleurence, J., Lamghari, R., Luçon, M., Rouxel, C., Barbaroux, O., Bronowicki, J. P., Vuillaume, C., & Guéant, J. L. (1999).** Journal of Nutritional Biochemistry, 10, 353–359.
- **Gaignet, C. (2004).** Les algues marines: Un gisement de biomolécules. Biotechnology and Molecular Biology Review, 2(5), 97–107.
- **Guiry, M. D., & Guiry, G. M. (2022).** AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>.
- **Garon-Lardiere S. (2004).** Etude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsis armata* (Bonnemaisoniales). Thèse de doctorat. Chimie. Bretagne : Université de Bretagne Occidentale : 211 p.
- **Guillaume, P.2010.** Caractérisation biochimique d'exo polymères d'origine algale du bassin de Marennes-Oléron et étude des propriétés physico-chimiques de surface de microorganismes impliquées dans leur adhésion. Thèse de doctorat en biochimie, Université de La Rochelle, France, p 30.
- **Hernandez-Garibay, E., Zertuche-Gonzalez, J. A., & Chee-Barragan, A. (2012).** Effects of seasonal changes on the biomass and agar quality of *Gracilaria pacifica* from Baja California, Mexico. Journal of Applied Phycology, 24(5), 1065–1072.
- **John, D. M., Whitton, B. A., & Brook, A. J. (2003).** The freshwater algal flora of the British Isles: An identification guide to freshwater and terrestrial algae. Cambridge University Press.
- **Julie P., Danielle L., Daniel M. (2010).** Algues, filières du futur Livre Turquoise. Adebioihc Rhodophycées (Gigartinales et Rhodyméniales). Rev. Algol, 12 (1-2) : P.P 77-100.
- **Kornmann, P., & Sahling, P. H. (1983).** Meeresalgen von Helgoland: Benthische Grün-, Braun- und Rotalgen. Helgoländer Meeresuntersuchungen, 30, 1–289.
- **Kadari-Meziane Y. (1994).** Contribution à l'étude de l'impact de la pollution sur la distributions-temporelle des peuplements phytobenthiques dans la baie de Bou-Ismaïl (Algérie). Thèse Magister. Alger : 226 p.
- **Kraan, S. (2013).** Mass-cultivation of carbohydrate rich macroalgae, a possible solution for sustainable biofuel production. Mitig Adapt Strateg Glob Chang, 18, 27–46.

- **Kumar, M., Gupta, V., et al. (2011).** A review of the taxonomy, ethnobotany, chemistry, and pharmacology of seaweed biodiversity from India. *Journal of Applied Phycology*, 23, 1–17.
- **KARDACHE A., KHOUALDI Y . 2016 .** Etude des activités antioxydante, antibactérienne et antifongique d'extraits d'algues marines d'origine Algérienne . Mémoire de Master. Microbiologie . Constantine : Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie , 79 p.
- **Kim, S.-K., Ravichandran, Y. D., Khan, S. B., & Kim, Y. T. (2008).** Prospective of the cosmeceuticals derived from marine organisms. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 13(5), 511–523.
- **Lauret, E. (1999).** Les algues et la cuisine. Éditions Ouest-France, 128 p.
- **Levring, T. (1960).** Contributions to the marine algae of Madagascar. In *Proceedings of the Linnean Society of London*, 171(2), 93–104.
- **Lahaye, M. (1991).** Marine algae as a source of fibers: Determination of soluble and insoluble dietary fiber content in some sea vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 54, 587–594.
- **Lami, R., & Orignac, J.** Fiche d'Ulva rigida. Université Virtuelle Environnement et Développement Durable.
- **Mabeau, S., Fleurence, J., & Lahaye, M. (1992).** New seaweed-based ingredients for the food industry. *International Food Ingredients*, 3, p 38–45.
- **Mediterraneo AM. 2015.** Ulva rigida.
- **Nisizawa K. Noda H. Kuchi R. Wanabe T (1967).** The main seaweed foods in Japan. *Hydrobiologie* 151/1525-29.
- **Montgomery W, Gerking S (1980).** Marine macroalgae as foods for fishes: an evaluation of potential food quality. *Environmental Biology of Fishes*, 5, 143–153.
- **McDermid KJ, Stuercke B (2003).** Nutritional composition of edible Hawaiian seaweeds. *Journal of Applied Phycology*, 15, 513–524.
- **Morris, S. and Taylor, A.C. (1983) .**Diurnal and Seasonal Variation in Physico-Chemical Conditions within Intertidal Rock Pools. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 17, 339-355. [https://doi.org/10.1016/0272-7714\(83\)90026-4](https://doi.org/10.1016/0272-7714(83)90026-4)
- **McHugh, D. J. (2003).** A guide to the seaweed industry. FAO Fisheries Technical Paper, No.441.Rome, FAO. 105 PP.

- **Marfaing, H., & Lerat, Y. (2007).** Les algues ont-elles une place en nutrition? *Phytothérapie*, 5(1), 2–5.
- **Merchichi A., Hakem N. (2009).** Aménagement du port de Tipaza. Mémoire d'ingénieur. Aménagement du Littoral. Dely brahim : ENSSMAL, 95 p.
- **Mac Artain P., Gill C.-I.-R., et al (2007).** Nutritional value of edible seaweeds. *Nutrition Reviews*, 65(12): P.P.535-543.
- **Nizamuddin, M. 1991.** The Green Marine Algae of Libya. Elgapublisher .Bern.
- **Ortiz J., Romero N. et al. (2006).** Dietary fiber , amino acid, fatty acide and tocophérol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica*. *Food chemistry*,99 :P.P.98-104.
- **Marfaing, H., & Lerat, Y. (2007).** Les algues ont-elles une place en nutrition? Centre d'étude et de valorisation des algues (CEVA), Presqu'île de Pen Lan, BP, 22 610 Pleubian, France, 1–9.
- **Mc Candless E.L.(1978).** The importance of cell wall constituents in algal taxonomy. In: Irvine, D.E.G, Price, J.H. (Eds), *Modern approaches to the taxonomy of red and brown algae*. London: Academic of Press , P.P 63-85.
- **Mc Neil M., Darvill A.G., Albersheim P. (1984).** Structure and function of the primary cell walls of plants. *Ann. Rev. Biochem.*, 53: P.P. 625-663.
- **Ould Ahmed N. (1994).** Etude des espèces phytobenthiques au voisinage de la centrale thermique de Mers El Hadjdj (Golfe d'Arzew ; Ouest algérien). Mention particulière sur une espèce remarquable Chlorophyte, Caulerpale : *Caulerpa prolifera* (Forsskal) Lamouroux. Thèse Magister ISMAL : 178 p. +annexe
- **Ould Ahmed N., Gómez Garreta A. et al. (2013).** Checklist of the benthic marine macroalgae from Algeria.I. Phaeophyceae. *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 70(2) : P.P.136-143.
- **Ould Ahmed N. (2015).** Les algues des cotes algériennes. Connaissance, caractérisation, conservation et utilisation. Thèse de doctorat. Algologie. El Harrach : ENSA.
- **Ould Ahmed N., Gómez Garreta A., Ribera Siguan M.A. (2019).** Checklist of the benthic marine macroalgae from Algeria, part II : Ulvophyceae. *Anales Del Jardín Botánicode Madrid* .
- **POHNERT, G., 2004.** Chemical defense strategies of marine organisms. *Top. Curr. Chem.* 239 : 179- 219.

- **PAUL, N. A., DE NYS, R., STEINBERG, P. D., 2006.** Chemical defence against bacteria in the red alga *Asparagopsis armata* : linking structure with function. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 306 : 87-101.
- **Pérez, R. (1997).** Ces algues qui nous entourent: Conception actuelle, rôle dans la biosphère, utilisation, culture. *Infremer* , p272.
- **Reviere B. (2002).** Biologie et phylogénie des algues. *Belin.* 1: 351 p.
- **Person, J. (2010).** Algues, filières du futur. *Colloque Algues: Filières du futur*, Livre Turquoise, Adebitech, Romainville, 163.
- **RADMER, R. J., PARKER, B.C., (1994).** Commercial application of algae: opportunities and constraints. *J. Phycol.* 6 : 93-98.
- **RUIZ G. (2005).** Extraction détermination structurale et valorisation chimique des phycocolloïdes d'algues rouge. Doctorat en Chimie appliquée - Chimie des Substances, Université de Limoges, France. 229p.**Seridi H. (1990).** Etude des algues marines benthiques de la région d'Alger. Thèse magister. Bab ezzouar , USTHB :221p.
- **Seridi H. (2007).** Etude de la flore algale de l'Algérie. Etude phytosociologie des peuplements algaux photopiles de l'infralittoral supérieur de substrat dur. Thèse doctorat Sciences biologiques. Bab ezzouar , USTHB : 172 p.
- **Sawyer, C. N., McCarty, P. L. (1978):** *Chemistry for Environmental Engineering.* McGraw Hill, New York.
- **Saravanan, K., Duraisamy, S., Ramasamy, G., Kumarasamy, A., & Balakrishnan, S. (2018).** Evaluation of the saccharification and fermentation process of two different seaweeds for an ecofriendly bioethanol production. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 14, 444-449. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.03.017>
- **Saravanel, R., & Mathevan Pillai, M. (2021).** Nutritional composition of some selected seaweeds from Kanayakumari Coast, Tamil Nadu, India. **Natural Volatiles & Essential Oils**, 8(6), 6424–6430.
- **Silva, M. V. L., Almeida, A. P., & Kijjoo, A. (2013).** The marine macroalgae of the genus *Ulva*: Chemistry, biological activities, and potential applications. *Oceanography*,
- **Smithsonian Tropical Research Institute. 2009.** *Ulva rigida* (C. Agardh).

- **Wielgosz-Collin G, Kendel M, Couzinet-Mossion A (2016).** Lipids, Fatty acids, Glycolpids and Phospholipids. In: Fleurence J, Levine I. Seaweed in Health and disease prevention. Academic Press, Elsevier, Amsterdam, 185-221.
- **Yıldız, G. C., Vatan, O., & Dere, S. (2012).** Determination of the anti-oxidative capacity and bioactive compounds in green seaweed *Ulva rigida* C. Agardh. *International Journal of Food Properties*, 15, 1182–1189.
- **Zitouni, H. (2015).** Valorisation nutritionnelle d’algues marines du littoral algérien chez le ruminant via des méthodes chimiques, biologiques et moléculaires .Thèse de doctorat, Université des Frères Mentouri Constantine, p. 9-10, 13-18.

ANNEXES



République Algérienne Démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

École Nationale supérieure des sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral

Etude technico-économique en vue de l'obtention du diplôme Start-up

Option : Aquaculture

Projet

FABRICATION DE BIO ENGRAIS A BASE D'ALGUES MARINES

Présenté par :

Kendri Amina Chiraz

Mechou Manel

Soutenu le /09/2024 devant le jury composé de :

Mme. OULD AHMED N.

MCA

ENSSMAL

Promotrice

Mme. C AISSOU-AKROUR

MCA

ENSSMAL

Co-Promotrice

Année universitaire 2023/2024

Premier axe : Présentation du projet

Introduction

La croissance rapide de l'agriculture mondiale a accru le besoin de solutions durables et respectueuses de l'environnement pour améliorer la productivité des cultures. Les engrais chimiques traditionnels, bien qu'efficaces, présentent souvent des risques environnementaux importants, notamment la dégradation des sols, la pollution de l'eau et la réduction de la biodiversité. Pour relever ces défis, notre projet introduit un biofertilisant innovant dérivé d'algues marines

Aquabiofert :

Un biofertilisant à base d'algues marines avec des inoculations microbiennes pour accélérer la croissance et la reproduction des plantes.

Objectif

Fabrication de **10 tonnes** de bio engrais (Aquabiofert) pendant une année

L'équipe du projet est composée des membres suivants :

- Étudiant 01 AMINA : rôle : suivi de la production (algues + bactéries et la formule)
- Étudiant 02 MANEL : rôle : études de marché et le marketing

Calendrier de mise en œuvre pour le projet :

- Phase de production : durée : 6-8 semaines (cultivation des algues : *ulva rigida*)
- Phase de traitement des biofertilisants : 2 semaines (pour les inoculations microbiennes et les Tests de control de qualité)
- Phase de marketing et de lancement : durée de 2 à 3 mois : Création d'une stratégie de marketing (sensibilisation des agriculteurs, publicité en ligne, salons agricoles), Formation de partenariats avec des distributeurs agricoles et des coopératives.
- Lancement officiel du biofertilisant sur le marché.

Deuxième axe : Aspects innovants

Proposition de valeur

- **Fertilisant organique et naturel** : Éviter les produits chimiques nocifs, favoriser la durabilité des sols.
- **Source riche en nutriments** : L'algue *Ulva rigida* et les autres micro-organismes accélèrent la croissance des plantes tout en améliorant la qualité des sols.
- **Solution durable** : Réduction de la pollution environnementale, amélioration des rendements agricoles, tout en respectant l'écosystème.
- **Amélioration de la fertilité du sol** : Grâce aux microbes comme les souches d'*Azotobacter*, qui enrichissent le sol en azote.
- **Prix abordable**

C'est le premier projet en Algérie basé sur des méthodes de production écologiques :

L'utilisation de techniques respectueuses de l'environnement pour extraire et traiter les algues sans produits chimiques nocifs.

Troisième axe : Analyse stratégique du marché

Le segment du marché est un marché cible : Agriculteurs bio, entreprises agricoles, pépiniéristes, coopératives agricoles, et organisations de développement durable (GARDEN pépinière , 中国蔬菜种植典型农场 الصينية المزرعة النموذجية لزراعة الخضر situé à Fouka à Alger , Pépinière Minbar Al Hadaik à Oran ,)

Mesure de l'intensité de la concurrence :

D'après l'analyse on peut déterminer :

1. **Concurrents directs** : ces des entreprises **Importateurs de biofertilisants étrangers.**

Ils peuvent importer des produits innovants en provenance de l'Europe ou des États-Unis, où la recherche en biofertilisants est très avancée.

Parmi les points forts

- Produits bien établis/ et Large gamme de produits

Parmi les points faibles

-Coût élevé : Les produits importés peuvent être plus chers à cause des frais d'importation, rendant ces biofertilisants moins accessibles aux agriculteurs locaux.

-Dépendance aux marchés étrangers

Entreprises des Producteurs locaux de biofertilisants

Points de forces

- un Prix compétitifs ; Adaptation aux sols locaux ; Facilité de distribution

Points de faiblesses

- Manque de notoriété : Les marques locales de biofertilisants peuvent manquer de reconnaissance et de crédibilité par rapport aux marques internationales.

- Moins d'accès aux innovations : Parfois, la recherche et le développement local peuvent être limité, ce qui rend difficile la création de produits aussi innovants que ceux des concurrents étrangers.

2- Concurrents indirects (Engrais chimiques ou organo-minéraux)

Point de Forces

- Coût faible : Les engrais chimiques sont souvent moins chers que les biofertilisants, en particulier pour les cultures de grande échelle.
- Large distribution : Ils sont disponibles partout, souvent en grandes quantités, et sont bien implantés dans les habitudes des agriculteurs algériens.
- Effet rapide : Les engrais chimiques donnent des résultats visibles plus rapidement, ce qui attire de nombreux agriculteurs.

Points de Faiblesses

- Impact environnemental négatif : La surexploitation des engrais chimiques appauvrit les sols, détruit la biodiversité, et contribue à la pollution des eaux.
- Dépendance : Les sols deviennent dépendants des produits chimiques, ce qui oblige les agriculteurs à augmenter les doses au fil du temps, rendant l'utilisation moins rentable à long terme.

La stratégie marketing

❖ Offre de service d'abonnement :

Un service où les clients peuvent recevoir des envois réguliers de notre biofertilisant

❖ Stratégie de vente en volume :

En vendant plus de produits, vous gagnerez moins par unité, mais vous vendrez beaucoup plus...
(Attirer des commandes plus importantes)

Quatrième axe : Plan de production et d'organisation

- ❖ **Collecte des algues** : Prélève les algues marines (comme *Ulva rigida*) à partir de leur habitat naturel
- ❖ **Etablir une culture d'*ulva rigida***
- ❖ **Préparation des Inoculations Microbiennes**
- ❖ **Culture des micro-organismes** : Cultive les souches des micro-organismes, telles que les bactéries Azotobacter.
- ❖ **Formulation du Biofertilisant** (on Mélange des ingrédients)
- ❖ **Test et Contrôle de Qualité** (Faire des tests et Analyse du produit)
- ❖ **Conditionnement**
- ❖ **Emballage/ Étiquetage**
- ❖ **Stockage et Distribution**

- Stockage : Entreposer le biofertilisant dans des conditions appropriées pour préserver sa qualité, comme un endroit sec et frais, à l'abri de la lumière directe et de l'humidité.

- Distribution : Organiser la distribution du produit en fonction des canaux choisis (distributeurs, magasins, vente directe). Assurer une logistique efficace pour garantir que le produit arrive en bon état et en temps voulu.

- ❖ **. Suivi Post-Commercialisation**

Retour d'information : Recueil des avis des utilisateurs pour évaluer la performance du biofertilisant

L'Approvisionnement et Les Principaux partenaires :

Matières premières : Algues marines (c'est nous qui vas prendre on charge la culture de cette algue *Ulva rigida* avec l'incubateur du l'école) ; c'est très facile et elle ne demande pas d'argent) alors est un avantage concurrentiel pour notre projet (on n'a pas besoin d'acheter ou d'importer la matière première)

Concernant les souches des bactéries nous nous traiterons directemen avec Le Laboratoire National de Contrôle est d'Analyse des Produits de la Pêche et de l'Aquacultures et de la Salubrité des Milieux LNCAPPASM(Alger) (Partenariat) et établir un accord avec une entreprise de l'emballage et livraison.

La main d'œuvre :

Les postes peuvent être classés en trois grandes catégories :

- ✓ **production** (biotechnologues et aquaculteurs c'est des postes directe environ 5 posts)
- ✓ **logistique** (gestion des stocks et de la livraison des produits finis (1 personnes)
- ✓ **marketing et commerciale** : Comptable/Financier (1 poste) : Responsable de la gestion des finances, des salaires, et de la gestion des paiements fournisseurs et clients.
Responsable commercial/marketing (5postes) : Pour gérer les relations clients, promouvoir le produit, et développer les canaux de distribution.

Cinquième axe : Plan financier

Catégorie	Description	Montant annuel (DZD)
	Matières	
Infrastructures d'algues	de culture	100000
	Production	
	Équipement de traitement et de mélange	70000
	Main-d'œuvre (employeurs)	
Scientifiques commerciales	equipe Techniques	250000
	emballage	60000
	Électricité ET location	100000
	Transport et distribution	240000
		20000
	TOTAL PRICE	850000
	P	
	(TP/10ton) biofert:	85

Produire 10 tonnes (10 000 kg) de biofertilisant par an

- on a : Coût total du projet = 840 000
- Quantité produite = 10 000 kg

Calcul du prix de vente de base :

- Prix de vente unitaire (sans marge) = $840\,000 \div 10\,000 = 84$ DZD par kg

1/Coûts et Charges :

- ✓ Production par an (tonnes) : **10**
- ✓ Prix par tonne (DA) : **85 DA**
- ✓ Coût total du projet (DA) : **850 000 DA**
- ✓ Coûts opérationnels estimés (DA) : **300 000 DA**
- ✓ Source de financement : **Prêt bancaire / Investissement personnel**

2. Chiffre d'Affaires :

pour chaque kilogramme

- Chiffre d'affaires : **850 DA (10 tonnes x 85 DA)**
- Chiffre d'affaires optimiste : **1020 DA (scénario à +20%)**
- Chiffre d'affaires pessimiste : **680 DA (scénario à -20%)**

3. Comptes des Résultats Escomptés :

- Bénéfice optimiste : **720 DA** (*Chiffre d'affaires optimiste - Coûts opérationnels*)
- Bénéfice pessimiste : **380 DA** (*Chiffre d'affaires pessimiste - Coûts opérationnels*)
- BFR : **0 DA** (à déterminer selon la méthode d'exploitation)

4. Plan de Trésorerie :

Table de trésorerie pour chaque mois de l'année, indiquant les revenus, les dépenses et le reste

	A	B	C	D	E
1	Description	Valeur			
2	Production	10			
3	Prix par to	85			
4	Coût total	850000			
5	Coûts opé	300000			
6	Source de	Prêt bancaire / Investissement personnel			
7	Chiffre d'a	850			
8	Chiffre d'a	1020			
9	Chiffre d'a	680			
10	Bénéfice c	-298980			
11	Bénéfice p	-299320			
12	BFR (DA)	0			
13	Plan de tré	Voir tableau de trésorerie ci-dessous			
14					
15					

Plan de Trésorerie

Mois	Revenus (DA)	Dépenses (DA)	Reste (DA)
1.0	70.83333333333333	25000.0	-24929.166666666668
2.0	70.83333333333333	25000.0	-24929.166666666668
3.0	70.83333333333333	25000.0	-24929.166666666668
4.0	70.83333333333333	25000.0	-24929.166666666668
5.0	70.83333333333333	25000.0	-24929.166666666668
6.0	70.83333333333333	25000.0	-24929.166666666668
7.0	70.83333333333333	25000.0	-24929.166666666668
8.0	70.83333333333333	25000.0	-24929.166666666668
9.0	70.83333333333333	25000.0	-24929.166666666668
10.0	70.83333333333333	25000.0	-24929.166666666668
11.0	70.83333333333333	25000.0	-24929.166666666668
12.0	70.83333333333333	25000.0	-24929.166666666668

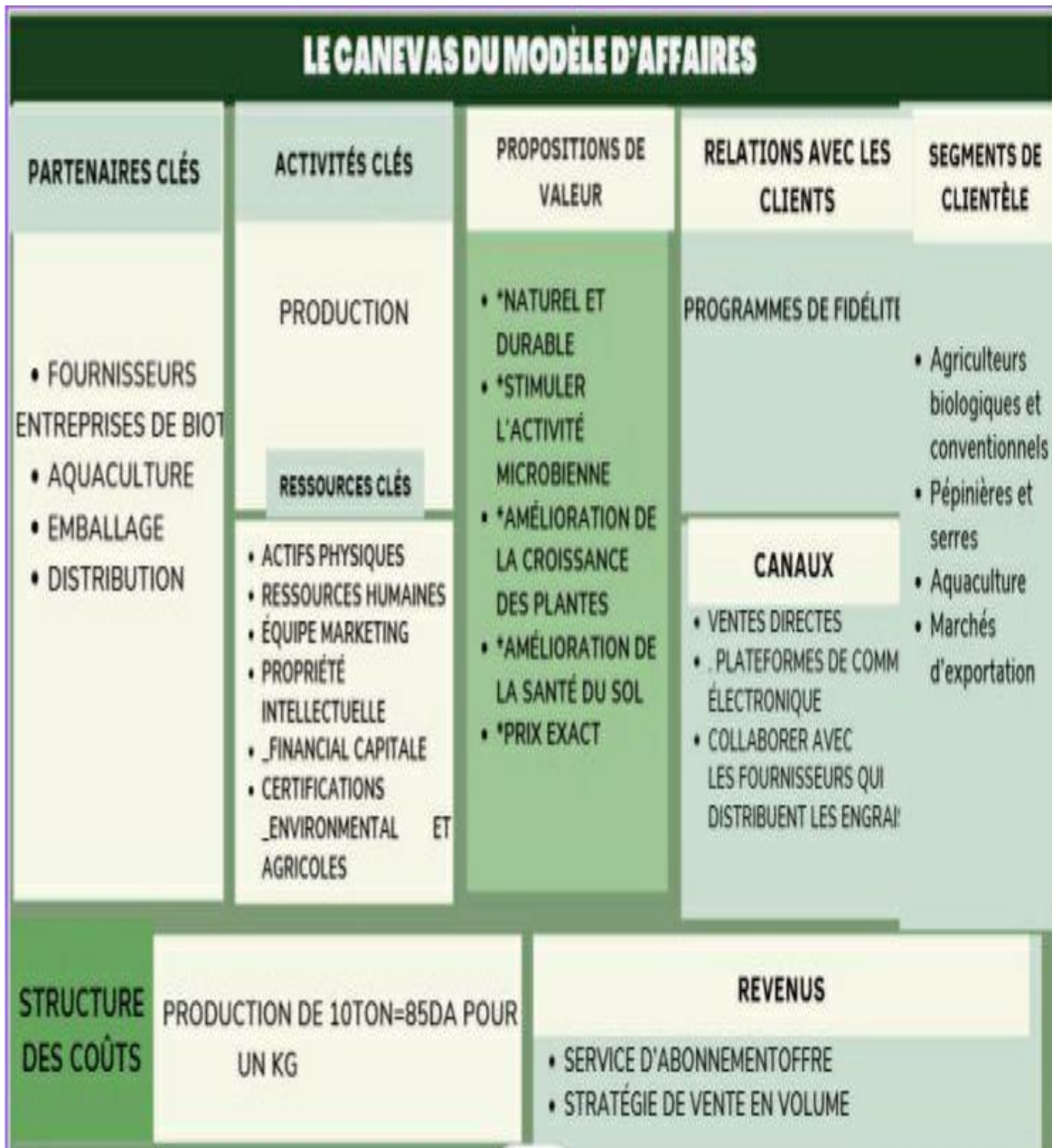


Figure : Le canevas du modèle d'affaire du projet fabrication de bio engrais a base d'algues marines

Résumé

Cette recherche s'est concentrée sur les algues marines de la région de Tipaza (Aïn Tagourait) dans le but d'étudier leur taxonomie et d'explorer leurs utilisations potentielles. Trois espèces de macroalgues ont été examinées, chacune appartenant à un groupe taxonomique distinct : Rhodophytes, Chromophytes et Chlorophytes. À travers une revue de la littérature, il a été démontré que ces espèces offrent des opportunités intéressantes pour divers secteurs. Les résultats constituent une première étape vers la compréhension et l'exploitation de la biodiversité algale des côtes algériennes.

ملخص

ركز هذا البحث على دراسة الطحالب البحرية في منطقة تيبازة (عين تاقوراء) بهدف دراسة تصنيفها واستكشاف استخداماتها المحتملة. تم فحص ثلاث أنواع من الطحالب الكبيرة، كل منها تنتمي إلى مجموعة تصنيفية مختلفة: الطحالب الحمراء، الطحالب البنية، والطحالب الخضراء. من خلال مراجعة الأدبيات، تبين أن هذه الأنواع توفر فرصًا واعدة لاستخدامها في مجالات متنوعة. تمثل النتائج خطوة أولى نحو فهم واستغلال التنوع البيولوجي للطحالب على السواحل الجزائرية.

Abstract

This research focused on the marine algae of the Tipaza region (Ain Tagourait) with the aim of studying their taxonomy and exploring their potential uses. Three species of macroalgae were examined, each belonging to a distinct taxonomic group: Rhodophytes, Chromophytes, and Chlorophytes. Through a comprehensive review of the literature, it was found that these species offer promising opportunities for use in multiple industries. The results represent an initial step toward understanding and utilizing the rich algal biodiversity along Algeria's coastlines.

