



DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

Snoussi Nasreddine

Chibani Fethi

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN HYDROBIOLOGIE MARINE ET CONTINENTALE

Spécialité: BIORESSOURCES MARINES

THÈME

**Contribution à l'étude de quelques paramètres
biochimiques et éco-toxicologiques d'une algue
verte (*Ulva lactuca*)**

Soutenue publiquement le 03/07/2018

DEVANT LE JURY

Président	Mme. Benzidane	MAA	U. Mostaganem
Encadreur	Mme. Borsali Sofia	MCB	U. Mostaganem
Examineurs	Mr bekkada	MAA	U. Mostaganem

Thème réalisé au Laboratoire de chimie1 de l'Université de Mostaganem-

Résumé

Notre travail a pour objectif principal l'étude de la caractérisation de quelques éléments biochimiques et tout aussi bien de la contamination métallique par trois métaux trace à savoir le Zinc, le Cuivre et le Plomb, au niveau de l'algue verte *Ulva lactuca* sp de la plage Sidi El Adjel au niveau de la côte ouest algérienne.

Les résultats indiquent un rendement élevé en extrait brut 7.9% pour Méthanol et 2% pour éther de pétrole. Par ailleurs, l'algue verte *Ulva lactuca* sp se caractérise par un taux important en poly-phénols totaux 0.383mg EAG/g MS.

L'étude du pouvoir antioxydant par deux méthodes, le piégeage du radical DPPH, et la quantification de la capacité antioxydante totale, révèle la présence de propriétés antioxydantes pour l'extrait étudié.

L'évaluation de l'échantillon démontre que l'algue verte étudiée est pauvre en lipides dont la teneur est évaluée à (5.5%).

L'analyse biochimique indique que les algues présentent l'avantage d'être riches en protéines et en cendres brutes dont les teneurs sont de l'ordre de (30.6%) et (22%) respectivement.

Pour ce qui est de la contamination métallique, notre algue verte affiche des teneurs plus importantes en zinc suivi du cuivre puis du plomb, cependant ces taux restent relativement discutables vu la période courte de notre échantillonnage.

L'ensemble de ces résultats obtenus *in vitro* ne constitue qu'une première étape dans la recherche de substances naturelles biologiquement actives à partir d'algues marines. Des études complémentaires à long terme doivent être envisagées pour confirmer la bio-activité des algues marines ainsi que leur pouvoir bio-accumulateur.

Mots clés: Algues, *Ulva lactuca*, composés phénoliques, pouvoir antioxydant, *Artémia salina* toxicité, plage Sidi Ladjel.

Abstract

Our main objective is the study of the characterization of some biochemical elements and also of the metallic contamination by three trace metals namely Zinc, Copper and Lead, at the level of the green alga *Ulva lactuca* sp. the Sidi El Adjel beach on the Algerian west coast.

The results indicate a high yield of crude extract 7.9% for methanol and 2% for petroleum ether. Moreover, the green alga *Ulva lactuca* sp is characterized by a high content of total polyphenols 0.383 mg EAG / g MS.

The study of the antioxidant power by two methods, the trapping of the radical DPPH, and the quantification of the total antioxidant capacity, reveals the presence of antioxidant properties for the studied extract.

The evaluation of the sample shows that the green alga studied is low in lipids whose content is evaluated at (5.5%).

Biochemical analysis indicates that algae have the advantage of being rich in protein and raw ash with contents of about (30.6%) and (22%) respectively.

With regard to metallic contamination, our green alga has higher levels of zinc followed by copper and then lead, however these rates remain relatively questionable given the short period of our sampling.

All these results obtained in vitro are only a first step in the search for biologically active natural substances from marine algae. Further long-term studies should be considered to confirm the bio-activity of seaweeds as well as their bioaccumulation capacity.

Key words: Algae, *Ulva lactuca*, phenolic compounds, antioxidant power, *Artemia salina* toxicity, Sidi Ladjel beach.

Liste des abréviations

DPPH : Radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl

(H₃PW₁₂O₄₀) : d'un mélange d'acide phospho-tungstique

(H₃PMO₁₂O₄₀) : d'acide phospho-molybdique

CACO₃ : Carbonates de calcium

NaCl : Chlorure de sodium

(NH₄)₂SO₄ : Sulfate d'ammonium

NH₃ : Ammoniaque

(K₂SO₄) : catalyseur

DMSO : Sulfoxyde de diméthyle

GNL2 / Z : Sonatrach complexe

CAT : Capacité antioxydante totale

EAG : Equivalent d'acide gallique.

IC₅₀ : Concentration permettant d'inhiber 50 % du radical DPPH

EA : Équivalent d'acide gallique

MS : Matière sèche

MF : Matière fraîche

h : Heure

min : minute

Mg : Milligramme

g : Gramme

mm : Millimètre

µm : Micromètre

nm : Nanomètre

V : Volume

µl : Microlitre

ml : Millilitre

[C] : Concentration

°C : Degré Celsius

MG % : Le pourcentage des lipides totaux

N(%) : La teneur en azote

% M : Le pourcentage de mortalité de Artémia

Rdt % : Rendement des extraits

Liste des figure

Figure 1: Photographie Le genre *Ulva lactuca* au niveau de la plage sidi laadjel (1076 × 861)

Figure 2 : Photographie Le genre *Cystoseira, cystoseira amentacea* au niveau de la plage sidi laadjel (1076 × 861)

Figure 3: *Osmundea pinnatifida* (HudsonStackhouse, 1809)

Figure 4: Cycle de reproduction d'*Ulva lactuca* (De Riviers, 2002)

Figure 5 : algue verte (*ulva lactuca*)

Figure 6 : Images microscopiques d'*Ulva lactuca* C .*Agardh.* (Le goff T.)

Figure 7: Carte représentative de la distribution mondiale de l'algue verte *Ulva lactuca*

Figure 8 : Formes adultes de l'Artémia (Abatzopoulos et al., 2010) A : Adule femelle ; B : Adulte mâle

Figure 9 : Schéma des adultes : mâles et femelles de l'Artémia (d'après Khemakhem., 1988)
A : mâle ; B : femelle

Figure 10 : cycle de vie de l'*Artemia* (Defaye et al. 1998).

Figure 11 : Cyste d'*Artemia* (Dahloum, 2007).

Figure 12 : Nauplie Source : (Curto E.D., 2006).

Materiel et méthodes

Figure 13:

A : Vue satellitaire du site de prélèvement (commune de khadra)

B : Site du prélèvement des algues (plage de Sidi Ladjel).

Figure 14 : Séchage et broyage des algues échantillonnées

Figure 15 : Extracteur de Soxhlet

Figure 16: poids des ballons d'extraction

Figure 17 : broyage total d'*ulva lactuca* sp

Figure 18 : pesée de 10g de l'algue

figure 19 : filtration du mélange

Figure 20 : la séparation des deux phases

Figure 21 : Le poids des ballons vide et plein

Figure 22 : Appareil de KJELDAHL

Figure 23 : Le matériel en utilise selon la méthode de Kjeldahl

Figure 24 : Etape de la minéralisation de la matière organique

Figure 25 : distillation de l'amoniaque

Figure 26 : titrage de distillation avec acide sulfurique

Figure 27 : Appareillage de La teneur en eau

Figure 27 : appareillage des cendres brutes

Figure 28 : Schéma de séparation selon le diamètre dans une saumure

Figure 29: Séparation selon la densité dans l'eau douce

Figure 30 : Séchages des cystes dans l'étuve.

Figure 31 : Elevage de l'*Artémia salina*

Figure 32 : Teste de létalité DL_{50}

Figure 33 : dosage de dpph totaux

Resultat et discussion

Figure 34 : Pourcentage d'inhibition du DPPH par l'extrait De l'*Ulva lactuca sp*

Figure 35 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des phénols totaux

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques importantes des groupes d'algues (Géraldine et Céline, 2009)	05
Tableau 2 : Composition en acide amines totaux chez <i>Ulva lactuca</i> (Taboada C. 2009 et Shuuluka D. 2013)	17
Tableau 3 : Concentrations des solutions mères (S ₁ , S ₂ , S ₃) de la gamme étalon	59
Tableau 4 : Les différentes caractéristiques de la méthode du soxhlet	62
Tableau 5 : Résultat de l'activité de toxicité	63
Tableau 6 : Valeurs DL ₅₀ des extraits de <i>Ulva lactuca sp</i>	64
Tableau 7 : l'acide gallique pour le dosage des phénols totaux	67
Tableau 8 : Teneurs en chlorophylles (a), (b) et caroténoïdes.	69
Tableau 9 : Concentrations moyennes des métaux lourds en µg/g de poids sec chez l'algue verte <i>Ulva lactuca</i> de Sidi Laadjel.	69

SOMMAIRE

Liste Des abréviations	
Liste Des figures	
Liste Des Tableaux	
INTRODUCTION	01
CHAPITRE I	
Partie 1 : les algues	
I. Définition.....	04
I.1. Classification des algues	04
I.1.1. Les algues vertes (Chlorophycées.....	05
I.1.2. Les algues brunes (Phéophycées.....	06
I.1.3. Les algues rouges (Rhodophycées.....	07
I.1.4. Les Cyanobactéries.....	07
I.2. Facteurs de répartition et habitat des algues.....	08
1.2.1. La lumière.....	08
I.2.2. Le substrat (ou support)	08
I.2.3. Les facteurs hydrodynamiques.....	09
I.2.4. La température.....	09
I.2.5. La salinité de l'eau.....	09
I.2.6. Reproduction des algues.....	09
I.3. Caractéristiques nutritionnelles des macro-algues.....	10
I.3.1. Composition chimique.....	10
I.3.2. La fraction minérale.....	11
I.3.3. Les polysaccharides.....	11
I.3.4. Les protéines.....	11
I.3.5. Les lipides.....	12
I.3.6. Les vitamines.....	12
I.3.7. Les caroténoïdes.....	12
I.3.8. Les polyphénols.....	12
I.4. Caractéristique de l'<i>Ulva lactuca</i>.....	13
I.4.1. Identification et caractéristiques.....	13
I.4.1.1. Classification	13
I.4.1.2. Description de <i>Ulva lactuca</i>.....	13
I.4.1.3. Habitat et Distribution	14
I.4.1.4. Reproduction.....	15
I.4.2. Composition Biochimique	16
I.4.2.1. Les protéines et aminoacides	16
I.4.2.2. Les lipides et acide gras.....	17
I.4.2.3. Les polysaccharides et fibres alimentaires	18
I.4.2.4. Les vitamines et les minéraux	18
I.4.2.5. Les pigments et les composés phénoliques	19
I.4.2.6. L'eau.....	19
I.4.2.7. Les cendres	20
I.4.3. Applications et effets biologiques	20

I.4.3.1. Utilisation alimentaire	20
I.4.3.2. Utilisation thérapeutique	21
I.5. La pollution marine en Algérie	21
I.5.1. Les métaux lourds dans le milieu marin	21
I.5.2. Sources des métaux lourds	22
Sources naturelles	22
Sources anthropiques	22
I.5.3. La toxicité des métaux lourds.....	22
I.6. Présentation des métaux étudiés.....	22
I.6.1. Le Cuivre	22
Utilisations	23
Toxicité	23
I.6.2. Zinc	23
Utilisations	23
Toxicité	23
I.6.3. Le Plomb	23
Utilisations	23
Toxicité	24
I.7. Les algues comme bio indicateurs.....	24
Partie II : Présentation de l'Artémia	26
II.1. Biologie et écologie d'Artémia	26
II.1.1. Morphologie.....	26
II.1.2. Anatomie.....	27
II.1.2.1. La tête	27
II.1.2.2. Le thorax	27
II.1.2.3. L'abdomen.....	27
II.1.3. Classification systématique	29
II.1.4. Taxonomie.....	29
II.1.5. Le cycle de vie.....	30
II.1.6. Reproduction	30
II.1.7. Le cyste.....	31
II.1.8. La structure de cyste d' <i>Artemia</i>	31
le chorion.....	31
la cuticule membranaire	32
La cuticule embryonnaire.....	32
II.1.9. Les conditions de formation des cystes.....	32
II.1.10. Le nauplius.....	32
II.1.11. L'intérêt de l' <i>Artemia</i>	32
II.1.12. Utilisation de l' <i>Artemia</i> en aquaculture	32
II.2. Ecologie.....	33
II.2.1. Composition ionique et salinité.....	33
II.2.2. Température.....	33
II.2.3. Oxygène.....	34
II.2.4. Ph.....	34

II.2.5. Dispersion.....	34
II.3. Compétition, Prédation et Parasitisme.....	34
II.4. Alimentation.....	34
II.5. Exploitation intensive de l'Artémia	35
II.6. Régime alimentaire.....	35

CHAPITRE II

Matériel et méthode

I. Présentation du site échantillonnage.....	37
1. Présentation de plage	37
1.1. Cadre physique	37
1.2. Echantillonnage des algues.....	37
2. Extraction de l'extrait d'algue.....	39
3. Etude quantitative et nutritionnelle	39
3.1. Rendement des extraits	39
3.2. Dosage des poly-phénols totaux	40
3.3. Extraction et dosage des pigments photosynthétiques	41
3.4. Dosage des lipides totaux	42
Principe.....	42
Mode opératoire	42
4. Détermination des protéines brutes	44
Principe de la méthode	45
Réactifs et appareillage	45
Pour le matériel en utilise	46
4.1. Mode opératoire	46
4.1.1. Minéralisation de la matière organique	46
4.1.2. Distillation de l'ammoniaque	47
4.1.3. Titrage.....	48
4.1.4. Calcul de la teneur en azote	48
4.1.5. Calcul de la teneur en protéines brutes	49
5. La teneur en eau.....	49
Principe de la méthode	49
Appareillage	49
5.1. Mode opératoire	49
Mode de calcul.....	49
6. Détermination des cendres brutes.....	50
Principe de la méthode	50
Appareillage.....	50
6.1. Mode opératoire	50
Mode de calcul	51
7. Echantillonnages des cystes.....	51
7.1. Traitement des cystes	51
7.2. Séparation selon le diamètre	51
7.3. Séparation selon le diamètre dans une saumure	52
7.4. Lavage à l'eau douce	52

7.5. Séparation selon la densité en eau douce	53
7.6. Le séchage et conservation	53
7.7. Incubation et éclosion des cystes	54
8. Le test de dose de létalité d' <i>Artémia salina</i> DL ₅₀	55
9. Le pouvoir antioxydant des extraits d' <i>Ulva lactuca</i>	56
Principe de la méthode DPPH	56
9.1. Mode opératoire	56
9.2. Détermination IC ₅₀	57
10. Protocole d'extraction des métaux lourds.....	58
10.1. Dosage des métaux lourds par Spectrophotométrie d'Absorption Atomique avec flamme	58
Principe	58
Etalonnage.....	59

CHAPITRE III

I. Résultats et Discussion	61
1. Teneur en eau	61
2. Teneur en cendres brutes	61
3. Rendement en extrait brut	61
4. Résultats de l'extraction dans différents types de solvants selon la polarité et le nombre de cycle	62
5. Tests de toxicité DL 50	65
6. Activité anti radicalaire	66
7. Teneur en poly-phénols totaux	66
8. Teneur en lipides totaux.....	68
9. Teneur en protéines brutes.....	68
10. Les pigments Photosynthétiques	69
11. Contamination par les métaux lourds	69
12. Conclusion	71

Introduction

Le milieu marin et les organismes qui l'habitent constituent une source importante de Molécules actives à structure chimique originale (**Glombitza et al., 1979 ; Smit, 2004**) ; Parmi ces organismes marins figure les algues, qui sont le plus souvent fixées sur un substrat (**Paul et Fenical, 1987 ; Steinberg et Schneider ,1997**).

Ils sont définies comme étant des organismes photosynthétiques simples, typiquement autotrophes, pluri ou unicellulaires et sont considérées comme source de vie dans l'océan puisqu'elles y produisent l'oxygène (**Cabioc'H J. 1992 ; Floc'h J. Y. 2010**) ; ainsi qu' un énorme réservoir de molécules naturelles potentiellement actives (**Rajeev et Xu ,2004 ; Blunt et al ; 2009**) étant capables de produire des substances dont l'action constitue dans certains cas, un élément de protection contre les prédateurs naturel (**Valls et al., 1993 ; Manéchal et al ., 2004 ; Charles ,2008 ; Younes F et al., 2009**).

Ils sont utilisées dans le monde depuis des millénaires comme une source d'alimentation par les populations littorales pour leurs hautes valeurs nutritives, qui se justifie par: la présence d'une fraction minérale variée et abondante, qui constitue un apport important de macro-éléments et oligoéléments, des protéines en quantités non négligeables, en général bien équilibrées en acides aminés, un contenu vitaminique varié où la plupart des vitamines sont représentées, une fraction lipidique faible mais, cependant, dans certaines espèces riche en acides gras polyinsaturés ; En outre, c'est devenu une application de routine dans certains pays en tant que complément en alimentation animale, plus particulièrement en alimentation des ruminants.

Arieli et al, (1993) ont montré que l'algue verte *Ulva lactuca* est un complément alimentaire intéressant pour les moutons mais pas pour les volailles, alors que **Ventura et Castanon, (1998)** ont affirmé qu'il s'agit d'un substrat de qualité moyenne pour les chèvres avec une haute teneur en protéines. Parallèlement à cette tendance il serait intéressant de remplacer les conservateurs synthétiques par des substances d'origine naturelle ces conservateurs naturels peuvent provenir des plantes, des micro-algues et des macro-algues (**Santoyo S et al., 2009**).

Suite a l'intensité des activités anthropiques (la pollution du milieu marin, la pêche irresponsable, l'urbanisation anarchique du littoral, etc.) qui ont rendu les écosystèmes méditerranéens dangereusement vulnérables, résulte la pollution marine dû aux différents rejets de déchets organiques et toxiques, en particulier par les métaux lourds, qui arrivent dans le milieu marin par le vecteur des voies fluviales, des vents.

Introduction

Face à cette situation inquiétante, des études ont été menées afin de connaître la qualité de ces rejets et ont pu mettre en évidence la présence de contaminants dangereux tels que les métaux lourds,

Pour cela notre étude s'intéresse essentiellement de contribuer d'un point de vue nutritionnel et d'avoir un aperçu basique sur la présence des métaux au sein de ce tissu algal.

Notre objectif est d'évaluer quelques qualités nutritionnelles et l'accumulation de quatre métaux (le cuivre, le zinc le plomb) dans notre échantillon d'algue *Ulva lactuca*, qui pour ce fait ont subi une minéralisation puis une analyse par spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme (SAAf).

Le présent travail comporte quatre chapitres :

- Le premier chapitre est une synthèse bibliographique divisé en deux parties, au niveau desquelles on a présenté l'essentiel de la biologie de nos deux matériels biologiques utilisés à savoir l'algue verte *Ulva lactuca* et l'*Artémia salina*
- Le deuxième chapitre dans lequel on a résumé l'essentiel de notre étude, on a présenté le site de notre collecte, les différents paramètres pris en considération dans cette étude et enfin le test de toxicité
- Au niveau du troisième chapitre, on a présenté l'essentiel des résultats obtenus leurs interprétations.
- Enfin ce travail est achevé par une conclusion générale.

Partie I : présentation du phylum algale :**I. Définition :**

Les algues regroupent un ensemble de végétaux photosynthétiques très divers et dont l'appareil végétatif relativement simple est appelé «thalle». Celui-ci contient une structure à sa base (rhizoïdes, crampons, disques...) permettant l'ancrage de l'algue sur un support: une roche (algues épilithes), ou une plante (algues épiphytes), ou un animal (algues épibiontes) ou parfois même le sable. Le thalle présente une grande diversité de formes allant de lames simples à des structures plus complexes semblables à des tubes, des tiges et des feuilles ou encore des boules remplies d'eau. La texture est également très variée: certaines algues sont gélatineuses, voire de texture cartilagineuse ou spongieuse. Le nombre et le type de ramifications (insertion, organisation et hiérarchisation de ces ramifications par rapport à l'axe principal) sont des critères importants pour identifier les algues. Enfin, certaines algues présentent un thalle très rigide, suite à l'accumulation de carbonate de calcium ou aragonite, dans les parois de leurs cellules. Certaines algues rouges sont même presque entièrement calcifiées et forment des croûtes aussi dures que les rochers leur servant de support.

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 (**Garon-Lardiere, 2004**).

Elles ont des formes et des dimensions très variables. Certaines sont microscopiques et d'autres mesurent plusieurs mètres de longueur, mais elles ont toutes des caractères communs. Elles sont essentiellement aquatiques dans les eaux douces ou marines, et certaines vivent sur la neige ou la glace des régions polaires et des hautes montagnes. D'autres au contraire supportent dans les eaux des sources thermales des températures élevées (algues thermophiles). Elles comprennent 20 000 à 30 000 espèces dans le monde, soit 18% du règne végétal (**Ramade, 2009**).

I.1. Classification des algues :

Les algues sont très diversifiées et constituent un ensemble hétérogène dans la mesure où elles n'appartiennent pas toutes à une même voie d'évolution mais à des groupes phylogénétiques très différents, illustrée par les variations importantes dans leurs physiologies et métabolisme, reflétant une grande diversité génétique (**Cabioc'H J. 1992 ; Floc'h J. Y. 2010**)

De ce fait, on distingue les organismes eucaryotes uni- ou pluricellulaires avec une pigmentation rouge relative aux algues rouges, une pigmentation jaune relative aux algues

brunes, les algues vertes à pigmentation verte et les organismes procaryotes à savoir les bactéries bleues ou cyanobactéries communément appelées algues bleues (Floc'h J. Y. 2010; Garon-Lardiere S. 2004).

Tableau 1: Caractéristiques importantes des groupes d'algues
(Géraldine et Céline, 2009)

Embranchement (Règne)	Nom commun	Nombre d'espèces	Pigments
Chlorophytes (Protistes)	Algues vertes	7500	Chlorophylle (a,b) Xanthophylles Carotene
Phéophytes (plantes)	Algues brunes	1500 d'espèces	Chlorophyllr (a,c) Carotene
Phéophytes (plantes)	Algues rouges	3900 d'espèces	Chlorophylle (a,b) Xanthophylles Carotene Zéaxanthine Phycocyanine C Phycoérythrine
Phéophytes (plantes)	Algues bleues	15000 d'espèces	Chlorophyllr (a) Allophycocyanines Phycocyanine Phycoérythrine Phycoérythrocyanine

I.1.1. Les algues vertes (Chlorophycées) :

Elles sont de formes très variées, uni-ou pluricellulaires. Leurs plastes sont colorés en vert par les chlorophylles a et b, auxquelles sont associés des carotènes et des xanthophylles (Cf.Fig 1). La photosynthèse permet la formation d'amidon, comme pour les plantes supérieures, la plupart des algues vertes vivent en eau douce ou en milieux marins, mais certaines espèces peuvent également se développer sur terre. Elles jouent un rôle important dans l'oxygénation des eaux, favorisant ainsi la vie animale (Garon-Lardiere, 2004).



Figure1: Photographie Le genre *Ulva lactuca* au niveau de la plage Sidi laadjel (1076 × 861)

I.1.2. Les algues brunes (Phéophycées) :

La couleur brune de ces algues résulte de la dominance du pigment xanthophylle, la fucoxanthine, qui masque les autres pigments (chlorophylle a et c, ainsi que le bêta-carotène) (Cf.Fig 2).

Toutes possèdent une structure pluricellulaire, mais leurs dimensions varient depuis les éléments microscopiques jusqu'aux très grands spécimens. La grande majorité des algues brunes sont marines (Garon-Lardiere, 2004).



Figure2 : Photographie Le genre *Cystoseira*, *cystoseira amentacea* au niveau de la plage sidi laadjel (1076 × 861)

I.1.3. Les algues rouges (Rhodophycées) :

Les rhodophycées ou algues rouges forment un groupe très diversifié. Ces algues doivent leur couleur à la présence de plastides roses dans lesquels un pigment rouge, la phycoérythrine, est associé à plusieurs autres pigments dont les chlorophylles. La plupart de ces algues rouges sont pluricellulaires et marines, mais il existe quelques formes unicellulaires et quelques unes vivent également en eau douce. Les algues rouges sont divisées en deux groupes: celui des Bangiophycées (qualifiées de primitives) et celui des Floridéophycées (plus complexes) (Cf. Fig 3). Elles se distinguent généralement par leur cycle de reproduction particulièrement complexe (Garon-Lardiere, 2004).



Figure 3: *Osmundea pinnatifida* (HudsonStackhouse, 1809)

I.1.4. Les Cyanobactéries :

Les cyanobactéries ou les algues bleues sont constituées des colonies de taille, de forme et de couleur très variables. Comme les algues rouges, elles possèdent des pigments surnuméraires bleus (Phycocyanines) et rouges (Phycoérythrine) qui masquent la chlorophylle a. En dépit de leur nom ancien d'algues bleues, elles sont rarement bleues mais plus souvent rouges, vertes avec des reflets bleutés, violets, bruns, jaunes ou orangés. La plupart d'entre elles ont une consistance gélatineuse voire gluante en raison des mucilages qu'elles sécrètent (Garon-Lardiere, 2004).

I.2. Facteurs de répartition et habitat des algues :

Les algues étant photosynthétiques sont dépendantes de la présence de la lumière et nécessitant d'être fixées à un substrat, fait que, la texture, le degré de cohésion et la nature chimique du substrat ont une importance sur la répartition spatiale des espèces (**Schaechter, 2009**).

Selon les groupes et les espèces, les algues sont capables de coloniser presque tous les milieux (d'eaux presque pures aux eaux surchargées en minéraux, des eaux thermales aux glaciers, des eaux acides aux eaux alcalines, ainsi que dans le milieu terrestre). En milieu aquatique, elles peuvent être planctoniques (en suspension dans l'eau) ou benthiques (fixées ou en relation étroite avec le fond). Un même groupe d'algues peut être significativement représenté à la fois dans le plancton et le benthos (les algues vertes, les diatomées) ou être très majoritairement planctonique (les haptophytes) ou presque exclusivement benthique (les algues rouges et brunes) (**Brumo, 2016**).

I.2.1. La lumière :

Selon **Moreau A, 2002**, la lumière intervient sur l'algue de diverses façons: par l'intensité lumineuse, par la nature des radiations et par la durée des périodes de luminosité et d'obscurité. La quantité et la qualité de l'algue dépend de la pénétration de la lumière dans les masses d'eau. Elle peut favoriser ou freiner son développement. Les algues détiennent des pigments différents selon les espèces, qui interviennent dans la capture de la lumière. Elles ne font pas toutes le même usage des radiations lumineuses: certaines recherchent beaucoup de lumière et d'autre peu.

I.2.2. Le substrat (ou support) :

Les algues n'ont pas de racines et ne peuvent donc tirer aucune nourriture de leur support. Les éléments nutritifs viennent du milieu qui les baigne. Néanmoins, le substrat ou support joue un rôle par sa nature et ses caractéristiques et déterminera l'espèce qui viendra s'y fixer. Les roches calcaires par exemple, sont envahies par les algues perforantes microscopiques, ce qui leur confère une coloration spécifique. A l'inverse, certaines autres espèces fuiront le substrat calcaire (**Moreau A, 2002**).

En outre, le support peut être en eau profonde ou peu profonde comme sur les rochers, les constructions portuaires, les bouées ou les coques de bateaux. Elles peuvent aussi se développer sur un organisme vivant animal ou végétal (**Moreau A, 2002**).

I.2.3. Les facteurs hydrodynamiques :

Les vagues, les courants et les marées créent une agitation de l'eau de laquelle dépendent les réactions des algues. Ainsi, chaque espèce supporte différemment ces facteurs hydrodynamiques. Ceux-là agissent donc sur la composition des peuplements d'algues (Moreau A, 2002).

I.2.4. 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 (Moreau A, 2002).

I.2.5. 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 (Moreau A, 2002).

I.2.6. Reproduction des algues :

Dans de très nombreux cas, la reproduction des algues s'effectue par multiplication végétative. Il s'agit d'une multiplication sexuée qui consiste en la division d'une cellule isolée (cas des algues bleues), soit en une fragmentation de thalle aboutissant à la formation de plusieurs organismes identiques. Elle est souvent réalisée par la formation de cellules spécialisées: les spores. Les algues eucaryotes réalisent en plus une reproduction sexuée au cours de laquelle l'union de deux cellules reproductrices, ou gamètes, produit un œuf, ou zygote (Cf.Fig 4). La reproduction des algues se déroule ainsi selon une alternance de phases de reproduction asexuée assurée par les thalles (sporophytes), et de phases de reproduction sexuée, assurée par des thalles producteurs de gamètes (gamétophytes) (Garon-Lardiere, 2004).

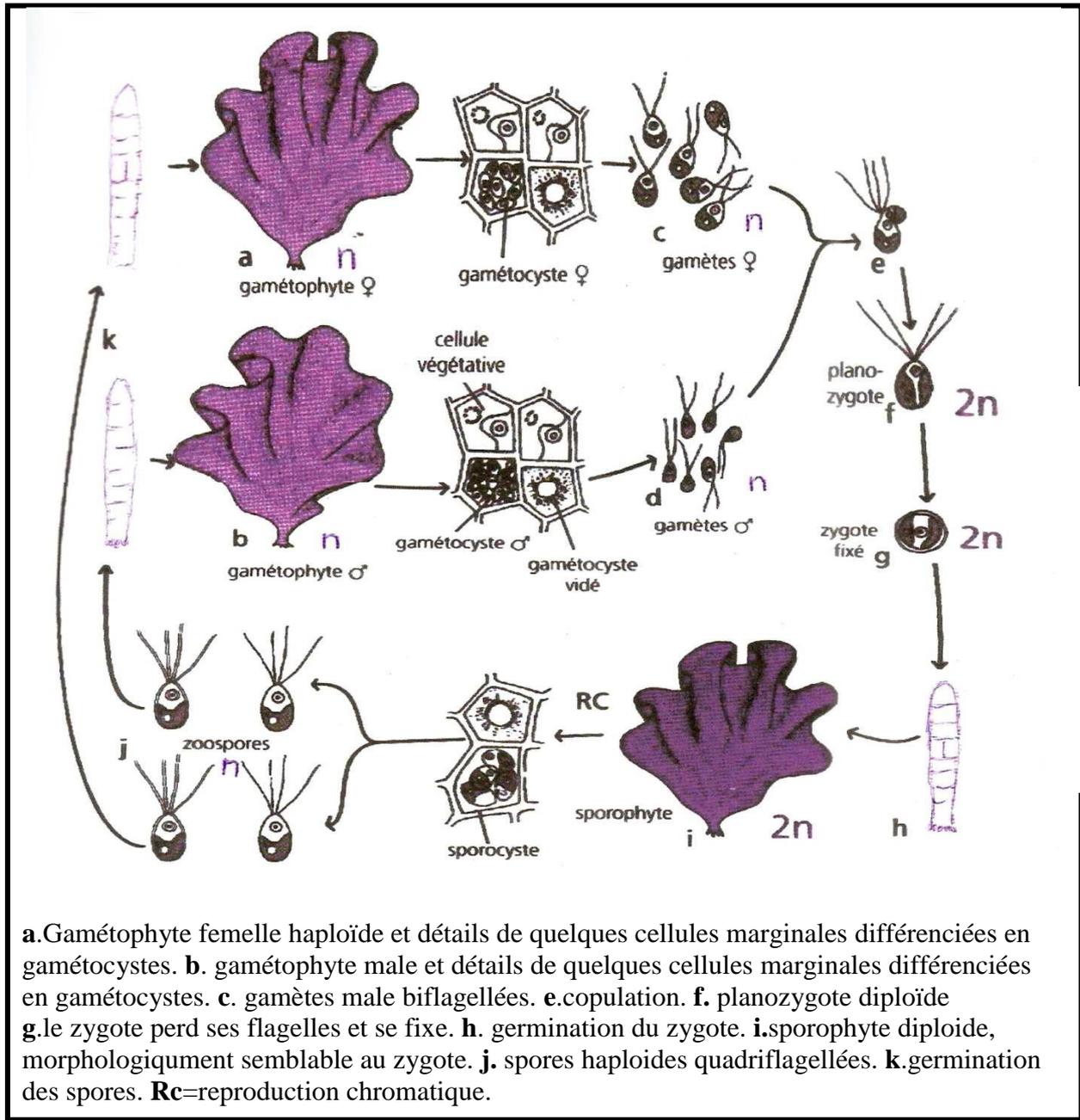


Figure 4: Cycle de reproduction d'*Ulva lactuca* (De Riviers, 2002)

I.3. Caractéristiques nutritionnelles des macro-algues :

I.3.1. Composition chimique :

La composition biochimique des macro-algues est très variable selon les espèces, la saison, les conditions de croissance et le stress (Kaimoussi *et al*, 2004; Ortiz *et al.*, 2006 ; Julie, 2010). Les algues se composent généralement de protéines, d'une faible quantité de lipides

comparée au fort pourcentage de glucides, qui sont essentiellement sous forme de polysaccharides tels que les alginates, les carraghénanes et les ulvanes (**Julie, 2010**); Elle varie suivant plusieurs facteurs:

I.3.2. La fraction minérale :

Les algues puisent dans la mer une richesse incomparable d'éléments minéraux très variés dont la teneur varie entre 8 et 40% (**Viguerie et al, 2002 ; MacArtain et al., 2007; Mabeau et Fleurence, 1993**) ; elle offre d'abord une grande diversité de macroéléments comme le sodium, calcium, magnésium, potassium, chlore, soufre, phosphore, mais également oligoéléments tels que l'iode, le fer, le zinc, le cuivre, le sélénium, le molybdène, ainsi que bien d'autres oligoéléments comme le fluor, le manganèse, le bore, le nickel, le cobalt **Marfaig, 2004**.

I.3.3. Les polysaccharides :

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

I.3.4. Les protéines :

La teneur en protéines des algues marines varie fortement entre les espèces et dépend des saisons et des conditions environnementales (**Dawczynski et al., 2007; De Oliveira et al., 2009**) ; Selon l'étude de Fleurence, 1999, elles varient entre 9 à 25% et sont élevés durant les périodes de fin d'hiver et de printemps et les faibles quantités sont observées durant les mois d'été.

Généralement, la fraction protéique des macro-algues brunes est faible (3 à 15% de la matière sèche) comparée à celle des macro-algues vertes et rouges (10-47% de la matière sèche) (**Arasaki et Arasaki, 1983 in Fleurence,1999**).

Chez certaines macro-algues telles que les espèces appartenant au genre *Ulva*, la teneur en protéines peut représenter de 10 à 26 % de la MS. L'espèce *Ulva lactuca* présente une teneur en protéines qui varie de 7,7 à 22,2% de MS (**Chermiti et al, 2003**).

I.3.5. Les lipides :

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

I.3.6. Les vitamines :

Les travaux concernant les teneurs en vitamines de différentes algues marines sont peu nombreux. Schiewer en 1970 et Marfaig en 2004, ont mené des études sur les proportions vitaminiques de plusieurs algues, ils ont démontré des différences non significatives entre les trois groupes d'algues (brunes, vertes et rouges). Cependant, des variations en vitamines chez une même espèce sont très élevées pour trois raisons :

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

Les principales vitamines sont:

- **-Vitamine B12:** Les algues contiennent une proportion non négligeable en vitamine B12, contrairement aux plantes terrestres qui en sont complètement dépourvues.
- **-Vitamine C:** La vitamine C est présente en quantités importantes dans certaines algues vertes et brunes, à des taux variant entre (500 et 3000mg/Kg sec) alors que les algues rouges ont des teneurs en vitamine C de l'ordre de (100 à 800 mg/Kg sec).
- **Vitamine E:** Les algues brunes sont plus riches en vitamine E que les algues vertes et rouges.

I.3.7. Les caroténoïdes :

La composition en caroténoïdes des algues vertes reste voisine de celle des plantes supérieures : Les principaux caroténoïdes présents sont le β - carotène, la lutéine, la violaxanthine, l'antheraxanthine, la zeaxanthine, et la neoxanthine. Un grand nombre d'études a démontré les propriétés antioxydantes des caroténoïdes algaux et le rôle qu'ils jouent dans la prévention de plusieurs pathologies liées au stress oxydatif (**Okuzumi et al, 1993; Yan et al., 1999 in Marfaig, 2004**).

I.3.8. Les polyphénols :

Certaines algues marines contiennent des polyphénols appelés aussi phlorotannins. Ces derniers constituent un groupe très hétérogène de molécules selon leur structure et leur degré

de polymérisation, fournissant ainsi une grande variété d'activités biologiques potentielles. Les teneurs les plus élevées sont retrouvées dans les algues brunes et varient entre 5 et 15% du poids sec (Marfaing, 2004).

I.4. Caractéristique de l'*Ulva lactuca* :

Le genre *Ulva*, appelée aussi laitue de mer, a été sélectionné «Algue de l'Année 2015» selon l'Institut de chimie inorganique et analytique en Allemagne. Ce sont des algues vertes trouvées dans les océans du monde entier. Elles peuvent se présenter sous forme de rubans ou tubulaires, et peuvent atteindre une taille de 20 à 30 cm (Wichard T. 2015)

I.4.1. Identification et caractéristiques :

I.4.1.1. Classification :

Le nom complet est *Ulva lactuca*. C'est une algue verte faisant partie avec d'autres espèces du genre *Ulva*, lui-même appartenant à la famille des *Ulvaceae*, l'ordre des *Ulvales*, la classe des *Ulvophyceae* incluse dans la division *Chlorophyta* (Botany 2001).

I.4.1.2. Description de *Ulva lactuca* :

Elle 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. Ce stipe, appelé aussi crampon par lequel l'algue se fixe à son support, est constitué par de petits rhizoïdes rigides (Botany 2001)

Ulva lactuca peut se retrouver sous forme de touffes ou le plus souvent de lames solitaires.(CF FIG 5/6) Ces dernières peuvent être plates ou ébouriffées avec de petites dents microscopiques sur les bords. Ce sont ces bords crénelés qui la distingue de l'espèce *Ulva rigida* (Botany 2001)

Elles peuvent également être ou non perforées. Leur taille est variable, en moyenne de 30 à 40 cm, et peut même atteindre 1 mètre si elles se trouvent dans des zones eutrophisées.

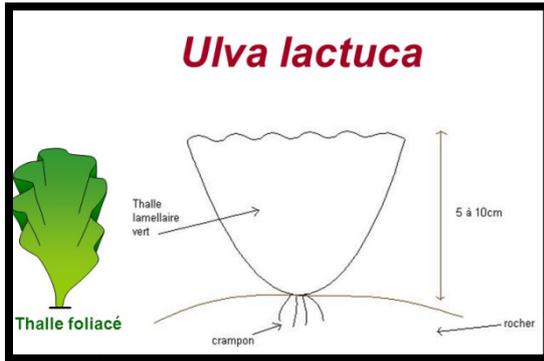


Figure 5 : algue verte (*Ulva lactuca*)

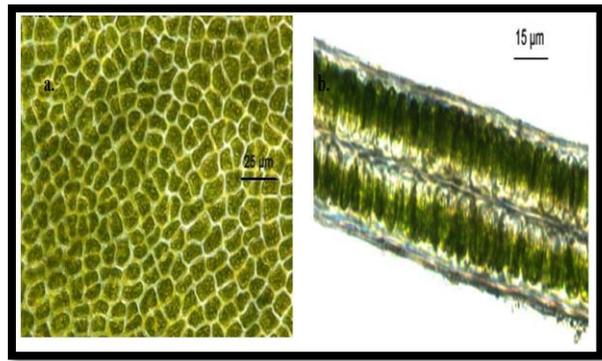


Figure 6 : Images microscopiques d'*Ulva lactuca* C .Agardh. (Le goff T.)

I.4.1.3. Habitat et Distribution :

Ulva lactuca est généralement fixée sur des roches dans des zones intertidale et sublittorale. 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)

Sa distribution est commune et elle est largement présente dans le monde comme la montre la carte au niveau de la Figure 7. Au niveau de la mer Méditerranée *U. lactuca* est la plus répandue des espèces du genre *Ulva* (mediterraneo 2015)

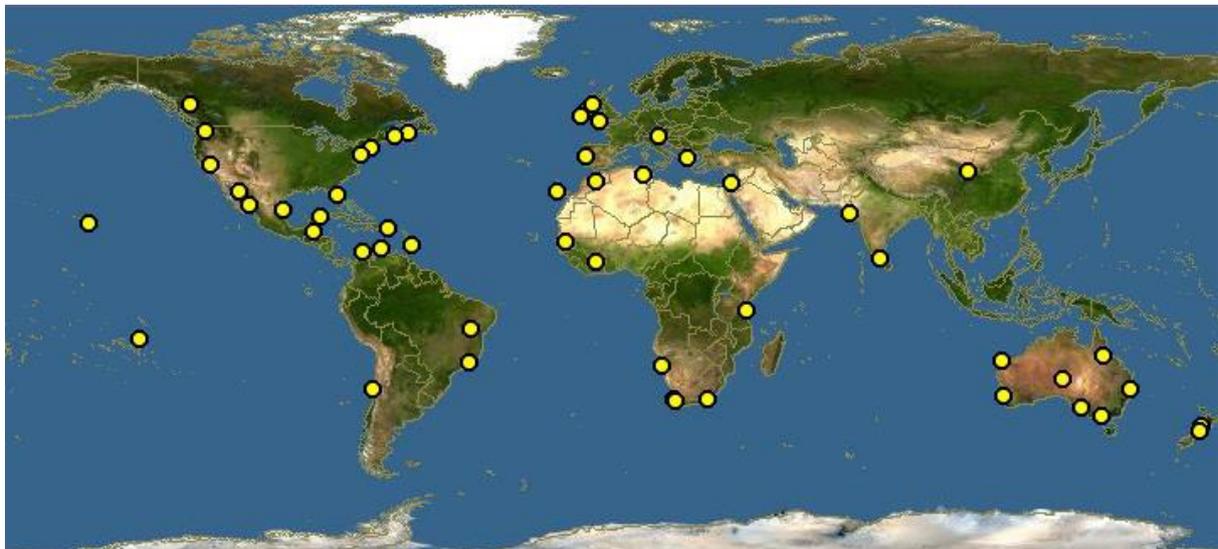


Figure 7 : Carte représentative de la distribution mondiale de l'algue verte *Ulva lactuca*. (facility 2013)

I.4.1.4. Reproduction :

Généralement la reproduction des algues s'effectue par multiplication végétative. Néanmoins, au cours de son cycle, qui atteint son apogée au printemps et en été, *Ulva* peut enchaîner une alternance de deux générations où tous les individus possèdent une morphologie presque identique mais différent en nombre de chromosomes (**Faller H. 2011**)

On distingue d'abord la reproduction asexuée qui consiste en la division du thalle. Cette fragmentation génère des organismes identiques appelés sporophytes marqués par une diploïdie. A la suite d'une méiose, on observe une production de zoospores quadri flagellés qui donnent naissance à des pieds mâles et femelles ou gamétophytes mâles et femelles haploïdes eux même producteurs de gamètes biflagellés (**Faller H. 2011; Garon-Lardiere S. 2004; Pettett P. 2009**)

C'est ainsi que provient la reproduction sexuée qui se traduit par l'union de deux de ces gamètes et la production d'un zygote à 2N (**Garon-Lardiere S. 2004**)

Par ailleurs, il est connu que chez les espèces *Ulva*, jusqu'à 60 % de leur biomasse est consacrée à la reproduction grâce à la grande capacité photosynthétique de leur cellules reproductrices (**Botany 2001**) ; Ceci dit, ceci dépend de signaux environnementaux tels que la photopériode, la température, le pH, la salinité, la disponibilité des nutriments et la déshydratation et de facteurs saisonniers puisque cette reproduction atteint son maximum au printemps (**biofuels 2015; Pettett P. 2009**). Notons à titre d'exemple le cas de l'algue verte *Ulva Spiralis*, dont le taux de croissance devient maximal sous une température optimale de 15°C, un pH optimal de 7.5, des conditions optimales de lumière variant entre 150 et 200 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ et en présence de concentrations optimales d'azote et de phosphore de 7.4 mg N . gDW⁻¹ d⁻¹ et 0.6 g / m³, respectivement (**Biofuels 2015**).

Chez *Ulva lactuca*, la température optimale à son développement est située aux alentours de 17°C tandis que la valeur optimale de lumière incidente pour une bonne croissance de l'algue varie entre 400 et 500 $\mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Ce taux de croissance se voit diminué lors d'une carence en phosphore (**Casabianca M.L. 2002**)

Il est à noter également que plusieurs études ont rapporté que la reproduction est aussi dépendante du cycle lunaire (**Pettett P. 2009**). En effet, cette observation, espèce-dépendante a été faite par Christie et Evans et par Luning chez *Ulva Intestinalis* et *Ulva Pseudocurvata* (**Christie A.O. 1962; Luning K. 2008**)

D'une façon générale, il est important de pouvoir contrôler la production de la biomasse algale afin d'éviter les effets nuisibles que cela pourrait apporter à l'environnement via

l'apparition du phénomène de la marée verte (**biofuels 2015**) De plus, il a été rapporté qu'*Ulva* constitue environ 25% de la production d'algues vertes mondiale (**Padua M. 2004**).

I.4.2. Composition Biochimique :

La biodiversité extraordinaire du monde marin se traduit par de nombreux composés biologiquement actifs. Les organismes marins tels que les plantes, les animaux et les algues sont parfois exposés à des conditions extrêmes de température, pH, salinité, pression, lumière et autres ce qui rend leur survie dans ces habitats complexes un véritable défi quotidien (**Hamed I. 2014; Ilknur Z. 2015**).

C'est dans ce contexte, que plusieurs études ont porté sur l'identification et l'analyse des composés des algues, dont l'algue verte *Ulva lactuca* afin de mieux les valoriser industriellement.

I.4.2.1. Les protéines et aminoacides :

Plusieurs études se sont focalisées sur la composition biochimique d'*ulva lactuca*. Le contenu en protéines varie considérablement d'une étude à une autre **Satpati G. 2011** a rapporté un taux faible équivalent à 6,64% sur une récolte du Lac Chilka en Inde, tandis que **Taboada C. 2009** et sur la même espèce récoltée en Espagne, a trouvé une valeur de 17, 8 En Turquie, la teneur en protéines varie selon la station de récolte et selon les saisons, on note que sa valeur a été enregistrée entre 4,81% et 21,21% avec le niveau le plus élevé en période d'été à (21,21%) et le plus bas aussi en été à (4,81%). Une augmentation de la teneur en protéines a été observée au niveau de certaines stations en raison de la pollution ainsi que suite à une baisse de la température de l'eau de mer (**İrkin C. L. 2014**)

Une étude faite en 2001 par Rouxel et col. sur *U. lactuca*, récoltée sur les côtes françaises, a montré également que le taux de protéines varie en fonction des saisons (entre 11,3% et 23,6%) et atteint son maximum pendant le mois de décembre (23,6%) (**Rouxel C. 2001b**). A l'opposé, une autre étude a mis en évidence des teneurs en protéines plus élevées entre février et mai avec une valeur moyenne de 4,6% seulement (valeur obtenue par dosage Bradford) (**Ivanova V. 2013**)

Les variations saisonnières de la teneur en protéines ont également été signalées pour d'autres espèces, y compris *Ulva rigida* (**Padua M. 2004; Shuuluka D. 2013**)

Une étude faite en Tunisie sur la même espèce, a rapporté quant à elle un contenu total en protéines variable de 9,37% à 14,5% selon le solvant d'extraction (**Mezghani S. 2013a**)

C'est la proportion et la disponibilité des acides aminés d'une protéine qui déterminent sa qualité nutritionnelle (**Taboada C. 2009**) ; La composition en acides aminés (aa) et leurs

teneurs respectives chez *Ulva lactuca* est résumée dans le tableau 2 (Taboada C. 2009) (Shuuluka D. 2013).

Tableau 2 : Composition en acide amines totaux chez *Ulva lactuca* (Taboada C. 2009 et Shuuluka D. 2013)

Acide aminé	g d'A.A/100 g protéine (Shuuluka D. 2013)	g d'A.A/ Kg protéine (Taboada C. 2009)
Isoleucine	3.1±0.2	37.21
Leucine	5.2±0.2	66.34
Lysine	3.7±0.3	34.85
Méthionine	1.5±0.2	20.34
Cystéine	1.1±0.1	9.99
Phénylalanine	3.3±0.2	47.83
Tyrosine	2.2±0.2	37.83
Threonine	5.0±0.3	31.66
Valine	5.6±0.4	45.40
Histidine	1.4±0.2	16.21
Acide Aspartique	13.0±1.1	76.32
Acide Glutamique	9.4±1.0	97.92
Proline	3±0.4	24.30
Serine	6.1±0.8	33.96
Glycine	7.8±0.2	49.82
Alanine	12.3±0.7	60.50
Arginine	4.6±0.5	90.88
Ammonia	1.2±0.1	-

I.4.2.2. Les lipides et acide gras :

Les lipides ne représentent que 1-5% de la matière sèche chez les algues. Ces dernières sont riches en acides gras polyinsaturés particulièrement les acides omégas 3 et oméga 6 qui jouent un rôle important dans la prévention des maladies cardio-vasculaires, l'arthrose et le diabète (Ivanova V. 2013)

Le contenu total en lipides chez *Ulva lactuca* présente des différences selon les études, allant de 0,79 à 12% (Ilknur Z. 2015; Ivanova V. 2013; Satpati G. 2011)

Cette teneur en lipides est fonction de facteurs environnementaux, des techniques de culture, de la composition du milieu de culture et des espèces, cependant elle constitue une source potentielle de lipides simples et de glycolipides qui varie aussi selon l'espèce, l'habitat, la lumière, la salinité et la pollution (**Kim M. 1996; Chirapart 2006; Satpati G. 2011; Ilknur Z. 2015**).

ce qui leur confère une protection contre les maladies cardiovasculaires même si les travaux de Ivanova et coll contredisent cette affirmation (**Ivanova V. 2013; Satpati G. 2011**)

I.4.2.3. Les polysaccharides et fibres alimentaires :

Les algues sont généralement riches en carbohydrates (jusqu'à 22% de la matière sèche pour *U. lactuca*) (**Satpati G. 2011**). *U. lactuca* est caractérisée par un pourcentage élevé de fibres alimentaires polysaccharidiques résistantes aux enzymes digestives humaines endogènes, Elles sont utiles pour leurs propriétés fonctionnelles et / ou biologiques comme ingrédients bioactifs potentiels dans les aliments mais aussi dans la fabrication du compost, du papier, pour leur capacité de gélification ou leurs activités anti-virales (**Lahaye M. 1995; Yaich H. 2015**)

Les principaux polysaccharides d'*Ulva lactuca* sont les ulvanes qui sont des polysaccharides sulfatés dont la composition et la structure dépendent des conditions d'extraction.

I.4.2.4. Les vitamines et les minéraux :

Les vitamines sont nécessaires pour le corps humain afin de pouvoir assurer diverses fonctions physiologiques. *U. lactuca* comme la plupart des algues est source de vitamines du groupe B (B1, B2 et B12) (**Hamed I. 2014**). Cette algue pourrait représenter une source essentielle de vitamine B12 pour les humains, en particulier pour les végétariens stricts, qui sont couramment déficients en cette vitamine (**Watanabe F. 1999**). La vitamine A est néanmoins la plus abondante, bien que la vitamine E et la vitamine C soient présentes en grandes quantités également (**Taboada C. 2009**).

Les algues sont très riches en minéraux essentiels et en oligo-éléments tels que le calcium, le sodium, le potassium et le magnésium (**Hamed I. 2014**). L'analyse de la composition minérale d'*ulva lactuca* a montré un contenu équilibré en sodium et en potassium respectivement 15,9 et 15,6 g kg⁻¹), ce qui est intéressant d'un point de vue nutritif. La concentration en magnésium est équivalente à 20,94 g kg (**Taboada C. 2009**).

Les algues sont une des sources végétales les plus importantes en calcium puisque leur contenu en Ca et P dépasse celui des pommes, des oranges, des carottes et des patates (**Hamed I. 2014**) ; En effet selon **Taboada C. 2009**, la concentration en calcium est de

l'ordre de 5,24 g kg⁻¹, Ce qui se révèle très intéressant si on considère que c'est un élément minéral indispensable du fait de son implication dans la formation des os et dans le développement et l'entretien de tissus calcifiés dentaires (**Hamed I. 2014**).

L'une des caractéristiques les plus marquées des algues marines est leur forte teneur en iode, qui est un nutriment important dans la régulation du métabolisme et de la croissance (**Hamed I. 2014; Taboada C. 2009**).

Ulva lactuca est également riche en fer (2 à 7 g kg⁻¹) (**Taboada C. 2009**) et cette teneur atteint même 77 g kg⁻¹ selon Sirbu et coll 2006. Ce qui en fait un excellent aliment pour l'apport en fer (**Sirbu R. 2006**).

I.4.2.5. Les pigments et les composés phénoliques :

Les pigments photosynthétiques sont des composés bioactifs qui sont capables de capter l'énergie solaire. La couleur des algues est due à la présence ou absence de pigments chlorophylliens représentés par quatre types de chlorophylles qui diffèrent par de légères modifications structurales (**Sirbu R. 2006 ; Hamed I. 2014**).

On distingue, surtout la chlorophylle **a** dont la présence est nécessaire à la photosynthèse chez toutes les algues photosynthétiques et la chlorophylle **b**, dans un rapport des formes **a** et **b** de 4:3, selon les études de **Satpati G. 2011** et **Sirbu R. 2006**, le contenu en chlorophylle chez *Ulva lactuca* est de 0,77 mg/g.

Outre la chlorophylle on trouve aussi des pigments caroténoïdes. Ceux-ci se caractérisent par une structure chimique complexe, et confèrent une couleur jaune-rougeâtre aux algues (**Sirbu R. 2006**).

Les composés phénoliques sont généralement trouvés dans les écosystèmes terrestres, les plantes marines, les micro et macro-algues (**Trigui M. 2013**) ; Ils sont susceptibles de présenter différentes activités biologiques y compris des propriétés anti-oxydantes et antimicrobiennes. Selon **Bravo L. (1998)** il existe au moins 8000 polyphénols bioactifs différents.

L'étude de **Trigui M. (2013)** avance que le contenu phénolique total chez *U. lactuca* est de l'ordre de 9mg PHG g⁻¹ (mg d'équivalent d'acide phloroglucinol par g d'extrait d'algue sèche).

I.4.2.6. L'eau :

Les algues sont généralement constituées à 90% d'eau, localisée dans la vacuole de la cellule, ainsi que dans le cytoplasme et la paroi cellulaire (**Faller H. 2011**) ; Il a été rapporté qu'*Ulva lactuca* contient entre 76% et 83,56% d'eau selon **Ilknur Z. (2015)** et **Satpati G. (2011)**,

cette valeur est variable en fonction des nutriments présents dans le milieu. Une diminution de la teneur en eau a été enregistrée en présence d'une source de carbone, alors que l'ajout de nitrate dans le milieu l'augmente considérablement (**Ilknur Z. 2015**)

I.4.2.7. Les cendre :

Les teneurs en cendres dans les algues sont plus élevées que dans les plantes terrestres. La teneur en cendre chez *Ulva lactuca* change d'une étude à une autre et varie entre 11 et 35% Ces valeurs montrent des différences significatives selon l'habitat et le milieu chez le genre *Ulva*, cette teneur est espèce dépendante (**Ilknur Z. 2015; İrkin C. L. 2014**)

La composition biochimique d'*Ulva lactuca* varie donc en fonction de la distribution géographique et des saisons et des principaux facteurs environnementaux comme la température de l'eau, la salinité, la lumière, les nutriments et les minéraux disponibles (**Messyas B. 2010**)

I.4.3. Applications et effets biologiques :

Les ressources marines et notamment l'algue *Ulva lactuca* offrent des molécules bioactives qui peuvent être utilisées dans de nombreux domaines industriels tels que les industries pharmaceutiques, cosmétiques, alimentaires et autres.

I.4.3.1. Utilisation alimentaire :

Le plus grand intérêt pour ces organismes demeure en raison de leurs propriétés nutritionnelles (**Shalaby E.A. 2011**)

La principale utilisation des algues dans le monde concerne le domaine alimentaire qui représente environ 75% de leur utilisation (**Faller H. 2011**). Elles sont susceptibles d'être exploitées pour l'alimentation humaine et animale (**Shalaby E.A. 2011 ; Silva M. 2013**) alors que dans les pays Asiatiques (Chine, Corée et Japon), l'algue fait partie de l'alimentation depuis des millénaires. De par leurs propriétés nutritionnelles remarquables, les *Ulva* sont aussi utilisées dans la fabrication des compléments alimentaires aussi bien au Japon, en Chine et dans d'autres pays sud-asiatiques qu'en Amérique du Nord et du Sud et en Océanie. Elles se trouvent aussi incluses dans une grande variété de plats tels que les salades, les soupes, les biscuits, et les repas traditionnels (**Silva M. 2013**) ; En France, *Ulva* fait partie des quelques macro-algues autorisées à être utilisées dans l'industrie alimentaire (**Indergaard M. 1991 ; Mabeau S. 1992**)

Une étude intéressante suggère que l'incorporation d'*Ulva lactuca*, (jusqu'à 10%) dans le régime alimentaire pour les juvéniles loups de mer (ou bars), est bénéfique dans la mesure où

il n'a pas de conséquences négatives sur les performances de croissance, l'efficacité alimentaire et la composition corporelle du poisson. Ceci dit, la réponse des poissons aux algues semble être spécifique à l'espèce. Ainsi l'apport d'*Ulva spp* dans l'alimentation des poissons à tête de serpent est favorable à leur croissance. L'ajout d'*Ulva pertusa* (à un niveau de 5% du poids corporel) améliore l'assimilation des aliments et le dépôt des protéines musculaires chez les alevins de daurade rouge.

L'utilisation de concentrations élevées d'*Ulva lactuca* dans l'alimentation des poissons est donc une piste intéressante pour la pisciculture (**Diler I. 2007**).

I.4.3.2. Utilisation thérapeutique :

Les algues connaissent un intérêt grandissant en tant que source de molécules bioactives. Les propriétés et activités biologiques présentées par ces molécules sont vastes telles que les activités antibactérienne, anti-inflammatoire, antiproliférative, antivirale, antifongique, antinéoplasique, anti-cancéreuse, anti-obésité, antidiabétique, antihypertenseur, hypolipémiant et anti-oxydant (**Cabrita M.T. 2010; Xu N 2004**) (**Cabrita M.T. 2010**) Chez le genre *Ulva*, ces activités diffèrent d'une espèce à une autre (**Silva M. 2013**).

I.5. La pollution marine en Algérie :

En Algérie, la majorité de la population est installée le long du littoral, d'environ 1200 km. Si de nombreux déchets sont abandonnés sur les plages ou jetés à la mer, d'autres proviennent de l'intérieur des terres, des sacs en plastiques, des bouteilles, des palettes jetées volontairement ou accidentellement dans les oueds se retrouvant ainsi dans la mer. Presque un demi million de mètres cubes d'ordures sont ramassés quotidiennement dans les centres urbains du littoral méditerranéen, mais de nombreuses décharges sont mal conçues par infiltration des eaux souterraines (**Chouikhi et al., 1992**).

I.5.1. Les métaux lourds dans le milieu marin :

Un métal est un élément chimique dont la masse volumique dépasse 5 g/cm³ ; en milieu aquatique, un métal sera défini comme un élément chimique qui peut former des liaisons métalliques et perdre des électrons pour former des cations.

Les métaux suivants sont présents le plus souvent dans l'environnement sous forme de traces plomb, cadmium, cuivre, zinc, le fer, etc... Les plus toxiques d'entre eux sont le plomb et le cadmium.

I.5.2. Sources des métaux lourds :

- **Sources naturelles :** Les métaux se trouvent dans tous les écosystèmes naturels et à tous les niveaux, dans le milieu aquatique (l'eau salée et douce), dans les roches et chez la communauté animale et végétal Parmi les importantes sources naturelles: citons les activités sismiques volcaniques, l'érosion, les incendies de forêts, les rivières et les fleuves, le lessivage des sols côtiers et l'altération des continents.
- **Sources anthropiques :** Il existe trois sources principales de métaux lourds :
 - Apports d'origine agricole (amendements organiques, engrais minéraux, pesticides),
 - Résidus industriels et urbains,
 - retombées atmosphériques (**Duchaufour, 1997**).

Selon Grousset et Donard (1989), ces métaux, se trouvant sous formes dissoutes et particulières, sont assimilés par les organismes marins. Il représente un danger plus important que les rejets d'hydrocarbures ou mêmes d'éléments radioactifs.

I.5.3. La toxicité des métaux lourds :

Une des principales conséquences de la présence des métaux dans l'eau de mer est leur passage dans la biomasse. Ce transfert peut enchaîner des toxicités directes qui se manifestent rapidement par une atteinte de la biomasse, ou indirectes qui sont liées à l'accumulation progressive de ces métaux par les organismes (**Ramade, 2000**).

Selon Chiffolleau et *al.*, 2001, ces xéno-biotiques ont une toxicité variable selon leur nature et leur voie de pénétration (ingestion, respiration, contact avec la peau).

Par ailleurs, si les métaux sont souvent indispensables au métabolisme des êtres vivants (oligo-éléments), nombreux d'entre eux sont cependant toxiques lorsque leur concentration dépasse un seuil, lui-même fonction de l'état physico-chimique de l'élément considéré. C'est le cas du fer (Fe), du cuivre (Cu), du zinc (Zn), du nickel (Ni), du cobalt (Co), du molybdène (Mo) du manganèse (Mn), du chrome (Cr), du titane (Ti) ect...

D'autres ne sont pas nécessaires à la vie et sont préjudiciables dans tous les cas comme le plomb (Pb), le cadmium (Cd) et l'antimoine (Sb) (**CASAS, 2005**).

I.6. Présentation des métaux étudiés :

I.6.1. Le Cuivre : est extrait d'une grande variété de minerais d'une teneur (165) de 0,7 à 2 %, c'est un élément essentiel chez l'homme et l'animal, impliqué dans de nombreuses voies métaboliques, notamment pour la formation d'hémoglobine.

- Utilisations :

L'utilisation d'oxyde de cuivre comme matière active des peintures anti-salissures constitue une source importante de cuivre en zone portuaire. Cet élément est aussi utilisé dans des produits phytosanitaires (désherbants, insecticides, fongicides).

- Toxicité :

La toxicité vis-à-vis des organismes marins dépend de la forme chimique du cuivre et de son état d'oxydation. Il est peu toxique envers les animaux, toxique envers les plantes et les algues à des niveaux modérés. Les sels de cuivre sont des agents particulièrement irritants. Les principales formes toxiques chez l'homme et l'animal sont les formes solubles du cuivre c'est-à-dire les sels du cuivre II (acétate, carbonate, chlorure, hydroxyde, nitrate, oxyde, oxychlorure et sulfate) (Pichard, 2005).

I.6.2. Zinc : très souvent associé au plomb et au cadmium dans les minerais, avec une teneur variant de 4 à 20 pour cent. Le minerai principal est la blende, sulfure de zinc (ZnS). Il s'agit d'un oligo-élément indispensable au développement de la vie.

- Utilisations : Les principales utilisations du zinc étant la couverture de bâtiments (40%), les barres et profilés (20%), la chimie, notamment du caoutchouc (12%). De plus, le zinc est contenu dans certaines peintures anti-salissures.

- Toxicité : Pour la vie aquatique, le zinc présente une toxicité aigüe sur la plupart des organismes à partir de quelque mg / l (Gaujous, 1995). Il inhibe la photosynthèse des plantes vertes, du phytoplancton et des algues macrophytes, à partir d'une concentration dans l'environnement variable selon l'espèce considérée. Il ralentit la croissance des végétaux dans les sols où il se rencontre en excès (Ramade, 2000). Les besoins pour l'organisme humain sont de 15 mg/j, nécessaires à l'activité d'enzymes. L'organisme d'un homme de 70 kg contient de 2 à 3 g de zinc (Chiffolleau, 2001).

I.6.3. Le Plomb : est très souvent associé au zinc dans les minerais mais aussi à de nombreux autres éléments: Fe, Cu, Cd, As, Ag, Au, qui sont en grande partie (sauf Fe) récupérés lors des opérations métallurgiques. Le principal minerai de plomb est la galène (PbS), très souvent associée à la blende et la pyrite.

- Utilisations : Le plomb a été employé depuis l'antiquité en raison de sa grande malléabilité et ductilité, sa résistance à la corrosion (en milieu non acide dans l'air et le sol) et en raison de son bas point de fusion, notamment pour la réalisation de conduites d'eau potable (voir

plomberie), de vaisselle, de plaques de toiture et de gouttières, ainsi que coulé pour sceller du fer forgé dans la pierre (balustrades). Il est encore largement utilisé aujourd'hui dans les accumulateurs électriques (batteries).

- **Toxicité** : Toxicité aigue sur les organismes à partir de 0,1mg/l. Chez l'homme, c'est un poison cumulatif responsable de saturnisme: atteinte neurologique (fatigue, irritabilité, retard intellectuel chez les enfants), troubles rénaux, cardiovasculaires (**Gaujous, 1995**). Les ions Pb^{2+} entrent en compétition avec Ca^{2+} dans la formation des os (saturnisme) et peuvent aussi bloquer plusieurs enzymes (**Chiffolleau et al., 2001**). Le transport du plomb se fait par le biais du sang à tous les organes. Il est accumulé dans les tissus du corps, les os, le foie et les reins (**Belhadj, 1996**).

I.7. Les algues comme bio indicateurs :

Un bio indicateur désigne des espèces végétales ou animales qui par suite à leur particularités biologiques sont l'indice précoce (organismes sentinelles) de modifications abiotiques ou biotiques de l'environnement dues à tel ou tel type de l'action humaine (**Ramade, F., 2002**).

Les algues sont des indicateurs biologiques car elles présentent plusieurs avantages intrinsèques :

- Elles sont benthiques, elles peuvent donc servir à caractériser les conditions environnementales intégrées à un lieu pendant une période.
- Il est généralement facile de cueillir des quantités suffisantes dans divers habitats.

Elles accumulent directement les composés présents dans l'eau de mer ce qui fait de l'analyse des tissus un indicateur fiable de la qualité de l'eau, et évite les difficultés logistiques souvent associés aux échantillonnages représentatifs et comparatifs de l'eau de mer (**Wariaghli, F., et al 2004**).

L'étude faite par [18], a montré que les macro algues peuvent être un outil puissant en bio monitoring pour évaluer les tendances spatiales des métaux et radionucléides contaminants le secteur côtiers.

Selon **Favero et Frigo (2002)**, les espèces de macro algues ont été utilisées pour surveiller les concentrations des métaux (Cd, Cr, Ni et Zn) dans les eaux de mer. La bio indication éco toxicologique repose sur un processus écologique très important : la bioaccumulation ou la bioconcentration (**Gobat, J.M., et al 2010**).

La bioaccumulation résulte d'une interaction entre facteurs physiologiques (croissance, perte de poids, absorption, stockage), chimiques (transferts métaux, spéciation, biodisponibilité) et environnementaux (température, MES, chlorophylle) (**Casas, S., 2005**) L'étude effectuée par

Lovstad Holdt et Kraan (2011), a montré que les algues accumulent non seulement les éléments minéraux et les oligo-métaux désirés mais accumulent également les métaux et métaux lourds indésirables de l'environnement environnant. Ceci peut expliquer l'emploi des algues comme bi-ofiltre.

L'élimination des métaux lourds à partir de solutions aqueuses en utilisant des algues séchées *Ulva lactuca* comme un biosorbant a été étudiée dans un système discontinu. L'investigation des propriétés de sorption du matériel biologique séché était l'un des principaux objectifs de cette étude. Il a été constaté que le biosorbant utilisé a un grand potentiel pour l'enlèvement des ions métalliques. Sa capacité de rétention varie de 60 à plus de 200 mg/g-1, et son affinité pour conserver les grands ions semblait plus élevée que celui des petits ions (**Deng et al. 2007**).

L'absorption caractéristique du Cd et Cr par la poudre d'*Ulva lactuca* indique que cette poudre pourrait agir comme un sorbant pour ces métaux (**Elizabeth, A., et al 1997**).

Partie II : Présentation de l'Artémia :

II. 1. Biologie et écologie d'Artémia :

II.1.1. Morphologie :

L'Artémia est un petit crustacé aquatique de forme allongée et dépourvu de carapace; il effectue 15 mues (**Provasoli & D'agostino, 1969**). Son corps est composé d'au moins 19 segments et de 11 paires d'appendices plates attachées à son tronc, semblables à des feuilles appelés phyllopoies (pattes), lesquels battent à un rythme régulier (**Cf. Fig 8**)

La taille des adultes d'Artémia est en général d'environ 8-12 mm, mais peut atteindre jusqu'à 20 mm. Le mâle est généralement plus petit que la femelle, nage plus rapidement, mange moins et est moins coloré. Sa coloration va du blanc laiteux au bleu vert jusqu'au rouge brique et au vermillon selon sa nourriture et le milieu, en particulier selon la teneur du milieu en oxygène dissous. La taille de l'adulte d'Artémia varie entre 8 et 12 mm chez les souches bisexuées et dépasse 20 mm chez les parthénogénétiques (**Sorgeloos et al., 1986**). La petite taille des mâles; risque, toutefois, d'être affectée par les conditions de l'environnement, en particulier les hautes salinités (**Amat, 1979**).

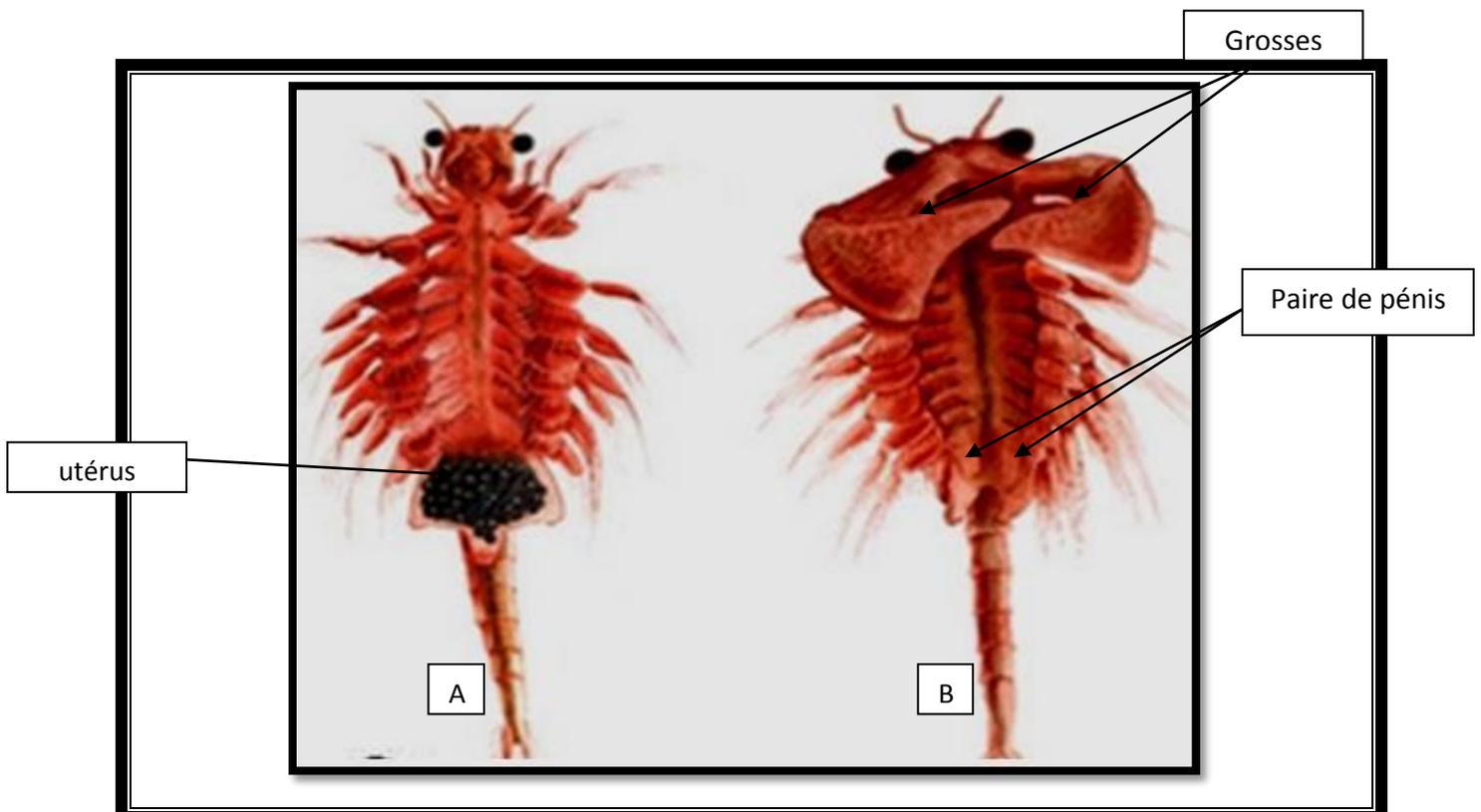


Figure 8 : Formes adultes de l'Artémia (**Abatzopoulos et al., 2010**)

A : Adule femelle ; B : Adule mâle

Cet organisme peut résister à de longues périodes de sécheresse. Les mâles sont distingués par deux grosses épines au niveau de la tête et une paire de pénis au niveau de l'abdomen. Les femelles possèdent uniquement un utérus au niveau de l'abdomen qui peut contenir jusqu'à 200 cystes. Dans des conditions naturelles, l'*Artémia* se nourrit d'algues, de protozoaires et de détritiques (Abatzopoulos et al., 2010) (Cf. Fig 8).

II.1.2. Anatomie :

Le corps d'un *Artémia* adulte est dépourvu de carapace (anostracée) mais clairement segmenté, il est allongé avec une paire d'yeux latéraux, deux paires d'antennes, 11 paires de thoraco-podes et un tube digestif long et visible par transparence. Il comprend trois parties:

II.1.2.1. La tête renferme un œil nauplien médian, une paire d'yeux latéraux pédonculés et un simple cerveau en forme d'anneau comme une structure autour de la bouche. A sa partie antérieure, il y a une paire d'antenne courbée portant à leurs extrémités trois petites soies et une seconde paire d'antennes, plus développées, constituant un caractère de dimorphisme sexuel ; chez le mâle, les antennes forment une grosse pince avec deux épines qui servent à saisir la femelle lors de l'accouplement, alors que chez la femelle, elles sont beaucoup plus réduites. Sur la tête se trouve la cavité buccale qui est représentée par un large labrum, une paire de mandibules et deux paires de maxillaires. Ces diverses pièces constituant la cavité buccale sont reliées à l'œsophage qui aboutit dans l'estomac.

II.1.2.2. Le thorax est composé de 11 segments portant chacun une paire d'appendices natatoires foliacés. Les 11 paires de phyllopoies, tous semblables, interviennent dans l'alimentation, la natation et la respiration (Haddag, 1991).

II.1.2.3. L'abdomen est composé de 8 segments dont les deux premiers soutiennent les organes génitaux externes d'où le nom de segments génitaux. Chez la femelle, cette région est constituée d'une poche incubatrice de forme conique appelée ovisac (ou sac ovigère) localisé de chaque côté du troisième segment abdominal. Les mâles ont une paire de testicules et une paire de pénis tubulaire et rétractiles (Dhont & Van stappen, 2003). Les 6 derniers segments sont presque cylindriques ; le dernier présente à son extrémité distale deux appendices appelés furca (Khemakhem, 1988) (Cf. Fig 9).

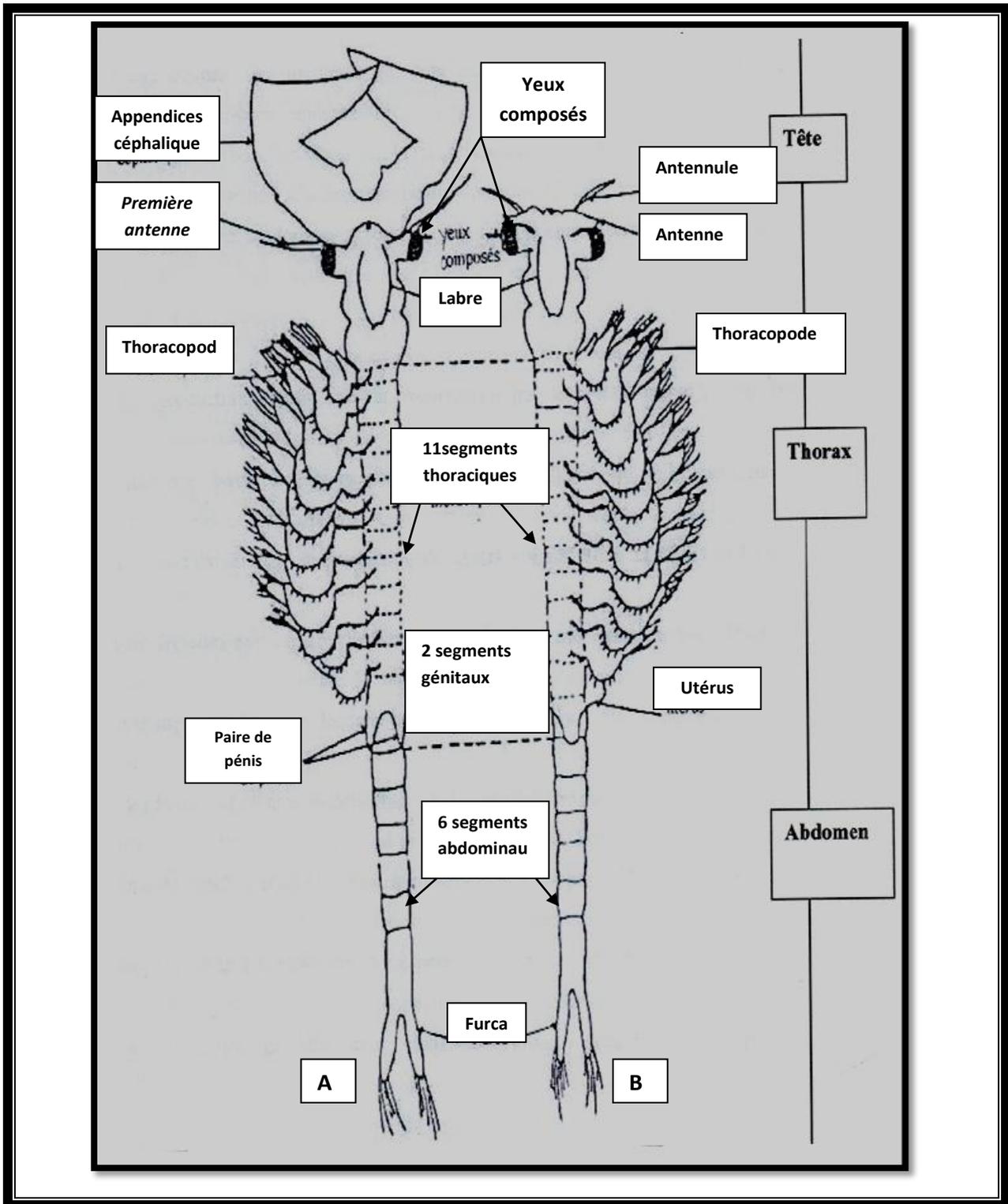


Figure 9 : Schéma des adultes : mâles et femelles de l'Artemia (d'après Khemakhem., 1988)

A : mâle ; B : femelle

II.1.3. Classification systématique :

Jusqu'à assez très peu de temps, on dénommait à toutes les populations d'*Artemia* du monde comme *Artemia salina*. Actuellement, il a été démontré l'existence de plusieurs espèces dans le genre *Artemia*, qui regroupe des souches diploïdes, avec des individus de sexes séparés, et des souches haploïdes parthénogénétiques (asexuées). La classification systématique de l'*Artemia* jusqu'au niveau du genre est donnée par (Flössner, 1972).

II.1.4. Taxonomie :

Règne:	Animal
Embranchement:	Arthropodes
Classe :	Crustacea
Sousclasse :	Branchiopode
Super Ordre:	Anostracés
Famille :	Artemiidae
Genre:	<i>Artémia</i> (Leach, 1819).

Des études cytologiques et génétiques ont complété les méthodes traditionnelles de classification basées classiquement sur les aspects morphologiques. Et comme résultat neuf souches-sœurs d'*Artemia* bisexuées et qui sont :

- *Artemia salina* Linnaeus 1758 à Lymington, Angleterre (actuellement extincta).
- *Artemia tunisiana* Europa et le Nord Africain.
- *Artemia franciscana* Franciscana **Kellogg 1906** en Amérique (Nord, Centre et Sud).
- *Artemia persimilis* **Piccinelli et prosdocimi 1968** en Argentine.
- *Artemia urmiana* Iran.
- *Artemia franciscana monica*. **Verril 1869** au niveau du Lac Mono, Californie-USA.
- *Artemia urmiana*. **Gunther 1900**.
- *Artemia sinica*. **Yaneng 1989**.
- *Artemia parthénogénétique*. **Barigozzi 1974**.

Plusieurs populations parthénogénétiques sont connues en Europe et en Asie. En raison des importantes différences entre ces populations (par exemple le nombre de chromosomes) il est difficile de justifier leur articulation dans la classification taxonomique comme une septième espèce sœur l'« *Artemia parthénogénétique* ».

II.1.5. Le cycle de vie :

Selon les conditions environnementales, sont produits deux types d'œufs. Dans les conditions optimales de disponibilité d'aliment, salinité et oxygène, et selon l'espèce, l'éclosion des œufs se fait dans l'utérus et sont libérés sous forme de nauplius, aussi connues sous le nom « d'œufs d'été » (reproduction ovovivipare) (Cf. **Fig 10**). Et en face des conditions adverses (salinité élevée, ou niveaux faibles d'oxygène), ils sont produits des formes d'œufs de résistances connues sous le nom de cystes, ou aussi appelés « des œufs d'hiver (**Curto E. D., 2006**).

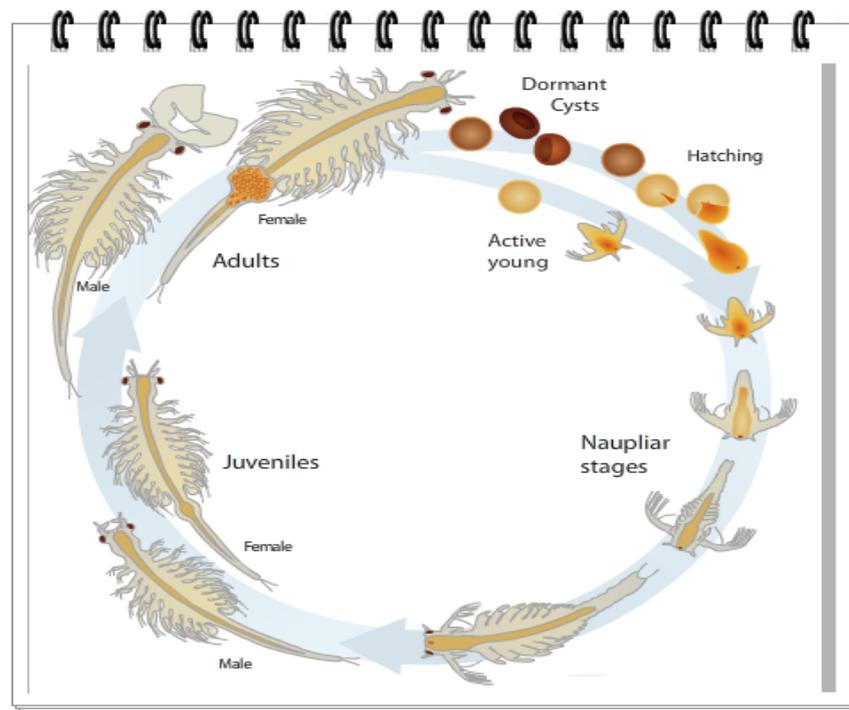


Figure 10 : cycle de vie de *l'Artemia* (**Defaye et al. 1998**).

II.1.6. Reproduction :

Les populations naturelles de l'Artémia peuvent être soit bisexuées soit parthénogénétiques capables de se reproduire pendant plusieurs générations sans être fécondées (**Sorgeloos et al., 1986**).

Chez les souches bisexuées, la position d'accouplement ou « position d'équitation » est la phase pendant laquelle le mâle saisit la femelle entre l'utérus et la dernière paire de thoracopodes et le couple peut aussi nager durant une longue période dans cette position (**Sorgeloos, 1980**). Le comportement reproducteur des différentes souches de l'Artémia dépend également des conditions du milieu (**Mac Donald, 1980 ; Persoone & Sorgeloos, 1980 ; Aloui, 1998**) :

- Si les conditions sont favorables, le mode de reproduction est ovovivipare (production des nauplii).
- Si les conditions sont défavorables, l'oviparité (production de cystes) l'emporte sur l'ovoviviparité.

Les cystes produits peuvent rester en diapause (métabolisme embryonnaire bloqué en métaphase) pendant plusieurs années consécutives sans perdre leur faculté germinative à condition qu'ils restent secs dans des conditions anaérobiques ou si la salinité du milieu est supérieure à 85 psu qui est le seuil d'éclosion (**Personne & Sorgeloos, 1980**). Cette particularité a généralisé l'utilisation des nauplii de l'Artémia à des fins alimentaires dans les écloséries (**Sorgeloos et al., 1986**). La capacité de l'Artémia d'alterner les modes de reproduction rappelle le cas des daphnies et des rotifères.

II.1.7. Le cyste :

Le cyste (Cf. **Fig 11**) à une forme biconcave, après hydratation il devient sphérique, le cyste sec résiste également aux fortes radiations, une variété de solvants organiques (même à des pesticides), le manque d'oxygène et peut être entreposé pendant des mois ou des années sans toutefois perdre sa capacité d'éclosion (**Granvill, Treece; 2000**).



Figure 11 : Cyste d'Artemia (Dahloum, 2007).

II.1.8. La structure de cyste d'Artemia :

L'enveloppe du cyste est constituée de 03 structures:

- **le chorion** : il est constitué essentiellement de lipoprotéines, sa fonction est la protection de l'embryon.

- **la cuticule membranaire** : elle protège l'embryon contre l'agression grosses molécules (co2) il sert en fait de filtre de perméabilité.
- **La cuticule embryonnaire** : c'est une membrane très élastique et transparente qui sépare l'embryon de la cuticule membraneuse (**Dhont ; Vanstappen, 2003**)

II.1.9. Les conditions de formation des cystes :

Les conditions qui favorisent la formation des cystes sont: Haute salinité, Manque chronique d'aliment, Stress dû au manque d'oxygène (l'oxygène inférieur de 2mg/l) (**Madani ,2001**).

II.1.10. Le nauplius :

Les nauplii d'*Artemia* sont de petites crustacés qui peuvent vivre dans les eaux douces comme ils peuvent vivre dans des eaux saumâtres, ces petites créatures peuvent résister à des taux de salinité extrêmes (jusqu'à près de 350g/l) qui interdisent le développement de tout autre organisme animal (**Cf. Fig 12**). taille des nauplies d'*Artemia* n'excède pas les treize millimètres, elle sont largement utilisées comme première nourriture pour les alevins et sont aussi utilisées comme supplément pour nourrir les adultes et les « inciter » à se reproduire.



Figure 12 : Nauplie Source : (**Curto E.D., 2006**).

II.1.11. L'intérêt de l'*Artemia* :

L'intérêt principal pour l'aquariophilie, de l'*Artemia salina* est sa larve ou nauplius.

Sa taille en fait un mets de choix pour les alevins, et pour les adultes de certaines espèces. Sa richesse en élément nutritifs, permet une croissance optimale.

II.1.12. Utilisation de l'*Artemia* en aquaculture :

L'emploi des nauplii, comme aliment, en écloserie est courant, les adultes au contraire sont peu utilisés. L'*Artemia* constitue une nourriture disponible, grâce aux cystes facilement

stockés et transportés, nécessitant des techniques de production simples. Elle constitue une proie exempte de germes, grâce à une désinfection ou une décapsulation, bien acceptée et facilement perceptible grâce à leur couleur et à leur mouvement. Les nauplii sont comprises entre 428 μm et 517 μm . Si les larves de poisson sont trop petites, on peut utiliser des cystes décapsulés dont la taille varie entre 208 μm et 266 μm . Cependant certains animaux n'ingèrent pas ces aliments inertes. On utilisera alors d'autres espèces du zooplancton. Les nauplies sont données vivantes, la récolte s'effectue des l'éclosion à l'aide d'un filet de maille 125 μm , la valeur des *Artemias* se déprécie rapidement à température ambiante. Dans les heures qui suivent l'éclosion la valeur nutritionnelle diminue, la taille augmente (**Gaëlle et al. 1998**).

II.2. Ecologie :

II.2.1. Composition ionique et salinité :

Dans la nature, l'Artémia prolifère dans les milieux hypersalés à salinité supérieure à 100 g/kg (**Hedgpeth, 1959**) qui sont de deux catégories :

- Milieux athalassohalins : comme les lacs salés intérieurs (ou continentaux), les étangs salés, les sebkhas et les chotts. Ces milieux sont caractérisés par des eaux riches en carbonates, en potassium ou en sulfates et sont alimentés uniquement par les eaux des oueds et des pluies (**Persoone & Sorgeloos, 1980 ; Spitchak, 1980**).
- Milieux thalassohalins : comme les salines côtières et les lacs en communication directe avec la mer. Ce type de milieu est caractérisé par une composition chimique chlorée (**Persoone & Sorgeloos, 1980 ; Spitchak, 1980**).

Ces milieux sont caractérisés par un climat tropical, sub-tropical et tempéré.

II.2.2. Température :

L'Artémia est une espèce eurytherme pouvant vivre dans des milieux à température comprise entre 6°C et 37°C et survivre pendant quelques jours à une température de 40°C (Vos & Transutapanit, 1979), alors que son optimum de croissance, variable entre les souches, est compris entre 25°C et 30°C.

La tolérance vis-à-vis de ce paramètre varie en fonction des stades du développement :

- Les cystes peuvent tolérer des températures élevées.
- Les larves peuvent tolérer des températures comprises entre 6°C et 40°C (**Skoultchi & Morowitz, 1964 ; Hinton, 1964**).

II. 2.3. Oxygène :

L'Artémia est une espèce euroxybionte car elle peut vivre dans une gamme très large d'oxygène dissous. Elle peut proliférer dans des milieux où le taux de saturation d'oxygène est de 150% (lors d'un « bloom » algal) ainsi qu'à un taux de 1% (milieux pauvres en oxygène dissous).

II.2.4. pH :

L'Artémia n'est rencontrée qu'en milieu neutre (pH= 7) ou alcalin (pH> 7). En effet, les informations relatives à l'influence du pH sur la croissance des juvéniles et sur le maintien des adultes sont rares ; en revanche, ce paramètre joue un rôle capital lors de l'éclosion (**Sato, 1967**) et à des valeurs inférieures à 6 devient létal pour l'Artémia (**Brisset, 1984**).

II.2.5. Dispersion :

Les principaux facteurs qui sont à l'origine de la dispersion des cystes sont le vent et les oiseaux (**Loffler, 1964 ; Mac Donald, 1980**). Cependant, de nos jours, l'homme joue également un rôle important dans la dispersion de cette espèce par l'inoculation.

II.3. Compétition, Prédation et Parasitisme :

Cette espèce n'a pas de compétiteurs, du moins dans les milieux hypersalés, mais à des salinités inférieures à 70 g/kg, quelques groupes d'invertébrés peuvent entrer en compétition avec elle comme les rotifères, les ciliés et plus rarement divers crustacés (anostracés et copépodes).

Les prédateurs de cette espèce sont nombreux et le sont d'autant plus lorsque la salinité est proche de celle de l'eau de mer, car tous les zooplanctophages trouvent dans l'Artémia un aliment facile à capturer à cause de la lenteur de sa nage en pleine eau en position renversée (**Aloui, 2003**).

L'Artémia est sujette à des maladies dues à des parasites mais peu de littérature existe sur ce point (**Sorgeloos, 1980**).

II.4. Alimentation :

L'Artémia est une espèce typiquement « filter feeder » phagotrophe (**Provasoli & Shiraishi, 1959**) qui s'alimente en se déplaçant perpétuellement.

Le processus d'alimentation de cette espèce diffère selon les stades de développement :

- Chez les nauplii, elle est assurée par la deuxième paire d'antennes.

- Chez l'adulte, elle est assurée par les thoracopodes (11 paires d'appendices thoraciques remplacés au fil des mues) (**Tobias et al., 1980**).

L'Artémia capte, par battements rythmiques et coordonnés, toutes particules inertes ou vivantes en suspension grâce aux soies garnissant les thoracopodes (**Volmer, 1952**).

L'Artémia peut absorber des particules de quelques micromètres (comme les bactéries) jusqu'à des tailles de 25 microns (**Seki, 1966 ; Takano, 1967**) ; mais d'une façon générale, elle est capable d'ingérer toute particule dont la taille est inférieure à 60 microns (**Reeve, 1963**).

II.5. Exploitation intensive de l'Artémia :

Le choix de la souche de l'Artémia dépend essentiellement de la taille des cystes et du taux de fécondité (Amat, 1979). Pour une meilleure exploitation de l'Artémia et une augmentation de sa valeur nutritionnelle, un enrichissement en acides gras (AG) polyinsaturés est nécessaire. L'Artémia peut être exploitée aussi pour la vente ou pour la distribution à des larves de poissons ou de crustacés durant les premiers stades larvaires. L'élevage intensif n'est pas développé au regard du coût de production élevé comparé aux frais relativement faibles engagés par la récolte en milieu naturel (**Amat, 1979**).

II.6. Régime alimentaire :

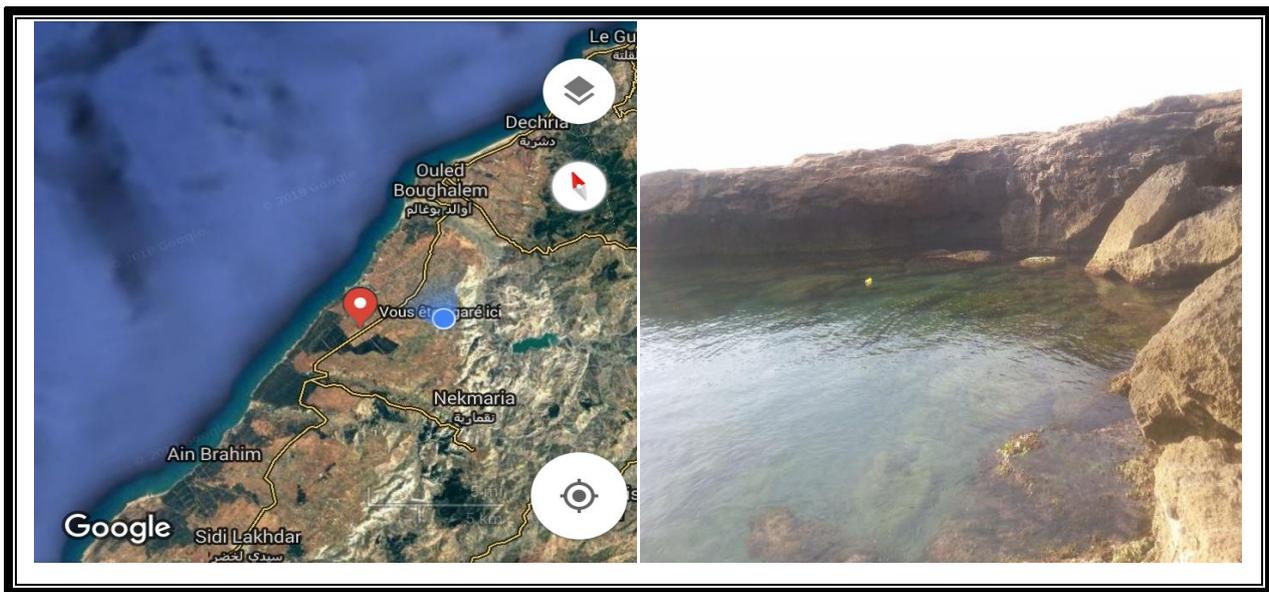
On l'alimente avec sa nourriture naturelle la plus adaptée, c'est-à-dire le phytoplancton vivant, constitué d'algues microscopiques. *Dunaliella Salina* est la souche de phytoplancton la plus utilisée car cette espèce est relativement facile à cultiver et est de plus, une nourriture considérée comme bonne qualité. Si le milieu est pauvre en nourriture, la croissance de l'Artémia sera lente et une forte mortalité sera observée (**Kellog, 1906**).

I. Présentation du site échantillonnage :

1- Présentation de plage :

I.2. Cadre physique :

La plage de Sidi Ladjel (porte du minal) est éloignée de 5 km au nord de la commune de khadra (Picard) et à 50 km de la wilaya de Mostaganem (Cf.Fig 13). Elle est bordée à l'ouest par la dayra de Sidi Lakhdar, à l'est de la commune d'Ouled-Boughalem et au sud par la commune de Nekmaria situé à une latitude de 36° 26' nord et à une longitude 00° 52' ouest



A

B

Figure 13:

A : Vue satellitaire du site de prélèvement (commune de khadra)

B : Site du prélèvement des algues (plage de Sidi Ladjel).

I.3. Echantillonnage des algues :

L'algue *Ulva lactuca sp* a été collectée le 19/02/2018 au niveau de la plage de Khadra (Sidi Ladjel) au niveau de la willaya de Mosatganem (Cf.Fig 13).

L'identification botanique de notre algue a été réalisée in situ puis au laboratoire afin d'avoir échantillon, puis ce dernier est conservé dans un sac en plastique noir. Lors du transport au laboratoire l'échantillon à été traité par isolement des épiphytes jusqu'à séchage à l'ombre puis on procède avec un broyage (Cf. Fig 14).

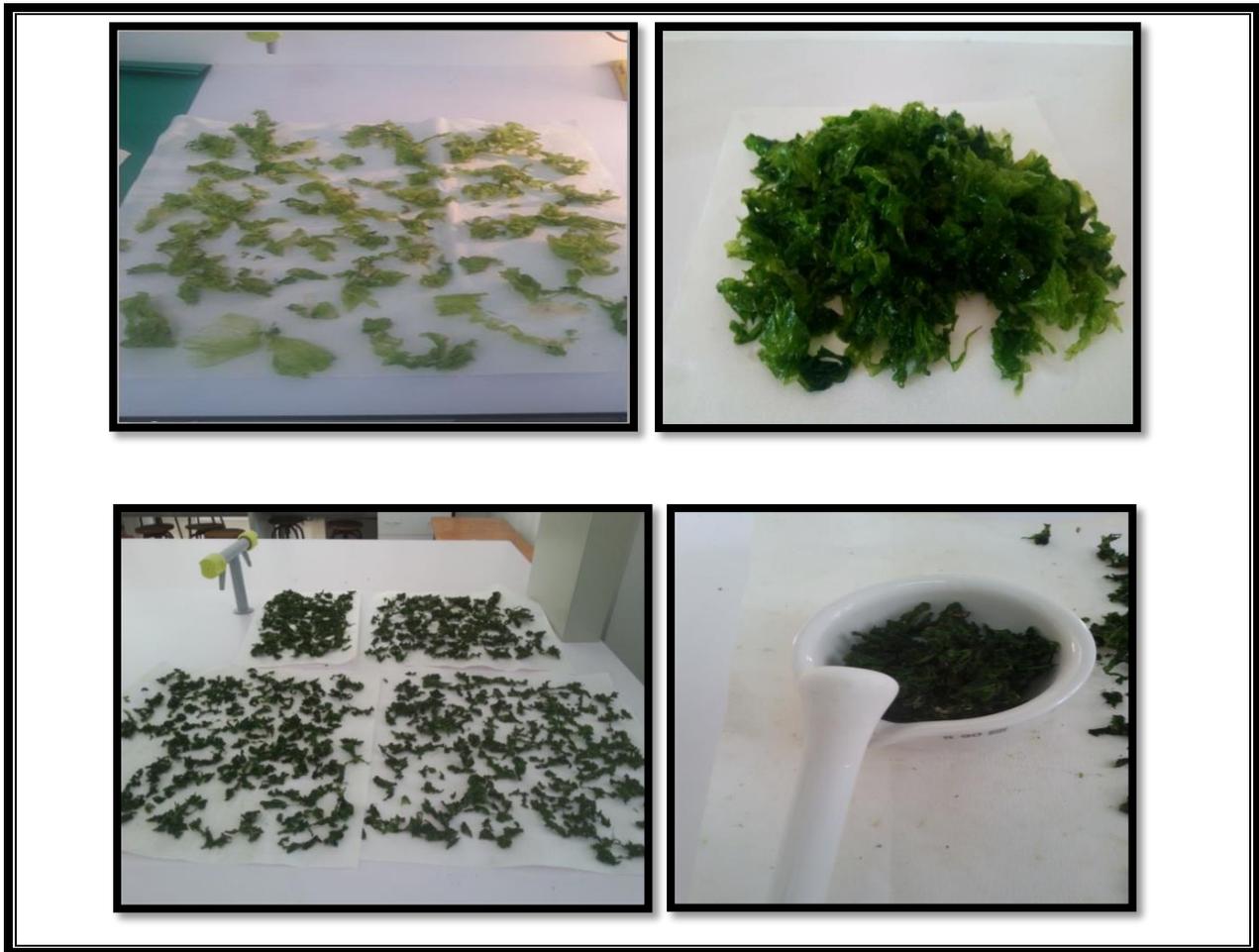


Figure 14 : Séchage et broyage des algues échantillonnées

2. Extraction de l'extrait d'algue :

L'extraction par solvants consiste à faire passer, par solubilisation, la substance à extraire dans un solvant. Celui-ci peut être de l'eau mais généralement il s'agira d'un solvant organique : Méthanol, éther de pétrole, etc. Les substances à extraire étant emprisonnés dans la cellule par la membrane cellulaire, il faudra un solvant qui puisse les traverser.

Le choix du solvant nécessite la connaissance de ces paramètres physiques :

- L'état physique du solvant : il doit être liquide à la température et à la pression où l'on réalise l'extraction
- La miscibilité du solvant : il doit être non miscible à la phase qui contient initialement le composé à extraire
- La solubilité : le composé à extraire doit être très soluble dans le solvant,

- La densité du solvant : il détermine si la phase organique contenant le composé à extraire se trouve au-dessus ou en dessous de la phase aqueuse dans l'ampoule à décanté
- Facilement éliminés après extraction
- Inerte chimiquement vis-à-vis de la solution à extraire
- Peu toxique que possible

En utilisant la méthode du Soxhlet (Cf. Fig 15) et avec deux types de solvant, à savoir le méthanol, l'éther de pétrole. On a résumé les différentes caractéristiques (nombre de cycles, température et le rendement) dans le tableau 4 traité dans le chapitre suivant.

On prend 250 ml de chaque types de solvant (Cf. Fig 15) avec 50 g de l'échantillon algale, l'ensemble des composants sont alors filtré avec du Papier Wattman filtre n ° 1.

Les extraits ont été ensuite recueillis et concentrés en utilisant un évaporateur rotatif pour finalement calculé le rendement de chaque extraction, les extraits recueillis sont enfin gardé sous basse température jusqu'au moment du test.



Figure 15 : Extracteur de Soxhlet

3. Etude quantitative et nutritionnelle :

3.1. Rendement des extraits :

Les rendements des fractions de l'extraits des feuilles de *Ulva lactuca*, ont été calculés selon la formule suivante :

$$\text{Rdt \%} = (p1 - p2) / p3 \times 100$$

Sachant que:

P1 : poids du ballon après lyophilisation

P2 : poids de ballon avant lyophilisation

P_E : Poids de l'échantillon algal sec.



Figure 16: poids des ballons d'extraction

3.2. Dosage des poly-phénols totaux :

Le dosage des poly-phénols totaux des extraits d'*Ulva lactuca* a été fait selon la méthode de **Folin-Ciocalteu** selon la méthode de **singleton et rossi (1965)**.

Ce réactif est constitué d'un mélange d'acide phospho-tungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phospho-molybdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$). Lors de l'oxydation, il est réduit en un mélange d'oxyde bleu. La coloration produite est proportionnelle à la quantité de poly-phénols présents dans l'extrait analysé (**Boizot et Charpentier, 2006**).

La teneur des poly-phénols contenus dans l'extrait d'algue *Ulva lactuca* été déterminée suivant la méthode décrite par Miliukas et al. (2004). Cette méthode consiste à mélanger un volume de 1ml d'extrait (1mg/ml) avec 5ml de réactif de Folin-Ciocalteu dilué 10 fois. Après 5 minutes d'incubation, 4ml de carbonate de sodium à concentration 75g/l ont été additionnés. Parallèlement, dans les mêmes conditions, un étalon a été réalisé avec des concentrations croissantes d'acide gallique (standard) allant de 0 à 100 $\mu\text{g/l}$. Après une heure d'incubation à la température ambiante, l'absorbance a été lue à 765 nm contre un blanc (eau distillé) à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible (Jenway 6715).

Les teneurs en poly-phénols totaux ont été exprimées en milligramme (mg) équivalent standard (acide gallique) par gramme de la matière algale (mg EAG/g).

3.3. Extraction et dosage des pigments photosynthétiques :

L'extraction des pigments photorécepteurs des tissus foliaires a été réalisé par la méthode d'Arnon (1949)

100 mg de matière végétale fraîche ont été coupés en petites morceaux et broyés à sec puis dans 5ml d'acétone à 80% et quelques mg de carbonates de calcium (CaCO₃) pour faciliter le broyage.

Après le broyage total, l'extrait était filtré à l'aide d'un papier filtre de type wattman N 01. le dosage se fait à l'aide d'un spectrophotomètre réglé au longueur d'onde $\lambda = 645 \text{ nm}$ et 663 nm pour déterminer la teneur en chlorophylle a et b et $\lambda = 480 \text{ nm}$ pour déterminer la teneur des caroténoïdes après étalonnage de l'appareil avec la solution témoin d'acétone à 80%



Figure 17 : broyage total d'*Ulva lactuca sp*

Les teneurs en chlorophylles (a),(b),(a+b) et caroténoïde, sont donnés à partir de ces formules et exprimés en ($\mu\text{g} / \text{g}$ de MF) :

$$\text{CHLa} = 12.7 \cdot \text{Do643} - 2.69 \cdot \text{Do64}$$

$$\text{CHLb} = 22.9 \cdot \text{Do45} - 4.86 \cdot \text{Do63}$$

$$\text{CHLa} + \text{CHLb} = 8.02 \cdot \text{Do63} + 20.20 \cdot \text{Do45}$$

$$\text{Cart} = [(100 \cdot \text{Do480}) - (3.27 \cdot \text{CHLa}) - 104 \cdot (\text{CHLb})] / 229$$

3.4. Dosage des lipides totaux :

L'objectif de cette technique est de déterminer la quantité de lipides totaux dans un échantillon d'algue verte étudiée.

➤ **Principe :**

Cette technique repose sur le principe d'une extraction à froid des lipides par un mélange de solvant chloroforme / méthanol (2/1 ; v/v). L'addition d'une solution aqueuse de NaCl à 0.58 % permet la séparation des phases.

La phase supérieure constituée de méthanol et d'eau, contient les composés hydrophiles (glucides et protéines) dont la dissolution est favorisée par la présence de sel, tandis que les lipides sont dissous dans la phase organique inférieure. La pesée du ballon contenant l'extrait lipidique après évaporation du solvant permet de calculer la teneur en lipide exprimée en g par 100g d'échantillons.

➤ **Mode opératoire :**

- 1- 10g de l'échantillon d'algues préalablement séchés sont mis en présence de 60 ml de réactif de **folch 1957** (méthanol+chloroforme) et broyés à l'aide d'un homogénéisateur (type ultra Thorax ou broyeur MSE) pendant 3 minute.
- 2- Le mélange obtenu est filtré à travers un verre fritté.



Figure 18 : pesée de 10g de l'algue



figure 19 : filtration du mélange

Ce filtrat est versé dans une ampoule à décanter. La séparation des phases d'effectue avec la solution de chlorure de sodium (NaCl) à 0,73 % à raison de 1 volume de NaCl pour 4 volumes de filtrat. Une saturation de deux mélanges est obtenue : méthanol/eau et chloroforme/lipide.

Ces deux mélanges sont agités et laisser décantent environ 2 heures. Après décantation, les phases apparaissent incolores, limpides et séparées par un ménisque. La phase inférieure (chloroforme/lipide) filtrés sur sulfate de sodium ayant la propriété d'absorber l'eau est recueillie dans un ballon à col rodé préalablement pesé.

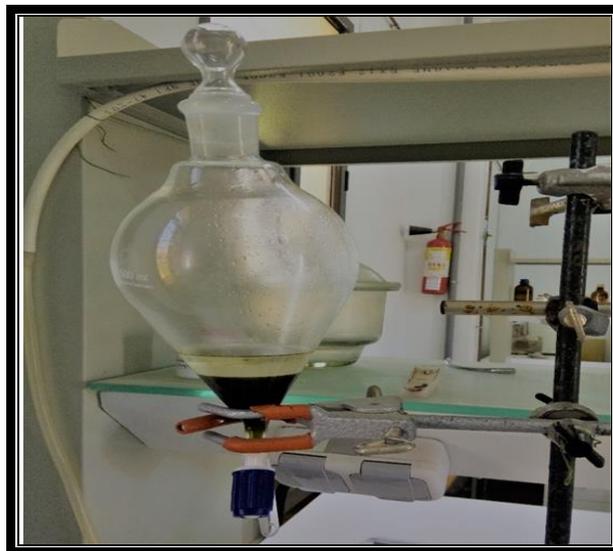


Figure 20 : la séparation des deux phases

La phase supérieure (méthanol/eau) est rincée à l'aide de 50 ml d'un mélange à 20 ml de NaCl concentré à 0,58 % et 80 % de méthanol + chloroforme de façon à extraire le reliquat des lipides apparaissant à l'issue de cette opération. La phase inférieure est alors filtrée et le chloroforme évaporé sous vide. Le poids net des lipides ainsi mis à sec est obtenu par différence entre le poids du ballon contenant la matière grasse et celui du ballon vide.



Figure 21 : Le poids des ballons vide et plein

- Le pourcentage des lipides totaux peut être déterminé par la formule suivante :

$$MG(\%) = \frac{P_2 - P_1}{P_E} \times 100$$

Sachant que :

P₂ : poids du ballon contenant les lipides.

P₁ : poids du ballon vide.

P_E : prise d'essai.

4. Détermination des protéines brutes (méthode de KJELDAHL 1883) :

Le processus de KJELDAHL, 1883 est la méthode la plus utilisée pour déterminer les protéines brutes (Cf.Fig22).



Figure 22 : Appareil de KJELDAHL

La teneur en protéines brutes contenue dans le produit est obtenue en mesurant la teneur en azote total dans l'échantillon multiplié par le facteur empirique 6,25.

➤ **Principe de la méthode :**

Le principe de la méthode de KJELDAHL se divise en trois étapes :

- Minéralisation de la matière organique par l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur de cuivre pour convertir l'azote totale $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$,

Libération du NH_3 de l'échantillon minéralisé en ajoutant du NaOH en excès et distillation à vapeur de cette ammoniaque à l'acide borique.

-détermination du NH_3 libéré par titrage avec l'hydroxyde de sodium

➤ **Réactifs et appareillage :**

Tous les réactifs doivent être de qualité analytique reconnue. L'eau utilisée doit être de l'eau distillée et les réactifs utilisés sont :

L'eau distillée et les réactifs utilisés sont :

- * sulfate de potassium.
- * catalyseur.
- * Acide sulfurique.
- * sélénium
- * Hydroxyde de sodium
- * Acide borique
- * Solution du titrage (hydroxyde de sodium).

➤ **Pour le matériel en utilise :**

- Balance analytique
- Du matériel permettant de réaliser l'opération de minéralisation, de distillation et de titrage selon la méthode de KJELDHAL



Figure 23 : Balance analytique

4.1. Mode opératoire :

4.1.1. Minéralisation de la matière organique :

- * peser 0.25 g de l'échantillon et introduire cette prise d'essai dans un ballon à minéralisation de Kjeldhal.
- * Ajouter 20ml d'acide sulfurique pour 5 g de catalyseur (K_2SO_4)
- * Chauffer le ballon tout d'abord doucement pour éviter le débordement de la mousse.
- * Chauffer avec modération, en agitant de temps en tournant jusqu'à carbonisation de la masse et disparition de la mousse, chauffer ensuite plus fort jusqu'à ébullition régulière du liquide, et arrêter le chauffage quand la couleur verte apparaisse.
- * Transvaser le liquide dans une fiole de 100ml et ajuster au trait de jauge.

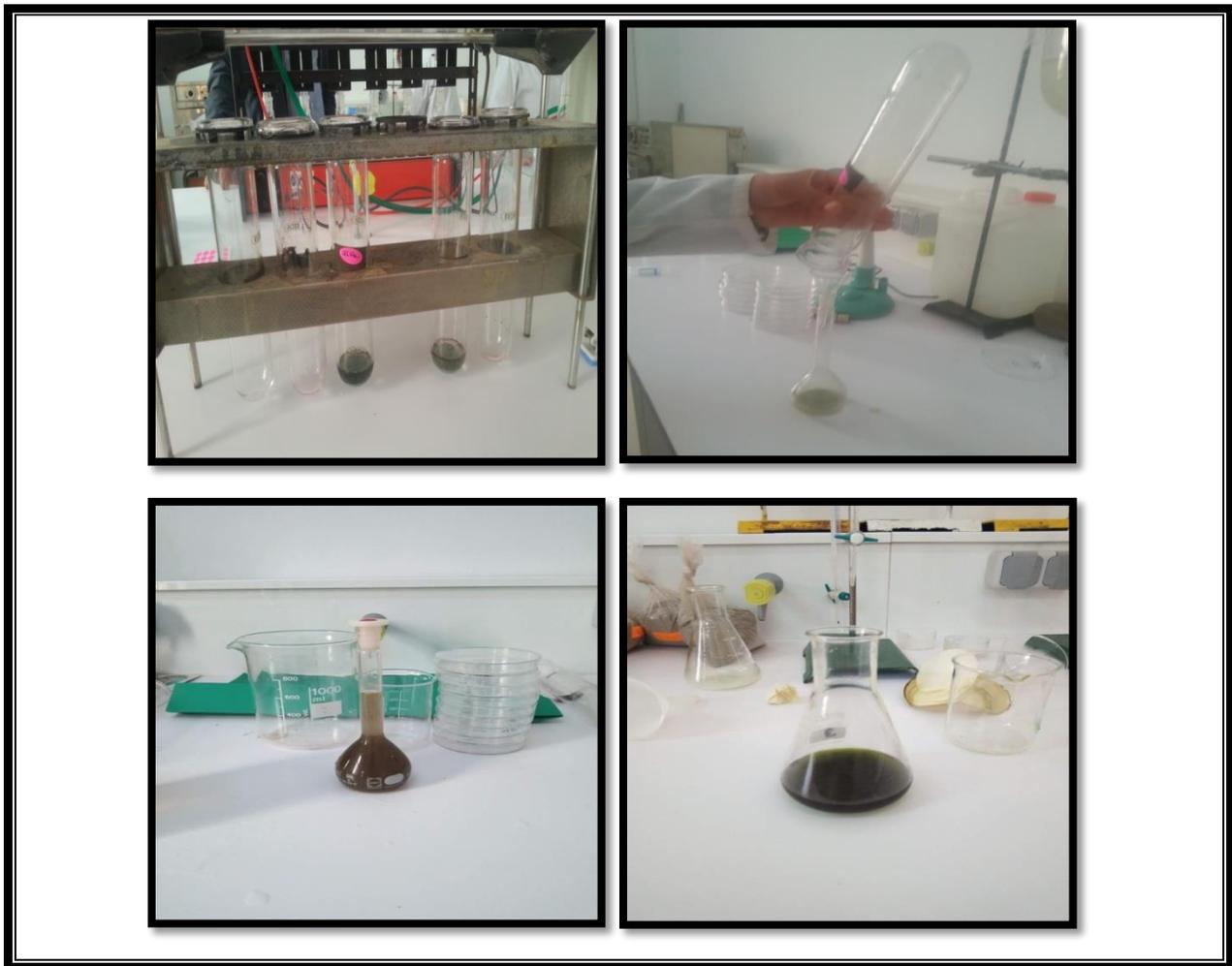


Figure 24 : Etape de la minéralisation de la matière organique

4.1.2. Distillation de l'ammoniaque :

* prélever un volume v (20 ml) du distillat et transvaser se liquide dans un ballon à deux cols rodés. Y ajouter 40ml de NaOH à 30% et fermer immédiatement.

* A l'autre bout de réfrigérant on place un bécher qui contient 20ml d'acide borique à 4%.

* lancer le chauffage du ballon pour distiller l'ammoniaque. Ce dernier sera piégé dans l'acide borique qui se colore en bleu (signe de présence d'ammoniaque).

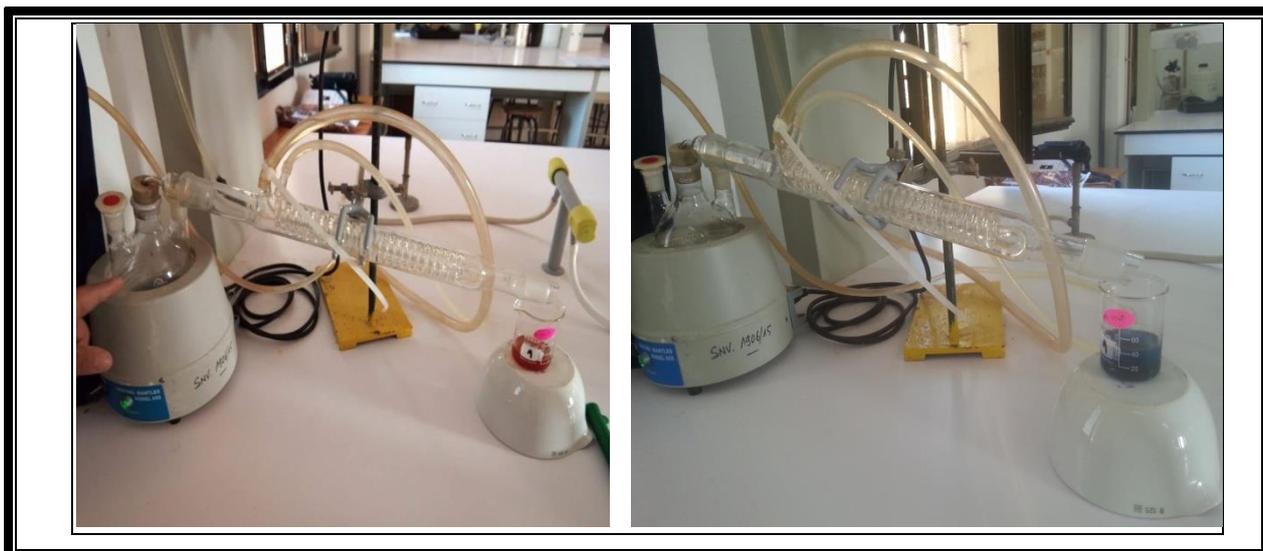


Figure 25 : Distillation de l'ammoniaque

4.1.3. Titrage :

Titrer ce distillat avec de l'acide sulfurique N/20 jusqu'à la couleur de départ (grenade).

Noter le volume de la burette v_0

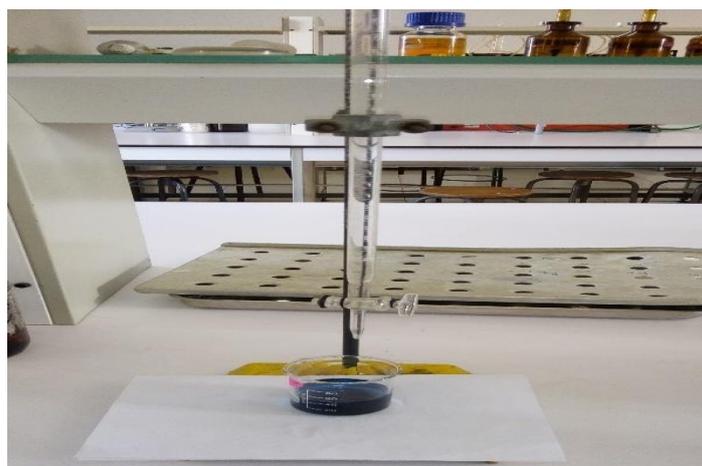


Figure 26 : titrage de distillation avec acide sulfurique

4.1.4 Calcul de la teneur en azote :

La teneur en azote est exprimée en pourcentage en masse du produit :

$$N(\%) = (v_0 - v_1) \times T \times 0.14 \times 100 / m$$

Avec :

V_0 : le volume de l'acide sulfurique utilisé pour l'essai à blanc.

V_1 : le volume de la solution d'acide sulfurique pour la détermination

T : la normalité de la solution d'acide sulfurique utilisé pour le titrage

M : la masse en gramme de la prise d'essai

4.1.6. Calcule de la teneur en protéines brutes :

Calculer la teneur en protéines brutes du produit en multipliant par le facteur **6.25** la teneur en azote.

5. La teneur en eau :

La teneur en eau des aliments d'origine végétale est la perte de la masse obtenue par séchage, elle est déterminée selon un mode opération spécifique.

➤ Principe de la méthode :

La détermination de la perte de masse par se fait dans des conditions spécifiques dépendant de la nature de l'échantillon.

➤ Appareillage :

- Balance électrique
- Etuve électrique

**A : Etuve électrique****B : Balance électrique****Figure 27 : Appareillage de La teneur en eau****5.1. Mode opératoire :**

On prend une quantité importante de l'échantillon étudié (20 g) qu'on met dans l'étuve à 40° C pendant 24 heures, et faire des pesées a répétition a l'aide d'une balance électrique jusqu'a stabilisation du poids total du poids de l'échantillon

➤ Mode de calcul :

$(\text{Poids frais} \times \text{poids sèche} / \text{poids frai}) \times 100$

6. Détermination des cendres brutes :

La méthode permet la détermination de la teneur en minérale par incinération de produit à 550°C 5 (LAB23 I-MET006-Cendres brutes v 11 2013-02-01-3/5).

➤ Principe de la méthode :

Ce principe consiste à la décomposition de la matière organique par incinération, puis la pesée des cendres brutes obtenues.

➤ Appareillage :

Dessiccateur

Balance analytique.

Etuve à 103°C.

Four à moufle.

Creuset d'incinération.

6.1. Mode opératoire :

On a procédé comme suit :

- Peser les creusets vides.
- Peser 5 g d'échantillon.
- Mettre 5g dans les creusets et peser à la 2ème fois.
- Mettre les creusets dans un four à moufle 550°C/2h et 30min.
- Laisser les creusets dans un dessiccateur 45min pour le refroidissement.
- En fin peser les creusets.



Figure 28 : appareillage des cendres brutes

➤ Mode de calcul :

Le calcul se fait par le formule suivant

$$(\%) = (P2 - P1) / PE \times 100$$

Avec :

P1 : poids de creuse vide.

P2 : poids de creuse vide avec l'échantillon après séchage.

M : la masse de l'échantillon

7. Echantillonnages des cystes :

Nous avons prélevé l'échantillon de cystes le 08 / 04 / 2018, ils ont été ramassés directement à différents points sur le rivage du lac salé de Bethioua (Oran) à l'aide d'une petite pelle et à la surface de l'eau en utilisant des tamis d'un maillage de 100 µm). Immédiatement après la récolte, les cystes sont enveloppés dans des sacs noirs en plastique après avoir rajouter du sel provenant de la saline afin de conserver les cystes à l'abri de la lumière et de l'humidité.

7.1. Traitement des cystes :

Un traitement correct des cystes garantit une qualité maximale d'éclosion de cystes produits. Cette méthode de traitement comporte les étapes suivantes (selon la méthode décrite par Sorgeloos et *al.* 1986 ; 1996):

- 1- Séparation selon le diamètre.
- 2- Séparation selon la densité, dans une saumure a (300g/l).
- 3- Lavage a l'eau douce.
- 4- Séparation selon la densité dans l'eau douce.
- 5- Séchage.
- 6- Conservation.

7.2. Séparation selon le diamètre :

Cela implique l'élimination de débris (dont le diamètre est plus grand et plus petit que le diamètre des cystes tel que le sable, le bois et les plumes), en faisant passer le produit d'éclosion sur des tamis de différents diamètres (1 mm, 0.15 mm, 0.25 mm).

Les cystes (embryon intacte aussi bien que les coquilles vides) en plus des particules de même grosseur sont aussi collectés au fond de l'écran. Les cystes peuvent être mis à l'abri dans des sacs ou des bouteilles hermétiquement fermées. Pour une meilleure conservation, on peut rajouter de la saumure ou du gros sel à l'échantillon.

7.3. Séparation selon le diamètre dans une saumure :

Pour mieux enlever les petits débris de même diamètre que les cystes, l'échantillon collecté à partir du fond de l'écran doit être transférés dans un réservoir (de préférence en forme d'entonnoir exemple : bouteille de Zoug) rempli de saumure saturée (300g/l) et équipé d'une pompe d'air afin de désagréger les amas des cystes (Cf. Fig 29). Les petits débris flottent à la surface de l'eau, alors que les débris lourds coulent au fond. Lorsque tous les débris lourds se sédimentent, l'aération est stoppée, et les cystes sont récupérés par siphonage à l'aide d'une pipette.

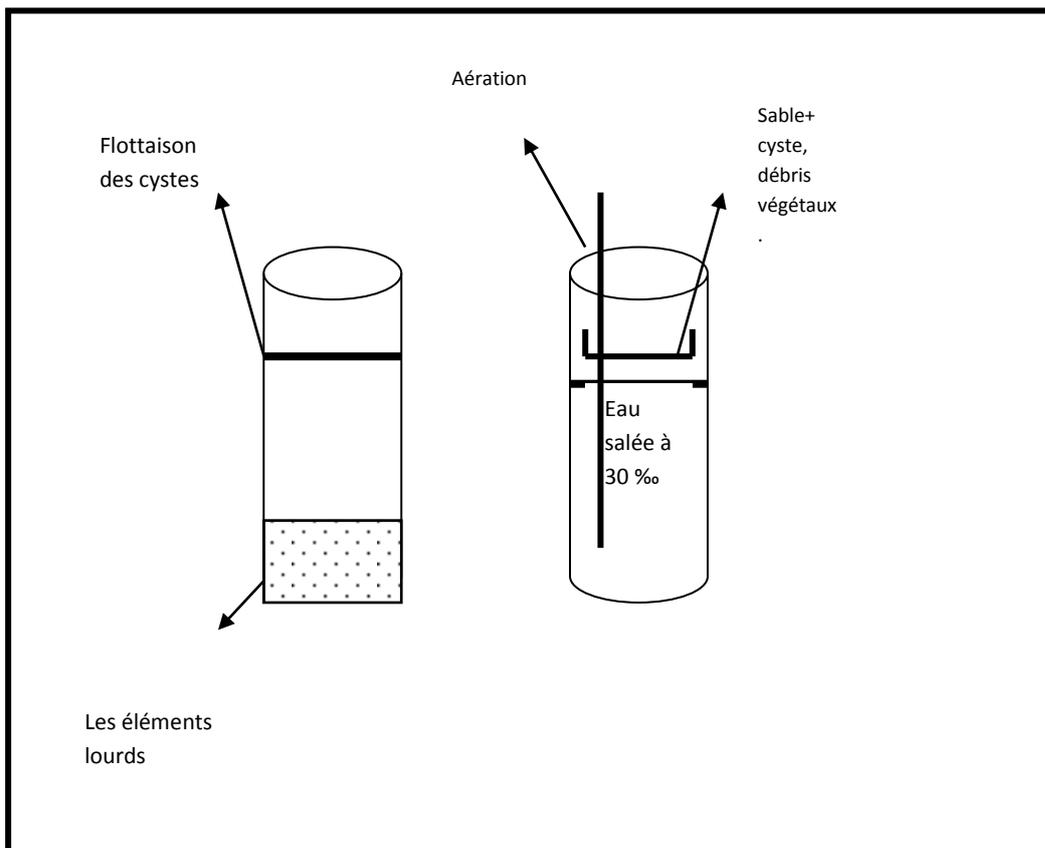


Figure 29 : Schéma de séparation selon le diamètre dans une saumure

7.4. Lavage à l'eau douce :

Pour un meilleur traitement, les cystes doivent être minutieusement lavés avec de l'eau douce dans le but d'enlever l'excès de sel, Nous avons utilisé un tamis d'un diamètre de 125 microns pour récupérer les cystes; on peut également utiliser des sacs à filtre (éventuellement les sacs de riz) avec un maximum de diamètre égalant 150 microns. L'étape de lavage ne doit pas être plus longue que 5 à 10 minutes.

7.5. Séparation selon la densité en eau douce :

Les cystes sont transférés dans une ampoule à décanter en verre contenant de l'eau douce (on ne doit pas utiliser de l'eau froide car sa densité est plus élevée (la flottaison et la séparation serait inférieure). Pour désagréger les amas de cystes, l'aération doit être maintenue en continue. Les cystes pleins coulent au fond alors que les petits débris et les cystes vides flottent à la surface (Cf.Fig 30).

Cette séparation en eau douce ne doit pas être plus longue que 15 minutes, autrement les cystes vont atteindre le niveau d'hydratation qui met en route leur métabolisme.

Les cystes pleins sont récupérés sur un tamis de 125 micron; on peut aussi les collecter à l'aide d'un sac en tissu de 150 micron et enlever l'excès d'eau par pression ferme sur le sac qui sera séché avec un tissu absorbant. L'excès d'eau peut être plus efficacement retiré en plaçant le sac dans un centrifugeur.

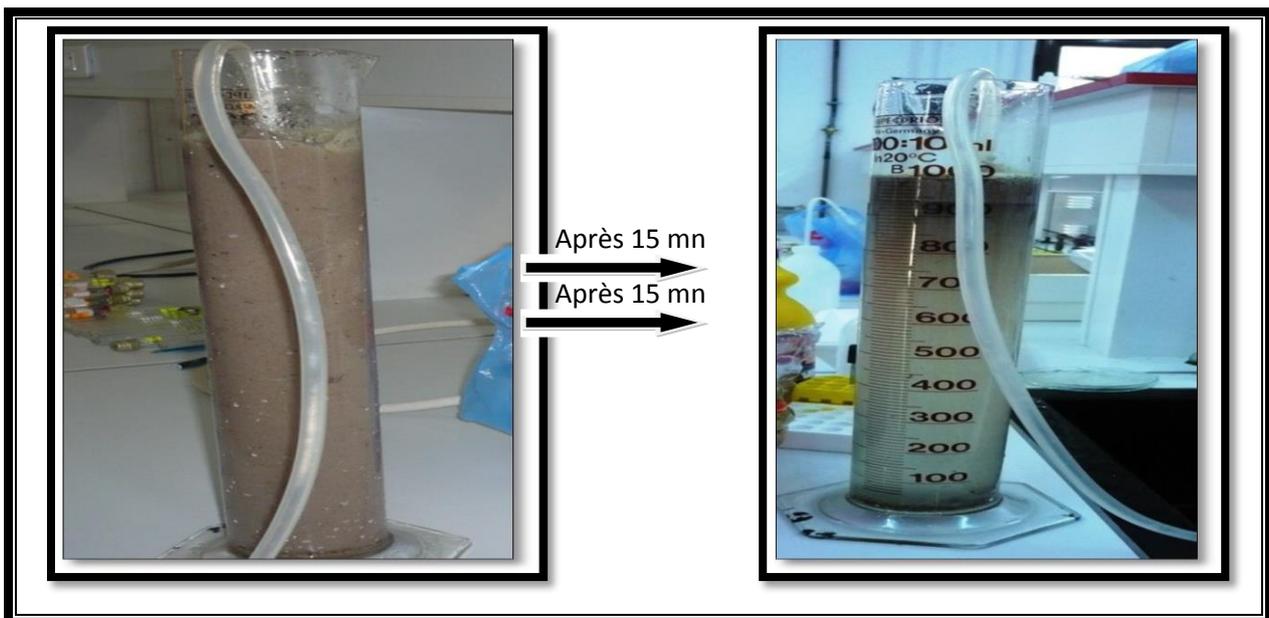


Figure 30: Séparation selon la densité dans l'eau douce

7.6. Le séchage et conservation :

L'eau de constitution des cystes, après traitement en eau douce, doit être réduite aussitôt que possible au-dessous du niveau critique de 10%, dans le but de stopper l'activité métabolique du cyste. Après avoir mis les cystes dans des boîtes de Pétri, on a placé ces dernières dans l'étuve à 30- 45°C, pendant 2 jours (Cf.Fig 31).

Bien que les effets du métabolisme n'aient pas été entièrement compris, il a été démontré par de nombreuses expériences que cela dépendait de la procédure de séchage et de la qualité du cyste, (son efficacité d'éclosion, son taux d'éclosion et l'énergie qu'il contient peuvent être affectés.



Figure 31 : Séchages des cystes dans l'étuve.

Avant leur conservation entre 0 et 4 °C, les cystes doivent être émergés dans la saumure. Pour une conservation de longue durée (Au-delà d'un mois) l'emballage sous vide ou sous azote est envisagé.

7.7. Incubation et éclosion des cystes :

Afin d'assurer une éclosion optimale des cystes, certaines conditions strictes doivent être respectées (**Lavens et Sorgeloos, 1996**), à savoir :

1/ Une température maintenue entre 25 et 28°C.

2/ Une salinité de 15 à 35 g/l.

3/ Un pH aux environs de 8.0.

4/ Une quantité d'oxygène de 2 mg/l au minimum, de préférence 5 mg/l.

5/Une densité maximale de cystes ne dépassant pas 2g/l.

6/Assurer une illumination constante de 1000 à 2000 lux. (Deux ampoules de 40 Watts sont suffisantes pour quatre récipients d'incubations) (Granvil et Treece, 2000).

La procédure standard employée est celle de Sorgeloos et *al.* (1986). Elle consiste à incuber 250 mg de cystes dans un récipient cylindro en verre, contenant 100 ml de l'eau de mer naturelle filtrée (0.45 et 0.2µm). Les cystes doivent être maintenus en suspension en

appliquant une aération par le fond du récipient. La température est maintenue à 26°C, parfois à 28° C à l'aide d'un thermostat.

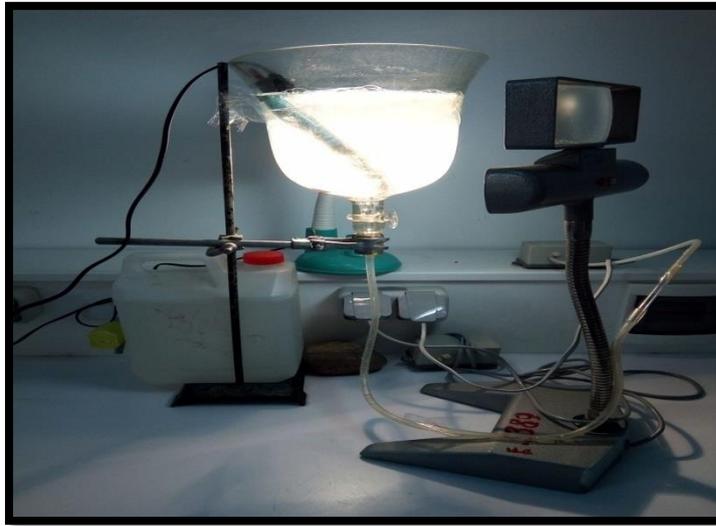


Figure 32 : Elevage de l'*Artémia salina*

8. Le test de dose de létalité d'*Artémia salina* DL₅₀ :

Les tests ont été menés dans des boîtes de Pétrie (diamètre de 60 mm et 12 mm hauteur). Les extraits ont été dilués avec 0,8ml de sulfoxyde de diméthyle (DMSO) avec différentes concentrations (20 à 100 µg / ml⁻¹) de chaque extrait d'algue de chaque solvant et puis sont remplies avec 39.2 ml d'eau de mer, sans oublier une boîte témoin avec DMSO. On ajoute ensuite 10 nauplii dans chaque boîte (Cf. Fig 33).

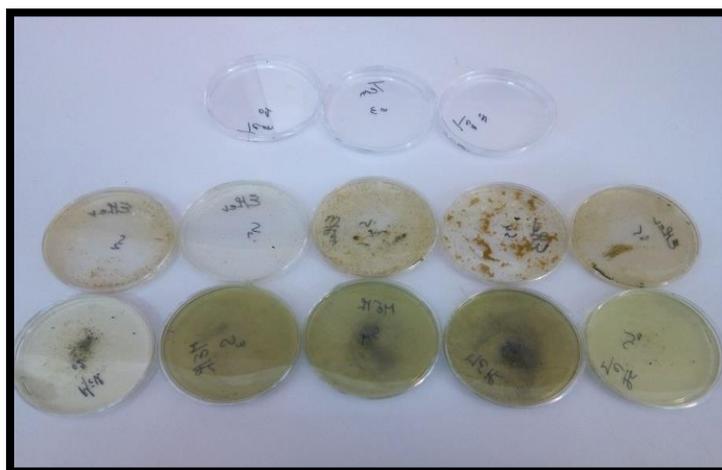


Figure 33 : Teste de létalité DL₅₀

Après 24 heures on compte le nombre des individus morts dans les boites tests et le témoin; delà on peut définir la dose de létalité DL_{C50} de chaque solvant selon les déférentes contractions déterminer.

Dans le cas où le témoin contient des larves mortes, le pourcentage de mortalité est corrigé en utilisant la formule suivante :

$$\% M = (NLP - NLT) / 10 * 100$$

Avec :

M : pourcentage de mortalité

NLP : nombre de larve morte en présence du produit a testé

NLT : nombre de larve morte en présence du témoin (solvant)

9. Le pouvoir antioxydant des extraits d'*Ulva lactuca* :

L'objectif principal de notre étude est basé sur l'évaluation l'activité anti oxidant d'*Ulva lactuca* sp ; Pour ce faire, nous envisageons de réaliser la partie expérimentale comme suit;

Une préparation des extraits organiques à partir de l'algue verte *Ulva lactuca* sp ; Une analyse phyto-chimique des extraits préparés: extrait méthanol, Ether de pétrol ;

➤ Principe de la méthode DPPH :

Le DPPH (2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl) est un radical libre stable qui absorbe à 517nm. En présence de composés anti-radicalaires, le DPPH de couleur violette se réduit en 2,2 Diphenyl-1-picryl hydrazine de couleur jaune (**Maataoui et al., 2006**). L'absorbance mesurée à 517 nm serve à calculer le pourcentage d'inhibition du radical DPPH, qui est proportionnel au pouvoir anti-radicalaire de l'échantillon (**Parejo et al, 2002**).

Pour ce faire, nous envisageons de réaliser la partie expérimentale comme suit;

- Une préparation des extraits organiques à partir de l'algue verte *Ulva lactuca* ;
- Une analyse phyto-chimique des extraits préparés: extrait méthanol, Ether de pétrol ;
- Dosage de DPPH totaux;
- Une étude de l'activité anti-oxydante des extraits de cette algue par la méthode de piégeage du radical libre DPPH.

9.1. Mode opératoire (Benariba et al. 2013) :

L'effet de chaque extrait sur le DPPH est mesuré par la procédure décrite par **Benariba et al. (2013)**.

- Préparation du DPPH à la concentration de 0,0012 mg /ml dans du méthanol,

- Préparation des extraits dans l'eau distillée à différentes concentrations (100, 200, 300, 400,500 mg/ml);
- A 2 ml de la solution du DPPH on ajoute 0.014mg pour chaque extrait à différentes concentrations;
- Préparation du tube blanc pour chaque concentration : 50 ml du méthanol et 0.014 de chaque extrait correspondant;
- Préparation du tube control négatif : 50ml du méthanol avec 2ml de la solution du DPPH,
- Le tube blanc renferme 2 ml du méthanol

Incubation 30 min à température ambiante et à l'obscurité,

- Mesure de l'absorbance à 517 nm.

L'Ether de pétrole est testé selon le même mode opératoire à différentes concentrations.

Les résultats ont été exprimés en tenant compte de la moyenne de trois mesures obtenues pour chaque extrait, dont le pourcentage de réduction du DPPH est calculé selon la formule suivante:

$$I\% = \frac{(\text{ABS BLANC}) - (\text{ABS EXTRAIT})}{(\text{ABS BLANC})} \times 100$$

Avec :

DPPH (%) : Pourcentage de réduction du DPPH.

ABS BLANC: Absorption d'extrait blanc.

ABC EXTRAIT : Absorption d'extrait

9.2. Détermination IC50 :

La valeur IC50 est la concentration qui assure la réduction de 50% du DPPH, déterminée graphiquement pour chaque extrait à partir de la courbe du pourcentage de réduction en fonction de la concentration (Samarth et *al*, 2008)



Figure 34 : dosage de dpph totaux

10. Protocole d'extraction des métaux lourds :

Les extraits des plantes sont préparées selon la méthode décrite par (**Hoening et al ;1979**) :qui consiste en une digestion par voix humide

Les métaux lourds (Pb et Zn) sont extraits avec l'eau régale (solution sulfonitrique –eau oxygénée). Pour cela 1 ml d'acide sulfurique, 3 ml d'acide nitrique,3 ml d'eau oxygénée à 30 volume , sont ajoutés à 1 g de l'échantillon des plantes séchées et broyées en fines particules . Dans un erlenmeyer rodé de 250ml, fixé à réfrigérant, l'ensemble est chauffé à 75 °c, jusqu'à l'ébullition pendant 15 mn, après refroidissement et rinçage du réfrigérant par quelques millilitres d'eau déminéralisée, le contenu est filtrés sur papier filtre à vitesse moyenne de filtration dans une fiole de 50 ml à 100 ml selon les besoins.

C'est à partir de cette solution d'essai que l'on procède aux dosages par spectrophotométrie d'absorption atomique.

10.1. Dosage des métaux lourds par Spectrophotométrie d'Absorption Atomique avec flamme :

➤ Principe :

C'est une méthode analytique fondée sur l'exposition des spectres de raies, permettant de doser les éléments métalliques. Cette méthode repose sur la règle expérimentée par **Kirchoff** (*in Merad et al, 1991*) ; et elle a été mise au point simultanément par **Walch &Alkemade** (1955) ; le principe est tel qu'un certain corps soumis à certaines conditions d'excitation ne peut absorbé que des radiations qu'il est susceptible d'émettre, la réaction est la suivante :

Nos dosages ont été réalisés à la Sonatrach au niveau du laboratoire du complexe GNL2 / Z : Gaz Naturel Liquéfié 2 Arzew. L'appareil mis à notre disposition pour l'analyse de nos échantillons est un S.A.A. de marque.

➤ **Etalonnage :**

Pour chaque métal à analyser, les échantillons standards ont été préparés à partir des solutions mères (Tab 3). Les concentrations des échantillons biologiques doivent être comprises dans l'intervalle des concentrations des solutions standards (**Pinta et al, 1979**). De ce fait, une courbe étalon relative à la concentration de nos échantillons a été tracée à partir des solutions standards (mère) ainsi on pourra faire la lecture correctement de nos dosages au SSA. af.

Tableau 3 : Concentrations des solutions mères (S₁, S₂, S₃) de la gamme étalon.

Elément à doser	Concentration des solutions mères dans 100(mg/l) d'eau bidistillée		
	S ₁	S ₂	S ₃
Cuivre	2.5	5	-
Zinc	1	2	5
Plomb	2	4	6

I- Résultats :**1. Teneur en eau :**

D'après notre expérience, la teneur en eau de l'algue verte *U. lactuca sp* est relativement moyenne avec une valeur de 15.25 %. Cette valeur notée est tout à fait justifiée.

En effet, selon l'étude de Leclerc V., Floc'h J.-Y. 2010 elles sont constituées jusqu'à 90% d'eau, contenue essentiellement dans la vacuole de la cellule, ainsi que dans le cytoplasme et la paroi cellulaire cependant la différence notée pour le contenu hydrique peut s'expliquer par la profondeur à laquelle elle se situe, vue qu'elles proviennent d'un milieu marin, elles y sont immergées durant tout leur cycle de vie, c'est ce qui explique leur contenu élevé en humidité.

2. Teneur en cendres brutes :

D'après notre étude sur l'algue verte *Ulva lactuca sp*, la teneur en cendres brutes obtenue pour 5 g d'algue sèche broyée est évaluée à 22 %

D'après la littérature, la teneur en minéraux chez les algues varie généralement entre 8% et 40% (MacArtain et al, 2007; Mabeau et Fleurence, 1993). Les valeurs obtenues dans notre étude correspondent à cet intervalle.

Nos résultats de la teneur en minéraux restent comparables avec les travaux d'autres auteurs sur l'algue verte. En effet, pour *Ulva lactuca*, Yaich et al (2011) et Ortiz et al (2006) ont rapporté respectivement 11% et 19,6% par rapport à la matière sèche.

3. Rendement en extrait brut :

L'extraction des composés secondaires après 24 heure de macération à partir de l'algue verte *Ulva lactuca sp* nous a permis de calculer le rendement de l'extrait qui exprimé en pourcentage pour 20 g d'algue sèche broyée. Le résultat obtenu est évalué à 7.9% pour le méthanol et 2 % pour l'éther.

En comparaison avec l'espèce *C. tamariscifolia* récoltée en mois de février, les rendements enregistrés d'après les travaux faits par Ainan (2011) où il a obtenu 5,65 % pour le méthanol et 0,22 % pour l'éther.

Selon Michel et al, (2012). Le rendement des extractions par des solvants de polarité croissante dépend de la nature du solvant utilisé et des propriétés chimique des molécules à extraire. De même, la méthode d'extraction (macération, décoction, infusion) joue également un rôle important dans la détermination du rendement ainsi que la composition chimique des extraits préparés (Tefiani, 2015).

((Ballon remplis –ballon vide)/ ballon remplis)*100

4. Résultats de l'extraction dans différents types de solvants selon la polarité et le nombre de cycle :

Nous avons résumé les différentes caractéristiques de la méthode du soxhlet à savoir : nombre de cycles, température et le rendement final des algues séchées sont résumé dans le tableau 4 et illustré par la figure 35.

Tableau 4 : Les différentes caractéristiques de la méthode du soxhlet

Types de solvants	Nbrs de cycles	température	Rendements
Ether de pétrole	5	60	2 %
Méthanol	2	57	7.9 %

Le calcul du rendement se fait par l'équation suivante :

$$R = (\text{poids de l'extrait/poids de l'algue séchée}) * 100$$

On a illustré le résultat obtenue par la figure 35 D'où on peut relever que les taux de rendements du Méthanol et l'Ether de pétrole donne les taux les plus bas avec respectivement 7.9% et 2%.

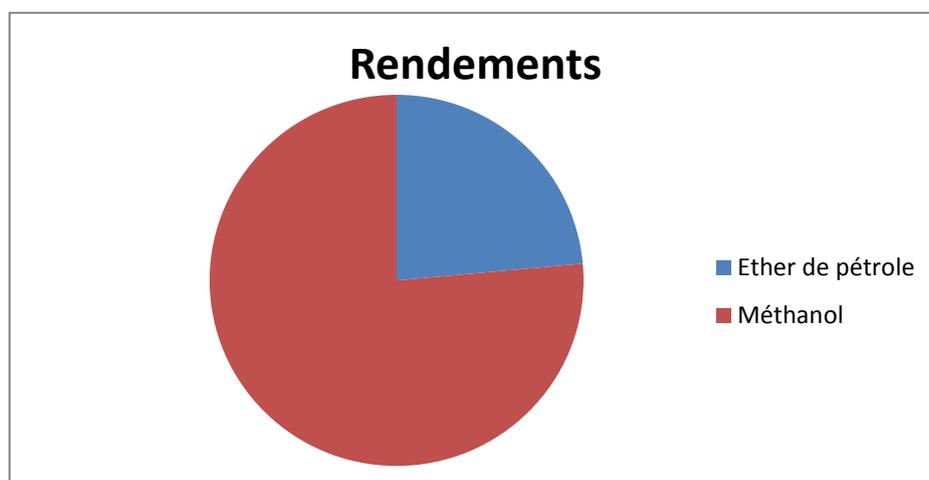


Figure 35 : Taux de rendement des différents extraits

Les produits ont été testés à des concentrations allant de 20, 40, 60, 80 et 100 µg/mL.

Les résultats obtenus lors de ces tests de toxicité des produits bruts chez les larves d'*Artémia salina* en fonction de la concentration et de leurs logarithmes sont résumés dans le tableau 4 et illustré par la figure 35.

Tableau 5 : Résultat de l'activité de toxicité

Extrait	Ulva lactuca	[c]	NL m	NLT	Nlc	%M	Ln[c]
Méthanol		20	01	10	01	60	9.6
		40	03	10	01	00	4.3
		60	02	10	01	10	4.0
		80	01	10	01	20	3.6
		100	07	10	01	00	2.9
Ether de pétrole		20	01	10	01	30	9.6
		40	01	10	01	30	4.3
		60	04	10	01	10	4.0
		80	04	10	01	00	3.6
		100	02	10	01	00	2.9

Le pourcentage des larves d'*Artémia salina* exposées aux extraits d'algues verte *Ulva lactuca* sp est illustré par la figure 36.

Les résultats indiquent que les extraits des échantillons d'algues verte *Ulva lactuca* de plage de Sidi L'adjel ne sont pas toxiques pour l'*Artémia salina*,

Les extraits ont donnés des résultats différents pour chaque concentration soumise à la saumure et le pourcentage de mortalité des larves croit en fonction de la concentration ce qui est clairement illustré par les courbes représentées dans la figure 36.

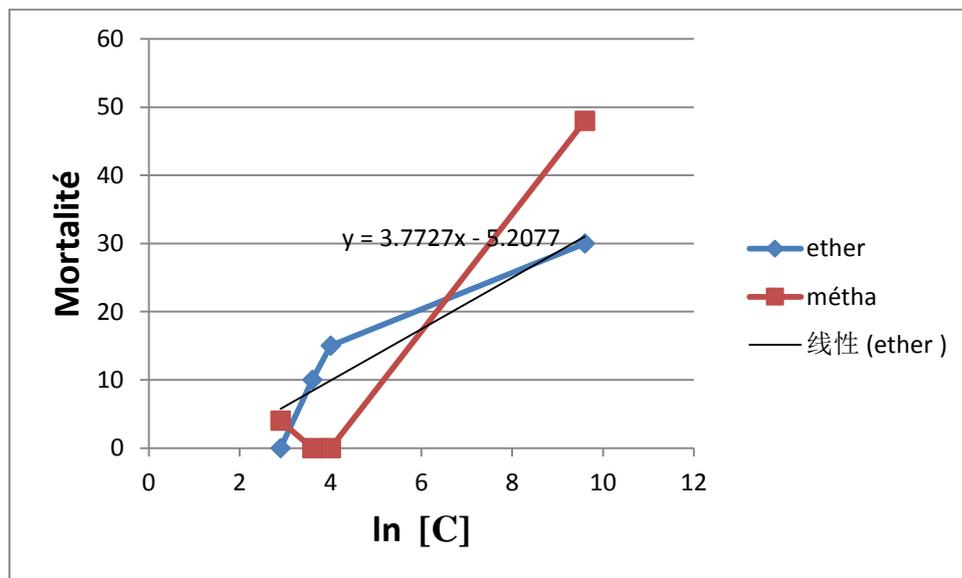


Figure 36: Graphe de la mortalité aux différentes valeurs de concentration d'extraits par différents types solvants.

Les concentrations ont présenté plus de 48 % de mortalité d'*Ulva lactuca* après 24 heures par les extraits de l'éther et du méthanol (figure 36).

On peut relever de la figure 36 que le pourcentage de mortalité de l'*Artémia salina* diminue après 24 heures d'exposition aux différentes concentrations d'extraits d'algue verte bruts, qui a été inférieur à 50% pour la plupart des composants indiquant que ces extraits à savoir l'éther, le méthanol sont toxiques.

La toxicité des extraits à base de cette algues exprimée en DL_{50} est généralement imposée à une comparaison valorisée de Clarkson et al., 2004 et/ou Meyer et al., 1982.

Les critères de toxicité pour l'évaluation de la toxicité de Clarkson d'extraits végétaux sont classifiés comme suit:

Les extraits avec une DL_{50} supérieures à 1000mg / ml ne sont pas toxiques, les DL_{50} comprises entre 500 - 1000 $\mu\text{g} / \text{ml}$ sont faiblement toxiques et ceux présentant une DL_{50} de 100 -500 $\mu\text{g} / \text{ml}$ sont alors moyennement toxiques, tandis que les extraits avec une DL_{50} de 0 -100 $\mu\text{g} / \text{ml}$ sont hautement toxiques (Clarkson et al.,2004).

Concernant nos résultats, Les valeurs de la dose de létalité « DL_{50} » des différents extraits de solvants obtenus par les différentes expressions linéaires sont affichées dans le tableau 6 et illustré par la figure 37.

Tableau 6: Valeurs DL_{50} des extraits de *Ulva lactuca sp*

Espèce	Extrait	DL_{50} ($\mu\text{g}/\text{mL}$)
<i>Ulva lactuca</i>	Ethère	48
	Méthanol	30

selon le graphe (Fig 37), l'extrait de l'hexane présente une valeur d'activité cyto-toxique DL_{50} supérieur à 48 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ce qui le classe selon Clarkson et al., 2004 comme étant toxique.

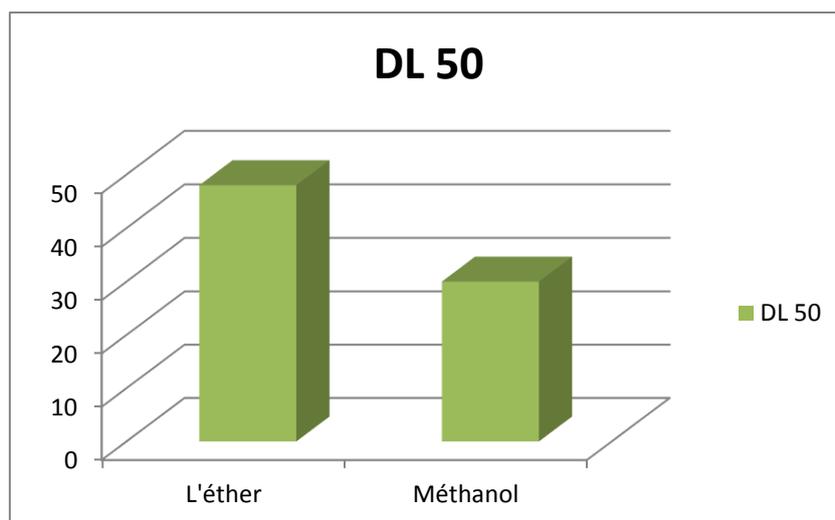


Figure 37 : Valeurs de la dose de létalité « DL₅₀ » des différents extraits

5. Tests de toxicité DL 50 :

Confirmation de la toxicité de la culture d'*Ulva lactuca sp.* La solution obtenue à partir de l'extraction d'algue s'est révélé toxique par l'artémia salina. La concentration de la toxine déterminée par le test de l'artémia avec une solution témoin d'*Ulva lactuca sp.* Essai de crevette à la saumure, les deux groupes de contrôle utilisant moyen donné mortalité et une mortalité prononcée de 0 à 48% respectivement de différentes concentrations détermine. La seconde mortalité a été prise en compte lors du calcul de la DL 50.

La mortalité dans le groupe témoin a suivi une tendance similaire à celle observée dans le groupe expérimental et a probablement été causée par des toxines de *l'Ulva* a révélé la présence des toxines leur voies digestives.

Le programme informatique utilisé pour les statistiques d'analyse des données a pris en compte la mortalité de contrôle dans mon échantillon de l'extrait d'*Ulva lactuca sp.*, DL 50 ne dépasse pas 5825.49 ppm.

La toxicité des extraits à base d'algues exprimée en DL50 est généralement soit par comparaison valorisée à Meyer ou à l'indice de toxicité de Clarkson. Selon l'indice de toxicité de Meyer, l'extraits avec DL50 <1000 µg/ml sont considérés comme toxiques, tandis que les extraits avec DL50 > 1000 µg/ml sont considérées comme étant non toxique (Meyeret et al, 1982). Critère de toxicité pour l'évaluation de la toxicité de Clarkson d'extraits végétaux classifie extraits dans l'ordre suivant:

Extraits avec CL50 > 1000 µg/ml ne sont pas toxiques, CL50 500 - 1000 µg/ml sont faibles toxiques, extrait avec CL50 de 100 -500 µg/ml sont moyennement toxiques (Clarkson et al, 2004).

6. Activité anti radicalaire :

Les résultats de l'effet anti radicalaire (activité anti-oxydante) de l'extrait de *Ulva lactuca sp* est évaluée par tests reposant sur la capacité anti-oxydante totale et le piégeage du radical libre DPPH qu'on a représenté par la (Figure 38).

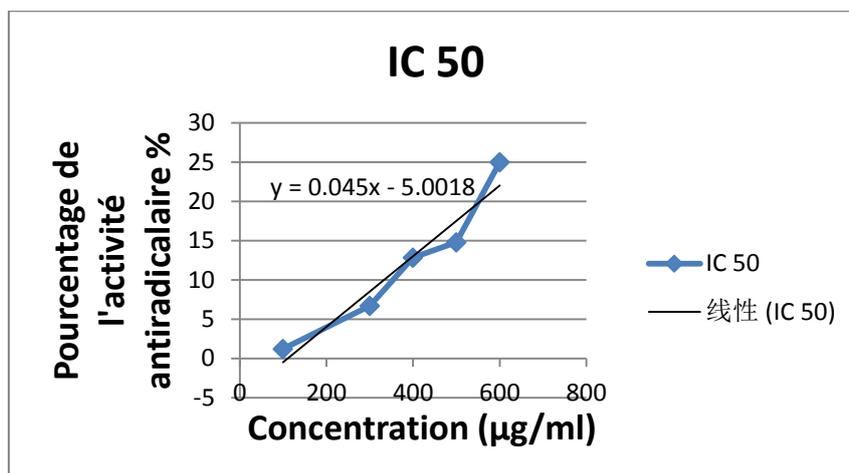


Figure 38 : Pourcentage d'inhibition du DPPH par l'extrait De l'*Ulva lactuca sp*

Selon les résultats obtenus on note une augmentation de l'activité anti radicalaire proportionnelle à l'augmentation de la concentration de l'extrait. A faible concentration 100mg/ml, l'extraits de méthanol à un faible pourcentage de réduction du DPPH 2%, Aux concentrations moyennement élevées, 500 mg/ml, l'extrait présente des pourcentages de réduction du DPPH plus élevés qui varient jusqu'à 15%.

A partir de ce résultat on constate que cet extrait à forte dose (4 mg/ml) présente un effet antira-dicalaire sur le DPPH.

7. Teneur en poly-phénols totaux :

La teneur en poly-phénols totaux est déterminée à partir de l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage exprimée en µg équivalent d'acide gallique (mg EAG) par g de la matière sèche (MS) (**Figure 39**).

Tableaux 7 : l'acide gallique pour le dosage des phénols totaux

conc (µg/ml)	do1	do2	do3	Moy	SD
0	0	0	0	0,000	0
10	0,126	0,09	0,133	0,116	0,0206365
20	0,247	0,25	0,246	0,248	0,0018619
30	0,345	0,36	0,355	0,353	0,0068313
40	0,437	0,431	0,425	0,431	0,0053666
50	0,586	0,564	0,545	0,565	0,0183521
60	0,717	0,701	0,689	0,702	0,0125645
70	0,848	0,864	0,861	0,858	0,007607
80	0,966	0,957	0,965	0,963	0,0044121
90	1,085	1,064	1,053	1,067	0,0145419

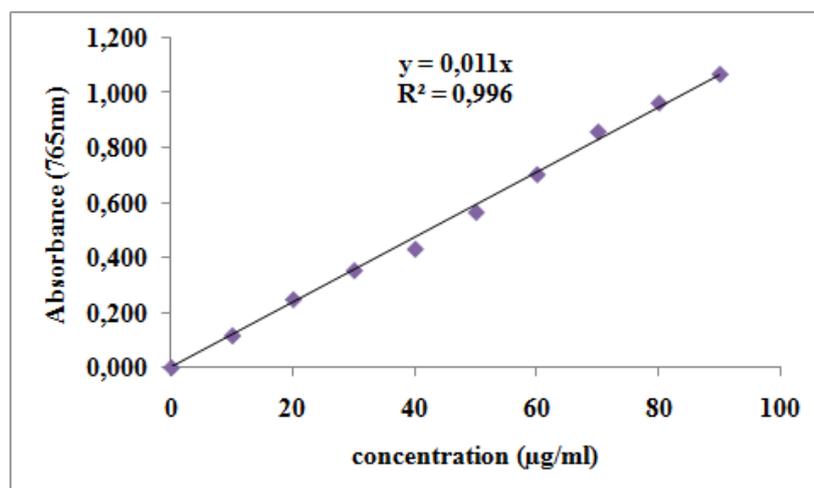


Figure 39 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour le dosage des phénols totaux

La teneur en poly-phénols peut servir comme indicateur important de la capacité anti-oxydante et être utilisé comme une sélection préliminaire pour n'importe quel produit quand il est destiné comme source naturelle des antioxydants dans les aliments fonctionnels (Viuda-Martos *et al*, 2011).

Concernant notre étude l'analyse des poly-phénols montre que l'extrait obtenue à partir de l'algue verte *Ulva lactuca sp* possède une teneur en phénols totaux de (0.383 mg EAG/g MS). Nos résultats de la teneur en phénol totaux de l'extrait acétonique restent comparables avec les travaux de Sadati et al, (2011) et Zubia et al, (2009) sur les espèces *Cystoseira Myrica* et *Cystoseira tamariscifolia* où les teneurs sont de $10,08 \pm 1,13$ mg EAG/ g Ms et $10,91 \pm 0,07$ mg EAG/ g MS, respectivement. Alors que Reza et al, (2013) ont reporté une teneur faible de l'ordre de $0,17 \pm 0,03$ mg EAG/ g MS chez *C. myrica*.

8. Teneur en lipides totaux :

Le contenu en lipides de l'algue verte *Ulva lactuca sp* est relativement moyenne avec une teneur de 5.5%

D'après la littérature, les teneurs en lipides dans les algues varient entre les espèces, la localisation géographique, la saison, la température, la salinité, l'intensité lumineuse, mais encore l'interaction entre ces facteurs, et enfin la méthode d'extraction utilisée (Myachita et al, 2013; Sanchez-Machado et al, 2004 a, b ; Yaich et al, 2011).

Il est rapporté que les algues marines ne sont pas une source conventionnelle en énergie, avec un contenu faible en lipides, mais, leurs acides gras polyinsaturés, peuvent être aussi élevés que ceux des végétaux terrestres (Darcy Vrillon, 1993). De plus, du point de vue qualitatif, les lipides des algues diffèrent de ceux des végétaux terrestres.

9. Teneur en protéines brutes :

D'après la méthode de KJELDAHL, l'algue verte étudié montre un teneur en protéines brutes de 30.6%. En effet, d'après Fleurence (1999), la teneur protéique dans les algues en générale varie entre 10 et 21%.

Généralement, la fraction protéique des macro-algues brune est faible 3 à 15% MS comparativement à celle des macro-algues verte et rouges 10 - 47% MS respectivement (Arasaki et Arasaki, 1983 in Fleurence, 1999), cependant les macro-algues vertes industriellement exploitées (*Laminaria digitata*, *Ascophylum nodosum*, *Fucus vesiculosus* et *Himanthalia elongata*) ont une teneur en protéines plus faible que 15% MS excepté pour l'espèce *Undaria pinnatifida* (Wakamé) qui possède un niveau protéique variable de 11 à 24 % MS (Fleurence, 1999).

Il est rapporté que la teneur en protéines des algues marines varie fortement entre les espèces et dépend des saisons et des conditions environnementales (Dawczynski et al., 2007; De Oliveira et al., 2009).

10. Les pigments Photosynthétiques :

Les teneurs en chlorophylles a et b et la teneur des caroténoïdes d'algue verte *Ulva lactuca sp* sont représentés dans le tableau 8.

Tableau 8 : Teneurs en chlorophylles (a), (b) et caroténoïdes.

Espèce d'algue	CHla	CHlb	CHla + CHlb	Cart
<i>Ulva lactuca sp</i>	1.89	2.27	4.19	-0,95

➤ Sachant que Les teneurs en chlorophylles (a), (b), (a + b) et caroténoïdes, sont calculées à partir de ces formules et exprimées en ($\mu\text{g} / \text{g}$ de MF) :

- $\text{CHla} = 12,7 \cdot \text{Do663} - 2,69 \cdot \text{Do645}$
- $\text{CHlb} = 22,9 \cdot \text{Do645} - 4,86 \cdot \text{Do663}$
- $\text{CHla} + \text{CHlb} = 8,02 \cdot \text{Do663} + 20,20 \cdot \text{Do645}$
- $\text{Cart} = [(100 \cdot \text{Do480}) - (3,27 \cdot (\text{CHla}) - 104 \cdot (\text{CHlb}))] / 229$

11. Contamination par les métaux lourds :

L'examen de nos résultats a révélé la présence des xéno-biotiques (Cu, Pb et Zn) étudié dans l'algue verte *Ulva lactuca* (Tableau 9) montre que la contamination la plus importante concerne relativement le Zinc qui s'affiche avec un taux de 298,642 ppm. P.S, qui n'est pas considéré comme un métal toxique; toutefois, une forte concentration peut engendrer des dérèglements physiologiques à l'organisme.

Tableau 9 : Concentrations moyennes des métaux lourds en $\mu\text{g/g}$ de poids sec chez l'algue verte *Ulva lactuca* de Sidi Laadjel.

Métaux	Zinc (Zn)	Cuivre (Cu)	Plomb (Pb)
<i>Concentration trouvée</i>	298,642	169,089	83,0967

Dans le but de mettre en valeur plus notre travail nous avons fait une comparaison de nos résultats avec ceux de la littérature, nous avons pu constater que les valeurs obtenues sont presque similaires à ceux des travaux ultérieurs mais aussi proche de celles des milieux pollués. Les études de **Villares et al, 2001**, ont trouvé des valeurs de entre 6,96 à 66,8 µg/g dans les tissus de *U.lactuca*, et de 16,21 à 147 µg/g dans les tissus de *E. intestinalis*. Par-contre **Kaimoussi et al, 2004**, ont arrivé à une valeur limite maximale de 337 µg/g de poids sec, dans les tissus d'*U.lactuca*.

Selon l'étude de Favero et Frigo, 2002, les teneurs en métaux dans les tissus des algues, dépendant principalement des différences des cycles biologiques et des conditions de la biodisponibilité des métaux ; Et **Bennasser et al, (2000)** et **Ho (1988)** ont montré que les algues accumulent le Zn et le Cu facilement de l'eau de mer.

La comparaison des résultats obtenus par notre étude avec des études antérieures nous indiquent la présence d'un taux important du zinc suivi cuivre puis le plomb qui s'enregistre avec des taux inférieurs de 83,0967 ppm. P.S.

Les concentrations de métaux varient, non seulement parmi les espèces d'algues, mais aussi au sein de la même espèce provenant des différents sites. Cela est dû aux facteurs abiotiques ou biotiques, des facteurs anthropiques et de la distribution hétérogène des métaux dans l'écosystème. Ces variations sont en relation avec l'âge des tissus, le cycle de vie, les concentrations ambiantes des métaux et d'autres conditions environnementales.

L'influence des facteurs environnementaux tels que la spéciation physicochimique des métaux dissous, et la teneur en sels minéraux et en nutriments dans l'eau ambiante sur les teneurs en zinc dans les algues marines peuvent être importantes et devraient être étudiés (**Tabudravu et al., 2001**).

Conclusion

Le présent travail s'oriente vers une voie de valorisation très peu exploitée en Algérie. Il vise à étudier les potentialités naturelles des algues vertes marines qui forment une source intéressante et très prometteuse de substances biologiquement actives. La recherche entreprise englobe une étude biochimique et une évaluation des activités antioxydantes ainsi qu'une évaluation de la contamination métallique par trois xénobiotiques (Cu, Pb et Zn) de l'extrait brut de l'algue verte *Ulva lactuca* collectée au niveau du site de Sidi El *adjel* plage khadra de la wilaya de Mostaganem.

Les résultats obtenus après différentes extractions nous ont permis de calculer le rendement en extrait brut évalué à 7.9% et 2% pour le méthanol et l'éther de pétrole respectivement. Le dosage des différents nutriments a permis d'enregistrer une teneur élevée en phénols totaux de 0.383mg EAG/mg extrait,

Les résultats obtenus nous ont permis de conclure que:

- Une faible teneur en lipides totaux de 5.5%.
- De même, l'algue étudiée se caractérise par une teneur appréciable en protéines brutes, dont la teneur est de l'ordre de 30.6%.
- Les analyses chimiques de l'algue étudiée révèlent une teneur élevée en matière organique évaluée à 22 %.
- Le rendement en extrait brut évalué à 7.9 % pour Méthanol et 2% pour éther de pétrole
- La présence de métabolite secondaire avec une potentialité importante, la quantification des polyphénols totaux pour l'extrait méthanol est de l'ordre de ((0.383 mgEAG/g MS). La richesse en polyphénols est responsable des effets antioxydants importants sur le DPPH.
- Concernant l'activité antioxydante, nous soulignons la capacité de l'extrait de l'algue étudiée à réduire le DPPH.
- Etant donné que des organismes aquatiques utilisés comme bio-indicateur les valeurs trouvées en métaux traces indiquent des teneurs importantes en zinc avec

Certains des inconvénients du travail avec des extraits de produits naturels sont les faibles quantités disponibles pour les tests, En variante, des méthodologies de culture d'algues peuvent être utilisées pour obtenir une plus grande quantité de matière en plus de la possibilité de contrôler les conditions de croissance. Conditions susceptibles de diminuer la variabilité des résultats obtenus.

Références Bibliographiques

Anonyme, 2007. Britannica Encyclopedia. Sociedad Comercial y Editorial santiago Ltda., Lima, 2800 pp.

Amat, F., 1979. Differentiation y distribution de las poblaciones Artemia (Crustaeo Branquipodo) de Espana. *Ph.D. Thesis*. Univ. Barcelona. Spain. 251.

Arnon DI, 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenoloxidase in Beta vulgaris. *Plant Physiology*. 24: 1-15.

Arasaki, S. and Arasaki, T. (1983) Low Calorie, High Nutrition Vegetables from the Sea to Help You Look and Feel Better (Vol. 60). Japan Publications, Tokyo.196p.

Abatzopoulos, T.J., J. Beardmore., J. Clegg., P. Sorgeloos. 2010. Artemia. Basic and applied biology. *Kluw. Acad. Publ.*, 1: 286.

Bruno De reviers., (2016). Algues, Encyclopoedia Universalis. En ligne :<http://www.universalis.fr/encyclopedie/algues>.

Benchabane, O., 1989. Etude de la fraction lipidique de *Cystoseira sedoides*: Algue brune endémique des cotes d'Algérie. *Ann.Inst. Nat.Agro.El Harrach*. 13,659,655.

Benariba N, Djaziri R, Bellakhdar W, et al (2013) Phytochemical screening and free radical scavenging activity of Citrullus colo-cynthis seeds extracts. *Asian Pac J Trop Biomed* 3:35–40.

Bennasser L., Fekhaoui M., Mameli O. & Melis P. 2000. Assessment of the metals contamination of the low Sebou sediments (Morocco). *Annali di Chimica*, 90, 637-644.

Boizot N., and Charpentier .J.P. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre foustier. *Le cahier des techniques de l'Inra*. pp 79-82. (cited in DjemaiZoueglache S, 2008).

Botany. 2001. Algae: Native Ulva lactuca C Agardh 1823 : University of Hawaii at Manoa.

Biofuels BF. 2015. Catalogue of algae species with high growth rates and energy potentiel.

Bravo L. 1998. Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Research* 56:317–33.

BELHADJ., 1996-Evaluation des teneurs en métaux lourds (pb, Hg, Cd, Cu, Cr) chez les mollusques et dans les sidiment de la cote atlantique marocaine.Mémoire d'ingénieur en CQA.Univ de tlemcen : 1-24 p.

Références Bibliographiques

- Barigozzi, C., 1974.** Artemia: a survey of its significance in genetic problem. *Evol. Biol.* In: Than, D.T., Hech, M.K., W.C. Steere (eds). Plen. Press. New York. USA., 7: 221-252.
- Brisset, P., 1984.** Elevage et utilisation en aquaculture de l'Artémia. *Ph.D. Thesis.* Univ. Lille I. 137.
- Cabioc'h J, Floc'h JY, Le Toquin A, Boudouresque CF, Meinesz A et Verlaque M (1992).** Guide des algues des mers d'Europe. Ed. Delachaux et Niestlé. France, P : 231.
- (Chouikhi et al., 1992).** Circulation des eaux et pollution des cotes Méditerranéenne des pays du MAGHREB. Edit. INOC, Izmir-Turquie. 307P
- Chiffolleau J.F et al, 2001.** La contamination métallique. Edt. Ifremer.39p
- CASAS S, 2005.** Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb. Et Zn) en milieu méditerranéen. Thèse du Doctorat en Océanologie biologique, Environnement marin. Univ. du Sud ToulonVar. 301 p
- Casabianca M.L. BN, Serrano O., Sfriso A. 2002.** Growth rate of ulva rigida in different mediterranean eutrophicated sites *Bioresource Technology* 82:27-31.
- Christie A.O. ELV. 1962.** Periodicity in liberation of Gametes and zoospores of *Enteromorpha Intestinalis* Link. *Nature* 193:193-194.
- Clarkson, P., Li, Y., Richardson, G., 2004.** The market valuation of environmental expenditures by pulp and paper companies. *The Accounting Review* 79, 329–353.
- Cabrita M.T. VC, Rauter A.P. . 2010.** Halogenated Compounds from Marine Algae. . *Mar Drugs* 8:2301-2317.
- Chermity, A., Mahouachi, M., Ksouri, J., Mensi, F., El Abed, A .,2003.** Nutritional characteristics of marine plants and possibilities of their utilization in animal nutrition. The 3rd Tunisia-Japan symposium on science and technology.INSAT. Tunis. 22-24 May. Tunisie
- Dawczynski, C., Schubert, R., Jahreis, G., 2007.** Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chem.* 103, 891- 899.
- DE REVIERS B .2002.**Biologie et phylogénie des algues. Tome 1.edt belin.315p
- Darcy-Vrillon, B.,1993.** Nutritional aspects of the developing use of marine macroalgae for the human food industry. *Int. J. Food. Sci. Nutr.* 44, 23-35.
- Diler I. TA, Guroy D.,Guroy K. B., Soyuturk M. 2007.** Effects of *Ulva rigida* on the Growth, Feed Intake and Body Composition of Common Carp, *Cyprinus carpio* L. *Journal of Biological Sciences* 7:305-308.
- Duchaufour P, 1997.** Abrégé de pédologie. 5ème édit. Masson
- Deng, L., Zhu, X., Wang, X., Su, Y., Su., 2007.** Biosorption of copper (II) from aqueous solutions by green alga *Cladophora fascicularis*. *Biodegradation*, 18 : 393–402.

Références Bibliographiques

- Dhont, J. & G. Van Stappen. 2003.** Biology, Tank production and Nutritional Value of Artemia. *Liv. Fed. Mar. Aquacult.* In: Støttrup, J.G and L. A. Mc Evoy (eds). Blackwell. Sci. Ltd. Oxford. UK. 65-121.
- Defaye, D., Rabet N., A. Thirry. 1998.** Atlas et Bibliographie des crustacés branchiopodes (Anostraca, Notostraca, Spinicaudata) de France métropolitaine. *Coll. Patrim. Nat. Serv. Patrim. Nat. IEGB. MNHN. Paris., 32* : 61.
- Elizabeth, A., Webster, Andrew J., Murphy, A., Gadd, G. M., 1997.** Metabolism independent binding of toxic metals by *Ulva lactuca*: cadmium binds to oxygen-containing groups, as determined by NMR, *Department of Biological Sciences and Department of Chemistry, University of Dundee, Dundee, UK, BioMetals*, 10, 105–117.
- FOLCH J., LEES M., SLOANE STANLEY G. H., 1957.** A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226, 497-5.
- Favero, N., Frigo, M. G., 2002.** Biomonitoring of metal availability in the southern basin of the lagoon of Venice (Italy) by means of macroalgae. *Department of Biology, University of Padova, Padova, Italy.*
- Faller H. 2011.** Les applications et la toxicité des algues marines :132.
- Floc'h J. Y. LV. 2010.** Les secrets des algues. :168.
- Fleurence, J., 1999.** Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses. *Trends Food Sci Tech.* 10, 25-28.
- Garon-Ladiere S. 2004.** Etude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsis armata* (Bonnemaisoniales). :332.
- Géraldine., Céline L., (2009).** Les algues le trésor de la mer. Heds, Haute école de santé Genève, 1-6.
- Gaujous d, 1995.** La pollution des milieux aquatiques. Aide -mémoire. Edt. Technique et documentation - Lavoisier. 220p
- Gobat, J.M., Aragno, M., Matthey, W., 2010.** Le sol vivant : bases de pédologie, biologie des sols. 3eme édition, presse polytechnique et universitaire romandes.
- GRANVILL, T.2000.** Artémia production for marine Larval Fish culture. Southem Aquaculture Regional Center. SRACpublication NO. 702.
- GAELLE, B. LAURE, B. YANN, D. HERVE, D. THIERRY, P. MICHEL, R. & CHRISTOPHE, V. 1998.** Ecole Nationale d'Ingénieurs des travaux agricole de Bordeaux département productions agricoles, production animales ; éditons synthèse Agricole 1998, p.01-310
- Hedgpeth, J.W., 1959.** Some preliminary considerations of the biology of inland mineral waters. *Archivio Oceanogr. Limnol.*, 11: 111-141

Références Bibliographiques

- Haddag, M., 1991.** Contribution à l'étude d'une souche d'*Artemia (Artemia tunisiana)* endémique aux eaux de la saline d'Arzew, Algérie. *Th. Magis. Sci Biol. Aquacult.* Inst Scie. Mer. Aménag. Litto. Alger. Algérie. 68.
- Hinton, H.E., 1964.** Resistance of the dry eggs of *Artemia salina* (L) to high temperatures. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, **7**: 664.
- Ho, J-S. (1988).** Phylogenetic analysis of the Eudactylinidae (Crustacea: Copepoda: Siphonostomatoida), with descriptions of two new genera. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 101: 317–339
- Hamed I. OF, Ozogul Y., M. Regenstein J. 2014.** Marine Bioactive Compounds and Their Health Benefits: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 14:446-465.
- Hurlbut Jr., C.S. et Klein, C., 1982.** *Manual de Mineralogía de Dana*. Editorial Reverté, Barcelona, 564 pp.
- Ifremer, 2001.** Evaluation de la qualité des eaux basée sur l'utilisation de stations artificielles
- Ivanova V. SM, Petrova D. . 2013.** FATTY ACID COMPOSITION OF BLACK SEA ULVA RIGIDA AND CYSTOSEIRA CRINITA. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 19:42–47.
- İrkin C. L. EH. 2014.** Chemical composition of *Ulva rigida* C. Agardh from the Çanakkale Strait (Dardanelles), Turkey. *J Black Sea/Mediterranean Environment* 20:114-121
- Ilknur Ak • Cenk O" Z. YO, Zu"Dog"Ru • Tolgo "K.,. 2015.** Effect of sodium acetate and sodium nitrate on biochemical composition of green algae *Ulva rigida*. *Aquaculture International* 23:1–11.
- Indergaard M. MJ. 1991.** *Animal and human nutrition.* : John Wiley & Sons, Chichester. 21-64 p.
- Julie P., Danielle L., Daniel M., (2010).** *Algues, filières du futur Livre Turquoise.* Adebioihech. 163.
- Khemakhem, M., 1988.** *Artemia* dans les salines de Sfax: Etude biologique et écologique, possibilité d'exploitation à des fins aquacoles. *Mem. Cyc. Ing. Sec. Hali. Spec. Aquacult.* INAT. 114.

Références Bibliographiques

Kaimoussi, A., Mouzdahir, A., Saih, A., 2004. Variations saisonnières des teneurs en métaux (Cd, Cu, Fe, Mn et Zn) chez l'algue *Ulva lactuca* prélevée au niveaux de littoral de la ville d'El Jadida (Maroc), biologie et pathologie végétales/plant biology and pathology, C. R. Biologie 327, 361-369.

Kim M. JDJ, Giraud T.J., 1996. Seasonal variations of triacylglycerols and fatty acids in *Fucus serratus*. *Phytochemistry Reviews* 43:49–55.

Lami R., Orignac J. Fiche de *Ulva lactuca*. : Université virtuelle environnement et developpement durable.

Kjeldahl, J. (1883) A New Method for the Determination of Nitrogen in Organic Matter. *Zeitschrift für Analytische Chemie*, 22, 366-382.

Lahaye M. RB, Baumberg S., Qumener B., Axelos M. 1995. Natural Decoloration, ComDosition and Increase in Dietary Fibre & tent of an Edible Marine Algae, *UZva rigida* (Chlorophyta), Grown under Different Nitrogen Conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 68:99-104.

Løvstad Holdt, S., Kraan, S., 2011. Bioactive compounds in seaweed: functional food

Loffer, H., 1964. Vogelzug and Crustaceenverbreitung. *Zool. Anz.*, **27**: 311-316.

Lavens, P., Sorgeloos, P., 1996. Manual on the production and use of live food for aquaculture. FAO Tech. Pap. 361, 295.

Maréchal JP ,Culioli G , Hellio C, Thomas-Guyon H, Callow ME , Clare AS et Ortalomagné A. (2004). Seasonal variation in antifouling activity of crude extracts of the brown alga *Bifurcaria bifurcata* (Cystoseiraceae) against cyprids of *Balanus Amphitrite* and the marine bacteria

Mhetli, M., 2001. Le sander *Stizostedion Lucioperca* (Linnaeus, 1758) (Téléostéen Percidae) poisson allochtone: Etude biologique et essai d'optimisation des critères de l'élevage. *Ph.D. Thesis*. Univ. Tunis. Fac. Sci. Tunis. 170.

Mac Donald, G., 1980. The use of *Artemia* cysts as food by flamingo (*phoenicoptenus rubber roseurs*) and the shelduck (*Tadopna tadorna*). *Brine Shrimp Artemia: Ecol, Cult, Use Aquacult*. In: Persoone, G., P. Sorgeloos., O.A. Roels., E. Jaspers (eds). Univ. Press. Wett. Belgium., **3** : 97-104.

Miliaukas. G., Venskutonis P.R., and Van Beek T.A. (2004). Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extract. *Food chemistry* (85) : 231-237.

Messyasz B. RA. 2010. Abiotic factors affecting the development of *Ulva* sp. (Ulvophyceae, Chlorophyta) in freshwater ecosystems. . *Aquatic Ecology* Jobs 45:75-87.

Références Bibliographiques

Mezghani S. Bourguiba I., Hfaïdh I., Amri M. . 2013. Antioxidant Potential of *Ulva rigida* Extracts: Protection of HeLa Cells Against H₂O₂ Cytotoxicity. *The Biological Bulletin* 225:1-7.

Mediterraneo AM. 2015. *Ulva lactuca*

Moreau A., (2002). Documentaliste scientifique et technique -Centre de ressources documentaires Estran cite de la mer dieppe 26/09/02. 5.

Michel T., Destandau E., Le Floch G., Lucchesi M.E., Elfakira C., (2012). Antimicrobial, antioxidant and phytochemical investigations of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) leaf, stem, root and seed, *Food Chemistry*, 131(3). 754-760.

Meyer, B.N., Ferrigini, R.N., Putnam, J.E., Jacobsen, L.B., Nichols, D.E., McLaughlin, J.L. (1982) Brine shrimp: A convenient general bioassay for active plant constituents. *Planta Medica* 45, 31-35.

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

Mac Artain, P., Gill,C.I.R., Brooks, M., Campbell, R., Rowland,I.R., 2007. Nutritional Value of Edible Seaweeds. 535–543.

-Mabeau, S., Fleurence, J.,1993. Seaweed in food products: Biochemical and nutritional aspects. *Trends Food Sci Tech.* 4, 103-107.

Ortiz, J., Romero, N., Robert, P., Araya, J., Lopez-Hernandez, J., Bozzo, C., Navarrete, E., Osorio, A. and Rios, A., 2006. Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea Antarctica*. *Food Chem.*99, 98-104.

Pettett P. 2009. Preliminary investigation into the induction of reproduction in *Ulva* spp. in southeast Queensland for mass cultivation purposes. In: *Coast FosUotS*, editor. p 71.

Padua M. GPS, Mathias L.A. . 2004. Chemical composition of *Ulvaria oxysperma* (Kützing) Bliding, *Ulva lactuca* (Linnaeus) and *Ulva fascita* (Delile). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 47:49-55.

Pichard A, 2005. Le Cuivre et ses dérivés. Edit. INERIS-DRC-02-25590-02 DF54 version N°1-5.66p.

Provasoli, L. & A. D'Agostino. 1969. Development of artificial media for *Artemia salina*. *Biol. Bull.*, 136: 434-453.

Paul VJ and Fenical W. (1987). Natural products chemistry and chemical defence in tropical marine algae of the Phylum chlorophyta. *Bioorganism Mar Chem*, 1: 1-29

Références Bibliographiques

Rouxel C. BE, Danieli A., J'Erôme M., Etienne M., Fleureunce J. 2001. Identification by SDS PAGE of green seaweeds (*Ulva* and *Enteromorpha*) used in the food industry. *Journal of Applied Phycology* 13:215–219.

Ramade F., 2000. - Dictionnaire encyclopédique des polluants: les polluants de l'environnement à l'homme. Ed. International., Paris : 690 p.

Ramade, F., 2002. Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et sciences de l'environnement, 2eme édition, Dunod, Paris, 87-90 pp.

Reza Jassbi, A, Mohabati, M, Eslami, S, Sohrabipour, J, Miri, R. 2013. Biological activity and chemical constituents of red and brown algae from the persian Gulf. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 12 (3) : 339-348.

Reeve, M.R., 1963. The filter-feeding of *Artemia*. II. suspension of various particles. *J. Exp. Biol.*, **40**: 207-214.

Rajeev KJ and Xu Z. (2004).Biomedical compounds from marine organisms. *Marine Drug* 2: 123-146.

Santoyo S, Rodriguez-Meizoso I, Cifuentes A, Jaime L, Garcia-BlairsyReina G, Senorans FJ and Ibanez E .(2009). Green processes based on the extraction with pressurized fluids to obtain potent antimicrobials from *Haematococcus pluvialis* microalgae *LWT - Food Science and Technology*. 42, 1213–1218.

Steinberg PD, Schneider Kjelleberg S. (1997). Chemical defences of seaweeds against microbial colonization. *Bio degradation*, 8: 211-20.

Smit AJ. (2004). Medicinal and pharmaceutical uses of seaweed natural products. *Journal AppliPhycoogiel*, 16: 254-62.

Seki, H., 1966. Studies on microbial participation to food cycle in the sea. III. Trial cultivation of brine shrimpp to adult in a chemostat. *J. oceanogr. Soc. Japan.*, **22. 3**: 105-110.

Spitchak, M.K., 1980. *Artemia* in the USSR. *Brine Shrimp Artemia: Ecol, Cult, Use Aquacult.* In: Persoone, G., P. Sorgeloos., O.A. Roels., E. Jaspers (eds). Univ. Press.Wett. Belgium., **3**: 127-128.

Sanchez-Machado, D.I., López-Cervantes, J., López-Hernandez, J. and Paseiro-Losada, P., 2004. Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. *Food Chem.* 85, 439- 444.

Sadati, M Pourkazemi, M Shakurian, MHS Hasani, HR Pourali, (2011). *Journal of Applied Ichthyology* 27 (2), 591-594.

Sorgeloos, P., P. Lavens., P. Léger., W. Tackaert., D. Versichele. 1986. Manual for the culture and use of brine shrimp *Artemia* in Aquaculture. *Artemia. Ref. Center. Fac. Agri.*

Références Bibliographiques

Sta. Univ. Ghent. Belgium. 91-95.

Skoultschi, A.L. & H.J. Morowitz. 1964. Information storage and survival of biological systems et temperature near absolute zero. *Yale. J. Biol. Med.*, **37**: 158-163.

Shalaby E.A. 2011. Algae as promising organisms for environment and health. *Plant Signal Behavior* 6:1338-1350.

Shuuluka D. B., Anderson J. 2013. Protein content, amino acid composition and nitrogen-to-protein conversion factors of *Ulva rigida* and *Ulva capensis* from natural populations and *Ulva lactuca* from an aquaculture system, in South Africa. *J Apply Phycology* 25:677–685.

Sirbu R. SC, Ghergic D. L., Passy Mouima N. 2006. CARACTERISATION DE CERTAINS PRINCIPES ACTIFS DE *ULVA LACTUCA* ET *ULVA RIGIDA* –ALGUES VERTES DU LITTORAL ROUMAIN DE LA MERE NOIRE. Scientific study and research 2.

Satpati G. PR. 2011. Biochemical composition and lipid characterization of marine green alga *Ulva rigida*- a nutritional approach. *Journal of Algal Biomass* 2:10-13.

Trigui M. GL, Zouari I., Tounsi S. 2013. Seasonal variation in phenolic composition, antibacterial and antioxidant activities of *Ulva lactuca* (Chlorophyta) and assessment of antiacetylcholinesterase potential. *Journal of Apply Phycology* 25:319–328.

Taboada C. MaR, M'Iguez I. 2009. Composition, nutritional aspects and effect on serum parameters of marine algae *Ulva lactuca*. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90:445–449.

Tefiani C. (2015). Les propriétés biologiques des huiles essentielles de *Curcuma longa*, *Ammoides verticillata* et *Thymus ciliatus* ssp. eu-ciliatus. Thèse de Doctorat en sciences de l'université de Mostaganem. 145 pages.

Tobias., W.J., Sorgeloos, P., Roels, O., B.A. Shrfstein. 1980. International study on *Artemia* XIII. A comparaison of production data of 17 geographical strains of *Artemia* in the St. Croix Artificial Up-welling Mariculture System. *Brine Shrimp Artemia: Ecol, Cult, Use Aquacult.* In: Persoone, G., P. Sorgeloos., O.A. Roels., E. Jaspers (eds). Univ. Press.Wett. Belgium., **3**: 383-392.

Viguerie N., Millet L., Avizou S., (2002). Regulation of human adipocyte gene expression by thyroid hormone. *Journal Clin Endocrinol Metab*, **87**(2). 630-4.

Volmer, C., 1952. Kiemenfüß, Üpferling und Muschelkrebs. *N B B.* Band 57.

Viuda-Martos M., Mohamady M.A., Fernandez-Lopez J., Abd El Razik K.A., Omer E.A., Pérez-Alvarez J.A. et Sendra E. (2011). In vitro antioxidant and antibacterial activities of essential oils obtained from Egyptian aromatic plants. *Food Control*, 22: 1715-1722.

Wariaghli, F., El ghzaoui, G., al amouri, M., 2004. Les algues et leur Intérêt en écotoxicologie. Université Mohamed V, UFR, biodiversité du littoral marocain,

Références Bibliographiques

Module, Ecotoxicologie, 92 pp.

Watanabe F. TS, Katsura H., Masumder S.A., Abe K., Tamura Y. 1999. Dried green and purple lavers (Nori) contain substantial amounts of biologically active vitamin B₁₂ but less of dietary iodine relative to other edible seaweeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47:2341–2343.

Wichard T. 2015. Algal of the year 2015: The Sea Lettuce *Ulva* only gets into shape with the right bacteria. Website of the Phycology Section of the German Botanical Society.

Xu N FX, Yan X, Tseng Ck 2004. Screening marine algae from China for their antitumor activities. *J Appl Phycol* 16:451-456.

Younes F, Etahiri S et Assobhei O .(2009). Activité antimicrobienne des algues marines de la lagune d'oualidia (Maroc) : Criblage et optimisation de la période de la récolte. *Journal of Applied Biosciences* .24 :1543-1552.

Yaich, H., Garna, H., Besbes, S., Paquot, M., Blecker, C. and Attia, H., 2011. Chemical composition and functional properties of *Ulva lactuca* seaweed collected in Tunisia. *Food Chem.* 128, 895-901.

Zubia M, Fabre MS, Kerjean V, Lann KL, Pouvreau VS, Fauchon M, Deslandes E. Antioxidant and antitumoural activities of some Phaeophyta from Brittany coasts. *Food Chem.* 2009;116:693–701.

Références Bibliographiques