



N° d'ordre :

N° de série :

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE EL-CHAHID HAMMA LAKHDAR D'EL-OUED
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLECULAIRE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Licence Académique

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : physiologie végétale

THEME

**Contribution à l'inventaire de quelques
microalgues vertes d'intérêt nutritionnel dans la
zone humide de la Wilaya d'El-Oued
(Cas du Lac Ayata)**

Dirigé par :

Mr.KIRAM Abderrazak

Présenté par:

ACILA Asma

DJEDIDI Nour Elhouda

SOUID Maroua

ZELACI Hayam

Année universitaire 2014/2015

A nos très chers parents
A nos précieux frères et sœurs
A tout la famille
A nos amis

Remerciement

Langue à **ALLAH**, seigneur de l'univers, le tout puissant et miséricordieux, qui nous a inspirée et comblée de bienfaits, nous lui rends grâce.

Nous tenons en premier lieu à exprimer ma sincère gratitude à notre encadreur **Mr KIRAM Abderrazak**. Merci pour la confiance que vous avez su nous accorder. Nous tenons aujourd'hui à vous remercier chaleureusement pour votre rôle dans l'élaboration de ce mémoire.

Nous tenons également à remercier chef d'appartement madame **HAMADA Samra** pour son soutien ses orientations et ses conseils.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à et à tous nos enseignants qui ont contribué à notre formation principalement pour la réalisation de ce travail, pour ces conseils l'attention et le temps qu'elle nous a accordés: **Mr CHOUIKH Atef, MRABET Soumia, LAABED Soumia**.

Nous tenons aussi à exprimer nos remerciements à **Mr SELMEN Mehdi**, pour ses précieux conseils apportés à ce mémoire

Et aussi nous tenons également à remercier Madame **Sana** et Madame **Salma** les responsables de laboratoire pour notre aide au cours du travail.

Nous tenons également à remercier tous nos amis qui nous ont encouragés lors des moments plus difficiles.

SOMMAIRE

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste d'abréviation	
Introduction générale	
Partie I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIE	
Chapitre I : Biologie de microalgues	
1 .Définition de Microalgues	3
2 .Morphologie de Microalgues.....	3
2 .1. formes unicellulaires	4
2.1.1 .Type rhizopodiat	4
2.1 .2 .Type coccoïde	5
2.1 .3.Type flagellé ou monadoïde	5
2.2. formes coloniales	6
2. 2.1 .colonies mucilagineuses	6
2.2.2. Cénobes	7
2.3. Formes filamenteuses	7
2. 4. Formes parenchymateus	7
3. Cytologie de microalgues	8
4. Mode de nutrition	9
4. 1.Autotrophe.....	9
4. 2.Hétérotrophe	9
4. 3.Mixotrophe	10
5. Reproduction	10
5. 1.Reproduction asexuée	10
5. 1.1.Fragmentation	10
5. 1.2.Sporulation	10
5 .1.3.Scission binaire	11
5 .2.Reproduction Sexuée.....	12
6 .Cycles de développement de microalgues	12
6.1. Cycle de vie Haploïque ou Zygotique	12

6.2. Cycle de Vie de diplontique ou de gamétiques	12
6.3. Cycles de vie de Diplohaplontique ou de Sporique	14
7. Ecologie de microalgues	15
8. Application de microalgues.....	16
8.1. Domaine d'alimentation.....	16
8.2. Domaine pharmaceutique	17
8.3. Domaine cosmétique.....	17
8.4. Domaine énergétique	18
8.5. Domaines industrielles	18
8.5.1. Colorants	18
8.5.2. Polysaccharides.....	18
8.5.3. Vitamines et autres produits.....	18
8.5.4. Imperméabilisants	19
8.6. Autres utilisations	19
Chapitre II : Classification de microalgues	
1. Généralité.....	20
2. Les Critères de classification.....	20
3. Description des différentes classes d'algues.....	21
3.1.Procaryotes photosynthétiques	21
3.1.1. Embranchement des cyanophyte.....	22
3.2.Eucaryotes photosynthétiques	22
3.2.1. Embranchement des Glaucophyta	22
3.2.2. Embranchement des Rhodophyta (lignée rouge)	22
3.2.3. Sous-règne de Chlorobionta (lignée verte)	22
3.2.4. Classe des Euglénophyceae (lignée verte)	23
3.2.5. Classes des Chlorarachniophyceae (lignée verte).....	23
3.2.6. Embranchement des Cryptophyta (lignée brune)	23
3.2.7. Embranchement des Haptophyta (lignée brune).....	23
3.2.8. Embranchement des Dinophyta (lignée brune).....	24

3.2.9. Embranchement des Ochrophyta (lignée brune)	24
Chapitre III: Les Microalgues d'intérêt nutritionnel	
1. Genre de <i>Chlamydomonas</i>	25
1.1. Description	25
1.2. Classification	25
1.3. Intérêt nutritionnel	26
2. Genre de <i>Chlorella</i>	27
2.1. Description.....	27
2.2. Classification	27
2.3. Intérêt nutritionnelle	28
3. Genre de <i>Dunaliella</i>	28
3.1. Description	29
3.2. Classification	29
3.3. Intérêt nutritionnel	30
4. Genre <i>Scenedesmus</i>	31
4.1. Description.....	31
4.2. La classification.....	31
4.3. Intérêt nutritionnel	32
Chapitre IV : Zones humides	
1. Définition des zones humides	33
2. Caractéristiques des zones humides	34
3. typologies des zones humides.....	34
4. fonctionnalités des zones humides.	35
4.1. Notions de fonctions et de services.....	35
4.2. fonctions des zones humides	37
4.2.1. fonctions hydrologiques.	37

4.2.2. fonctions biogéochimiques	38
4.2.3. fonctions écologique	38
5. zones humides en Algérie	39
Partie II : Partie Expérimental	
Chapitre I : Matériels et Méthodes	
1. Présentation de zone d'étude.....	40
2. Matériels.....	42
3. Méthodes	43
3.1. L'échantillonnage.....	43
3.2 Identification phénotypique des microalgues d'intérêt nutritionnel	44
Chapitre II: Résultats et Discussion	
1. Résultats	45
2. Discussion	45
2.1. Microalgues d'intérêt nutritionnel	45
2.1.1 <i>Chlamydomonas brunii</i>	45
2.1.2 <i>Parietochloris inisca</i>	47
2.1.3. <i>Haematococcus pluvialis</i>	48
2.2. algues d'un intérêt non nutritionnel.....	49
2.2.1. Diatomées	49
2.2.2 Classification de quelques espèces de Diatomées	50
2.2.2.1. <i>Amphiprora hyalina</i>	50
2.2.2.2 <i>Cylindrotheca sp</i>	51
2.2.2.3. <i>Navicula gregaria</i>	52
2.2.2.4. <i>Mastogloia smithii</i>	53
2.2.3. Intérêt des diatomées	53
Conclusion	
Références bibliographiques	

LISTE DES FIGURES

Numéro	Titre	Page
Figure 1	La Diversité morphologique de microalgues	04
Figure 2	La forme rhizopodiat de microalgues	05
Figure 3	La forme coccoide : <i>Synechocystis</i> et <i>Cosmarium</i>	05
Figure 4	Type Flagelle : <i>Trachelomonas</i> et <i>Mallomonas</i>	06
Figure 5	Colonies mucilagineuses : <i>Kirchneriella</i> , <i>Chroococcus</i> et <i>Pandorina</i> (colonie entière et détail de deux cellules).	07
Figure 6	Cénobes : <i>Tetrastrum</i> , <i>Scenedesmus</i> et <i>Pediastrum</i>	07
Figure 7	Zoospores de <i>Chlamydomonas</i> sp	11
Figure 8	Division cellulaire chez <i>Euglena</i> sp	11
Figure 9	Cycle de vie de <i>Chlamydomonas</i> sp	12
Figure 10	Le cycle de vie d'une diatomée	12
Figure 11	Cycle de vie des <i>Fucus</i> sp	14
Figure 12	Diversité du champ d'application de microalgues	17
Figure 13	Morphologie général de <i>Chlamydomonas</i>	25
Figure 14	Quelque espèce du genre <i>Chlamydomonas</i>	26
Figure 15	Quelque espèce du genre <i>Chlorella</i>	28
Figure 16	Quelques espèces du genre <i>Dunaliella</i>	30
Figure 17	Quelques espèces du genre <i>Scenedesmus</i>	32
Figure 18	Les différents types des zones humides	35
Figure 19	Fonction des zones humides, effets et perceptions	36
Figure 20	principaux flux hydrologiques observés au sein d'une zone humide de bas fond	37

Numéro	Titre	Page
Figure 21	Lac Ayata Sidi Amrane-Djamaa	40
Figure 22	Carte de localisation géographique du lac Ayata de la Vallée d'Oued Righ et du Bas-Sahara algérien.	41
Figure 23	Diagramme ombrohermique de Bagnouls et Gaussen établis à partir d'une période de 10 ans (1999 - 2008) et appliqué pour le site d'étude.	42
Figure 24	L'observation microscopique de <i>Chlamydomonas brunii</i> au grossissement (40x10).	45
Figure 25	L'observation microscopique de <i>Parietochloris incisa</i> au grossissement (40x10).	47
Figure 26	L'observation microscopique de <i>Haematococcus pluvialis</i> au grossissement (40x10).	48
Figure 27	L'observation microscopique d' <i>Amphiprora hyalina</i> au grossissement (40x10).	50
Figure 28	L'observation microscopique à l'espèce <i>Cylindrotheca</i> au grossissement (40x10).	51
Figure 29	L'observation microscopique de <i>Navicula grearia</i> au grossissement (40x10).	52
Figure 30	L'observation microscopique de <i>Mastogloia smithii</i> au grossissement (40x10).	53

LISTE DES TABLAUX

Numéro	Titre	Page
Tableau 1	Distribution des différents embranchements des algues	16
Tableau 2	Classification des différentes divisions algues	21
Tableau 3	Répartition des zones humides en Algérie.	39

Liste d'abréviation

- UV : rayonnement ultra violet
- CO₂ :dioxyde de carbone
- O₂ : gaze oxygène.
- ADN : acide désoxyribonucléase.
- SCP: single cell protein
- EDS: Ecosystem des services

INTRODUCTION GENERALE

La sécurité alimentaire c'est l'état qu'ont tout les êtres humains à tout moment, un accès physique et économique à une nourriture suffisante saine, équilibrée et nutritive, leur permettant de satisfaire leurs besoins énergétique et leurs préférences alimentaires pour mener une vie saine et active.

Malheureusement, le processus qui maintient près de 7 milliard de consommateurs la situation d'insécurité alimentaire complexe, c'est tout un faisceau de causes qui font que certains groupes de populations se trouvent dans la situation intolérable de ne pas pouvoir assurer leur alimentation. Au niveau international, les chercheurs ont constaté des sources alimentaires naturelles renouvelables et disponibles: **Les microalgues** est l'une de ces sources.

Les microalgues sont des végétaux microscopiques donc invisibles à l'œil nu, le plus souvent photosynthétique, leur habitat essentiellement aquatique avec une très grande diversité au niveau morphologique. Selon la diversité typique des microalgues, on obtient différents produits nutritionnelle par sa richesse en plusieurs molécules et sa potentialité de produire des éléments à haute valeur énergétique utile pour assurer la sécurité alimentaire.

L'Algérie comme les autres pays a trouvé les solutions et a utilisé les microalgues (les Spirulines) comme une source de nutrition, les Spirulines sont des cyanobactéries ou algues bleu-vertes qui se caractérisent par la production d'une grande variété de produits intéressants et principalement des protéines d'une haute valeur nutritive. Dans notre pays existe des nombreuses zones humides où vivent plusieurs variétés de microalgues que l'on peut utiliser comme source nutritionnelle. Dans la région d'El-Oued la zone humide : **LAC AYATA** est un milieu écologique caractérisé par leur biodiversité.

Notre étude est attachée à l'inventaire quelques espèces des microalgues vertes d'intérêt nutritionnel du genre *Chlorella*, *Chlamydomonas*, *Dunaliella*, *Scenedesmus* dans la zone humide de la Wilaya d'El-Oued (Lac Ayata)

C'est pourquoi nous présentons dans un premier temps la synthèse des revues bibliographie, à quatre chapitre en exposant : la biologie de microalgues, classification scientifique de microalgues, les microalgues d'intérêt nutritionnel et en fin les zones humides.

Deuxièmement, nous présenterons une partie expérimentale, à deux chapitres, dans le premier nous présenterons la démarche méthodologique suivie, qui combine les apports de suivis de terrain et d'expérimentations en laboratoire. Nous y expliquons le choix des sites d'étude, ainsi que la méthode analytique mises en œuvre pour l'identification phénotypique de microalgues d'intérêt nutritionnel. Et le deuxième chapitre expose les résultats réalisés et présentés dans ce mémoire, et on va discuter ces résultats.

Partie I: Synthèse Bibliographie

Chapitre I: Biologie de Microalgues

Partie I: Synthèse bibliographie

Chapitre I: Biologie de microalgues

1. Définition de Microalgues

Le mot « algues » provient du mot latin, Les algues sont une groupe des végétaux inférieur incluent les macro algues et des micro algues (Pasquet V., 2011), Les micro algues sont des organismes microscopiques, dont la taille est du l'ordre du micromètre, donc invisibles à l'œil nu (Filali R., 2012), qui se développent en suspension principalement dans des solutions aqueuses, les algues sont maintenant appliqué à un large assemblage des organismes qui peuvent être définis en termes de morphologie et physiologie générale(Bellinger E. et Sigee D., 2010), Ils peuvent être définir aussi comme des organismes inféodés aux zones humides, le plus souvent photosynthétiques. Bien moins connues que les autres végétaux du fait de leur habitat essentiellement aquatique, les algues constituent pourtant un groupe de quelques 100 000 espèces (Tran T., 2011)

Ces microorganismes sont considérés comme les premiers producteurs d'oxygène indispensable à la respiration de la majorité des êtres vivants. Leur existence remonte dans les océans à plus de trois milliards d'années; ils sont à l'origine de la transformation de la composition atmosphérique (fixation de CO₂ et rejet d'O₂) et ont permis la vie végétale et animale sur notre planète. Souvent désignées sous la dénomination de "Phytoplancton". (Filali R., 2012)

2. Morphologie des Microalgues

Les principales caractéristiques de micro algues sont essentiellement simple caractéristiques morphologiques qui peuvent facilement être observée sous un microscope (Becera Celis G., 2009). Elles sont les organismes simples, sans différenciation dans des racines, des tiges et les feuilles et leurs organes sexuels ne sont pas inclus dans les revêtements de protection (Bellinger E. et Sigee D., 2010). Une très grande diversité existe chez les microalgues , ce qui se reflète par une panoplie de formes, de grosseurs et d'arrangements des cellules. La présence ou non de flagelles peut caractériser certaines espèces (Sirois L., 2013), Leur morphologie est aussi diversifiée que leur physiologie, leur manière de se multiplier et de se reproduire (Person J., 2011), ils présentent des formes variables : souvent sphériques (*Porphyridium*), en forme de croissant (*Clostridium*), de spirale

(*Arthrospira*), de gouttelette (*Chlamydomonas*) et même d'étoile (*Staurastrum*) (Figure01). (Filali R., 2012).

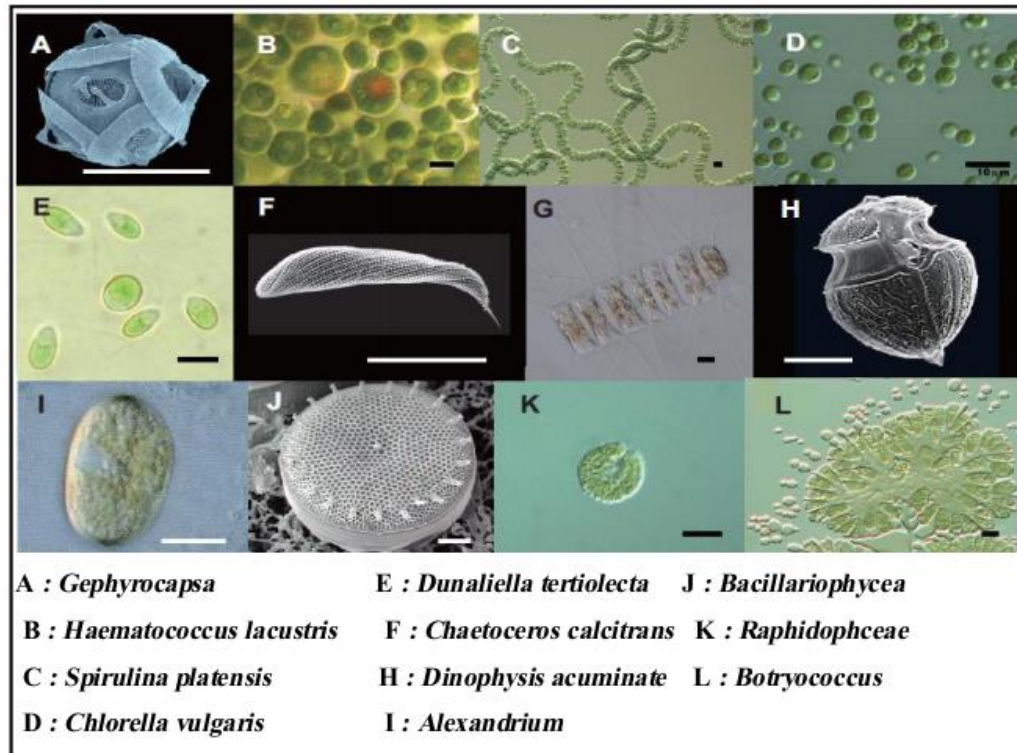


Figure 01 : La Diversité morphologique de microalgues (Filali R., 2012)

On peut ainsi distinguer :

2.1. Les formes unicellulaires

2.1.1 .Type rhizopodiat :

Les formes rhizopodiques n'ont pas de parois cellulaires rigides et émettent des pseudopodes comme les amibes ce sont en général des cellules isolées, nues ou contenues dans une thèque d'où sortent les pseudopodes ceux-ci peuvent être courts ou effilés ou ramifiés, ou présentent un axe différencié(Figure 02).(Durand J.R.,1980).

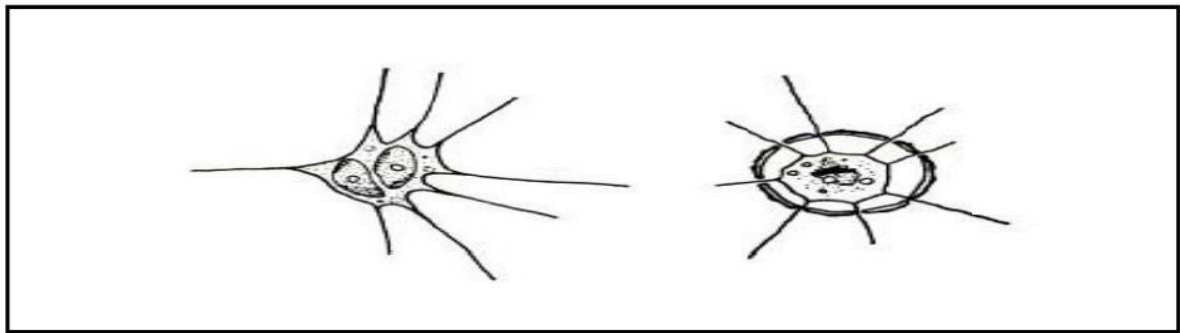


Figure 02 : La forme rhizopodiat de microalgues (Durand J.R., 1980).

2.1.2. Type coccoïde :

Les cellules immobiles sont entourées d'une membrane ferme et bien définie : on trouve des formes simples sphériques ou sub-sphériques .D'autres formes sont moins simple pour aboutir à des cellules beaucoup plus compliquées ainsi les Diatomées sont constituées par une cellule circulaire ou allongée entourée d'une thèque ornementée deux valves s'emboîtant l'une dans l'autre et les Desmidiacée de deux demi-cellules identiques reliées entre elles par un isthme, parfois très étroit, la paroi de la cellule étant ornementée d'épines, côtes, appendices brachiaux, ect (Figure 03).(Durand J.R.,1980).

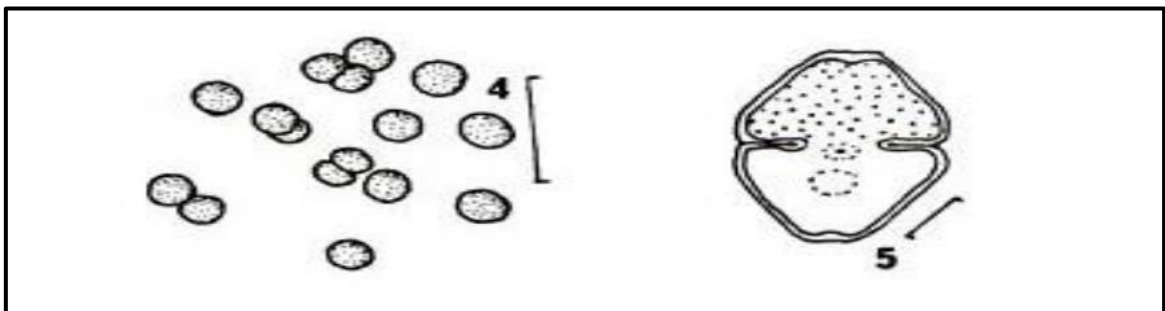


Figure 03 : La forme coccoïde : *Synechocystis aguilis* et *cosmarium granalum* (Durand J.R.,1980).

2.1.3. Type flagellé ou monadoïde :

Les cellules en général solitaires et mobiles possèdent 1, 2, rarement 3 (2 fouets égaux et un appendice flagelliforme) ou 4 fouets. Certaines Euglénophytes ont un long flagelle qui traverse par un pore surmonté d'un col une thèque le plus souvent ornementée d'épines, de verrues, et de plis. Chez les Dinophycidés, les flagelles sont placées dans deux sillons placés perpendiculairement l'un par rapport à l'autre; la paroi de la cellule est soit formée d'une simple membrane périplastique, soit d'une thèque formée de plaques cellulose agencées en deux régions : épïcône et hypocône de part et d'autre du sillon flagellaire

transversal. Chez certaines Chrysophycées enfin; la cellule flagellée à deux fouets très Ce type morphologique n'existe pas comme forme végétative chez les Cyanophytes, les Rhodophytes et les Phéophytes (Figure 04).(Durand J.R.,1980).

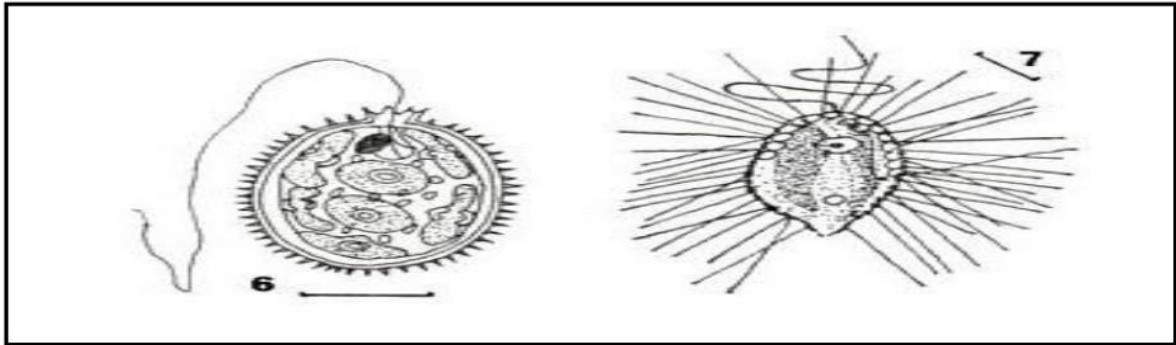


Figure 04 : Type Flagelle : *Trachelomonas hipidauar*. *Coromata* et *Mallomonanas mirabilis* (Durand J.R.,1980).

2.2. Les formes coloniales :

On peut distinguer deux sortes de colonies : les colonies mucilagineuses et les cénobes.

2.2.1. Les colonies mucilagineuses:

Les colonies sont constituées de cellules groupées sans forme définie dans une gelée englobant l'ensemble; ce type de groupement est assez fréquent chez les Cyanophytes et chez les Chlorophytes. Parfois chaque cellule de la colonie possède une gaine gélatineuse propre, homogène ou stratifiée, l'ensemble étant inclus dans un mucilage général homogène ou stratifiée, l'ensemble étant inclus dans un mucilage général. Il existe des colonies constituées de cellules flagellée et qui sont mobiles; les cellules sont incluses dans une enveloppé gélatineuse traversée par les flagelles qui battent librement à l'extérieur (Figure 05). (Durand J.R.,1980).

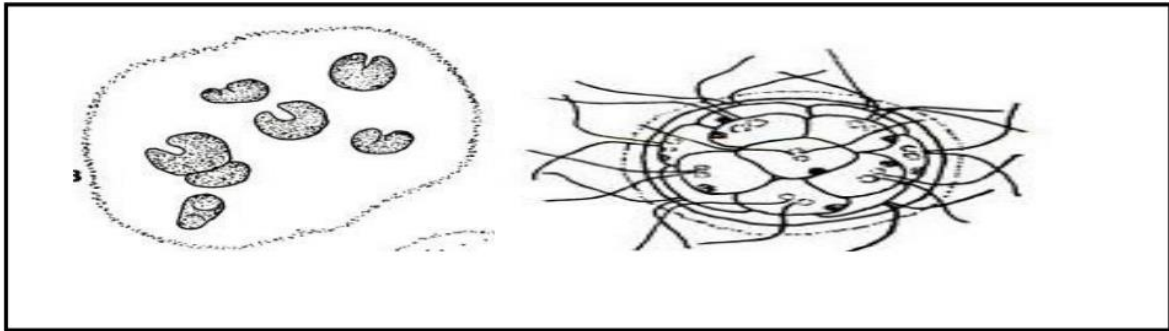


Figure 05 : Colonies mucilagineuses : *Kirchneriella obesa* , *Chroococcus limnecus* et *Pandorina morum* (colonie entière et détail de deux cellules). (Durand J.R.,1980)

2.2.2. Les Cénobes:

Ce sont des colonies immobiles ayant toujours une structure régulière. Ce type de forme est fréquent chez les Chlorophytes, en particulier chez les Scenedesmacé. Parfois les cellules marginales n'ont pas le même aspect que celles de l'intérieur. Des méats peuvent exister entre les cellules (Figure 06). (Durand J.R.,1980).

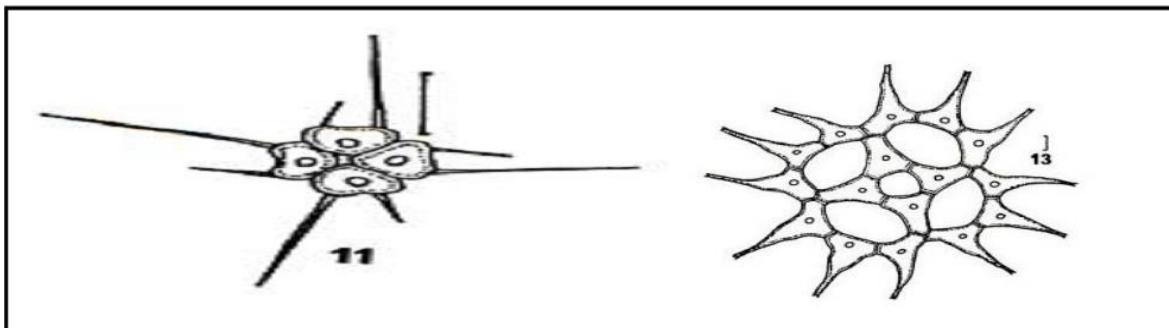


Figure 06 : Cénobes : *Tetrastrum hetracanthum* , *Scenedesmus acuminatus* et *Pediastrum clathratum* (Durand J.R.,1980)

2.3. Les formes filamenteuses:

Des filaments simples non branchus existent chez un grand nombre d'espèces d'algues d'eau douce. Ils peuvent être libres ou agrégés en colonie ou même attachés du moins au début de leur développement. Des filaments ramifiés. formes les plus évoluées.(Durand J.R.,1980).

2.4. Les forme parenchymateus :

La multiplication d'une cellule ou d'un filament dans deux ou trois plan aboutit la formation d'un parenchyme ou d'un pseudo-parenchyme constitué d'une assise de cellules (thalle monostromatique) ou de plusieurs (thalles pluristromatiques). Les formes

parenchymateuses sont fréquentes chez les algues marines mais plus rares chez les algues d'eau douce (Chaetophoracées).(Durand J.R.,1980).

3. Cytologie de microalgues

Les algues ont des caractères remarquables qui sont leur appareil végétatif est un thalle qui ne possède aucun organe différencié; il est dépourvu de racines, de tiges et de feuilles. Elles sont constituées d'une ou plusieurs cellules

- La cellule algale a des caractéristiques remarquables :
- La membrane squelettique externe, morte, est de nature pecto-cellulosique.
La cellulose qui la compose est associée à des polysaccharides qui sont des composés pectiques. Des "ouvertures" ou plasmodesmes permettent la communication entre les cellules dont les cytoplasmes sont en contact. Chez les algues rouges on trouve à ce niveau des synapses qui obturent l'ouverture.
- Le cytoplasme ou hyaloplasme est entouré d'une membrane cytoplasmique vivante à travers laquelle se font échanges nutritifs et communication.

Les cellules algales composées par les organites cytoplasmiques plus remarquables qui sont:

- les plastes qui sont de nature lipo-protéique. Les chloroplastes porteurs de pigments chlorophylliens sont des vésicules ovoïdes d'environ 3 à 10 micromètres de diamètre. Les chromoplastes sont porteurs de pigments surnuméraires. Les plastes permettent à la cellule de convertir l'énergie lumineuse en énergie chimique potentielle et les ions minéraux (dioxyde de carbone notamment) en matière.
- des produits d'accumulation ou de réserve issus de l'activité photosynthétique; ils sont solides (grains d'amidon, globules de lipides) ou liquides (en solution dans le suc vacuolaire, comme la laminarine par exemple).
- des vacuoles qui sont des cavités hypertrophiées du réticulum endoplasmique contenant des substances dissoutes.
- Un vrai noyau, bien individualisé entouré d'une membrane qui fait des algues des eucaryotes contrairement aux bactéries et notamment aux Cyanobactéries (anciennes "Algues bleues") dont le matériel génétique (le filament d'ADN se trouve au sein du cytoplasme.

- Particularité des cellules reproductrices: A l'exception des algues rouges, ces cellules comme les spores possèdent un appareil cinétique constitué de flagelles en forme de fouets qui servent à la locomotion.
- On observe aussi le stigma de couleur rouge, situé à la base des fouets, il est photosensible (sensible à la lumière) et responsable des mouvements d'attraction vers une source de lumière (phototactisme positif) ou de fuite (phototactisme négatif). (Wehr J. et Sheath R., 2003).

4. Mode de nutrition

Bien que beaucoup d'algues soient capables d'effectuer la photosynthèse, l'ingestion et l'utilisation de substances organiques dissoutes sont également fréquentes. (Becherra Celis G., 2012).

4.1. Autotrophie

L'autotrophie est un mode de nutrition des microalgues leur permettant d'utiliser les rayons solaires afin de synthétiser leur énergie. Les microalgues de métabolisme autotrophe utilisent également une source de carbone inorganique comme le CO_2 et le HCO_3^- pour la synthèse du carbone organique (Cantin I., 2010). Parmi les formes minérales de l'azote (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), c'est l'ammoniac qui est utilisé préférentiellement par de nombreuses algues, le nitrate et le nitrite devant être réduits avant leur assimilation (Dabbadie L., 1992).

4.2. Hétérotrophie

Les algues hétérotrophes peuvent être phagocytotiques, n'ont pas besoin de l'énergie solaire. Elles utilisent plutôt une source de carbone organique pour la production de l'énergie et des composants organiques (Catin I., 2010) les particules absorbantes de nourriture entières dans des vésicules de nourriture pour la digestion, ou elles peuvent être les éléments nutritifs osmotrophes et absorbants sous une forme soluble par la membrane plasmique si les algues vivent hétéro-trophes dessus matériel mort, ils sont saprophytiques ; s'ils vivent un centre serveur vivant, ils sont parasites (Robert E., 2008). La croissance algale à l'obscurité, sur des milieux contenant des matières organiques. Les algues sont en effet capables d'utiliser et d'assimiler des substances organiques dissoutes et même particulières par phagotrophie. (Dabbadie L., 1992)

4.3.Mixotrophe

Les mixotrophes sont des algues photosynthétiques qui utilisent à la fois des sources de carbone organiques et inorganiques. On considère la phagocytose comme le moyen qui probablement permis aux ancêtres des formes pigmentée de ces groupes d'algues d'acquérir leurs chloroplastes. (Raven et *al.*, 2007)

5. Reproduction

Les microalgues se multiplient soit par scission des cellules en deux parties jusqu'à la production des spores on dit ici mode de reproduction asexuée ou végétative, soit en se transformant directement en gamète ou en engendrant ceux-ci dans des cellules particulières ou ce que on appelle mode reproduction sexuée. Certaines algues peuvent également se développer par mixotrophie en combinant les deux modes. Les microalgues présentent l'avantage d'avoir un cycle de division très court, de l'ordre de quelques heures, permettant la production rapide de biomasse (plusieurs grammes de matière sèche par litre). Leur développement fait intervenir plusieurs facteurs de croissance et conditions de culture comme : l'eau, les nutriments, la lumière, le CO₂, la température et le pH de la culture, ainsi que l'agitation. En fonction des souches cultivées l'eau est douce, marine ou saumâtre (Robert E., 2008).

5.1. Reproduction asexuée

5.1.1. Fragmentation :

Cette fragmentation est fréquente, même chez les pluricellulaire. Le thalle se sépare en deux parties qui redonneront chacune un nouveau thalle. (Baldauf S., 2008).

5.1.2. Sporulation :

Des spores peuvent être formées dans les cellules végétatives ordinaires ou dans des structures spécialisées appelées sporanges. (Baldauf S., 2008)

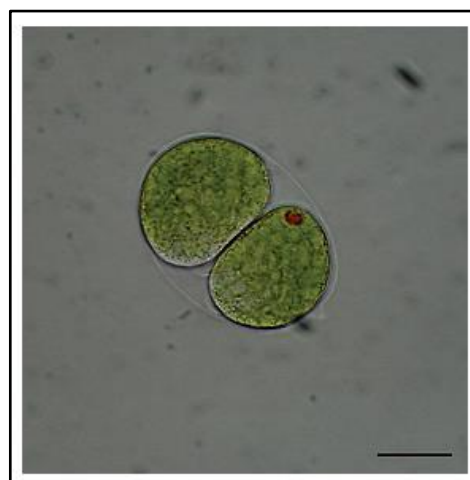


Figure 07: Zoospores de *Chlamydomonas sp* (Barsanti L. et Gualtieri P.,2006)

5.1.3. Scission binaire :

Les cellules vont diviser en deux (ex: *Chlamydomonas*). La division donne des cellules filles qui assureront la dissémination ou une réunification dans la colonie (ex: Diatomées) (Rogres K., 2011). Elle se fait par la division du noyau puis du cytoplasme (Barsanti L. et Gualtieri P.,2006) (Figure 08), Là forme caractéristique du cénobe de Scene des musquadricauda provient de deux divisions successives par scission binaire. Les divisions suivantes provoquent la fragmentation de cette forme coloniale. Chez les cyanobactéries (*Oscillatoria*), des zones plus sensibles aux cassures sont présentes et favorisent ce mode de reproduction asexuée. (Baldauf S., 2008)

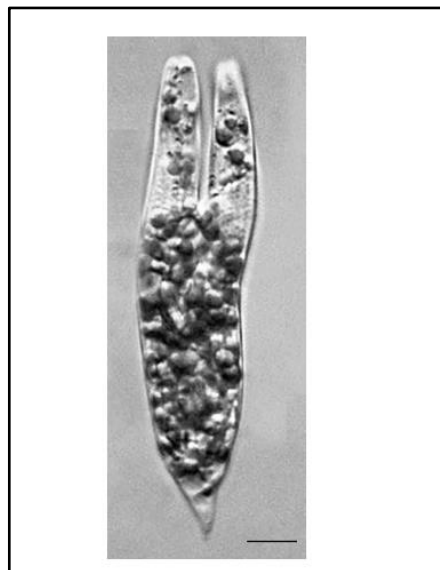


Figure 08 : division cellulaire chez *Euglena sp* (Barsanti L. et Gualtieri P., 2006)

5.2. Reproduction Sexuée

La reproduction sexuelle est habituellement réglée par des évènements environnementaux (Cantin I., 2010). Dans beaucoup d'espèces, quand la température, la salinité, les éléments nutritifs inorganiques (par exemple, phosphore, azote, et magnésium), ou la longueur de jour deviennent défavorables, la reproduction sexuelle est induite. Un organisme sexuellement de reproduction a typiquement deux phases dans son cycle de vie. (Rogres K., 2011). La reproduction sexuelle est caractérisée par le processus de méiose, dans laquelle les cellules de progéniture reçoivent la moitié de leur génétique l'information de chaque cellule de parent. (Bellinger E. et Sigee D., 2010)

Dans ce mode de reproduction sexuée, il y a fusion de gamètes mâle et femelle pour produire un zygote diploïde. Des œufs se forment dans les cellules réceptrices identiques aux cellules somatiques (*Spirogyra*) ou dans des cellules végétatives femelles peu modifiées nommées oogones (*Fucus*). Les spermatozoïdes sont produits dans des structures mâles spécialisées appelées anthéridies.

6. Cycles de développement de microalgues

6.1.Cycle de vie Haploïque ou Zygotique

Ce cycle est caractérisé par une seule phase végétative haploïde prédominante, avec la méiose ayant lieu lors de la germination du zygote. La *Chlamydomonas* montre ce type de cycle de vie (Figure 09) (Cantin I., 2010).

6.2.Cycle de Vie de diplontique ou de gamétiques

Ce cycle est une seule phase diploïde haploïde gamètes .les diatomées et le *Fucus* (ochrophyta) ont un cycle diplontique (Figure 10) (Cantin I.,2010)

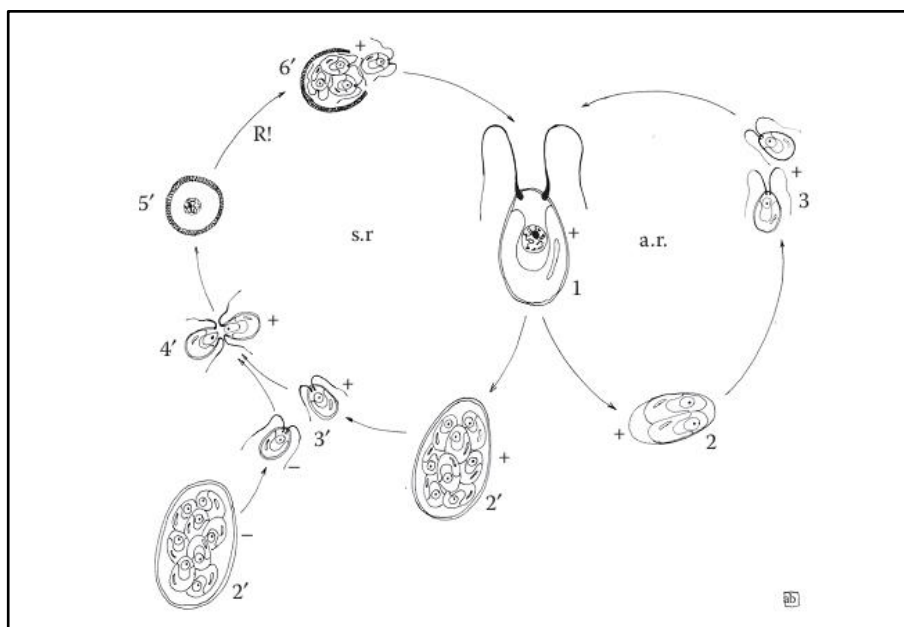


Figure 09 : Cycle de vie d'un *Chlamydomonas*: 1, cellules matures de *Chlamydomonas*; 2, la production de zoospores de cellules; 2', Cellule gamètes producteurs (souche + et de déformation -); 3, zoospores; 3', gamètes; 4', la fécondation; 5', zygote; 6', la libération de cellules filles. R !: la méiose; a.r. : reproduction asexuée; s.r. : reproduction sexuée (Cantin I., 2010).

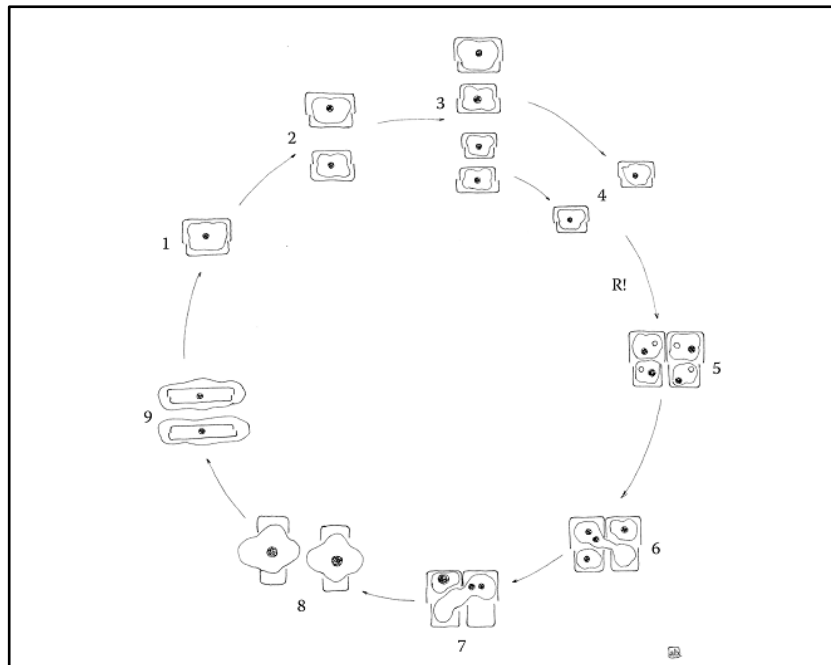


Figure 10:Le cycle de vie d'une diatomée: 1, cellule végétative; 2-3, la division cellulaire végétative; 4, taille de cellule minimum; 5, la gamétogenèse; 6-7, la fécondation; 8, auxospores; 9, des cellules initiales. R ! : méiose (Cantin I., 2010).

6.3.Cycles de vie de Diplohaplontique ou de Sporique

Ces cycles présentent une alternance de génération entre deux phases différentes se composant d'un gamétophyte haploïde et d'un sporophyte diploïde. Le gamétophyte produit des gamètes par la mitose, et le sporophyte produit des spores par la méiose (Barsanti L. et Gualtieri P., 2006).

L'alternance de la génération dans les algues peut être isomorphe, dans lesquelles les deux phases sont morphologiquement identiques comme dans l'*Ulva* (Chlorophyta) ou hétéromorphe, avec la prédominance du sporophyte comme dans le *Laminaria* (Ochrophyta), ou avec la prédominance du gamétophyte comme dans le *Porphyra* Rhodophyta) (Figure 11) (Cantin I., 2010).

Les algues peuvent être aquatiques, retrouvées presque partout dans les sources d'eau fraîches jusque dans les eaux salées (avec une tolérance pour une large gamme de pH, température, turbidité et concentration d'O₂ et de CO₂) ou subaériennes (exposées à l'atmosphère plutôt que submergées). Elles peuvent être planctoniques (comme la plupart des espèces unicellulaires) ou benthiques (vivant sur ou dans les sédiments); les algues benthiques peuvent se retrouver attachées sur la pierre (épilithiques), sur le sable ou la boue (épipéliques), sur d'autres algues ou plantes (épiphytiques) ou sur des animaux (épizoïques) (Sirois L., 2013). Le tableau 1 donne une vue d'ensemble de la distribution des microalgues dans l'environnement. On constate que la plupart des groupes possèdent des représentants marins, d'eau douce, terrestres et pouvant vivre en symbiose avec un autre organisme.

Tableaux 01: Distribution des différents embranchements des algues (Sirois L., 2013)

Division	Nom commun	Habitat			
		Marin	L'eau douce	Terrestre	Symbiotique
Cyanophyta	Algue blue-vert	Oui	Oui	Oui	Oui
Prochlorophyta	N.A	Oui	N.D	N.D	Oui
Glaucophyta	N.A	N.D	Oui	Oui	Oui
Rhodophyta	Algue rouge	Oui	Oui	Oui	Oui
Heterokontophyta	Algue dorée	Oui	Oui	Oui	Oui
	Algue jaune-vert				
	Diatomes				
	Algue brunes				
Haptophyta	Coccolithophrids	Oui	Oui	Oui	Oui
Cryptophyta	Crptomonads	Oui	Oui	N.D	Oui
Chlorarachniophyta	N.A	Oui	N.D	N.D	Oui
Dinophyta	Dinoflagellates	Oui	Oui	N.D	Oui
Euglenophyta	Euglenoids	Oui	Oui	Oui	Oui
Chlorophyta	Algue vert	Oui	Oui	Oui	Oui

N.A: non available

N.D: non détecté

8. Application de microalgues:

Au vu de leur biodiversité et leurs propriétés biochimiques, les microalgues se révèlent très prometteuses pour de nombreuses applications dans des domaines variés tels que l'industrie pharmaceutique, agro-alimentaire, l'environnement et les énergies renouvelables (Filali R., 2012) (Figure 12).

8.1. Domaine d'alimentation

C'est pour des raisons alimentaires que la culture des microalgues a eu un important développement à l'issue de la deuxième guerre mondiale. Les microalgues semblaient en effet prometteuses, du fait de leur composition et notamment de leur richesse en vitamines. Pourtant, les microalgues fraîches sont mal assimilées, car leur paroi épaisse est indigeste pour les monogastriques. Un traitement thermique ou mécanique est nécessaire pour augmenter leur digestibilité. En outre, leur déficience en acides aminés soufrés (méthionine et cystéine) implique une supplémentation de l'alimentation. Mais, il ne faut négliger ni les risques de toxicité des algues à un haut degré d'incorporation, ni les risques sanitaires en cas de dysfonctionnement de la culture recevant le déchet organique. (Dabbadie L., 1992)

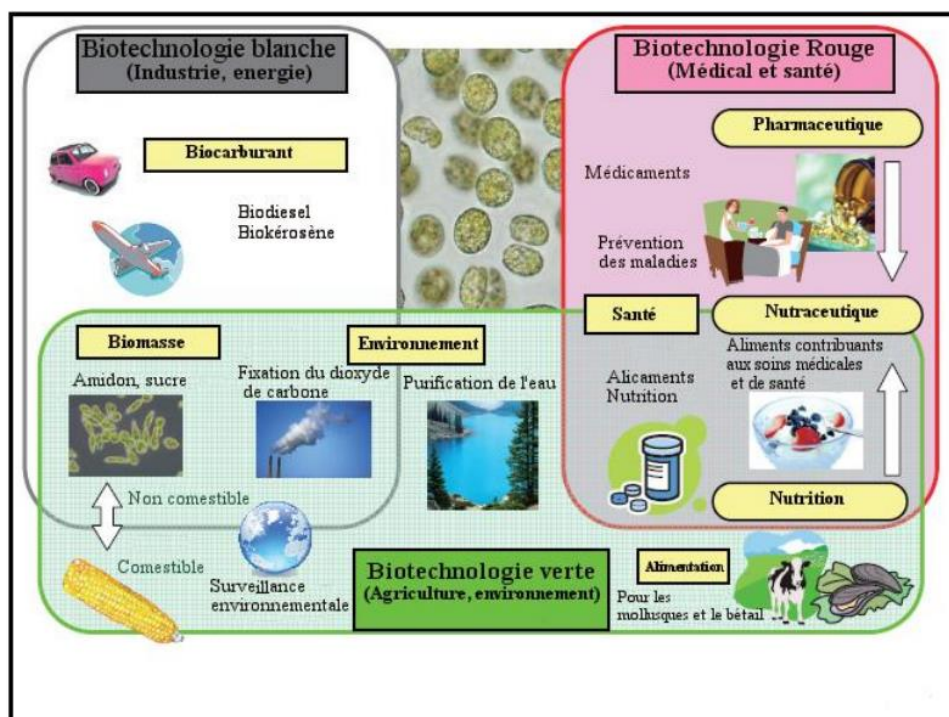


Figure 12 : Diversité du champ d'application de microalgues (Filali R., 2012)

8.2. Domaine pharmaceutique:

Au vu de leur grande diversité biochimique, les microalgues représentent une source intéressante de molécules bioactives et de toxines utilisables dans le développement de nouveaux médicaments. Plusieurs études ont permis de mettre en évidence l'implication des microalgues dans le domaine pharmaceutique par l'identification de nouvelles molécules naturelles. Dans ce sens, la tubercidine, une molécule cytotoxique, a été identifiée chez la

microalgue *Tolypthrixbysoidea* ainsi que chez les cyanobactéries. Elle présente une action effective in vitro contre un type de leucémie lymphoïde. D'autres démarches ont été entreprises, entre autres par « l'Institut National du Cancer » avec un programme de dépistage visant des activités antivirales et anticancéreuses (Becera Celis P., 2009).

8.3.Domaine cosmétique:

Les algues sont un ingrédient clé de la réussite de la cosmétique marine française. Les extraits de microalgues et de macroalgues sont de nature très diverse (ex. antioxydant, hydratant, fraction lipidique) et sont utilisés dans une gamme très large de produits cosmétiques. Leur caractère « naturel » en fait leur principal atout, le potentiel de croissance du marché des cosmétiques naturels et bio étant important (Becera Celis P., 2009).

8.4.Domaine énergétique

Considérant le contexte mondial actuel (hausse du prix du pétrole, raréfaction des ressources fossiles, production de gaz à effet de serre...), il est intéressant de considérer les microalgues comme source de production de différents types de biocarburant: le bio-oil, et le biodiesel. La voie la plus intéressante concerne les biocarburants de deuxième et troisième générations (production d'éthanol à partir de matières ligno-cellulosiques et la production de biodiesel à partir des microalgues). Cette voie prometteuse permet de remédier aux principaux inconvénients observés pour les biocarburants de 1ère génération (concurrence avec la production alimentaire, surconsommation d'eau, détérioration des sols) .En raison de propriétés intéressantes (productivité importante de biomasse, activité photosynthétique élevée, grand potentiel de stockage lipidique), les microalgues sont efficaces pour la synthèse de biodiesel, 500 à 1000 fois plus efficaces que les espèces terrestres , notamment *Chlorella sp* (Cadorte P et Bernard O., 2008).

8.5.Domains industrielles

Il s'agit vraisemblablement d'une utilisation plus prometteuse que la production de protéines d'origine unicellulaire SCP alimentaires. Un grand nombre de substances peuvent être extraites des algues:

8.5.1. Colorants :

Actuellement, le β carotène et la phycocyanine sont les deux seules substances d'origine algale à avoir été commercialisées. La phycocyanine est extraite de *Spirulina sp*. C'est un pigment bleu utilisé dans les industries cosmétiques et alimentaires, sous le nom de Linablue. Hautement purifiée, elle possède des propriétés de fluorescence qui la font utiliser dans des tests d'immunodiagnostic. Il est possible qu'elle intervienne dans le traitement du SIDA (Filali R., 2012).

8.5.2. Polysaccharides :

Ce sont des agents visqueux ou gelifiants. Les microalgues peuvent en produire, bien qu'elles ne soient pas encore compétitives avec les bactéries ou les macroalgues (Filali R., 2012).

8.5.3. Vitamines et autres produits :

Les microalgues semblent être compétitives comme sources de vitamines A, B1, B6, D, E et K. D'autres substances peuvent être extraites: ce sont les acides gras polyinsaturés (comme l'acide arachidonique, l'acide eicosapentaénoïque, et l'acide docosahexaénoïque) utilisés dans les régimes anticholestérol et diététiques, les antioxydants (tocophénols), et les substances antibactériennes et fongiques. (Filali R., 2012)

8.5.4. Imperméabilisants :

D'après Huntley et al. (1989), il serait possible d'imperméabiliser des terrains avec des tapis d'algues et de bactéries.

8.6. Autres utilisations:

Actuellement, l'élimination du lisier de porc et des autres déchets d'élevage se fait essentiellement par épandage sur les terres agricoles. Pourtant, en dépit de leur qualification organiques, ces déchets sont surtout formés de matières minérales (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-}). Certaines (NO_3^-) migrent rapidement dans le sol et polluent la nappe phréatique. Pour éviter cette pollution, il est possible de cultiver des algues à partir de ces déchets organiques, et de les épandre ensuite par l'eau d'irrigation. Les matières organiques contenues dans les algues établiront alors des liaisons avec les argiles du sol en formant un complexe argilo-humique qui ne libérera ses matières minérales que très progressivement, préservant ainsi la nappe phréatique. (Dabbadie L., 1992)

Chapitre II: Classification de Microalgues

Chapitre II: Classification de microalgues

1. Généralité

Les microalgues présentent une diversité plus grande que celle de toutes les plantes terrestres. Il y aurait dans l'environnement naturel entre 200 000 et plusieurs millions d'espèces de microalgues (Sirois L., 2013). Ces organismes constituent un groupe polyphylétique et très diversifié de procaryotes (les algues bleues ou cyanobactéries) et eucaryotes (où l'on retrouve les algues vertes, rouges et brunes). Les algues rouges et vertes appartiendraient à une même famille et seraient apparues il y a deux milliards d'années. Les algues brunes et les diatomées seraient issues d'une association d'une micro-algue rouge et d'un organisme unicellulaire hétérotrophe, apparues il y a un milliard d'années elles forment la famille des Chromalvéolates. (Raven et *al.*, 2007) Les cyanobactéries sont des algues bleues procaryotes dont la principale espèce cultivée est la spiruline. La photosynthèse se produit directement dans le cytoplasme. Elles seraient à l'origine des chloroplastes des cellules eucaryotes, et auraient ainsi permis aux végétaux de réaliser la photosynthèse, à la suite d'une endo-symbiose. Chez les microalgues eucaryotes la photosynthèse se produit dans des structures particulières, entourées d'une double membrane plastidiale, qu'on appelle chloroplastes. Ces organites cellulaires contiennent de l'ADN et sont similaires aux cyanobactéries validant l'hypothèse de l'endosymbiose (Julie P., 2010).

2. Les Critères de classification

De nombreux critères écologiques, physiologiques ou biochimiques interviennent dans la phylogénie des algues comme les structures cellulaires, le mode de nutrition, l'habitat, la nature et la localisation des pigments et des glucanes de réserve. Malgré une extrême diversité, les algues peuvent être classées en une dizaine d'embranchements selon des critères basés sur leurs compositions pigmentaires, leurs polysaccharides de réserve et des caractéristiques structurales, comme le nombre de membranes plastidiales, la disposition des thylacoïdes, la forme des crêtes mitochondriales et la nature de l'appareil flagellaire (Pasquet V., 2011).

Tableaux 02: Classification des différentes divisions algales (d'après Barsanti et Gualtieri, 2006) (Sirois L., 2013)

Classification		
Régne	Embrenchment	Classe
Procaryotes Eubacteria	Cyanophyta	Cyanophyceae
	Prochlorophyta	Prochlorophyceae
	Glaucophyta	Glaucophyceae
	Rodophyta	Bangiophyceae
		Florideophyceae
	Heterokontophyta	Chrysophyceae
		Xanthophyceae
		Eustigmatophyceae
		Bacillariophyceae
		Raphidophyceae
		Dictyochophyceae
		Phaeophyceae
	Haptophyta	Haptophyceae
	Cryptophyta	Cryptophyceae
Eucaryotes	Dinophyta	Dinophyceae
	Euglenophyta	Euglenophyceae
	Chlorarachniophyta	Chlorarachniophyceae
	Chlorophyta	Prasinophyceae
		Chlorophyceae
		Ulvophyceae
		Cladophorophyceae
		Bryopsidophyceae
		Zygnematophyceae
		Trentepohliophyceae
		Klebsormidiophyceae
		Charophyceae
		Dasycladophyceae

3. Description des différentes classes d'algues

Les microalgues sont très rarement regroupées en fonction de leur métabolisme énergétique ou encore en fonction de leur habileté à synthétiser les métabolites nécessaires, mais plutôt en fonction de leurs propriétés morphologiques (Cantin I., 2010). Selon les

différents critères de classification, il existe onze groupes d'algues, un de nature procaryotique (les cyanobactéries) et dix de nature eucaryotique (Pasquet V., 2011).

3.1.Procaryotes photosynthétiques

3.1.1. Embranchement des Cyanophyta (lignée bleue):

Les Cyanophyta sont les seuls algues procaryotes appartiennent au groupe des eubactéries photosynthétiques (Cyanobactéries et Prochlorophytes). Elles sont essentiellement représentées par les Cyanobactéries (Règne des Eubactéries). Plusieurs structures communes sont retrouvées au niveau de la cellule, notamment la présence d'une capsule mucilagineuse. Du point de vue de la structure et de la composition, leur paroi est proche de celle des bactéries à Gram négatif. La cellule est dépourvue d'organite. Les thylacoïdes sont diffus dans le cytoplasme (Pasquet V., 2011), les Cynaobactérie renferment 150 genre et 2000 espèces (Bougndoura N. et *al.*, 2009)

3.2.Eucaryotes photosynthétiques

3.2.1. Embranchement des Glaucophyta :

Cet embranchement comprend trois genres et quatorze espèces. Les Glaucophytes forment un petit groupe d'algues unicellulaires, autotrophes, libres, parfois coloniales. Elles appartiennent à la même lignée que les algues rouges et vertes. La chlorophylle a est également retrouvée (Pasquet V., 2011), Leur multiplication se fait par bipartition ou à l'aide de zoospores la sexualité est inconnue (Bougndoura N. et *al.*, 2009).

3.2.2. Embranchement des Rhodophyta (lignée rouge) :

Les Rhodophyta forment un groupe homogène bien défini. Elles sont rarement unicellulaires. Les algues rouges possèdent de la chlorophylle a disposés dans le phycobilisome. Le β , ϵ -carotène et le β , β -carotène sont présents. Les principales xanthophylles sont la lutéine et la zéaxanthine. La paroi cellulaire est constituée de cellulose ou de xylanes pour la partie fibrillaire et de galactanes sulfatés ou mannanes pour la partie mucilagineuse. Cet embranchement comprend 680 genres et de 4 000 à 6 000 espèces décrites. Les algues rouges sont particulièrement abondantes dans les eaux tropicales, mais aussi on les trouve beaucoup dans les régions plus froides du globe et chaudes (Raven et *al.*, 2007).

3.2.3. Sous-règne de Chlorobionta (lignée verte) :

Les algues vertes constituent un groupe comprenant entre 550 et 570 genres et de 16 000 à 17 000 espèces. Le chloroplaste contient de la chlorophylle a et b. En majorité, les algues vertes sont microscopiques et dulçaquicoles, elles sont cependant rencontrées dans tous

les types de milieu. Les Chlorobionta sont constituées de deux infra-règnes les Chlorophyta et les Streptophyta (Pasquet V., 2011).

3.2.4. Classe des Euglénophyceae (lignée verte) :

Dans la classe des Euglénophyceae, de 40 à 50 genres et 650 à 1 050 espèces sont dénombrés. Ces algues sont unicellulaires, flagellées, rarement coloniales (Bougnoudou N. et *al.*, 2009). Un grand nombre d'Euglénophycées sont incolores, certaines ont perdu leurs chloroplastes au cours de l'évolution. Lorsqu'ils sont présents, les chloroplastes des euglènes contiennent les chlorophylles a et b comme celui des algues vertes dont ils dérivent (Pasquet V., 2011).

3.2.5. Classes des Chlorarachniophyceae (lignée verte) :

Les algues de la classe de Chlorarachniophyceae sont des organismes unicellulaires, coccoïdes, amiboïdes à pseudopodes filamenteux. Cette classe compte cinq genres et six espèces. Les chloroplastes des Chlorarachniophycées contiennent de la chlorophylle a et b (Pasquet V., 2011).

3.2.6. Embranchement des Cryptophyta (lignée brune) :

Chez les Cryptophyta le nombre d'espèces décrites est de l'ordre de 100 à 200 espèces. Les cryptophytes sont des organismes unicellulaires flagellés. Ils contiennent les chlorophylles a et c (Pasquet V., 2011). Les algues appartenant à cet embranchement possèdent les plastides est un périplaste composée de plaque péri-cellulaires. Des grains d'amidons sont stockés dans les compartiments périplastidial. (Bougnoudou N. et *al.*, 2009).

Leur nom est bien choisi, parce que leur petite taille (3 à 50 micromètres) fait qu'elles passent souvent inaperçues. On les trouve principalement dans les eaux froides ou superficielles (Raven et *al.*, 2007).

3.2.7. Embranchement des Haptophyta (lignée brune) :

Ce sont des algues à chloroplastes colorés en brun-doré par des caroténoïdes. Les pigments retrouvés sont la chlorophylle a et c. Elles forment une lignée propre caractérisée par un organe particulier : sont des organismes unicellulaires monadoïdes flagellés, , présence de l'haptonème (est un appendice en forme de flagelle, fin, plus au moins long, située entre les 2 flagelles) (Bougnoudou N. et *al.*, 2009). Une autre caractéristique est la présence des petites écailles plates à la surface de la cellule (Raven et *al.*, 2007). L'embranchement compte environ 80 genres et 300 espèces. Ce sont essentiellement des organismes planctoniques et marins (Pasquet V., 2011).

3.2.8. Embranchement des Dinophyta (lignée brune) :

Cet embranchement compte environ 4 000 espèces réparties dans 550 genres, dont la moitié est fossile. Ils occupent actuellement une position incertaine dans la classification phylogénétique (Raven et *al.*, 2007). Ces algues n'ont aucune parenté directe avec les autres algues mais sont affiliées aux Sporozoa et aux ciliés. Les Dinophytes sont majoritairement unicellulaires. Il existe quelques rares formes filamenteuses. Elles sont caractérisées par une mitose particulière avec un fuseau externe. Un dynocarion est présent chez la majorité de ces organismes. Les chloroplastes contiennent de la chlorophylle a et c, comme les haptophytes, les Ochrophytes et les cryptophytes. Le chloroplaste typique à péridinine contient de la chlorophylle a, c2 comme chez les Cryptophytes, les pigments surnuméraires sont principalement le β,β -carotène et la péridinine (Pasquet V., 2011).

3.2.9. Embranchement des Ochrophyta (lignée brune) :

Les Ochrophytes appartiennent au sous-règne des Hétérokonta ou Straménopiles. Ils sont caractérisés par la présence de plastides à quatre membranes (endosymbiose secondaire) (Bougndoura N. et *al.*, 2009). Ce vaste ensemble regroupe des organismes dont la caractéristique commune est soit d'être des monades pourvues d'un appareil flagellaire dit « Hétéroconté », Les Ochrophytes sont placés dans un vaste ensemble contenant également une dizaine de lignées d'algues microscopiques, comme les Diatomées, les chrysophycées et les Xanthophycées. Le chloroplaste contient de la chlorophylle a et c. La nature des pigments surnuméraires varie selon les différentes classes d'algues (Pasquet V., 2011).

Chapitre III: Les Microalgues d'intérêt nutritionnel

Chapitre III: Les Microalgues d'intérêt nutritionnel

1. Genre de *Chlamydomonas*

1.1. Description

Le *Chlamydomonas* a une forme unicellulaires en générale sphériques à sub-sphérique, peut être fusiformes. Chaque cellule sont typiquement avec deux vacuoles contractiles sont antérieures, mais ceux-ci peut être absentes ou nombreuses (selon l'espèce) les flagelles sont antérieurs (Figure13) (Dutcher, S.K. et Gibbons, W., 1988). Le chloroplaste simple par cellule et extrêmement variable, les variantes est spécifiques à l'espèce et constituent la base pour définir le groupe. Elles possèdent un stigma rouge photosensible qui permet la détection de la lumière; il est semblable à celui de nombreux autres flagellates verts et des zoospores d'algues vertes plusieurs. *Chlamydomonas* se reproduit par voie sexuée et asexuée (Garvey, J.E., Owen, H.A., 1991). *Chlamydomonas* peut survivre dans beaucoup d'habitat. Ils peuvent être trouvés dans marin, d'eau douce, la glace, et parfois des situations de sol (Thronsdén, J.1996). En raison de leurs canaux d'eyespot et d'ionique enregistrent les changements légers ils sont aussi le plus souvent trouvée fin à la lumière qu'ils peuvent. Quelques espèces se *Chlamydomonas* ont même trouvés dans la postérité en condition extrêmement froides ou extrêmement acides

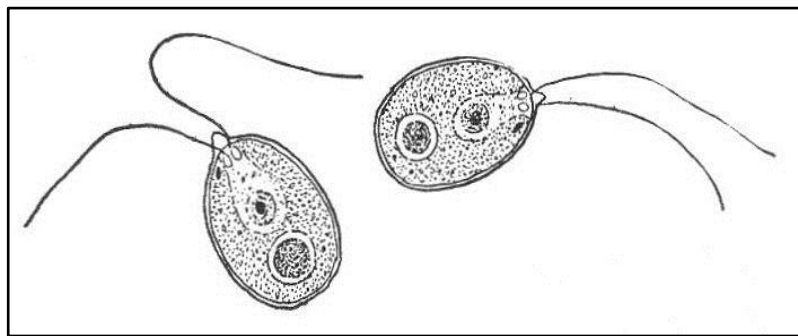


Figure 13: Morphologie général de *Chlamydomonas* (Thronsdén, J.1996)

1.2. Classification Selon Guiry et Guiry. (2015)

Domaine: Eucaryotes

Règne: Plantes

Embranchement: Chlorophyte

Classe: Chlorophyceae

Ordre :Chlamydomonadales

Famille: Chlamydomonadaceae

Le genre *Chlamydomonas* est proposé par Ehrenberg en 1833. Il comprend 1164 d'espèces dans la base de données actuellement (Guiry. 2001) permis les espèces du ce genre (Figure14).



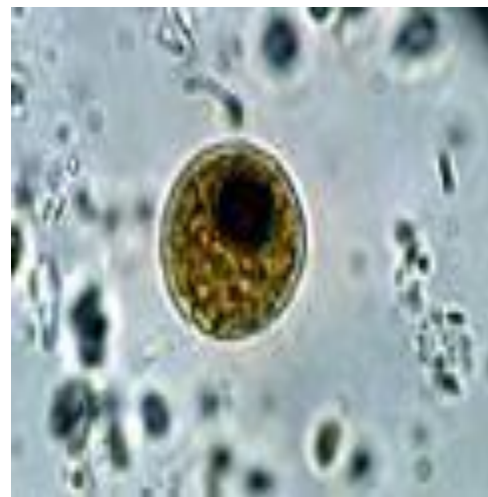
Chlamydomonas reinhardtii



Chlamydomonas acidophila



Chlamydomonas subannulata



Chlamydomonas aalesundensis

Figure 14: Quelques espèces du genre *Chlamydomonas* (Guiry et Guiry. 2015)

1.3. Intérêt nutritionnel

Le *Chlamydomonas* de *reinhardtii* est des espèces potentielles pour la production du combustible organique car il peut produit l'huile au lieu de l'amidon. Apparemment la biomasse de culture est augmentée, Le stockage de l'énergie chimique dans Chlorophyceae est

principalement amidon. Mutants verts incapables de produire les hunt d'amidon leur photosynthate vers des triglycérides, démontrant une concurrence entre les deux produits de stockage (Throndsen, J.1996).

2. Genre de *Chlorella*

2.1. Description

Les cellules sphériques, sub-sphérique ou l'ellipsoïde, elles formant des colonies jusqu'à 64 cellules, présent de mucilage ou absent (Figure 15) .chloroplaste simple, présent pariétal et pyrenoid, entouré par des grains d'amidon. Le *Chlorella* développé par des autospores, manqué de zoospores. Autospores a libéré par la rupture de la paroi cellulaire de mère. La cellule de fille peut demeurer rattachée aux restes de la paroi cellulaire de mère et former des colonies avec des enveloppes de mucilage. Ce genre est cosmopolite des espèces de chlorelles sont connues aussi bien en eau douce qu'en eau salée, le genre *Chlorella* se retrouve dans tous les habitats aquatiques, marins ou d'eau douce (Becker E.W., 2007)

2.2. Classification Selon Guiry et Guiry. (2015)

Domaine: Eucaryotes

Règne: Plantes

Embranchement: Chlorophyte

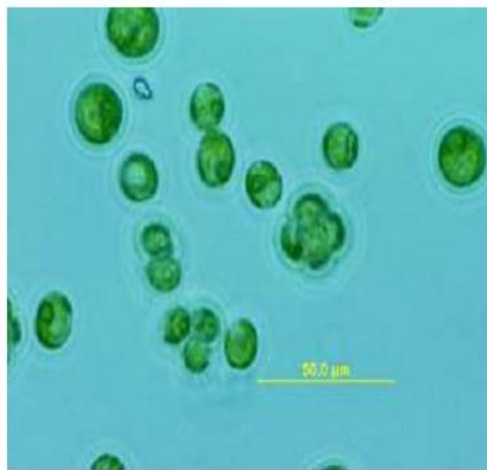
Classe: Trebouxiophyceae

Ordre: Chlorellales

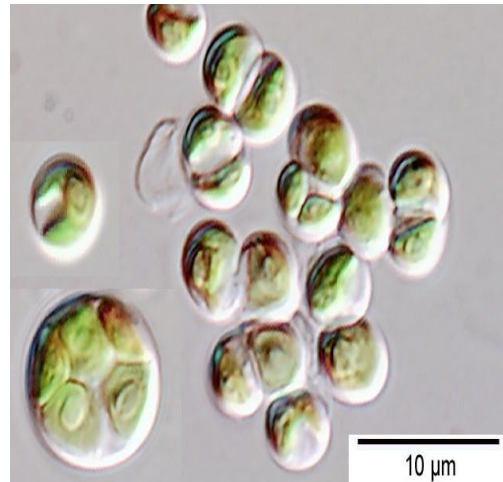
Famille: Chlorellaceae

Genre: *Chlorella*

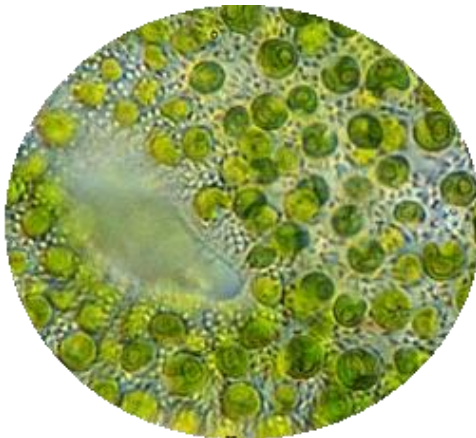
Le *Chlorella* (Beijerinck, 1890), Il comprend de 107 d'espèces (et inclus dans une espèce) dans la base de données actuelle d'Algae base permis les espèces du ce genre (Figure15).



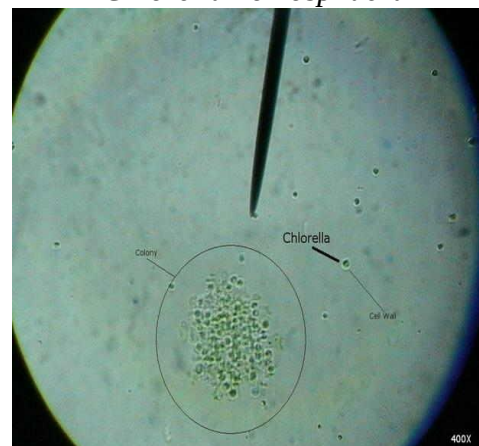
Chlorella emersonii



Chlorella homosphaera



Chlorella acuminata



Chlorella anitrata

Figure 15: quelques espèces du genre *Chlorella* (Guiry et Guiry. 2015)

2.3. Intérêt nutritionnelle

Chlorella comme aliment a commencé à la fin des années quarante, époque à laquelle on craignait que la surpopulation ne mène à une crise alimentaire mondiale. De nombreuses recherches furent alors entreprises par des institutions aux États-Unis. Sa haute teneur en protéines la rendait potentiellement très intéressante. Elle contient en outre de nombreuses vitamines et acides gras essentiels. Tous ces espoirs furent finalement déçus, la chlorelle s'avérant très onéreuse à produire. La révolution verte ayant été la solution aux problèmes de production alimentaire, elle perdit de son intérêt, et n'est plus aujourd'hui qu'un complément alimentaire vendu en magasin diététique (Cherng, JY et *al.*, 2010)

3. Genre de *Dunaliella*

3.1. Description

Ce genre est des microalgues unicellulaire, biflagellé, uni-nucléée, Cellule fusiforme, ellipsoïde, ovoïde, globuleux ou déprimé- globuleux, l'extrémité antérieure habituellement arrondie (Figure16). Le noyau typiquement dans l'extrémité antérieure avec deux contractile vacuoles, ceux-ci peut être tout à fait indistinct dans l'eau douce. L'organisation cytoplasmique peut être masquée par des accumulations des colorants haematochrome . *Dunaliella* est morphologiquement semblable au *Chlamydomonas*. Ses cellules manquent d'une paroi rigide, et ils se produisent par la division longitudinale de la motile cellule ou par la fusion de deux cellules motiles pour former un zygote (Oren A., 2005)

Le genre *Dunaleilla* représentants dans les milieux marins et halophiles. Des espèces d'eau douce ont également décrites bien que Melkonian et Preisig (1984) aient proposé que ceux-ci doivent être assignés à un genre différent. *Dunaliella* a également une tolérance très large de pH s'étendant de pH=1 (acidophile) à pH=11 (Saline). En fait, la saline le *Dunaleilla* est l'un du plus ambiant des organismes eucaryotes tolérance connus et plus faire face à une gamme de salinité de l'eau mer (=NaCl de 3%) à la saturation de NaCl (=NaCl de 31%), et à une température ambiante du C°<0 au C°>38 (Oren A., 2005).

On Observe généralement des espèces de *Dunaliella* dans les lacs de sel dans toutes les régions du monde, ils souvent donnent de couleur rouge-orangé à l'eau (Friedl T. et O'Kelly C.J., 2002). Des espèces de marine *Dunaliella* peuvent généralement être isolées dans l'eau de mer, bien qu'elles ne soient pas très abondantes en nature (Oren A., 2005).

3.2. Classification Selon Guiry et Guiry. (2015)

Domaine: Eucaryotes

Règne: Plantes

Embranchement: Chlorophytes

Classe: Chlorophyceae

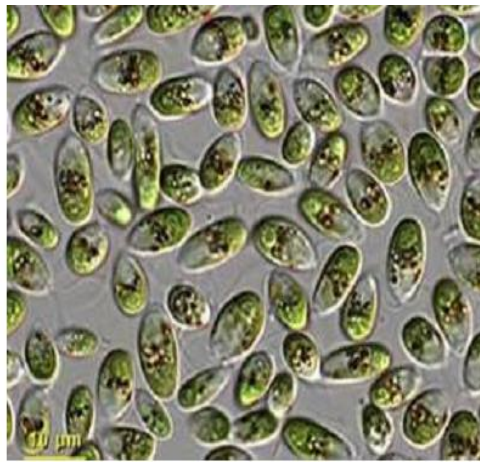
Ordre: Chlamydomonadales

Famille: Dunaliellaceae

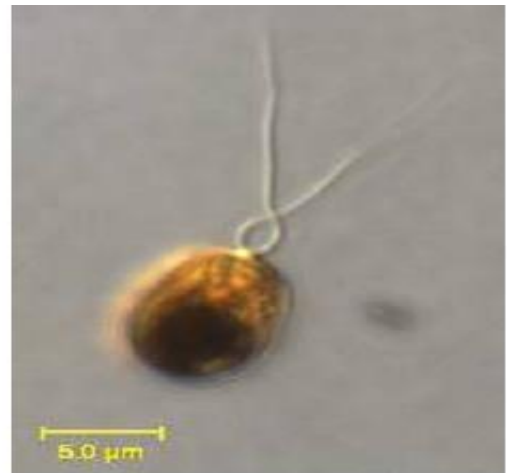
Genre: *Dunaliella*

Le genre de *Dunaliella* il a été du nom de son découvreur par Teodoresco en 1905. Ce genre actuellement reconnu comme genre distinct, Il comprend 28 d'espèces (et inclus dans une espèce) dans la base de données actuellement, dont 23 ont été marqués comme

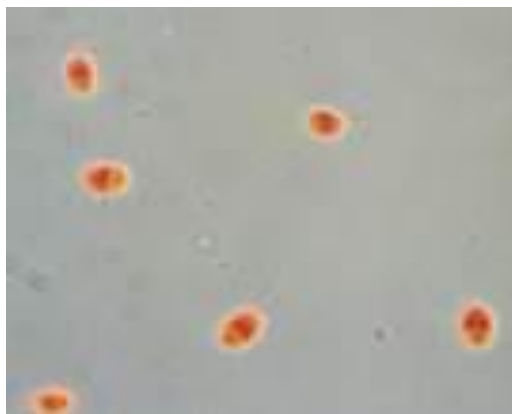
actuellement taxonomique (Guiry et Guiry. 2015) permis les espèces du ce genre (Figure16).



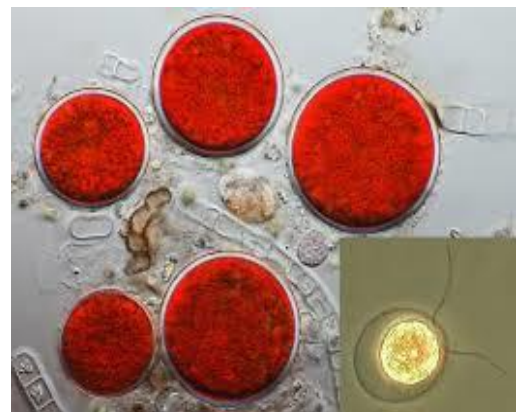
Dunaliella sp



Dunaliella tertiolecta



Dunaliella salina



Dunaliella turcomanica

Figure16: quelques espèces du genre *Dunaliella* (Guiry et Guiry. 2015)

3.3. Intérêt nutritionnel

L'intérêt principale pour ce genre ces dernière années a été la saline halophile de *Dunaliella* d'espèces puisque c'est la source du β -carotène. Ils s'accumulent très fortes concentration de glycerol. On a proposé la première fois saline de dunaliella comme source comerciale de β -carotène et plus tard comme source de glycerol (Borowitzka, LJ et Brown, 1974).

4. Genre *Scenedesmus*

4.1. Description

Le genre de *Scenedesmus* est l'un des plus simples algues coloniale qui existent, la thalle unicellulaire ou coloniale de quatre ou huit cellules qui semblent chercher un abri ou société ne se efforcent de trouver un grand ordre et joué le rôle de parents, présent mucilagineux de matrice ou absent au environnement, les cellules sont arrangée linéairement, alternant ou dans deux ou trois rangée (Figure17) (Meyen, F.J.F. 1829), de diamètre 3 μm jusqu'à 78 μm , de forme presque sphérique à ellipsoïde, à allongée ou fusiforme, pour prolonger, chloroplaste simple et pariétal avec pyrenoid simple. La reproduction peut être sexuée ou asexuée (Guiry M.D., 2002). Le *Scenedesmus* habite les eaux propres ou à faible pollution, est un genre qui a conquis les eaux dans le monde entier, à la fois sucré et salé, sa simplicité et son hébergement facile à ne importe quel environnement vous avez ouvert la vie (Meyen, F.J.F. 1829).

4.2. La classification Selon Guiry et Guiry. (2015)

Domaine: Eucaryotes

Règne: Plantes

Embranchement: Chlorophytes

Classe: Chlorophyceae

Ordre: Sphaeropleales

Famille: Scenedesmaceae

Sous-famille: Scenedesmoidea

Genre: *Scenedesmus*

Le genre *Scenedesmus* il a été du nom de son découvreur par Meyen (1829).

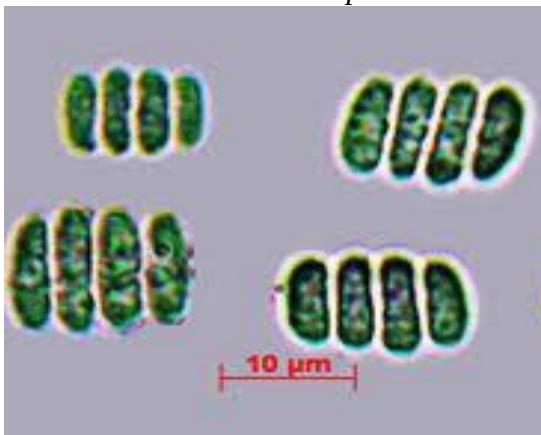
Il comprend de 524 d'espèces, permis les espèces du ce genre(Figure17).



Sendesmus sp



Scenedesmus abundans



Scenedesmus abundans



Scenedesmus abundans

Figure17: quelques espèces du genre *Scenedesmus* (Guiry et Guiry. 2015)

4.3. Intérêt nutritionnel

La culture de diverses espèces de *Scenedesmus* à l'échelle du laboratoire a souvent été dans le media standard des microalgues. Étant donné les marges bénéficiaires extrêmement serrées de la production une grande quantité des lipides (Welter C. et *al.*, 2013) . Sous des concentrations en azote de 0,32 g/l, l'algue démontre des augmentations optimales du contenu de biomasse et de lipide, créant un produit de biodiesel qui répond aux critères pour l'agence de National Petroleum (Mandotra et *al.* 2014).

Chapitre IV: Zones humides

Chapitre IV: Zones humides

1. Définition des zones humides :

Les zones humides sont des milieux intermédiaires entre les milieux aquatiques et terrestres. Elles se composent de nombreux éléments, en interactions in situ ainsi qu'avec leur milieu environnement. Cette complexité confère des propriétés et des fonctions propres à chaque zone humide et contribue à leur grande fragilité. En effet, l'installation et la dynamique de ces milieux dépend de multiples facteurs intervenant sur leur équilibre et sur leur fonctionnement écologique (Lise M, 2012)

Les définitions relatives aux zones humides sont multiples. En signant la Convention de Ramsar de 1971, qui a pour mission de favoriser la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides, 98 pays ont adopté une définition extrêmement large des zones humides (Aoubid S et Gaubert H, 2010). Ce sont, aux termes de l'Article 1 :« des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres. » (Dave P., 2010)

Selon Cowardin et al ; (1979), les zones humides sont des terres de transition entre les systèmes terrestres et aquatiques, la nappe phréatique étant habituellement soit à la surface, soit à proximité ou alors le terrain étant couvert d'une couche d'eau peu profonde. Dans le cadre de cette classification, les zones humides doivent avoir un ou plusieurs des trois attributs suivants :

(1) le terrain est occupé de manière prédominante par des hydrophytes au moins périodiquement;

(2) le substrat correspond de manière prédominante à un sol hydromorphe non drainé ;

(3) le substrat correspond à un "non sol" (roches, galets) saturé en eau ou couvert d'une couche d'eau peu profonde à certains moments, au cours de la saison de croissance de la végétation chaque année.

2. Caractéristiques des zones humides

Les caractéristiques des zones humides et leurs propriétés sont d'abord déterminées par les conditions climatiques, leur localisation et leur contexte géomorphologique.

Ce sont, les conditions hydrologiques qui déterminent le fonctionnement écologique des zones humides et permettent de les différencier des milieux terrestres bien drainés et des écosystèmes aquatiques d'eau profonde (Zaafour M,2012)

3. Typologies des zones humides

La Convention de Ramsar sur les zones humides d'importance internationale a réalisé un classement précis, valable à l'échelle mondiale, des différentes catégories de zones humides, y compris celles artificielles (Figure 18) (Zaafour M,2012). Chargé de concevoir une classification de la vaste gamme des zones humides comprises dans la définition de Ramsar, 30 groupes de zones humides naturelles et neuf de zones humides artificielles. Toutefois, pour donner une image plus précise, il est possible de résumer la classification en cinq grands systèmes de zones humides:

- les estuaires – où les fleuves se jettent dans la mer et où les eaux ne sont ni salées ni douces (par exemple, les deltas, les vasières, les prés salés).
- le milieu marin – qui n'est pas soumis à l'influence fluviale (par exemple, littoraux et récifs coralliens).
- le milieu riverain – où les sols sont périodiquement inondés par les crues des cours d'eau (par exemple, les prairies humides, les forêts inondées, les lacs de méandres).
- le milieu palustre – où l'on trouve des eaux plus ou moins permanentes (par exemple, les marécages à papyrus, les marais, les fagnes).
- le milieu lacustre – où les eaux permanentes sont quasi stagnantes (par exemple, les mares, les lacs de cuvettes, les lacs de cratères volcaniques) (Edward B., 1997).



Figure 18: Les différents types des zones humides (Aoubid S et Gaubert H, 2010).

4. Fonctionnalités des zones humides

4.1. Notions de fonctions et de services

Avant toute chose, il convient de faire la distinction entre fonctionnalités des zones humides et services rendus. Les zones humides présentent des caractéristiques physico-chimiques et biologiques à l'origine de processus et de mécanismes écologiques dont les résultats sont qualifiés de « fonctions ». Au sens littéral, les fonctions sont des « actions propres d'un élément ou d'un organe dans un ensemble dont il fait partie ». Les fonctions écologiques, celles provenant et reflétant le fonctionnement d'un écosystème, ont des effets internes et externes au système. En interne, elles participent au maintien de l'intégrité de la zone humide en tant qu'écosystème. En externe, elles influencent l'environnement de la zone humide et réciproquement.

Les effets des fonctions ainsi que les valeurs attribuées aux écosystèmes constituent des services rendus aux sociétés lorsqu'ils sont estimés bénéfiques. A

l'inverse, ils sont perçus comme des préjudices, maintenant qualifiés d'Ecosystème Des Services EDS, lorsqu'ils engendrent des coûts (Figure 19) (Ecosphère, 2008). Les services rendus par les zones humides les plus souvent cités sont l'amélioration de la qualité des eaux et la protection contre les inondations. Ces milieux rendent également des services culturels (éducation, récréation, patrimonialité) et d'approvisionnement (production de matière première pour divers usages), le tout supporté par des services d'auto entretien.

Ainsi, la notion de fonction correspond à un point de vue de fonctionnement écologique des écosystèmes sans vision « utilitariste » des zones humides. Dès lors que l'on réfléchit en termes de bénéfices, c'est la notion de service qui est employée (Ecosphère, 2008).

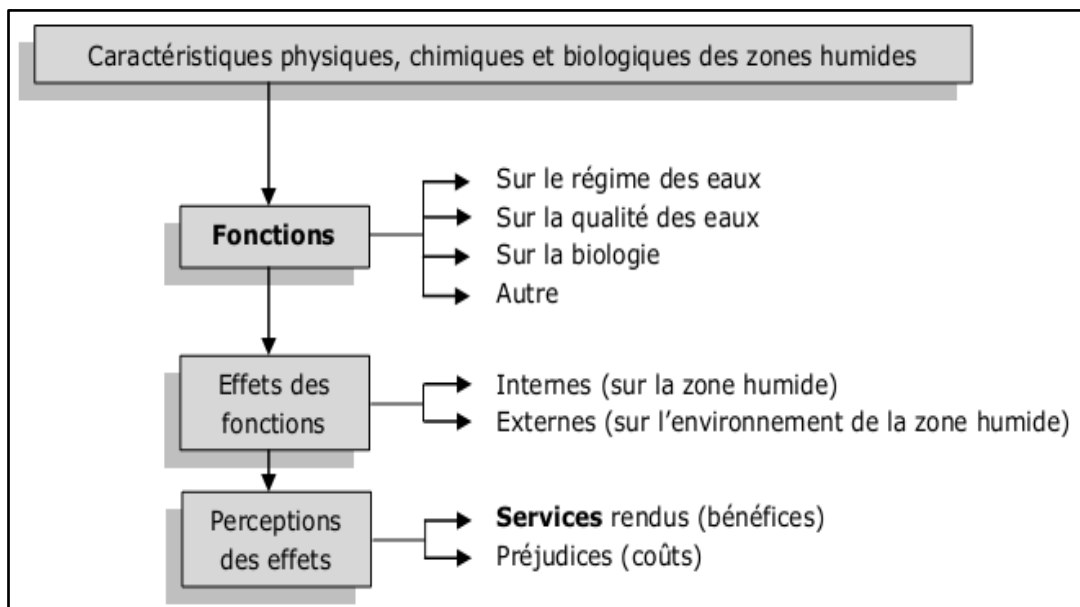


Figure19: Fonction des zones humides, effets et perceptions (Aoubid S et Gaubert H, 2010).

La notion d'infrastructure naturelle, prônée par le 1er Plan d'action en faveur des zones humides est également utilisée pour qualifier ces milieux .Elle illustre le fait que les zones humides rendent des services au même titre que des infrastructures artificielles (station d'épuration, barrage écrêteur de crue,...). Les services rendus par les zones humides peuvent aussi faire l'objet d'une évaluation monétaire des économies réalisées par un individu ou une société. Le terme d'infrastructure naturelle est cependant à utiliser avec prudence car la conception des zones humides ne doit pas se limiter aux services qu'elles rendent aux

sociétés. Elles doivent être considérées comme parties intégrantes des écosystèmes naturels car elles participent au bon fonctionnement de la planète Terre (Lise M, 2012).

4.2. Fonctions des zones humides

Les fonctions des zones humides peuvent être regroupées en trois catégories : les fonctions hydrologiques, les fonctions biogéochimiques et les fonctions écologiques.

4.2.1. Fonctions hydrologiques:

A travers les échanges de flux avec le cours d'eau, la nappe et le versant, les zones humides déterminent de nombreuses fonctions hydrologiques (Figure 20). Les zones humides assurent un stockage latéral (eaux en provenance du versant) et un stockage longitudinal (eaux en provenance du réseau hydrographique). Elles jouent un rôle tampon : en période de hautes eaux, elles ralentissent l'écoulement des eaux réduisant ainsi le risque de crue; à l'inverse, en période de basses eaux, elles libèrent une quantité d'eau permettant de limiter un étiage trop sévère. La modélisation des fonctions hydrologiques des zones humides est complexe car elle nécessite une série de mesures très approfondies. Les quelques modèles hydrologiques spécifiquement dédiés aux zones humides n'évaluent qu'une fonction et ne sont pas transférables à d'autres sites en raison de la variabilité spatio-temporelle de ces milieux (Rapinel S., 2012).

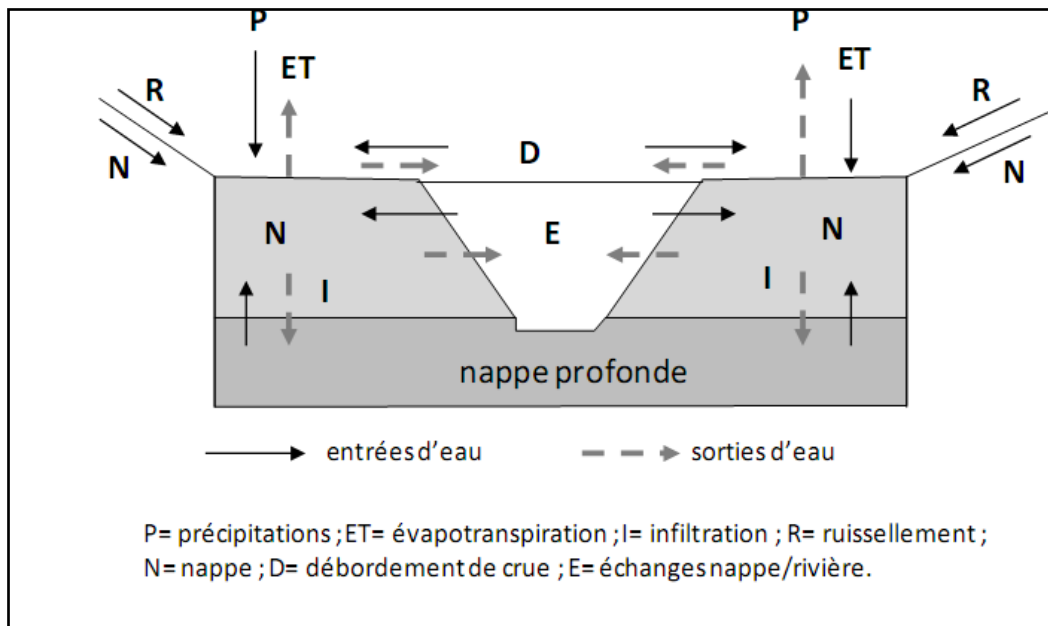


Figure 20: principaux flux hydrologiques observés au sein d'une zone humide de bas fond (Rapinel S., 2012)

4.2.2. Fonctions biogéochimiques :

L'eau, en provenance de la zone contributive et qui transite via la zone humide subite, selon les cas, des transformations physico-chimiques. Elle peut être épurée, dénitrifiée, débarrassée d'une partie des pesticides, s'acidifier.... Par exemple, l'élimination de l'azote s'effectue selon deux processus : une absorption par la végétation et une dénitrification microbienne au niveau du sol (Ecosphère, 2008). Ces processus dépendent des conditions géomorphologiques, du régime des eaux, et du type d'occupation des sols. Les fonctions de dénitrification sont principalement efficaces dans les zones de contact entre la zone source ou contributive et la zone humide ainsi que dans les secteurs de transit lent au sein de la zone humide, là où il y a des apports de nitrates et des conditions anaérobies et al, Les activités maximales d'absorption et de dénitrification peuvent être séparées dans le temps : l'absorption par la végétation est maximale au printemps, alors que la dénitrification bactérienne prend le relais au cours des autres saisons(Rapinel S. 2012).

4.2.3. Fonctions écologiques :

Les zones humides sont des milieux qui accueillent une très grande diversité d'espèces animales et végétales ainsi qu'une grande diversité d'habitats. Les caractéristiques des habitats des milieux humides sont déterminées par l'hydrologie et l'hydrodynamique, la minéralité du substrat, la disponibilité en azote et en phosphore ainsi que l'usage de la végétation. Un grand nombre d'habitats de zones humides sont d'intérêt communautaire et constituent pour la faune des lieux de vie complets ou partiels mais indispensables, comme la reproduction ou le repos lors des migrations (Ecosphère, 2008). Les zones humides assurent d'autres fonctions essentielles comme la fonction de production, plus ou moins contrôlée par les acteurs du territoire. Ainsi, la fauche ou/et la pâture des prairies revêt une valeur économique en même temps qu'elle assure la préservation d'habitats remarquables. A l'inverse, le drainage effectué pour étendre les cultures telles que le maïs conduit à une banalisation du milieu en même temps qu'il introduit des risques dans la diffusion des pesticides et des engrais (Ecosphère, 2008).

5. Zones humides en Algérie

L'Algérie est riche en zones humides qui font partie des ressources les plus précieuses sur le plan de la diversité biologique et de la productivité naturelle, le recensement préliminaire effectué au milieu des années 1990 a dénombré 254 zones humides naturelles. Parmi elles, soixante peuvent être classées sur la Liste Ramsar des zones humides

d'importance internationale. Aujourd'hui, avec les nouvelles connaissances, le nombre de zones humides dépasse le millier si l'on inclut oueds, grottes, oasis, daya, et zones côtières, non comprises dans le premier inventaire.

La position géographique stratégique de l'Algérie, sa configuration physique et la diversité de son climat lui confère d'importantes zones humides : la partie Nord renferme de nombreux lacs d'eau douce, des marais, des ripisylves et des plaines d'inondation, la frange Nord-ouest et les hautes plaines steppiques se caractérisent par des plans d'eau salés tels que les chotts, les sebkhas et les dayas, le Sahara renferme les oasis et les dayas et, dans le réseau hydrographique fossile des massif montagneux du Tassili et du Hoggar, des sites exceptionnels alimentés par des sources permanentes appelées Guelts. L'Algérie compte actuellement 50 zones humides classées sur la liste de la convention de Ramsar, selon le nouveau chiffre établi par le ministère de l'Agriculture et du Développement rural.

L'ensemble de ces sites classés couvre une superficie de 2,99 millions d'hectares. En outre, 10 autres sites sont en cours de classement, ce qui permettra d'atteindre une superficie de 3,5 millions d'ha d'espaces classés. L'Algérie dispose au total de 1.451 zones humides dont 762 naturelles et 689 artificielles (Zaafour M., 2012) réparties comme suit :

Tableau 03 : Répartition des zones humides en Algérie (Zaafour M., 2012)

Lac	41	Tourbière	02
Sebkha	22	Salines	02
Marais	19	Guelta	23
Mare/ marécage	79	Daya	19
Chott	43	Garaa	37
Cours d'eau	236	Plaine d'inondation	09
Dune littorale	01	Oasis (artificielles)	314
Foret humides	16	Zone humides artificielles	375
Lagune	01	Divers	212

Partie II: Partie Expérimentale

Chapitre I: Matériels et Méthodes

Chapitre I: Matériels et méthodes

1. Présentation de zone d'étude

Le lac Ayata est localisé près de la route nationale n° 3 à environ 6km après Djamaa en direction vers la ville de Touggourt. Le site a une superficie d'environ 155ha avec une altitude moyenne de 31m. Il est délimité par les coordonnées géographiques suivantes : Longitude 33°29'17''N et 33°29'48''N ; Latitude 05°59'10''E et 05°59'37''E (figure 21).



Figure 21: Lac Ayata Sidi Amrane-Djamaa- (Djedidi et al., 2015)

Le site est situé près de la commune de Sidi Amrane (Daïra de Djamaa) à 150km à l'ouest de la wilaya (département) d'El Oued Souf (figure 22). (Chenchouni et Si Bachir 2010). Le climat est typiquement saharien où la période sèche s'étend sur toute l'année avec des températures moyennes annuelles supérieures à 25 °C. Les précipitations, principalement observées en hiver (~ 2–3 mois), sont caractérisées par une grande irrégularité interannuelle et intermensuelle. Le mois le plus froid est Janvier et le mois le plus chaud est Juillet où les températures dépassent souvent les 47 °C (figure 23). Le Sirocco, vent chaud et sec, souffle couramment dans la région et il crée souvent des vents de sable (Chenchouni H., 2012).

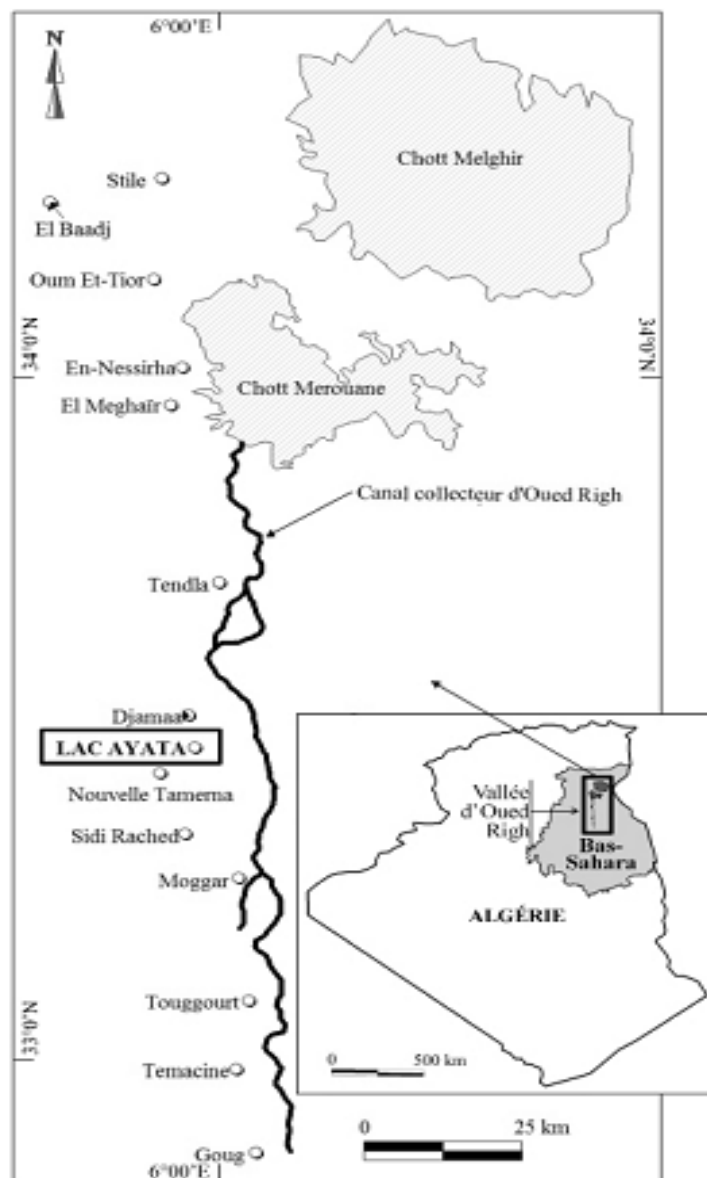


Figure22: Carte de localisation géographique du lac Ayata de la Vallée d'Oued Righ et du Bas-Sahara algérien.(Chenchouni H.,2012)

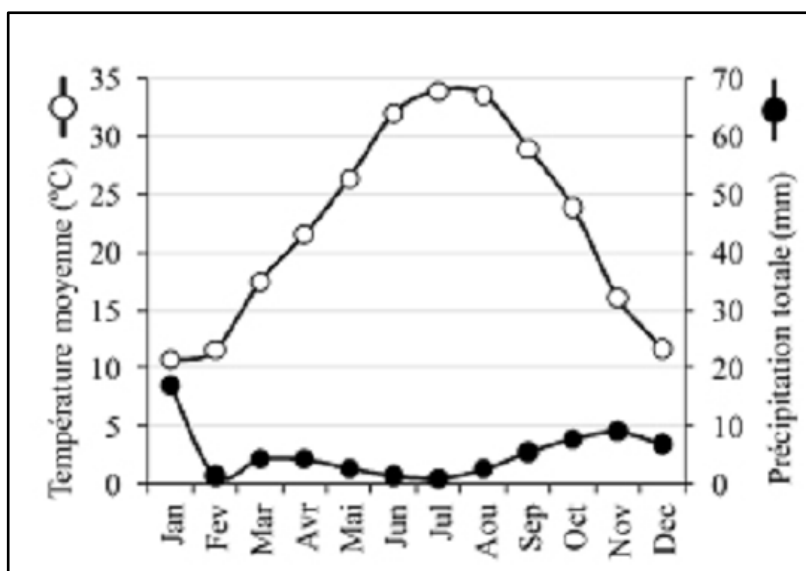


Figure 23: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson établis à partir d'une période de 10 ans (1999 - 2008) et appliqué pour le site d'étude (Chenchouni H., 2012).

Le plan d'eau du lac Ayata ($\sim 6 \pm 0,5$ ha de surface) a une profondeur maximale variant de 60 à 90cm; il est alimenté par les excédents hydriques d'irrigation venant d'un canal qui draine les palmeraies de Chemora et Tamerna vers le canal principal de l'Oued Righ. Ce dernier évacue les eaux de la Vallée d'Oued Righ et les rejette dans Chott Merouane qui communique avec Chott Malghir (Chenchouni et Si Bachir 2010). Le sol a une texture sableuse et il est riche en calcaire avec une salinité plus ou moins élevée mais avec un faible taux de matière organique. D'après Toumi (2010), à une température de 20°C, les eaux du lac sont caractérisées par une qualité d'eau saumâtre (Salinité = 1,95‰; Conductivité = 3577,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et un pH légèrement alcalin (pH = 8,1), avec un taux élevé en oxygène dissous (Oxygène dissous = 4,95mg/l) et une turbidité faible (Turbidité = 1,75 Nephelometric Turbidity Unit).

2. Matériels:

-Le filet à plancton: utilisé pour collecter les microalgues, Lors du prélèvement, l'eau rentre par la grande base du cône et est filtrée à travers les parois du filet, afin de pouvoir, par la suite l'observer au microscope.

-Bouteilles en plastique: (ou en verre, plus lourds et plus fragiles, mais nécessaires pour un éventuel dosage de toxines) de capacité 0.5 L et 1 L, avec bouchon hermétique.

-Une glacière pour le transport au frais et à l'obscurité. L'échantillon ainsi conservé est placé à température.

-Un fixateur : lugol;1-2 gouttes.100 ml - 1 d'échantillon (la coloration est plusou moins intense selon la densité des organismes) obtention couleur "thé clair"

-Un Conservateur : formol de volume 2 à 5% de volume final (ex. 25 ml de formol pour 475ml d'eau)

-Lame et lamelle

-Microscope optique : pour l'observation d'échantillons au grandissement 40×10 pour l'identification.

3. Méthodes

3.1. L'échantillonnage

La plus importante difficulté immédiate à l'échantillonnage des algues est sans aucun doute leur hétérogénéité ou homogénéité dans l'espace et dans le temps. Des proliférations semblent parfois "éclore" subitement, tandis que d'autres très visibles à un moment donné, disparaissent brutalement. Ceci est dû aussi bien aux migrations jour/nuit, qu'au cycle de vie des populations, à la prédation, aux conditions climatique.

Il y a des différentes méthodes d'échantillonnage, avec leurs avantages et inconvénients. Le choix du point de prélèvement (bordure, milieu du lac...), la profondeur d'échantillonnage et le volume prélevé sont à définir au cas par cas selon les besoins. Il faut savoir que la lumière est suffisante à la photosynthèse.

L'objectif de l'échantillonnage est de « collecter une quantité de matériaux provenant d'un compartiment environnemental (eau, sédiment ou organisme biologique) d'un volume suffisant pour que il soit aisément transporte et manipule en laboratoire, tout en représentant avec fidélité la partie de l'environnement échantillonne » (Karmer K., 2006)

L'échantillonnage peut répondre à différents besoins : vérification de l'eau pure, contrôle d'une baignade, suivi écologique ... Indépendamment de sa motivation, avant le départ sur le terrain, il est préférable d'avoir une idée du type d'analyse que l'on souhaite réaliser, qualitative (identification) ou quantitative (dénombrement) (Karmer K., 2006).

-Le premier prélèvement se fait durant le mois de mars 2015 nous avons noté que:

- Le niveau de l'eau était assez élevé.
- La présence de la flore algale en bordure du lac.
- Dans cette sortie nous prélevons deux échantillon le premier est de bordure et l'autre du centre.

-Le deuxième prélèvement se fait durant le mois avril 2015 nous avons noté que:

- Le niveau d'eau est très bas à cause de l'élévation de la température. Il ne reste que quelques nappes d'eau dispersée,
- Les zones sèches sont marquées par des restes de calcaire.
- L'absence des flores algales.
- Dans cette sortie nous prélevons quatre échantillons:une de bordure, une du centre et deux des nappes d'eau.

3.2. Identification phénotypique des microalgues d'intérêt nutritionnel

Pour l'analyse de l'échantillon des microalgues :

- On prépare l'échantillon pour l'observation microscopique, entre la lame et lamelle posée en faire un goutte de l'échantillon avec un ou deux goutts du lugol, et on mettre la lamelle.
- L'observation d'échantillons au microscope optique au grossissement 40×10 pour l'identification phénotypique des microalgues d'intérêt nutritionnel (*Chlorella*, *Chlamydomonas*, *Dunaliella*, *Scenedesmus*)
- l'identification des espèces présentes, à l'aide du guide d'identification de Bourrelly P.: «Les Algues d'eau douce, Tome I: Les Algues Vertes ».Alors l'analyse qualitative et la dénombre des espèces est indispensable de ce quatre genre (*Chlorella*, *Chlamydomonas*, *Dunaliella*, *Scenedesmus*).

Chapitre II: Résultats et Discussion

Chapitre II: Résultats et Discussion

1. Résultats

L'identification phénotypique et l'examen microscopique résulte que les échantillons d'eau du lac Ayata présentent des microalgues d'intérêt nutritionnel de genre *Chlamydomonas*, ainsi que d'autres genres de la famille Chlorellaceae du genre *Hematococcus* et *Parietochloris*, mais l'absence de *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Dunaliella*.

On observe une grande diversité des microalgues vertes et brunes d'intérêt non nutritionnel, les plus remarquables sont les diatomées, nous identifions 17 genres de diatomées (*Cymbella*, *Nitzschia*, *skeletonema*, *Melosiria*, *Archnanthidim*, *Eunotia*, *Rhizosolenia*, *Gomphonema*, *Rhoicospheria*, *Surirelta*, *Meridion*, *Bacillaria*, *Frustulia*, *Faliacia*, *Cymlelia*, *Entomoneis*, *Oscillar*) qui sont composés de plusieurs souches.

2. Discussion :

2.1. Les Microalgues d'intérêt nutritionnel :

2.1.1. *Chlamydomonas brunii*:



Figure 24: L'observation microscopique de *Chlamydomonas brunii* au grossissement (40×10)

- **Description:**

Chlamydomonas brunii est du genre *Chlamydomonas* illustré en Shen et Zhang (1990) *Biomonitoring Techniques Using Freshwater Microbiota*, China Architecture and Building Press. *Chlamydomonas brunii* n'est aucun synonyme actuellement inclus dans AlgaeBase (Guiry, M.D. et Guiry, G.M. 2015). La Cellules en grande partie radialement symétriques, légèrement incurvé dorso-ventral aplati, entouré par une gaine gélatineuse, elle a 2 flagelles égaux, chloroplaste simple variable dans la forme; noyau central, reproduction sexuelle habituellement (Raffaello G., 2011).

- **Classification:** Selon Bourrelly P.(1990)

Domaine: Eucaryotes

Embranchement : Chlorophyta.

Classe : Chlorophyceae

Ordre: Chlamydomonadales

Famille : Chlamydomonadaceae

Genre : *Chlamydomonas*

Espèce : *Chlamydomonas brunii*

- **Intérêt du *Chlamydomonas brunii* :**

Le *Chlamydomonas brunii* est une espèce potentielles pour la production du combustible organique car il peut produit l'huile au lieu de l'amidon. Apparemment la biomasse de culture est augmentée, Le stockage de l'énergie chimique dans Chlorophyceae est principalement amidon. Mutants verts incapables de produire les hunt d'amidon leur photosynthèse vers des triglycérides, démontrant une concurrence entre les deux produits de stockage

2.1.2. *Parietochloris incisa* :

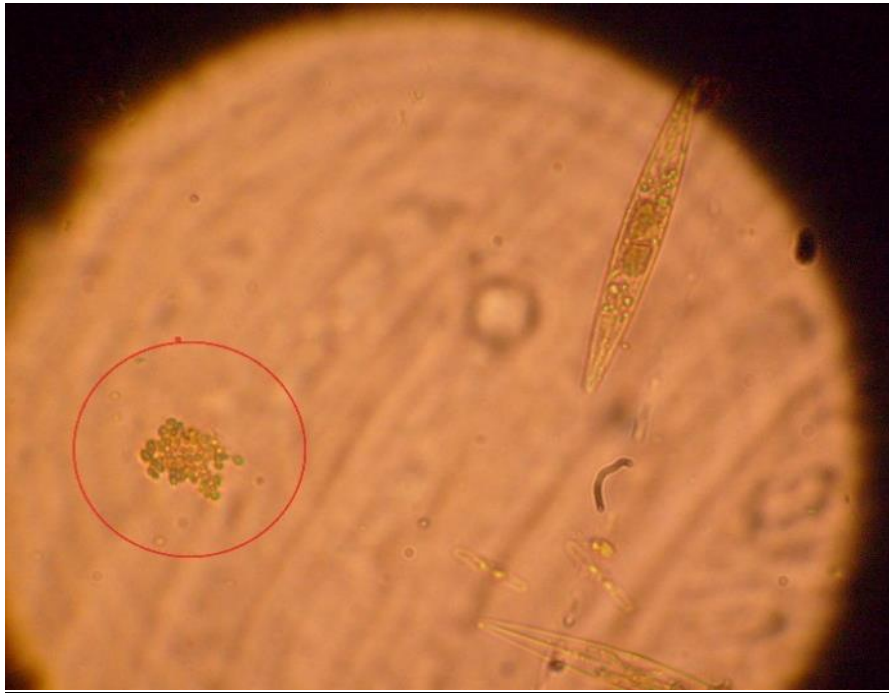


Figure 25: L'Observation microscopique de *Parietochloris incisa* au grossissement (40×10)

- **Description :**

C'est une algue verte unicellulaire, oléagineux, présente dans eau douce, été isolé dans les pentes de la montagne de neige. Leur environnement est caractérisé par large température ambiante, rayonnement ultra-violet et lumière aux niveaux cela pouvez soyez extrêmement haut, tels environnement étaient trouvé à soyez naturel habitat pour les microorganismes phototrophes cela accumulez haut polyinsaturé gras acides (PUFA) concentrations contenu de longtemps chaine de précédente acide (Raffaello G., 2011)

- **Classification :** Selon Bourrelly P.(1990)

Domaine: Eucaryotes

Embranchement : Chlorophyta.

Classe : Trebouxiophyceae

Ordre: Chlorellales.

Famille : Chlorellaceae.

Genre : *Paietochloris*.

Espèce: *Paietochloris incisa*.

2.1.3. *Haematococcus pluvialis* :



Figure 26: L'observation microscopique de *Haematococcus pluvialis* au grossissement (40×10)

- **Description :**

Est une grande algue verte unicellulaire (10-100µm) avec un grand choix de chloroplastes, jeune cellule soyeuse motile et autre vieillissement cellule (palmelloids) perdent leur mobilité. Sous l'effort ; les algues accumulent l'asthaxanthine et le caroténoïde dans le cytoplasme sous forme de globules et entre la phase de repos leur paroi cellulaire s'épaissit et change sa composition chimique au cours de la maturation (Boussiba S. et al., 1999).

- **Classification:** Selon Bourrelly P.(1990)

Domaine: Eucaryotes

Embranchement : Chlorophyta.

Classe : Chlorophyceae.

Ordre: Volvocales.

Famille: Haematococcaceae.

Genre: Haematococcus.

Espèce: Haematococcus pluvialis.

- **Intérêt de *Haematococcus pluvialis* :**

Haematococcus pluvialis constituent principaux de biomasse aquatique, pendant régulier croissance d'état les algues sont riches en protéine, avec moins que 10% lipide contient des acides gras, son composition avec quantités importantes de bermuda (C16, C18) poly insaturé des acides gras principalement dans le chloroplaste, chlorophylles a et b photosynthétique. *Haematococcus pluvialis* s'accumule au commencement jusqu'à 50% amidon, puis initiés synthèse de triacylglycérol (Raffaello G., 2011)

2.2. Les algues d'un intérêt non nutritionnel

2.2.1. Diatomées

Les diatomées sont membres de l'embranchement des algues brunes (Chromophytes). Ces microalgues unicellulaires, dont la taille varie de quelques μm à plus de 500 μm pour les plus grandes, constituent la majeure partie du phytoplancton lacustre et marin. Elles peuvent se présenter en cellules isolées ou regroupées en colonies. Elles se caractérisent par une paroi rigide faite de silice hydratée insérée dans une matrice organique, le frustule. Cette paroi finement ornementée (pores, excroissances, épines, etc.) est divisée en deux valves emboîtées de taille différente. Chez de nombreuses espèces, les deux valves présentent également des ornements différents. Les diatomées étant rarement mobiles, la structure des communautés est principalement conditionnée par le "stock" d'espèces déjà en place. Elle dépend également de facteurs externes (disponibilité en nutriments, pression de prédation, parasitisme, pollution) et d'interactions entre espèces (compétition, excrétion de composés organiques autotoxiques, hétérotoxiques ou stimulants) (Morin S., 2006).

2.2.2. Classification de quelques espèces de Diatomées :

2.2.2.1. *Amphiprora hyalina*



Figure 27 : L'observation microscopique d'*Amphiprora hyalina* au grossissement (40× 10)

Domaine: Eucaryotes

Règne: Plantes

Embranchement: Bacillariophyta

Classe: Bacillariophyceae

Order: Naviculales

Famille: Amphipleuraceae

Genre: Amphiprora

Espèce: *Amphiprora hyalina* (Guiry et Guiry. 2015)

2.2.2.2. *Cylindrotheca sp.*



Figure28 : L'observation microscopique de *Cylindrotheca sp* au grossissement (40× 10)

Domaine: Eucaryotes

Règne: Plantes

Embranchement: Bacillariophyta

Classe: Bacillariophyceae

Order: Naviculales

Famille: Naviculaceae

Genre: Navicula

Espèce: *Cylindrotheca sp.* (Guiry et Guiry. 2015)

2.2.2.3. *Navicula gregaria*



Figure 29: L'observation microscopique de *Navicula gregaria* au grossissement (40× 10)

Domaine: Eucaryotes

Règne: Plantes

Embranchement: Bacillariophyta

Classe: Bacillariophyceae

Ordre: Naviculales

Famille: Naviculaceae

Genre: Navicula

Espèce: *Navicula gregaria*. (Guiry et Guiry. 2015)

2.2.2.4. *Mastogloia smithii* :



Figure 30: L'observation microscopique de *Mastogloia smithii* au grossissement (40× 10)

Domaine: Eucaryotes

Règne: Plantes

Embranchement: Bacillariophyta

Classe: Bacillariophyceae

Order: Bacillariales

Famille: Mastogloiaceae

Genre: *Mastogloia*

Espèce: *Mastogloia smithii* (Guiry et Guiry. 2015)

2.2.3. L'intérêt des diatomées :

L'étude récente utilise les diatomées comme une Bio-indication pour l'évaluation de la qualité des eaux (c'est-à-dire la qualité des cours d'eau et des milieux aquatiques est estimée en routine par la mesure de paramètres physico-chimiques ainsi biologique). Les diatomées d'eau douce sont des indicateurs de qualité des eaux; des eaux de bonne qualité et des eaux médiocres ne présenteront pas les mêmes associations des espèces (Morin S., 2006).

Ainsi, L'accumulation des diatomées produit une roche légère, poreuse et faible « la diatomite », cette roche est exploitée industriellement comme abrasif léger (dans les dentifrices) par exemple comme l'adjuvant de filtration, absorbant, isolant, stabilisant de la nitroglycérine dans la dynamite ou encore comme insecticide (Whitton B.A., 1991).

CONCLUSION GENERAL

L'exploitation des microalgues comme une ressource alimentaire a un grand intérêt, la description des caractéristiques des microalgues et leur classification a permis de prendre la mesure de sa capacité et sa potentialité; donc, de plus en plus, comme une solution durable aux problématiques alimentaires actuelles, Ainsi la disponibilité d'une espèce précise de microalgues est la base de la marche des produits à valeur ajoutée, peuvent grandement influencer la productivité.

L'étude de l'identification phénotypique de microalgues vertes d'intérêt nutritionnel dans Lac Ayata a donné les résultats suivants: il y a 3 espèces de microalgues vertes qui sont la *Chlamydomonas brunii* et qu'elles ont couramment productives des molécules nutritives tels que les lipides et les huiles. Mais l'absence des genres: *Dunaliella*, *Scenedesmus* et *Chlorella*. Lors de ce travail nous avons constaté également de deux autres espèces appartenant à la famille Chlorophyceae qu'ont un intérêt nutritionnel comme l'établissement des protéines, des lipides et les acides gras. Donc, le lac Ayata est riche en différents types de microalgues vertes remarquables, et disponible à la possibilité d'exploiter dans la future.

Les domaines d'application des microalgues est multiples, il faudrait donc développer les domaines de la recherche et les domaines d'application sur les microalgues verts du Lac Ayata et en Algérie.

En conclusion, cette étude a contribué aux travaux de recherche actuels visant à améliorer, le développement de biotechnologies de la valorisation des microalgues.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Aoubid S. et Gaubert H., 2010. Evaluation économique des services rendus par les zones humides. Commissariat général au développement durable.

Barnaud G. Fustec E. 2007. Conserver les zones humides. Educagri editions.

Barsanti L. et Gualtieri P., 2006. Algae: Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology. Taylor et Francis. 301p

Becera Celis G., 2009. Proposition de stratégies de commande pour la culture de microalgues dans un photobioréacteur continu. Mémoire doctorat: Génie des Procédés. Paris: Ecole Centrale, 242p.

Becherra Celis G., 2012. Proposition de stratégies de commande pour la culture de microalgues dans un photobioréacteur continu. Thèse Doctorat, Ecole centrale des arts et manufactures. Paris, 242p

Becker E.W. 2007. "Micro-algae as a source of protein". *Biotechnology Advances* 25(2): 207–10.

Bellinger E. et Sigee D., 2010. Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators, John Wiley & Sons, Ltd/ UK, 271p.

Bougendoura N. et Amirouche N. Hadj-Arab H., 2009. Botanique: Licence de nature et de la vie. 1^{ère} édition; Houma Alger. 87p

Bourrey P. 1990. Les Algues d'eau douce, Tome I: Les Algues Vertes, Société nouvelle des éditions Boubée, Paris 6^{ème} édition; 570p

Boussiba S., Bing W., Yuan J.P., Zarka A., Chen F., 1999. Changes in pigments profile in the green alga *Haematococcus pluvialis* exposed to environmental stresses. *Biotechnology Letters* 21: 601 - 604.

Cadoret P., Bernard O., 2008. La production de biocarburant lipidique avec des microalgues : promesses et défis. *la Société de Biologie. France. Vol. 204 (3):* 19 -25

Cantin I., 2010. La production de biodiesel à partir des microalgues ayant un métabolisme hétérotrophe. Thèse Doctorat. Univ de Sherbrooke, Québec. 87p

Chenchouni H., 2012.Diversité floristique d'un lac du bas-Sahara Algérien. Ed. Édition Univ Tebessa, Algérie. 12p

Chenchouni, H. et Si bachir, 2010. Zones humides et biodiversités - Classification et typologie des zones humides du Bas-Sahara algérien et caractérisation de la biocénose du Lac Ayata (Vallée d'Oued Righ). Ed. Editions Universitaires Européennes, Allemagne, 152 p.

Cherng, JY. Liu Shen., C. Lin, Shih F., 2010. "Beneficial effects of Chlorella-11 peptide on blocking LPS-induced macrophage activation and alleviating thermal injury-induced inflammation in rats". *International journal of immunopathology and pharmacology* 23 (3): 811–20.

Cowardin C., Golet et Laroe., 1979. Classification of Wetlands and Deepwater Habitats of the United States. Second Edition, Department of the Interior, United States, Fish and Wildlife Service, p 131.

Dabbadie L., 1992.Culture intensives de microalgues sur lisier de porc: performances, Contraintes, Utilisation des biomasses. Thèse Doctorat. Min de l'agriculture, Ecole national supérieure agronomique, Montpellier. 125p.

Dave P., 2010. Manuel 12: Gestion des zones côtières Manuels Ramsar, 4^{ème} édition, CH-1196 Gland, Switzerland, vol. 12, 54p

Durand J.R. 1980. Flore et faune aquatiques de l'Afrique. Éditeurs scientifiques; hydrobiologistes O.R.S.T.O.M; 388 p.

Dutcher, S.K. et Gibbons, W., 1988. Isolation and characterization of dominant tunicamycin resistance mutations in *Chlamydomonas reinhardtii* (Chlorophyceae). *Journal of Phycology* 24: 230-236

Ecosphère, 2008, délimitation de l'espace de zone humide par fonction et par type de zone humide, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 182p.

Edward B., Mike A. et Duncan K., 1997. Évaluation économique des zones humides Guide à l'usage des décideurs et planificateurs, Bureau de la Convention de Ramsar Gland, Suisse, p155

Filali R. ,2012. Estimation et commande robustes de culture de microalgues pour la valorisation biologique de CO₂. Thèse doctorat. Paris: STITS. 226p.

Friedl T., Kelly O., C.J., 2002. Phylogenetic relationships of green algae assigned to the genus *Planophila* (Chlorophyta): evidence from 18S rDNA sequence data and ultrastructure. *European Journal of Phycology* 37: 373-384.

Garvey, J.E., Owen, H.A. et Winner, R.W.,1991.Toxicity of copper to the green alga, *Chlamydomonas reinhardtii* (Chlorophyceae), as affected by humic substances of terrestrial and freshwater origin. *AquatToxicol* 19(2): 89-96.

Grama Borhane S., 2014. Production de molécules à haute valeur ajoutée par des microalgues isolées dans le Sahara Algérien : optimisation des conditions de culture et des paramètres d'induction. Thèse doctorat; Univ Constantine.

Guiry M.D.,2002 AlgaBase.com (Consulté le 20/04/2015)

Guiry, M.D. et Guiry, G.M. 2015. AlgaBase.com (Consulté le 28/04/2015)

Huntley M.E., Nonomura M., Delanoë J., 1989. Algal culture systems. I: (ed) , Biotreatment of agricultural waste water .CRC Press, Boca Raton, Florida: 111- 130.

Jean-Marc M. , 2009. Les zones humides : Un enjeu national. Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer. 15p

Julie P., 2010. Algues, filières du futur. Ed. A.R. Paris, 182 p

Kramer K., 2006. Stratégies d'échantillonnage pour les analyses d'eau .Ed T.I.P 3 852.

Lise M., 2012. La gestion des zones humides dans les dossiers loi sur l'eau. Mem Master; Univ de Limoges, Limoges .P7

Mandotra S.K., K. Pankaj, M.R. Suseela et P.W. Ramteke 2014. Fresh water green microalga *Scenedesmus abundans*: A potential feedstock for high quality biodiesel production. *Bioresource Technology* 156: 42-47.

Meyen F. 1829. Beobachtungen übereinigene niedere Algenformen. *Nova Acta Physico-Medica Academia Caesarica Leopoldino-Carolina Naturae* 14: 768-778, pl. XLIII.

Morin S., 2006. Bioindication des effets des pollutions métalliques

Oren A., 2005. Review: A hundred years of *Dunaliella* research: 1905–2005. *Saline Systems*, doi: 10.1186/1746-1448-1-2

Pasquet V., 2011. Recherche bioguidée de molécules anticancéreuses issues de microalgues marines, Thèse Doctorat, Univ de la Rochelle, 202p

Person J., 2010. Algues, filières du futur. Adebitech, Romainville ; 163 p.

Raffaello G., 2011. Taxonomy, Biology and Biotechnology. AquaFUELS

Rapinel S., 2012. Contribution de la télédétection à l'évaluation des fonctions des zones humides : de l'observation à la modélisation prospective. Univ Rennes. 237p

Raven et Evert et Eichhorn, 2007. Biologie Végétale. 2^{ème} édition. De boeck, Bruxelles. 547p

Robert E., 2008. Phycology. Univ Press, New York/Fourth edition, 547p

Rogres K., 2011. Fungi, Algae and protists, Britannica Educational .New York, 209p

Sirois L., 2013. Changement physiologiques chez les microalgues verts menant à la biosynthèse de caroténoïdes. Mém Master. Univ du Québec, Monpitré. 102p

Sur les communautés de diatomées benthiques Approches in situ et expérimentales. Thèse Doctorat, Univ Bordeaux 1 ; 303p

Thronsen J. 1996. The planktonic marine flagellates. In: *Identifying marine phytoplankton*. (Tomas, C.R. Eds), pp. 591-730. San Diego: Academic Press.

Toumi I. 2010. Contribution à l'étude bioécologique du peuplement ichthyologique de la région du Souf. Mémoire Magistère, Univ. Biskra, Algérie, 114p.

Tran T., 2011. Influence des caractéristiques intrinsèques d'un mortier sur son encrassement biologique, Thèse Doctorat. L'École Nationale Supérieure des Mines, Saint-Étienne. 286p

Weher J. Sheath R., 2003. Fresh water algae of north America

Welter C., Schwenk J., Kanani B., Blargan J. et Belovich J., 2013. Minimal Medium for Optimal Growth and Lipid Production of the Microalgae *Scenedesmus dimorphus*. Environmental Progress & Sustainable Energy ; 32(4). DOI: 10.1002/ep.11835

Whitton B.A., Rott, E. et Fried G., 1991. Use of algae for monitoring rivers, 5-8.

Zaafour M., 2012. Impact des décharges sauvages sur les Zones Humides de la région d'El-Tarf. UBMA, Annaba. 153p

Résumé

Notre étude est attachée par l'inventaire des quelques espèces de microalgues vertes d'intérêt nutritionnel dans Lac Ayata. On a suivi une stratégie d'échantillonnage précisé selon les besoins et un volume suffisant prélevé des échantillons dans deux saisons différents, et après on a fait l'examen microscopique et l'identification phénotypique. On a trouvé une espèce appartenant au genre *Chlamydomonas* c'est *Chlamydomonas brunii* qui sont couramment utilisées pour construire les lipides et les huiles, Ainsi que l'existence de deux espèces fréquentes de la famille de *Chlorellaceae* sont *Parietochloris incisa* et *Haematococcus pluvialis* qui ont un intérêt nutritionnel comme l'établissement des protéines, des acides gras et des lipides. Mais l'absence de genres *Dunaliella*, *Scenedesmus*, *Chlorella*. Donc, Lac Ayata est précieux à la présence de ces différentes espèces de microalgues vertes d'intérêt nutritionnel remarquable dont on peut l'exploiter à la future.

Mots Clés : Microalgues, Lac Ayata , inventaire , microalgues d'intérêt nutritionnel , identification phénotypique.

ملخص

تهدف دراستنا إلى جرد الطحالب المجهرية الخضراء ذات الأهمية الغذائية، بحيرة عياطة هي منطقة رطبة في ولاية الوادي تتوفر فيها هذه الطحالب و تبعاً لاستراتيجية معينة ، تم أخذ عينات في فصلين مختلفين و أخضعناها إلى الفحص المجهرى للتعرف على مختلف أشكال و أنواع الطحالب المجهرية. بعد الفحص وجدنا نوعين من الطحالب المجهرية الخضراء تنتمي إلى العائلة *Chlorellaceae* ذات أهمية غذائية تتمثل في تكوين البروتين و الأحماض الدهنية ، و وجود نوع آخر من جنس *Chlamydomonas* التي تستخدم في تكوين الليبيدات و الزيوت ، مع غياب أجناس *Dunaliella*, *Scenedesmus*, *Chlorella*. إذن بحيرة عياطة تتمتع بوجود أنواع من الطحالب المجهرية الخضراء ذات أهمية غذائية مختلفة يمكن استغلالها مستقبلاً.

الكلمات المفتاحية: الطحالب المجهرية، بحيرة عياطة، جرد، طحالب مجهرية ذات أهمية اقتصادية، التعرف النوعي.

