

Popular Democratic Republic of Algeria

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministry of high Education and
Scientific research

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Abbes Laghrou university -Khenchela

جامعة عباس لغرور خنشلة



Faculté des sciences de la nature et de la vie
كلية علوم الطبيعة و الحياة
Département : de biologie cellulaire et moléculaire
قسم البيولوجيا الحيوية و الخلوية



PROJET DE FIN D'ÉTUDES

Master 2

Spécialité : biochimie appliquée

**Valorisation et utilisation des extraits d'algues produites localement pour
la fabrication des produits pour cheveux**

Présentée par :

MALIK Noor Sana

&

HAMZAOUI Kaouthar

Soutenu publiquement le 23/06/2024

Membres de jury

Président : **Dr. BERKANI Cherifa**

Associate Professor A University of khenchela

Encadrant : **Dr. YAHIA Massinissa**

Associate Professor A University of khenchela

Co Encadrant : **Dr. BERTELLA Anis**

Associate Professor B University of khenchela

Examineur. **Dr. Mezhoud Amel**

Associate Professor B University of khenchela

Année universitaire
2023_2024



Dédicaces

Je dédie ce mémoire à mes chers parents qui ont été toujours à mes côtés. A ma très chère mère, qui n'a jamais cessé de prier pour moi. A mon très cher père, pour ses encouragements, son soutien, surtout pour son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études. A mes frères Anouar et Aymen. A toutes mes cousines. Et tout ce qui compulse ce travail.

Ce travail est dédié également à l'âme de ma Grand-mère décédée qui n'a pas pu voir mon travail et qui m'a toujours poussée et motivée dans mes études. Je garderai toujours dans mon cœur l'amour qu'elle m'a donné et je me souviendrai toujours des souvenirs que nous avons créés ensemble que dieu l'accueille dans son vaste paradis.





δ[διχαχε

"À ma mère, qui a été mon roc dans les moments les plus difficiles. Merci pour ton soutien et ta présence inébranlable. Ce mémoire est le reflet de ta force et de ton amour."

"À mon père, qui a fait tant de sacrifices pour que je puisse réaliser mes rêves. Merci pour ta force, ton soutien et ton amour. Ce mémoire est dédié à toi, avec toute ma gratitude."

"À mes parents, votre dévouement et votre générosité resteront à jamais gravés dans mon cœur à jamais. Merci pour tout ce que vous avez fait et continuez de faire pour moi."

"À mes frères Phaouki, Djamel et Badis "

" À mes sœurs Oumaima et Saousen "

"À l'esprit de mon petit frère, mon ange parti Oussama "

"Merci pour votre soutien émotionnel et vos encouragements constants. Vos mots réconfortants et votre croyance en moi ont été essentiels à l'accomplissement de ce travail. Ce mémoire vous est dédié avec tout mon amour."

"À mes chers amis, merci pour votre soutien inébranlable et vos encouragements constants. Votre amitié, vos rires, et vos conseils m'ont été précieux tout au long de ce parcours. Votre présence a fait toute la différence"



Remerciements

Avant tout, Nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la volonté, la patience et le courage pour mener à terme notre formation de Master et pouvoir réaliser ce travail de recherche.

Nous Remercions les Membres de Jury : Dr Berkani Cherifa qui nous a fait l'honneur de présider le jury. Dr Mezhoud amel d'avoir accepté d'examiner et juger ce travail

Nous tenons à exprimer nos profonds Remerciements à nos professeurs Mr Yahia Massinissa et Mr Habibatni Sofiane qui nous ont guidé, de leurs précieux conseils et suggestions, et la confiance qu'ils nous ont donné tout au long de ce travail. C'était un honneur pour nous de travailler avec des enseignants aussi émérites.

Un très grand Merci à Mme Chorfi Rafika l'ingénieur de laboratoire de l'université d'avoir été disponible pour nous durant notre séjour au laboratoire.

On adresse également des remerciements à tous les enseignants de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Abbes Laghrour Khenchela sans oublier nos collègues pour leurs aides apportés

Enfin, nous Remercions toute personne ayant contribué de prêt Ou de loin à la réalisation de ce mémoire

Abstract

Algae are aquatic plants that have been consumed for centuries in many cultures. They are rich in nutrients and contain substances that are beneficial for health. For this reason, two species of fresh water green algae were chosen, including «*spirogyra sp*» and «*chara globularis*»

This study evaluates some biological activities of the two species in the preparation of a capillary parapharmaceutical (shampoo) including the evaluation of the biochemical composition of antioxidant activity, and the antibacterial, the SPF of the two species collected from the river of hammam salhin; these tests were carried out on: methanolic extracts, aqueous extracts and essential oil .

Phytochemical tests have demonstrated the richness of the extracts of the two species of the different components such as flavonoids, coumarins, tannins and terpenes without forgetting reducing compounds.

Both species showed high antioxidant activity against the DPPH radical, with an EC50 value of 0.2 mg/ml for *spirogyra* and 0.78mg/mL for *chara* due to their high content of phenolic compounds.

The evaluation of the antibacterial power is made against two bacteria gram+ and gram- revealed a bactericidal effect of the extract of *Spirogyra* , but no effect for *Chara*; concerning the anti-fungal effect no effect on the yeast *Candida albicans* was marked.

Also the two species has marked an important sun protection power.

algal species have shown high biological activities due to their high content of different beneficial compounds and this proves that they are a very rich pharmaceutical source and can be exploited for human health.

Keywords: green algae; phytoplankton; ulves; spirogyre; chara; anti-oxidant; anti-bacterial; spf

Résumé

Les algues sont des végétaux aquatiques qui ont été consommés depuis des siècles dans de nombreuses cultures. Elles sont riches en nutriments et contiennent des substances bénéfiques pour la santé. Pour cette raison on a choisi deux espèces des algues vertes des eaux douces dont la « *spirogyra sp* » et la « *chara globularis* »

La présente étude amène à évaluer quelques activités biologiques des deux espèces dans le cadre de préparation d'un produit parapharmaceutique capillaire (shampooing) y compris l'évaluation la composition biochimique des activité antioxydante, et l'antibactériennes, la SPF des deux espèces collectées de la rivière de hammam salhin; ces tests ont été réalisé sur: des extraits méthanoliques, des extraits aqueux et l'huile essentiel.

Les tests phytochimique ont met en évidence la richesse des extraits des deux espèces du différents composants comme les flavonoïdes, les coumarines, les tanins et les terpènes sans oublier les compose réducteurs.

Les deux espèces ont prouvé une activité anti oxydante élevé contre le radical DPPH, avec une valeur EC50 de 0,2 mg/ml pour *la spirogyra* et 0,78mg/mL pour *le chara* grâce à leurs fortes teneurs en composés phénoliques.

L'évaluation du pouvoir antibactérien est faite contre deux bactéries gram+ et gram- révélées un effet bactéricide de l'extrait de Spirogyra, mais pas d'effet pour la chara; ce qui concerne l'effet anti fongique aucun effet sur La levure *Candida albicans* a été marqué.

Un pouvoir de protection solaire important pour les deux espèces.

Les espèces algales ont révélé des activités biologiques élevé grâce à leur teneur importante en différent composés bénéfique et cela prouve qu'ils sont une source pharmaceutique très riche et qu'on peut les exploités pour la santé humaine.

Mots clés : algue verte ; phytoplancton ; ulves ; spirogyre ; chara ; anti oxydante ; anti bactérienne ; spf

ملخص

الطحالب هي نباتات مائية تم استهلاكها لعدة قرون في العديد من الثقافات. فهي غنية بالمواد المغذية وتحتوي على مواد مفيدة للصحة. ولهذا السبب اخترنا نوعين من طحالب المياه العذبة الخضراء وهما

"chara globularis" و "spirogyra sp"

تؤدي الدراسة الحالية إلى تقييم بعض الأنشطة البيولوجية للنوعين في سياق تحضير منتج شبه صيدلاني للشعر (الشامبو) بما في ذلك تقييم التركيب الكيميائي الحيوي للأنشطة المضادة للأوكسدة، والمضادة للبكتيريا، و SPF للنوعين التي تم جمعها من نهر حمام الصالحين. أجريت هذه الاختبارات على: المستخلصات الميثانولية والمستخلصات المائية .

وأظهرت الاختبارات الكيميائية ان المستخلصات غنية بمكونات مختلفة مثل الفلافونويد والكومارين.

كشفت أنواع الطحالب عن أنشطة بيولوجية عالية بفضل محتواها العالي من المركبات المفيدة والمختلفة، وهذا يثبت أنها مصدر دوائي غني جدًا ويمكن استغلالها لصحة الإنسان.

الكلمات المفتاحية: الطحالب الخضراء. العوالق النباتية. السبيروجيرا. كارا؛ مضاد للأوكسدة. مضاد للبكتيريا.

Contenu

RESUME	0
Liste des abréviations	9
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I	0
GÉNÉRALITE SUR LES ALGUES	0
I. LES ALGUES	4
1. Définition.....	4
2. La cytologie des algues.....	4
3. Diversité de l'appareil végétatif	7
3.1. Thalles unicellulaires	7
3.2. Thalles foliacés (en forme de feuille).....	7
3.3. Thalles filamenteux et cladomes ; foliarisation	7
3.4. Le thalle siphonal.....	8
4. Le cycle de vie des algues	8
4.1. La reproduction sexuée.....	8
4.2 . La reproduction asexuée	9
4.3 . Multiplication végétative.	9
5. Facteur de répartition des algues	10
6 Les compositions des algues.....	11
6.1. L'eau	11
6.2. Les sucres : les phycocolloïdes	11
6.3. Les minéraux.....	11
6.4. Les protéines	12
6.5. Les vitamines	12
6.6. Les lipides	12

6.7.	Les pigments.....	13
6.8.	Les caroténoïdes.....	13
6.9.	Les fibres.....	13
7.	Classification des algues.....	13
7.1.	Les chlorophycées (les algues vertes).....	13
7.2.	Les rhodophycées (algues rouges).....	14
7.3.	Les phéophycées (les algues brune).....	15
7.4.	Les cyanophycées (les algues bleues).....	15
7.5.	Les Euglénophycées.....	16
7.6.	Les Chrysophycées Ou Chromophytes.....	16
8.	Rôle des algues dans l'environnement.....	18
8.1.	Photosynthétique.....	18
8.2.	Chaine alimentaire.....	19
8.3.	Indicateur de la qualité biologique des eaux.....	19
8.4.	Les algues toxiques.....	19
9.	Exploitation des algues dans le monde.....	19
10.	Exploitation des algues en Algérie.....	20
11.	Les algues d'eau douce.....	20
12.	Identification des algues des eaux douces en Algérie.....	21
13.	Les utilisations des algues.....	22
13.1.	Traitement des eaux usées.....	23
13.2.	Utilisation en cosmétologie.....	23
II.	LES ALGUES VERTES (LES CHLOROPHYTA).....	25
•	Reproduction des chlorophycophytes.....	28
•	Classification des Chlorophycophytes :.....	28
1.	PRASINOPHYCEES.....	29
2.	CHLOROPHYCÉES.....	29
3.	ZYGOPHYCÉES (ou Conjugées).....	31
4.	LES CHAROPHYCEES.....	33
	CHAPITRE II.....	0

MATERIELS ET METHODES	0
1. La collecte des algues	37
2. Le séchage des algues	37
3. L'extraction des algues	38
3.1. Extraction méthanolique	38
3.2. Extraction aqueuse	38
4. Détermination du rendement	39
5. Préparation de l'huile essential de chara globularis :	39
6. Calcul du rendement	40
7. Tests de caractérisation Phytochimiques.....	40
8. Activité antioxydante	40
7.1 Principe.....	40
7.2 Mode d'opérateur	41
9. L'activité antimicrobienne.....	41
9.1. PRINCIPE	41
9.3. Mode opératoire	42
10. Facteur de protection solaire (SPF).....	43
10.1 Principe.....	43
10.2 Mode opératoire	43
CHAPITRE III	0
RESULTATS ET DISCUSSION	0
1. Le rendement en extrait methanolique brut	45
2. Le rendement d'extraction d'huile de chara	45
3. Les tests phytochimiques	46
4. Test DPPH	49

5.	Test antimicrobien	54
6.	Résultats du SPF.....	57
6.1	Détermination du FPS à l'aide de l'équation de Mansur	59
	Conclusion.....	0

Liste des tableaux

Tableau 1: pourcentage de la matiere minerale dans les differents types d'algues	12
Tableau 2 : caracteristiques importantes des groupes d'algues	17
Tableau 3 : les diverses utilisations des algues.....	24
Tableau 4 : resultats des tests phytochimique.....	46
Tableau 5 : les absorbances des extraits algues chara de differentes concentration a un longueur d'onde de 517nm contre un blanc (methanol)	50
Tableau 6 : les absorbances des extraits algues spirogyra de differentes concentration a un longueur d'onde de 517nm contre un blanc (methanol).	50
Tableau 7: pourcentage d'inhibition de chaque dilution (spirogyra)	51
Tableau 8 : pourcentage d'inhibition de chaque dilution (chara).....	53
Tableau 9: les represente les resultats de l'espece « spirogyra sp ».....	54
Tableau 10: les represente les resultats de l'espece « chara vulgaris »	54
Tableau 11: resultats d'absorbance de chara.....	56
Tableau 12 : resultats d'absorbance d'algue spyrpgyra.....	57

Liste des figures

FIGURE 1: SCHEMA D'UNE CELLULE DE CHLAMYDOMONAS	5
FIGURE 2: SCHÉMA D'UNE MACRO ALGUE	8
FIGURE 3: CYCLE DE VIE DE L'ALGUE ULVA LACTUCA : LE GAMETOPHYTE ET LE SPOROPHYTE ONT LA MEME MORPHOLOGIE	9
FIGURE 4: CARTE DE CONCENTRATION EN CHLOROPHYLLE A DES OCEANS (CETTE MESURE EST UTILISEE COMME INDICATEUR DE LA QUANTITE DE PHYTOPLANCTON.	11
FIGURE 5 : LES ALGUES VERTES	14
FIGURE 6: LES ALGUES ROUGES	14
FIGURE 7: LES ALGUES BRUNES	15
FIGURE 8: LES ALGUES BLEUES	15
FIGURE 9: LES EUGLENOPHYTES.....	16
FIGURE 10: LES CHRYSOPHYTES	16
FIGURE 11: LES DIFFERENTES ESPECES DES ALGUES VERTES	27
FIGURE 12: POSITION SYSTEMATIQUE DES DIFFERENTS GROUPES D'ALGUES VERTES.	29
FIGURE 13: ALGUES VERTES (SPIROGYRA)	32
FIGURE 14: CLADOPHORA VADORUM 1,0 A 5,0 CM	35
FIGURE 15: CLADOPHORA LINNAEI 8,0 A 30,0 CM	35
FIGURE 16: CHLORELLA VULGARIS VAR. VULGARIS	35
FIGURE 17: NITELLA FLEXILIS 30,0 A 50,0 CM	35
FIGURE 18: NITELLA HYALINA 15,0 A 20,0 CM	35
FIGURE 19: NITELLA GRACILIS 10,0 A 15,0 CM	35
FIGURE 20: CHLORELLA PROTOTHECOIDES	35
FIGURE 21: CHARA ZEYLANICA 3,5 A 5,0 CM	35
FIGURE 22: SCHEMA DE PRETRAITEMENT DES ALGUES.	37
FIGURE 23: EXTRACTION METHANOLIQUE PAR MACERATION.....	38
FIGURE 24: ACTIVITE ANTIBACTERIENNE PAR LA METHODE DE DIFFUSION SUR LA GELOSE	42
FIGURE 26: EXTRAIT METHANOLIQUE DE "CHARA VULGARIS ".....	45
FIGURE 27 EXTRAIT METHANOLIQUE DE "SPIROGYRE SP"	46
FIGURE 27: RESULTATS DES TERPENOIDE (EM).....	48
FIGURE 28: RESULTATS DES FLAVONOIDES (EM).....	48
FIGURE 29: RESULTATS DES COUMARINS (EM).....	48
FIGURE 30: RESULTATS DES TANINS (EA).....	48
FIGURE 31: LE CHANGEMENT DE COULEUR DES DILUTIONS DE DIFFERENTES CONCENTRATION D'ALGUE CHARA	49
FIGURE 32: LE CHANGEMENT DE COULEUR DES DILUTIONS DE DIFFERENTES CONCENTRATION D'ALGUE SPIROGYRA	49
FIGURE 33: DPPH ASSAY SPIROGYRA ALGAE (COURBE D'ETHALONNAGE).....	51

FIGURE 34: DPPH ASSAY CHARA ALGAE (COURBE D'ETHALONNAGE).....	53
FIGURE 35: MISE EN EVIDENCE DE L'EFFET ANTIBACTERIEN DE « CHARA GLOBULARIS » CONTRE ESCHERICHIA COLI.	55
FIGURE 36: MISE EN EVIDENCE DE L'EFFET ANTIBACTERIEN DE LA « SPIROGYRA SP » CONTRE ESCHERICHIA COLI.....	55
FIGURE 38: MISE EN EVIDENCE DE L'EFFET ANTIBACTERIEN « SPIROGYRA SP » CONTRE STAPHYLOCOCCUS.....	56
FIGURE 37: MISE EN EVIDENCE DE L'EFFET ANTIBACTERIEN DE « CHARA GLOBULARIS» CONTRE STAPHYLOCOCCUS.....	56

Liste des abréviations

Sp : spirogyre.

Ch: chara.

HE : huile essentielle

Dpph: 2,2-diphényl-1-picryl-hydrazyle.

E. coli : Eschirichia coli.

S.aureus : Staphylococcus aureus.

C.albicans : Candida albicans.

G⁺ : gram positif.

G⁻ : gram négatif.

DMSO : Diméthylsulfoxyde

SPF : facteur de protection solaire.

mg : milligramme.

ml : millilitre.

g : gramme.

l : litre.

nm : nanomètre.

I : inhibition.

IC : concentration inhibition.

Abs : absorbance.

UV : ultraviolet.

CF : facteur de correction.

EE (λ) : est l'effet érythémogène du rayonnement de longueur d'onde (λ) nm.

(λ) : longueur d'onde .

EA : extrait aqueux.

EM : extrait methanolique.

ATCC : American Type Culture Collection.

(HCl) : d'acide chlorhydrique.

(NH₄OH) : ammoniacque.

(FeCl₃) : chlorure de fer.

% : Pourcentage.

INTRODUCTION
GENERAL

Introduction générale

De nos jours les produits biologiques souvent abrégés en "bio" devient de plus en plus importants dans la vie de la plupart des consommateurs ; Les produits biologiques jouent un rôle crucial dans la préservation de la santé des écosystèmes, des organismes et de la planète dans son ensemble.

Depuis l'Antiquité, les algues sont utilisées comme source de métabolites secondaires hautement bioactifs qui pourraient agir comme composants médicinaux clés. Par ailleurs, la recherche sur l'activité biologique de certains composés d'algues a considérablement progressé (**Haresh S. Kalasariya, 2021**).

Les algues ont de nombreux usages : elles sont consommées comme fourrage et ont été utilisées dans les médicaments, les cosmétiques, l'énergie, les engrais, la gélose industrielle et la biosynthèse des alginates. Les effets bénéfiques des algues sont principalement dus à la présence de minéraux, de vitamines, de phénols, de polysaccharides et de stérols, ainsi que de plusieurs autres composés bioactifs (**Hossam S. El-Beltagi, 2022**).

Les algues sont devenues une ressource précieuse dans l'industrie cosmétique, offrant de nombreux avantages pour les soins de la peau et des cheveux.

Les produits cosmétiques à base d'algues sont de plus en plus demandés par les consommateurs, qui les considèrent comme une alternative prometteuse aux cosmétiques de synthèse. Normalement, il contient des composés biologiquement actifs purifiés ou des extraits contenant plusieurs composés. Plusieurs ingrédients d'algues utiles dans les produits cosmétiques sont connus pour être des alternatives efficaces présentant des avantages significatifs. De nombreuses espèces d'algues ont démontré des activités bénéfiques pour la peau et les cheveux, telles que des propriétés antioxydantes, anti-mélanogénèse, anti-âge, photoprotection, antirides, hydratantes, anti-inflammatoires, anticancéreuses, ainsi que certaines activités antimicrobiennes, telles que antibactériennes, antifongiques et les activités antivirales (**Lei Cao, 2020**).

Notre idée de valorisation des algues en produits capillaire venant en remarquant que la plupart des gens souffrent des problèmes de cheveux en citant : la chute, l'eczéma, les pellicules, le cuir chevelu gras...etc. ainsi que la plupart des produits aujourd'hui commercialisés, souvent, ne sont pas efficace pour traiter ses problèmes et coute très cher

Surtout ceux à base d'algues dont la plupart sont importés. C'est pour ces raisons on a décidé d'offrir une solution efficace qui convient à tout le monde.

Les algues été notre choix pour leurs différents vertus, elles: Hydrate et revitalise les cheveux, réduisant la sécheresse et les frisottis, élimine l'accumulation et les résidus de produit, ainsi que l'excès de sébum ,Prévenir la chute des cheveux et favoriser leur croissance, Apaiser le cuir chevelu et réduire la desquamation, ce qui en fait un excellent ingrédient pour les shampooings antipelliculaires, aussi améliore la couleur et la brillance des cheveux ,Comme peuvent être utilisées dans les formulations cosmétiques comme agents hydratants et épaississants.**(cosmétique naturel et bio.fr)**

Le programme d'action pour la réalisation de ce travail doit répondre aux préoccupations

Suivantes :

- C'est quoi une algue ?
- Quelles sont leurs propriétés ?
- Comment peut-on la transformer en produits capillaires ?

Afin de répondre à ces préoccupations, notre démarche a été fondée sur deux principaux axes : un axe théorique et un autre pratique.

L'axe théorique est une revue de la littérature sur la problématique du thème traité présente des généralités sur les algues, leurs classifications et leurs différentes utilisation ...etc.

Tandis que l'axe pratique englobe la partie expérimentale représentée par le 2eme chapitre.

Enfin la conclusion rassemble les principaux résultats de ce travail.

CHAPITRE I
GÉNÉRALITE SUR
LES ALGUES

I. LES ALGUES

a. Définition

Les algues ou phycophytes (du grec. Phukos = algue ; phuton = plante) sont des thallophytes chlorophylliens autotrophes photosynthétiques d'organisation simple, de différentes tailles, que l'on trouve dans les milieux aquatiques d'eau douce ou marine, ou dans des milieux très humides. Bien qu'ils soient particulièrement abondants dans les océans, les lacs, les étangs, et les sources chaudes, on les trouve également sur les roches humides et sur terre. **(AGENCE DE VALORISATION DES ALGUES, s.d.)**

Les algues sont des plantes aquatiques sans vraies feuilles, tiges ou racines, ou des plantes foliaires qui font partie du phytoplancton. Ils vivent dans les eaux douces, salées et saumâtres. **(Gayral,1975).**

Les algues constituent un groupe hétérogène d'organismes aquatiques essentiellement eucaryotes dotés de la capacité de photosynthèse. Il peut convertir l'énergie lumineuse et les nutriments en composés organiques. Pour pousser, ils ont besoin de lumière et de nutriments, principalement de l'azote (nitrate et ammoniac) et du phosphore.

Morphologiquement, les algues peuvent être divisées en deux groupes : les macroalgues (algues multicellulaires sans véritables racines, tiges ou feuilles) et les microalgues (algues unicellulaires et microscopiques).

Les macroalgues (algues) qui font l'objet de cette revue sont généralement classées en trois grands groupes : les algues vertes (phylum Chlorophyta), les algues rouges (phylum Rhodophyta) et les algues brunes (phylum Chlorophyta).

L'appareil végétatif des algues est un thalle. C'est un appareil végétatif de structure simple, c'est-à-dire présentant un niveau peu développé de différenciation cellulaire et, en principe, dépourvu d'organes spécialisés

b. La cytologie des algues

L'étude de la structure cellulaire des algues a fait de grands progrès au cours des deux dernières décennies, grâce à l'utilisation de la microscopie électronique. La connaissance de ces structures a permis, entre autres, de reconnaître des relations entre différents groupes d'algues et de résoudre certains problèmes de classification **(André,2001).**

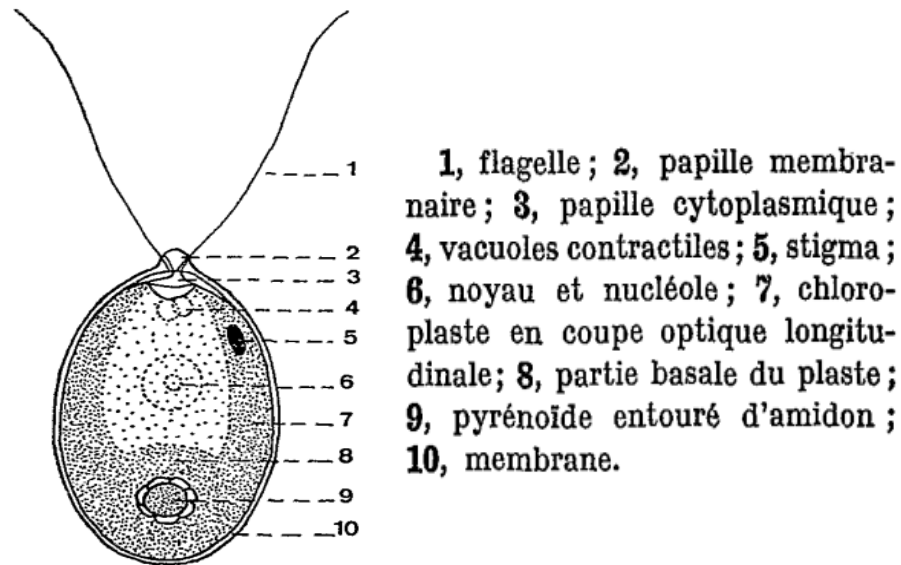


Figure 1: Schéma d'une cellule de *Chlamydomonas* (BOURRELLY, 1966)

2.1. La paroi cellulaire

De nature glucidique (composés de cellulose et de pectine) qui entourent la matière vivante des cellules.

Il peut ne pas être présent chez certains flagellés qui ne possèdent qu'une fine coquille formée par une membrane cytoplasmique externe. La paroi glucidique est généralement formée de plusieurs couches, La couche externe est parfois mucilagineuse (R lewin,2019)

2.2. Le noyau

Occupe habituellement le centre de la cellule et contient le nucléole. Chez les spirogyres et les diatomées scaphoïdes, elles peuvent être en suspension au centre de la cellule en raison de la tension cytoplasmique. Dans les genres de cellules à noyaux multiples (principalement les algues rouges), le noyau est généralement situé dans le cytoplasme entre la vacuole et le plaste. En général, sa structure n'est pas différente de celle du noyau cellulaire de plantes supérieures, mais elle est plus petite. (P saulot,1986)

2.3. Les plastes

Ils portent la chlorophylle et des pigments accessoires. Ils sont porteurs de la chlorophylle et des pigments accessoires. Ils sont de formes très variées mais caractéristiques et constantes pour chaque espèce : disques, plaques pariétales, rubans spiralés ou non, fourreaux, forme réticulée, étoilée, branchue, etc.

Le plaste focal est en forme d'étoile et situé axialement, avec une partie centrale d'où partent les rayons plastidiaux, dont les extrémités reposent sur la paroi cellulaire (c'est le type considéré comme le plus primitif) et le plaste pariétal est composé Différentes formes plaquées contre la paroi cellulaire. Ils sont composés de thylakoïdes, qui sont des

Chapitre I : généralité sur les algues

empilements de fines doubles membranes, et sont regroupées en nombre différent selon le groupe d'algues (un chez les algues rouges et deux chez les cryptophycées, trois chez les Euglenophyceae et Dinophyceae, et beaucoup chez les Chlorophyceae) pour former des lamelles (Itilis,2001).

2.4. Les flagelles

les zoospores et zoogamètes (Zoïdes) formés lors de la reproduction de certaines algues, ainsi que les cellules végétatives d'un certain nombre de espèces, sont équipées de flagelles. Ceux-ci sont reliés aux mastigosomes ou blépharophores, qui relient les mastigosomes entre eux et avec les centrosomes au noyau cellulaire par de fins filaments, La structure du flagelle est uniforme et consiste en une partie de tige ayant deux microtubules et une partie périphérique ayant neuf paires de microtubules .

Les flagelles peuvent être lisses ou comporter deux rangées de fibrilles très fines appelées mastigonèmes, qui ont l'apparence d'une plume et sont appelées pleuronématés. Il peut y avoir une seule rangée de mastigonèmes (disposition stichonématée).

Leur morphologie et leur disposition sont très variées selon chaque groupe d'algue.

Les Chlorophytes flagellés possèdent deux, quatre ou huit flagelles égaux et lisses, les Chromophytes ont en général deux flagelles inégaux, l'un pleuronématé, l'autre nu. Chez les Dinophycées, le flagelle longitudinal est pleuronématé tandis que l'horizontal est stichonématé. Chez les Euglénophytes existent deux flagelles pleuronématés de longueur très inégale, l'un des deux reste très souvent très court et se soude par son extrémité à l'autre.(andré,1980)

2.5. L'appareil de Golgi

On le retrouve dans un certain nombre d'algues sous forme de dictyosomes. Le dictyosome est un petit corps ovale composé de deux parties, une partie est chromophile et l'autre partie est chromophobe. Généralement, ils sont regroupés autour du noyau. (G Breton,1986)

2.6. Chondriome

Il se présente sous forme de mitochondries granuleuses ou de chondriocotes filamenteuses. Il est présent dans toutes les cellules d'algues, à l'exception des cyanobactéries.

2.7. Vacuoles

Le cytoplasme contient généralement des vacuoles de disposition et de volume variables. Par exemple, de nombreuses formes flagellaires unicellulaires ont des vacuoles mais le

Chapitre I : généralité sur les algues

volume est réduit. Le liquide vacuolaire est riche en diverses substances, dont sels de potassium et pigments dissous. Certaines substances, telles que l'oxalate de calcium et les cristalloïdes protéiques. De nombreux flagellés unicellulaires possèdent des vacuoles pulsatiles qui ont des fonctions excrétrices et régulent la pression osmotique. Comme chez les protozoaires, des vacuoles digestives sont présentes. (I Kabbaj,1994)

2.8. Inclusions lipidiques

Gouttelettes d'huile se trouvent couramment dans le cytoplasme de nombreuses algues, en particulier le groupe non producteur d'amidon. Chez les chlorophycées, les inclusions lipidiques surviennent particulièrement fréquemment sous des formes résistantes (kystes) ou dans des conditions environnementales défavorables à la croissance et à la reproduction. Les pigments caroténoïdes dissous colorent souvent ces inclusions en jaune-orange ou en rouge.

3. Diversité de l'appareil végétatif

3.1. Thalles unicellulaires

Les algues unicellulaires comprennent :

- Flagellés, donc nageurs : algues monocaryotes (euglena, chlamydomonas, Polydinoflagellés, de nombreuses Chrysophycées, etc.) ; ils sont souvent appelés flagellés végétaux ; (Thallophytes.pdf, 2019)
- Soit ils n'ont pas de flagelles, soit ils ne peuvent pas se déplacer seuls : les algues chlorelle (algues vertes), et toutes les diatomées, etc.

La division cellulaire se fait soit par dichotomie (euglène, etc.) soit par endosporelation (Chlamydomonas, Chlorelle, etc.). Microfossiles semblables aux algues eucaryotes.

Les organismes unicellulaires actuels ont -1 milliard d'années. (Fortier, 2007)

3.2. Thalles foliacés (en forme de feuille)

Les cellules forment une couche, qui peut être une couche unique (une seule couche de cellules : ex : Porphyra gametophyte) ou plusieurs couches (plusieurs couches de cellules : ex : Ulva). Il n'y a pas de différenciation ni de spécialisation cellulaire à l'exception de la présence de sporanges ou de gamétothèques. (Fortier, 2007) (Thallophytes.pdf, 2019)

3.3. Thalles filamenteux et cladomes ; foliarisation

Ce sont des thalles multicellulaires dont les cellules sont disposées en rangées. La forme la plus simple est une simple rangée de filaments non ramifiés, comme *Spirogyra*. Les variantes consistent en l'apparition de branches, qui ont elles-mêmes une structure à une seule colonne. Ici aussi, toutes les cellules ont la même fonction. (Thallophytes.pdf, 2019)

Chapitre I : généralité sur les algues

Les branches sont des thalles généralement dressés et présentant des ramifications plus régulières. Ils ont un axe principal. L'axe peut être constitué d'une seule rangée (dendrites uniaxiales) ou de plusieurs rangées de cellules parallèles et étroitement adjacentes (dendrites polyaxiales). Le rachis présente des bouquets de branches filiformes régulièrement espacés. Si plusieurs filaments parallèles et leurs ramifications restent étroitement accolés dans un même plan, le thalle peut s'organiser en une "feuille" plus ou moins découpée. Cette foliarisation est fréquente chez les algues rouges (Fortier, 2007)

3.4. Le thalle siphonal

Une alternative évolutive a mené au développement de cellules tubuliformes de dimensions considérables. Ces cellules adoptent une configuration polynucléée à la suite de multiples divisions nucléaires sans la formation d'une paroi cellulaire. Cette organisation cénocytique (du grec "céno" signifiant en commun et "cyto" pour cellule) ou siphonale est courante chez les algues vertes, en particulier chez *Cladophora* et *Caulerpa*. (Fortier, 2007)

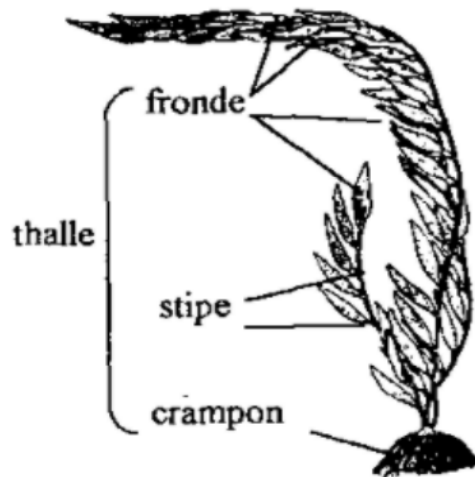


Figure 2:schéma d'une macro algue. (Lana daude,2021)

4. Le cycle de vie des algues

Le cycle de vie des algues se déroule généralement en deux étapes, chacune caractérisée par sa propre morphologie. Ces deux formes présentent des différences morphologiques plus ou moins importantes.

Le cycle de vie des algues est donc caractérisé par une alternance entre une phase sexuée (gamétophyte) et une phase asexuée (sporophyte). (Pillard, 2016)

4.1. La reproduction sexuée

La forme sporophytique produit des spores à maturité. Ceux-ci sont libérés et se propagent dans l'environnement. Ils s'attachent ensuite au substrat avant de germer et de

Chapitre I : généralité sur les algues

créer de nouveaux organismes. C'est ce qu'on appelle le gamétophyte et produit des cellules reproductrices.

Les organes mâles et femelles peuvent être présents sur le même thalle ou chez des individus différents. Lorsque les gamètes mâles et femelles se combinent, un ovule se forme (Pillard, 2016).

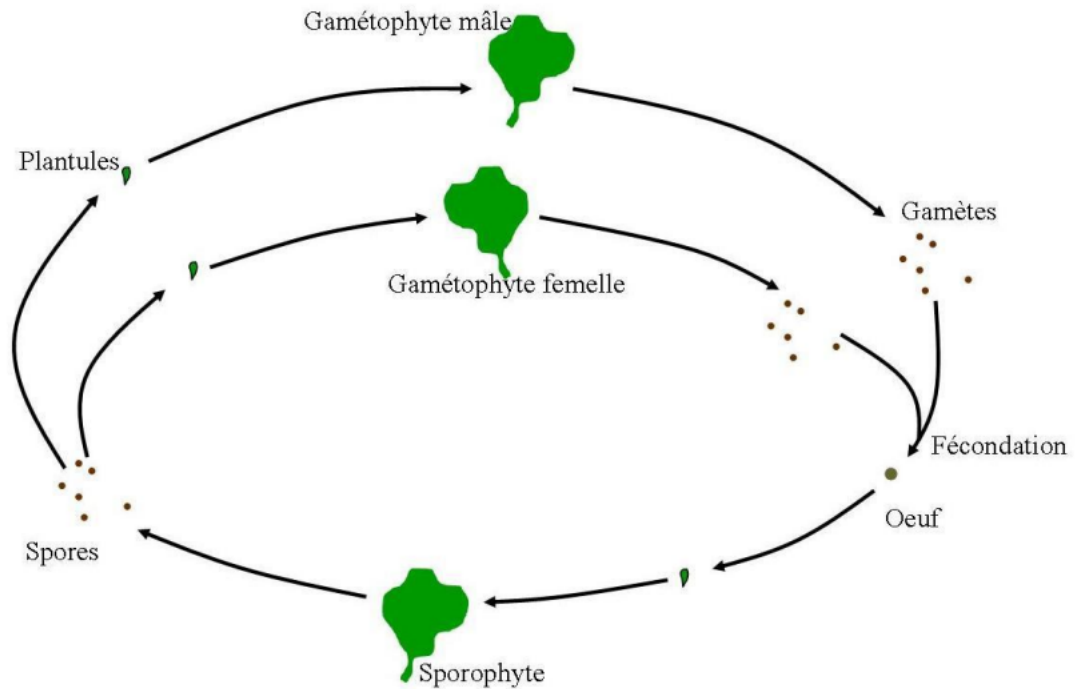


Figure 3: Cycle de vie de l'algue *Ulva lactuca* : le gamétophyte et le sporophyte ont la même morphologie. (Ouvrage des algues).

4.2. La reproduction asexuée

Le cycle de vie des algues est donc caractérisé par une alternance entre une phase sexuée (gamétophyte) et une phase asexuée (sporophyte).

Cependant, des variations de ce cycle existent selon le type d'algues. La reproduction asexuée se produit également par fragmentation ou bourgeonnement du thalle. C'est-à-dire qu'une partie du thalle se détache, s'attache et se développe pour obtenir un nouvel individu.

4.3. Multiplication végétative.

La reproduction végétative des algues se déroule selon le processus normal résultant de la division de la cellule mère en deux et du mouvement nucléaire.

Dans les formes unicellulaires, la division peut se produire dans une ou plusieurs directions.

Chapitre I : généralité sur les algues

Dans les formes filamenteuses, cela se fait toujours par segmentation centrale latérale, sauf chez les OEdogoniaceae, où une nouvelle couche pariétale s'insère entre les sommets opposés des cellules mère et fille.

5. Facteur de répartition des algues

Parce que les algues sont liées à l'eau, elles peuvent coloniser tout habitat suffisamment humide et bien éclairé.

Ils dépendent de la présence de lumière pour vivre dans l'eau douce, les océans, les sols humides et même sur terre. (Schaechter, 2009).

Les facteurs qui déterminent la répartition géographique et bathymétrique des macroalgues sont:

↳ **Lumière**

Les algues dépendent de la lumière pour se développer. Cela varie en fonction de la profondeur et de la turbidité de l'eau. Les algues qui nécessitent beaucoup de lumière (algues photophiles) vivent à proximité de la surface de la terre. Celles qui nécessitent peu de lumière (siaphylles) se trouvent en profondeur, sous les surplombs et autres algues.

↳ **Température**

Les températures de l'air et de l'eau affectent la répartition des algues. Cependant, l'eau ayant une grande inertie thermique, plus les algues s'installent en profondeur, plus les fluctuations diurnes et saisonnières sont faibles.

↳ **Nature du fond**

Les algues tirent leurs nutriments de l'eau de mer et non du sol. Cette dernière chimie joue donc peu de rôle dans son exécution. D'un autre côté, la texture joue également un rôle important. Les algues poussent généralement sur des surfaces dures.

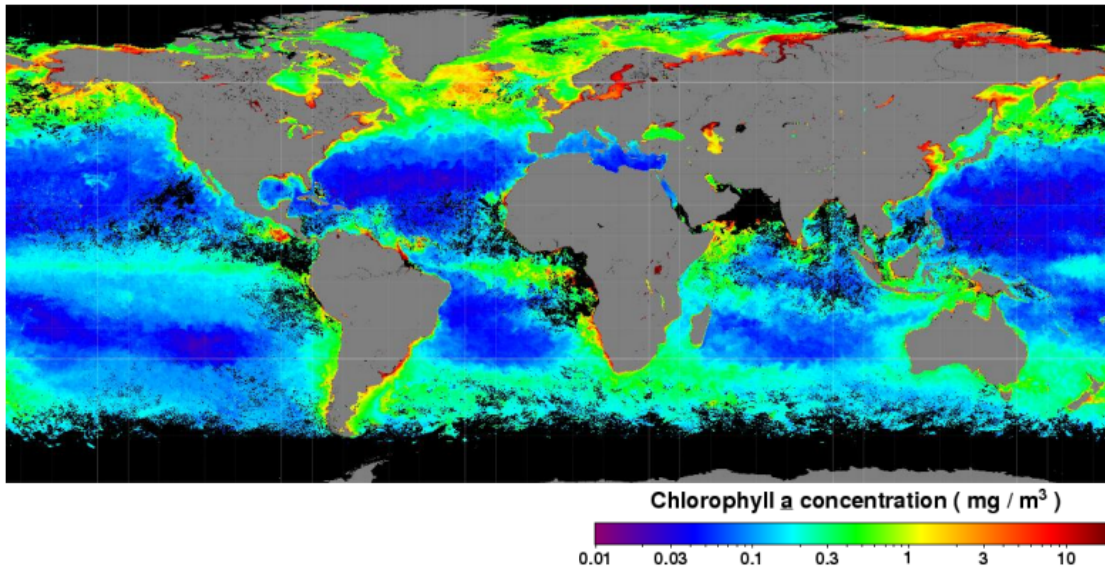


Figure 4: Carte de concentration en chlorophylle des océans (août 2013), Cette mesure est utilisée comme indicateur de la quantité de phytoplancton. (C feldman,2008)

6 Les compositions des algues

6.1. L'eau

Les algues sont composées à 90% d'eau, principalement contenue dans la vacuole cellulaire, ainsi que dans le cytoplasme et la paroi cellulaire (**LECLERC et FLOC'H, 2010**).

6.2. Les sucres : les phycocolloïdes

La paroi cellulaire des algues est constituée de nombreux polysaccharides de haut poids moléculaire, formant une barrière très efficace qui empêche la fuite de l'eau. Cette structure permet aux algues de résister aux variations des marées (**LECLERC et FLOC'H, 2010**).

Les polysaccharides les plus fréquemment extraits sont les agars, les carraghénanes et les alginates. Ces polysaccharides, selon les espèces, représentent entre 40 et 70% de la matière sèche (**Cardozo et al., 2006**).

6.3. Les minéraux

Les algues retiennent les minéraux de leur environnement extérieur dans leur paroi, sans altérer l'équilibre osmotique, car ces minéraux pénètrent dans la cellule de manière limitée. Ces minéraux peuvent constituer jusqu'à 40% de la matière sèche.

L'eau de mer est riche en minéraux, et les algues capturent des minéraux rares et facilement assimilables par l'organisme. Il est donc essentiel que les algues alimentaires se développent dans des environnements exempts de pollution.

Tableau 1: pourcentage de la matière minérale dans les différents types d'algues

Types d'algues	Pourcentage de matière minérale dans la masse sèche
Algues vertes	6 à 30 %
Algues rouges	12 à 36 %
Algues brunes	15 à 36 %

Les algues forment un véritable cocktail vitaminique comprenant des macroéléments tels que le sodium, le magnésium, le potassium, le calcium, le phosphore, le chlore, le soufre, ainsi qu'une vaste gamme de micro-éléments tels que l'iode, le zinc, le fer, l'aluminium, le manganèse, le nickel, le sélénium, le cuivre, le molybdène, le fluor, le bore, le cobalt, l'étain, l'argent, le plomb, le bismuth, une forme toxique d'arsenic, l'antimoine, le lithium, l'or, le baryum, le strontium et le titane. (LECLERC et FLOC'H, 2010).

6.4. Les protéines

Dans certaines algues vertes et rouges telles que *Palmaria palmata* et *Porphyra*, les protéines peuvent représenter jusqu'à 35% du poids de la matière sèche (LECLERC V et FLOC'H, 2010). Les algues brunes présentent une teneur en protéines moins élevée, généralement entre 5 et 15% de matière sèche. La spiruline, une microalgue d'eau douce, est particulièrement reconnue pour sa richesse en protéines.

6.5. Les vitamines

Les algues sont une source très riche en vitamines telles que la vitamine A, les vitamines du complexe B (B1, B2, B3, B6, B12), la vitamine C, la vitamine D, la vitamine E, la vitamine K, et la vitamine PP (niacine). Il est important de noter que la teneur en vitamines peut varier en fonction des saisons. La vitamine B12, en particulier, est un constituant intéressant des algues, et sa proportion n'est pas négligeable. (LECLERC et FLOC'H, 2010).

6.6. Les lipides

Les algues, à l'exception des chlorophycées, possèdent des complexes élongase-désaturases qui facilitent la synthèse d'acides gras polyinsaturés à longue chaîne. Les lipides dans les algues peuvent être classés en stérols, triacylglycérols, diacylglycérols, ou monoacylglycérols, ainsi que des phospholipides.

Chapitre I : généralité sur les algues

La quantité de lipides est extrêmement faible, généralement comprise entre 1 % et 5 % de la matière sèche. (Darey-Vrillon, 1993).

6.7. Les pigments

La diversité des couleurs des algues est attribuable aux pigments qu'elles contiennent ou, dans certains cas, à ceux qui leur font défaut. Ainsi, on peut observer des algues vertes, rouges, roses, jaunes, brunes, oranges, noires, grises, voire même blanches, violettes et bleues. Cependant, la plupart des algues possèdent des pigments qui contribuent à leur coloration distinctive. (LECLERC et FLOC'H, 2010).

6.8. Les caroténoïdes

Effectivement, toutes les macro algues renferment des caroténoïdes, qui sont des pigments liposolubles. Ces caroténoïdes sont non seulement responsables de la coloration des algues, mais ils jouent également un rôle en tant que puissants antioxydants. Les propriétés antioxydantes des caroténoïdes contribuent à protéger les cellules des dommages causés par les radicaux libres, soutenant ainsi la santé des algues. (Yan et al., 1999).

6.9. Les fibres

Les algues représentent une source significative de fibres, avec des taux allant de 33 à 61%, ce qui favorise le transit intestinal. (Lahaye, 1991).

7. Classification des algues

Selon leur pigmentation et leur réserves cellulaires les algues sont divisée en six groupes : les chlorophycées, les rhodophycées, les phéophycées, les cyanophycées, les chrysochycées, les euglénophycées, (Iltis et André, 1980)

7.1. Les chlorophycées (les algues vertes)

Sont des eucaryotes à noyau bien individualisé uni ou pluricellulaire de formes très variées, des eaux douces ou marines à pigmentation verte contenant de la chlorophylle a et b associée à de l' α et β carotène et des xanthophylles identiques à celles des plantes supérieures (Nakjim et al, 2009). La plupart des membres ont un ou plusieurs organismes de stockage, appelés pyrénoides, situés dans le chloroplaste. Les pyrénoides contiennent des protéines en plus de l'amidon.



Figure 5 :les algues vertes

(ar.pngtree.com)

7.2. Les rhodophycées (algues rouges)

Sont des eucaryotes unicellulaires ou pluricellulaires à pigments roses ou rouges constitués par des chlorophylles a et d, des α et β carotènes, des xanthophylles et des biliprotéines (Phycoérythrine et Phycocyanine). Les produits du métabolisme sont surtout constitués par des grains d'un amidon caractéristique, l'amidon floridéen, La plupart de ces algues rouges sont pluricellulaires et marines, mais il existe quelques formes unicellulaires qui vivent également en eau douce. **(Iltis et André,1980)**



Figure 6:les algues rouges

(aquaportail.com)

7.3. Les phéophycées (les algues brune)

Sont généralement des pluricellulaires, toujours filamenteuses ou thalloïdes, à pigments jaunes contenant des chlorophylles a et c, du β carotène et des xanthophylles (surtout de la fucoxanthine et de la diatoxanthine) (Guilherme *et al*, 2006), Elles ne produisent jamais d'amidon et les matières de réserve consistent en laminarine et en mannitol. La majorité de ces algues vivent en milieu marin. (Iltis et André,1980)

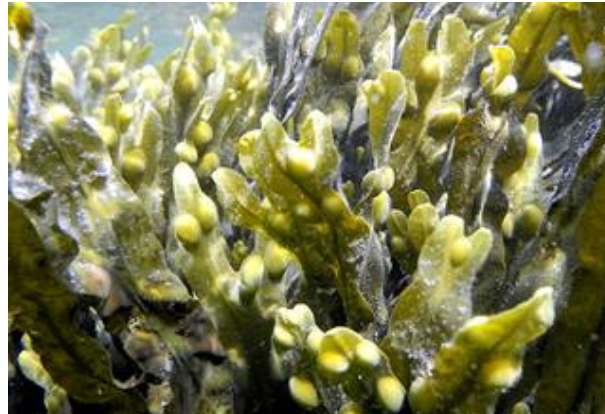


Figure 7: les algues brunes (aquoportail.com)

7.4. Les cyanophycées (les algues bleues)

Sont des Procaryotes, ou des cyanobactéries, les pigments présents dans la cellule sont nombreux bleu ou rouge. Elles sont rarement bleues mais plus souvent rouges, vertes avec des reflets bleutés, violes, brunes, jaunes ou orange, Le produit de stockage est fabriqué par de l'amidon de cyanophycine (avec des glucanes liés en alpha 1,4). C'est un groupe d'algues très abondant dans les eaux douces. (Aniane,2016).



Figure 8: les algues bleues

(Wikimedia Commons)

7.5. Les Euglénophycées

Ce sont des algues unicellulaires et flagellées, généralement mobiles, possédant des plastes verts contenant de la chlorophylle a et b, du β -carotène et des xanthophylles. Certaines espèces accumulent de l'hématochrome (astaxanthine), ce qui leur donne une teinte rouge masquant le vert des plastes. Leurs réserves sont constituées de grains de paramylon. (Iltis et André,1980)

Les Euglénophytes sont présentes dans les eaux douces plus particulièrement dans les milieux riches en substances organiques. (Encyclop. Sc. Techn., t.5, 1971, p.454).



Figure 9: Les Euglénophytes (alamyimages.fr)

7.6. Les Chrysophycées Ou Chromophytes

Algues de couleur jaune brun, sont caractérisées par des chromatophores bruns, jaunes ou vert-jaunâtres. Il existe de nombreuses formes flagellées possédant pour la plupart deux fouets inégaux. Elles ne possèdent jamais d'amidon. Qui vivent souvent parmi le plancton en eau salée ou en eau douce. (Iltis et André,1980)

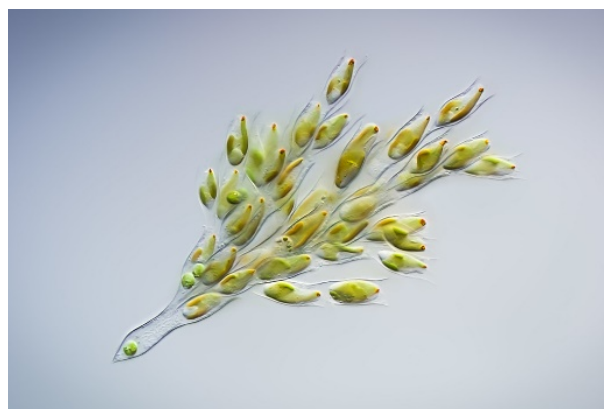


Figure 10: les chrysophytes
(alamyimages.fr)

Chapitre I : généralité sur les algues

Ce groupe se divise en plusieurs classes :

- Les Chrysophycées à plastes jaunes ou bruns renfermant des chlorophylles a et c, du carotène et diverses xanthophylles, sont des organismes unicellulaires ou coloniaux, rarement filamenteux. Elles forment souvent des logettes ou kystes siliceux plus ou moins sphériques, percés d'un pore fermé par un bouchon.
- Les Xanthophycées possèdent des plastes vert-jaune ou vert à peine jaunâtre où les chlorophylles a et c sont associées à plusieurs xanthophylles et du β carotène, les pigments bruns étant absents. Leur teinte est souvent très proche de celle des Chlorophytes. Plusieurs formes constituent des kystes siliceux, globuleux, formés de deux valves de taille égale ou inégale se séparant à la germination par une ligne équatoriale.
- Les Diatomées ou Diatomophycées (ou Bacillariophycées) sont des algues unicellulaires ou coloniales, quelque fois filamenteuses, à plastes bruns ou jaunes contenant de la chlorophylle a et c, du β carotène et plusieurs xanthophylles. Elles sont caractérisées par leurs parois cellulaires imprégnées de silice formant une logette bivalve appelée frustule. Celui-ci a l'aspect d'une boîte surmontée d'un couvercle, les deux valves sont ornementées de stries, pores, aiguillons, épines qui ont un grand rôle dans la systématique de ces organismes.
- Les Raphidophycées (ou Chloromonadophycées) sont toujours des formes unicellulaires, solitaires, nageant à l'aide de deux flagelles de taille inégale. Leurs pigments sont constitués par de la chlorophylle a, du β carotène et trois xanthophylles. Vivent en eau douce.

Tableau 2 : Caractéristiques importantes des groupes d'algues (cavalla, 2000)

Embranchement (Règne)	Nom commun	Nombre d'espèces	Pigments	Réserves	Paroi	Habitat
Chlorophytes (Protistes)	Algues vertes	7500	Chlorophylle (a,b) Xanthophylles Carotene	Sucres, amidon, fructane	Cellulose, mannanes, protéines, CaCO ₃	Eau douce, saumâtre, salée et terrestre
Phéophytes (plantes)	Algues brunes	1500	Chlorophyllr (a,c) Carotene	laminarine, mannitol, huiles	cellulose, alginate, fucoïdane	eau salée et saumâtre

Chapitre I : généralité sur les algues

rhodophytes (plantes)	Algues rouges	4000	Chlorophylle (a,b) Xanthophylles Carotene Zéaxanthine Phycocyanine C Phycoérythrine	amidon floridéen	cellulose, xylanes, galactanes, CaCO ₃	Eau douce, saumâtre et salée
cyanophytes	Algues bleues	15000	Chlorophylle (a) Allophycocyanines Phycocyanine Phycoérythrine Phycoérythrocyanine	amidon de cyanophyc ine		Eau douce
Euglénophytes (protistes)	Euglènes	1000	Chlorophylle (a,b) Carotene Xanthophylles Astaxanthine	paramylon, huiles, sucres	Absente	Eau douce, saumâtre, salée et terrestre
Chrysophytes (protistes)	algues brun jaune, vert jaune et diatomées	6000	Chlorophylle (a) Xanthophylles Carotene (fucoxanthine, lutéine, diadinoxanthine, etc)	Chrysolam inarine, huiles	Cellulose, silice, CaCO ₃	eau douce, saumâtre, salée et terrestre

8. Rôle des algues dans l'environnement

8.1. Photosynthétique

Dans les milieux aquatiques, les communautés phytoplanctoniques jouent un rôle important dans la biodiversité des écosystèmes et donc dans la qualité de l'eau (**Hamilton et Schladow, 1997**).

Le phytoplancton ne représente que 1 % de la biomasse des organismes photosynthétiques sur Terre, mais assure environ 45 % de la production primaire (fixation du carbone minéral (CO₂) sur le carbone organique) (**Harris, 1986**).

Grâce à la photosynthèse, les algues produisent les deux tiers de l'oxygène terrestre et fixent de grandes quantités de dioxyde de carbone.

Dans l'océan, les algues fournissent la plupart des principaux produits (production de leurs propres matières vivantes à partir d'éléments minéraux par les organismes vivants)

8.2. Chaîne alimentaire

Le phytoplancton est à la base de la chaîne alimentaire pélagique et est responsable d'une part importante de la production primaire dans les milieux aquatiques (Reynolds, 1998).

En conséquence, la production de poisson, de moules, d'huîtres, de crevettes et d'autres produits est affectée (Hansen *et al.*, 2001).

8.3. Indicateur de la qualité biologique des eaux

Les indicateurs biologiques (ou bioindicateurs) sont des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques qui permettent de mesurer de manière pratique et fiable l'état des organismes dans un écosystème. Un organisme ou un groupe d'organismes qui permet de le caractériser et de l'identifier. Le plus tôt possible. Leurs changements naturels ou induits (Blandin, 1986).

8.4. Les algues toxiques

Les algues peuvent accumuler des composés toxiques présents dans l'eau et elles peuvent elles-mêmes produire des métabolites secondaires toxiques.

La pollution par les métaux lourds est un problème pour tout ce qui vient de l'océan, y compris les algues. Ils absorbent le cadmium, le plomb, le cuivre, le nickel et le mercure rapidement et efficacement. Ce dernier, notamment, se présente sous forme de méthylmercure, qui peut provoquer de graves dommages aux reins ainsi qu'aux systèmes nerveux et endocrinien chez l'homme.

La teneur en métaux lourds des algues disponibles dans le commerce est généralement bien inférieure aux limites fixées par les autorités (Mouritsen, 2009).

Elles sont capables de produire différentes toxines, appelées cyanotoxines. Dans la majorité des cas, ce sont des hépatotoxines comme les microcystines, qui ciblent le foie. Elles peuvent causer des problèmes de santé ou même la mort des animaux et des humains qui y sont exposés. Les toxines sont stockées à l'intérieur des cellules, mais sont libérées dans les eaux lors de la lyse des cellules, quand les blooms se décomposent. (Santé Canada, 2002 ; Duy, 2000).

9. Exploitation des algues dans le monde

Il existe plusieurs secteurs économiques qui utilisent des algues ou des phycocolloïdes. Actuellement, ce sont des sources alimentaires et des produits de valeur croissante, notamment en Asie, où ils sont utilisés soit directement comme aliment, soit indirectement, notamment à travers l'industrie des phycocolloïdes (agar et alginates).

Chapitre I : généralité sur les algues

Ils sont utilisés en agriculture comme engrais et aliments pour animaux, dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique, dans l'industrie textile et dans bien d'autres domaines (Chopin, 1997).

10. Exploitation des algues en Algérie

En Algérie, les algues sont quasiment inconnues dans presque toutes les régions. Leur intérêt commence à se manifester dans le nombre d'ouvrages que nous avons identifiés, qui reflètent les diverses perspectives qu'ils offrent aux secteurs de la recherche et de l'industrie. Parmi ces ouvrages, on citera les ouvrages de (Boudoresque et Séridi, 1989), (Ould Ahmed, 1994), (Kadari Méziane, 1994), (Allouache et Mebtouche, 1998), (Chioukh et Moussaoui, 2005), et (Séridi 2007). A partir d'une compilation d'études anciennes et récentes, un inventaire de plus de 468 taxons a été réalisé sur toutes les côtes de l'Algérie (d'ouest en est). Selon (Séridi 2007), la faune algale des espèces reste mal connue, malgré une légère augmentation du nombre de algues répertoriées (497 espèces).

Nous commençons maintenant à découvrir les avantages et les défis que cette ressource naturelle pose pour le développement du pays. Investir dans le développement du pays commence par connaître l'inventaire des ressources en algues sur la côte algérienne. En les utilisant dans différents domaines, nous pouvons valoriser ces ressources naturelles très recherchées partout dans le monde. En 2009, la production mondiale de 4 444 espèces de macro algues a atteint plus de 15 millions de tonnes, avec un taux de croissance estimé à 5,7 % par an (M. Ramoun, 2018).

11. Les algues d'eau douce

Les Algues d'eau douce se distinguent par la simplicité relative de leur structure. Elles présentent cependant des formes très intéressantes à observer et très variées dans leurs dispositions morphologiques. Elles comprennent plus de 1 100 genres et environ 14 000 espèces réparties dans le monde entier.

La plupart des espèces existantes ayant une répartition géographique très large. Ainsi, la flore algale connue des régions afrotropicales comprend une grande proportion d'espèces (le plus souvent âgées de plus de 50 ans) trouvées dans d'autres régions du monde ; Lorsque les conditions spécifiques de leur croissance sont réunies, les algues d'eau douce sont essentiellement cosmopolites et réparties sous toutes les latitudes. De par leur vitesse d'évolution et l'environnement favorable à leur activité biologique, ils sont bien adaptés pour résister au changement climatique et être utilisés au bon moment. (J. comere, 1912)

Le milieu aquatique comprend le milieu permanent et le milieu temporaire ;

Chapitre I : généralité sur les algues

- a) Un environnement permanent est un environnement dans lequel le niveau de liquide est approximativement constant tout au long du cycle annuel. Ils sont divisés en deux catégories :
- La première montre les canaux d'eau à différentes vitesses ;
 - Deuxièmement : les lacs, étangs et autres réservoirs d'eau stagnante.
- b) Les milieux temporaires sont constitués de petits étangs, fossés, flaques d'eau, etc., qui s'assèchent plus ou moins tôt pendant la saison sèche.

Troncs d'arbres, terres humides, murs, pierres et roches humides constituent le milieu souterrain. L'extension de la forme dans ces stations spatiales spéciales est nécessairement limitée par l'état d'humidité de l'air.

Dans certains cas, les algues d'eau douce peuvent également se développer dans des environnements chimiquement différents de la station dans laquelle elles vivent habituellement et se propager dans l'eau salée, l'eau thermale et l'eau minérale de compositions différentes.

12. Identification des algues des eaux douces en Algérie

Cette étude a été réalisée par **M. C. Sauvageau (1892)** sur des algues d'eau douce récoltées en Algérie. Elle s'intéresse aux connaissances sur la répartition de la flore algale en Algérie.

Toutes les algues d'eau douce sont originaires des ports côtiers comme Oran, Bougie Philippeville (skikda), Borne (annaba) et La Calle, ou autour de Constantine, non loin des côtes.

On distingue 38 espèces :

Palmella curnenta Ag.

Palmella cruenta Ag. (*Porphyridium cruentum* Näg.).

Anabana thermalis Bory. (*Leptothrix lamellosa* Kütz.).

Anabæna allantospora Montag. (*Anabæna variabilis* Kütz.).

Rivularia Duriæi Montag.

Oscillaria nigrescens Bory.

Oscillaria viridis Vaucher.

Oscillaria subfusca Vaucher.

Oscillaria rupestris Ag.

Oscillaria papyrina Ag.

Oscillaria tænioides Bory.

Chapitre I : généralité sur les algues

Lyngbya muralis Ag. (*Schizogonium*).

Hassallia byssoidea Berk.

Hydrodictyon utriculatum Roth.

Zygonium ericetorum Kütz.

Zygnema elongatum Ag.

Zygnema decimum Ag.

Zygnema nitidum Ag.

Thwaitesia Duriei Montag. (*Zygnema stellinum* Ag.).

Bulbochate setigera Ag.

Conferva mammiformis Montag. (*Chlorotylum mammiforme* Kütz.).

Conferva nigricans Roth. (*Cladophora*). *Conferca fracta* Fl. Dan. (*Cladophora*).

Conferca capillaris Linn. (*Cladophora*).

Conferva crispata Roth. (*Cladophora*).

Conferca glomerata Linn. (*Cladophora*).

Conferva verrucosa Ag.

OEdogonium vesicatum Link. *Drapurnaldia plumosa* Ag.

Lemanea fluviatilis Ag.

Tetraspora lubrica Ag.

Compsopogon caeruleus Montag.

Vancheria ornithocephala Ag.

Vancheria cespitosa DC.

Vancheria sessilis DG.

Vancheria Dillwynii Ag.

Vancheria dichotoma Lyngb.

Batrachospermum atrum larv.

Batrachospermum moniliforme Roth.

13. Les utilisations des algues

Grâce à la diversité de leur composition biochimique et de leurs propriétés, les algues ont le potentiel de fournir des solutions durables à de nombreux défis auxquels nous sommes confrontés aujourd'hui, tout en réduisant la dépendance à l'égard des ressources non renouvelables.

Il existe plusieurs secteurs économiques qui utilisent des algues ou des phycocolloïdes.

Chapitre I : généralité sur les algues

Actuellement, ce sont des sources alimentaires et des produits de valeur croissante, notamment en Asie, où ils sont utilisés soit directement comme aliment, soit indirectement, notamment à travers l'industrie des phycocolloïdes (agar et alginates).

Ils sont utilisés en agriculture comme engrais et aliments pour animaux, dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique, dans l'industrie textile et dans bien d'autres domaines **(Chopin, 1997)**.

13.1. Traitement des eaux usées

Généralement, le traitement des eaux usées se déroule en plusieurs étapes. Le but de ce traitement est d'éliminer ou de réduire la quantité de certaines matières organiques, solides, nutriments, agents pathogènes et autres contaminants de l'eau avant qu'elle ne soit rejetée dans l'environnement ou recyclée **(hopin, 1997)**.

13.2. Utilisation en cosmétologie

Ce sont des organismes qui jouent un rôle important dans la recherche et le développement actuels et qui ont le potentiel de produire de nouveaux composés biochimiques actifs.

L'extrait d'algues est principalement utilisé dans les produits de soins du visage et de la peau, les crèmes anti-âges, les crèmes de rajeunissement de la peau, les produits émollients, les produits anti-irritants, les crèmes solaires et les produits de soins capillaires.

Les extractions déjà utilisées sont : L'extraction de caroténoïdes et d'astaxanthine à partir d'espèces d'algues a attiré une grande attention à des fins cosmétiques, et l'extrait d'algues brunes (contenant la fraction fucoïdane) a été utilisé comme forme d'activateur de fibroblastes pour la prolifération dans des traitements cosmétiques tels que le traitement anti-ride et le vieillissement cutané. **(Ouvrage algues en cosmétologie)**

Chapitre I : généralité sur les algues

Tableau 3 :les diverses utilisations des algues

Domaine	Applications
Alimentation	<p>additifs dans des produits aussi variés que les glaces les yaourts, mais aussi les rillettes de poissons, les saucisses ou les plats préparés à base de viande préparations de cuisine moléculaire.</p> <p>certaines algues peuvent être utilisées directement et se retrouvent dans de nombreux plats d'origine asiatique tels que les sushis. (cuisines japonaise, coréenne et chinoise)</p> <p>épaississants, émulsifiants et gélifiants</p>
agriculture	<p>Bioengrais (EI-Sheekh & EI-Saied, 2000).</p> <p>Eliciteurs algaux,régulateurs de nombreuses fonctions végétales. (Mercier et al., 2001)</p>
Médecine	<p>En thalassothérapie on utilise les bains d'algue (Algothérapie) pour traiter les rhumatismes ou certaines affections de l'appareil locomoteur, en chirurgie ou en gynécologie on utilise des stipes de laminaires (Pour leurs propriétés à retenir l'eau tout en se dilatant) pour débrider une plaie ou dilater une voie naturelle (El Gamal, 2010).</p> <p>Une acuité particulière dans des domaines tels que la cancérologie, la virologie, bactériologie, les maladies cardiovasculaires (Brault et al., 2006; Moreau, 2006)</p> <p>substances antivirales, anticancéreuses</p>
Pharmacie et parapharmacie	<p>pansements gastriques(dans le traitement du reflux gastroœsophagien RGO)</p> <p>cicatrisantes</p> <p>hémostase</p> <p>laxatives</p> <p>vermifuges</p> <p>substitut osseux</p> <p>(Lana Daude, 2021)</p>
Aute applications	<p>Plastique biodégradable, peintures, BTP (bitume,..), biocarburant, cosmétiques, compléments alimentaires,... (Gerbeaud.com)</p>

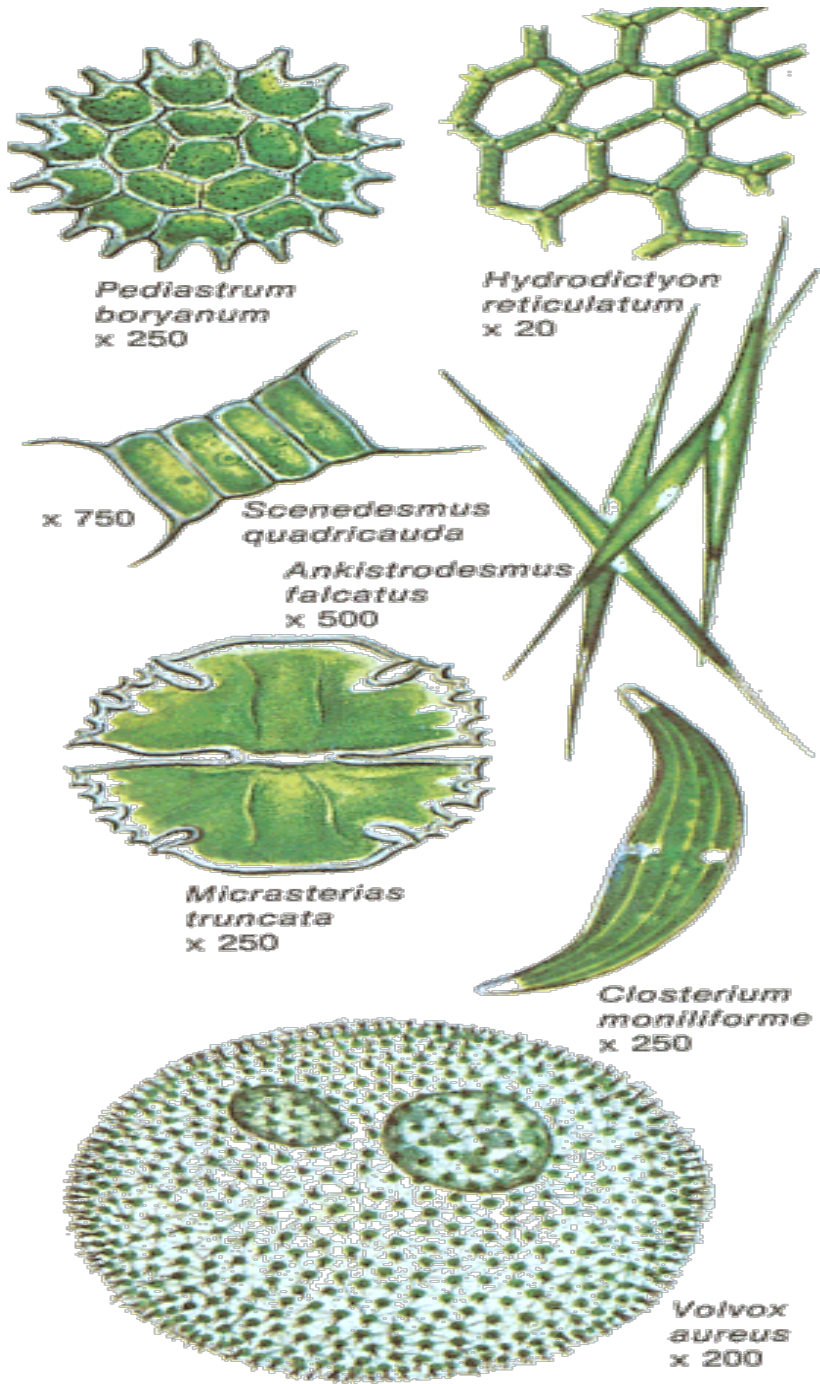
II. Les algues vertes (les chlorophyta)

Il existe 6 000 à 7 000 espèces d'algues vertes en eau douce et en eau de mer, adaptées à tous les milieux. **(AQUARIOPHILE FACILE, EN EAU DOUCE ET MARINE);**

Ils grandissent dans un environnement sain, elles ont les mêmes exigences que les plantes et leur présence est un bon signe ;

- * Leurs parois cellulaires ont la cellulose comme composant principal ;
- * Le chloroplaste présente une structure à deux membranes ;
- * Les thylacoïdes sont regroupés en paquets de plus de trois ;
- * Le nombre et la forme des chloroplastes varient d'un groupe à un autre ;
- * Tout comme les végétaux supérieurs, elles possèdent deux types de chlorophylles (a et b), ainsi que des carotènes et des xanthophylles ;
- * Leurs réserves carbonées issues de la photosynthèse se composent d'amidon accumulé dans les plastes ;
- * Présence de pyrènoïdes, des structures protéiques autour desquelles s'accumule l'amidon ;
- * Présence de flagelles (2 à 4) chez certaines espèces : isokontés et acrokontés. Certains flagelles présentent des mastigonèmes sur un seul côté (mastigonème pectiné) ou sur les deux côtés (mastigonème penné)

Chapitre I : généralité sur les algues



Chapitre I : généralité sur les algues

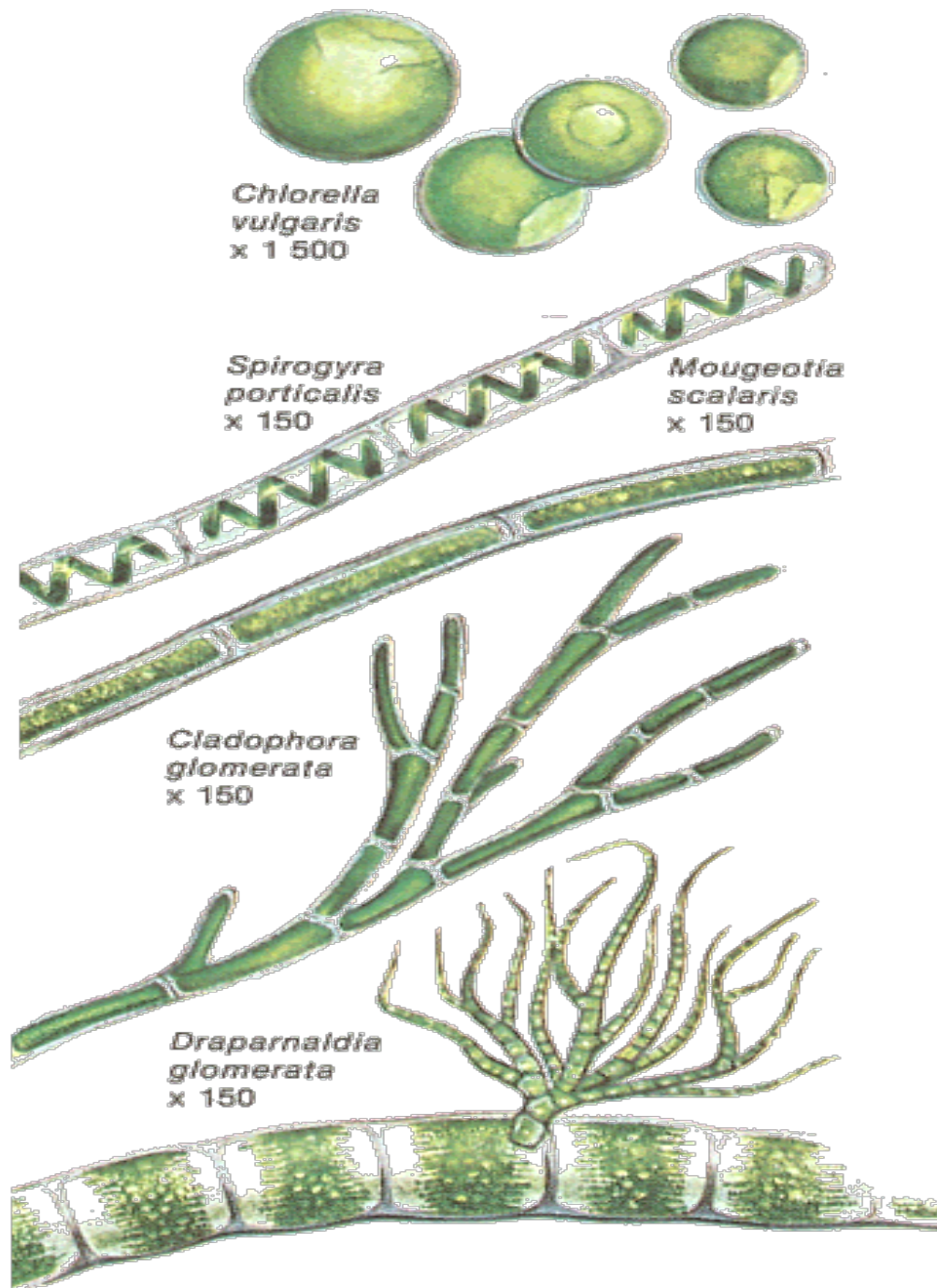


Figure 11: les différentes espèces d'algues vertes (virtuel/Biologie/101-NYA-05/Cellule_et_evolution/3.Evolution_et_ecologie/Ecosysteme/desmidies/alguesvertes1.GIF)

Chapitre I : généralité sur les algues

• Reproduction des chlorophycophytes

a) Reproduction asexuée :

- Chez les espèces unicellulaires, la reproduction asexuée s'effectue par bipartition transversale ou par bourgeonnement.

- Formation de renflements unicellulaires ou pluricellulaires (bulbiles) au niveau des rhizoïdes, lesquels se détachent et engendrent de nouveaux thalles, comme observé dans le genre Chara.

b) Reproduction sexuée :

- La cystogamie, particulièrement fréquente chez les Zygothryxales, implique la fusion du contenu de deux cellules unicellulaires pour former un zygote, souvent enveloppé d'une masse gélatineuse, chez les espèces unicellulaires.

- Pour les espèces filamenteuses, la fécondation se réalise par la formation d'un tube de conjugaison.

- Au sein des Charophyceae, les gamétocystes sont insérés à certains nœuds et sont discernables à l'œil nu. Les gamétocystes mâles, également appelés globules, sont sphériques et de couleur orangée, tandis que les gamétocystes femelles, ou nucules, présentent une forme ovoïde et une couleur noirâtre.

c) Cycle de vie :

Le cycle de vie des chlorophycophytes est monogénétique haplophasique, comme illustré par exemple chez les Zygothryxales du genre Spirogyra. (**Francis MAGNE et Jean FELDMANN,2019**)

• Classification des Chlorophycophytes :

Les Chlorophytes, algues vertes qui stockent de l'amidon dans leurs plastes, peuvent être subdivisées de la manière suivante, en quatre classes et dix-neuf grands ordres :

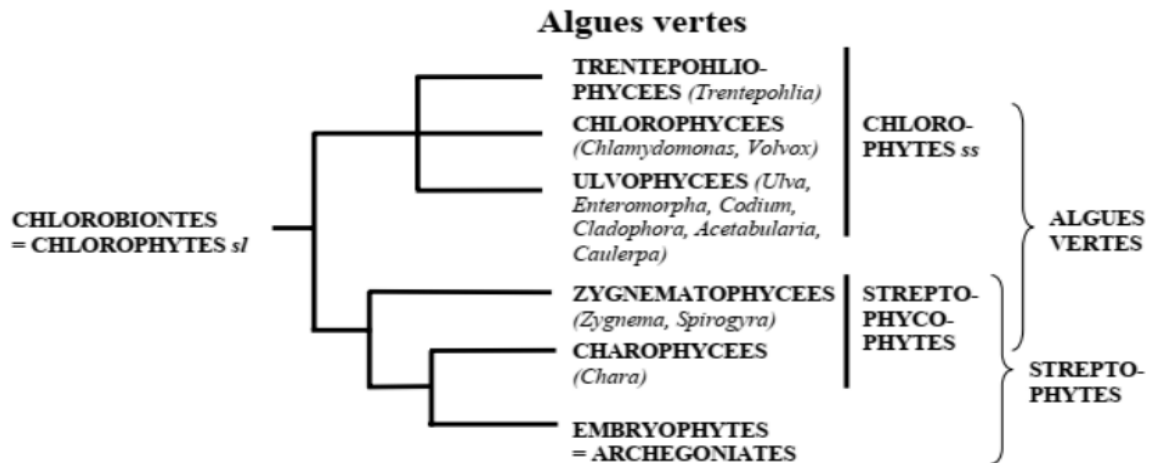


Figure 12: Position systématique des différents groupes d'algues vertes.

1. PRASINOPHYCEES

Cette classe d'algues comprend des cellules nageuses libres dont les flagelles émergent d'une dépression apicale, appelée puits ou cratère flagellaire. Elle se subdivise en quatre ordres : (Iltis et André ,1980)

- a- Les Pyramimonadales comprennent deux familles, les Pyramimonacées et les Tetraselmiacées. Le genre Pyramimonas, en forme de pyramide renversée avec un cratère flagellaire à la base d'où émergent quatre flagelles égaux, est courant dans les eaux salées et natronées.
- b- Les Pédinomonadales sont caractérisées par des cellules de petite taille possédant un ou deux flagelles. Il existe seulement quatre genres et une douzaine d'espèces en eau douce.
- c- Les Halosphaerales ne comprennent, tout comme l'ordre suivant, que des formes marines.
- d- Les Prasinocladales.

2. CHLOROPHYCÉES

C'est la classe la plus prépondérante parmi les Chlorophytes ; elle se subdivise en quatre sous-classes selon leur morphologie : (Iltis et André ,1980)

A. CHLOROPHYCIDÉES

Ce groupe englobe toutes les formes solitaires ou coloniales qui ne sont ni filamenteuses ni thalloïdes. Il comprend les trois ordres suivants :

a) Volvocales

Cet ordre regroupe des algues flagellées et mobiles ; les cellules peuvent être solitaires ou agencées en colonies avec une forme définie. Les Volvocales sont présentes dans les eaux

Chapitre I : généralité sur les algues

douces, mais elles sont également abondantes dans les eaux salées intérieures chlorurées ou natronées.

b) Les Volvocacées

Comprennent principalement des formes coloniales où les cellules, souvent dotées de deux flagelles, sont regroupées par une gaine gélatineuse commune. Les genres les plus fréquemment observés incluent *Pandorina* (*P. morum*), *Eudorina* (*E. elegans*), *Pleodorina* et *Volvox*.

- *Pandorina* : Les cellules, généralement au nombre de 16, sont serrées et comprimées les unes contre les autres, formant une structure semblable à des fruits de mûre. Elles sont enveloppées dans une enveloppe gélatineuse à deux feuillets.

- *Eudorina* : Les cellules sont globuleuses, de taille identique, disposées en couronnes parallèles.

- *Pleodorina* : Les cellules sont de deux tailles différentes.

- *Volvox* : Forme d'énormes colonies sphériques ou ovoïdes atteignant jusqu'à 1,5 mm de diamètre. Elles sont facilement reconnaissables par le grand nombre de cellules qui les composent. Les cellules de *Volvox* sont toutes identiques, biflagellées, et peuvent adopter des formes sphériques, piriformes ou pyramidales.

c) Tétraspores

Cet ordre englobe des algues qui passent la majeure partie de leur existence à l'état palmelloïde, enveloppées dans une gelée amorphe ou structurée. Ces algues n'acquièrent des flagelles (2 ou 4 égaux) qu'au moment de la zoosporulation.

B. ULOTHRICOPHYCIDÉES

Cet embranchement regroupe les Chlorophytes filamenteuses ou thalloïdes, et comprend les ordres suivants : (**Iltis et André ,1980**)

a) **Ulothricales** : Il s'agit de Chlorophycées organisées en filaments simples, non ramifiés, constitués de cellules généralement uninucléées disposées en une seule file, rarement plusieurs. Les genres les plus fréquemment rencontrés incluent :

- *Ulothrix* (*Ulothricacées*) : Les filaments sans cellule apicale différenciée sont fixés à l'état jeune mais libres à l'état adulte. Les cellules sont uninucléées avec un plaste pariétal enveloppant de la moitié à entièrement la cellule.

- *Uronema* : Un genre voisin avec des cellules à plaste pariétal réduit. Une cellule basale de forme spéciale et une cellule apicale plus ou moins pointue existent aux extrémités du filament.

Chapitre I : généralité sur les algues

- *Binuclearia* (Ulothricacées) : Les filaments cylindriques sont d'abord fixés puis libres. Les cellules, avec un plaste pariétal, sont entourées d'une membrane gélatineuse épaisse ; lors de la division, les deux cellules-filles restent le plus souvent contenues dans le même article.

b) **Ulvales** :

Cet ordre regroupe les Chlorophytes en thalle foliacé, à une ou deux couches de cellules ou en tube cylindrique creux ou plein.

- *Schizomeris* (Ulvacées) : Forme des thalles cylindriques pleins, non ramifiés, fixés à leur base ; les cellules sont prismatiques et disposées en anneaux réguliers.

c) **Chaetophorales**

Dans cet ordre, on retrouve des algues filamenteuses ramifiées, des formes à thalles parenchymateux globuleux ou aplatis, ainsi que des algues qui croissent en paquets cubiques.

d) **Chlorosarcinales**

Cet ordre comprend principalement des formes aériennes qui se développent sur le sol humide en paquets irréguliers ou cubiques. Il est constitué d'une seule famille avec une dizaine de genres et une vingtaine d'espèces réparties à travers le globe.

e) **Trentepohliales**

Les Chlorophytes de cet ordre sont subaériennes et se développent sur des substrats humides tels que les sols, les rochers, les feuilles et les troncs d'arbres. Elles forment des thalles discoïdaux uni ou pluristratifiés, ainsi que des feutrages de filaments ramifiés. *Trentepohlia* (Trentepohliacées) produit des feutrages avec parfois des filaments dressés. On trouve une quarantaine d'espèces dans les régions tropicales. (Iltis, 20/07/2001)

3. ZYGOPHYCÉES (ou Conjugées)

Ce sont des algues vertes, qu'elles soient filamenteuses ou unicellulaires, qui sont toujours dépourvues de cellules flagellées et se caractérisent par la conjugaison de gamètes amiboïdes. En fonction de la structure de la membrane, on peut les classer en deux ordres distincts : (Iltis et André, 1980)

a) **Zygnématales**

Les cellules dans cet ordre sont toujours uninucléées et haploïdes. La reproduction végétative suit le schéma habituel observé chez toutes les formes filamenteuses.

Les formes filamenteuses sont regroupées dans la famille des Zygnématacées, tandis que les formes unicellulaires appartiennent aux Mésotaeniaceées. Les genres les plus fréquemment rencontrés incluent :

Chapitre I : généralité sur les algues

Spirogyra (Zygnématacées), qui forme des filaments simples; Les cellules de Spirogyra présentent de 1 à 16 plastes rubanés, tordus en hélice et portant des pyrénoides; Le noyau occupe une position centrale. La systématique des quelque 300 espèces existantes se fonde sur des caractéristiques telles que la conformation des cloisons intercellulaires (avec ou sans repli), le nombre de plastes, les modalités de reproduction et la taille des cellules végétatives. (Iltis, 20/07/2001)

- Position systématique

Règne: Plantae

Embranchement: Chlorophycophytes

Classe: Zygothécées

Ordre: Zygnemales

Famille: Zygnematacées

Genre: Spirogyra



**Figure 13: Algues vertes (*spirogyra*)
(shutterstock.com)**

Zygnema (Zygnématacées) se distingue par des filaments composés de cellules présentant deux plastes étoilés, séparés par le noyau. La détermination des 120 espèces existantes s'effectue en se basant sur la morphologie du zygote et de la zygospore, ainsi que sur les dimensions des cellules.

b) Desmidiales

Les Desmidiales se caractérisent par une membrane perforée de pores, ornementée et dotée d'une suture médiane.

4. LES CHAROPHYCEES

Les Charophycées ne comprennent qu'un seul ordre : les Charales. Il s'agit d'algues vertes de grande taille, atteignant parfois jusqu'à un mètre, qui présentent un aspect distinctif avec des axes et des verticilles évoquant les Prêles ou les Cératophylles. **(Iltis et André ,1980) .**

L'algue est complètement immergée, souvent imprégnée de calcaire, et présente une structure typique de type cladomien : elle est constituée d'une tige principale à croissance indéfinie composée de cellules nodales et de cellules internodales très allongées. Chaque nœud donne naissance à un verticille de rameaux courts (6 à 10 selon les genres), à croissance limitée, appelés pleuridies, montrant à leur tour des cellules nodales et internodales.

Dans le genre Chara, les entre-nœuds sont entourés par un cortex formé de longs filaments longitudinaux légèrement tordus en hélice La reproduction se réalise par la formation d'anthéridies et d'oogones sur les nœuds des rameaux verticillés. La multiplication végétative s'effectue grâce à la germination de bulbilles qui naissent sur les rhizoïdes.

Il existe une seule famille, les Characées, comprenant six genres ; Chara et Nitella sont les plus répandus. Ces algues tapissent le fond de certaines mares dans les plaines d'inondation.

- Position systématique

Règne: Plantae

Embranchement: Chlorophycophytes

Classe: Charophycées

Ordre: Charales

Famille: Characées

Genre: Chara

Reproduction

La classe est caractérisée par un cycle oogame, monogénétique haploïde, mettant en évidence des gamétocystes à structure complexe protégés par des cellules stériles, préfigurant ainsi les gamétanges tuniqués des Métaphytes.

Les Streptophytes.

Les Streptophytes englobent divers groupes, parmi lesquels : **(Iltis et André ,1980)**
(Iltis, 20/07/2001)

a- Les Mesostigmatophycées : Il s'agit d'algues flagellées présentes en eau douce.

Chapitre I : généralité sur les algues

b- Les Zygnématophytes : Principalement d'eau douce, ces algues peuvent être unicellulaires ou filamenteuses, se distinguant par un mode de reproduction particulier appelé conjugaison. Exemples : *Zygnema*, *Spirogyra*, *Micrasterias*, *Clostridium*.

c- Les Chlorokybophycées : Les cellules de ces algues renferment un chloroplaste doté de deux pyrénoides.

d- Les Klebsomidiophycées : Algues filamenteuses caractérisées par la présence d'un chloroplaste avec un pyrénuide pariétal.

e- Les Coléochaetophycées : Exemple avec *Coleochaete divergens*, une algue épiphyte trouvée sur des plantes aquatiques en eau douce.

f- Les Charophytes : Ces plantes aquatiques vivent en eau douce, comprenant des espèces telles que *Chara vulgaris* et *Nitella gracilis*.

Quelques exemples sur les différents genres et espèces des algues vertes d'eau douce :

- La chlorelle : est une algue verte microscopique unicellulaire d'eau douce et terrestre d'environ 100 espèces (exemple : *Chlorella vulgaris* var. *vulgaris*, *Chlorella protothecoides* du genre *chlorella* qui se développe dans des bioréacteurs comme la levure et a un cycle de vie très rapide. **(bedotia, Chlorelle, 16/06/2009)**
- La nitelle : est une algue verte carophyte du genre *nitella* qui vit principalement en eau douce, considérée comme proche des plantes terrestres. Parmi les espèces du genre *Nitella*, **(décrit par Agardh en 1824) : *Nitella flexilis*, *Nitella gracilis*, *Nitella hyalina* (bedotia, genre *Nitella* (nitelles), 01/08/2016)**
- La Charale : algues vertes branchues d'eau douce de la famille des Characeae du genre *chara*. Les espèces d'algues vertes *Chara* sont multicellulaires et ressemblent superficiellement aux plantes terrestres en raison de leurs structures telles que la tige et les feuilles, *Chara zeylanica* **(décrit par Linnaeus en 1753). (wistiti57, genre *Chara*, 01/08/2016)**
- Les cladophores : sont des algues du genre *Cladophora*, des algues vertes filamenteuses chez les Ulvophycées. Les cladophores peuvent constituer un problème important qui provoque une modification significative de l'environnement benthique, cela est particulièrement vrai pour l'augmentation du phosphore. Les cladophores contiennent de nombreuses espèces qui sont très difficiles à distinguer et à classer, principalement en raison de la grande variation dans leurs *Cladophora linnaei*, *Cladophora vadorum* **(décrit par Kützing en 1843) (wistiti57, *Chaetomorpha linum*, 08/04/2013)**

Chapitre I : généralité sur les algues

- Le spirogyre (spiro-, de spire), nom masculin, en botanique, désigne une "algue verte formée d'une simple file de cellules allongées, avec un ruban de chlorophylle en spirale, couramment trouvée dans les eaux douces, appartenant à l'ordre des zygnémales, de la classe des conjuguguées". (d'apr. Lar. Encyclop) (wistiti57, Spirogyre, 25/03/2014)



Figure 15: *Cladophora linnaei* 8,0 à 30,0 cm (aquaportail.com)

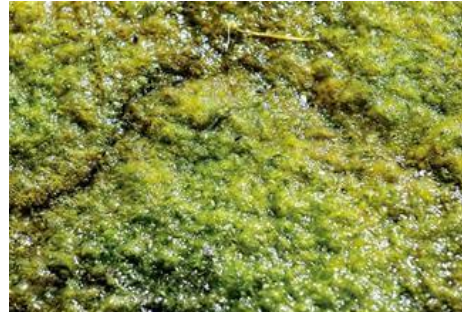


Figure 14: *Cladophora vadorum* 1,0 à 5,0 cm (aquaportail.com)

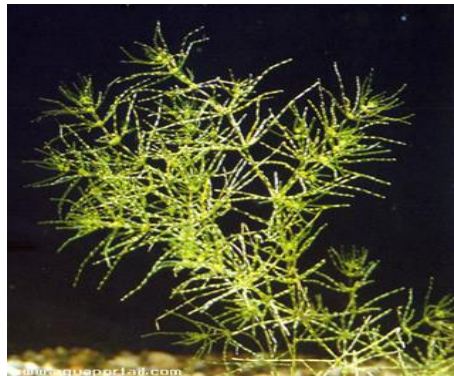


Figure 17: *Nitella flexilis* 30,0 à 50,0 cm (aquaportail.com)

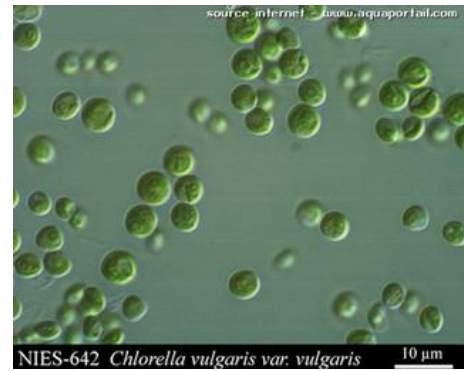


Figure 16: *Chlorella vulgaris* var. *vulgaris* (aquaportail.com)



Figure 21: *Chara zeylanica* 3,5 à 5,0 cm (aquaportail.com)

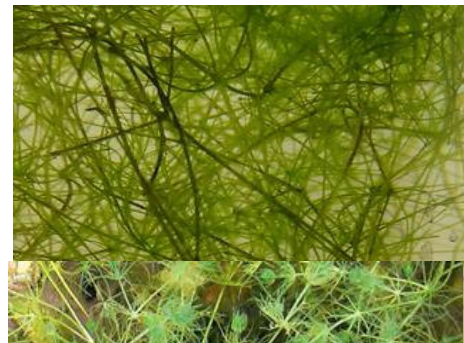


Figure 19: *Nitella gracilis* 10,0 à 15,0 cm (aquaportail.com)



Figure 20: *Chlorella protothecoides* (aquaportail.com)



Figure 18: *Nitella hyalina* 15,0 à 20,0 cm (aquaportail.com)

CHAPITRE II
MATERIELS ET
METHODES

1. La collecte des algues

Les deux espèces des algues vertes de l'eau douce *spirogyra* et *chara* ont été collectées durant le moins d'avril 2024, la collecte est effectuée au niveau de région HAMMAM SALHINE de la ville de khenchela. (C3RM+3R3, Khenchela 40000)

2. Le séchage des algues

Séchage des algues Après la récolte, les échantillons sont nettoyés par lavage avec de l'eau du robinet puis à l'eau distillée pour éliminer les débris, le sable, les nématodes et toutes autres matières suspendues. Les échantillons sont alors séchés naturellement dans une chambre à l'abri de la lumière et de l'humidité durant huit à dix jours (Gager, 2021)

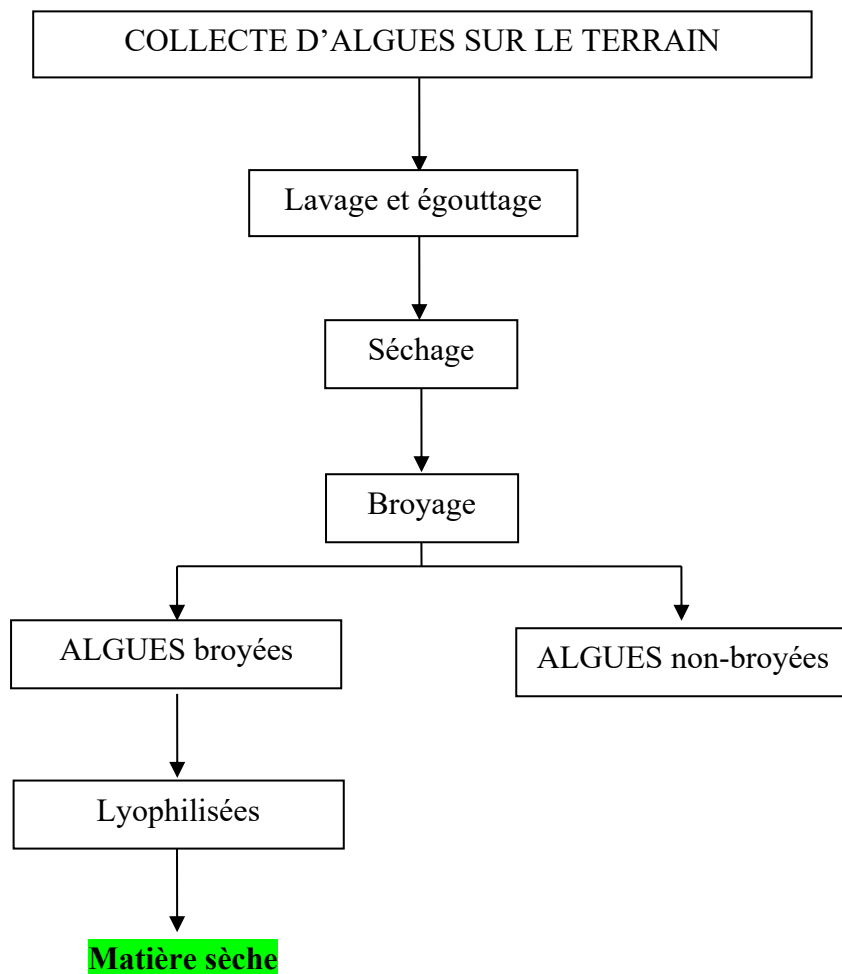


Figure 22:Schéma de Prétraitement des algues.

3. L'extraction des algues

L'extraction est une méthode physique utilisée pour récupérer ou purifier un composé en exploitant les différences de solubilité naturelle de certains liquides. Dans notre étude, nous avons utilisé la méthode d'extraction par macération pour extraire les molécules actives de différentes algues. Cette méthode a été appliquée lors du criblage des extraits provenant des 2 algues collectées.

3.1. Extraction méthanolique

L'extrait méthanolique a été préparé en macérant 10 g de poudre algale de chaque espèce dans 100 ml de méthanol à 70 % pendant 24 heures (opération répétée trois fois). Le mélange a ensuite été filtré et le filtrat récupéré a été évaporé et concentré à l'aide d'un ROTAVAPOR. Les extraits ont été recueillis dans une boîte et placés dans une étuve à 40 °C pendant 24 heures pour obtenir l'extrait méthanolique. Par la suite, il a été mesuré en poids en vue de réaliser les tests d'activité. Les extraits secs sont conservés au réfrigérateur à 4 °C jusqu'à leur utilisation. (Belhattab *et al.*, 2004 ; Ben Ammar *et al.*, 2008).

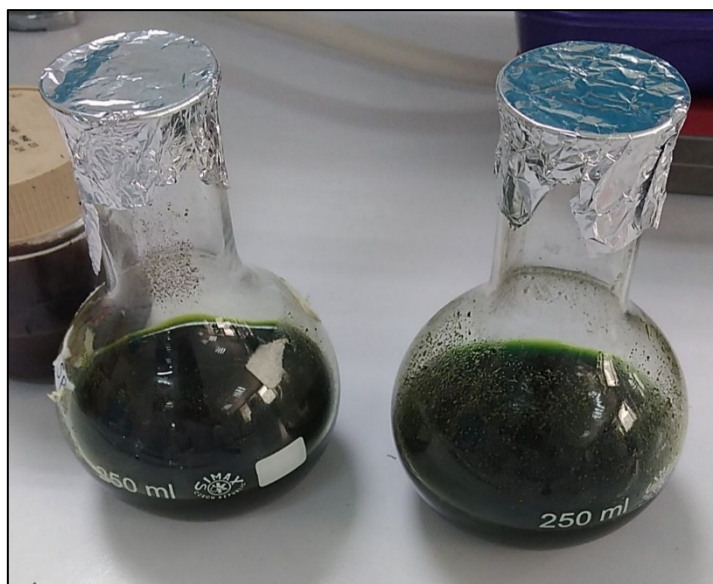


Figure 23: Extraction methanolique par macération

3.2. Extraction aqueuse

En parallèle, un extrait aqueux a été préparé pour les différentes algues afin de rechercher les molécules solubles dans l'eau. La préparation des extraits a été effectuée selon la méthode d'extraction de (Kumar et Sahoo 2011) avec quelques modifications selon les étapes suivantes :

Chapitre II : matériels et méthodes

A partir de la poudre d'algue ont été préparées et mélangées avec de l'eau distillée chaude (100 °C) sous agitation pendant 1 heure puis conservées à 4 °C pendant 24 heures. Le surnageant récupéré est filtré puis centrifugé à 3000 tours.min⁻¹ pendant 30 min, le filtrat obtenu est immédiatement conservé à -20 °C ou bien lyophilisé et conservé à l'abri de la lumière.

4. Détermination du rendement

Le rendement en pourcentage a été calculé en utilisant l'équation de **Jaswir et al. (2014)** :

Le pourcentage de rendement = (la masse de l'extrait / la masse de la poudre) *100

5. Préparation de l'huile essentiel de chara globularis

L'algue chara globularis est coupée en parties très fines et soumises à l'hydrodistillation en se servant du dispositif d'extraction type Clevenger, L'hydrodistillation se base sur le pouvoir que possède la vapeur d'eau à transporter les huiles essentielles (HE). L'opération consiste à immerger une quantité de la masse végétale dans un grand ballon en verre (de 1 litre) contenant une quantité suffisante d'eau distillée sans remplir complètement le ballon (le contenu du ballon ne doit pas dépasser les trois tiers) pour éviter les débordements au cours de l'ébullition. Le mélange est porté à ébullition à l'aide d'une chauffe ballon Les vapeurs chargées de l'huile essentielle passent à travers le tube vertical, puis à travers le réfrigérant où aura lieu la condensation. Les gouttelettes ainsi produites s'accumulent dans le tube rempli au préalable d'eau distillée. En raison de la différence de densité, l'huile surnage à la surface de l'eau distillée. L'HE obtenue est récupérée puis séchée par un déshydratant, le sulfate de sodium, pour éliminer le peu d'eau susceptible d'avoir été retenu dans l'huile. L'hydrodistillation est réalisée pendant 3 heures. L'huile essentielle obtenue est conservée dans un flacon opaque bien scellé à l'abri de la lumière et à température de 4 à 6 C°.

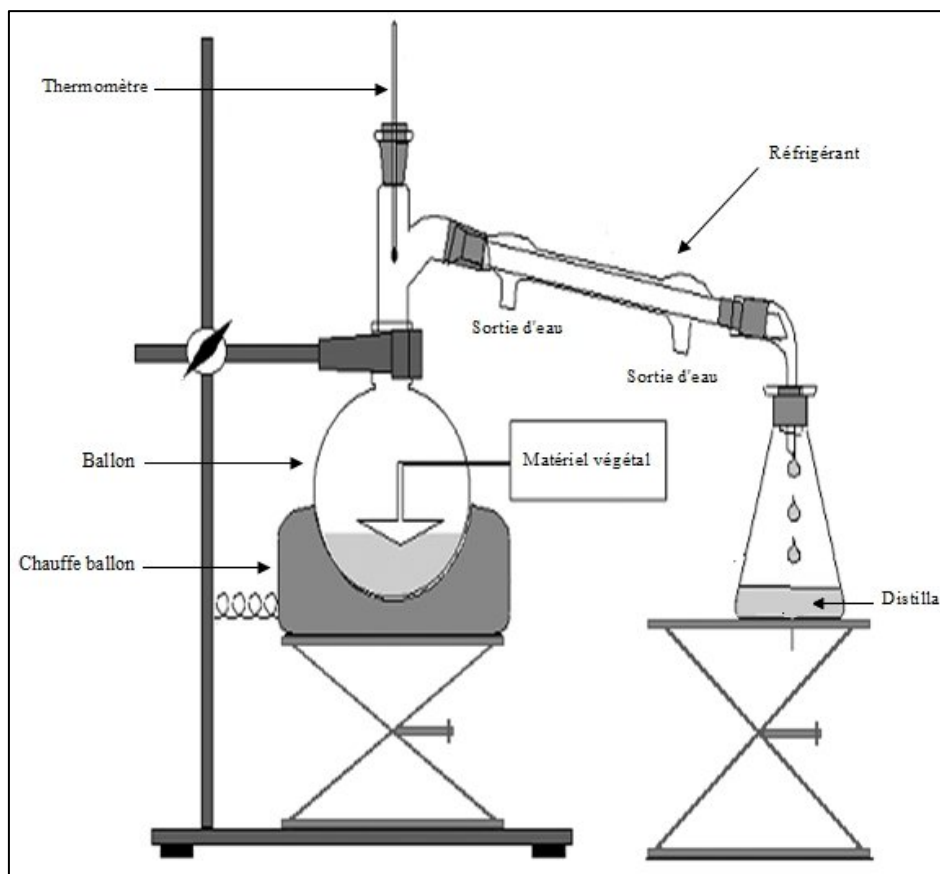


Figure 24: montage clevenger utilisé pour l'extraction d'huile de chara

6. Calcul du rendement

Le rendement en huile essentielle est le rapport entre le poids de l'huile extraite et le poids de la plante à traiter. Le rendement exprimé en pourcentage est calculé par la formule suivante :

$$R = (P_B / P_A) \times 100$$

P_B : la masse d'H.E obtenue.

P_A : la masse de la matière végétale sèche.

7. Tests de caractérisation Phytochimiques

Les tests phytochimiques sont des méthodes analytiques qualitatives utilisées pour détecter et identifier les différentes familles de métabolites secondaires présents dans les

Chapitre II : matériels et méthodes

plantes. Ces tests reposent sur des réactions spécifiques, provoquant soit une précipitation, soit une coloration distincte en présence de réactifs appropriés

Voici comment les résultats des tests phytochimiques sont généralement classés en fonction de la réaction observée décrites par **(Trease et Evans,1989)** et **(Harborne ,1998)**

- Réaction fortement positive (+++) : Réaction très intense, marquée par une couleur vive ou une précipitation abondante, indiquant une grande quantité du métabolite secondaire dans l'échantillon.
- Réaction positive (++) : Réaction clairement visible mais moins intense qu'une réaction fortement positive, confirmant la présence du métabolite secondaire en quantité modérée.
- Réaction louche (+/-) : Réaction faible ou ambiguë, suggérant une très faible concentration du métabolite secondaire ou des interférences possibles avec d'autres composés. Ce résultat nécessite souvent des tests supplémentaires pour confirmation.
- Réaction négative (-) : Aucune réaction observable, indiquant l'absence du métabolite secondaire recherché dans l'échantillon, ou sa présence en quantité indétectable par le test utilisé.

Ces classifications permettent aux chercheurs de déterminer qualitativement la présence ou l'absence de différentes classes de composés dans une plante donnée, et de fournir une indication sur leur concentration relative.

1 Test des alcaloïdes

Les tests ont été réalisés par des réactions de précipitation utilisant les réactifs de Mayer et de Dragendorff. Dans deux tubes à essai, 1 ml de l'extrait a été introduit. Ensuite, 5 gouttes de réactif de Mayer ont été ajoutées au premier tube et 5 gouttes de réactif de Dragendorff au second. L'apparition d'un précipité blanc ou brun dans les tubes respectifs a révélé la présence des alcaloïdes. **(WOME, 1985), (AZZI , 2013)**

2 Test des flavonoïdes

Pour préparer l'échantillon, 10g de la poudre sèche sont macérés dans 150 ml d'acide chlorhydrique (HCl) dilué à 1% pendant 24 heures. Après la macération, le mélange est filtré pour obtenir un filtrat clair. Ensuite, pour le test suivant, 10 ml du filtrat sont prélevés et le filtrat est rendu basique par l'ajout de NH₄OH (ammoniaque). Un test positif est révélé par l'apparition d'une couleur jaune.

3 Test des tannins

Chapitre II : matériels et méthodes

Pour détecter la présence de tanins, on utilise le réactif au chlorure ferrique. On commence par prélever 1 ml de l'extrait à analyser dans un tube à essai, puis on y ajoute 0,5 ml d'une solution aqueuse de FeCl₃ à 1 %. Après avoir mélangé, on observe les résultats. Une coloration verdâtre indique la présence de tanins catéchiques, tandis qu'une coloration bleu-noirâtre révèle la présence de tanins galliques (AZZI , 2013).

4 Test des saponines

Dans un tube à essai, 10 ml d'extrait aqueux à tester ont été introduits. Ensuite, le tube a été agité vigoureusement en position horizontale pendant 15 secondes, puis laissé au repos pendant 15 minutes en position verticale. Une hauteur de mousse persistante, supérieure à 1 cm, a indiqué la présence de saponosides.

5 Test des coumarines

5 ml d'extrait ont été introduits dans un tube, puis 0,5 ml de NH₄OH à 10 % ont été ajoutés, le mélange a été effectué et observé sous UV à 366 nm. Une fluorescence intense a indiqué la présence des coumarines. (AZZI , 2013).

6 Test des terpènes

Pour détecter la présence de terpènes, on utilise le réactif de Salkowski. 5 ml d'extrait ont été ajoutés à 2 ml de chloroforme et 3 ml d'acide sulfurique concentré. La formation de deux phases et l'apparition d'un couleur marron à l'interface ont indiqué la présence des terpénoïdes. (AZZI , 2013).

7 Détection des composés réducteurs

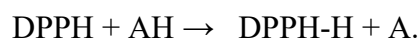
1 ml d'extrait a été introduit dans un tube à essai, puis 2 ml de liqueur de Fehling (composée de 1 ml de réactif A et 1 ml de réactif B) ont été ajoutés. Ensuite, le mélange a été incubé pendant 8 minutes dans un bain-marie bouillant. L'apparition d'un précipité rouge brique a indiqué la présence de composés réducteurs. (AZZI , 2013)

8 Activité antioxydante

Test de piégeage du radical libre DPPH

7.1 Principe

Le test au 2,2-diphényl-1-picryl-hydrazyle (DPPH) est réalisé selon la méthode décrite par Ammar et al. (2009). Cette méthode permet de mesurer le pouvoir réducteur des substances antioxydantes dans un extrait en calculant la CI50. Le DPPH est un radical libre de couleur violette qui devient jaune lorsqu'il est réduit par un donneur de proton (H⁺).



Où AH est un composé capable de céder un proton H⁺ au radical DPPH.

Chapitre II : matériels et méthodes

7.2 Mode d'opérateur

À partir d'une solution mère de 5mg/ml, cinq solutions filles ont été préparées à des concentrations différentes (de 0.5, 0.75, 1, 1.5, 2mg/ml).

50 µl de chaque solution méthanolique des extraits à différentes concentrations ont été ajoutés à 0.950 ml de la solution méthanolique de DPPH (0,025 g/l). L'absorbance a été mesurée à 517 nm contre un blanc (méthanol pur) après 30 minutes d'incubation dans l'obscurité à température ambiante.

Le contrôle positif utilise une solution d'acide ascorbique, un antioxydant standard, dont l'absorbance est mesurée dans les mêmes conditions que les échantillons.

Pour chaque concentration, le test a été répété 2 fois au minimum pour assurer la précision des résultats. Les résultats ont été exprimés en pourcentage d'inhibition (I%) selon la formule suivante :

$$I\% = [(Abs\ contrôle - Abs\ test) / Abs\ contrôle] \times 100$$

Le pourcentage d'inhibition est ensuite exprimé par la valeur de la IC50, où l'IC50 représente la concentration d'extrait nécessaire pour obtenir 50 % de la forme réduite du radical DPPH. Les valeurs de l'EC50 ont été déterminées graphiquement par régression linéaire.

9. L'activité antimicrobienne

9.1. PRINCIPE

L'activité antimicrobienne des extraits a été testée in vitro par la méthode de diffusion sur gélose (Osato 2009, Liao *et al.* 2010).

Cette méthode repose sur l'application de disques imprégnés d'extrait de plante sur des milieux de cultureensemencés de microorganismes. L'activité antimicrobienne, si elle est présente, se manifesterait alors par des zones d'inhibition autour des disques. Souches microbiennes utilisées

L'activité antimicrobienne des extraits a été évaluée en utilisant des souches de référence de laboratoire (American Type Culture Collection "ATCC")

Les souches qui ont été testées :

Bactéries à Gram positif : *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923).

Bactéries à Gram négatif : *Escherichia coli* (ATCC 25922)

Champignon non filamenteux : *Candida albicans* (ATCC 10231).

Les souches ont été revivifiées et la turbidité a été ajustée à 0,5 McFarland (108CFU mL⁻¹ pour les bactéries and 106CFU mL⁻¹ pour Candida).

9.3.Mode opératoire

Nous avons utilisé la méthode de diffusion en milieu solide est réalisée conformément aux directives du Comité national des normes de laboratoire clinique (**CLSI, Document M2-A92006, NCCLS-M27-A 1997**) (milieu Muller- Hinton) pour l'activité antibactérienne et (milieu PDA) (La gélose glucosée à l'extrait de pomme de terre) pour l'activité antifongique. De ce fait, chacun des disques de papier Wattman stérile N°3 et de diamètre 6 mm est imprégné par 10µl de chaque extrait algal à une concentration de 0.1mg /ml et placé à la surface du milieu de la boîte de pétri en présence des disques imbibés par une solution aqueuse (témoins négatifs). Des disques de spiramycine commercialisée (à 10µg/ disque) comme témoins positifs. Des disques imbibés par l'extrait aqueux et des disques imbibés par l'extrait methanolique des deux espèces algales. On aussi testé l'huile essentielle du *chara*. Les boîtes ont été ensuite incubées 2h à 4°C puis à 37°C pendant 24h pour les bactéries et à 30°C pendant 48h pour les champignons. L'extrait sec est repris dans quelques millilitres de DMSO pour l'évaluation de l'activité antimicrobienne. Chaque essai est répété trois fois et dans chaque essai trois boîtes de pétri sont préparées. La mesure des diamètres des zones d'inhibition entourant les disques contenant les échantillons à tester a été réalisée.

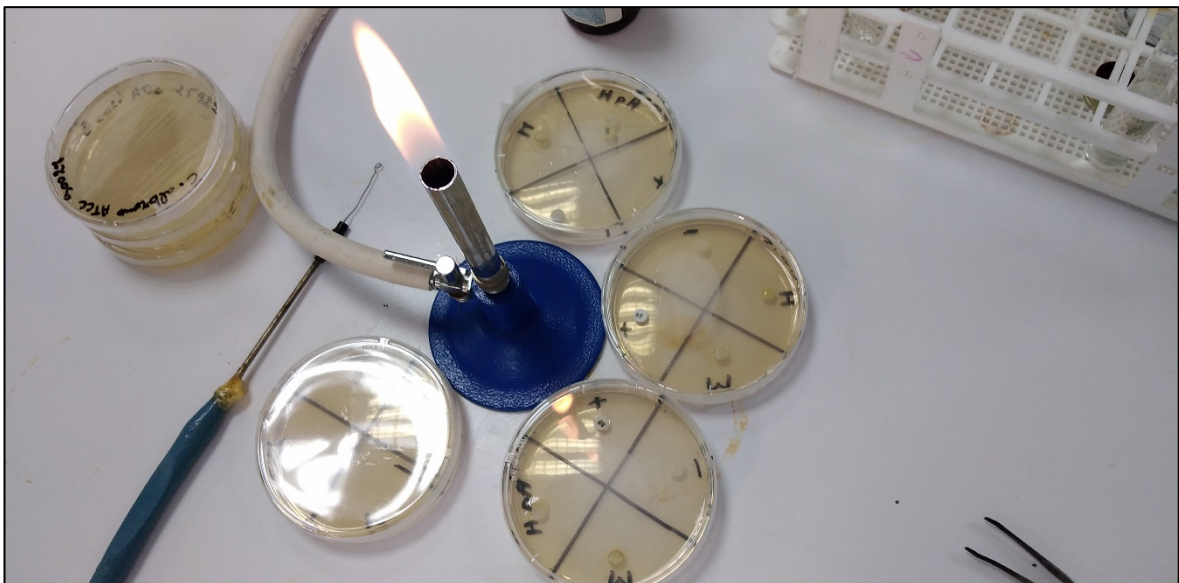


Figure 25: activité antibactérienne par la méthode de diffusion sur la gélose

10. Facteur de protection solaire (SPF)

10.1 Principe

L'objectif de ce test est de connaître le pouvoir de protection solaire des algues étudiées, il a été effectué in vitro

Le facteur de protection solaire in vitro a été déterminé par la méthode de spectrophotométrie ultraviolet-visible décrite par (Mansur *et al.*, 1986) Des lectures spectrophotométriques ont été obtenues pour chaque extrait à 290–320 nm et les valeurs SPF ont été déterminées à l'aide de l'équation :

$$\text{SPF} = \text{CF} \times \sum_{290}^{320} \text{EE}(\lambda) \times \text{I}(\lambda) \times \text{Abs}(\lambda)$$

Où SPF signifie facteur de protection solaire ; CF pour facteur de correction ; EE (λ) est l'effet érythémogène du rayonnement de longueur d'onde (λ) nm, précédemment calculé par (Sayre *et al.*, 1979). I(λ) est l'intensité du rayonnement solaire dans la longueur d'onde (λ) nm ; et Abs(λ) est la lecture spectrophotométrique de l'absorbance de la solution de protection solaire dans la longueur d'onde (λ) nm.

10.2 Mode opératoire

On prépare une solution méthanolique à partir des extraits secs des deux espèces *spirogyra* sp et *chara globularis* à une concentration de 3mg /ml, puis on mesure l'absorbance de la solution dans l'intervalle d'ultraviolet (UV) entre 290nm et 320nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

CHAPITRE III
RESULTATS ET
DISCUSSION

Chapitre III: résultats et discussion

1. Le rendement en extrait méthanolique brut

Après une extraction méthanolique des composés secondaires de l'algue verte *Spirogyra*. Cela nous avons calculer le rendement de l'extrait, exprimé en pourcentage pour chaque 10 g d'algue sèche broyée. En moyenne, le rendement obtenu après différentes extractions est de 14 %. Dans l'étude de (**BELYAGOUBI *et al.*, 2023**) sur la même espèce d'algues vertes filamenteuse, une faible valeur de rendement d'extraction a été rapportée avec l'éthanol (4,93%).

De même, après avoir réalisé une extraction méthanolique des composés secondaires de l'algue *Chara*, nous avons déterminé le rendement de l'extrait, exprimé en pourcentage pour chaque 10 g de poudre algale (4%). L'étude de (**Salamat , *et al.*, 2021**) monté que le rendement de l'extrait méthanolique de 14 g de la poudre algale de même genre était de 1,83 %, ce qui est inférieur au nôtre.

Il est important de noter que le rendement obtenu pour l'algue *Chara* est bien inférieur à celui de l'algue *Spirogyra*.

2. Le rendement d'extraction d'huile de chara

Après avoir réalisé une extraction d'huile d'algue *Chara*, nous avons déterminé le rendement de l'extrait, exprimé en pourcentage pour 900g de poudre algale (1.2%)



Figure 26: extrait méthanolique de "*chara globularis* "



Figure 27 :Extrait méthanolique de "*spirogyre sp* "

3. Les tests phytochimiques

L'analyse préliminaire des composés phytochimiques des extraits bruts de *spirogyra* et *Chara* a mis en évidence la présence des métabolites primaires et secondaires suivants :

L'analyse phytochimique des extraits de *Chara* et de *Spirogyra* démontre la présence des flavonoïdes, des terpénoïdes, des composé reducteurs, des coumarins, des tanins et des saponines cher les deux algues avec l'absence des alcaloïdes. Les résultats sont présentés dans le **Tableau 4**

Tableau 4 : résultats des tests phytochimique

	ALGUE SPIROGYRA		ALGUE CHARA	
	EA	EM	EA	EM
Alcaloïde	-	-	-	-
FLAVONOÏDE	+/-	+	+/-	+
TANIN	+++ (bleu noiratre) tanin gallique	-	-	-
COUMARIN	-	+	-	+
TERPENOÏDE	-	++	-	+
SAPONOSIDE	+/-	-	+	-

Chapitre III: résultats et discussion

COMPOSE	+++	-	+/-	-
REDUCTEUR				

EA=extrait aqueux | EM= extrait methanolique

Autre étude de **(kishore & Raghunath , 2012)** des tests phytochimique des extraits de Chara et de Spirogyra signifier la présence des alcaloïdes, des flavonoïdes, des terpénoïdes, des tanins et des saponines avec l'absence des coumarines et des composés réducteurs cher les deux espèces.

Les recherches récentes ont révélé que les niveaux de composés phénoliques varient considérablement d'une espèce à l'autre et même au sein d'une même espèce. Ces variations sont influencées par divers facteurs externes tels que la température et le climat, des facteurs génétiques comme la variété et l'origine des espèces, des facteurs physiologiques incluant le degré de maturité de la plante et les parties utilisées, ainsi que la durée de stockage **(Maisuthisakul et al., 2007; Ksouri et al., 2009)**.

Chapitre III: résultats et discussion



Figure 29: résultats des flavonoides (EM)



Figure 28: résultats des terpenoide (EM)

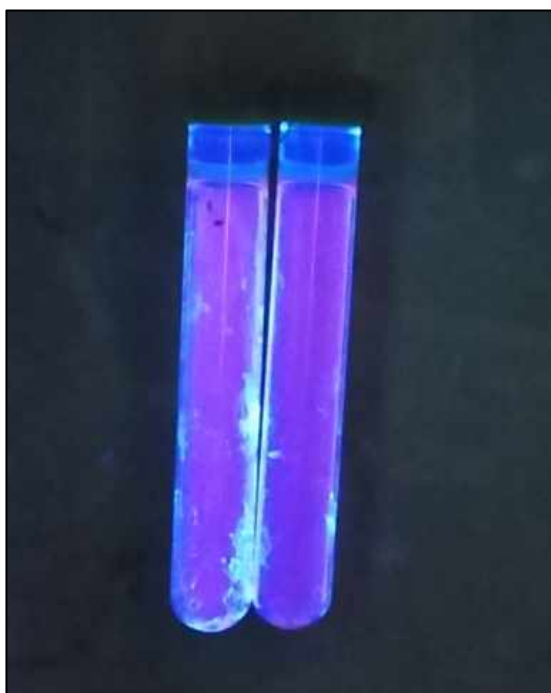


Figure 30: résultats des coumarines (EM)



Figure 31: résultats des tanins (EA)

4. Test DPPH

Le DPPH est un radical libre très stable de couleur violette. Lorsqu'il réagit avec un antioxydant, il se transforme en un composé stable de couleur jaune (diphényl-picrylhydrazine) (Kouadio , Djeneb , Yao , & Guédé Noël , 2017). La diminution de l'absorption du radical DPPH à une longueur d'onde caractéristique est surveillée par une baisse de la densité optique. La réduction de la couleur est mesurée par spectrophotométrie à un maximum d'absorption de 517 nm (λ_{max} 517 nm). Il existe une relation positive directe entre l'activité antioxydante et l'augmentation de la concentration des extraits.

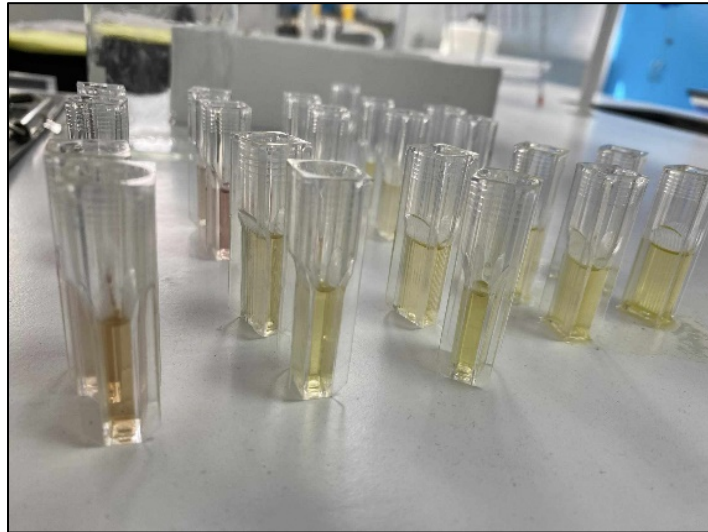


Figure 33: le changement de couleur des dilutions de différentes concentration d'algue *spirogyra*

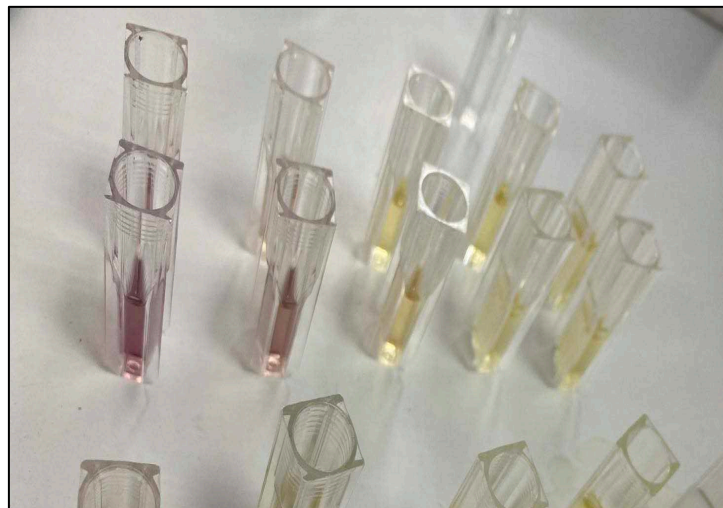


Figure 32: le changement de couleur des dilutions de différentes concentration d'algue *chara*

Chapitre III: résultats et discussion

Tableau 5 : Les absorbances des extraits algues *chara* de différentes concentration a une longueur d'onde de 517nm contre un blanc (méthanol)

Concentration	0.5	0.75	1	1.5	2
ABS1	0,608	0,416	0,273	0,191	0,189
ABS2	0,667	0,516	0,341	0,189	0,199

Tableau 6 :Les absorbances des extraits algues *spirogyra* de différentes concentration a un longueur d'onde de 517nm contre un blanc (méthanol).

Concentration	0,5	0,75	1	1,5	2
ABS1	0,503	0,289	0,221	0,215	0,227
ABS2	0,455	0,261	0,248	0,24	0,258

À cette fin, différentes concentrations de solution d'acide ascorbique ont été préparées comme standard. Dans cette étude, l'activité de réduction du DPPH de cinq extraits méthanoliques différents d'algues a été évaluée. L'extrait méthanolique de *Spirogyra* a montré une activité élevée de piégeage des radicaux DPPH avec une valeur EC50 de 0,2 mg/mL, suivi de l'extrait méthanolique d'algues *Chara* avec une valeur EC50 supérieure à 0,78 mg/mL.

L'EC50 est un paramètre utile pour mesurer l'activité antioxydante et comparer la capacité antioxydante de divers échantillons. Il a été observé que l'activité de piégeage des radicaux libres augmente avec des concentrations croissantes. Les résultats sont exprimés en pourcentage d'inhibition du DPPH et illustrés dans les **Fig 33 - 34**.

Les résultats de l'effet de piégeage des radicaux libres de *Spirogyra* ont montré un IC50 de l'échantillon de 0,2 mg/ml, ce qui est inférieur par rapport à l'IC50 de l'acide ascorbique (0,8 mg/ml). D'après **la figure 33** ; L'extrait méthanolique a montré une activité maximale de 75.83% à une concentration de 2 mg/ml.

D'autres résultats (**Rutikanga et al., 2014**) ont montré un IC50 de l'échantillon de *Spirogyra* de 0,078 mg/ml, ce qui est également inférieur à l'IC50 de l'acide ascorbique (0,008 mg/ml). L'extrait méthanolique a montré une activité maximale de 63,16 % à une concentration de 0,1 mg/ml.

Chapitre III: résultats et discussion

Tableau 7: pourcentage d'inhibition de Chaque dilution (*spirogyra*)

Concentration	Inhibition%
0,5	48,21
0,75	70,27
1	74,64
1,5	75,4
2	75,87

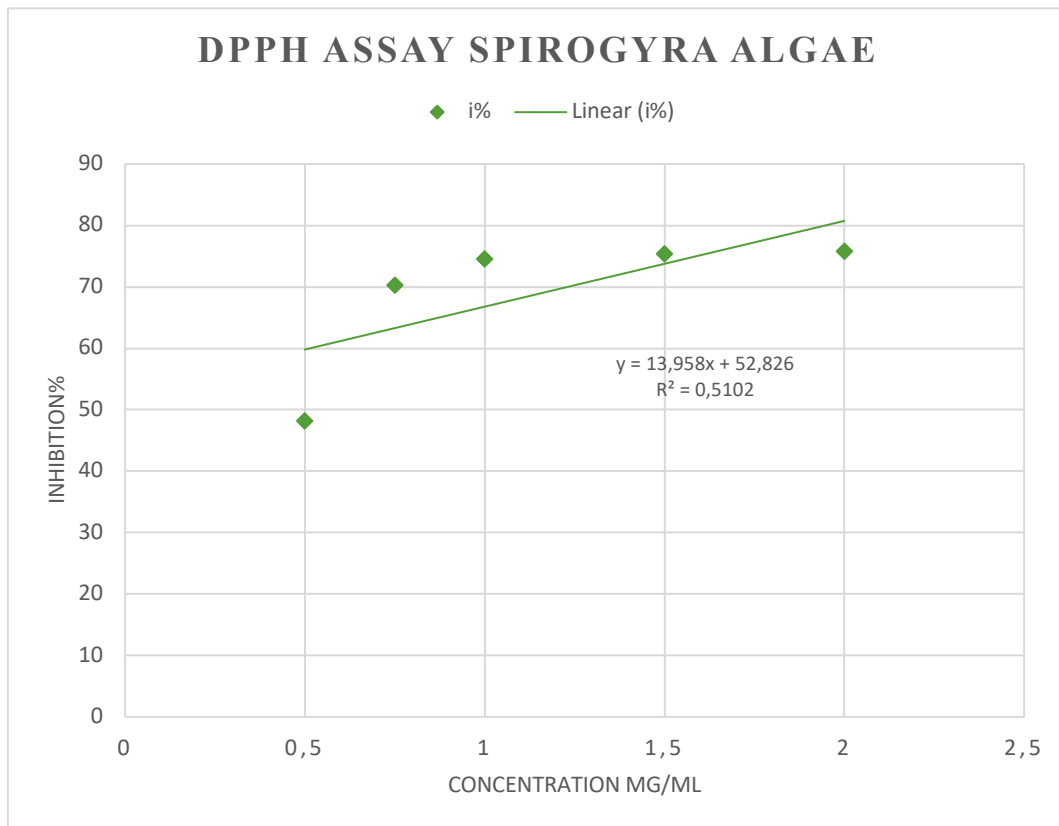


Figure 34: DPPH assay *spirogyra* algae (courbe d'etalonnage)

Chapitre III: résultats et discussion

Les résultats de l'étude sur l'effet de piégeage des radicaux libres de *la Chara* ont révélé un IC50 de 0,78 mg/ml, inférieur à l'IC50 de l'acide ascorbique qui était de 0,8 mg/ml. Selon **la figure 34**, l'extrait méthanolique a présenté une activité maximale de 80,54 % à une concentration de 2 mg/ml.

Une autre recherche de (**Salamat *et al.*, 2021**) a rapporté un IC50 de 18,73 mg/ml pour le même genre de *Chara*. L'IC50 pour l'acide ascorbique était de 0,08 mg/ml dans cette étude. L'extrait méthanolique a montré une activité maximale de 59,96 % à une concentration de 20 mg/ml.

Les résultats observés pour nos espèces ne correspondent pas aux données présentées dans ces résultats, Cela pourrait être attribuable à l'effet spécifique de l'espèce, pouvant ainsi influencer l'activité antiradicalaire.

Cette bonne activité antioxydante des deux genre *chara* et *Spirogyra* pourrait être attribuée à la présence de composés phytochimiques tels que les flavonoïdes (**Kumar *et al.*, 2005**). Les composés phénoliques se trouvent couramment dans les plantes, y compris les algues, et il a été rapporté qu'ils possèdent une large gamme d'activités biologiques, y compris des propriétés antioxydantes. (**Cox *et al.*, 2010**)

Chapitre III : résultats et discussion

Tableau 8 : pourcentage d'inhibition de chaque dilution (*chara*)

Concentration	Inhibition%
0,5	31,13
0,75	49,62
1	66,81
1,5	79,45
2	80,54

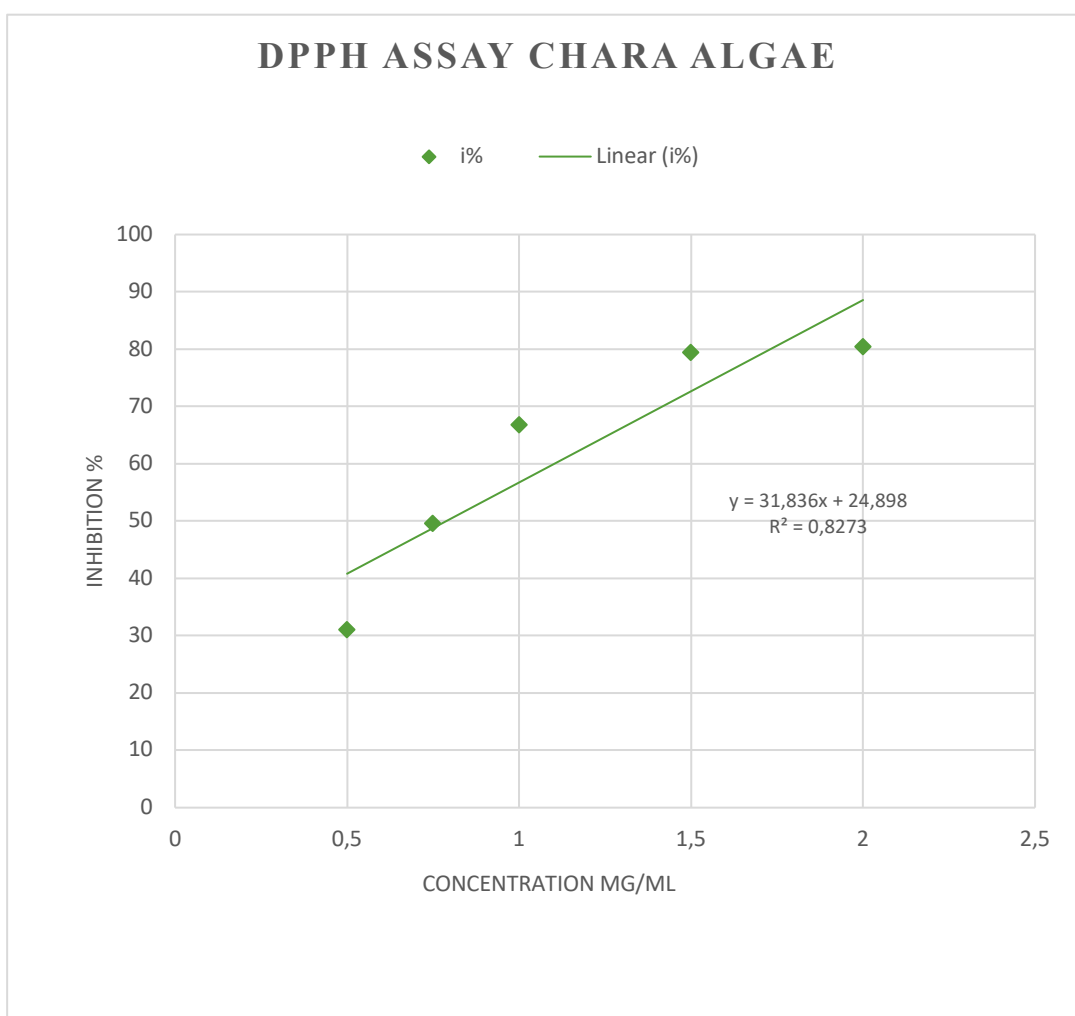


Figure 35: DPPH assay *chara* algae (courbe d'etalonnage)

Chapitre III : résultats et discussion

5. Test antimicrobien

Voici comment les résultats de L'activité antimicrobienne sont classés :

- Réaction positive (+) : l'extrait présente un effet antimicrobien envers les souches
- Réaction négative (-) : l'extrait n'a pas d'effet antimicrobien envers les souches

Tableau 9: les représente les résultats de l'espèce « *spirogyra sp* »

	Test négatif	Test positif Anti biotique	Extrait methanolique	Extrait aqueux
<i>Escherichia coli</i>	-	+	+	+
<i>Staphylococcus aureus</i>	-	+	+	+
<i>Candida albicans</i>	-	-	-	-

Tableau 10: les représente les résultats de l'espèce « *chara globularis* »

	Test négatif	Test positif Anti biotique	Extrait methanolique	Huile Essentielle
<i>Escherichia coli</i>	-	+	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	-	+	-	-
<i>Candida albicans</i>	-	-	-	-

Chapitre III : résultats et discussion

Les Photographies de ces résultats sont suivantes :

➤ *Escherichia coli*

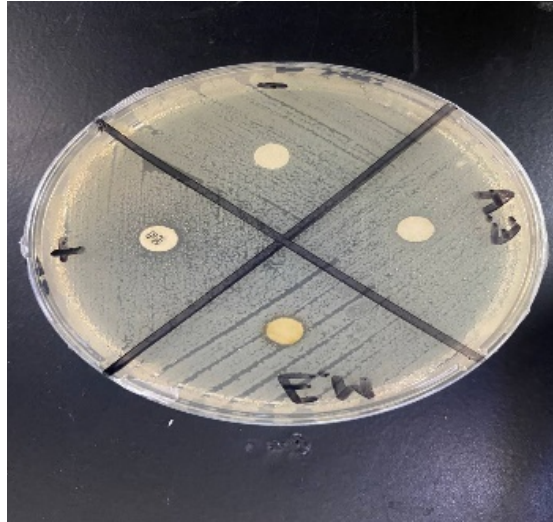


Figure 36:Mise en évidence de l'effet antibactérien de la « *spirogyra sp* » contre *Escherichia coli*

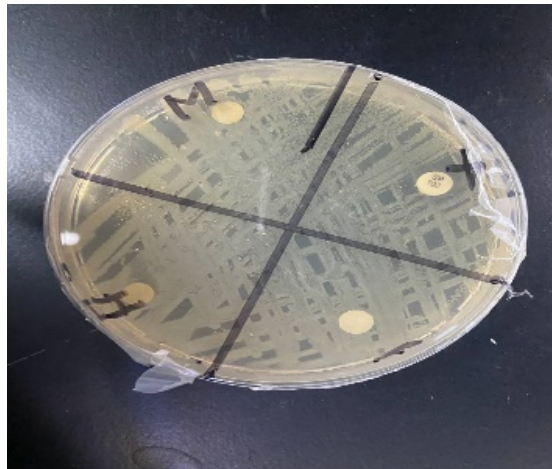


Figure 37:Mise en évidence de l'effet antibactérien de « *chara globaris* » contre *Escherichia coli*.

Chapitre III : résultats et discussion

➤ *Staphylococcus*

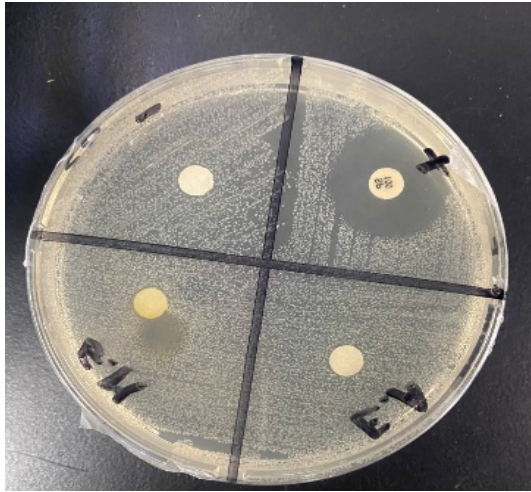


Figure 38: Mise en évidence de l'effet antibactérien « *spirogyra sp* » contre *Staphylococcus*



Figure 39: Mise en évidence de l'effet antibactérien de « *chara globularis* » contre *Staphylococcus*

Chapitre III : résultats et discussion

Le tableau 9 et 10 rapporte les résultats du pouvoir antibactérien et antifongique des deux différents extraits algales (*chara et spirogyre*) vis-à-vis deux souches bactérienne (gram+ et gram-) et une souche fongique par la méthode de diffusion en milieu gélosé.

Les résultats montrent que l'extrait de la *spirogyra* était le plus actif par rapport à l'extrait du *chara* envers les souches bactériennes ; ce qui concerne le champignon on observe aucune activité pas d'inhibition de croissance pour les deux extraits.

L'antibiotique a marqué un effet envers toutes les souches utilisées avec un diamètre de 25mm pour *Staphylococcus* et 9mm pour *Escherichia coli*

Les extraits de la *spirogyre* ont produit des zones d'inhibition intéressantes avec un diamètre de 10mm pour L'extrait méthanolique vis-à-vis les microorganismes *Staphylococcus aureus* (G+) et *Escherichia coli* (G-), pour l'extrait aqueux on marque une zone de 8 mm pour *Staphylococcus* et 9mm pour *Escherichia coli*

L'huile essentielle du *chara* marque des résultats négatifs, pas d'activités.

En comparant nos résultats avec l'espèce *CHARA HISPIDA* et *Spirogyra setiformis*

Les résultats ont montré que l'extrait méthanoliques « *chara hispida* » produisait une zone d'inhibition intéressante contre la souche *Escherichia Coli*. Pour *Staphylococcus aureus*, il n'a aucune activité antimicrobienne (S. ASMAA *et al.*,2021). L'extrait méthanolique de « *Spirogyra setiformis* » a montré une bonne activité inhibitrice sur isolats testés, sauf sur *C. albicans*. (O. Okunowo *et al.*,2017) ce qui est compatible avec nos résultats.

6. Résultats du SPF

Tableau 11 : résultats d'absorbance d'algue *Spyrogyra Sp*

λ (nm)	Abs1	Abs2	A	B		
290	1,945	1,933	0,292	0,290		
295	1,861	1,847	1,520	1,509		
300	1,819	1,8	5,228	5,173		
305	1,816	1,798	5,953	5,894		
310	1,856	1,838	3,460	3,426		
315	1,926	1,917	1,612	1,605		
320	2,003	1,99	0,361	0,358	Moy	SD

Chapitre III : résultats et discussion

			18,425	18,255	8,340	0,120
--	--	--	--------	--------	--------------	--------------

$$A = CF \times EE(\lambda) \times I(\lambda) \times Ab(\lambda)1$$

$$B = CF \times EE(\lambda) \times I(\lambda) \times Ab(\lambda)2$$

Tableau 12 Résultats d'absorbance D'algues chara globularis

λ (nm)	Abs1	Abs2	A	B		
290	3,93	4	0,5895	0,6000		
295	3,658	3,815	2,9886	3,1169		
300	3,337	3,311	9,5905	9,5158		
305	2,921	2,92	9,5750	9,5718		
310	2,502	2,508	4,6637	4,6749		
315	2,123	2,149	1,7770	1,7987		
320	1,858	1,874	0,3344	0,3373	Moy	SD
			29,519	29,615	29,567	0,068

Pour l'activité SPF évalue l'efficacité quantitative de la formulation d'écran solaire. L'efficacité de tout composé d'écran solaire qui prévient les coups de soleil et d'autres maladies de la peau devrait avoir une large gamme d'absorbance entre 290 et 320 nm. Découvrir le SPF in vitro est un outil utile pour la mesure du SPF in vivo. Les écrans solaires contiennent une variété de produits chimiques qui ont une absorbance spécifique dans une partie du spectre UV. Il existe très peu de substances chimiques qui ont une capacité d'absorption sur toute la gamme des UV. Une première étude d'absorption UV a été réalisée en lisant l'absorbance entre 290 et 320 avec un intervalle de 5 nm. Les résultats obtenus à partir de ces extraits d'algues sélectionnées ont montré une bonne activité d'absorption des UV. Les extraits d'algues présentaient une absorbance maximale à 290 nm et 295 nm et l'absorbance minimale à 315 nm et 320 nm indique que les extraits ont la capacité d'absorber la lumière UV (tableau). Sur la base de ce résultat, l'étude est approfondie pour effectuer une analyse SPF.

6.1 Détermination du FPS à l'aide de l'équation de Mansur

Les résultats de l'absorption UV nous ont donné un aperçu de la performance SPF. SPF des extraits a été vérifié par spectroscopie d'absorption en utilisant la méthode d'équation de Mansur.

Le FPS des extraits a été déterminé en prenant différentes concentrations des extraits à 290-320 à 5 nanomètres d'intervalle. On a observé qu'une augmentation de l'absorption dépend de la concentration. Les valeurs calculées du FPS ont été réduites de 0,5 à 29,5. Les extraits de *Chara* ont montré une activité SPF plus élevée, soit 29.56 à une concentration de 150 µg/ml par rapport aux extraits de sp. La moindre activité a été observée dans l'extrait de méthanol de *chara*, c'est-à-dire 0,58, et toutes les autres concentrations de *chara* ont également la moindre activité SPF par rapport à l'extrait de SPY.

La lotion solaire ou la crème fait un gilet pare-balles, qui arrête les photons UV. Les molécules présentes dans ces écrans solaires absorbent les UV, se dispersent et réfléchissent les UV. Un produit de protection solaire doit avoir des quantités suffisantes de ces agents protecteurs pour fournir une protection de haut niveau. La littérature publiée montre qu'il existe une forte corrélation entre le SPF et les composés phénoliques (Yasmeen S *et al.*, 2016). En général, les écrans solaires contiennent une variété de produits chimiques qui ont une absorbance spécifique dans quelques parties du spectre UV. Seules quelques substances chimiques ont une absorbance sur toute la gamme d'UV, ce qui est nécessaire pour tout produit à considérer comme un écran solaire à large spectre. Comme les plantes abritent une large gamme de composés naturels avec une gamme complète de capacités d'absorption des UV, l'étude progresse encore vers cette formulation SPF. Des études in vitro de quelques composés phénoliques de diverses plantes se sont avérées mutagènes. Cela pourrait être le résultat de l'action pro-oxydante que antioxydante de ces composés. Compte tenu de l'utilisation humaine en tant que SPF, il est indispensable d'étudier les effets toxiques des extraits.

CONCLUSION

GENERALE

Conclusion

Les diverses activités biologiques des composés dérivés des algues ont été largement explorées, de nombreuses études démontrant leur potentiel. Ce travail a pour objectif, la valorisation et utilisation des extraits d'algues produites localement pour la fabrication des produits capillaires et est consacré à réaliser les analyses suivantes :

- L'analyse qualitative phytochimique de la composition des espèces d'algues étudiées.
- L'étude du pouvoir antioxydant par la méthode de DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazil).
- L'étude du pouvoir antibactérien in vitro sur des souches pathogènes : il s'agit de *Escherichia coli*, et *Staphylococcus aureus* par la méthode de diffusion de disque sur milieu de Mueller-Hinton gélosé.

L'analyse des résultats obtenus montre que les espèces *Spirogyra* et *Chara* possèdent une teneur importante en différents composés tels que les tanins, les coumarines, les flavonoïdes, les terpénoïdes et les saponosides.

L'étude de l'activité antibactérienne montre que l'espèce *Spirogyra* sp, active contre les deux souches tandis que la *Chara* n'a montré aucune activité.

Dans l'étude de l'activité antiradicalaire Les extraits ont présenté une activité antioxydante significative in vitro, en montrant une forte inhibition du radical DPPH, indiquant ainsi leur capacité à neutraliser les radicaux libres et à réduire le stress oxydatif.

En somme, l'ensemble des résultats obtenus au cours de ce travail, montrent que les algues, possèdent des propriétés uniques et des bienfaits nutritionnels, ce qui offre de nombreuses applications, notamment dans les soins capillaires. Le processus de transformation des algues en shampoing met en valeur leur potentiel dans l'industrie cosmétique, contribuant ainsi à des produits naturels et innovants. L'activité biologique des algues présente une frontière prometteuse pour l'exploration scientifique et l'exploitation commerciale. La diversité des composés bioactifs présents dans les microalgues et les macroalgues, associée à la durabilité et à l'évolutivité de leur culture, positionnent les algues comme une ressource précieuse pour relever un large éventail de défis sociaux et environnementaux. Enfin, Au

terme de ce travail, il convient de souligner l'importance des thèmes abordés sur la valorisation d'une ressource naturelle, en l'occurrence les algues d'eau douce .

Bibliographie

(A)

AGENCE DE VALORISATION DES ALGUES. (s.d.). Récupéré sur ALGAE BASE: <https://algae-consulting.e-monsite.com/>

Ankita , M., Nandi, C., Pal, R., & Paul , S. (2017). Studies on few fresh water green algal species reveals Spirogyra triplicata as the repository of high phenolic and flavonoid content exhibiting enhanced anti-oxidant property. *journal oh pharmacognosy and phytochemistry*, 1291-1297.

AZZI , R. (2013). Contribution a l'étude de plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel du diabète sucre dans l'ouest algérien : enquête ethno. *THESE DE DOCTORAT*, p. 75. Récupéré sur <http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/2035/1/Contribution-a-l-etude-de-%20plantes-%20medicinales.pdf>

Amina SALHI et Chafika BOUSSAHA, 06/07/2019, Valorisation de la biomasse algale du l'Algérie, Faculté des Sciences Appliquées Département de Génie Procédés, Université kasdi Merbah Ouargla. <https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/22949#:~:text=L'%C3%A9valuation%20du%20pouvoir%20antibact%C3%A9rien,active%20seulement%20contre%20Staphylococcus%20aureus>

(B)

bedotia, w. (01/08/2016). *genre Cladophora (cladophores)*. Consulté le 25/08/2023, sur Aquaportail: <https://www.aquaportail.com/especes/taxonomie/genre/609/cladophora>

bedotia, w. (01/08/2016). *genre Nitella (nitelles)*. Consulté le 25/08/2023, sur Aquaportail: <https://www.aquaportail.com/especes/taxonomie/genre/185/nitella>

bedotia, w. (16/06/2009). *Chlorelle*. Consulté le 01/09/2023, sur Aquaportail: <https://www.aquaportail.com/dictionnaire/definition/4952/chlorelle#:~:text=Des%20chlorelles%20de%20l'esp%C3%A8ce%20Chlorella%20vulgaris%20var.&text=Chlorella%20vulgaris%20est%20une%20chlorelle,%CE%BCm%20et%20une%20forme%20sph%C3%A9rique>.

BELYAGOUBI, L., CHAIBI, R., GOUZI, H., AISSAOUI, F. Z., BENAMAR, Z., & BELYAGOUBI-BENAHMMOU, N. (2023). Phycochemistry study and antimicrobial activity of Spirogyra freshwater green microalgae from Algeria. *Journal of Natural Product Research and Applications*, 47-60.

BentabetLasgaa, N. (2015). Étude phytochimique et évaluation des activités biologiques de deux plantes Fredoliaaretioides et echiumvulgare de l'ouest algérien. pp. 20-21.

BOUGANDOURA, N., & BENDIMERAD, N. (2012). Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de Satureja calamintha ssp.Nepeta (L.) Briq. *Nature & Technologie*, pp. 14-18.

Burlot, A.-S. (2017). Valorisation des métabolites d'algues proliférantes . *HAL open science* , 36_75.

cavalla, m. (2000). *les algues-les microalgues*. Récupéré sur <https://docplayer.fr/20705735-Les-algues-les-microalgues-michel-cavalla-2000.html>

Bibliographie

(C)

C feldman,2008, oceancolor web: concentration en chlorophylle des océans.

(D)

Dschang, A. U. (2019/2020). Récupéré sur <https://www.studocu.com/row>.

Djeddaoui Zineb Nour El-imane et Zakhrouf Kelthoum,6/2014 , Etude de la composition biochimique et du pouvoir antioxydant d'algue *Spirogyra* sp, FACULTE DES SCIENCES DEPARTEMENT DE BIOLOGIE, UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT. <http://dspace.lagh-univ.dz/server/api/core/bitstreams/2f4cf2a6-6602-4368-a296-e3b88800fe1e/content>

(E)

EL-Haoud, H., Boufellous , M., Berrani, A., Tazougart, H., & Bengueddour, R. (2018, October 25). SCREENING PHYTOCHIMIQUE D'UNE PLANTE MEDICINALE: *Mentha Spicata* L. 8.

(F)

FELDMANN, J., & MAGNE , F. (1999). CHLOROPHYCÉES. *UNIVERSALIS,fr.*

Fortier, J.-F. (2007). *Thalle*. Récupéré sur AquaPortail.com: <https://www.aquaportail.com/dictionnaire/definition/1102/thalle>

(G)

Gager, L. (2021, juin 25). extraction algale et caracterisation chimique jusqu'a leurs formulation en cosmetique. *HAL open science*, p. 88.

(H)

Haresh S. Kalasariya, V. K. (2021, 9 26). ALGUAE-Based Molecules and Their Potential Biological. *Molecules*, p. 3_11.

Hossam S. El-Beltagi, A. A. (2022). Algae's Phytochemical Properties and Their applications. *MDPI*, 5_15.

(I)

Iltis, A. (20/07/2001, 07 20). *Les algues*. Récupéré sur https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/Idt/00552.pdf

imane, Z. (s.d.). *COMPOSITION DES ALGUES*.

(J)

J.Comère. (1912). *les algues d'eau douce* (Vol. 174). FRANCE: LIBRAIRIE DES SCIENCES NATURELLES PAUL KLINCKSIECK.

(K)

KARDACHE , A., & KHOUALDI , Y. (2016). *Etude des activités antioxydante, antibactérienne et antifongique d'extraits d'algues marines d'origine*.

kishore, p., & Raghunath , M. T. (2012, August). pytochemical investigation of fresh uncultured algae belonging to bhusawal, maharashtra. *journal of chemo and biospher*, 1-3.

Kouadio , B., Djeneb , C., Yao , K., & Guédé Noël , Z. (2017, December). Potentiel antiradicalaire des extraits de feuilles de *Bersama abyssinica* Fresen.(Melianthaceae). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 2962-2970.

Bibliographie

(L)

Letícia Caramori Cefali, Janaina Artem Ataide, Elena Sanchez-Lopez, Ilza Maria de Oliveira Sousa, Mariana Cecchetto Figueiredo, Ana Lucia Tasca Gois Ruiz, Mary Ann Foglio, Priscila, Gava Mazzola, Eliana Barbosa Souto, 26/10/2019, Evaluation of In Vitro Solar Protection Factor (SPF), Antioxidant Activity, and Cell Viability of Mixed Vegetable Extracts from *Dirmopandra mollis* Benth, *Ginkgo biloba* L., *Ruta graveolens* L., and *Vitis vinifera* L, MDPI, plants, Volume 8, Issue 11, pages 1_13. <file:///C:/Users/hp/Downloads/plants-08-00453.pdf>

Lei Cao, S. G.-R. (2020). Potential Anti-Aging algae Substances . *MDPI*, 1_10.

Les algues. (2021, 8). Récupéré sur Aquarium la rochelle: <https://www.aquarium->

(M)

Manikanta , G., & G Malammanavar, D. (2018). Phytochemistry and anti-microbial activity of Chara. *journal oh pharmacognosy and phytochemistry*, 2047-2050.

Manikanta , G., & Dr Somashekhar G Malammanavar, G. (2018). Phytochemistry and anti-microbial activity of chara. *journal of pharmacognosy and phytochemistry*, 2047-2050.

MICHEZ, D. (2015, 02 12). *algues-cours-01.pdf*. Récupéré sur <https://f2school.com/wp-content/uploads/2020/09/algues-cours-01.pdf>

(N)

Nacer, H. A. (2012). Activités antioxydante et antimicrobienne d'extraits de Rhamnus. Récupéré sur <https://mmagister.univ-setif.dz/images/facultes/SNV/2012/HARRAR%20Abd%20El%20Nacer.pdf>

(P)

PERSON, J., & Trimatec. (03/08/2011). *Livre Turquoise* (Vol. 183). France.

Pillard, s. (2016). Mise au point sur les algues vertes . *Hal open science* , 48_50.

R, B., I, J., B, K., & K, B. (2020). CARACTERISATION PHYSICO- CHIMIQUE D'ECHANTILLONS D'ALGUES MARINES TUNISIENNES PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF SAMPLE MARINE TUNISIAN ALGAE. p. 8.

(R)

r. ben abdallah, i. j. (2020). Caracterisation physico- chimique d'échantillons d'algues marines tunisiennes physico-chemical characterization of sample marine tunisian algae. p. 2.

Rutikanga , A., Leonard , G. M., & Nathan , O. (2014). Mineral composition, Antioxidants and Antimicrobial activities of freshwater algae (spirogyra genus) from Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology (JKUAT). *World Rural Observations*, 86-91.

Richard J. Radmer, 1996, Algal diversity and commercial algal products, 263-270.

(S)

Salamat , A., Siroua , K., Kenz , A., Ainane , A., Talbi , M., Elkouali, M., & Ainane , T. (2021). ANTIOXIDANT AND ANTIBACTERIAL ACTIVITIES OF THE METHANOL EXTRACT OF CHARA HISPIDA FRESHWATER GREEN ALGAL OF CHARACEAE.

Bibliographie

PharmacologyOnLine, 464-471.

Sauvageau, M. C. (1892). Les Algues D'Eau Douce Récoltées En Algérie. *Tendofonline*, 3_4.

Simon Pillard, 2016 , " Mise au point sur les algues vertes : risques environnementaux et valorisations ", Thèse de Doctorat, Université de Picardie Jules Verne, PP : 55-70.

(T)

Thallophytes.pdf. (2019). Récupéré sur www.talib24.com: <https://talib24.com/wp-content/uploads/2019/09/Thallophytes.pdf>

(V)

VIVIER P., M. E. (20/10/2008). Les algues d'eau douce et leur intérêt en piscicult.

(W)

W, B., M, Y., M, A., M.C, A., & A, A. (2011). EVALUATION DE L'ACTIVITE ANTIOXYDANTE ET ANTIMICROBIENNE DES EXTRAITS DE L'AUBEPINE MONOGYNE. *Lebanese Science*, 12.

wistiti57, b. (01/08/2016). *genre Chara*. Consulté le 25/08/2023, sur Aquaportail: <https://www.aquaportail.com/especes/taxonomie/genre/593/chara>

wistiti57, b. (08/04/2013). *Chaetomorpha linum*. Consulté le 25/02/2020 , sur Aquaportail: <https://www.aquaportail.com/fiche-algue-3084-chaetomorpha-linum.html>

wistiti57, b. (25/03/2014). *Spirogyre*. Consulté le 01/09/2023, sur Aquaportail: <https://www.aquaportail.com/dictionnaire/definition/13637/spirogyre>

