

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES**



**FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**  
**DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE L'AGRONOMIE**

# ***Mémoire***

*De fin d'études pour l'obtention du diplôme Master*

*Domaine : Sciences de la nature et de la vie (S.N.V.)*

*Filière : Sciences Agronomiques*

*Spécialité : Production Végétale*

Intitulé du thème:

**L'effet d'amendement organique à base des microalgues, sur deux cultures le haricot et le blé par l'hydroponie.**

Présenté par : Mlle **ZEIR Kheira**

Mémoire soutenu le 24 Juin 2020, devant l'honorable jury composé de :

**President: Mr HADDAD Mostéfa**

**MCA – UDL– SBA**

**Examineur : M. REGUIEG MM**

**MAA – UDL–SBA**

**Encadreuse : Mme GHOMARI Samia**

**MCA – UDL–SBA**

**Co-encadreuse : Mme MEBARKI Karima**

**Doctorante**

*Année universitaire 2019- 2020*

# *Remerciement*

*Ce travail ne n'a pu voir le jour que grâce à des sacrifices et à l'aide et l'encouragement de plusieurs que je ne saurai jamais les remercier assez.*

*Tout d'abord, je remercie le dieu de me donner la force, la volonté et le courage afin d'accomplir ce modeste travail.*

*Mes remerciements les plus forts vont à Mme GHOMARI d'abord, d'avoir accepté de m'encadrer, pour toute sa gentillesse, pour ses précieux conseils et encore pour avoir proposée ce sujet et préparée les conditions de sa réalisation. Qu'elle trouve dans ces lignes, l'expression de mon estime, de mon respect et de ma gratitude.*

*Mes remerciements à Mme MIBARKI. D'avoir accepté aimablement de me Co-encadrer.*

*Je tiens à remercier vivement Mr HADDAD, a bien voulu s'intéresser à nos travaux et pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de présider le jury et ce malgré ses multiples tâches, je suis sûre que ses critiques et orientations me seront très utiles.*

*Je tiens à remercier Mr REGUIEG, pour d'avoir accepté de prendre part au jury et de contribuer à enrichir le débat.*

*Mes remerciements vont aussi à*

*Tous les enseignants du département d'Agronomie, particulièrement les enseignants de la spécialité production végétale.*

# *Dédicace*

*À mon très cher père Abdelkader qui la miséricorde du bon Dieu soit sur  
lui.*

*À ma très chère mère pour son amour, son sacrifices et son encouragement  
tout le long de mon chemin de vie et d' étude qu'Allah me la protège.*

*A mes frères mon bras droit Mohamed et Larbi pour leurs et  
encouragements permanents.*

*Mes chères sœurs Meriem, Zouzou et ma tante Abbassia pour leurs  
encouragements, ET leur soutien moral.*

*À ma belle cousine Ikram pour son encouragement  
et de m'avoir aidé.*

*À mes chères amies IKram, Khadidja, Rania, Imene ainsi que toute ma  
promotion.*

*Et à tous ceux qui m' aiment.*

## Résumé

### **L'effet d'amendement organique à base des microalgues sur deux cultures, le haricot et le blé par l'hydroponie.**

Dans le domaine de l'agriculture, l'utilisation des produits chimiques pour maximiser les rendements, se répercutent directement sur la santé humaine et l'environnement d'une façon générale.

Notre étude a été réalisée dans l'objectif de trouver des applications alternatives aux systèmes classiques par l'utilisation d'un amendement organique à base d'une espèce de microalgue *Scenedesmus sp* à une concentration de 2% sur la variété H115 du haricot et la variété Simeto de blé dur par la technique d'hydroponie; visant à améliorer la productivité des cultures et à produire des semences biologiques et saines. Nous avons remarqué qu'il a un effet sur le taux de germination pour les légumineuses par rapport aux graminées, sur la vitesse de croissance et d'élongation des tiges des plantes, sur la productivité des légumineuses et aucun effet sur la productivité des graminées et il donne une meilleure qualité des graines.

L'effet de l'amendement est très intéressant pour les légumineuses que les graminées.

**Mot clé:** Agriculture, amendement organique, microalgue, haricot, blé, hydroponie.

---

## ملخص

تأثير التعديل على الطحالب الدقيقة على محاصيل، الفول والقمح بواسطة الزراعة المائية.

في الزراعة؛ استخدام المواد الكيميائية من اجل رفع المردود إلى أقصى حد؛ و هذه الأخيرة لها تأثيرات مباشرة على صحة الإنسان و بشكل عام على البيئة.

تم إجراء الدراسة بهدف إيجاد تطبيقات بديلة للأنظمة التقليدية باستخدام تعديل عضوي يستند إلى أنواع الطحالب الدقيقة *Scenedesmus sp* بتركيز 2% على الفاصوليا 115 والقمح الصلب سيميتو بواسطة الزراعة المائية؛ لتحسين إنتاجية المحاصيل وإنتاج بذور عضوية. وصحية لاحظنا أن له تأثير على معدل نمو البقوليات مقارنة بالحبوب، على سرعة نمو وتمدد ساق النباتات، على إنتاجية البقوليات وعدم التأثير على إنتاجية الحبوب وهي تعطي نوعية أفضل للبذور.

تأثير السماد العضوي له اثر على البقوليات أكثر من الحبوب.

**الكلمات المفتاحية:** الزراعة ، التعديل العضوي ، الطحالب الدقيقة ، الفاصوليا ، القمح ، الزراعة المائية.

---

## Abstract

The microalgae-based amendment effect on two crops, beans and wheat by hydroponics.

In agriculture, the use of chemicals to maximize yields has a direct impact on human health and the environment in general.

Our study was carried out with the aim of finding alternative applications to conventional systems by the use of an organic amendment based on a species of microalgae *scenedesmus sp* at a concentration of 2% on the H115 variety of beans and the Simeto variety of durum wheat by the hydroponics technique; aimed at improving crop productivity and producing organic and healthy seeds. We have noticed that it has an effect on the germination rate for legumes compared to grasses, on the speed of growth and elongation of plant stems, on the productivity of legumes and no effect on the productivity of grasses and it gives better quality of seeds.

The effect of the amendment is very interesting for legumes than grass.

**Key word:** Agriculture, organic amendment, microalgae, beans, wheat, hydroponics.

---

## Liste d'abréviations

---

- Mt = Millions de tonnes
  - MADR = Ministère de l'agriculture et le développement Rural
  - AGP II = Angiosperm Phylogeny Group II.
  - cm= Centimètre
  - mm = Millimètre
  - FAO = Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
  - J-C = Jésus-Christ
  - °C = Degré Celsius
  - pH= Potentiel hydrogène
  - m= Mètre
  - CNCC = Centre National de Contrôle et de Certification des semences et plants.
  - $C_6H_{12}O_6$  = Molécule de sucre Glucose.
  - CE = Conductivité électrique.
  - NFT : Nutrient Film Technique
  - Pf = Poids fraiche
  - min= Minute
  - CEC= Capacité d'échange cationique
  - $m^3$  = Mètre cube
  - SNV= Sciences de la Nature et de la vie;
  - h= Heure
  - l= Litre;
  - ml = Millilitre;
  - qx = Quintaux;
  - ha = Hectare;
-

## Liste des figures

---

<b>Figure 1:</b> La production des légumes secs en Algérie.....	Page 3
<b>Figure 2:</b> <i>Phaseolus coccineus</i> , le haricot d'Espagne.....	page 4
<b>Figure 3:</b> Différentes parties de haricot.....	Page 6
<b>Figure 4:</b> Le cycle du développement du Haricot.....	page 7
<b>Figure 5 :</b> Quelques variétés du haricot.....	page 10
<b>Figure 6 :</b> La rouille du haricot.....	page 12
<b>Figure 7 :</b> L'antracnose du haricot.....	page 12
<b>Figure.8:</b> La mosaïque commune du haricot.....	page 12
<b>Figure 9:</b> La bactériose commune.....	page 13
<b>Figure.10:</b> La bactériose à halo.....	page 13
<b>Figure 11:</b> Puceron.....	page 14
<b>Figure 12:</b> Acarien rouge.....	page 14
<b>Figure 13 :</b> Principaux (5) pays producteurs de blé dans le monde 2016-2019.....	page 15
<b>Figure 14:</b> Blé tendre & Blé dur.....	page 17
<b>Figure 15:</b> Morphologie d'un plant de blé.....	page 18
<b>Figure 16:</b> Cycle de développement du Blé.....	page 20
<b>Figure 17:</b> Quelques variétés locales du blé.....	page 22
<b>Figure 18:</b> Charbon nu du blé.....	page 24
<b>Figure 19 :</b> La rouille jaune sur les feuilles.....	page 24
<b>Figure 20 :</b> Puceron du blé.....	page 25
<b>Figure 21:</b> Le ver blanc du blé.....	page 25

---

## Liste des figures

---

<b>Figure 22:</b> Les différentes formes des microalgues.....	page 27
<b>Figure 23:</b> Diatomées (bacillariophycées) – <i>Emilianahuxleyi</i> .....	page 29
<b>Figure 24 :</b> Algues vertes (chlorophycées) – <i>Micrasterias</i> .....	page 30
<b>Figure 25:</b> Cyanobactéries (cyanophycées) – <i>Glaucocystis</i> .....	page 30
<b>Figure 26:</b> Algues dorées (chrysophycées) – <i>Uroglenopsis</i> .....	page 31
<b>Figure 27:</b> Structure des micro-algues eucaryotes <i>Chlamydomonas sp</i> .....	page 32
<b>Figure 28 :</b> Structure des micro-algues Procaryote Cyanobactérie.....	page 32
<b>Figure 29:</b> Processus de photosynthèse des micro-algues.....	page 34
<b>Figure 30:</b> Schéma d'un système passif d'hydroculture.....	page 38
<b>Figure 31:</b> Schéma d'un système hydroponique NFT.....	page 39
<b>Figure 32 :</b> Schéma d'un système Aéroponique.....	page 40
<b>Figure 33:</b> Présentation d'un système table à marées.....	page 40
<b>Figure 34:</b> Schéma d'un système de goutte à goutte.....	page 41
<b>Figure 35 :</b> Schéma d'un système aquaponique.....	page 42
<b>Figure 36:</b> Critères de choix d'un substrat de culture.....	page 42
<b>Figure 37:</b> Les billes d'argile.....	page 45
<b>Figure 38:</b> La laine de roche.....	page 46
<b>Figure 39:</b> Vermiculite.....	page 46
<b>Figure 10:</b> Terreau.....	page 47
<b>Figure 41 :</b> La tourbe.....	page 48
<b>Figure 42:</b> La serre de la faculté du SNV.....	page 52
<b>Figure 43:</b> Le matériel du système hydroponique.....	page 53

---

## Liste des figures

---

<b>Figure 44:</b> L'installation du système et mise en place.....	page 54
<b>Figure 45:</b> Désinfection des billes d'argiles.....	page 55
<b>Figure 46:</b> Une coupe schématique d'un bac.....	page 55
<b>Figure 47:</b> Mise en bac le gravier et le filet en plastique.....	page 56
<b>Figure 48:</b> Mise en bac les billes d'argiles et les tuyaux de goutte à goutte et lancement du système hydroponique.....	page 56
<b>Figure 49:</b> Les étapes de préparation du purin d'ortie.....	page 57
<b>Figure 50:</b> Les étapes de l'essai de témoin.....	page 59
<b>Figure 51:</b> Les étapes de l'étude.....	page 60
<b>Figure 52:</b> Les différentes étapes de préparation de solution de microalgue.....	page 62
<b>Figure 53:</b> Entretien et suivi du système.....	page 63
<b>Figure 54 :</b> L'évolution de nombre de graines du haricot traitées et témoins germées.....	page 64
<b>Figure 55:</b> Le pourcentage des graines de blé germé.....	page 64
<b>Figure 56:</b> La courbe de croissance des tiges du haricot traité et témoin cm/jour.....	page 65
<b>Figure 57:</b> Hauteur de la tige du haricot.....	page 65
<b>Figure 58 :</b> Évolution des nombres de fleurs du haricot.....	page 66
<b>Figure 59:</b> Évolution des nombres de gousses du haricot.....	page 67
<b>Figure 60:</b> Évolution des nombres de gousses du haricot.....	page 67
<b>Figure 61:</b> La vigueur des plants de blé.....	page 68
<b>Figure 62 :</b> La taille des épis.....	page 69
<b>Figure 63:</b> Le calibre des grains de blé.....	page 70

---

## Liste des tableaux

---

<b>Tableau 1</b> : Les maladies cryptogamiques du Haricot.....	page 11
<b>Tableau 2</b> : Maladie virale du Haricot.....	page 12
<b>Tableau 3</b> : Maladies Bactériennes du Haricot .....	page 13
<b>Tableau 4</b> : Les principaux ravageurs du haricot.....	page 14
<b>Tableau 5</b> : Classification d'AGP II de blé dur et tendre.....	page 16
<b>Tableau 6</b> : Les principales maladies cryptogamiques.....	page 23
<b>Tableau 7</b> : Les principales ravageurs des céréales.....	page 24
<b>Tableau 8</b> : Les principaux pays producteurs mondiales des microalgues.....	page 26
<b>Tableau 9</b> : Diversité des microalgues eucaryotes et procaryotes, marines et d'eau douce.....	page 28
<b>Tableau 10</b> : Les inconvénients et les avantages de la culture hydroponique.....	page 36
<b>Tableau 11</b> : Propriétés physiques et chimiques générales des substrats minéraux et organiques.....	Page 44
<b>Tableau 22</b> : Les paramètres à suivre.....	page 71

---

## Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Table des matières

Introduction générale.....page 1

Partie bibliographique

### Chapitre I : Le haricot

I.1-Importances économiques ..... page 3

I.1.1-Importance du haricot dans le monde.....page 3

I.1.2- L'importance du haricot en Algérie .....page 3

I.2- Généralités.....page 4

I.2.1- Origine et historique du haricot .....page 4

I.2.2- Classification botanique.....page 4

I.2.3- Description morphologique .....page 5

I.2.4- Cycle de végétation .....page 6

I.3-Les exigences agronomiques du haricot.....page 8

I.4-Classification variétale.....page 9

I.5-Les ennemis de haricot. ....page 11

I.5.1- Les maladies des haricots .....page 11

I.5.2- Les ravageurs du haricot .....page 14

---

# Table des matières

---

## Chapitre II : Le blé

II.1- L'importance du blé.....	page 15
II.1.1- L'importance du blé dans le monde .....	page 15
II.1.2- L'importance des blés en Algérie.....	page 15
II.2- Généralités sur le blé.....	page 16
II.2.1- Historique et origine du blé .....	page 16
II.2.2- Classification botaniques :.....	page 16
II.2.3- Les caractéristiques morphologiques .....	page 17
II.2.4- Cycle végétatif .....	page 19
II.2.5- Les exigences pédoclimatiques .....	page 20
II.3- Les variétés .....	page 21
II.3.1- Les variétés en Algérie .....	page 22
II.4- Les principales maladies de blé.....	page 23

## Chapitre III : La microalgue

III.1- L'importance mondiale de la culture des microalgues .....	page 26
III.2- L'importance de la culture des microalgues en Algérie .....	page 26
III.3-Définition.....	page 27
III.4- Diversité et classification.....	page 28
II.5- Classification des microalgues d'eau douce.....	page 29
II.3-Morphologie.....	page 31

---

## Table des matières

---

II.3.1- Eucaryote .....	page 31
II.3.2- Procaryote.....	page 32
III.5- Reproduction .....	page 33
III.5- Caractéristiques .....	page 33

### **Chapitre VI : L'hydroponie**

VI-Généralités sur la culture hydroponique.....	page 35
VI.1- Définition .....	page 35
VI.2- Historique.....	page 35
VI.3- L'intérêt de l'hydroponie .....	page 36
VI.4- Avantage et inconvénients de la culture hydroponique .....	page 36
IV.5- Les différents systèmes hydroponiques.....	page 37
IV.5.1- Les systèmes passifs .....	page 37
VI.5.2- Les systèmes actifs.....	page 38
VI.5.2.1- Le ruissèlement nutritif ou (NFT).....	page 38
VI.5.2.2- Système Aéroponie .....	page 39
VI.5.2.3- Système « flux-reflux » ou table à marées.....	page 40
VI.5.2.4- -Système à percolation « goutte à goutte ».....	page 41
VI.5.2.5- La bioponie.....	page 42
VI.5.2.6- L'aquaponie.....	page 42
VI.6- Définition du substrat de culture.....	page 43
VI.6.1-Principaux substrats utilisés en culture hors-sol.....	page 43
VI.6.1.1- Les substrats minéraux.....	page 43

---

## Table des matières

---

VI.6.1.2- Les substrats organiques.....	page 47
VI.7- Exigences des cultures hors sol.....	page 48
VI.7.1- Facteurs indispensables pour la culture hors-sol.....	page 49
VI.7.1.1- Les besoins énergétiques .....	page 49
VI.7.1.2- Les besoins en matériaux.....	page 50
VI.8- Les problèmes rencontrés l'hydroponie, et l'utilisation de cette technique en Algérie.....	page 51

### **Partie expérimentale**

#### **Chapitre I : Matériels et méthodes**

- Introduction.....	page 52
-Présentation du site de l'essai .....	page 52
- Les étapes de l'étude .....	page 52
I.1-Matériels .....	page 52
I.1.1- matériel végétale .....	page 52
I.2- Montage système hydroponiques .....	page 53
I.1.3- Matériel d'analyse .....	page 53
I.2-Méthodes .....	page 54
I.2.1- Montage du système .....	page 54
I.2.1-Le substrat.....	page 55
I.2.2.1- Mise en bac le gravier et les billes d'argile .....	page 55
I.2.3- Préparation du premier engrais biologique.....	page 56
I.2.4- mise en culture des plantes .....	page 58

---

## Table des matières

---

I.2.4.1- Les plants témoin.....	page 58
I.2.4.2- les plants traités .....	page 59
I.2.5- Préparation du deuxième engrais biologique .....	page 61
I.2.6- les paramètres de mesures .....	page 62
I.2.7- Entretien du système et des cultures.....	page 63

### **Chapitre II : Résultats et discussion**

II.1- Résultats .....	page 64
II.1.1- Le test de germination .....	page 64
II.1.2- Mesure de l'évolution du matériel végétal .....	page 65
II.1.2.1- Le haricot .....	page 65
II.1.2.2- Le blé.....	page 68
II.2- Discussion.....	page 72
<b>Conclusion générale</b> .....	page 74
<b>Références bibliographiques</b> .....	page 76
<b>Les annexes</b> .....	page 85

---

**INTRODUCTION**

**GÉNÉRALE**

## Introduction générale

Actuellement dans notre pays, la productivité agricole est de moins-en-moins positive. La disponibilité des terres fertiles reste en régression, suite à l'évolution industrielle au détriment de l'agriculture biologique. La surexploitation des engrais chimiques conduit à la perte de la viabilité des sols, qui sont de plus en plus menacée. Le surdosage des cultures par les pesticides et les produits chimiques pour maximiser les rendements, se répercute directement sur la santé humaine et l'environnement d'une façon générale (BOUHENNI & CHABANI, 2018).

En Algérie, la difficulté de l'autosuffisance en semences des légumes et des fruits reste sujette d'actualité dans le monde scientifique. La manifestation des maladies cryptogamiques durant leurs cultures a poussé les agriculteurs vers l'utilisation des techniques récente, pour minimiser l'utilisation des produits chimiques, tels que les pesticides, les insecticides, les acaricides et les fongicides (BOUHENNI & CHABANI, 2018).

Les contraintes présentées ci-dessus incitent les chercheurs à contourner les méthodes classiques, pour s'orienter davantage vers de nouvelles applications en biotechnologie. Dans ce contexte, notre étude s'est orientée vers l'application d'un amendement organique à base des microalgues par la technique d'hydroponie afin d'obtenir une semence saine et biologique du haricot et du blé.

Cela va favoriser un meilleur profit pour une amélioration de la croissance et du développement des cultures du haricot et du blé. Ainsi, une meilleure productivité de la semence biologique en hors-sol et hors-saison de ces deux cultures.

L'objectif global de ce travail est d'évaluer la réponse des deux cultures du haricot et du blé à l'amendement organique par la microalgue en hydroponie, d'une part comparer leur potentialité de production dans chaque milieu (traité et témoin) ; et d'autre part de chercher à déterminer l'efficacité de cet engrais sur les légumineuses ou bien sur les graminées.

Cette présente recherche est structurée comme suit :

- La mise en place du système hydroponique pour les deux cultures ;

## Introduction générale

---

- L'étude de la germination des graines traitées et non traitée par l'espèce de microalgue *Scenedesmus sp* ;
- Le lancement des cultures en hydroponie ;
- Evaluation des résultats obtenus.

# PARTIE I

## PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

# CHAPITRE I

## LE HARICOT

## I.1-Importances économiques

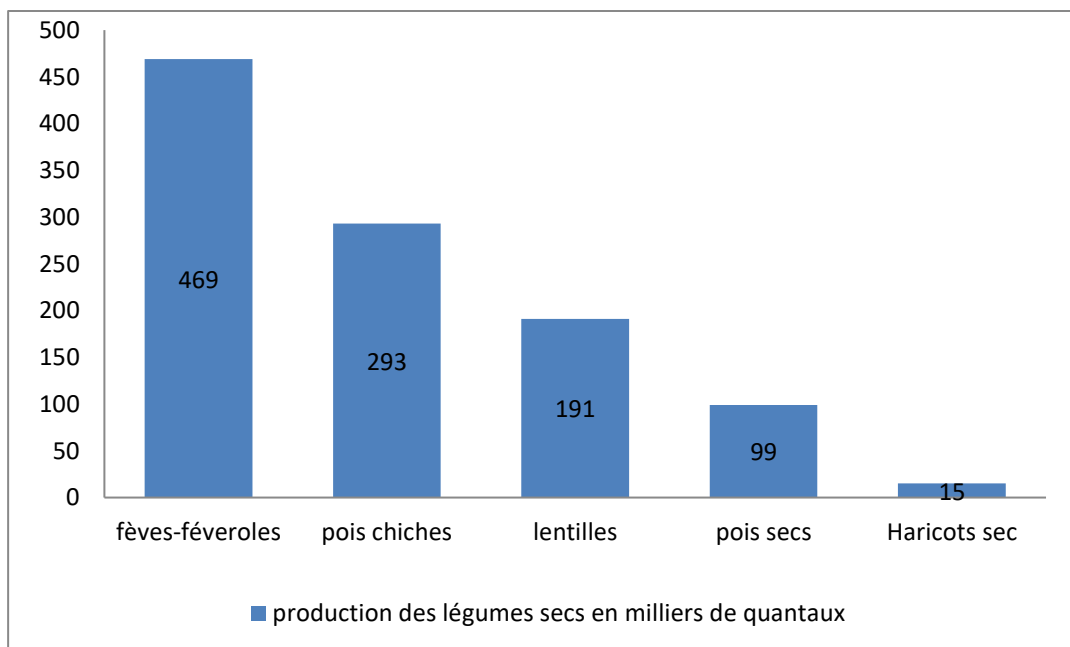
### I.1.1-Importance du haricot dans le monde

D'après une étude de la banque néerlandaise Rabobank en 2018, la production mondiale de légumineuses, portée par une forte demande en Inde, atteindrait 80 millions de tonnes par an, avec comme principaux producteurs l'Inde (22 Mt), le Canada (8 Mt), la Birmanie (6 Mt) [2].

Le haricot représenterait à lui seul près de 33 % de la production mondiale de légumineuses, suivi par le pois chiche (17%) et le pois sec (16%) [3].

### I.1.2- L'importance du haricot en Algérie

D'après le ministère de l'agriculture et le développement rural (MADR), la production totale de fèves-féveroles était d'environ 500.000 quintaux en Algérie, tandis que la production de haricots secs s'élevait à environ 15.000 quintaux (figure 1) [3].



**Figure 1:** la production des légumes secs en Algérie [3].

Selon le président du Conseil interprofessionnel de la filière des légumineuses alimentaires, la production des légumineuses a connu un saut quantitatif sans pareil au cours de l'année 2018 [4].

## I.2- Généralité

### I.2.1- Origine et historique du haricot

Le haricot est originaire d'Amérique de sud, de sa zone tropicale de moyenne montagne. Sa domestication date plus de 9700 ans [5].

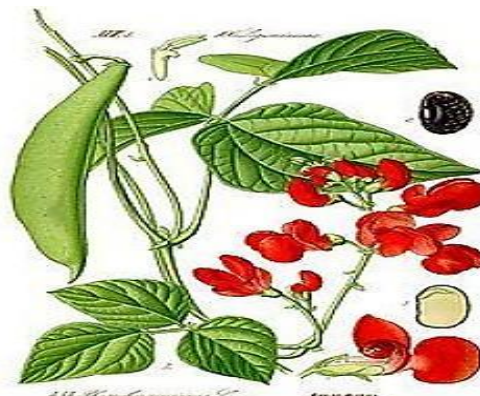
La culture du haricot a été diffusée dès le XVIème siècle vers d'autres régions, elle a été découvert dans l'Amérique par Christophe Colomb, cette culture à développer dans tous les régions l'île le principalement États-Unis, l'Europe et l'Afrique tropicale, secondairement vers l'Afrique du Nord et l'Asie [6].

Le terme haricot désigne deux genres botaniques distincts : le *Phaseolus*, né en Amérique du sud et centrale et le *Vigna*, Afro-asiatique, au Nigéria [7].

### I.2.2- Classification botanique

Le haricot appartient à la famille des fabacées, genre *phaseolus* et l'espèce *vulgarise*. Le haricot possède un nombre de chromosome égal à  $2n=22$ ) [6]. Classification phylogénétique APG III :

- **Règne** : Archéplastides ;
- **Clade** : Angiospermes ;
- **Clade** : Dicotylédones vraies ;
- **Clade** : Noyau des Dicotylédones vraies ;
- **Clade** : Rosidées ;
- **Clade** : Fabidées ;
- **Ordre** : Fabales ;
- **Famille** : Fabacées ;
- **Sous-famille** : Faboïdées ;
- **Genre** : *Phaseolus* ;



**Figure 2:** *Phaseolus coccineus*, le haricot d'Espagne [9].

- **Espèce** : *vulgaris* [8].

### I.2.3- Description morphologique

#### ➤ **La partie souterraine**

La racine est constituée d'une racine principale et des radicelles de plus en plus fines, l'ensemble fixe la plante au substrat édaphique [10]. La faculté restauratrice des racines est très faible, ils ne supportent pas le repiquage [8].

Le plant fixe l'azote atmosphérique, à condition que le rhizobium approprié soit présent dans le sol au contact des racines. On vise une nodulation abondante et des nodules, ou nodosités, de grande taille. Il faut aussi assurer une bonne pénétration de l'air dans le sol [6].

#### ➤ **La partie aérienne**

##### **La tige**

La tige est à croissance indéterminé (variétés à rames) ou à croissance déterminé (variétés naines) [6].

##### **Les feuilles**

Il ya formation de deux feuilles opposées simples puis des feuilles trifoliolées à folioles cordiformes [11].

##### **Les fleurs**

Les fleurs sont portées des grappes axillaires et terminales [12]. Elles se parent de différentes couleurs, en fonction des nombreuses variétés : elles peuvent être blanches, jaunes ou rouges, et décliner dans des dégradés et des nuances qui parfois tournent violet. Elles s'autopollinisent, bien que l'activité des bourdons et des abeilles entraine une certaine proportion de pollinisation croisée [8].

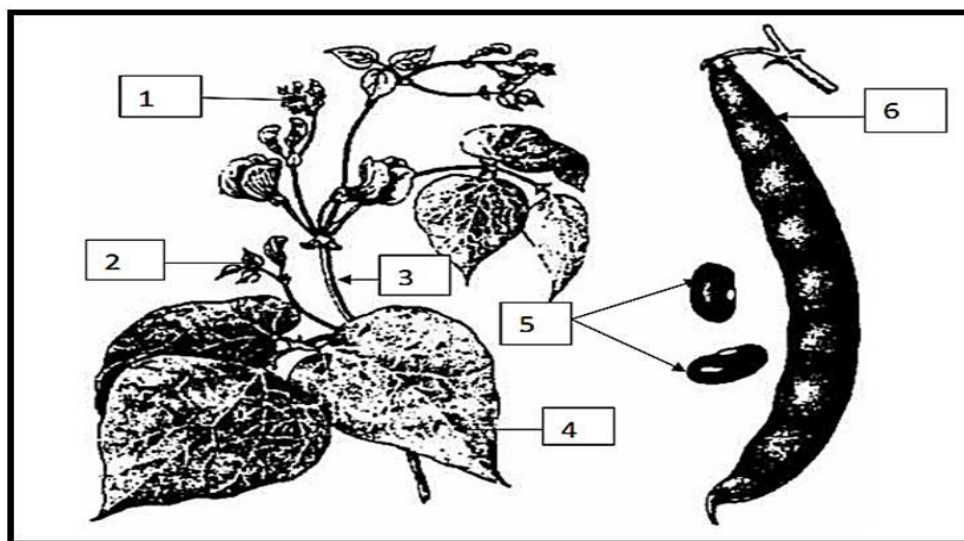
##### **La gousse**

Elle qui constitue la partie récoltée est verte, jaune ou pourpre, droite ou courbe, ronde ou plate, convexe ou elliptique [8].

## Les graines

La graine est noire, blanche, brune, rouge ou rose et selon le cultivar, sa forme est ovale, ronde ou réniforme [8].

Les semences du haricot gardent leur faculté germinative normalement durant 4–5ans [8].



**Figure 3:** différentes parties de haricot [13].

**Légende :** (1) : inflorescence ; (2) : ramification secondaire ; (3) : tige principale ; (4) : feuille ; (5) : graines; (6) : gousse.

### I.2.4- Cycle de végétation

#### -Phase de germination

La germination, première étape du cycle de vie du haricot, est le processus dans lequel la graine commence à former un germe ou plantule [14].

#### -Phase de croissance

3 à 4 jours après la levée, les cotylédons commencent à se faner. 5 à 6 jours après la levée apparaissent des feuilles trifoliolées, Au bout d'un mois, le pied du haricot possède une

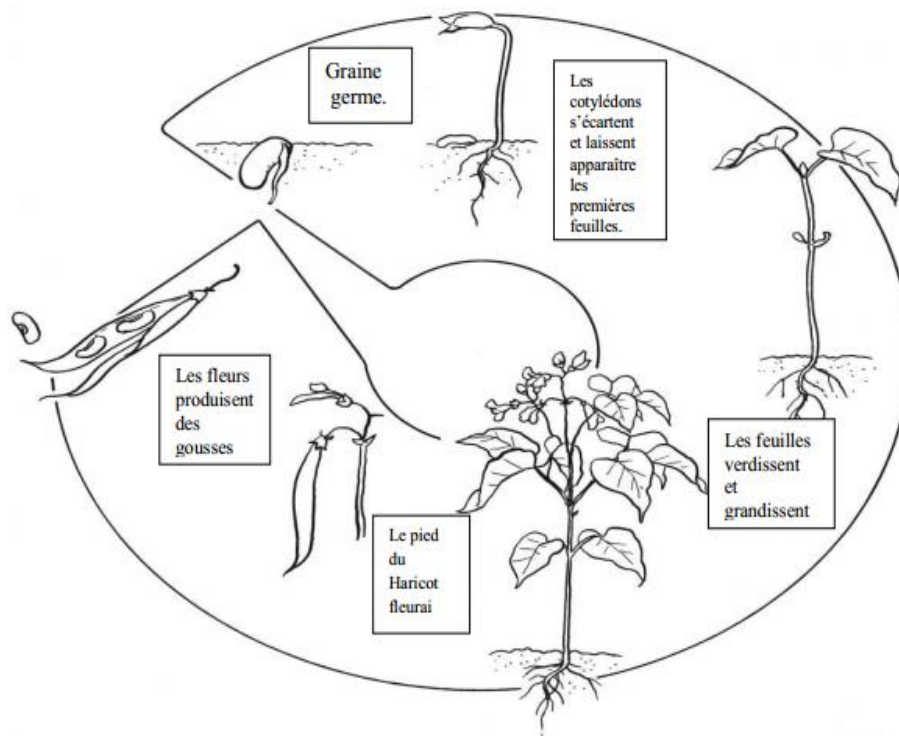
dizaine de feuilles trifoliolées et il a atteint sa hauteur définitive de 30 à 40 cm pour les variétés naines [15].

### -Phase floraison

Le stade de la floraison du haricot commence après que le germe a redressé entièrement en dehors du sol. A ce stade, le germe pointe fermement debout vers la lumière du soleil. Cela arrive habituellement entre 6 et 8 semaines après la plantation. A ce moment-là, les fleurs commencent à former sur la pousse et la fertilisation commence. Ainsi, les ovaires de la fleur commencent à transformer les gousses [14].

### -Phase maturation

Les graines se forment après que la taille définitive est atteinte. Il faut attendre encore les gousses s'ouvrent d'elles-mêmes, les graines étant mures [14].



**Figure 4:** Le cycle du développement du Haricot [16].

### I.3-Les exigences agronomiques du haricot

#### ➤ Les exigences climatiques

Le plant est sensible à la grêle et aux pluies battantes; une bâche flottante permet d'assurer une protection tout en favorisant la précocité [6].

#### + Température

Le zéro végétatif se situe à 10°C .La température optimale de germination et de croissance est évaluée à 22-25°C .Les fortes chaleurs (> 35°C) sont néfastes à la germination, à la fécondation des fleurs et à la formation de gousses de qualité. Sont observées, alors, plus de précocité et d'intensité dans la formation des fibres ainsi qu'une réduction de la longueur de la gousse avec déformation, voire avortement [6].

#### + Lumière

La plante présente une forte sensibilité à l'intensité lumineuse, notamment au moment de la floraison. Une déficience de la lumière entraîne l'avortement des fleurs [6].

#### + Humidité

Le haricot est une plante qui craint l'excès d'humidité [17].

#### ➤ Exigences hydriques

Les précipitations sont nécessaires pour le haricot pendant tout leur cycle de production, un apport en eau constant et suffisant pour accompagner les gousses jusqu'à leur complète maturation [6].

#### ➤ Exigences édaphiques

L'espèce est adaptée à de nombreux types de sol, Le pH doit être neutre, avec des valeurs comprises entre 6,5 et 7 [11].

## I.4-Classification variétale

### -Haricot vert

Les types variétaux de haricot cultivés pour la consommation de la gousse (=haricot vert) à destination du marché de frais ou de l'industrie, sont classés de la manière suivante :

➤ **Variétés naines à croissance déterminée dont tige et ramification ne dépassent pas 60 cm**

- Les «filets» (Triomphe de Farcy et Fin de Bagnols, variétés anciennes de référence; Aiguillon, Morgane, Royalnel, Vernandon) et les «filets sans fil», à section ronde, verts ou panachés, dont on récolte les gousses jeunes (gousses de 15 à 20 cm de longueur) avant l'apparition du fil et du parchemin pour les premières citées.
- Les «mangetout» dont les gousses, vertes ou jaunes (en ce dernier cas, désignés «mangetout beurre» comme Safran), ne présentent ni fil ni parchemin à un stade de croissance avancé. Les variétés actuelles sont caractérisées par leur grande adaptation à la récolte mécanique (floraison et récolte groupées, homogénéité de la répartition des gousses dans le feuillage). Leur classification est basée sur le niveau du calibre de la gousse :
  - ✓ Extra-fins ( Angers, Booster, Calisto, Capitole, Galion, Lipsos, Panama, Twiggy, Valence);
  - ✓ Très fins (Arras, Astrel, Bergamo, Kilian, Odessa, Ploder, Pongo, Primera, Proton, Sonate);
  - ✓ Fins ( Cupidon, Fulvio, Nagono, Paloma, Yuko);
  - ✓ Mi-fins (Carlo, Forum, Rondina, Scuba, Sirio, Talgo) [6].

➤ **Variétés à tige volubile de plus de 2m qui s'enroule sur des tuteurs (=variétés à «Rames»)**

Émérite (mangetout), Diamant (filet) [6].

### -Haricot à écosser

Il existe plusieurs types variétaux dont on consomme la graine à l'état sec (10% d'humidité) ou demi sec (18-25% d'humidité, 45% pour la flageolet) après qu'elle ait atteint son volume définitif [6].

➤ **Haricot nain**

- Type Flageolet à grain vert plus ou moins soutenu représenté par le Chevrier vert (Flaforte, Flagrano, Flavert, Vernel, Flagrasès, Méribel, Salto, Alamo, Flanita...) récolte en très grande partie en demi sec.
- Type Lingot à gros grain blanc récolté en sec (Lingot du Nord, Lingot de Vendée, type Soissons).
- Type Coco à grain blanc souvent marbré de rose ou de bleu, récolté en demi sec (Coco de Paimpol — et les sélections qui en sont issues comme Pactol — à la gousse d'un vert jaune zébrée de stries de couleur rose violine, coco de Carpentras à la gousse vert blanchâtre, Coco d'Eyragues à la gousse courte fortement marbrée de rose, Coco de Prague, Borlotto...).
- Michelet à longue cosse à gousse longue d'un blanc crème (nouvelles sélections avec introduction de gènes de résistance à l'antracnose ou à la graisse) : Blason, Mogex...
- Mistral à gousse longue de bonne précocité [6].

➤ **Haricot à rames**

Michelet à rames, Coco à rames (gousse sans fil ni parchemin), Soissons gros blanc à rames... [6].



**Figure 5** : Quelques variétés du haricot [18].

## I.5-Les ennemis de haricots

Les cultures de haricots sont sujettes à de nombreuses attaques de ravageurs et maladies qui peuvent entraîner d'importants dégâts en l'absence de moyens de lutte appropriés. On estime qu'en Afrique tropicale plus de 50% de la production est perdue chaque année [19].

### I.5.1- Les maladies des haricots

**Tableau 1** : les maladies cryptogamiques du Haricot [20].

Maladies	Symptômes et dégâts	Moyens de lutte
maladie des taches anguleuses <i>Phaeoisariopsis griseola</i>	-Tache anguleuse sur les feuilles délimitées par les nervures et taches arrondies rougeâtres sur les gousses.	-Composter les fanes, éliminer les plantules issues de graines germées hors saison et respecter la rotation. -Utilisation des variétés résistantes ou tolérantes.
L'antracnose <i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	-Taches arrondies, déprimées, grisâtres à contours rougeâtres sur les tiges, les feuilles et les gousses.	
L'ascochytose <i>Ascochyta phaseolarum</i>	-Grandes taches brunâtres sur les feuilles et les gousses.	
La rouille du haricot <i>Uromyces appendiculatus</i>	-Petites pustules arrondies, avec des spores au centre et entourées d'un halo chlorotique circulaire.	
La maladie des taches farineuses <i>Mycovellosiella phaseoli</i>	-Taches de couleur jaune diffuse qui évoluent en nécroses brunâtres irrégulières, par un aspect farineux de la face inférieure de la feuille et une défoliation prématurée de la plante.	
Maladies radicaire <i>Fusarium solani f. sp.phaseoli</i> ; <i>Rhizoctonia solani</i> ; <i>Phythium sp.</i> ; <i>Thielaviopsis basicola</i>	-Lésions nécrotiques avec une légère décoloration ; les tissus de l'hypo-cotyle des racines sont couverts de lésions ; détérioration du système racinaire.	



**Figure 6 :** la rouille du haricot [21].



**Figure 7 :** L'antracnose du haricot [22].

**Tableau 2:**Maladie virale du Haricot [20].

Maladies	Symptômes et dégâts	Moyens de lutttes
La mosaïque commune du haricot. <b>virus (BCMV)</b>	-Les plantes ont des dimensions réduites. -Feuilles déformées, recroquevillées vers le bas, cloquées ou plissées. -Les gousses sont déformées et rugueuses au toucher.	-Utilisation des semences saines et arrachage des plantes malades. -Contrôle des pucerons. -Utilisation des variétés résistantes ou tolérantes.



**Figure.8:** La mosaïque commune du haricot [23].

Tableau 3 : Maladies Bactériennes du Haricot [20].

Maladies	Symptômes et dégâts	Moyens de lutte
La bactériose à halo. <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>Phaseoli colaet</i> <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i>	-Petits points nécrotiques sur les feuilles entourées d'un halo chlorotiques circulaires.	-Utiliser des semences saines et arracher les plantes malades.  -Utilisation des variétés résistantes ou tolérantes.
La bactériose commune <i>Xanthomonas campestris</i>	-Sur les feuilles des lésions brunâtres à brun clair, irrégulières, limitées par une bordure jaune.  -Sur les gousses, des taches de couleur vert foncé, graisseuses circulaires s'étendent le long des sutures.	-Trempage des semences dans le sulfate de Streptomycine avant le semis.



Figure 9: La bactériose commune [24].



Figure.10: La bactériose à halo [25].

## I.5.2- Les ravageurs du haricot

Tableau 4: les principaux ravageurs qui attaquent le haricot [26].

Ravageurs	Principales méthodes de lutte
Noctuelles terricoles <b><i>Agrotis ipsilon</i></b>	- Noctuelles terricoles : Les chenilles détruisent les racines
Acarien jaune <b><i>Tetranychus urticae</i></b>	- Développement par temps sec, dessèchement rapide du feuillage et de la plante.
Puceron <b><i>Trifidaphis phaseoli</i></b>	-Réduction de la vigueur des plantes, avortement des boutons floraux, déformation des gousses, transmission de viroses.
Mouche des semis <b><i>Delia platura</i></b>	- détruit les très jeunes plantules.
Pyrale du maïs <b><i>Ostrinia nubilalis</i></b>	- Chenilles qui creusent des galeries dans les gousses, détruisent les graines à l'intérieur des gousses.
Mouche mineuse <b><i>Napomyza gymnostoma</i></b>	-La larve creuse des galeries dans les feuilles, sous l'épiderme.



Figure 11: puceron [27].



Figure 12: Acarien jaune [28].

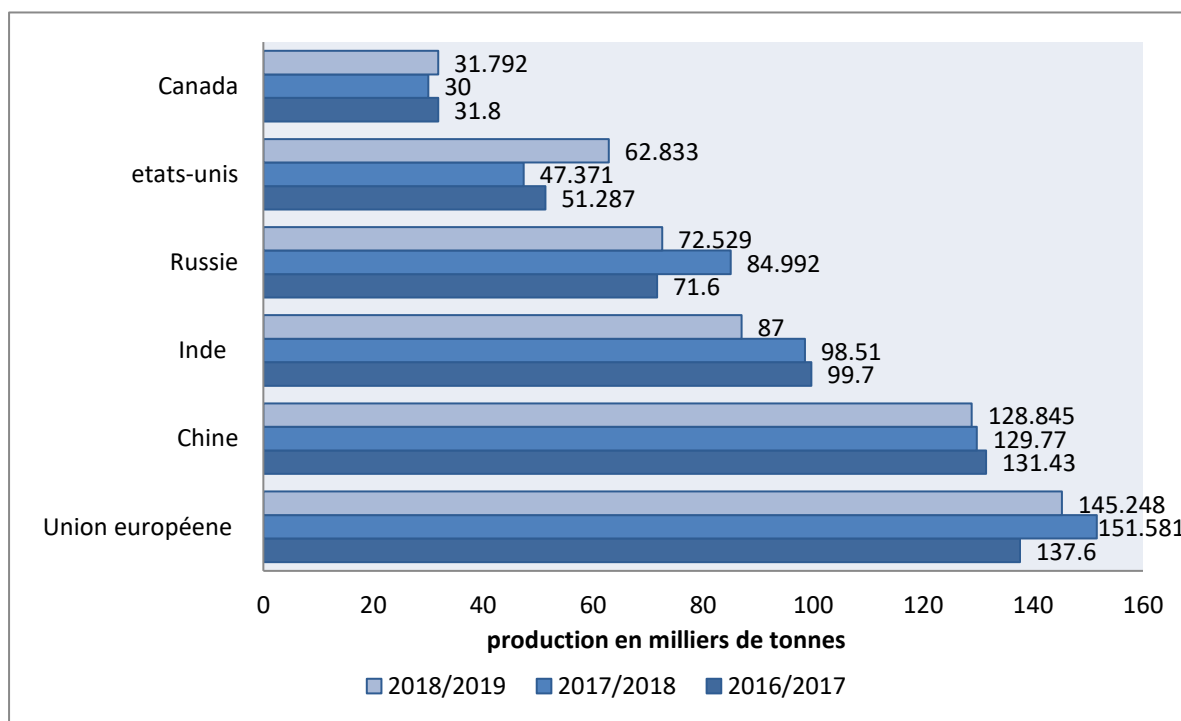
# CHAPITRE II

## LE BLÉ

## 21II.1- L'importance du blé

### II.1.1- L'importance du blé dans le monde

La production mondiale, qui est résumée dans la figure 13, cinq principaux pays producteurs de blé au cours des années de commercialisation 2016/2017 à 2018/2019, en milliers de tonnes. Sur la période de 2017 à 2018, l'Union européenne menait le classement des principaux producteurs mondiaux de blé, affichant une production supérieure à 150 millions de tonnes. Sur la même période, la Chine, classée deuxième, produisait près de 130 millions de tonnes de blé [29].



**Figure 13** : Principaux 5 pays producteurs de blé dans le monde 2016-2019 [29].

### II.1.2- L'importance des blés en Algérie

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Cette caractéristique est perçue d'une manière claire à travers toutes les phases de la filière [30].

Selon la FAO en 2017, l'Algérie est le troisième pays importateurs du blé d'environ 8 millions de tonnes [31]. Sur le marché mondial, l'Algérie demeure toujours parmi les grands importateurs de céréales (en particulier le blé dur et le blé tendre) du fait de la faible capacité de la filière nationale à satisfaire les besoins de consommation croissants de la population [30].

## II.2- Généralité sur le blé

### II.2.1- Historique et origine du blé

L'origine du blé se situe dans les zones du croissant fertile. En fait, la découverte des premiers signes des espèces de blé date d'un peu moins de 8000 ans avant Jésus-Christ (J-C) [32].

Le blé atteint l'Ouest de l'Europe 5000 ans avant J-C. Dans le même temps, il diffuse vers l'Asie et l'Afrique. Mais, son introduction en Amérique, particulièrement le blé tendre est très récent. Cette introduction s'est fait en 1529 par les espagnols au Mexique. Alors qu'en Australie elle est faite par les anglais seulement en 1788 à partir des pools génétiques européens [32].

### II.2.2- Classification botaniques

Le blé dur et le blé tendre appartiennent à la classification suivante (tableau 5) :

**Tableau 5:** classification d'AGP II de blé dur et tendre [33].

<b>Classification</b>	<b>Blé dur</b>	<b>Blé tendre</b>
<b>Règne</b>	Archéplastides	Archéplastides
<b>Clade</b>	Angiospermes	Angiospermes
<b>Clade</b>	Monocotylédones	Monocotylédones
<b>Clade</b>	Commélinidées	Commélinidées
<b>Ordre</b>	Poales	Poales
<b>Famille</b>	Poacées	Poacées
<b>Sous-famille</b>	Pooïdées	Pooïdées
<b>Genre</b>	<i>Triticum</i>	<i>Triticum</i>

Espèce	<i>durum</i>	<i>aestivum</i>
--------	--------------	-----------------

- Le blé dur : *Triticum durum*, appartient au groupe des tétraploïdes ( $2n=28$ ).
- Le blé tendre : *Triticum aestivum*, appartient au groupe des hexaploïdes ( $2n=42$ ) [32].



Figure 14: Blé tendre & Blé dur [34].

### II.2.3- Les caractéristiques morphologiques

#### A- Appareil racinaire

L'appareil racinaire est fibreuse et de type fasciculé peu développé. En terre très profond (sols de limon), les racines descendent jusqu'à 1,50 m [35].

#### B- Appareil aérien

- **La tige et les feuilles**

La tige creuse ou chaume, dont les entre-nœuds ne se sont allongés qu'à la montaison, porte des feuilles engainantes à nervures parallèles [36].

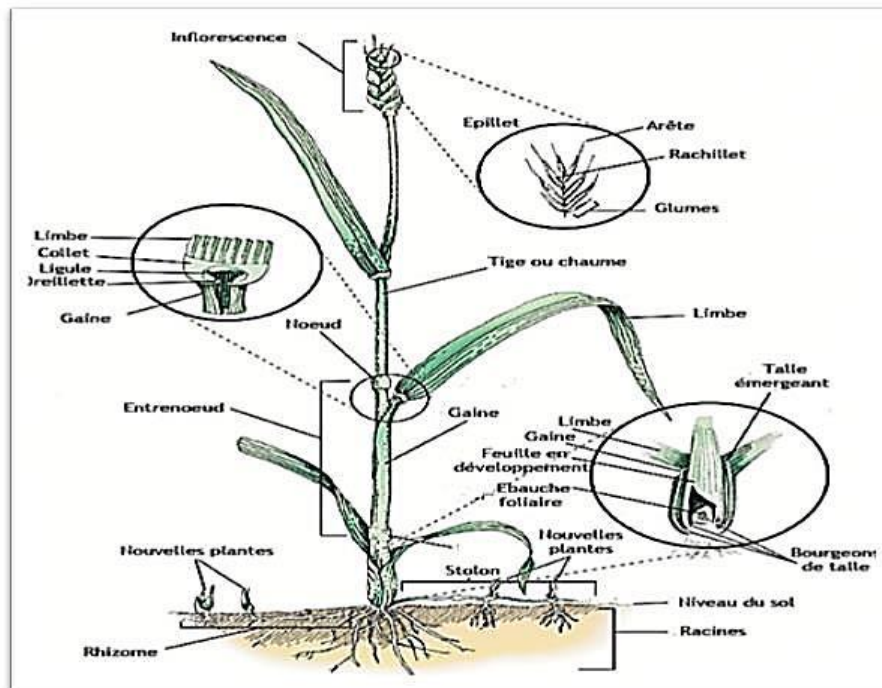
- **L'inflorescence**

Le rachis, ou axe de l'épi, porte 15 à 25 épillets constitués chacun de 3 à 4 fleurs. La disposition de celle-ci fait ressortir une caractéristique d'une grande importance : le blé est

une plante autogame ou à autofécondation, c'est-à-dire que la fécondation a lieu à l'intérieur des glumelles, avant que les étamines n'apparaissent à l'extérieur. De ce fait, la conservation de la pureté variétale sera parfaite d'une génération à l'autre [36].

- **Le grain**

Le grain est un caryopse ou fruit sec indéhiscent dont les parois sont soudées à celles de la graine [36].



**Figure 15:** morphologie d'un plant de blé [37].

### II.2.4- Cycle végétatif

Le cycle de développement du blé est constitué d'une série d'étapes séparées par des stades repérés, permettant de diviser en deux périodes la vie des céréales. Une période végétative durant laquelle, la plante ne se différencie que des feuilles et des racines ; une période reproductrice dominée par l'apparition de l'épi et la formation du grain [36].

**A-La période végétative**

Elle se caractérise par un développement strictement herbacé et s'étend du semis jusqu'à la fin de tallage [36].

- **La germination-levée**

La germination de la graine se caractérise par l'émergence du coléorhize donnant naissance à des racines séminales et la date de la levée est définie par l'apparition de la première feuille qui traverse le coléoptile, gaine rigide et protectrice enveloppant la première feuille. La levée se fait réellement dès la sortie des feuilles à la surface du sol [36].

- **Le tallage**

Lorsque la plante possède 3 à 4 feuilles, une nouvelle tige, la talle primaire, apparaît à l'aisselle de la feuille la plus âgée. Après l'émission de la première talle, la plante va émettre des talles primaires, qui prennent naissance à l'aisselle du maître- brin (tige principale), puis, lorsque le maître- brin a 6 feuilles au moins, des talles secondaires dont les bourgeons seront alors situées à l'aisselle des feuilles des talles primaires. Le tallage herbacé s'arrête dès l'évolution de l'apex de la formation d'ébauches de feuilles à celle d'ébauches florales (futurs épillets) qui sont suffisamment avancées [38].

**B -La période reproductrice**

Elle comprend la formation et la croissance de l'épi [36].

- **Phase montaison et gonflement**

La durée de cette phase est très peu variable entre 28-30 jours, elle se termine au moment de la différenciation des stigmates des fleurs [39].

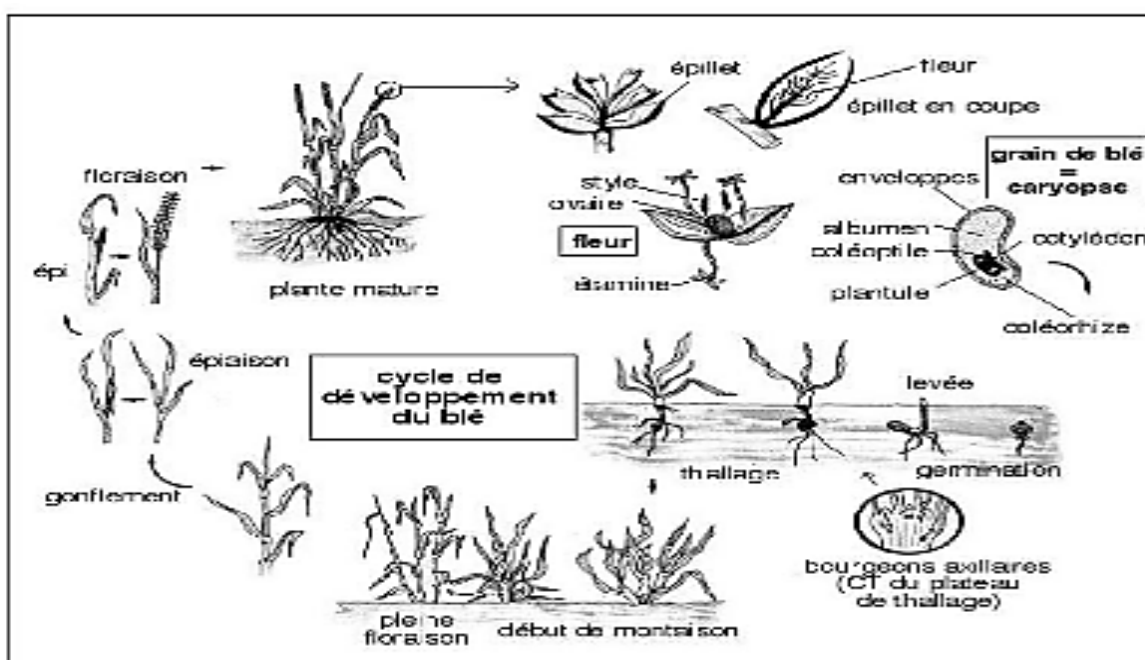
- **Phase d'épiaison et de fécondation**

Elle est marquée par la méiose pollinique, l'éclatement de la graine avec l'émergence de l'épi. C'est au cours de cette phase que s'achève la formation des organes floraux et s'effectue la fécondation. La vitesse de croissance de la plante est maximale. Cette phase correspond à l'élaboration d'une grande quantité de la matière sèche, cette phase dépend

étroitement de la nutrition minérale et de la transpiration qui influence le nombre final de grains par épi [36].

- **La maturation du grain**

Au cours de cette phase, l'embryon se développe et l'albumen se charge de substances de réserve. On observe une augmentation du volume du poids des graines. La phase se termine par le stade laiteux. En suite, le poids frais des grains continue à augmenter alors que celui des tiges et des feuilles diminue. La phase se termine par le stade pâteux. Puis les grains deviennent durs et leur couleur devient jaunâtre [39].



**Figure 16:** Cycle de développement du Blé [40].

## II.2.5- Les exigences pédo-climatiques

### A-Température

Une température supérieure à 0°C est exigée pour la germination des céréales. Un abaissement de la température pendant l'hiver est nécessaire aux variétés non alternatives dites « d'hiver » et par la suite, la température conditionne la nitrification et l'activité

végétative du blé au cours du tallage et de la montaison. Enfin, l'intensité de l'évapotranspiration peut amener l'échaudage [36].

### **B -Eau**

Jusqu'à la fin du tallage, les besoins en eau sont relativement faibles. De plus, l'humidité excessive du sol est néfaste à l'installation du système racinaire en profondeur. Par contre, au cours de la phase de montaison et jusqu'à la floraison les besoins en eau de la culture sont considérables et peuvent s'évaluer à 180 mm (mars et mai). Après la floraison, le blé devient très résistant à la sécheresse [36].

### **C-Lumière**

Une certaine durée du jour (photopériodisme) est nécessaire pour la réalisation du stade B précédant la montaison [36].

Ce même auteur note que l'intensité lumineuse, et l'aération, agissent directement sur l'intensité de la photosynthèse, dont dépend à la fois la résistance des tiges à la verse et le rendement [36].

### **D- Sol**

Les sols qui conviennent le mieux au blé sont des sols drainés et profonds. Des sols limoneux, argilo-calcaires, argilo- siliceux et avec des éléments fins. Du point de vue caractéristiques climatiques, les blés durs sont sensibles au calcaire et à la salinité ; un pH de 6,5 à 7,5 semble indiqué puisqu'il favorise l'assimilation de l'azote [40].

## **II.3- Les variétés**

Le succès de la production de céréales dépend en grande partie, du choix de la variété appropriée. C'est-à-dire résistante aux maladies, bien adaptées au sol et au climat, ayant un rendement élevé et une qualité du grain appréciable [41].

### II.3.1- Les variétés en Algérie

Les variétés de blé dur et de blé tendre homologuées dont les semences peuvent être produit et commercialisées en Algérie sont éditées par le centre national de contrôle et de certification des semences et plants (CNCC) sur le bulletin des variétés 'céréales' [42].

Les principales variétés cultivées en Algérie sont :

#### ✚ Le blé dur

- les variétés locales : Bidi17, Cirta, Gloire de GuemgoumR'khem. Mohamed ben Bachir, Raouia, Hadba 3, Taslemt, Oued Zenati; etc.
- les variétés introduites: belikh02, Bolenga, Bousseleme, Cannizo, Capieti cham 3, chen's, Ciccio, Colesseo, Crioca, Durbel, Eider, GTA dur kebir ,Ofanto, Orjaune, Oum Rabi,Poggio, Polonicom, Sebaou, Siméto, Tassili ,vitron, waha et wahbi; etc [43].

#### ✚ Le blé tendre

En Algérie, il n'ya pas des variétés locales, toutes les variétés cultivées introduits: Zidene, Mahon-Demias, Hodna, Nesser, Mimouni, Soummam, Chellif, Strampelli, Anza, Florence-Aurore 8193, Arz, Isser, Tessalah, Hiddab, Rhumel, Sidi Okba, Ziad, Ain-Abid; etc [43].



Figure 17: quelques variétés locales du blé [43].

## II.4- Les principales maladies de blé

La culture du blé est exposée à plusieurs maladies. Les principales maladies sont les suivantes (tableau 6 & 7) :

**Tableau 6:** Les principales maladies cryptogamiques [44], [45], [46], [47].

Nom	Description de la maladie
Charbon nu du blé  <b><i>Ustilago tritici</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les épis infectés sont noircis.</li> <li>• Les enveloppes de la graine, leur contenu sont détruites et remplacés par une masse noirâtre, constituée de spores du champignon.</li> </ul>
La rouille jaune  <b><i>Puccinia striiformis</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Des pustules de forme globuleuse et de couleur jaune ou orange, disposées en stries le long des nervures des feuilles d'où le nom de l'espèce. Elles peuvent aussi se développer sur la face inférieure des feuilles sur les épis et les grains.</li> </ul>
Les septorioses  <b><i>Septoria tritici</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Des petites taches de couleur brune rougeâtre irrégulières sur les feuilles inférieures et en particulier sur celles en contact du sol.</li> <li>• L'apparition des nécroses sur les feuillages, on observe des ponctuations noires alignées parallèlement qu'on appelle pycnides</li> </ul>
Oïdiums  <b><i>Erysiphe graminis</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apparaissent sous forme d'un duvet blanchâtre ou gris pâle sur les limbes des feuilles basales, puis se développent sur les feuilles des étages supérieurs.</li> <li>• Les taches apparaissent aussi sur les gaines des feuilles et les glumes des épis.</li> </ul>
Les pourritures racinaires  <b><i>Fusarium culmorum</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un manque à la levée,</li> <li>• Fonte des semis,</li> <li>• Lésion au niveau de la coléoptile,</li> <li>• Racines peu ou pas développées,</li> <li>• Déformation du germe,</li> <li>• Dessèchement brutal des jeunes plantes ;</li> <li>• La coloration brune foncée des nœuds inférieurs ; sur les plantes âgées.</li> <li>• Une infection par la fusariose peut produire une vraie pourriture du pied, ou la base de la tige devient brune et pourrie, ce qui entraîne l'émergence d'épis blancs, ce symptôme est très observé dans les saisons très sèches.</li> </ul>

<p>La fusariose</p> <p><b><i>Fusarium graminearum</i></b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• un blanchiment prématuré d'une partie ou de la totalité de l'épi.</li> <li>• Les premiers symptômes apparaissent souvent au centre de l'épi d'où ils progressent ensuite vers le haut et vers le bas</li> </ul>
---	--



**Figure 18:** Charbon nu du blé [48].

**Figure 19:** la rouille jaune sur les feuilles [49].

**Tableau 7:** les principales ravageurs des céréales [50].

Ravageurs	Symptômes
<p>Le criocère</p> <p><b><i>Oulema melanopa</i></b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il cause des dégâts sur les feuilles.</li> <li>• Il perce entièrement le limbe en formant des stries parallèlement aux nervures.</li> <li>• La larve consomme les feuilles entre les nervures sans les perforer.</li> </ul>
<p>La punaise des céréales</p> <p><b><i>Aelia germari</i></b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les adultes se nourrissent à partir des tiges en causant leur décoloration, leur dessèchement et des zones de taches brunes.</li> <li>• L'attaque des feuilles résulte en une structure effilée et desséchée du bout.</li> <li>• Ces deux actions réduisent ou stoppent le flux de la sève. L'extrémité des épis se tord et se dessèche, certains sont blancs.</li> <li>• Elle se nourrit à partir des grains, l'épi est aussi blanchâtre.</li> </ul>

<p>Les pucerons</p> <p><b><i>Sitobion avenae,</i></b> <b><i>Rhopalosiphum padi</i></b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Des taches brun jaunâtres sur les feuilles.</li> <li>• Les pucerons causent un jaunissement et un dessèchement des feuilles, des tiges et des épis.</li> </ul>
<p>Ver blanc</p> <p><b><i>Geotrogus deserticola,</i></b> <b><i>Pseudoapterogyna numidicus</i></b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Des plages vides ou à très faible densité apparaissent dès la levée.</li> <li>• Certains plants se dessèchent et flétrissent.</li> <li>• Lorsqu'on les arrache, ils se détachent facilement parce que leurs racines ont été sectionnées par le ver blanc.</li> </ul>



**Figure 20:** puceron du blé [51].



**A/** Larve stade L2 des céréales.



**B/** Symptômes sur parcelle.

**Figure 21:** le ver blanc du blé [52].

# **CHAPITRE III**

## **LA MICROALGUE**

### III.1- L'importance mondiale de la culture des microalgues

La production de microalgues est en forte augmentation à travers le monde. La production annuelle est estimée à environ 10 000 tonnes par an de matière sèche (tableau 8) [53].

La culture de microalgues ne transparaît pas clairement dans les statistiques de production aquacole communiquées par les différents pays et est grandement sous-estimée dans les statistiques mondiales de la FAO. Seuls quelques pays communiquent leur production de micro-algue, et les volumes indiqués ne représentent qu'une petite partie de la production réelle à l'échelle mondiale. Les microalgues sont produites à grande échelle depuis de nombreuses années dans des pays comme l'Australie, l'Inde, le Japon, la Malaisie et le Myanmar, sans qu'aucune donnée ne soit communiquée à la FAO [54].

**Tableau 8** : les principaux pays producteurs mondiales des microalgues [53].

Nom de la microalgue	Production en tonnes annuelle	Pays principal producteur
<b>Spiruline</b>	3000	Chine, Inde, Etats-Unis, Myanmar, Japon.
<b>Chlorelle</b>	2000	Allemagne, Taiwan, Japon.
<b>Dunaliella</b>	1200	Australie, Etats-Unis, Chine.
<b>Aphanizomenon</b>	500	Etats-Unis.
<b>Haematococcus</b>	300	Etats-Unis, Inde.
<b>Cryptocodinium</b>	240	Etats-Unis.
<b>Schizochytrium</b>	10	Etats-Unis.

### III.2- L'importance de la culture des microalgues en Algérie

L'algoculture est un créneau nouveau en Algérie, elle va devenir la filière verte favorite des chercheurs [55]. Il y'a des investisseurs algériens et étrangers qui investissent dans la

culture des microalgues en Algérie, plus des projets concernent l'aquaculture et l'algoculture en voie d'étude dans plusieurs wilayas Tlemcen, Oran, Mostaganem etc... [56].

### III.3-Définition

Les microalgues, ou Phytoplancton, sont définies comme des organismes unicellulaires ou pluricellulaires soit Eucaryotes ou Procaryotes [57]. La diversité des microalgues est énorme puisqu'on estime qu'il existe entre 200 mille et plusieurs millions d'espèces d'algues. Elles sont cultivables et se développent très rapidement développables [58].

Les microalgues sont considérées comme des algues unicellulaires, qui ont une taille de l'ordre du micromètre. Elles se développent principalement en suspension dans des solutions aqueuses [59]. Elles sont aptes à coloniser tous types de milieux, notamment eaux salées, douces, saumâtres et même dans des eaux usées grâce à leurs capacités d'adaptation et de survie. Elles peuvent également se développer sur des surfaces rigides, telles que les troncs d'arbre, les structures immergées ou les murs [60].

Les microalgues présentent différentes formes : souvent sphériques (*Porphyridium*), de gouttelette (*Chlamydomonas*), de filament (*Spirulina*), de spirale (*Arthrospira*), et même d'étoile (*Staurastrum*) (Figure 23) [59].

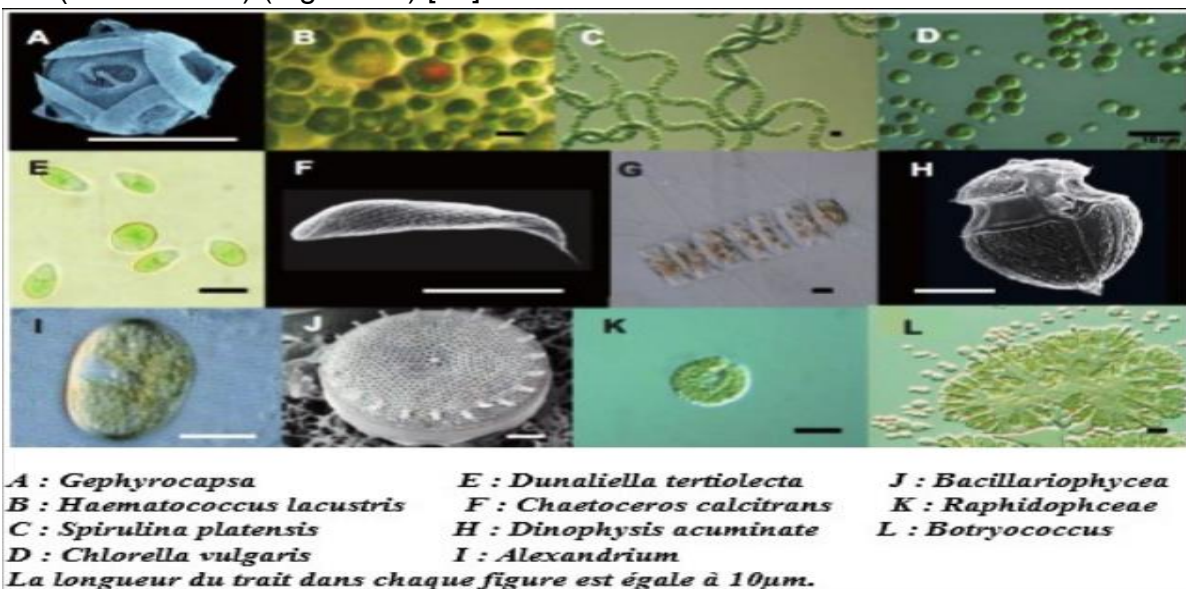


Figure 22: les différentes formes des microalgues [61].

### III.4- Diversité et classification

Les microalgues constituent un groupe extrêmement hétérogène rassemblé autour d'une cohérence physiologique : la photosynthèse oxygénique [60]. Cette famille rassemblerait de plusieurs centaines de milliers à plusieurs millions d'espèces selon les estimations, parmi lesquelles 47000 espèces sont décrites [61].

La classification (Tableau 9) de cette diversité est complexe et la taxonomie est sujette à de fréquents bouleversements du fait notamment de l'utilisation des techniques de phylogénie moléculaire [61].

**Tableau 9:** Diversité des microalgues eucaryotes et procaryotes, marines et d'eau douce [62].

Règne	Embranchement \ classe
Procaryotes	<i>Cyanophytes</i>
	<i>Prochlorophytes</i>
Eucaryotes	<i>Bacillariophytes</i>
	<i>Charophytes</i>
	<i>Chlorophytes</i>
	<i>Chrysophytes</i>
	<i>Cryptophytes</i>
	<i>Dinophytes</i>
	<i>Euglenophytes</i>
	<i>Glaucophytes</i>
	<i>Haptophytes</i>
	<i>Phaeophytes</i>
	<i>Phodophytes</i>

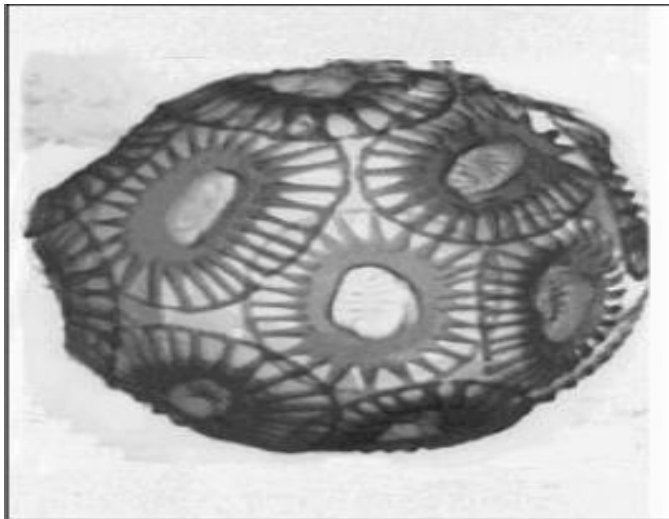
## II.2.1- Classification des microalgues d'eau douce

Les quatre classes les plus communes sont les diatomées (bacillariophycées), les algues vertes (chlorophycées), les cyanobactéries ou algues bleues (cyanophycées) et les algues dorées (chrysophycées) [63] :

- **Les diatomées (bacillariophycées)**

Les diatomées dominent le domaine du phytoplancton des océans et elles sont aussi présentes en eaux douces ou saumâtres, dans les sols humides ou sous les feuilles humides. Plus de 100 000 espèces de diatomées sont connues. Elles forment des colonies qui apparaissent généralement brunes ou jaunes [63].

Elles sont caractérisées par leurs armures de silice qui présentent des structures géométriques complexes et extrêmement variées. Les enveloppes de silice des diatomées sont très résistantes et persistantes. Ces petites structures peuvent s'accumuler pour former des dépôts de diatomite ou des formations de silex qui forment les strates foncées dans les falaises de craie normandes [63].



**Figure 23:** Diatomées (bacillariophycées) –*Emilianahuxleyi* [64].

- **Les algues vertes (chlorophycées)**

Les chlorophycées sont très abondantes en eaux douces. Elles peuvent se développer en mode soit unicellulaire, soit en colonies qui peuvent devenir très denses [63].

Elles accumulent l'énergie qu'elles capturent, par photosynthèse, sous la forme d'hydrates de carbone et d'huiles. Elles sont capables de tolérer plusieurs types de conditions et se sont d'ailleurs adaptées à des milieux étonnement variés. De cette façon, certaines espèces sont aussi capables de vivre sur le sol ou sur des surfaces humides exposées à la lumière [63].



**Figure 24:** Algues vertes (chlorophycées) - *Microsterias*, [65].

- **Les cyanobactéries ou algues bleues (cyanophycées)**

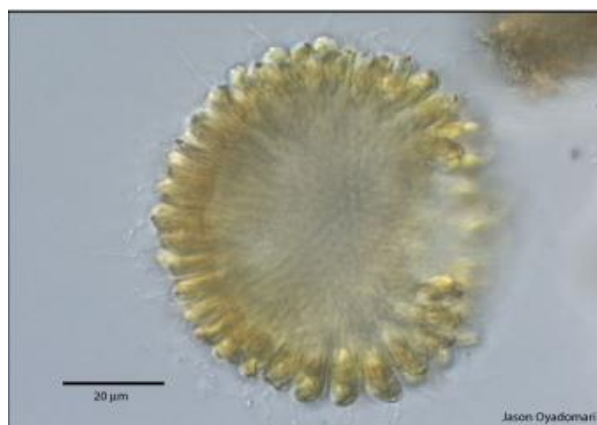
Cette famille très ancienne de microalgues compte environ 2 000 espèces dans divers habitats. De structure semblable à celle des bactéries, ces organismes ne sont liés à aucun autre groupe d'algues et sont capable d'absorber et fixer l'azote directement à partir de l'atmosphère. Leur couleur caractéristique signale trop souvent des eaux polluées. Elles ne nécessitent essentiellement que de quatre sources vitales : eau, lumière, azote et CO<sub>2</sub>. On peut en trouver dans tous les habitats, aquatiques ou terrestres, rassemblant ces sources vitales [63].



**Figure 25:** Cyanobactéries (cyanophycées) – *Glaucocystis*, [66].

- **Les algues dorées** (chrysophycées)

Les chrysophycées se retrouvent surtout en eaux douces et on en compte environ 1000 espèces. Elles ressemblent aux diatomées mais elles peuvent arborer plus de couleurs que ces dernières : du jaune au brun en passant par l'orange. Chez plusieurs espèces d'algues dorées l'enveloppe est principalement composée de silice et en plus faibles proportions de cellulose. La sélection des souches, les plus productives et adaptées à chaque application, est primordiale pour assurer le succès d'un projet de culture [63].



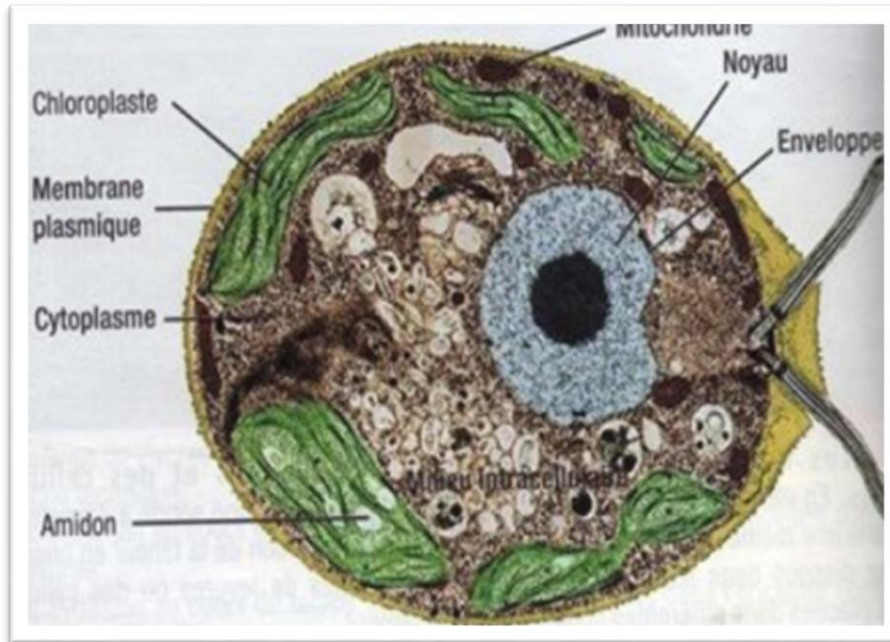
**Figure 26:** Algues dorées (chrysophycées) –Uroglenopsis, [67].

## II.3-Morphologie

Il existe deux groupes de microalgues, celles appartenant au groupe des eucaryotes, c'est-à-dire possédant des organites cellulaires (noyau, chloroplaste, mitochondries ...) et celles appartenant au groupe des procaryotes, ce sont des organismes ne possédant pas d'organites cellulaires [68].

### II.3.1- Eucaryote

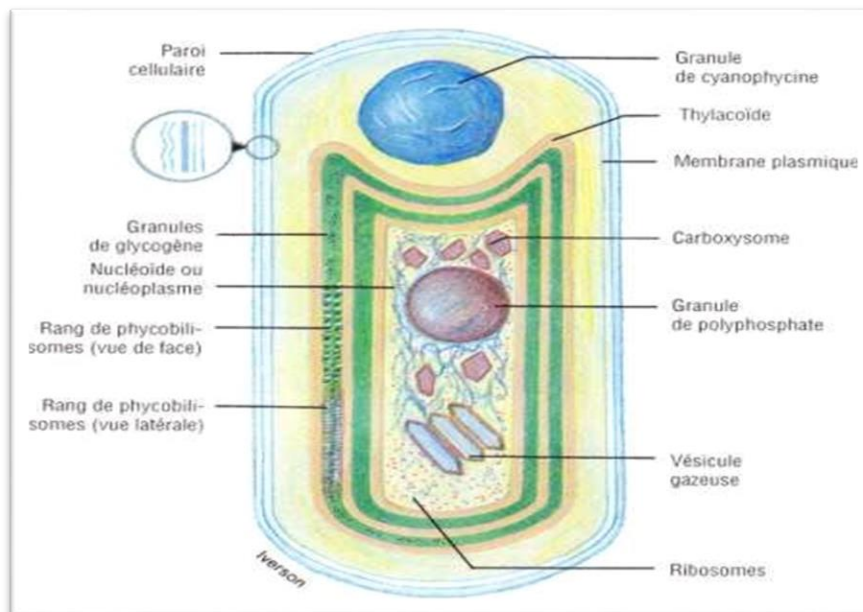
Les microalgues eucaryotes est un organisme photosynthétique unicellulaire délimitée par une membrane plasmique, qui contient au sein de son cytoplasme de nombreux organites nécessaires à son fonctionnement et à son métabolisme: proie cellulaire, chloroplastes, mitochondries, cytoplasme, et son noyau entouré de son enveloppe [69].



**Figure 27:** structure des microalgues eucaryotes *Chlamydomonas sp* [70].

### II.3.2- Procaryote

Certaines Cyanobactéries possèdent des vacuoles gazeuses constituées de vésicules gazeuses, les pigments ne sont pas portés par des plastes mais sont diffus dans le cytoplasme et donnent aux cellules une coloration homogène [71].



**Figure 28 :** Structure des microalgues Procaryote Cyanobactérie [70].

### III.5- Reproduction

Les modes de reproduction chez les microalgues peuvent être végétatives par la division d'une cellule seule ou d'une fragmentation d'une colonie, asexuée par la production de spore mobile, ou sexuelle par l'union de gamètes [71].

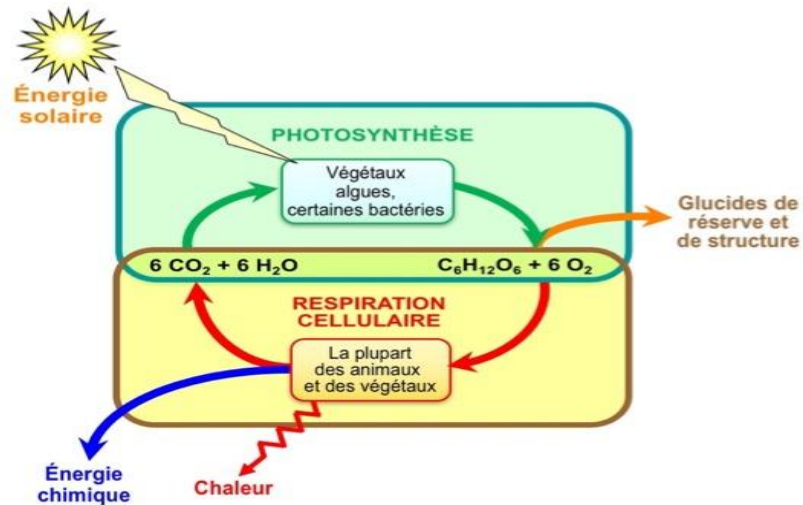
Le mode végétatif ou asexué permet la stabilité d'un génotype adapté dans une espèce d'une génération à l'autre. Les deux modes fournissent les moyens rapides et économiques d'augmenter le nombre d'individus en limitant la variabilité génétique [71].

Le mode sexuel implique plasmogamie (l'union de cellules), caryogamie (union de noyaux), association de chromosome et méioses, aboutissant à recombinaison génétique. La reproduction sexuée tient compte de la variation, mais est plus coûteuse, à cause de la perte des gamètes qui échouent à s'accoupler [71].

La balance entre reproduction sexuée et asexuée pourrait dépendre de la stabilité des conditions environnementales du milieu. On peut supposer que dans des environnements stables, la reproduction asexuée serait plutôt favorisée, tandis qu'en milieu instable ou changeant, la reproduction sexuée serait sélectionnée [72].

### III.5- Caractéristiques

Les microalgues caractérisées principalement par l'absence de racines et de feuilles mais possédant de la chlorophylle ainsi que d'autres pigments pour réaliser la photosynthèse. Leur mécanisme photosynthétique est similaire à celui des plantes terrestres [62]. Le rendement de la photosynthèse d'une microalgue est élevé, autour de 6% [63].



**Figure 29:** processus de photosynthèse des microalgues [74].

Pour leur production énergétique afin d'assurer leur nutrition, les microalgues sont majoritairement «photoautotrophes». Mais elles peuvent être aussi hétérotrophes ou mixotrophes. Un métabolisme autotrophe est caractérisé par l'utilisation d'une source de carbone inorganique comme le dioxyde de carbone ou le bicarbonate. Tandis que le métabolisme hétérotrophe se traduit par l'alimentation de carbone organique pour leur développement, les mixotrophes utilisent les deux types de source de carbone [74].

Les principaux sels minéraux nécessaires au développement du phytoplancton sont:

- Les nitrates, composés d'atomes d'azote et d'atomes d'oxygène.
- Le phosphore, composé d'atomes de phosphates et d'atomes d'oxygène.
- Les silicates, composés d'atomes de silice et d'atomes d'oxygène, qui constituent 97 % de la croûte terrestre.
- Le potassium, composé essentiellement d'atomes métalliques [75].

Les microalgues sont sensibles à leur environnement et évoluent selon un rythme saisonnier, avec un maximum de divisions cellulaires au printemps et en d'été. La qualité chimique de l'eau est l'un des facteurs déterminants pour le bon développement des populations phytoplanctoniques [75].

# CHAPITRE VI

## L'HYDROPONIE

## VI-Généralités sur la culture hydroponique

### VI.1- Définition

Ce vocable regroupe l'ensemble des techniques mises en œuvre pour assurer le développement d'une plantes en dehors de la pleine terre ; il englobe aussi la culture de plantes en pot. Ce sont des pratiques anciennes qui se sont perfectionnées grâce à des chercheurs scientifiques en agronomie sur la connaissance des besoins de la plante pour son alimentation. Ainsi de nouvelles méthodes de culture ont vu le jour [76].

On définit la culture hydroponique comme la culture « hors sol ». Le mot « hydroponique » vient du grec « hydro », qui signifie « eau », et « ponos », qui signifie « Travail » [77].

L'hydroponie comprend les techniques de culture hors-sol où au départ, le milieu d'enracinement ne contient aucun nutriment, la nutrition est exclusivement assurée par une solution d'engrais. Pour alimenter leurs plantes, on utilise une base d'engrais minéraux fabriqués à partir de minerais, résultant d'une synthèse chimique et de l'exploitation de gisements naturels [76].

### VI.2- Historique

Les premiers essais sont très anciens: ils ont été effectués par des chercheurs travaillant sur la fertilisation des plantes et la mise en évidence du rôle de l'eau et de l'air dans le sol. Pour être exact, la découverte de cette technique est à attribuer à deux chercheurs allemands *Knopet Sachs* en 1860, qui en travaillant sur la fertilisation des plantes, ont mis en évidence le rôle de l'eau, de l'air, et du sol. Il fallait seulement retrouver toutes les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol [78].

Plus près de nous, les chercheurs se sont rendu compte que la répétition des mêmes cultures dans un sol, favorisait le développement de parasites dans ce sol (notamment les *fusarioses*), comme on ne pouvait plus s'en défaire par des moyens chimiques ou biologiques, on a alors pensé au remplacement du sol par des substrats voisins, le plus souvent organiques ou minéraux [78].

Enfin, de façon plus pragmatique, les cultures hors-sol se sont développées parce que les performances agronomiques obtenues étaient supérieures aux performances des cultures traditionnelles en sol [78].

### VI.3- L'intérêt de l'hydroponie

Elle permet d'assurer :

- Un contrôle absolu de la nutrition des plantes, seuls les éléments introduits dans l'eau sont présents dans la zone racinaire.
- La réduction de l'utilisation de pesticides, grâce à une meilleure santé et une croissance plus rapide.
- L'accès aux racines et vérification plus faciles.
- la production d'une grande quantité de biomasse.
- Le contrôle de la nutrition.
- L'utilisation optimale du potentiel génétique de la plante [77].

### VI.4- Avantage et inconvénients de la culture hydroponique

le tableau qui suit résume les principaux avantages et inconvénients de la culture hydroponiques :

**Tableau 10:** les inconvénients et les avantages de la culture hydroponique [79].

<b>Avantages de la culture hydroponique.</b>	<b>Inconvénients de la culture hydroponique</b>
<p>-Possibilité de s'absenter quelques jours grâce à l'automatisation relative d'un Rendement souvent supérieur à celui d'une culture en terre (suivant l'expérience bien sûr).</p> <p>-Traitement simplifié des carences, maladies ou champignons par rapport à la terre.</p>	<p>-Coût élevé au commencement de la culture dû à l'achat du matériel.</p> <p>-Obligation de surveiller régulièrement le pH et l'CE.</p> <p>-Consommation accrue d'engrais.</p> <p>-Obligation d'accroître la sécurité à cause de la proximité de l'eau et des câbles.</p>

<ul style="list-style-type: none"><li>-Propreté optimale.</li><li>-Substrat réutilisable à l'infini (billes d'argile).</li><li>-Pas de souci de sûr/sous arrosage.</li><li>-Un seul système est nécessaire pour tout le cycle.</li><li>-Moins d'attaques nuisibles du sol.</li><li>-Meilleure maîtrise de la précocité.</li><li>-Intense agriculture à forte production à la récolte. Meilleurs rendements surtout pour la culture de la tomate et autres cultures maraîchères.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>-Nécessite l'utilisation des bacs de qualité suffisante pour éviter les fuites pendant l'absence du cultivateur.</li></ul>
---	--

#### **IV.5- Les différents systèmes hydroponiques**

Lors de la mise en place d'un système hydroponique, la meilleure approche consiste à faire simple. Des nombreux échecs sont dus à l'oubli de ce principe fondamental, tous les systèmes hydroponiques sont plus ou moins composés des mêmes éléments : un réservoir, une pompe, un système de support, des tuyaux d'évacuation et un conteneur de culture. Néanmoins, il existe de nombreuses façons de concevoir et d'organiser ces différents éléments [77].

##### **IV.5.1- Les systèmes passifs**

L'hydroponie passive ou systèmes à mèches, regroupée sous le nom d'hydroculture. Cela fonctionne sans pompe, c'est la mèche qui par capillarité, achemine la solution nutritive du réservoir à la zone racinaire [77].



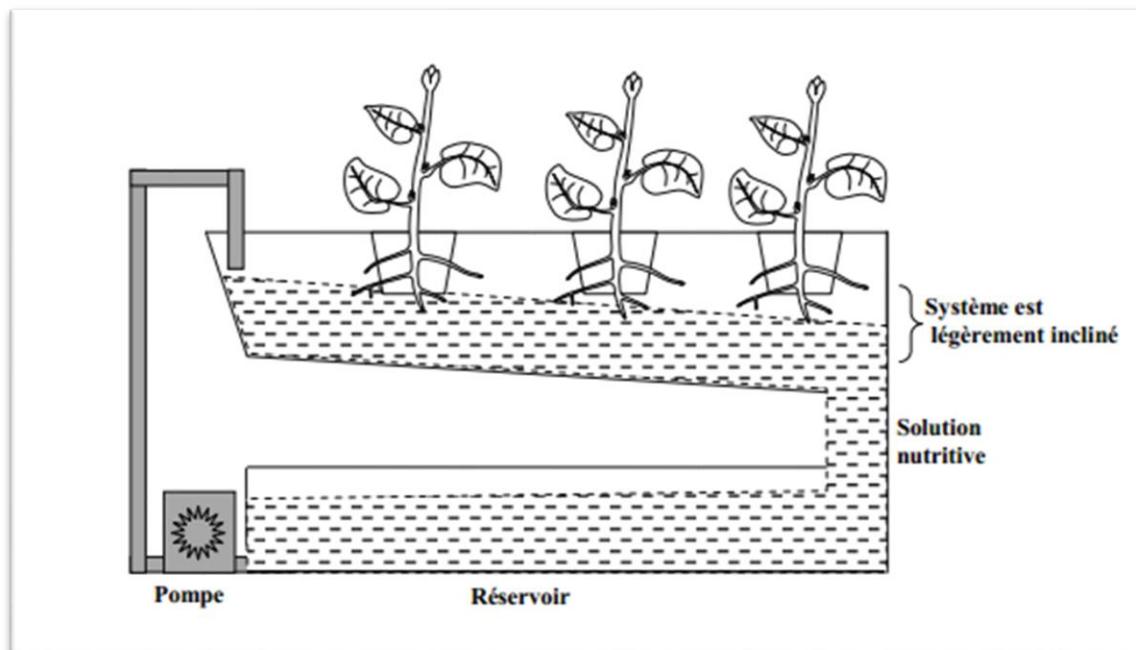
**Figure 30:** Schéma d'un système passif d'hydroculture [80].

## VI.5.2- Les systèmes actifs

### VI.5.2.1- Le ruissèlement nutritif ou (NFT)

Le principe du système NFT (Nutrient Film Technique ou Technique du Film Nutritif) est d'avoir un flux constant (pellicule d'eau 2 à 4mm) de la solution nutritive. Ce courant nutritif permet une bonne oxygénation et un apport optimum de nourriture aux plantes, C'est l'Anglais Cooper qui en 1979, développa cette technique de culture [80].

La solution hydroponique est distribuée dans des petits canaux au moyen d'une pompe qui se trouve dans le réservoir. Elle se charge en oxygène continuellement en passant à la surface du film liquide. C'est le ruissellement qui permet d'arroser les racines de la plante. Le système est légèrement incliné, de ce fait le liquide rejoint le réservoir après avoir irrigué les racines. C'est un système hydroponique qui fonctionne en circuit fermé. L'évaporation est limitée, donc on économise beaucoup d'eau. La solution est absorbée par les plantes. Il faut donc réajuster en permanence le volume et la concentration en nutriments [80].

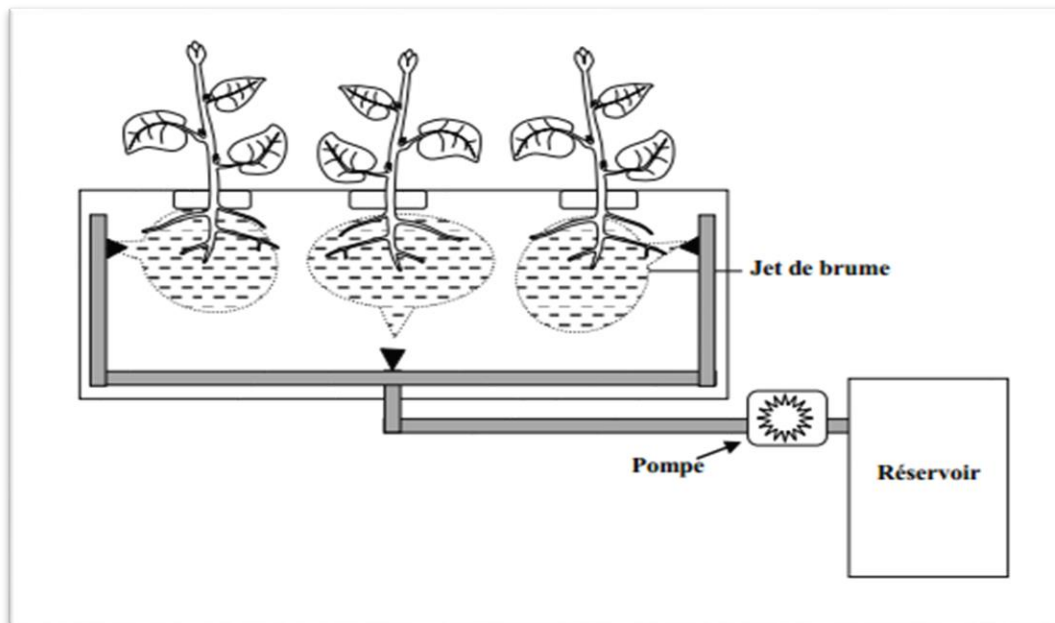


**Figure 31:**Schéma d'un système hydroponique NFT [80].

### VI.5.2.2- Système Aéroponie

L'aéroponie représente l'une des plus récentes évolutions des techniques de cultures hors-sol. En effet, les racines des plantes ne sont en contact ni avec un milieu solide, ni même avec un milieu liquide. Elles sont alimentées par une brume nutritive obtenue par brumisation (via un brumisateur) de la solution nutritive dans un milieu fermé [80].

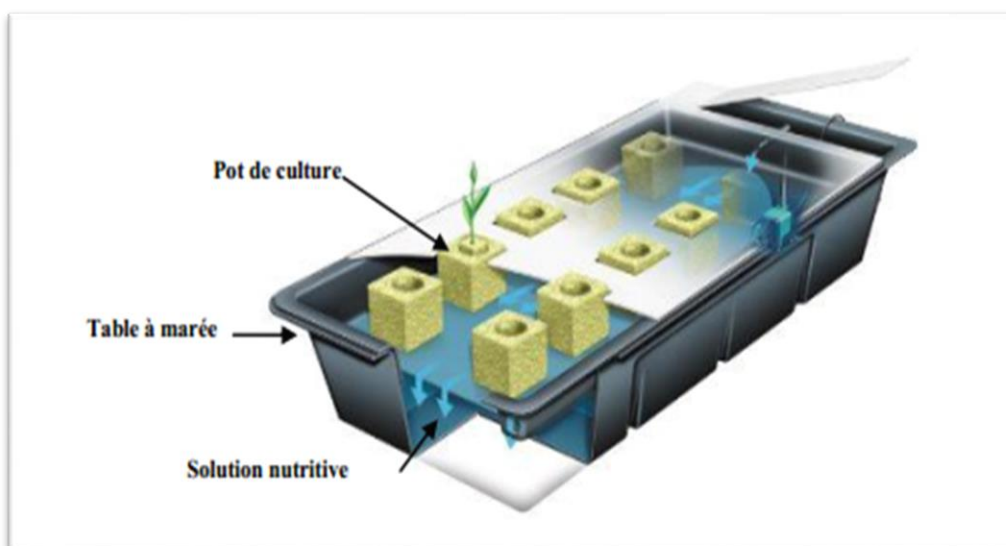
En aéroponie, les fonctions de support et d'approvisionnement en eau et en éléments nutritifs, habituellement remplies par le terrain, sont assurées par des « supports de plantes », généralement en matière plastique, et par des vaporisations permanentes (brouillard) de solutions nutritives à base de sels minéraux tournant en circuit fermé au moyen d'une pompe. On a donc à la fois 95% de disponibilité en eau et 98% de disponibilité en air. Le milieu de culture est saturé d'un brouillard nutritif qui ruisselle en continu sur les racines. Les minéraux sont donc très facilement absorbés. La pulvérisation, qui peut être continue, est en général discontinue, par cycles de 15 à 20 min, avec des arrêts de quelques minutes pendant la journée, et de quelques heures durant la nuit [80].



**Figure 32:** Schéma d'un système Aéroponique [80].

### VI.5.2.3- Système « flux-reflux » ou table à marées

C'est une technique qui consiste à faire pousser des plantes dans des pots placés sur une table de culture. Différents substrats sont possibles pour cette méthode : la tourbe, les billes d'argile ou la laine de roche [80].



**Figure 33:** Présentation d'un système table à marées [80].

Les plantes sont alimentées en solution nutritive par la partie basse par cycle assez court. La solution hydroponique y reste un certain temps en fonction du substrat utilisé, ensuite la pompe s'arrête et la gravité renvoie l'eau dans le réservoir. La solution nutritive est injectée à l'aide d'une pompe placée dans un réservoir. Le drainage doit être efficace afin d'éviter que l'eau stagne et pourrisse les racines. Les racines sont donc arrosées, puis asséchées, ce qui fournit une oxygénation maximale [80].

#### VI.5.2.4- -Système à percolation « goutte à goutte »

Ce système de culture est un système sur substrat qui nécessite des goutteurs ou capillaires, ainsi qu'un tuyau de distribution et une pompe. La solution hydroponique nutritive est distribuée aux plantes par irrigation discontinue sur la surface supérieure et ruisselle par gravité vers le bas. On utilise au moins un goutteur par plante. Les pots et les enveloppes sont percés dans le fond pour permettre à l'eau de s'écouler [80].

En général, ce système ne recycle pas la solution qui n'est pas réutilisée. Il est l'un des plus répandus actuellement. Cette technique n'est pas très écologique étant donné la possible contamination des sols par les déchets des solutions nutritives, et n'est pas très économique vu la grande quantité d'eau utilisée pour faire la culture [80].

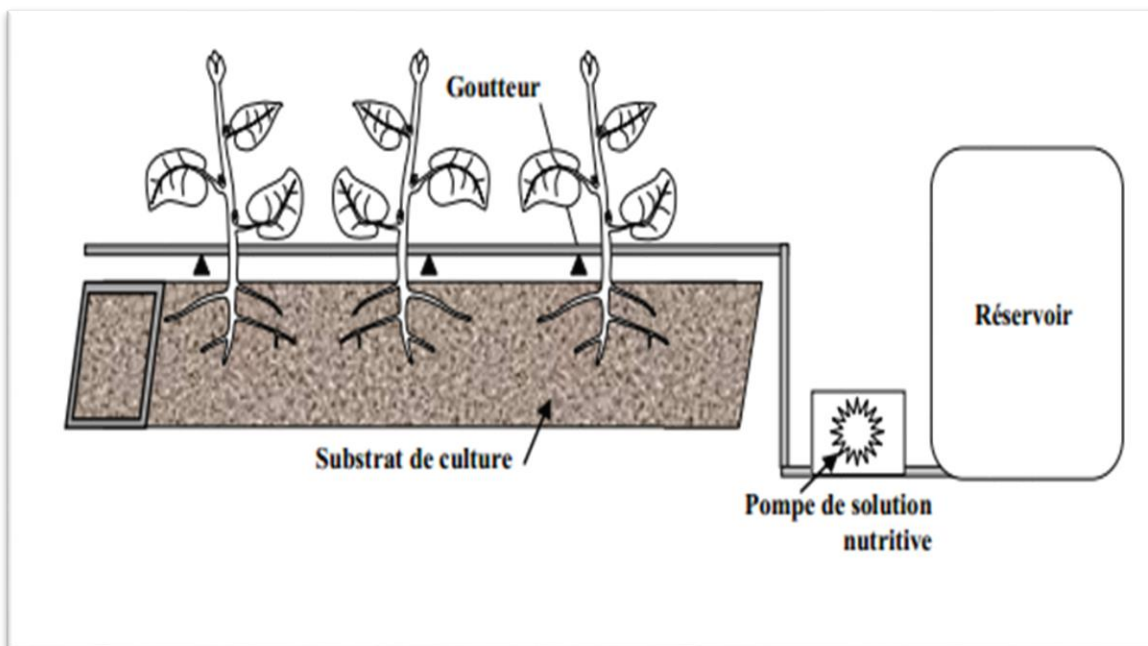


Figure 34: Schéma d'un système de goutte à goutte [80].

### VI.5.2.5- La bioponie

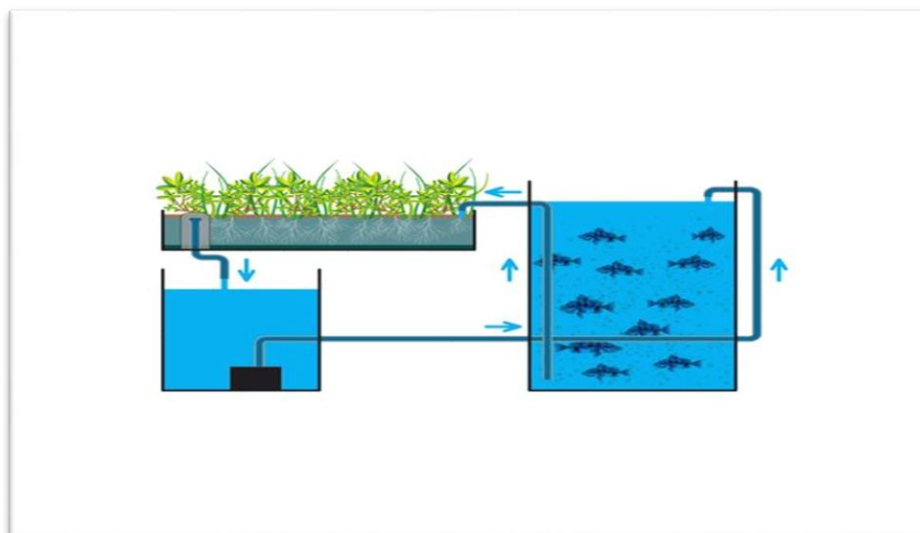
La bioponie est une pratique qui consiste à cultiver des plantes en hors-sol à l'aide d'une solution nutritive organique et biologique. Elle permet de cultiver des fruits et légumes de façon biologique sans avoir recours à des engrais chimiques de synthèse puisqu'ils sont remplacés par des fertilisants organiques [81].

En bioponie, la solution nutritive n'est pas stérile et des bactéries, micro-organismes et champignons peuvent s'y développer, offrant alors de meilleures conditions de cultures aux plantes cultivées [81].

### VI.5.2.6- L'aquaponie

L'aquaponie est la culture de végétaux en « symbiose » avec l'élevage de poissons. Ce sont les déjections des poissons qui servent d'engrais pour le végétal cultivé [82].

L'aquaponie est une technique de production agricole qui combine l'élevage en aquaculture avec la culture hydroponique. Les nutriments nécessaires à la croissance des plantes proviennent alors de la transformation en éléments assimilables par des populations bactériennes des déchets produits par les micro-organismes aquatiques. Ce processus permet de créer un écosystème complet et équilibré où trois règnes d'organismes coexistent en symbiose. Finalement, les besoins en eau et en nutriments [83].



**Figure 35:** Schéma d'un système aquaponique [84].

## VI.6- Définition du substrat de culture

Le terme substrat désigne tout matériau naturel ou artificiel qui placé en conteneur pur ou en mélange, permet l'ancrage du système racinaire et joue vis à vis de la plante le rôle de support. Il doit présenter des caractéristiques compatibles avec l'activité métabolique des racines. Il intervient à des degrés divers dans l'alimentation hydrique ou minérale de la plante. Dans le système hydroponique, le rôle de substrat se limite tout simplement à l'encrage et au maintien de la plante [85].

### VI.6.1-Principaux substrats utilisés en culture hors-sol

Tout système de culture hors-sol est caractérisé par trois composantes : le conteneur, le réseau de distribution de la solution nutritive, et le substrat. Le choix du substrat. Il doit constituer un milieu favorable aux exigences de l'espèce mais défavorable au développement des agents pathogènes qui lui sont spécifiques [86].

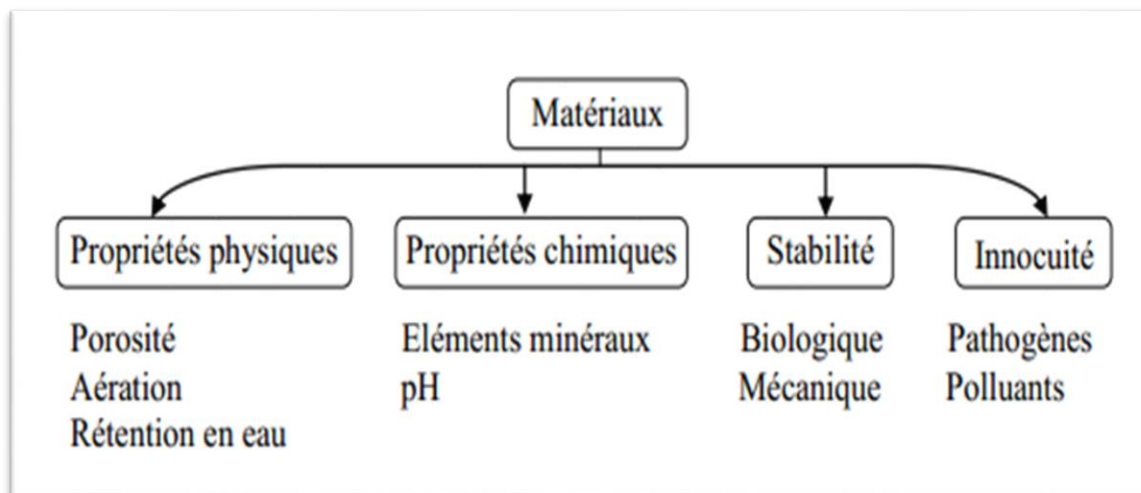


Figure 36: Critères de choix d'un substrat de culture [80].

#### VI.6.1.1- Les substrats minéraux

De nombreux matériaux inorganiques entrent dans la composition des supports de culture. L'usage le plus habituel est l'ajout de ces matériaux à des substrats afin de modifier certaines de leurs caractéristiques physico-chimiques [86]. La comparaison sommaire des

caractéristiques physiques et chimiques des substrats minéraux et organiques est indiquée dans le tableau ci-dessous,

**Tableau 11:** Propriétés physiques et chimiques générales des substrats minéraux et organiques [80].

	Type de substrat	
	Minéral	Organique
<b><u>Propriétés physiques</u></b>		
<b>Porosité</b>	Faible à élevé	Élevée
<b>Eau à pF1</b>	Variable	Variable
<b>Air à pF1</b>	Variable	Variable
<b>Disponibilité en eau</b>	Faible à moyenne	Moyenne à forte
<b>Masse volumique</b>	Faible à élevée	Faible à moyenne
<b><u>Propriétés chimiques</u></b>		
<b>pH</b>	Neutre à basique	Acide
<b>Conductivité électrique</b>	Faible	Faible à élevée
<b>Salinité</b>	Faible	Faible à élevée
<b>CEC</b>	Faible	Faible à élevée
<b>C/N</b>	/	Variable
<b>Libération des éléments minéraux</b>	Nulle à faible	Faible à forte
<b>Évolution des propriétés</b>	Faible	Lente à rapide
<b>Recyclage après culture</b>	Parfois difficile	Plus facile

#### ➤ Argile expansée (les Billes d'argile)

Ce matériau ressemble à des petites boules brunes que l'on utilise pour recouvrir les pots de fleurs. Les granulés sont obtenus par un traitement de forte chaleur de l'argile. L'argile expansée possède un bon pouvoir isolant, ce qui est nécessaire pour protéger les racines des changements de température. Il est composé de silice, d'alumine, d'oxydes de fer, et de soufre. Sa capacité de rétention en eau est de 15% en masse. Il est utilisé pour la

culture en container, sur des systèmes de tables à marées, ou à une plus petite échelle dans des systèmes hydroponiques à flux continu. Contrairement à la laine de roche, les billes d'argile sont un substrat durable, sain, biologique et écologique [78].



**Figure 37:** Les billes d'argile [87].

#### ➤ **Laine de roche**

Substrat inorganique artificiel. La laine de roche est fabriquée à partir de roche volcanique liquéfiée et extrudée. La laine de roche est issue du basalte, une roche volcanique noire présente dans de nombreuses régions du monde. Le procédé de fabrication de la laine de roche s'apparente à l'activité naturelle d'un volcan. La roche volcanique entre en fusion dans un four chauffé à 1500°C. La roche en fusion est ensuite changée en fibres par l'action de roues tournant à grande vitesse [85].

La laine de roche sert de substrat dans certaines formes de cultures hydroponiques. Elle est composée de silice, d'alumine, d'oxyde de titane, de chaux, de magnésie, d'oxyde de manganèse, de potasse, d'oxyde de fer, et d'oxyde de sodium. La laine de roche n'est pas chimiquement inerte, elle peut libérer du calcium et augmenter le pH, des mesures correctives sont généralement à prévoir, comme une préparation initiale ou l'emploi de substances acidifiantes [85].



**Figure 38:** La laine de roche [88].

➤ **Vermiculite**

Ce matériau connu sous le nom commercial de Vermex et Zonolite a l'aspect de granulés. C'est un silicate d'alumine (mica) qui est expansé par un traitement à la chaleur. Il est composé de magnésie et d'alumine. Il est très léger et a une grande capacité de rétention d'eau (environ 350 l au m<sup>3</sup>), tout en assurant un bon drainage. Son pH est de 7 à 7,2. Il est souvent utilisé dans des bacs ou des pots, pour la réalisation de semis, ou lors de l'enracinement des boutures. Il est également utilisé comme milieu de culture neutre en expérimentation scientifique [85].



**Figure 39 :** Vermiculite [89].

### VI.6.1.2- Les substrats organiques

- **Terreau**

Le terreau est un support de culture naturel formé de terre végétale enrichie de produits de décomposition (fumier et débris de végétaux décomposés). Le terreau doit avoir une porosité en air et en eau permettant à la fois l'ancrage des organes absorbants des plantes et leur contact avec les solutions nécessaires à leur croissance. Il est souvent associé à la pouzzolane afin d'augmenter la capacité de rétention d'eau. Le terreau est utilisé en culture hors-sol notamment pour les semis [80].



**Figure 10:** Terreau [90].

- **La tourbe**

L'appellation générale « tourbe » regroupe un grand nombre de matériaux qui renferment au minimum 75% de matière organique (sur base poids sec). Les tourbes sont des sols organiques hydromorphes, se développant dans des milieux saturés en eau en permanence. La végétation qui y pousse est constituée, selon le type de tourbière, de mousses (genre *Sphagnum*, *Hypnum*...), de cypéracées (genre *Carex*), de graminées, d'arbustes, d'arbres. En raison de forte anaérobiose régnant dans ces milieux, l'activité biologique, et donc la décomposition des végétaux, est très faible, de sorte que les apports annuels sont plus importants que les pertes par minéralisation. Ainsi, la tourbe s'accumule sur des épaisseurs parfois importantes : plusieurs mètres. Cependant, la formation de cette

tourbe est très lente à raison de 0,2 à 0,16 mm/an quand les conditions sont favorable, ce qui explique que l'on parle de ressource non renouvelable à l'échelle humaine [85].

Il y a plusieurs critères de classification des tourbes qui sont fonction de :

Leur composition botanique: tourbes à sphaignes (sphaignes et bryophyte), tourbes herbacées (graminées, joncs, phragmites...), tourbes ligneuses (dés qu'un tiers de la tourbe est constituée de fragments de bois [85].



**Figure 41:** La tourbe [91].

## VI.7- Exigences des cultures hors sol

Contrairement à une idée répandue, la culture hors-sol exige souvent plus de soins et d'entretien que les cultures traditionnelles en terre. Lorsqu'on utilise les techniques de culture hors-sol (essentiellement pratiquée sous serre ou sous abri), il faut raisonner en tant que système et ne pas porter son attention sur un élément ou paramètre isolé. La culture hydroponique exige une parfaite maîtrise de l'ensemble du système car en cas d'échec, d'avantage d'éléments peuvent dysfonctionner :

- ✓ Un éclairage adéquat (éclairage artificiel, minuterie, etc.);
- ✓ Un système de culture et d'irrigation contrôlé et entretenu (contenants, pompes, régulation, désinfection, substrats appropriés...);

- ✓ Un contrôle environnemental (température ambiante et des solutions, hygrométrie, enrichissement en dioxyde de carbone...);
- ✓ Un contrôle des niveaux de concentration des éléments nutritifs;
- ✓ Un contrôle du pH de l'eau [80].

### **VI.7.1- Facteurs indispensables pour la culture hors-sol**

La vie se définit comme l'ensemble des phénomènes (nutrition, assimilation, croissance, reproduction, etc.) communs aux êtres organisés et qui constituent leur mode d'activité propre, de la naissance à la mort. Les facteurs indispensables au maintien de la vie chez les végétaux en culture hors-sol ne sont pas tous liés au substrat de culture. Cependant, la complexité des interactions est telle que cette distinction s'avèrerait difficile à soutenir. Les besoins sont donc présentés en deux groupes : les besoins énergétiques et les besoins en matériaux [80].

#### **VI.7.1.1- Les besoins énergétiques**

##### ✓ **La lumière :**

Le règne végétal se définit comme l'ensemble des êtres vivants pluricellulaires capables de réaliser la photosynthèse grâce à la lumière (source d'énergie) et la présence de chlorophylle. La photosynthèse confère à ces organismes un caractère autotrophe. Les cultures hors-sol sont généralement des cultures de l'intérieur (indoor) d'où l'importance de bien contrôler et déterminer les valeurs d'intensité lumineuse qui permettent une activité photosynthétique optimale. Dans ce type de culture, les plantes sont éclairées avec des lampes de haute intensité qui permettent de réaliser une croissance optimale [80].

##### ✓ **La chaleur :**

Les végétaux ont besoin de chaleur. Ils sont capables de supporter de grandes variations thermiques. Tenant compte du faible volume des substrats de culture, la réactivité à la température est rapide. Les cultures doivent donc être protégées des fortes températures de l'été et des gelées de l'hiver. Les températures infligées doivent cependant rester dans une fourchette acceptable. La limite inférieure correspond à la formation de cristaux de glace détériorant l'intégrité cellulaire. La limite supérieure est fixée par la dénaturation des

protéines, donc des enzymes. Croissance et développement augmentent avec la température, à l'intérieur de cette fourchette [80].

#### **VI.7.1.2- Les besoins en matériaux**

La nutrition fait appel à des processus d'absorption de gaz et de solutions minérales, soit directement dans la solution nutritive par les racines, soit dans l'air par les feuilles. Les matériaux indispensables à la vie d'une plante se subdivisent en deux catégories : les matériaux organiques et minéraux [80].

##### **✓ Les matériaux organiques :**

Ils sont généralement constitués de carbone (C), d'hydrogène (H) et d'oxygène (O).

- Le carbone : c'est l'élément de la chimie du vivant. Chez les végétaux chlorophylliens, il est apporté par le dioxyde de carbone atmosphérique (CO<sub>2</sub>).
- Hydrogène : l'hydrogène est extrait à partir des molécules d'eau (H<sub>2</sub>O) par oxydoréduction.
- Oxygène : troisième constituant de la matière organique, est apporté par le gaz carbonique et le dioxygène (O<sub>2</sub>) provenant de l'air intervient dans la respiration cellulaire [80].

##### **✓ Les matériaux minéraux :**

Sur le plan nutritionnel, la culture hors-sol est totalement dépendante de l'apport de la solution nutritive pour assurer la croissance des plantes, les éléments minéraux indispensables sont répartis en deux groupes : macroéléments et micro-éléments ou oligo-éléments. Cette distinction concerne l'abondance relative de ces éléments dans les végétaux [80].

## **VI.8- Les problèmes rencontrés l'hydroponie, et l'utilisation de cette technique en Algérie**

-En Algérie, la culture hydroponique se concentre initialement sur les semences d'orge disponibles localement pour la production du fourrage vert hydroponique [92]. Le fourrage vert hydroponique a été introduit en Algérie en 1988 au niveau de la ferme Benchakor à Hassiane Ettoual dans la wilaya d'Oran [93]. Cette nouvelle technique a été appliquée pour résoudre le problème de l'alimentation pour une disponibilité de l'aliment de bétail toute l'année [94].

-Elle se tournerait vers la culture hydroponique pour cultiver des légumes, le pays cherchant à établir un approvisionnement alimentaire fiable pour nourrir ses 37 millions d'habitants [95].

-Puisque l'eau est rare en Algérie, la technologie de serre hydroponique, avec sa capacité à conserver l'eau, est considérée comme un élément important [95].

-Cette technique est utilisée dans les régions les plus défavorables où le sol fait défaut à condition que les substrats inertes soient disponibles. Cette nouvelle technique de production est de mieux cerner les problèmes rencontrés en vue de son application dans les régions présentant des défauts [96].

# PARTIE II

## PARTIE EXPÉRIMENTALE

# **CHAPITRE I**

## **MATÉRIELS ET MÉTHODES**

## Introduction

Notre étude consiste à utiliser certaines espèces de micro-algue pour améliorer la croissance et la productivité des cultures du haricot et du blé par hydroponie. Cela va permettre le développement d'une semence biologique en hors-sol et hors-saison.

## Présentation du site de l'essai

Les travaux expérimentaux ont été réalisés dans la serre de la faculté des sciences de la nature et de la vie, de l'Université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbés.



**Figure 42:** La serre de la faculté du SNV (Zeir, 2020).

## Les étapes de l'étude

L'étude consiste à initier la production du haricot et du blé. Cela se résume dans:

- Le montage du système hydroponique;
- Lancement des cultures dans le système, avec et sans traitement par micro-algues ;
- Entretien et suivi;
- Évaluation du rendement.

## I.1-Matériels

### I.1.1-Matériels végétaux

-La variété du haricot (H115) nous avons été fournie par Institut National de Recherche Agronomique de Sidi Bel Abbés;

- La variété du blé dur Simeto nous avons été fournie par un agriculteur;
- L'espèce de microalgue (*Scenedesmus sp.*) isolée et multipliée précédemment dans les laboratoires de la faculté SNV de Sidi Bel Abbés ;
- Préparation du purin d'ortie comme insecticide et engrais complémentaire.

## I.2- Montage du système hydroponique

Selon les figures qui suivent, le système se compose de :

- 3 bacs de culture;
- 3 robinets d'eau;
- Des tuyaux;
- Des porte-goutteurs;
- Pompe à eau + filtre à eau;
- Réservoir;
- Fil de tuteurage;
- Billes d'argile + gravier (substrat);
- Filets en plastique ;
- Un programmeur.



**Figure 43:** Le matériel du système hydroponique (Zeir, 2020).

### I.1.3- Matériel d'analyse

Pour le bon déroulement de l'expérimentation et du suivi de différents paramètres, il est nécessaire de se procurer, nous avons utilisé le matériel de terrain suivant :

- Thermomètres (pour mesurer la température de l'eau qui en contact avec les racines et un autre pour la serre) ;
- Hygromètre;
- pH mètre;
- Conductimètre;
- Balance.

## I.2-Méthodes

### I.2.1- Montage du système

Le choix d'un design ou d'un modèle de conduite d'eau en circuit fermé cohérent et étudier (figure 44):

- Choix de l'emplacement;
- Fixation des bacs de culture;
- L'installation de la tuyauterie;
- Mise en place des robinets d'écoulement :
- Mise en place du bassin d'eau;
- L'attachement du moteur de la pompe à eau au système;
- Réglage du programmateur pour 15 minutes d'irrigation et demi-heure de repos ;
- Nous avons pris l'humidité et les températures quotidiennement à 10 h du matin, et le pH et la conductivité une fois par semaine.



**Figure 44:** L'installation du système et mise en place (Zeir, 2020).

### I.2.1-Le substrat

Le gravier et les billes d'argiles ont été désinfectés avec l'eau de javel pendant 30 minutes et rincés plusieurs fois (figure 45). Le gravier joue le rôle d'un filtre et de support pour faciliter le drainage.

Les billes d'argiles est un excellent substrat pour les cultures en hydroponie, en favorisant le drainage, l'aération, et la rétention d'eau d'irrigation et le développement des racines.



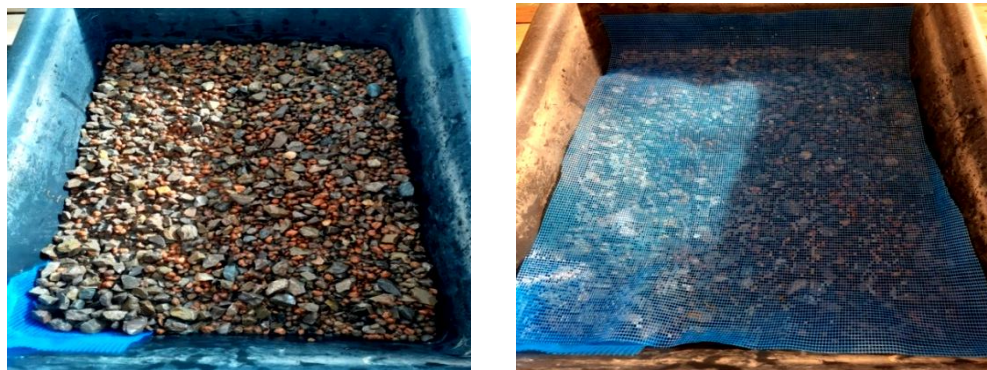
**Figure 45:** désinfection des billes d'argiles (Zeir, 2020).

#### I.2.2.1- Confection du substrat dans les bacs de culture

Dans les bacs du système, il faudrait placer dans le fond une couche de gravier allant jusqu'à 5 cm de hauteur (figure 46). Placer par-dessus un filet en plastique pour le couvrir de billes d'argiles (figure 47). Placer par-dessus le goutte à goutte, tout en maintenant une bonne régularisation de l'irrigation (figure 48).



**Figure 46:** une coupe schématique d'un bac de culture (Zeir, 2020).



**Figure 47:** Mise dans le bac du gravier et du filet en plastique (Zeir, 2020).



**Figure 48:** Mise en bac les billes d'argiles et les porte-goutteurs du système hydroponique (Zeir. 2020).

### I.2.3- Préparation du premier l'engrais biologique

Pour cette expérimentation, nous avons utilisé deux solutions nutritives biologiques : le premier c'est le purin d'ortie et le deuxième c'est la solution de microalgue.

#### Purin d'ortie

Les orties sont un genre de la famille des Urticacées qui regroupe une trentaine d'espèces de plantes herbacées à feuilles velues [97].

Le purin d'ortie est à la fois un engrais naturel riche en azote (N), il favorise donc la croissance des végétaux tout en les rendant plus résistants aux maladies et un insecticide naturel contre les insectes et autres bestioles indésirables au jardin [97].

Les différentes étapes de la fabrication du purin d'ortie sont résumées comme suit (figure 49):

- Arracher les orties portant une paire de gants et des vêtements pour se protéger les bras.
- 1 kg d'ortie fraîche. Couper / hacher l'ortie finement en morceaux. Plus la plante est hachée finement, plus la dégradation est rapide.
- Placer les orties dans une bassine plastique ou grand récipient capable de contenir environ 15 litres (il faut absolument éviter les bassines en métal).
- Ajouter 10 litres d'eau et agiter bien le mélange.
- Recouvrir le bac d'un plastique ou par un matériau qui laisse passer l'air.
- Laisser ainsi macérer durant trois à quatre semaines, tout en remuant la solution une fois par deux jours.
- Le purin d'ortie va fermenter, produisant des petites bulles de gaz qui remontent à la surface.
- Quand les bulles ne se forment plus, le purin d'ortie est prêt à être filtré. Le processus de fermentation est terminé.
- Filtrer le purin par une passoire fine.
- Stocker le purin dans un contenant hermétique comme un jerrican ou un bidon. Le purin se conservera plus long temps.



A/ Hachage.



B/ mouillage.



C/ Mise en fermentation.



D/ Agitation.

**Figure 49:** Les étapes de préparation du purin d'ortie (Zeir, 2020).

- Il a été Utilisé par deux façons, dans l'eau d'irrigation avec une dilution à 3% (2 l de purin dans 60 l d'eau) et par l'application foliaire (1l de purin dans 1 l d'eau (comme un traitement préventif).

## I.2.4- Mise en culture des plantes

### I.2.4.1-Les plants témoin

Après avoir contrôlé le bon fonctionnement du système, nous avons commencé par le test de germination des graines du haricot et du blé, considérées comme témoin (sans traitement), dans les boîtes de pétri. Nous avons utilisé:

- Deux béciers;
- Papier filtre autoclavé;
- Des boîtes de pétri;
- L'eau distillée.

-Les graines avant d'être prés-germées, elles sont mises dans l'eau pendant 30 minutes puis elles sont déposées dans les boîtes de pétri tapissent du papier filtre imbibé d'eau stérilisée.

-Par la suite, ces graines germées du haricot et du blé ont été placées séparément dans le premier bac (figure 50).



A/ Les étapes de test de germination de témoin.



B/ Le semis des graines.

Figure 50: les étapes de l'essai de témoin (Zeir, 2020).

#### I.2.4.2- les plants traités

Nous avons traité les graines du haricot et du blé pour faire le test de germination des graines, considérées comme des semences traitées, dans les boîtes de pétries. Nous avons utilisé :

- Deux béchers ;
- Une solution d'hypochlorite de sodium de 13°;
- L'espèce de microalgue *Scenedesmus sp.*
- Papier filtre autoclavé;
- Des boîtes de pétri;
- L'eau distillée.

-Les graines avant d'être prés-germées, ont été désinfectées par une solution d'hypochlorite de sodium de 13° (correspond à 13 ml de l'eau de javel dans 100 ml de l'eau (concentration de 13%) pendant 5 min puis rincées 6 fois à l'eau distillée.

-Pour être placé, par la suite dans la solution de microalgues (*Scenedesmus sp.*) à 2% (qui correspond à 20 ml de la solution algale dans 1 l de milieu de culture) pendant 30 minutes. Cette concentration a été choisie suite à des tests préliminaires de différentes concentrations pour la germination.

- Puis elles sont déposées dans les boîtes de pétri contenant un papier filtre imbibé d'eau distillée.

-Les graines germées du haricot ont été placées dans le deuxième bac et les graines du blé dans le troisième bac (figure 51).



**A/** Les étapes de test de germination de l'étude.



**B/** Le semis des graines traités avec l'algue *Scenedesmus sp.*

**Figure 51:** Les étapes de l'étude (Zeir, 2020).

## I.2.5- Préparation du deuxième engrais biologique

### ✚ La solution de microalgue

La solution de microalgue permet d'alimenter la culture et corriger les carences en azote.

La Solution de microalgue a été diluée à 25 % qui correspond à la dilution de 150 ml de milieu de culture de microalgue (*Scenedesmus sp.*) dans 60 l d'eau.

Agiter bien la solution de microalgue (algue + milieu de culture) après l'avoir filtré, puis dans une bassine remplis de 60 l d'eau.

-Utilisez directement comme eau d'arrosage pour corriger le manque d'azote (figure 52).



**Figure 52:** Les différentes étapes de préparation de solution de microalgue (Zeir, 2020).

### I.2.6- les paramètres de mesures

Nous avons fait les analyses de l'eau : le pH et la conductivité électrique chaque semaine, et les autres paramètres (l'humidité, T° de la serre et de l'eau) tous les 5/7 jours à 10h du matin.

Dans notre expérience, les facteurs pris en considérations sont résumés comme suit :

Pour le haricot :

- La hauteur des tiges;
- Floraison et maturation;
- En fin de cycle, nous avons recensé le nombre gousses,

Pour le blé :

- la vigueur des plants (croissance rapide, couleur plus vif et résistante aux carences);
- l'épiaison ;
- En fin de cycle, nous avons recensé le nombre et la taille des épis, le nombre des grains dans un épi et le calibre des grains et le rendement.

### I.2.7- Entretien du système et des cultures

Pour maintenir le fonctionnement de notre système (figure 53), il faut assurer :

- Le débit de l'irrigation;
- Application des engrais biologiques pour prévenir des carences;
- Application des traitements biologiques en cas d'attaque d'insecte ou maladie;
- Suivi de l'évolution du matériel végétal (témoin et les plants traités);



**Figure 53:**Entretien et suivi du système (Zeir, 2020).

# **CHAPITRE II**

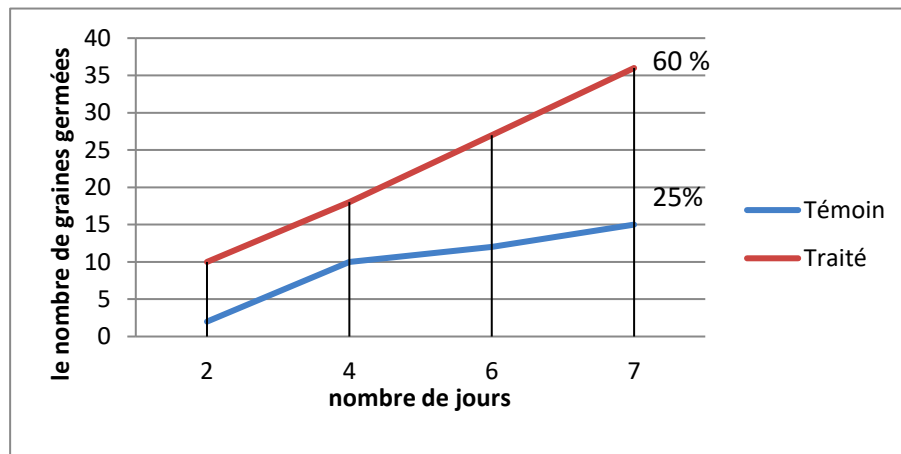
## **RÉSULTATS ET DISCUSSION**

## II.1- Résultats

### II.1.1- Le test de germination

#### A- Le haricot

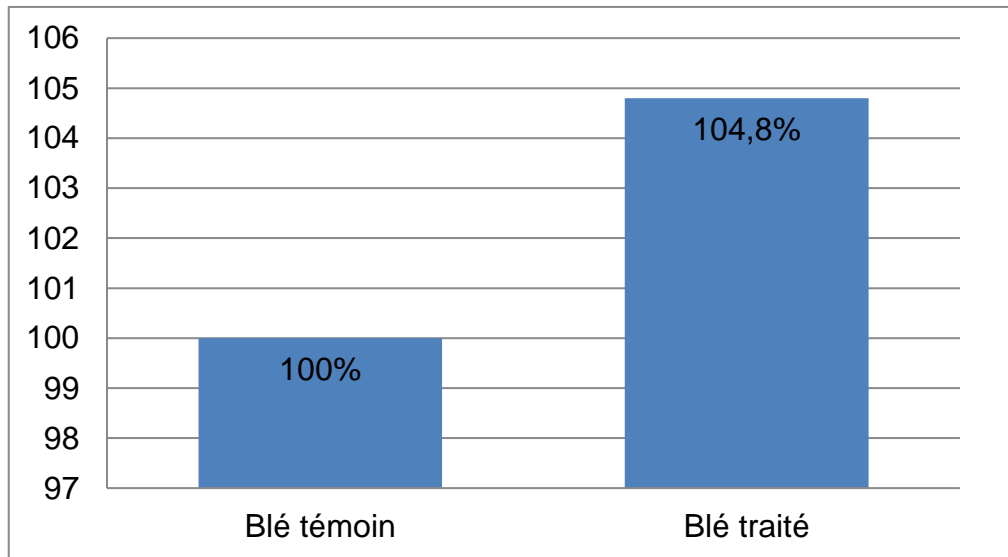
Les graines témoins et traitées sont germées après 7 jours de les avoir déposés dans les boîtes de pétri. D'après la figure 55, nous constatons qu'il y a une grande différence entre le haricot témoin et traité qui correspond à 35% (voir annexe n°1).



**Figure 55 :** L'évolution de la germination de graines de haricot traitées et témoins germées.

#### B- Le Blé

Étant très rapide dans sa germination, qui a été remarquée 24 h après sa mise en boîte de Pétri, une légère différence a été enregistrée entre le blé témoin et le blé traité de 4.8 % de plus chez le traité (figure 56).



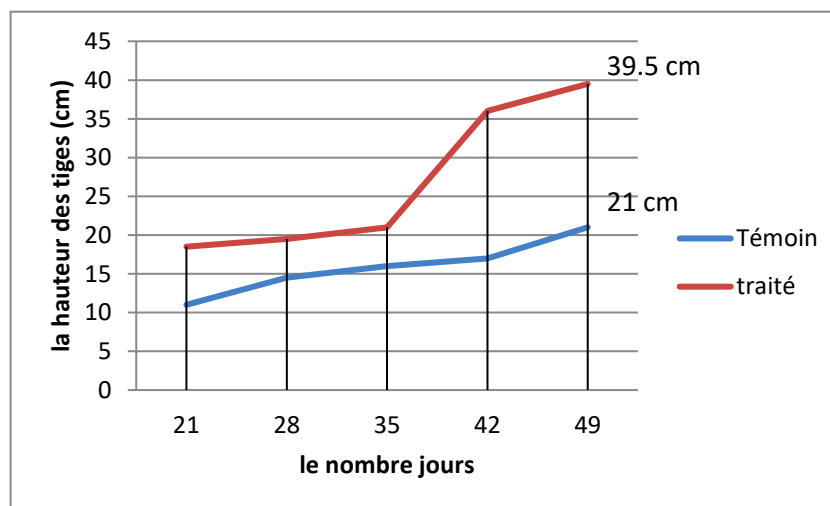
**Figure 56:** Le pourcentage des graines de blé germé au bout de un jour.

## II.1.2- Mesure de l'évolution du matériel végétal

### II.1.2.1- Le haricot

#### a- La hauteur des tiges

La croissance en hauteur des plantes a été évaluée à travers la mesure moyenne des tiges des plantes durant le cycle de croissance, et cela pour les deux essais. D'après la figure 57, nous constatons que les plantes traitées croissent plus que les plantes témoins, avec une moyenne de 11cm de différence. Ce qui veut dire que les plantes traitées présentent une vitesse de croissance plus rapide que les plantes témoins évoluée à 188%.



**Figure 57:** La courbe de croissance des tiges du haricot traité et témoin cm/jour.



Haricot témoin



Haricot traité

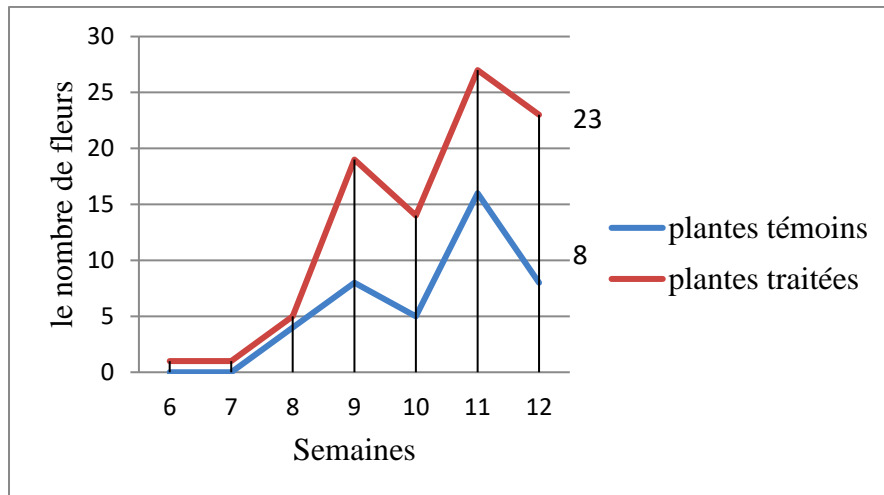
**Figure 58:** Hauteur de la tige du haricot (Zeir, 2020).

### **b- Floraison et maturation**

Après environ 42 jours de croissance, nous avons remarqué la première fleur qui a apparue chez les plantes traitées. Pour les témoins, la floraison n'a été observée qu'après 70 jours de semis. Le nombre de fleurs augmente en continu pour les deux tests. Les fruits ne se sont formés qu'après 49 jours de semis chez les plantes traitées et de 74 jours chez les témoins. A travers ces résultats nous pouvons dire que ce traitement par les microalgues a favorisé un gain de temps de fructification, de 25 jours en moyenne.

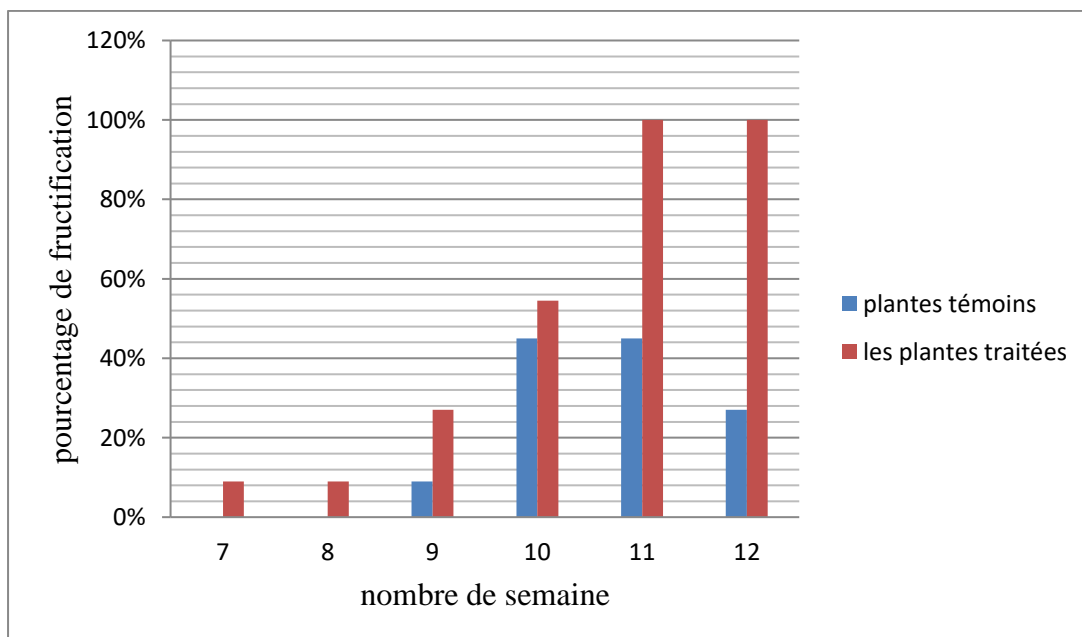
-Le suivi de la formation des fleurs et la formation des gousses chez les plantes traitées et les plantes témoins sont présentés dans les figures qui suivent (figure 59 & 60) :

-le nombre de fleurs chez les plantes traitées est plus important 28% de plus que le témoin.



**Figure 59 :** Évolution des nombres de fleurs du haricot.

-la formation des gousses a été enregistré plus favorable chez les plantes traitées, après la septième semaine de croissance. Contrairement, chez les plantes témoins à une faible formation de gousses et cela après la neuvième semaine de croissance. A la fin de l'expérience, il a été enregistré une fructification plus avancée chez les plantes traitée, de plus de 73 %, que ceux du témoin.



**Figure 60:**Évolution des nombres de gousses du haricot.

- ✚ L'engrais de la microalgue, apporté dans cette expérience, est d'un effet non négligeable sur la vitesse de croissance, la production et la rentabilité de la culture du haricot.
- ✚ D'autres observations ont été faites chez les plantes traitées et les plantes témoins tel que :

- Des attaques d'acariens, qui nous avons traité par pulvérisation du purin d'ortie ;
- Jaunissement des feuilles dû à la carence en azote, corrigé par la suite par l'apport des engrais biologiques (la solution de la microalgue à 25% et le purin d'ortie dilué à 3%).
- Avortement des fleurs et des gousses. Cet avortement peut être expliqué par :
  - Les températures sont très élevés et néfastes notamment pendant la floraison ou le début de la fructification. Ceci a pour conséquences l'avortement des fleurs et l'échaudage des jeunes gousses [98].C'est notre cas, les températures ont été très élevées dans la dixième semaine le moment de la floraison et la fructification du haricot (tableau 12).
  - Exigeante en lumière (en cas de déficience : avortement des fleurs en place puis arrêt de l'initiation florale) [99].

### II.1.2.2- Le blé

#### a- la vigueur des plants

-Les plantes traitées ont été meilleures par rapport aux plantes témoins en matière de vigueur, ainsi qu'une croissance rapide, de couleur plus vif et de résistante aux carences. Les plantes témoins ont été chétives et non résistantes (figure 58).

- la hauteur des tiges du blé témoin, de 57 cm, a été supérieure que la taille des chaumes de blé traité, de 45 cm en moyenne. Cela veut dire ce type de traitement ne favorise pas ce type de culture pour sa croissance.



Blé témoin



Blé traité

**Figure 61:** La vigueur des plants de blé (Zeir, 2020).

### **b- L'épiaison**

- Pour cette phase, les épis traités étaient plus avancés pour une épiaison précoce de 12 jours par rapport aux épis témoins.

-Après environ 63 jours de croissance, nous avons remarqué l'apparition de 96 % des épis chez les plantes témoins, contre juste 5% des épis chez les plantes traitées et observée qu'après 51 jours de semis, le traité est plus précoces; croissance plus élevée.

- Le plus grand nombre de grains par épi est enregistré chez le témoin, qui est presque le double que le nombre de graines par épi traité. Ce résultat est en moyenne de 16 graines par épis chez le témoin, contre une moyenne de 9 graines par épis chez le blé traité. Une réduction du nombre de graines par épis qui est presque le double observée dans cette étude chez le blé (figure 59).



**Figure 62:** la taille des épis (Zeir, 2020).

### c- Les grains

Le blé témoin est plus rentable que le blé traité. L'étude a induit les rendements suivants :

- La production est de  $170 \text{ g/m}^2$  chez le blé témoin l'équivalent de  $17 \text{ qx/ha}$ ; et  $150 \text{ g/m}^2$  chez le blé traité l'équivalent de  $15 \text{ qx/ha}$ .

Après la récolte, nous avons constaté que chez le blé traité, les grains avait un aspect qualitatif meilleur que celle du blé témoin ; vu leur calibre plus important et leur homogénéité en forme (figure 59).



**Figure 63:** Le calibre des grains de blé (Zeir, 2020).

- ✚ L'engrais de la microalgue, apporté dans cette expérience, est d'un effet non négligeable sur la vitesse de croissance, la qualité du fruit et la vigueur des plants.
- ✚ D'autres observations ont été faites chez les plantes traitées et les plantes témoins tel que :

-Jaunissement des feuilles à cause de carence en azote qui a été corrigé par l'application des engrais biologique.

-Toucher par une maladie cryptogamique des céréales l'*Erisiphe graminis* (*Oïdium*), qui a affecté le blé témoin, nous avons traité la maladie par l'aération pour diminuer l'humidité et par la vaporisation du purin dilué.

D'après le tableau 12, nous avons constaté que tous les paramètres ont été stables pendant la période de la levée. A partir de la dixième semaine, il y a une augmentation des températures de la serre influençant la stabilité de la température de l'eau du système atteignant jusqu'à 39 C°.

**Tableau 12** : Notation des paramètres:

Les paramètres Semaine	La T moyenne de la serre (C°)	La T moyenne de l'eau qui en contact avec les racines (C°)	L'humidité moyenne de substrat (%)	La CE (µs)	Le pH
1	21	22	90	1351	7.74
2	17	20	95	1250	7.98
3	20	19	79.5	899	7.47
4	17	17.5	68.5	1275	7.17
5	19	17	69.5	/	/
6	21	21	73.5	/	/
7	20	22	87	/	/
8	18	23	69	/	/
9	25.5	26	89.5	/	/
10	28	35	76.5	/	/

11	37	39	40	/	/
12	27	29	84	/	/
13	27.5	28	84	/	/
14	25	15	84	/	/
15	35	35	81	/	/

## II.2- Discussion

En se basant sur les résultats de notre expérimentation, nous pouvons dire que l'engrais à base de microalgue (*Scenedesmus sp.*) a montré une différence entre les graines témoins et les graines traitées des deux cultures de blé et du haricot.

L'utilisation de ce type d'amendement a un effet sur le taux de germination et la fructification beaucoup plus chez le haricot que le blé.

Il faut noter que la microalgue utilisée a agi sur la vitesse de la croissance et de l'élongation des tiges ainsi que l'apparition des fleurs, et finalement sur la précocité de la fructification.

Pour la culture du haricot, et en comparant nos résultats par ce système avec les résultats de DARNAMOUS et DJANTI (2019) qui ont utilisées le système aquaponique, nous avons constaté que la hauteur des tiges traitée en hydroponie a présenté la même hauteur que celle en aquaponie. La période de floraison était plus précoce en aquaculture avec une avance de 9 jours. Mais, cela reste peu important, du moment que la fructification était plus favorable en hydroponie croisé avec le traitement par les microalgues; aboutissant à une productivité presque le double de l'aquaponie. Donc, nous avons trouvé que cette variété du haricot, est plus productive dans le système hydroponique qu'elle en aquaponie.

Pour la culture du blé, le rendement du témoin par rapport au traité est plus rentable. D'un point de vue qualitatif, l'aspect des graines du blé traité est meilleur que celui du témoin. Et d'un point de vue quantitatif cet amendement reste l'imitateur de la productivité par rapport aux cultures en plein champ que ce soit en irrigué ou non irrigué. L'estimation dans notre

étude est de 15 à 17 qx/ha, ce qui reste très loin par rapport à celui en plein champ irrigué qui peut aller jusqu'à 50 qx/ha et 25 qx/ha sans irrigation.

Cela dit, cette espèce de microalgues reste favorable à la culture du haricot en utilisant la concentration à 2%. Mais pour le blé, son utilisation reste à étudier en modifiant la concentration ou l'espèce de la microalgue.

# **CONCLUSION GÉNÉRALE**

### Conclusion générale

Compte tenu de l'intérêt de la production biologique du haricot et de blé, et d'assainir ces cultures de tous les intrants chimiques, cette présente recherche repose sur l'application d'un engrais biologique à base de microalgue *Scenedesmus sp* pour les objectifs suivants :

- ✓ Développer un système de culture d'hydroponie adapté aux cultures du haricot et du blé ;
- ✓ Améliorer leur croissance et leur productivité par cette technique;
- ✓ Développer une semence biologique en hors-sols et hors-saison.

C'est dans cette approche que nous avons entamé ce travail de recherche en suivant l'évolution du matériel végétal (haricot et blé), et en veillant à assurer une production entièrement biologique. Pour cela une série de mesures d'ordre morphologique ont été prises en considération (le taux de germination, mesure de la croissance des tiges, suivi du cycle de croissance, la vigueur des plantes et évaluation du rendement). Il est important d'évaluer la réponse de ces cultures face à cet engrais intégré, et de voir le comportement physiologique de ces deux cultures.

Les résultats obtenus nous permettent de dire que :

- ✓ La microalgue n'a aucun effet sur le taux de germination chez les graminées et par contre chez les légumineuses a un effet remarquable et intéressant allant jusqu'à 35% de différence avec le témoin;
- ✓ Pour le haricot :
  - L'élongation des tiges au cours du cycle de développement, de façon plus rapide et plus vigoureuse que le témoin;
  - La précocité de la phase de floraison et de fructification des plants traités par rapport au témoin.
- ✓ Pour le blé :
  - Une meilleure résistance à l'oïdium chez les plantes traitées a été observée ;
  - Retardement de la phase d'épiaison des plants témoins en moyenne de 12 jours de différence avec les plantes traitées ;
  - Le blé témoin est productive par rapport au blé traité;

## Conclusion générale

---

- L'aspect qualitatif des grains du blé traité est meilleur que celui de témoin.

Nous concluons que l'amendement par l'espèce de microalgue *Scenedesmus sp* du côté d'évolution physiologique et de rendement est plus efficace pour les légumineuses par rapport aux graminées.

Afin de confirmer ces résultats, il est intéressant de refaire l'étude sur d'autres variétés de ces espèces de cultures. Et de tester cet engrais au champ afin d'évaluer son efficacité réel.

**RÉFÉRENCES**

**BIBLIOGRAPHIQUES**

# Références bibliographiques

---

## Liste des références

[1] : **Darnamous H., Djanti A., 2019.** Contribution à l'amélioration des cultures de la tomate et du haricot par la technique d'aquaponie, pour l'obtention du Diplôme de Master en sciences Agronomiques, option production végétale, université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbes.

[2] : **Document web :** <https://www.planetoscope.com/fruits-legumes/2004-la-production-mondiale-de-legumineuses.html> (consulté le 22/12/2019 à 20:04 h);

[3] : **Document web :** <https://fr.statista.com/statistiques/990929/production-totale-de-legumes-secs-par-type-algerie/> (consulté le 22/12/2019 à 19 :37 h).

[4] : **Document web :** <https://www.reporters.dz/2019/02/20/sidi-bel-abbes-legumineuses-un-saut-quantitatif-sur-les-hauts-plateaux/> (consulté le 20/12/2019 à 19:35h).

[5] : **JEAN-YVES Péron. 2006.** « Références Productions légumières ». Angers, 2<sup>e</sup> édition. P389.

[6] : **BOUDOUIN J., VANDERBORGHT T., KIMANI P.M., et Mw 'ANGOMBE A.W., 2001.** Légume à graine : haricot .In Agriculture en Afrique Tropical, Bruxelles, DGCI, p337-355.

[7] : **DENIS LA France. 2007** « la culture biologique des légumes ». Berger édition. P420.

[8] : **document web:** dernière mise a jour du site le 06 mai 2020 <https://www.quelleestcetteplante.fr/especes.php?genre=Phaseolus&variete=vulgaris> (consulté le 17/05/2020 à 02 :43h).

[9] : **document web :** [https://fr.wikipedia.org/wiki/Haricot\\_d%27Espagne](https://fr.wikipedia.org/wiki/Haricot_d%27Espagne) (consulté le 09/06/2020 à 11 :43).

[10] : **Hamdani D, 2012.** Action des poudres et des huiles de quelques plants aromatiques sur le paramètre biologique de la biche du haricot, *Acantoseclides obtestis* Say, pour l'obtention du Diplôme de Magister en science biologique, option écologie et biodiversité animale des écosystèmes continentaux d'UMM de TiziOuzou. 16-19p.

## Références bibliographiques

---

[11] : G. SRITORI & E. BOFFELLI. 2007. «Haricots et petits pois». Paris. p15.

[12] : Guene, 2002 F.N. : utilisation des inoculums de rhizobium pour la culture de haricot (*phaseolus vulgaris*) au Sénégal Mémoire de Doctorat de 3ème cycle de biologie végétale. UCD.20.

[13] :                                    **document**                                    **web :**                                    <http://dspace.univ-km.dz/xmlui/bitstream/handle/123456789/2512/memoire%20finale.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (consulté le 15/05/2020 à 22 :29h).

[14] : Anonyme, 2016 : le cycle de vie d'un haricot vert. 2016 condexaatedenbay.com. p21.

[15] : PIRAT M. et FOURY F., 2003. Histoire des légumes, des origines au XXI siècle. Édit. INRA. Paris. Pp22-28.

[16] : Document web : [https://lutinbazar.fr/wp-content/uploads/2015/04/S%C3%A9quence-2\\_sch%C3%A9mas-pour-TE.pdf](https://lutinbazar.fr/wp-content/uploads/2015/04/S%C3%A9quence-2_sch%C3%A9mas-pour-TE.pdf) (consulté le 17/05/2020 à 01 :49h).

[17] : Walangululu J., 2014, cours de phytotechnie spéciale, plantes légumineuses (haricot commun), III<sup>ème</sup> année de graduat, Faculté d'Agronomie UCB (inédit) 56 – 59.

[18] :                                    **Document**                                    **web :**                                    [https://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Fiche.aspx?doc=haricot\\_commun\\_sec\\_nu](https://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Fiche.aspx?doc=haricot_commun_sec_nu) (consulté le 19/05/2020 à 01 :35h).

[19] : MAINASSARA Z., BOUAZIZ S., BOULBABA L'T., MOHAMED H., 2009 : Paramètres agronomiques liés à la tolérance au sel chez le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.). Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2009 13(1), 113-119

[20] : NEYBYENDA P., 2005. Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitudes d'Afrique. Ed. Tec et Doc, les presses Agronomique de Gembloux. 26p.

[21] :                                    **Document**                                    **web:**                                    <https://www.webjardiner.com/index.php?ac=voir&id=9216&mod=forum> 15/05/2020 à 23 :33h.

[22] :                    **Document**                    **web:** <https://www.syngenta.fr/traitements/anthracnose-du-haricot> 15/05/2020 à 23:39h.

## Références bibliographiques

---

[23] : Document web: <https://plantix.net/fr/library/plant-diseases/200004/bean-common-mosaic-virus/> 16/05/2020 à 23 :09h

[24] : Document web: <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5363007>  
(consulté le 17/05/2020 à 01 :19h).

[25] : Document web: <https://www.alamyimages.fr/photos-images/pseudomonas.html>  
(consulté le 17/05/2020 à 01:21h).

[26] : Tout savoir sur la culture du Haricot sous abris et en plein champ, 2012:  
[https://occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user\\_upload/Occitanie/076\\_Inst-Occitanie/Documents/Productions\\_techniques/Agriculture\\_biologique/Espace\\_ressource\\_bio/Maraichage\\_bio/ITK-Provence-Haricot-2012.pdf](https://occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/076_Inst-Occitanie/Documents/Productions_techniques/Agriculture_biologique/Espace_ressource_bio/Maraichage_bio/ITK-Provence-Haricot-2012.pdf) (consulté le 21/05/2020 à 00:52h).

[27] : Document web: [https://www.bayer-agri.fr/cultures/pucerons-du-haricot\\_2393/](https://www.bayer-agri.fr/cultures/pucerons-du-haricot_2393/)  
(consulté le 21/052020 à 00 :54h).

[28] : Document web : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Tetranychus> (consulté le 29/06/2020 à 10:00h).

[29] : Document web : <https://fr.statista.com/statistiques/559831/principaux-pays-producteurs-de-ble-dans-le-monde/> (consulté le 26/12/2019 à 21 :30h).

[30] : Ministère de l'agriculture algérienne .

[31] : Document web: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/fr/>.

[32] : BELLATRECHE A.GAOUAR S., 2016. « Diversité et comportement de variétés de blé dans la région de Tlemcen ». Éditions universitaires européennes. P 3.

[33] : document web : Dernière mise à jour du site le 06 mai 2020 :  
<https://www.quelleestcetteplante.fr/especes.php?genre=Triticum&variete=aestivum> (consulté le 19/05/2020 à 23 :13h).

[34] : document web : <https://www.cuisinedaubery.com/les-types-de-farine-quelle-farine-pour-quel-usage/> (consulté le 05/06/2020 à 00 :18h).

## Références bibliographiques

---

[35] : **HACINI, N, 2014.** "Etude de l'interaction Génotype X Environnement et effet de l'origine de quelques cultivars de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sur les aptitudes adaptatives et qualitatives", Thèses de doctorat, département de biologie, Université BADJI Mokhtar de Annaba.

[36] : **Soltner P., 2005.** Les bases de la production végétales: La plante et son amélioration. 4èmeEd. Collection et Techniques Agricoles. 248p.

[37] : **document web :** <https://www.inspection.gc.ca/protection-des-vegetaux/semences/methodes-d-inspection/cultures-de-semences-genealogiques-de-cereales/fra/1347203083351/1347203347397> (consulté le 05/06/2020 à 00 :30h).

[38] : **Gate Ph. Et Giban M., 2003.** Stades du blé. Edition ITCF, Paris. 68p.

[39] : **Boufenar- Zaghouane F. et Zaghouane O., 2006.** Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine). ITGC, ICARDA., Alger. 154 p

[40]: **Henry Y., J. Buyser. 2000.** L'origine du blé. Pour la Science 26 :60-62.

[41] : **MEROUCHE, A, 2015.** "Besoins en eau et maîtrise de l'irrigation d'appoint du blé dur dans la vallée du Chleff ", thèse de doctorat, département de hydraulique agricole, école supérieur d'agronomie.

[42]: **document web :** <http://cncc.dz/wp-content/uploads/2016/06/pub3.pdf>.

[43]: Livre de L'ITGC «les principales variétés cultivés en Algérie».

[44]: **Aouali S. et Douici-Khalfi A., 2009.** Recueil des principales maladies fongiques des céréales en Algérie : symptômes, développement et moyens de lutte ; ITGC, EL Harrach, Alger. 56p.

[45]: **Ezzahiri B., 2001.** Les maladies du blé Identification, facteurs de développement et méthodes de lutte. Transfert de technologie en Agriculture. Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA 77, 4p.

## Références bibliographiques

---

[46]: **Jlibene M., 2011.** Options génétiques d'adaptation du blé tendre au changement climatique. Variétés à résistance multiple : Sécheresse, Cécidomyie, Septoriose, Rouilles brune et jaune. Institut National de la recherche Agronomique Edition. DIC. 63p.

[47]: **El hadj Hammiche F., 2013.** Problématique. 1er Workshop international sur La fusariose des céréales en Algérie. INPV Institut National de la Protection des végétaux SYNGENTA.

[48]: **document web :** [https://www.bayer-agri.fr/cultures/charbon-nu-vehicule-par-lembrion-de-la-semence\\_684/](https://www.bayer-agri.fr/cultures/charbon-nu-vehicule-par-lembrion-de-la-semence_684/) (consulté le 24/05/2020 à 13 :40h).

[49]: **document web :** <https://www.agrifind.fr/alertes/ble/ble-rouille-jaune/> (consulté le 24/05/2020 à 13 :43h)

[50]: Guide de champ: Syngenta, 2008. Maladies et Insectes des céréales en Algérie.

[51]: **document web :** [https://www.agro.basf.fr/fr/cultures/ble/ravageurs\\_du\\_ble/puceron\\_feuillage\\_des\\_cereales.html](https://www.agro.basf.fr/fr/cultures/ble/ravageurs_du_ble/puceron_feuillage_des_cereales.html) (consulté le 24/05/2020 à 20:52h).

[52]: **document web :** <https://www.inpv.edu.dz/activites/appui-technique/avertissement/cereales/ver-blanc-des-cereales-2eme-avis-07012019/> (consulté le 24/05/2020 à 20:55h).

[53]: **document web :** <https://www.planetoscope.com/Autre/1614-production-mondiale-de-micro-algues.html> (consulté le 27/05/2020 à 19:49h).

[54]: La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture, 2016. <http://www.fao.org/3/a-i5555f.pdf>.

[55]: **document web :** <http://www.elmoudjahid.com/fr/actualites/128084> (consulté le 30/05/2020 à 11:30h).

[56]: **document web :** <https://www.letemps-dz.com/mostaganem-laquaculture-attire-les-investisseurs/> (consulté le 30/05/2020 à 12 :18h)

## Références bibliographiques

---

[57]: **SIALVE B, STEYER J-P., 2013.** Les microalgues, promesses et défis. Innovations agronomiques. vol.26.(25-30) :25-39.

[58]: **document web** : <http://les-biocarburants-vs-le-petrole.e-monsite.com/pages/iii-3eme-generation/les-micro-algues.html> (consulté le 23/02/2020 à 18:47).

[59]: **WEN, Z., JOHNSON, M. B. 2009.** Microalgae as a feedstock for biofuel production, Virginia Cooperative Extension Publication. P 442-886.

[60]: **BECERRA CELIS G., 2009.** Proposition de stratégies de commande pour la culture de microalgues dans une photo bioréacteur continu. Thèse doctorat Génie des Procédés. École centrale Paris. p266.

[61]: **Sumi Y. 2009.** Microalgae Pioneering the Future -Application and Utilization, Life Science Research Unit, quarterly review No.34.

[62]: **Jeffrey S.W, Brown M.R, VOLKMAN J.K, Dustan GA, 1997.** Nutrition properties of microalgae for mariculture; Aquaculture; 151(1): 315-331. & **Sharma N.K et RAI A.K, 2011.** biodiversity and biogeography of mircoalgae. Progress and pitfalls; 19: 1-15.

[63] : **document web** : <http://algue-production-energie.e-monsite.com/pages/la-production-d-energie/les-differentes-especes-d-algues-et-leurs-proprietes.html> (consulté le 28/02/2020 à 19:13h).

[64]: **Benemann, J.-R., NREL-AFOSR (2008).** Overview: Algal oil to Biofuel. In Benemann Associates (réd.), Algal oil for Jet Fuel Production, Arlington, VA, USA, le 19 février 2008, NREL-AFOSR Workshop, [En ligne]. <http://www.nrel.gov/biomass/pdfs/benemann.pdf> (Page consultée le 22 octobre 2008).

[65]: **Coste, S. (2008).** III. Les algues, In CIRAD. Ecofog, [En ligne]. <http://ecofog.cirad.fr/fr/enseignement/LicenceBGS/supports/Algues.pdf> (Page consultée le 28 octobre 2008).

[66]: Biologie des cyanobactéries et des thallophytes, <https://enscprsvt.files.wordpress.com/2016/09/biologie-des-cyanobactc3a9ries-svt-s2.pdf>.

## Références bibliographiques

---

[67]: **Oyadomary, J. (2005).** Algal images. In Keweenawalgae.mtu.edu [En ligne]. [http://www.keweenawalgae.mtu.edu/ALGAL\\_IMAGES/](http://www.keweenawalgae.mtu.edu/ALGAL_IMAGES/) (Page consultée le 10 septembre 2008).

[68]: **ANDERSEN et al. In SIALVE B, STEYER J.P, 2013.** les microalgues, promesses et défis. Innovations agronomiques. p 26.

[69]: **RICHMOND A., 2004.** Handbook of microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology. Eder. Blackwell Science Ltd. p545.

[70]: **ABADLI MOUNA & HARKATI GAMRA, 2015.** Contribution à l'inventaire des quelques microalgues vertes d'intérêt nutritionnel dans quelques zones humides de la wilayad'El Oued( Lac Ayata , Chott Merouane, Sife Lemnade, STEP Kouinine). Mémoire de fin d'étude en Biologie, université D'EL-OUED. 3-4p

[71]: **BARSANTI L, GUALTIERI P., 2014.** Algae Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology. Edition msd LLC. Taylor & Francis. 320p.

[72]: **Aliou Dia.** Étude du cycle de reproduction et de la diversité génétique spatio-temporelle chez le dinoflagellé toxique *Alexandrium minutum*. Génétique des populations [q-bio.PE]. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, **2013.** Français.

[73]: **document web :** <http://www.scilogis.fr/questions-de-couleurs/poumon-vert-et-poumon-bleu-dans-lair-du-temps/> (consulté le 05/06/2020 à 02 :15h).

[74]: **FILALI R. 2012.** Estimation et commande robustes de culture de microalgues pour la valorisation biologique de CO<sub>2</sub>. Thèse de Doctorat. École Doctorale.

[75]: **Mollo P & NOURY A. 2013.** Le manuel du plancton. Éd Charles Léopold Mayer, 2013 Essai n°195 ISBN 978-2-84377-173-6, 198p.

[76]: **Yohan H., 2014.** Cultiver ses légumes Hors-sol - Guide pratique du potager productif en ville (Français). Ulmer édition Broché.

[77]: **William Texier., 2015.** L'hydroponie pour tous - Les dix clés de l'horticulture à la maison – Mini édition Broché. P 18.

## Références bibliographiques

---

[78]: Alain Vitre., 2003 Fondements & Principes du hors sol. Guide pratique p 1-10.

[79]: **document web** : La dernière modification de cette page a été faite le 1 août 2008 à 18:12, [http://wiki.cannaweed.com/index.php/Qu'est-ce\\_que\\_l'hydroponie](http://wiki.cannaweed.com/index.php/Qu'est-ce_que_l'hydroponie) (consulté le 05/06/2020 à 10 :53h).

[80]: **BOUFARES Khaled. 2012.** Comportement de trois variétés de pommes de terre (*Spunta*, *Désirée* et *Chubaek*) entre deux milieux de culture substrat et hydroponique. Mémoire de fin d'étude en Agronomie, université de TLEMCEM. p32.

[81]: **document web** : <http://bioponie.fr/> (consulté le 04/06/2020 à 17 :52h).

[82]: **Meryem MAOUEDJ & Hidayette KHALDI. 2015.** (Centre halieutique et divertissement marin a Ain Tmouchent, 2015).

[83]: **F.A.O. 2004.** Food and Agricultural Organization of the United Nations. State of word Fisheries and Aquaculture. Rome.

[84]: **document web**: <https://www.pinterest.fr/pin/567523990519042579/> (consulté le 04/06/2020 le 19:35h).

[85]: **Morel Ph., Poncet L., Rivière L.M., 2000.** Les supports de culture horticoles. INRA Édition. 87p.

[86]: **Jeffrey WINTERBORNE. 2005.** Hydroponics: Indoor Horticulture. Edition Pukka Presse. p 258.

[87]: **document web** : <https://www.cultureindoor.com/content/78-billes-d-argiles-conseil-d-utilisation> (consulté le 04/06/2020 à 19:58h).

[88]: **document web** : <http://www.guide-isolation-combles.com/laine-de-verre/> (consulté le 04/06/2020 à 20 :03h).

[89]: **document web** : <https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/perlite-vermiculite,1897.html> (consulté le 04/06/2020 à 20 :10h).

## Références bibliographiques

---

[90]: **document web** : <https://moulindebierges.odoo.com/shop/product/terreau-avec-engais-osmocote-non-bio-20l-544> (consulté le 04/06/2020 à 22:10h).

[91]: **document web** : <https://www.pthorticulture.com/fr/zone-du-savoir/influence-de-la-tourbe-de-sphaigne-sur-les-proprietes-physiques-des-substrats-de-culture/> (consulté le 04/06/2020 à 22:15h).

[92]: **document web** : <https://insight.wfp.org/growing-food-in-the-algerian-desert-28dc89219a9a> (consulté le 05/06/2020 à 13:22h).

[93]: **document web** : <http://maghreb-hydroponic.blogspot.com/2016/05/histoire-du-fourrage-vert-hydroponique.html> (consulté le 05/06/2020 à 15:30h).

[94]: **document web** : <https://www.liberte-algerie.com/ouest/la-culture-hydroponique-mise-en-pratique-261841> (consulté le 02/06/2020 à 12:34h)

[95]: **document web** : <http://www.fruitnet.com/eurofruit/article/13628/algeria-turns-to-hydroponics> (consulté le 05/06/2020 à 12 :16h).

[96]: **Sneath R, Mc Intosh F, 2003**: Sneath, R. and McIntosh, F., 2003. Review of hydroponic fodder production for beef cattle. Meat & Livestock Australia Limited.

[97]: **document web** : <https://jardinage.lemonde.fr/dossier-276-purin-ortie-engrais-insecticide.html> (consulté le 05/06/2020 à 18:29h).

[98]: Henry NGOYI, 2016. Effet du non respect de la date et de la densité de semis sur le rendement du niébé. UNIVERSITE NOTRE DAME DE LOMAMI "Unilo". <https://www.memoireonline.com/10/18/10428/Effet-du-non-respect-de-la-date-et-de-la-densite-de-semis-sur-le-rendement-du-niebe.html>.

[99]: FT haricot simplifiée.doc : <http://civambiogironde.chez-alice.fr/civambiogironde/Documentation/Fiches%20TK%20Maraichage/FT%20haricot%20simplifiee.pdf>.

# **ANNEXE**

## Liste des annexes

---

**Annexe n°1** : L'évolution germinative des graines du haricot.

Haricot	2 jours	4 jours	6 jours	7 jours	Le taux de germination
Témoin	2	10	12	15	<b>25%</b>
Traité	10	18	27	36	<b>60%</b>

**Annexe n°2** : le pourcentage de germination des graines de blé.

Blé	Le nombre des graines	Le pourcentage
témoin	<b>82</b>	<b>82%</b>
traité	<b>86</b>	<b>86%</b>

**Annexe n°3** : L'évolution de la hauteur des tiges chez le haricot.

Haricot	Nombre de jour après semis				
	21 jours	28 jours	35 jours	42 jours	49 jours
Témoin	11 cm	14.5 cm	16 cm	17 cm	21 cm
Traité	18.5 cm	19.5 cm	21cm	36 cm	39.5 cm