



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA VIE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

PRESENTE EN VUE D'OBTENTION DU DIPLOME

DE

MASTER SCIENCES ET TECHNIQUES

"GESTION & CONSERVATION DE LA BIODIVERSITE"

**EFFET D'UN FERTILISANT BIOLOGIQUE SUR LA CROISSANCE
ET LE DEVELOPPMENT DU
PHASEOLUS VULGARIS ET LEPIDIUM SATIVUM**

Présenté par : *EL HAKIM Rachid*

Encadré par : *Pr. MIKOU Karima*

Dr. HAZZOUMI Zakaria

Soutenu le 15 juin 2017 devant le jury composé de :

Pr. MIKOU KARIMA

FST-FES

Pr. AMRANI JOUTEI. KHALID

FST-FES

Pr. RACHIQ SAAD

FST-FES

Pr. EL HARCHLI EL HASSAN

FST-FES

Pr. FATEMI Z.AL ABIDINE

INRA-MEKNES

Année universitaire : 2016/2017

Faculté des Sciences et Techniques Fès

B.P. 2202, Route d'Imouzzer FES

☎ 212 (35) 60 80 14 – 212 (35) 60 96 35 📠 212 (35) 60 82 14

www.fst-usmba.ac.ma

Résumé

Le travail réalisé s'inscrit dans la problématique traitant la valorisation des engrais biologiques en évaluant leurs effets sur le comportement du Haricot (*Phaseolus vulgaris*) et du cresson (*Lepidium sativum*).

L'engrais biologique, testé dans ce travail, est issu d'une préparation à base de plantes. Son effet sur la fertilisation du sol et sur la germination, la croissance et le développement de la plante est étudié. Est également évalué son effet sur la teneur de la plante en protéines, sucres totaux et chlorophylles et sur le comportement de la plante face à un stress hydrique. L'ensemble des paramètres étudiés sont comparés à ceux d'un témoin non fertilisé et d'un témoin fertilisé par un engrais chimique à base d'azote, de phosphore et de potassium.

La fertilisation biologique a entraîné une légère diminution de la durée des phases de croissance végétative, floraison et fructification.

Pour les paramètres morphologiques, la fertilisation biologique a entraîné une augmentation de la taille de la plante entière et de l'ensemble de ses organes. Le nombre de fleurs par plante et de gousses formées est également augmenté.

Une augmentation de la teneur en protéines, en sucres totaux et en chlorophylles est également enregistrée au niveau des feuilles issues de plantes fertilisées par l'engrais biologique.

Le stress hydrique a entraîné une réduction de la taille de la plante entière et de tous ses organes. Cette réduction de croissance est atténuée chez les plantes fertilisées par l'engrais biologique testé

Face à un stress hydrique, la teneur en protéines totales des feuilles, en chlorophylles et en sucres totaux est augmentée. Mais, cette augmentation est plus marquée lorsque la déficience hydrique est accompagnée à un traitement par l'engrais biologique.

Mots clés : Engrais biologique, Engrais chimique, Sol, *Phaseolus vulgaris*, *Lepidium sativum*, Germination, Stress hydrique, Protéines totales, Sucres totaux, Chlorophylle.

Abstract

The work carried out is part of the problem dealing with the valorisation of biological fertilizers by evaluating their effects on Bean behavior (*Phaseolus vulgaris*) And watercress (*Lepidium sativum*).

The organic fertilizer tested in this work is derived from an herbal preparation. Its effect on soil fertilization and on germination, growth and development of the plant is studied. Its effect on the plant's content of proteins, total sugars and chlorophylls and on the behavior of the plant in the face of water stress is evaluated. All the parameters studied are compared with those of an unfertilized control and a control fertilized by a chemical fertilizer based on nitrogen, phosphorus and potassium.

Biological fertilization caused a slight decrease in the duration of the vegetative growth, flowering and fruiting phases.

For morphological parameters, biological fertilization resulted in an increase in the size of the whole plant and of all its organs. The number of flowers per plant and pods formed is also increased.

An increase in the protein, total sugars and chlorophyll content is also recorded in the leaves of plants fertilized by the organic fertilizer.

Water stress caused a reduction in the size of the whole plant and all its organs. This reduction in growth is attenuated in fertilized plants.

Faced with water stress, the total protein content of leaves, chlorophylls and total sugars is increased.

Treatment with biological fertilizer with water deficiency allowed the plants to accumulate a large amount of total proteins and sugars, which allowed them to better resist water stress.

Key words: Organic fertilizers, Chemical fertilizers, Soil, *Phaseolus vulgaris*, Germination, Water stress, Total proteins, Total sugars, Chlorophyll.

Dédicace

Je dédie ce mémoire

Aux êtres les plus chers : Mes parents,

A mon père,

*Mon plus haut exemple et mon modèle de persévérance
pour aller toujours de l'avant et ne jamais baisser les bras.*

*Pour son enseignement continu à m'inculquer les vraies
valeurs de la vie et pour ses précieux conseils.*

*J'espère que ce mémoire sera à la hauteur de tes attentes
et qu'il soit l'accomplissement de tous mes efforts.*

A ma mère,

*Pour son affection, sa patience, sa compréhension, sa
disponibilité, son écoute permanente et son soutien sans
égal dans les moments les plus difficiles de ma vie.*

*Là où je suis arrivé aujourd'hui c'est à vous MES CHERS
PARENTS que je le dois, que Dieu vous garde.*

*A mes chers frères : abdeltif, youssef, Mohammd et
Abdlhak et pour vous exprimer toute mon affection et ma
tendresse*

*A ma tendre et chère belle-sœur : leila pour sa bonté, sa
générosité de cœur et son aide.*

*A ma grande famille, mes amis et collègues et tous ceux
et toutes celles que j'ai involontairement omis de citer et
qui n'en demeurent pas moins chers.*

Remerciements

Avant tout, je remercie le bon Dieu le tout puissant de m'avoir donné la force, le courage, la volonté et la patience pour réaliser ce travail.

J'ai le plaisir d'adresser mes remerciements les plus chaleureux à mon encadrant, Mme MIKOU Karima pour son aide, sa compréhension, et ses conseils qui m'ont beaucoup enrichi, ses orientation sa patience avec moi tout au long de l'élaboration de ce stage réalisé au laboratoire des Molécules Bioactives de la FST de Fès.

Mes sincères remerciements à Mr. HAZZOUMI Zakaria, MOUSTAKIM Youssef, Mme EL HANAFI Laila, Mariame HOUHOU et Chaimae RAIS pour leurs conseils.

Je tiens à assurer mon plus grand respect à Mr. Lahsen EL GHADRAOUI, responsable du Master GCB qui m'a encouragé d'effectuer ce stage.

J'associe à ces remerciements tous les membres du jury à savoir Pr. Amrani Joutei. Khalid, Pr. Rachiq Saad, Pr. El Harchli El Hassan, Pr. Fatemi Z. Al Abidine et Dr. Hazzoumi Zakaria pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant de juger mon rapport de fin d'étude du Master.

El hakim Rachid

Liste des figures

Figure 1 : Evolution de la production de compost entre 1985 et 2003 (Source : OFEFP, juillet 2004).....	4
Figure 2 : Cycle de développement de la culture du <i>Phaseolus vulgaris</i> (DIAW, 2002).....	8
Figure 3 : <i>Lepidium sativum</i> (GRUBBEN et al, 2005).....	10
Figure 4 : Schéma de la composition (en volume) d'un sol de texture médiane. 50 % du volume est occupé par la matrice du sol et 50 % par le réseau des vides, ce dernier étant rempli par l'air et l'eau du sol de façon équivalente. Les flèches représentent les échanges entre les 2 phases (d'après HILLEL, 2004).	14
Figure 5 : Représentation schématique de l'horizon du sol en prenant en compte 4 niveaux hiérarchiques : l'horizon, la pédostructure, les agrégats et les particules minérales (d'après BRAUDEAU et al, 2004).....	15
Figure 6 : Le statut acido-basique des sols selon le projet PNUD/FAO).....	17
Figure 7 : Graines de <i>Phaseolus vulgaris</i>	22
Figure 8 : Graines du <i>lepidium sativum</i>	22
Figure 9 : Effet de l'apport de l'engrais biologique sur de la conductivité électrique du sol au cours du temps.....	28
Figure 10 : Evolution du pH du sol fertilisé au cours du temps.....	29
Figure 11 : Taux de germination des graines du (<i>Phaseolus vulgaris</i> et <i>Lepidium sativum</i>) sur un sol traité par l'engrais biologique (E.B) et chimique (E.CH). Les valeurs correspondent à la moyenne de trois répétitions.	30
Figure 12 : Indice de germination des graines du (<i>Phaseolus vulgaris</i> et <i>Lepidium sativum</i>) sur un sol traité par par l'engrais biologique (E.B) et chimique (E.CH). Les valeurs correspondent à la moyenne de trois répétitions.	31
Figure 13 : Moyenne journalière de germination des graines du <i>phaseolus vulgaris</i> et <i>lepidium sativum</i>) traitées par l'engrais biologique (E.B) et chimique (E.CH). Les valeurs correspondent à la moyenne de trois répétitions.	31
Figure 14 : Vitesse de germination des graines du <i>Phaseolus vulgaris</i> et <i>Lepidium sativum</i>) sur un sol traité par l'engrais biologique (E.B) et chimique (E.CH). Les valeurs correspondent à la moyenne de trois répétitions.....	32
Figure 15 : Effet de l'engrais biologique (E.B) et chimique (E.CH) sur la taille de la plante entière, taille de la tige, taille des racines et des feuilles du <i>Phaseolus vulgaris</i>	33
Figure 16 : Effet de la fertilisation biologique (E.B) et chimique (E.CH) sur le nombre des fleurs formées par la plante de <i>P. vulgaris</i>	33
Figure 17 : Effet de l'engrais biologique (E.B) et chimique (E.CH) sur la taille et le nombre des gousses du <i>Phaseolus vulgaris</i>	34
Figure 18 : Teneur en protéines totales des feuilles du <i>Phaseolus vulgaris</i> traitées par l'engrais biologique (E.B) et chimique (E.CH). Les valeurs correspondent à la moyenne de trois répétitions.	35
Figure 19 : Teneur en sucres totaux des feuilles du <i>Phaseolus vulgaris</i> traitées par l'engrais biologique (E.B) et chimique(E.CH). Les valeurs correspondent à la moyenne de trois répétitions.	35
Figure 20 : Teneur en chlorophylle des feuilles de plantes fertilisées par l'engrais biologique (E.B) et chimique (E.CH) sur la teneur en chlorophylle a, chlorophylle b et chlorophylle totale de la chez la plante du <i>Phaseolus vulgaris</i>	36

Figure 21 : Effet de stress hydrique et traitement par l'engrais biologique (E.B) sur la taille de la plante entière, taille de la tige, taille des racines et la taille des feuilles chez la plante du <i>P. vulgaris</i>	37
Figure 22 : Effet d'une déficience hydrique sur la teneur en protéines totales des feuilles du <i>Phaseolus vulgaris</i> traitées par l'engrais biologique (E.B). Les valeurs correspondent à la moyenne de trois répétitions.	38
Figure 23 : Effet de stress hydrique sur la teneur en sucres totaux des feuilles du <i>P. vulgaris</i> traitées par l'engrais biologique (E.B). Les valeurs correspondent à la moyenne de trois répétitions.	38
Figure 24 : Effet de stress hydrique et de traitement par l'engrais biologique (E.B) sur la teneur en chlorophylle a, chlorophylle b et chlorophylle totale la chez la plante du <i>P. vulgaris</i>	39

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Composition biochimique (g/100g de graines) et valeur énergétique (Calories / 100g) des graines de <i>Phaseolus vulgaris</i> (ISERIN, 1997).....	9
Tableau 2 : Composition (mg/g) en acides aminés essentiels des protéines de haricot (HOJJATI, 1976).....	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 3 : Types d'engrais et définition	19
Tableau 4 : Importance des substances nutritives de la plante. Source : (HAUERT, 2012). .	20
Tableau 5 : Paramètres physico-chimiques du sol destiné à la culture des graines du <i>P. vulgaris</i> et <i>L. sativum</i>	28
Tableau 6 : Durée (en jours après le semis) des différentes phases de croissance et développement du <i>P. vulgaris</i> après fertilisation biologique et chimique.	29

Liste des Abréviations

AFES :	Association Française d'Etude de sol
BSA :	Serum Albumine Bovine
C_a :	Chlorophylle a
C_b :	Chlorophylle b
CNABio :	Conseil National d'Agriculture Biologique
C_t :	Chlorophylle totale
DO :	Densité optique

FAO : Food and Agriculture Organization

IFDC : Inventaires Français du Développement Communicatif

IFV : Institut Français de la Vigne

ISO : International Organization for Standardization

MO : Matière Organique

OFEFP : Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage

PNTTA : Programme de Transfert de Technologie en Agriculture

USDA : United States Department of Agriculture

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	1
PARTIE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
I. INTRODUCTION	3
1. Etude botanique du <i>Phaseolus vulgaris</i>	5
1.1. Description morphologique du <i>Phaseolus vulgaris</i>	5
1.2. Phases végétatives.....	7
1.3. Exigences	8
1.4. Composition biochimique globale des graines de <i>Phaseolus vulgaris</i>	8
1.5. Composition en acides aminés indispensables.....	9
1.6. Intérêt médical du <i>Phaseolus vulgaris</i>	9
2. L'espèce <i>Lepidium sativum</i>	10
2.1. Description.....	10
2.2. Systématique du <i>Lepidium sativum</i>	11
2.3. Propriétés	11
II. Stress abiotique chez les végétaux.....	12
1. Différentes stratégies face au déficit hydrique	12
2. Causes du déficit hydrique chez les plantes	13
III. Etude du sol.....	13
1. Le sol	13
2. La texture du sol	14
3. La structure du sol	14
4. Fonctions du sol et déterminants de sa fertilité	15
4.1. Fonctions du sol	15
4.2. Evaluation de la qualité des sols	16
4.3. Paramètres d'évaluation de la qualité du sol	17
4.4. Couleur de sol.....	18
IV. Généralités sur les engrais.....	18
1. Classification et définitions des engrais	18
2. Besoins de la plante en éléments nutritifs	19
3. Effets des engrais chimiques sur l'environnement et la santé	21
4. Engrais biologiques	21
PARTIE II : MATHERIEL ET METHODES	22
I. Matériel végétal	22
II. Techniques expérimentales	22

1. Analyses physico-chimiques du sol.....	22
1.1. Détermination du pH du sol	22
1.2. Conductivité électrique	22
1.3. Détermination de la capacité au champ	23
1.4. Détermination de l'humidité résiduelle.....	23
2. La culture des graines de <i>Phaseolus vulgaris</i> et <i>lepidium sativum</i>	24
2.1. Préparation du sol et des semis	24
2.2. Régime hydrique testé.....	24
3. Paramètres morphologiques	24
3.1. Taux de germination.....	24
3.2. Indice de germination.....	24
3.3. Moyenne journalière de germination	25
3.4. La vitesse de germination	25
4. Paramètres de croissance	25
5. Paramètres biochimiques.....	26
5.1. Dosage protéines totales.....	26
5.2. Dosage des sucres totaux	26
5.3. Dosage des pigments chlorophylliens.....	27
PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSION.....	28
Résultats	
I. Caractérisation du sol.....	28
1. Capacité au champ.....	Erreur ! Signet non défini.
2. Paramètres physico-chimiques du sol pour la culture des graines du P.vulgaris.....	28
3. Effet de la fertilisation chimique et biologique sur la durée de différentes phases de la croissance et développement du P.vulgaris	29
II. Paramètres de germination.....	30
1. Taux de germination.....	30
2. Indice de germination	30
3. Moyenne journalière de germination.....	31
4. Vitesse de germination	32
III. Effet de la fertilisation sur les paramètres de croissance et développement de <i>Phaseolus</i> ..	
1. Effet de la fertilisation sur la taille de <i>Phaseolus</i> et de ses différents organes	32
2. Effet de la fertilisation sur le Nombre des fleurs.....	33
3. Effet de la fertilisation sur la taille et le nombre des gousses	33
IV. Effet de la fertilisation sur certains paramètres biochimiques	34

1. Teneur en protéines totales des feuilles.....	34
2. Teneur en sucres totaux des feuilles.....	35
3. Teneur en chlorophylle des feuilles.....	36
V. Effet de la fertilisation sur la réponse des plantes au stress hydrique.....	36
1. Paramètres de croissance.....	36
2. Paramètres biochimiques.....	37
2.1. Teneur en protéines totales des feuilles.....	37
2.2. Teneur en sucres totaux des feuilles.....	38
2.3. Teneur en chlorophylles des feuilles.....	39
DISCUSSION.....	40
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	43
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	44
ANNEXES.....	52

INTRODUCTION GENERALE

Dans la plupart des pays africains, l'agriculture est la plus importante activité et le poumon du développement économique (**KISSIRA, 2005**). En outre la croissance démographique en croissante favorise une insécurité alimentaire due à la pauvreté. Ce qui pousse à l'amélioration de la production agricole afin de subvenir aux besoins alimentaires de la population. Ainsi est-il encouragé, la promotion d'un développement agricole durable et intensif qui entrainera l'utilisation massive des engrais chimiques, qui apportés aux sols vont assurer aux plantes des compléments d'éléments nutritifs nécessaires à leur croissance de manière à améliorer et augmenter le rendement et la qualité des cultures.

Selon le Centre International pour la Fertilité des sols et le Développement Agricole, l'utilisation des engrais chimiques dans l'agriculture peut engendrer un problème de durabilité et de la fertilité des sols et ainsi que ses conséquences à court, moyen et long termes sur l'environnement (**IFDC, 2004**). Face à cela l'alternative proposée aux agriculteurs serait l'utilisation des engrais biologiques. Selon (**SOLTNER, 2003**), les engrais biologiques sont des substances incorporées dans le sol, qui améliorent à la fois ses propriétés physiques, chimiques et biologiques. Cela entre dans le cadre d'une agriculture durable qui devrait idéalement produire de bons rendements des cultures avec un impact minimal sur les facteurs écologiques tels que la fertilité des sols (**MAEDER et al, 2002**). Selon les mêmes auteurs, un sol fertile fournit des nutriments essentiels pour la croissance des plantes cultivées, prend en charge une communauté biotique diversifiée et active, présente une structure typique du sol, et permet une décomposition lente. Ainsi les systèmes d'agriculture biologique devraient être une alternative à l'agriculture conventionnelle.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre étude qui vise la valorisation des déchets ménagers traités et introduits au sol en vue de sa fertilisation. Un autre engrais organique à base de plantes est également testé et son effet sur l'amélioration de la qualité du sol et sur le comportement des plantes est étudié. A travers ce travail, on vise l'amélioration de la qualité des produits biologiques par l'utilisation des engrais biologiques en remplaçant les engrais chimiques dans le cadre du Développement Durable qui s'appuie sur trois piliers fondamentaux à savoir l'économie, le social et l'environnement.

Pour répondre à ces objectifs, le présent travail s'articule autour de trois parties. La première partie présente une revue bibliographique sur les travaux portant sur une étude comparative

entre l'utilisation des engrais biologiques et chimiques et leurs effets sur l'environnement et la santé humaine. Quelques données sur les plantes utilisées sont également fournies.

La seconde partie décrit le matériel et les méthodes utilisés pour répondre aux objectifs de cette recherche.

Enfin, la troisième partie constitue une discussion générale synthétique qui met en relation les principaux résultats obtenus dans les différentes expériences et débouche sur une conclusion générale et des perspectives de cette étude.

PARTIE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

I. INTRODUCTION

La fertilité ou richesse d'un agro-écosystème se mesure par sa capacité à produire de manière performante différents produits utiles à l'homme. Le maintien de cette performance est vital tandis que sa baisse se traduit par une perte progressive des rendements. Généralement, par le travail du sol et l'ajout des substances nutritives, dans le but d'améliorer le rendement de son agro-écosystème et la productivité de son travail.

La recherche des alternatives porteuses de soulagement est très importante. Dans un contexte d'insécurité alimentaire, de réduction de la fertilité des sols et de la hausse des prix des engrais sur les marchés, il apparaît nécessaire d'utiliser pour l'agriculture les nutriments disponibles et à faible coût. De plus, l'application exclusive des engrais minéraux n'est généralement efficace que pendant les premières années d'apports continus ; on constate en effet une baisse de rendement après quelques années à cause de la dégradation des propriétés des sols (**USENI et al, 2012**).

Toutes les plantes ont besoin des mêmes ressources (eau, nutriments, lumière etc.) en proportions relativement comparables et sont de ce fait en compétition pour leur acquisition. Une fois acquises, ces ressources peuvent être soit stockées soit investies dans la production de différents organes (feuilles, tiges, racines etc.).

La capacité des plantes à se procurer et à utiliser les ressources du milieu est de première importance car elle conditionne la production photosynthétique. Les plantes ont donc développé des « stratégies » d'acquisition des ressources adaptées à leur environnement, leur permettant d'optimiser les potentialités offertes par leur habitat (**GRIME et al, 1991**).

Le compostage est un procédé de traitement intensif des déchets organiques qui met en œuvre, en les optimisant, des processus biologiques aérobies de dégradation et de stabilisation des matières organiques complexes (**GOBAT et al, 2003**). Les matières premières du compostage sont composées principalement de restes de végétaux et relativement peu de restes d'animaux ou de substances minérales (**FUCHS et al, 2001**). Les composts qui en résultent ont une double nature : amendement, car ils renferment des composés organiques précurseurs de l'humus et engrais, par leurs teneurs en éléments fertilisants (**GOBAT et al, 2003**), Ils permettent donc de combler le déficit des sols surexploités et d'en améliorer la fertilité à long terme.

Le but du compostage est la production de produits stables qui peuvent être conservés sans traitement supplémentaires et qui peuvent être appliqués au sol sans engendrer de dommages aux cultures et mais qui, au contraire, améliorent la fertilité du sol et la santé des plantes.

L'utilisation de plus en plus intense des engrais chimiques, principalement de cuivre et de substances de synthèse, ne permet pas de compenser la perte de fertilité du sol et le développement des pathogènes.

Durant la dernière décennie, la quantité de compost valorisée sur les grands sites de compostage n'a pas cessé d'augmenter. Le compostage a connu un grand essor et a triplé, passant de 200'000 t en 1985 à 740'000 t en 2003 (**figure 1**).

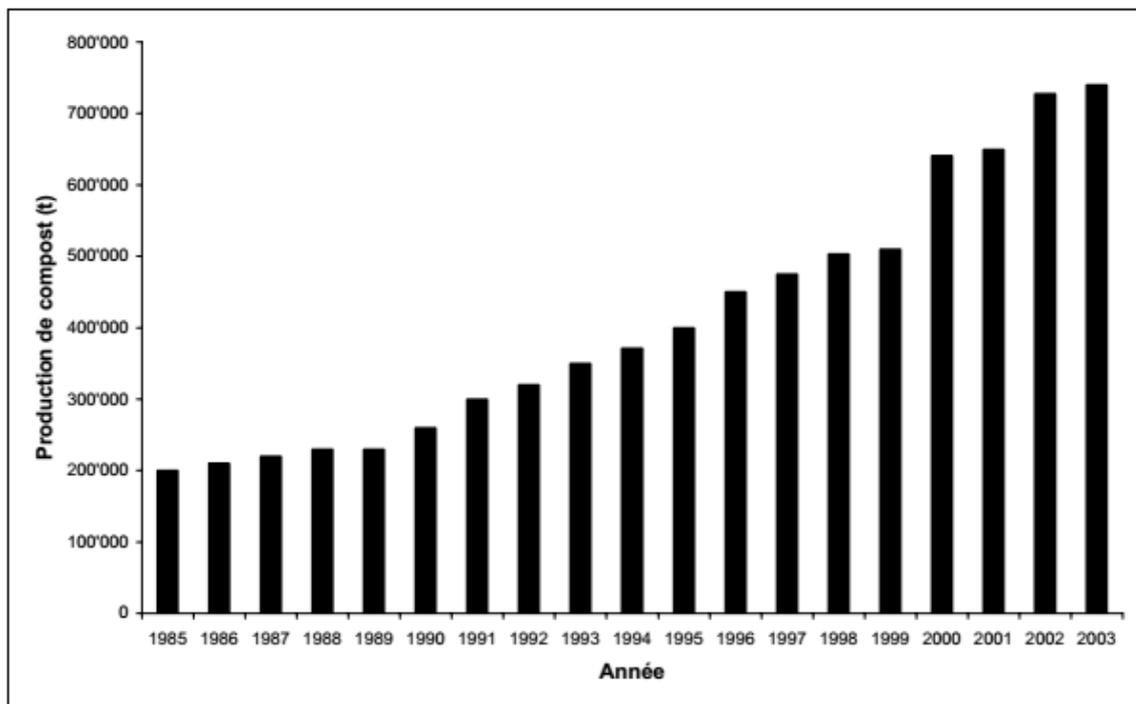


Figure 1 : Evolution de la production de compost entre 1985 et 2003 (Source : OFEFP, juillet 2004)

• Influence de l'utilisation du compost sur la santé des plantes

Le compost peut agir directement et indirectement sur la santé des plantes. Son action indirecte est due entre autres à son influence sur la structure du sol et sur son apport équilibré en éléments nutritifs, en particulier les micro-éléments. (EPSTEIN et al, 1976) ont pour leur part observé une influence positive de la photosynthèse des strates végétales par une augmentation du CO₂ dans la première couche d'air au-dessus du sol.

Toutefois, l'action directe du compost sur la santé des plantes est probablement plus importante que l'action indirecte. Elle est due essentiellement à sa microflore bénéfique, et peut se traduire par une réduction des maladies aussi bien telluriques que foliaires (HOITINK et GREBUS, 1994).

1. Étude botanique du (*Phaseolus vulgaris*)

Selon **HUBERT (1978)**, le haricot appartient à la famille des Fabacées au groupe des légumineuses, au genre *Phaseolus* et à l'espèce *vulgaris*. Le haricot (*Phaseolus vulgaris*) possède un nombre de chromosomes égal à $2n=22$ (**GEPTS, 1990**).

Cette dernière, communément nommée haricot commun, fait partie de la chaîne trophique humaine, surtout en Amérique latine et en Afrique (**Singh, 1999**). Le haricot représente une composante principale dans certains systèmes agraires et sa culture se répand dans le monde entier.

Sa systématique est comme suit :

- **Règne** : Végétal
- **Embranchement** : Spermaphytes
- **Sous Embranchement** : Angiospermes
- **Classe** : Dicotylédones
- **Ordre** : Fabales
- **Famille** : Fabaceae
- **Sous Famille** : Papilionaceae
- **Genre** : *Phaseolus*
- **Espèce** : *Phaseolus vulgaris*

1.1. Description morphologique du *Phaseolus vulgaris*

1.1.1. Racines

Système racinaire pivotant et profond qui peut descendre jusqu'à 1,20 m. On trouve le plus grand nombre de racines entre 0,20m et 0,25m de profondeur, sur un diamètre de 0,50m autour de la tige. Des nodosités peuvent se former sur les radicules, mais on ne peut pas considérer le haricot comme une plante enrichissant le sol en azote car il demeure trop peu de temps en terre (**HUBERT, 1978**).

1.1.2. Feuilles

Les premières feuilles, au nombre de deux, sont simples. Les suivantes sont formées de trois folioles ovales, vertes, de 10 à 12 cm de long environ, terminées chacune par une pointe (**BELL, 1994**). Elles possèdent des nervures bien visibles. Ces folioles s'insèrent sur un pétiole commun de 12 cm de long environ, par l'intermédiaire de pétioles de 3 à 4 mm de long. A la base de ces pétioles, on trouve deux stipelles très courtes. A la base du

pétiole, on distingue une petite gaine et deux stipules de forme ovale ayant 4mm de long environ (**HUBERT, 1978**).

1.1.3. Tiges

Elles sont plus ou moins longues suivant les variétés : Les grandes tiges peuvent atteindre 2 à 3 m de long ; c'est le " haricot à rames et les tiges courtes ne dépassent guère 30 à 40 cm de longueur et le haricot ayant de telles tiges est appelé " haricot nain " (**DUPONT et GUIGNARD, 1989**).

1.1.4. Fleurs

Elles sont du type papilionacé, et comprennent : 5 sépales, 2 pétales, 9 étamines soudées par leur base et une étamine libre, un ovaire, une loge renfermant 4 à 8 ovules, surmonté par un style portant un stigmate (**PREVOST, 1999**).

Mais chez le haricot, il y a quelques particularités : Le calice a sur la lèvre supérieure 2 dents courtes très rapprochées, l'étendard a environ 2 fois la longueur des ailes, la carène est tordue, les deux pétales forment la carène et entourant les étamines et le pistil facilitent la fécondation croisée.

Selon **BELL (1994)**, le taux de fécondation croisée varie avec l'importance de l'activité des insectes compris entre 2 et 80%. La fécondation s'effectue surtout la nuit. Chaque fleur a 2 cm de long environ et de couleur très variée : blanche, rose, rouge, violette, jaunâtre ou même bicolore.

1.1.5. Fruits

Selon **HUBERT (1978)**, ce sont des gousses allongées, généralement droites, plus ou moins longues et terminées par une pointe. Leur largeur varie de 8 à 25 mm. Elles renferment en moyenne 4 à 8 graines. Dans les parois de la gousse, appelée cosse, les faisceaux libéro-ligneux sont plus ou moins développés. S'ils sont très développés, on les appelle les "fils", et les gousses sont alors impropres à la consommation en vert. On dit que les gousses sont parcheminées lorsqu'elles possèdent 3 à 4 couches de fibres obliques, par rapport à la nervure dorsale, dans leur paroi.

Les cosses représentent 40 à 45% du poids des gousses. Les jeunes gousses sont vertes mais leur couleur va se modifier au cours de la maturation.

1.1.6. Graines

Elles sont soit sphériques, soit cylindriques selon les variétés, et sont très diversement colorées : en blanc, vert, rouge, violet, noir, brun ... ou même bicolores ou tachetées. Chaque graine possède un hile elliptique, petit, surmonté par le micropyle. Elles sont plus ou moins grosses selon les variétés. La faculté germinative dure de 3 à 5 ans (MONNET *et al*, 1999).

1.2. Phases végétatives

D'après HUBERT (1978), le cycle végétatif du haricot comprend les phases suivantes

1.3.1. Phase de germination

Les graines lèvent en 4 à 8 jours suivant la température.

Un à deux jours après l'apparition des cosses, les cotylédons sortent du sol s'ouvrent et la première paire de feuilles apparaît.

1.2.1. Phase de croissance

Trois à quatre jours après la levée, les cotylédons commencent à se faner. 5 à 6 jours après la levée apparaît la première feuille trifoliolée, 5 à 6 jours après l'apparition de la première feuille trifoliolée apparaît la deuxième. 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 (PIRAT et FOURY, 2003).

1.2.2. Phase de floraison

Elle débute 3 semaines à 1 mois environ après le semis. Elle dure 1 mois à 1 mois et demi suivant les conditions climatiques. La jeune gousse met une douzaine de jours environ pour atteindre sa taille définitive (LECOMTE, 1997).

1.2.3. Phase de maturation

LECOMTE (1997), affirme qu'une fois la taille définitive atteinte, les graines se forment en 15 à 20 jours. 20 à 30 jours après les gousses s'ouvrent d'elles-mêmes, les graines étant mûres.

Le cycle végétatif complet du haricot est en moyenne de 75 à 80 jours pour le haricot vert, 90 à 100 jours pour le haricot demi-sec et de 120 à 130 jours pour le haricot sec.

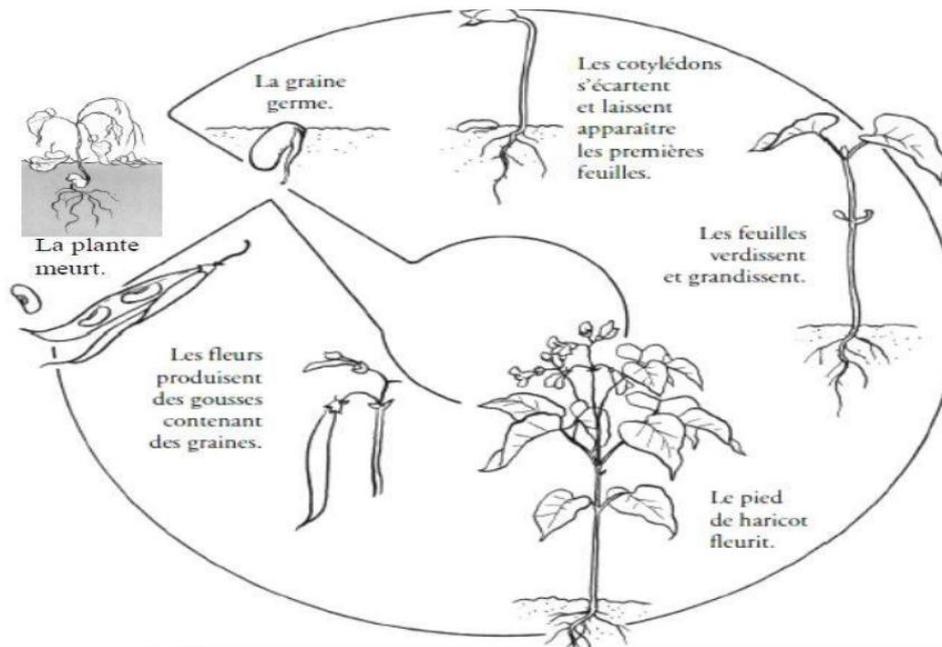


Figure 2 : Cycle de développement de la culture du *Phaseolus vulgaris* (DIAW, 2002)

1.3. Exigences

1.3.1. Climat

Selon **DIEHL (1975)**, le haricot demande beaucoup de chaleur, température minimale de germination 11°C. La végétation n'est vigoureuse qu'à partir de 12 à 14°C. Les fortes chaleurs sont nuisibles à la fécondation.

Le haricot gèle dès que la température est égale à - 1°C. Le haricot craint les trop fortes humidités.

1.3.2. Type du Sol

Il demande un sol se réchauffant vite, à bonne structure et riche en humus.

Le pH favorable est de 5,5 à 6.

Les terres lourdes, humides et les terres sensibles à la sécheresse ne conviennent pas. Les sols les mieux indiqués sont ceux à caractère argilo-siliceux.

1.4. Composition biochimique globale des graines de *Phaseolus vulgaris*

La culture du haricot est destinée à la consommation humaine (les gousses ou graines sont consommées à l'état frais ou les graines à l'état sec) et à l'alimentation des animaux (les résidus de cultures : tiges et gousses). En effet, le haricot constitue un aliment de base pour près de 500 millions d'êtres humains de part sa richesse en protéines (25% environ) (**PUJOLA et al, 2007**).

Sur le plan agronomique et en tant que légumineuse, le haricot peut s'intégrer dans les systèmes de production biologique qui utilisent la bio-fertilisation.

La composition biochimique globale des graines de haricot (**Tableau 1**) montre que cette légumineuse constitue une excellente source de protéines alimentaires (20 – 30 %) ; en plus d'être riche en fibres et en glucides complexes pour les pays en développement.

Tableau 1 : Composition biochimique (g/100g de graines) et valeur énergétique (Calories / 100g) des graines de *Phaseolus vulgaris* (ISERIN, 1997).

Légumineuses	Protéines		Lipides	Glucides	Fibres	Matière minérale	Eau	Calories
<i>Phaseolus vulgaris</i>	20-27		1-2	60-65	4-5	4-5	11	341

1.5. Composition en acides aminés indispensables

En plus de leur forte teneur en protéines, les graines de haricot renferment les 24 acides aminés indispensables à l'alimentation humaine (**Tableau 2**). Ceci rend les légumineuses indispensables pour équilibrer l'alimentation céréalière (APPERT, 1992 ; MOUREY, 2004).

Tableau 2 : Composition (mg/g) en acides aminés essentiels des protéines de haricot (HOJJATI, 1976).

Acides aminés	Cys	Iso	Leu	Lys	Met	Phe	Tyr	Try	val
<i>Phaseolus vulgaris</i>	1.9	4.2	7.6	7.2	0.0	7.7	4.0	0.5	4.6

1.6. Intérêt médical du *Phaseolus vulgaris*

Des recherches médicales montrent que les haricots secs offrent des aliments riches en éléments nutritifs. En effet, une portion de 1/3 de tasse de haricots secs cuits fournit environ 80 calories. Les haricots offrent toutefois une valeur d'indice glycémique faible. Autrement dit, les glucides des haricots ne provoquent pas une augmentation aussi rapide du taux de sucre dans le sang que plusieurs autres aliments riches en glucides. Les haricots sont également une bonne source de vitamines B, y compris l'acide folique. Les haricots fournissent aussi les minéraux suivants : le fer, le potassium, le sélénium, le magnésium et même un peu de calcium. Les haricots secs sont aussi de bonnes sources de fibres insolubles, ce qui favorise la santé de l'appareil digestif et soulage la constipation. Les haricots fournissent également des fibres solubles, ce qui peut contribuer à réduire le niveau de lipides dans le sang. Les haricots ne contiennent que de très peu des acides gras et pas de cholestérol du tout. (ANONYME, 2007).

Le haricot commun (*Phaseolus vulgaris*) est l'une des cultures des fabaceae végétales les plus importantes et est classé comme une plante sensible au sel (MAAS et al, 1977). Les légumineuses alimentaires, y compris les haricots, constituent une composante importante des secteurs agricoles des pays en développement en raison de leur capacité à produire de grandes quantités de graines riches en protéines pour la nutrition humaine.

2. L'espèce *Lepidium sativum*

Lepidium sativum est le nom botanique du cresson alénois (ou passerage cultivée), une plante médicinale bien connue.

2.1. Description

Lepidium sativum est une plante annuelle de croissance rapide. Il développe en quelques mois une plante haute de 20 à 50 cm au moment de la floraison. Les inflorescences sont apicales : quelques groupes de petites fleurs blanches à 4 pétales. Les graines sont produites par 2 dans de petites siliques dressées, longue de 2 à 3 cm. les graines sont allongées, brun rouge.

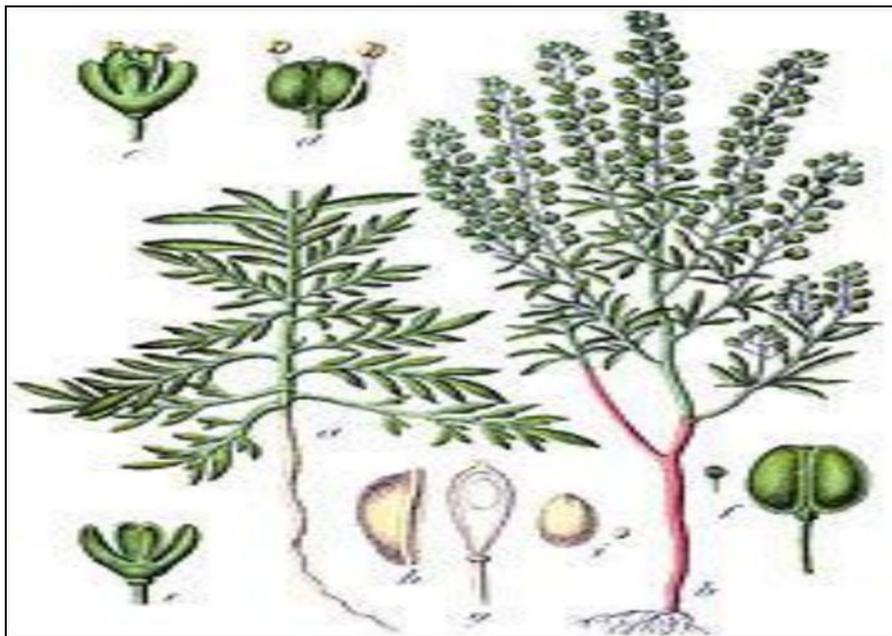


Figure 3 : *Lepidium sativum* (GRUBBEN et al, 2005).

2.2. Systématique du *Lepidium sativum*

Règne : Plantae (plante)

Sous-règne : Tracheobionta (plante vasculaires)

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Dilleniidae

Ordre : Capparales

Famille : Brassicaceae

Genre : *Lepidium*

Espèce : *Lepidium sativum*

2.3. Propriétés

2.3.1. Propriétés chimiques

La tige et les feuilles de *Lepidium sativum* contiennent des glucosinolates, le composant principal étant la glucotropéoline. Distillée à la vapeur, la plante produit environ 0,1% d'huile essentielle incolore, à l'odeur piquante.

La graine donne près de 25% d'une huile brun jaunâtre semi-siccative à odeur particulière et déplaisante. L'huile est riche en acides oléique, linoléique et urique, et contient également des alcaloïdes imidazoles. Le tégument de la graine germée contient beaucoup de mucilage, lequel présente une substance allélopathique, le lépidimoïde (JANSEN, 2007).

2.3.2. Propriétés pharmacologiques

Cette plante se révèle efficace contre de nombreux troubles digestifs en raison de son action stimulante, laxative et diurétique. De plus, il lutte contre la constipation et les hémorroïdes et il apaise les maux de ventre. Par ailleurs, le *Lepidium sativum* est utile en cas d'asthme ou de toux (AOUADHI, 2010).

Dans le système traditionnel de médecine, diverses parties de cette plante ont été utilisées pour le traitement de la jaunisse, des problèmes de foie, des maladies de la rate, des troubles gastro-intestinaux, des problèmes menstruels, des fractures, de l'arthrite et d'autres affections inflammatoires (AL-YAHYA et al, 1994 ; AL-ASMARIET et al, 2014).

Les preuves expérimentales ont montré que *L.sativum* possède des propriétés antihypertenseurs diurétique (PATEL et al, 2009), antiasthmatiques (PARANJAPE et al,

2006), hypoglycémiques (PATOLE *et al*, 1998) et anti-inflammatoires (RAVAL *et al*, 2013).

II. Stress abiotique chez les végétaux

Les plantes répondent aux contraintes de l'environnement par de nombreux changements qui révèlent le caractère multifactoriel des mécanismes de tolérance et d'adaptation aux stress abiotiques (BEN NACEUR *et al*, 2001).

Les stress environnementaux nés de la fluctuation des facteurs abiotiques (sécheresse, salinité, basse température) affectent les conditions de croissance et le rendement végétal, les végétaux perçoivent les signaux environnementaux et les transmettent à la machinerie cellulaire pour activer des mécanismes de réponses. La connaissance de ces réponses, basée sur la transduction des signaux de stress, est donc la base des études visant à améliorer la réponse des plantes cultivées dans différents stress (BOUCHELAGHEM, 2012).

Le stress perturbe les structures normales et la coordination des processus variés au niveau moléculaire, cellulaire, et de l'organisme entier. Le retour à la stabilisation et les réactions de répartition, l'accomplissement d'un réajustement, d'états adaptés, et le maintien de grands pouvoirs de résistance font tous appel à une énergie additionnelle et à des métabolites (LARCHER, 2001).

Le déficit hydrique est le résultat d'une diminution temporaire de la disponibilité en eau pour les plantes (CHAVES *et al*, 2004).

1. Différentes stratégies face au déficit hydrique

- La première stratégie : les plantes peuvent décaler et/ ou raccourcir leur cycle végétatif dans le temps. Ce type de réponse est appelé **l'esquive** (AMIGUES *et al*, 2006).
- **L'évitement** : stratégie conservatrice, suppose à la fois de minimiser les pertes en eau et d'optimiser l'absorption de l'eau (TARDIEU, 2003). Les pertes en eau sont minimisées par la fermeture des stomates et/ ou la réduction de la surface foliaire transpirante par l'arrêt de la croissance ou le jaunissement de feuilles.
- La stratégie de **tolérance** : consiste à maintenir les fonctions physiologiques importantes de la plante (croissance, transpiration, photosynthèse) malgré le déficit hydrique (AMIGUES *et al*, 2006).

Malgré cette classification, ces stratégies ne sont pas mises en œuvre de manière exclusive ; les plantes combinent toute une gamme de réponses pour faire face aux conditions limitantes en eau (**CHAVES et al, 2003**).

Chacune de ces stratégies vis-à-vis du déficit hydrique peut être considérée comme positive, négative ou sans effet sur le rendement en fonction du scénario d'application de la contrainte (**TARDIEU et al, 2010**).

2. Causes du déficit hydrique chez les plantes

L'absorption de l'eau par les plantes peut être ralentie dans certaines circonstances avec pour conséquences une évapotranspiration réduite et une production diminuée.

D'après **LEFEBRE, (1974)**, l'absorption de l'eau est réduite si :

- La tension d'humidité du sol est forte (la tension de l'eau s'élève lorsque le sol est de plus en plus sec).
- La concentration saline de la solution du sol est trop élevée : la pression osmotique de la solution du sol s'élève lorsque la teneur en sels solubles augmente.

Le déficit hydrique chez les plantes est causé soit par la perte excessive d'eau, soit par une absorption inadéquate, ou par une combinaison des deux. (**ELHASSANI et PERSSONS, 1994**).

Une diminution de la teneur en eau de la plante se traduit immédiatement par une réduction de la croissance en dimension avant même que la photosynthèse ne soit affectée (**TURNER, 1997**).

III. Etude du sol

1. Le sol

Le sol est un volume qui s'étend depuis la surface de la Terre jusqu'à une profondeur marquée par l'apparition d'une roche dure ou meuble, peu altérée ou peu marquée par la pédogenèse. L'épaisseur du sol peut varier de quelques centimètres à quelques dizaines de mètres ou plus. Il constitue localement une partie de la couverture pédologique qui s'étend à l'ensemble de la surface de la Terre. Il comporte le plus souvent plusieurs horizons correspondant à une organisation des constituants organiques et/ou minéraux (la terre). Cette organisation est le résultat de la pédogenèse et de l'altération du matériau parental. Le sol est le lieu d'une intense activité biologique (racines, faune et microorganismes).

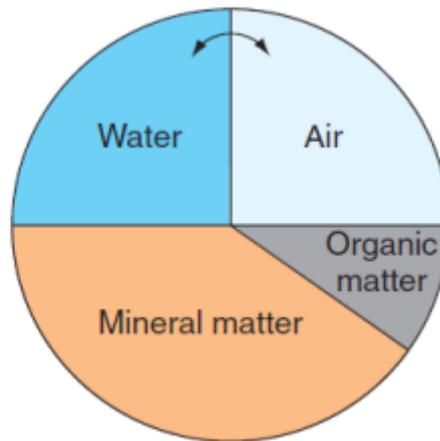


Figure 4 : Schéma de la composition (en volume) d'un sol de texture médiane. 50 % du volume est occupé par la matrice du sol et 50 % par le réseau des vides, ce dernier étant rempli par l'air et l'eau du sol de façon équivalente. Les flèches représentent les échanges entre les 2 phases (d'après **HILLEL, 2004**).

2. La texture du sol

La texture du sol est la répartition des particules du sol inférieures à 2 mm par catégorie de taille. Habituellement 3 catégories sont considérées : les argiles (< 2 μm), les limons (2-50 μm) et les sables (50-2000 μm).

La granulométrie des particules dans un sol a des effets sur la densité, sur la porosité, sur la circulation de l'eau et de l'air, sur la rétention de l'eau entre autres propriétés. Cette distribution de la taille de pores est très peu influencée par le travail du sol et évolue peu dans le temps. Ainsi, la plupart des systèmes de classification des sols sont basés sur la texture qui est alors considérée comme le critère de base de la classification (**BITTELLI et al, 1999 ; CHESWORTH, 2008**).

3. La structure du sol

Selon **EMERSON (1959)**, la structure du sol fait référence à la taille, la forme et la disposition des constituants solides (minéraux et organiques) et des constituants gazeux (vides), à la continuité des pores, leur capacité à retenir et transférer les fluides et les substances organiques et inorganiques, et à sa capacité de servir de support de la croissance et le développement des racines. Son influence sur les processus hydriques, tels que la rétention de l'eau, l'infiltration et le transfert préférentiel, dépend donc de l'échelle considérée (**JURY et al, 2011**).

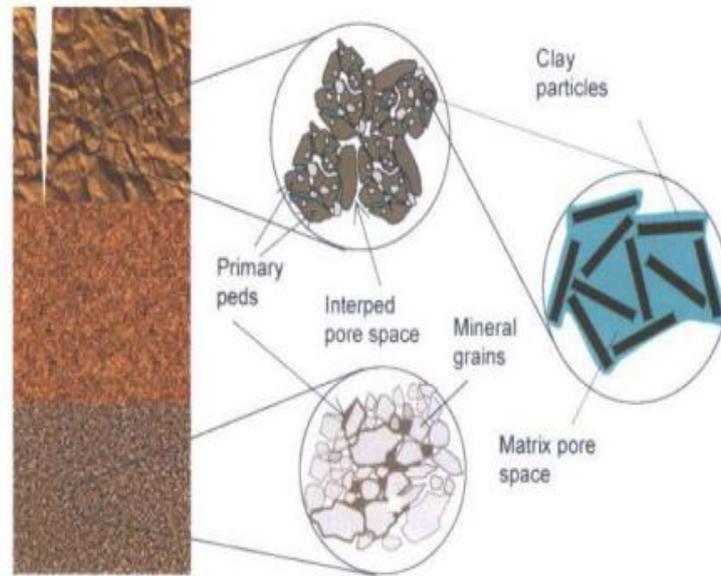


Figure 5 : Représentation schématique de l’horizon du sol en prenant en compte 4 niveaux hiérarchiques : l’horizon, la pédostucture, les agrégats et les particules minérales (d’après BRAUDEAU et al, 2004).

4. Fonctions du sol et déterminants de sa fertilité

4.1. Fonctions du sol

Le sol d’une part et le climat d’autre part sont les principales composantes du milieu qui déterminent la production végétale. Le climat fournit en excès ou en défaut (très rarement à l’optimum) de l’énergie, du dioxyde de carbone, de l’eau et de la chaleur que le sol doit régulariser pour un bon et une bonne production des végétaux. (LILIA, 2004) ont ainsi résumé en quatre principaux points les fonctions du sol dans le processus de production végétale :

- Le sol est la source essentielle de minéraux dont se nourrissent les végétaux et de matière organique (MO) dont l’activité est indispensable au développement et à la production des végétaux. Le sol régit les phénomènes de décomposition des organismes morts (végétaux et animaux) et d’altération de la roche mère qui participent au renouvellement naturel des stocks de MOS et de nutriments.
- Le sol élimine l’excès d’eau par percolation et s’oppose au déficit à travers la rétention d’eau dans les feuilles d’argile et de MO pour ainsi constituer un stock optimal au développement de la culture.
- Le sol exerce un pouvoir tampon, en s’opposant aux variations brutales et excessives de la température et de la composition minérale. Il maintient ainsi la température et le pH à l’optimum-vital pour les végétaux et pour la faune microbienne.

➤ Le sol, en facilitant la circulation de l'air, constitue un milieu idéal de vie aux végétaux et aux microorganismes.

Ce sont là autant de fonctions qu'un sol doit assumer pour une croissance harmonieuse et une production soutenue des cultures. La fertilité d'un sol est donc sa potentialité à assumer pleinement les diverses fonctions de fourniture de nutriments, de l'eau et le maintien des conditions optimales de température, d'oxygène et du pH. **FELLER (2003)** définit la fertilité du sol comme son état en ce qui concerne la quantité et la disponibilité des éléments essentiels à la croissance des plantes. (**TRICHET et al, 1999**) définissent le même terme comme étant la somme des facteurs physiques, chimiques et biologiques déterminant l'aptitude du sol à soutenir une production. Selon **MOREL (1989)** la fertilité d'un sol est la facilité avec laquelle la racine végétale peut bénéficier dans ce sol des facteurs suffisants de croissance : chaleur, eau, éléments chimiques et organiques.

Un sol fertile serait propice à la production de toutes les cultures.

La fertilité des sols sous culture baisse en général et sa restauration est parfois difficile, notamment lorsque ce sont les fonctions biologiques et physiques qui sont affectées (**GUPTA et al, 1988 ; PAUSTIAN et al, 1997 ; DOMINY et al, 2002**). Par exemple, la perte de la fraction argilo-humique d'un sol induit inévitablement la perte de sa fraction minérale (**PIERI, 1989**). Ainsi, la dégradation de la fraction argilo-humique d'un sol est plus pernicieuse et sa restauration est plus difficile que celle d'un sol qui n'a perdu que la fraction minérale.

4.2. Evaluation de la qualité des sols

La qualité du sol dépend de multiples facteurs. Il faut distinguer ceux intrinsèques aux sols (facteurs chimiques, physiques et biologiques), et ceux d'origines externes (climat).

L'évaluation de la qualité des sols peut être réalisée par de simples observations ou des mesures qualitatives très complexes (**MAUSBACH et al, 1997**). Les indicateurs de la qualité des sols sont des propriétés physiques, chimiques et biologiques, des processus et des caractéristiques qui peuvent être mesurées pour surveiller les changements du sol (**USDA, 1996**). Ces indicateurs doivent permettre d'appréhender les fonctions essentielles du sol et d'évaluer la qualité biologique, physique ou chimique de sol.

4.3. Paramètres d'évaluation de la qualité du sol

4.3.1. Effet du pH (H₂O) du sol

Le pH est un paramètre important de la dynamique du sol, car leur degré d'acidité ou de basicité joue un rôle très important sur l'assimilation des éléments nutritifs par la plante. Il a une influence sur trois composantes importantes de la fertilité d'un sol : la biodisponibilité des nutriments, l'activité biologique et la stabilité structurale, La variation de pH dépend des variations saisonnières et du pouvoir tampon du sol (le nombre d'ions en réserve sur le complexe argilo-humique), l'état hydrique du sol, sa température et la présence ou non d'une culture en période de croissance active. (DINON *et al*, 2008 ; BAIZE *et al*, 2000).

Echelle	0	2	3	4	5	6				
pH	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5
Degré	Très acide		Acide		Peu acide		Neutre	Peu alcalin		Alcalin

Figure 6 : Le statut acido-basique des sols selon le projet PNUD/FAO)

4.3.2. Fertilité

Selon MOREL (1989), « la fertilité d'un sol répond de la facilité avec laquelle la racine peut, en quantités suffisantes, bénéficier dans ce sol des différents facteurs de la croissance végétale : chaleur, eau, ensemble des éléments chimiques nécessaires à la plante, substances organiques de croissance ». Cette définition implique d'une part l'existence ou la production dans le sol d'éléments nutritifs, d'autre part le transfert à la plante de ces éléments.

La production d'éléments nutritifs et de facteurs de croissance par les actions microbiennes recouvre les processus de minéralisation et de transformation de la matière organique.

4.3.3. Etat sanitaire

Un sol peut être plus ou moins affecté par la présence d'organismes vivants néfastes à la production végétale, tels que des adventices, des ravageurs ou des germes pathogènes. L'impact économique de ces ennemis des cultures peut être considérable en cas d'infestation grave, et la lutte (chimique ou biologique) représente un coût non négligeable. Dès lors, un sol sain, autorisant une production satisfaisante aux plans quantitatif et qualitatif, pourra être considéré comme de meilleure qualité biologique qu'un sol infesté.

Parmi les organismes du sol les plus redoutés, citons les nématodes, dont certains peuvent être des parasites directs des plantes, occasionnant de gros dégâts sur certaines cultures. Ils peuvent aussi être les vecteurs de maladies à virus, comme le court-noué de la vigne (ESMENJAUD *et al*, 1992).

De la même façon, les sols peuvent contenir des micro- organismes pathogènes (bactéries et surtout champignons).

4.3.4. Externalités

Le fonctionnement d'un sol s'accompagne généralement de sorties d'éléments, sous forme de solutés ou de gaz, qui peuvent avoir un impact sur les autres compartiments de l'écosystème. Les émissions de gaz à effet de serre tels que le protoxyde d'azote (N₂O) ou le méthane (CH₄) résultent d'une activité microbienne anaérobie dans des conditions d'environnement particulières (GERMON ET HENAULT, 1995).

4.4. Couleur de sol

Le sol peut présenter un large éventail de couleurs ; Gris, noir, blanc, rouges, bruns, jaunes et dans les bonnes conditions vertes (**BRADY et al, 2006**). La couleur et le modèle de distribution du sol résultent à la fois des processus chimiques et biologiques, en particulier des réactions redox. Comme le sol contient divers minéraux, les composés organiques de sorte que la combinaison de conduire dans de nouveaux composés colorés.

IV. Généralités sur les engrais

1. Classification et définitions des engrais

Généralement, les engrais sont des substances, (le plus souvent des mélanges d'éléments minéraux), destinées à apporter aux plantes des compléments d'éléments nutritifs, de façon à améliorer leur croissance et augmenter le rendement et la qualité des cultures (**ZODOM, 2012**). Les engrais sont généralement classés en trois grands types selon leurs proportions en éléments nutritifs qui les composent et leur nature.

Tableau 2 : Types d'engrais et définition

Types d'engrais	Définitions
Engrais Minéraux ou Engrais Chimiques	Engrais d'origine minérale destinés à favoriser la croissance des plantes cultivées, produit par synthèse chimique, ou par l'exploitation de gisements naturels de phosphate et de potasse. La notion d'engrais minéral s'oppose à celle d'engrais organique, produits à base de matière organique d'origine animale ou végétale (CNABIO, 2013) .
Engrais Organiques ou Engrais Biologiques	Mélange de déchets d'origine animale ou végétale qui contiennent de l'azote, du phosphore et de la potasse, mais dans des proportions parfois moins importantes que dans un engrais minéral (CNABIO, 2013) .
Engrais Organo-Minéraux	Résultent du mélange d'engrais minéraux et d'engrais organiques. Ils doivent contenir au moins 1% d'azote d'origine organique (IFV, 2010) .

2. Besoins de la plante en éléments nutritifs

Bien connaître les besoins nutritifs des plantes permet de fertiliser de manière raisonnée et surtout de garantir un niveau de qualité et de rendement optimal. En effet pour la croissance optimale de la plantes les éléments doivent être disponibles en quantité suffisante et équilibrée **(CHEN, 2006)**. Pour se développer, la plante a besoin d'eau, de lumière, d'oxygène, de carbone mais également d'éléments minéraux présents plus ou moins dans le sol. Ces éléments nutritifs utilisés par la plante proviennent du sol, de l'eau ou de l'air **(WOPEREIS et al, 2008)**.

Cependant du point de vue agronomique, les éléments nutritifs, sont classés en fonction de leur importance quantitative et de leurs rôles en éléments nutritifs majeurs : azote (N), phosphore (P), potassium (K) ; éléments nutritifs mineurs : calcium (Ca), magnésium (Mg), soufre (S), sodium (Na) et oligo-éléments : fer (Fe), zinc (Zn), cuivre (Cu), bore (B), molybdène (Mo), cobalt (Co), manganèse (Mn).

Tableau 3 : Importance des substances nutritives de la plante. Source : (HAUERT, 2012).

Groupes		Éléments		Importance pour :
Elément de l'eau		Eau	H	Elément structurant (substance charpentière)
Elément de l'air		Carbone	C	
Elément de l'eau et de l'eau		Oxygène	O	
Macroéléments ou éléments Principaux	Substances nutritives primaires ou majeurs	Azote	N	Croissance, formation de l'albumen et de la chlorophylle ; «accélérateur de la croissance»
		Phosphore	P	Transformation des substances énergétiques, formation des racines, fleurs et fruits
		Potasse	K	Gestion hydrique, santé des plantes, résistance au stress, résistance au froid, favorise la formation de réserves
	Substances nutritives secondaires ou mineurs	Magnésium	Mg	Formation de la chlorophylle ; photosynthèse
		Calcium	Ca	Construction et stabilité des parois cellulaires
		Soufre	S	Constituant de quelques acides aminés, (composant de l'albumen)
Microéléments ou oligoéléments		Fer	Fe	Formation de la chlorophylle, transformation des substances énergétiques (composant des enzymes)
		Manganèse	Mn	Photosynthèse (formation de la chlorophylle) réduction des nitrates
		Bore	B	Structure, division, différenciation des cellules, transport des hydrates de carbone
		Zinc	Zn	Formation des hydrates de carbone et de l'albumen
		Cuivre	Cu	Formation de l'albumen, de la chlorophylle, des enzymes
		Molybdène	Mo	Transformation des nitrates en albumen, formation des Enzymes

3. Effets des engrais chimiques sur l'environnement et la santé

Si les engrais constituent un facteur important pour le développement des plantes, il n'en est pas pour les engrais chimiques. Ils peuvent être néfastes non seulement pour la plante mais aussi provoquer des risques sanitaires et environnementaux (LLOYD, 2013). En effet l'utilisation des engrais chimiques est source d'appauvrissement des sols et peuvent tuer la plante s'ils sont en excès, car ils deviennent toxiques. Aussi faut-il ajouter qu'un sol pollué compromet la préservation de la biodiversité, la préservation de la qualité de l'eau et la sécurité alimentaire (BERTRAND et RENAUD, 2009). Aussi la trop forte quantité de l'engrais chimique dans le sol est-elle un réel problème sanitaire et environnemental.

4. Engrais biologiques

Les engrais biologiques ou organiques sont, un mélange de déchets d'origine animale ou végétale. Les engrais biologiques d'origine animale sont des déchets industriels tels que, les déchets d'abattoirs (sang desséché, corne torréfiée, déchets de poissons, boues d'épuration des eaux) (ZODOME, 2012). Les engrais biologiques d'origine végétale sont les résidus de cultures provenant de l'exploitation agricole comme des feuilles, tiges, pailles ou des racines, de préférence transformés en compost de bonne qualité. Aux résidus de récolte s'ajoute le fumier des animaux (fientes, lisier) provenant de l'élevage, la fumure organique telle que les tourteaux, compost (OUEDRAOGO et al, 2008). Les engrais biologiques d'origine végétale contiennent la matière organique qui joue un rôle essentiel dans la rétention et la fourniture d'eau et de nutriments aux plantes (CHEN, 2006 ; OUEDRAOGO et al, 2008). La matière organique contenue dans les engrais biologiques rend le sol friable, meuble avec une grande porosité, ce qui permet une bonne infiltration de l'eau. Elle tire et relâche les éléments nutritifs, les rendant ainsi accessibles à la plante. La matière organique nourrit et abrite un grand nombre d'organismes du sol utiles, tels que les vers de terre et les microorganismes, qui œuvrent continuellement à l'amélioration de la fertilité et, à la structure du sol (OUEDRAOGO et al, 2008). D'où l'importance de la fabrication des engrais biologiques qui possède une quantité suffisante de matière organique. De plus, les engrais biologiques augmentent l'activité biologique de sol, qui améliore la mobilisation nutritive des sources et la décomposition organiques et chimiques des substances toxiques (CHEN, 2006).

Les engrais biologiques augmenteraient la teneur en matière organique du sol, donc améliorent la capacité d'échange d'aliments, la conservation croissante de l'eau du sol, favorisant des agrégats de sol et protégeant le sol contre l'acidité, l'alcalinité, la salinité, les pesticides et les métaux lourds toxiques.

PARTIE II : MATHERIEL ET METHODES

I. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé pour cette étude est sous forme des graines de deux plantes, *Phaseolus vulgaris* de la famille des Légumineuses et *lepidium sativum* de la famille des Brassicaceae, Ces graines constituent un outil de travail permettant d'étudier l'effet de l'engrais biologique sur la germination, la croissance et le développement de ces plantes après détermination de quelques paramètres morphologiques et physiologique de croissance.



Figure 7 : Graines de *Phaseolus vulgaris*

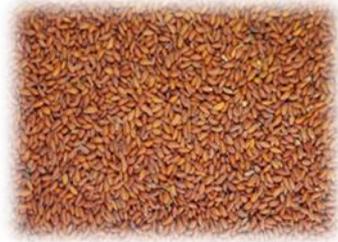


Figure 8 : Graines du *lepidium sativum*

II. Techniques expérimentales

1. Analyses physico-chimiques du sol

Les analyses effectuées ont porté sur la détermination de la conductivité électrique du sol, son humidité et son pH. Ces paramètres sont déterminés avant la mise en culture et puis de façon régulière après contact du sol avec l'engrais biologique.

1.1. Détermination du pH du sol

20 g de sol sec tamisé à 2 mm sont mis dans un bécher avec 50 ml d'une solution de KCl (1N). L'ensemble est agité avec un agitateur magnétique pendant 30 minutes. Le mélange est laissé reposer pendant 30 minutes. La détermination du pH se fait par une lecture directe à l'aide d'un pH mètre préalablement étalonné.

1.2. Conductivité électrique

La conductivité électrique (CE) est une mesure de la matière dissoute dans une solution aqueuse. Elle exprime l'aptitude d'une solution à conduire le courant électrique. Cette

aptitude dépend de la concentration des ions présents dans la solution. Elle renseigne donc sur la teneur en sels solubles de la solution. Elle est mesurée par un conductimètre. L'unité de la conductivité est Siemens/surface : micro Siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ou milli siemens /cm (ms/cm).

10g de sol sec tamisé à 2mm sont mis dans un bécher avec 50 ml d'eau distillée et un barreau aimanté. Après une agitation magnétique pendant 30 minutes, la détermination de la conductivité de la suspension du sol se fait par une lecture directe à l'aide d'une électrode préalablement étalonnée.

1.3. Détermination de la capacité au champ

La capacité au champ du sol est mesurée avant la plantation en déterminant la quantité d'eau retenue par un pot préalablement séché puis arrosé jusqu' à saturation puis égouttés à température ambiante pendant 24h.

La capacité au champ a été calculée comme suite :

$$CC=P2 - P1$$

CC : Capacité au champ

P1 : Poids de pot contenant le sol avant l'arrosage

P2 : Poids de pot contenant le sol après la saturation

1.4. Détermination de l'humidité résiduelle

La détermination de l'humidité du sol s'applique à tous types d'échantillons de sols (**CIRAD, NF ISO 11465**). Les échantillons sont séchés à l'étuve à $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ jusqu'à masse constante. La différence entre le poids avant et après séchage exprime la teneur en eau de l'échantillon initial. Pour cela 20 g de sol sont mis dans un bécher en verre préalablement pesé. L'ensemble est placé au four à 105°C pendant 16h au terme desquelles on reprend le poids après refroidissement dans un dessiccateur. La masse de sol sec est obtenue par soustraction

$$\text{Masse sol sec} = (\text{Masse de bécher vide} + \text{sol sec}) - \text{Masse de bécher vide}$$

$$\% \text{ Humidité du sol} = (\text{Masse humide} - \text{Masse sec}) / (\text{Masse de sol}) * 100$$

2. La culture des graines du *Phaseolus vulgaris* et *lepidium sativum*

2.1. Préparation du sol et des semis

Le sol utilisé pour cultiver les graines des deux plantes est récolté de la région d'AIN chkaf.

L'essai est fait dans des pots contenant du sol préalablement mélangé avec un engrais biologique. Deux témoins sont également préparés. Le témoin positif est composé du sol mélangé d'un engrais chimique (NPK). Le témoin négatif est composé d'un sol sans apport d'engrais.

Le dispositif expérimental adopté comporte trois répétitions pour chaque traitement.

2.2. Régime hydrique testé

Deux niveaux d'humidité sont testés ; 100% de la capacité au champ et 50 % de la capacité au champ. La fréquence d'irrigation est de deux fois par semaine.

L'eau de l'irrigation a un pH de 6,5 ceci représente un pH favorable à la solubilité des ions minéraux.

3. Paramètres morphologiques

3.1. Taux de germination

Selon COME (1970), le taux de germination correspond au pourcentage des graines germées par rapport au total des graines semées, il est estimé par la formule suivante :

$$T_g = \frac{N_g}{N_s} \cdot 100$$

N_g : Nombre de graines germées.

N_s : Nombre de graines semées

1.2. Indice de germination

D'après (THRONEBERRY et al, 1955), l'indice de la germination est une expression quantitative de la germination qui concerne le taux de germination quotidien à la valeur maximale de la germination notée. Il est donné par la relation suivante :

$$I_g = N_1 + \frac{(N_2 - N_1)}{2} + \frac{(N_3 - N_2)}{3} + \dots + \frac{(N_n - N_{n-1})}{n}$$

N_n : est le pourcentage de germination obtenu au nième jour.

1.3. Moyenne journalière de germination

Moyenne journalière de germination (MDG= Mean Daily Germination) : selon (**OSBORNE et al, 1993**) :

MDG= % germination final (taux de germination)/nombre de jours à la germination finale

1.4. La vitesse de germination

D'après (**COME, 1970**), la vitesse de germination peut être exprimée de plusieurs façons :

-Pourcentage de semences germées ou taux de germination au bout d'un certain temps après l'ensemencement.

-Le temps moyen nécessaire à la germination représente l'inverse du « Coefficient de vélocité » (**KOTOWISK, 1926 ; BEN KHATTOU, 2010**).

$$C_v = \frac{N_1 + N_2 + \dots + N_n}{(N_1 T_1 + N_2 T_2 + \dots + N_n T_n)} \cdot 100$$

N1 : nombre de graines germées au temps T1.

N2 : nombre de graines germées au temps T2.

Nn : nombre de graines germées au temps Tn.

2. Paramètres de croissance

Un suivi des différentes cultures est réalisé dans le but de déterminer et de comparer la durée des différentes phases de croissance des plantes en fonction du traitement appliqué. Des paramètres de croissance sont également mesurés. Les paramètres pris en considération dans cette étude sont : La Hauteur de la plante entière, la taille de la tige , la taille des feuilles, la taille des gousses , la taille des racines, le nombre des fleurs par plante et le nombre de gousse par plante.

Ces différentes mesures sont réalisées chez le haricot à partir d'un lot homogène de plantes pour chaque traitement réalisé. Le résultat pour chaque paramètre de croissance est la moyenne de 3 mesures.

3. Paramètres biochimiques

Trois paramètres biochimiques ont été évalués au cours de cette étude.

- Dosage des protéines totales
- Dosage des sucres solubles
- Dosage des pigments chlorophylliens

3.1. Dosage protéines totales

Le dosage des protéines totales au niveau des deux plantes est réalisé selon la méthode de **LOWRY et al, (1951)**.

200 mg de matière fraîche de feuilles sont broyés dans 5 ml de tampon sodium phosphate (200 mM, PH=7,5). Après centrifugation à 3500 /min pendant 10min. le surnageant est récupéré pour les analyses ultérieures.

A 0.2ml d'échantillon est ajouté 2ml de réactif Lowry, le mélange est bien agité et laissé 10 min à une température ambiante. Ensuite 0.2 ml de réactif de Folin est ajouté. L'absorbance est lue à 660 nm à l'aide d'un spectrophotomètre et la concentration en protéines solubles est déterminée par référence à une droite d'étalonnage établie à partir d'une gamme de concentration de Sérum Albumine Bovine (BSA). Pour chaque traitement, le résultat présenté est la moyenne de trois dosages

3.2. Dosage des sucres totaux

L'extraction et le dosage des sucres totaux sont réalisés en s'inspirant de la méthode préconisée par **OOMAH et al, 1995**).

L'extraction des sucres, préalables au dosage est réalisée sur 100 mg de la matière végétale broyée dans 5 ml d'éthanol à 80%. Les extraits sont mis dans les tubes à essai puis chauffés pour faire évaporer l'alcool. Dans chaque tube on ajoute 20 ml de l'eau distillée

Le dosage est réalisé à partir de 0.5 ml d'extrait auquel est ajouté 0.5 ml de solution aqueuse de phénol a 5 % et 2 ml d'acide sulfurique concentré à 98 %. Après homogénéisation au vortex, les tubes sont placés au bain-marie à 90 C° pendant 5 minutes. Les tubes sont ensuite conservés à l'obscurité 30 minutes pour refroidir le mélange avant lecture de l'absorbance de la solution au spectrophotomètre à 492 nm. Le blanc est constitué de 0.5 ml d'eau auquel tous les réactifs du dosage ont été ajoutés. La quantification des sucres totaux est réalisée par une gamme d'étalonnage externe. Celle-ci est préparée à partir d'une solution mère solution de

glucose à 1 g/l et qui s'étend de 1µg/ml à 100 µg/ml. Pour chaque traitement, le résultat présenté est la moyenne de trois dosages.

3.3. Dosage des pigments chlorophylliens

Ce dosage nous a permis de quantifier les chlorophylles a, b et les chlorophylles totales dans les plantes étudiées pour établir une comparaison entre les différents types des traitements utilisés.

L'extraction et le dosage de chlorophylle ont été réalisés selon la méthode décrite par **(INSKEEP et BLOOM,1985)**.

1 g de feuilles de matériel végétal coupées en petits fragments sans pétioles sont broyées à l'aide d'ultra-turax dans 10 ml d'acétone à 80 % avec une pincée de carbonate de magnésium pour neutraliser l'acidité des tissus) et 5 g de sulfate de sodium anhydride pour dessécher les tissus. Le broyat est filtré par la suite sous vide et le volume de filtrat est noté Sur un petit échantillon de cet extrait acétonique on mesure la densité optique à 645 et 663 nm, et on détermine la concentration en chlorophylles selon la Formule d'ARNON :

$$C_a = (0.0127 \text{ DO } 663) - (0.00269 \text{ DO } 645) \text{ mg/ml}$$

$$C_b = (0.0229 \text{ DO } 645) - (0.00468 \text{ DO } 663) \text{ mg /ml}$$

$$C_t = (0.0202 \text{ DO } 645) + (0.00802 \text{ DO } 663) \text{ mg /ml}$$

Pour chaque traitement, le résultat présenté est la moyenne de trois dosages.

4 . Traitement des données

Pour chaque variable testée une statistique descriptive est faite ; donnant la moyenne et l'écart type. Les moyennes sont comparées en prenant un intervalle de confiance de 95% ($\alpha = 5\%$). Le logiciel utilisé est XLSTAT.

PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSION

Résultats

I. Caractérisation du sol

1. Paramètres physico-chimiques du sol pour la culture des graines du *P.vulgaris*

Le tableau 5 renseigne sur les paramètres physico chimiques du sol utilisé pour la culture des graines de *P.vulgaris* et *L.sativum*. C'est un sol à pH neutre favorable à la germination des graines des deux plantes et aux différentes phases de croissance et développement. La conductivité électrique traduisant la teneur du sol en éléments minéraux est de 150.5 μ S/cm. En présence de l'engrais biologique cette valeur est augmentée (**Figure 9**) traduisant une minéralisation de la matière organique et un enrichissement du sol en éléments minéraux. Une légère augmentation de la valeur du pH du sol est notée (**Figure 10**) au cours de la minéralisation du sol suite à un apport de l'engrais.

Tableau 4 : Paramètres physico-chimiques du sol destiné à la culture des graines du *P.vulgaris* et *L.sativum*

Paramètres	Résultats
pH	7.02
Conductivité électrique	150.5 μ S/cm
Humidité résiduelle	18.9 %

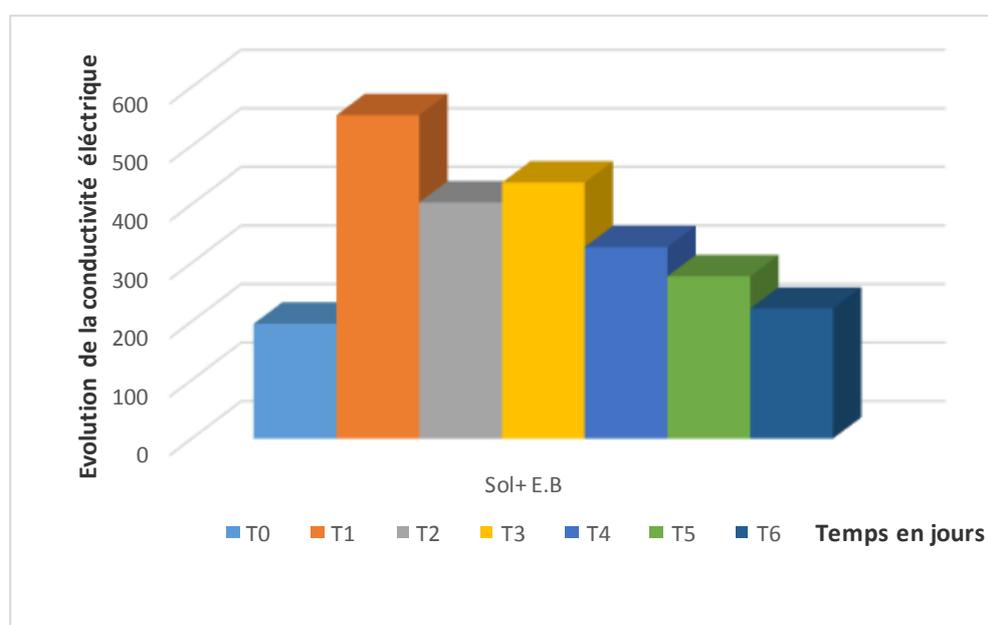


Figure 9: Effet de l'apport de l'engrais biologique sur de la conductivité électrique du sol au cours du temps

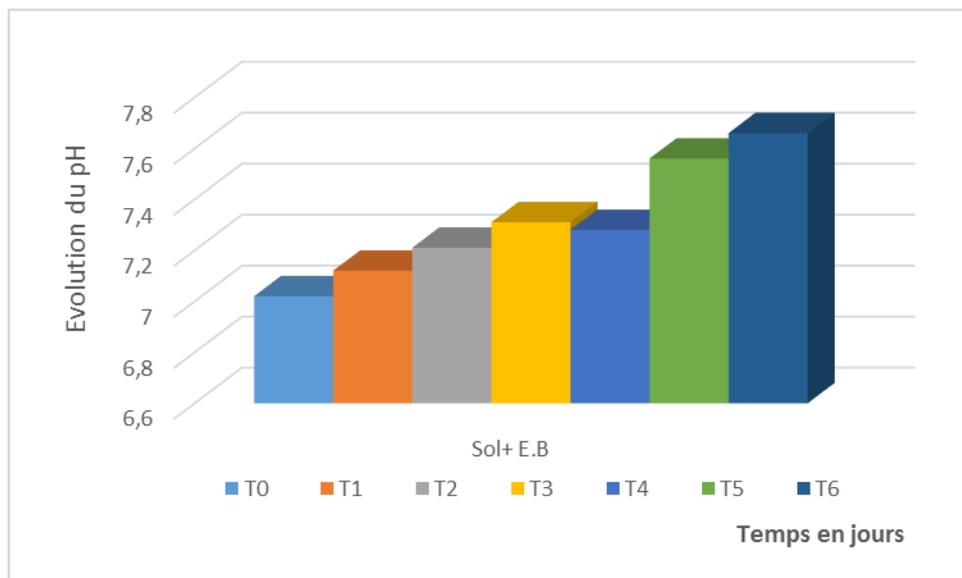


Figure 10 : Evolution du pH du sol fertilisé au cours du temps.

2. Effet de la fertilisation chimique et biologique sur la durée de différentes phases de la croissance et de développement du *Phaseolus vulgaris*

Tableau 5 : Durée (en jours après le semis) des différentes phases de croissance et développement du *Phaseolus vulgaris* après fertilisation biologique et chimique.

	Germination	Croissance	Floraison	Fructification
Témoin	7 jours	40 jours	56 jours	65 jours
Engrais Biologique	7 jours	38 j	50 j	58 jours
Engrais Chimique	6 jours	36 jours	50 jours	55 jours

Le **tableau 6** illustre la durée (en jours) des différentes phases de croissance et développement du *P.vulgaris* après fertilisation biologique et chimique. On note que la fertilisation a entraîné une légère diminution de la durée des phases en particulier les phases de croissance, floraison et fructification.

II. Paramètres de germination

1. Taux de germination

La fertilité du sol est testée chez *L.sativum*. Les résultats de la figure 11, montrent que la germination des graines en présence d'engrais biologique ou chimique est comparable à celle du témoin. Par contre, chez *P.vulgaris* une inhibition nette de la germination des graines est notée en présence des deux engrais cette diminution est plus importante en présence de l'engrais biologique. Ceci peut être expliqué par une rétention de l'eau importante par le sol en présence de la matière organique ce qui entraîne une inhibition de l'absorption de l'eau et une réduction de la germination. Ce phénomène est plus remarquable chez *P.vulgaris* par rapport au *L.sativum*.

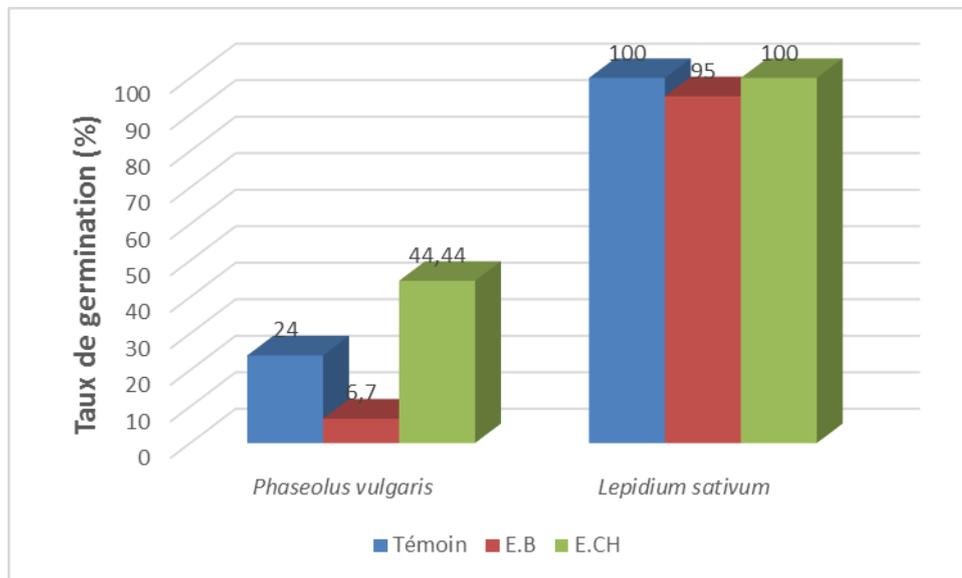


Figure 11 : Taux de germination des graines du (*Phaseolus vulgaris* et *Lepidium sativum*) sur un sol traité par l'engrais biologique (E.B) et chimique (E.CH). Les valeurs correspondent à la moyenne de trois répétitions.

2. Indice de germination

La figure 12, montre renseigne sur l'indice de germination relevé chez les deux plantes semées sur un sol fertilisé ou non Pour une même plante cet indice est le même, la fertilisation n'entraîne pas de variation. Toutefois on note un indice de germination pour *lépidium* largement supérieur à celui de *Phaseolus*.

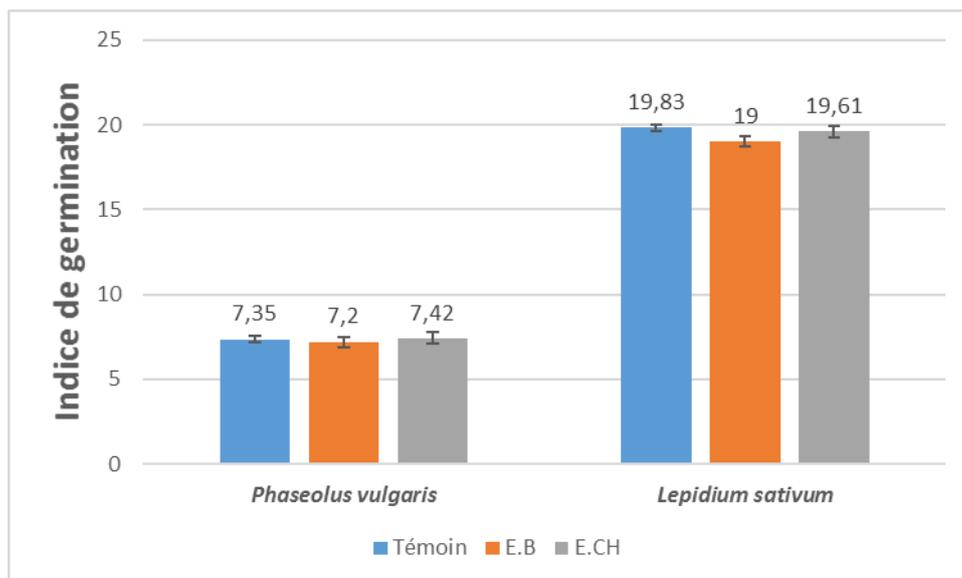


Figure 12 : Indice de germination des graines du (*Phaseolus vulgaris* et *Lepidium sativum*) sur un sol traité par par l’engrais biologique (E.B) et chimique (E.CH). Les valeurs correspondent à la moyenne de trois répétitions.

3. Moyenne journalière de germination

D’après les résultats de la figure 13, nous avons remarqué que quel que soit le traitement appliqué, la moyenne journalière de germination est augmentée comparativement au témoin chez les graines du *P.vulgaris* et ceci pour les deux engrais utilisés. Cette augmentation de la germination est hautement manifestée dans le cas de l’engrais chimique suivi de l’engrais biologique. Pour *L.sativum* la moyenne journalière de germination n’est pas influencée par la fertilisation.

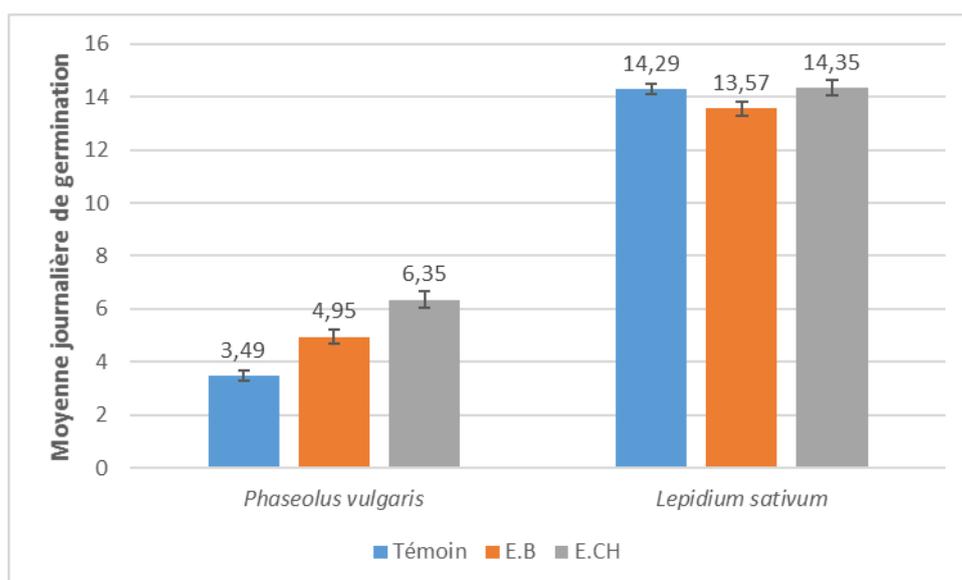


Figure 13 : Moyenne journalière de germination des graines du (*phaseolus vulgaris* et *lepidium sativum*) traitées par l’engrais biologique (E.B) et chimique (E.CH). Les valeurs correspondent à la moyenne de trois répétitions.

4. Vitesse de germination

Au vu des résultats de la figure 14, il ressort que le traitement par les deux engrais (biologiques et chimiques) ralentie la vitesse de germination des graines de *P.vulgaris* par rapport au témoin. Ce ralentissement est plus important après fertilisation par engrais chimique ou la vitesse passe de 0,5 % pour le témoin à 0.16%. Pour *Lepidium sativum*. Ce paramètre ne semble pas être affecté par la fertilisation.

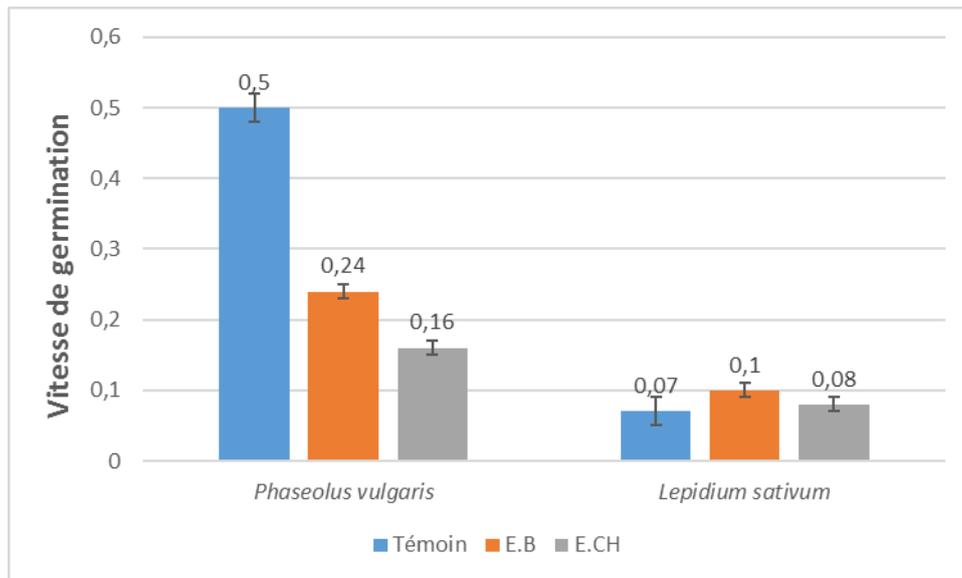


Figure 14 : Vitesse de germination des graines du *Phaseolus vulgaris* et *Lepidium sativum*) sur un sol traité par l'engrais biologique (E.B) et chimique (E.CH). Les valeurs correspondent à la moyenne de trois répétitions.

III. Effet de la fertilisation sur les paramètres de croissance et le développement de *Phaseolus vulgaris*.

1. Effet de la fertilisation sur la taille de *Phaseolus* et de ses différents organes

D'après la **figure 15**, nous pouvons constater que la fertilisation biologique agit positivement sur la taille de la plante et de ses différents organes. La taille de la plante entière est augmentée de 16 %. La taille de la plante du témoin diffère significativement de celle du traité biologiquement avec une p- value de 0.005. La fertilisation chimique a entraîné une réduction de la taille de la plante entière et celle des racines.

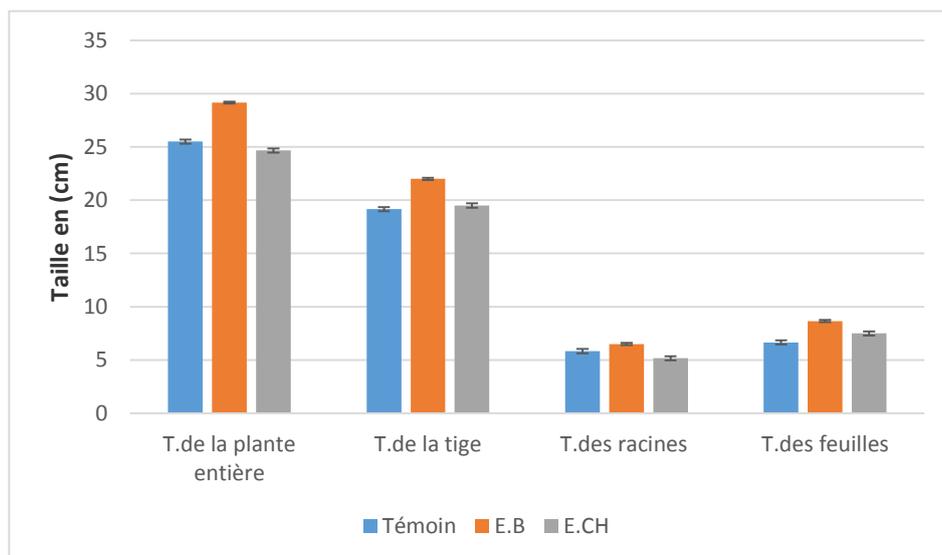


Figure 15 : Effet de l’engrais biologique (E.B) et chimique (E.CH) sur la taille de la plante entière, de la tige, des racines et des feuilles du *Phaseolus vulgaris*.

2. Effet de la fertilisation sur le Nombre des fleurs

La figure 16 renseigne sur le nombre de fleur formée par plante de *Phaseolus* fertilisé ou non. Nous constatons que la fertilisation biologique entraine une augmentation du nombre de fleurs par plante. Par contre pour les plantes ayant subi une fertilisation chimique le nombre de fleurs est comparable à celui du témoin.

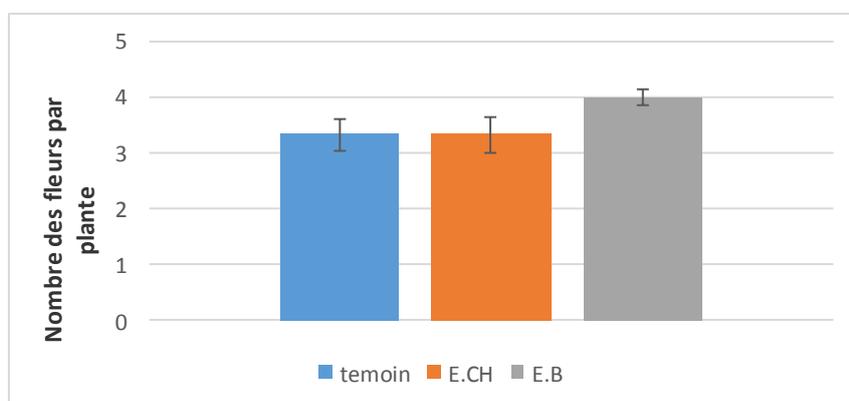


Figure 16 : Effet de la fertilisation biologique (E.B) et chimique (E.CH) sur le nombre des fleurs formées par la plante de *P.vulgaris*

3. Effet de la fertilisation sur la taille et le nombre des gousses

Les résultats de la figure 17 montrent que la formation des gousses est réduite au niveau des plantes qui ont été semées sur un sol fertilisé chimiquement. Néanmoins, la fertilisation biologique a entrainé une augmentation du nombre de gousses formées. Concernant la taille

des gousses, celle-ci est augmentée par rapport à celle du témoin ; mais l'augmentation la plus importante est notée au niveau des plantes fertilisées par un engrais biologique.

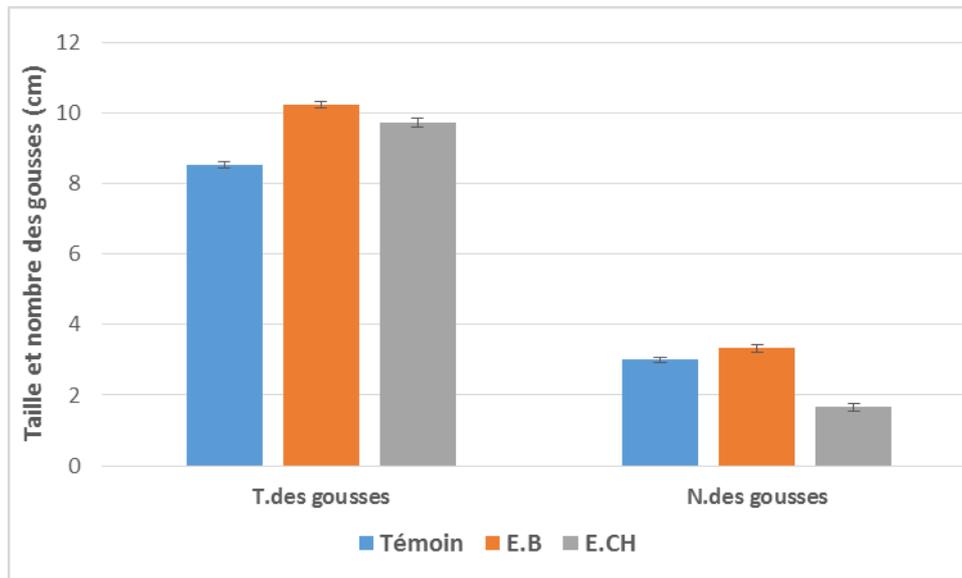


Figure 17 : Effet de l'engrais biologique (E.B) et chimique (E.CH) sur la taille et le nombre des gousses du *Phaseolus vulgaris*.

IV. Effet de la fertilisation sur certains paramètres biochimiques

1. Teneur en protéines totales des feuilles

D'après les résultats présentés dans la **figure 18**, on constate qu'il y a une augmentation de la teneur en protéines des feuilles des plantes fertilisées par l'engrais biologique. Une différence significative est confirmée par la comparaison des moyennes (p -value = 0,043). Par contre la fertilisation chimique des plantes a entraîné une diminution de la teneur en protéines des feuilles. Cette teneur est passée de **3,1 mg/g MV** pour le témoin à **2.28 mg/g MV** pour le traité.

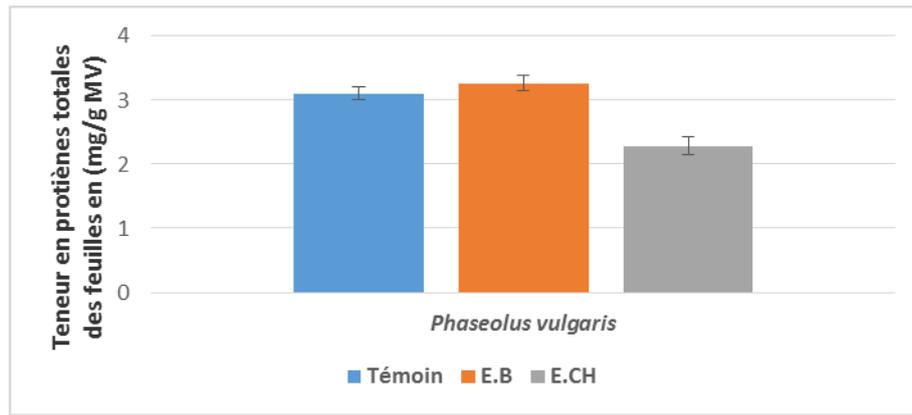


Figure 18 : Teneur en protéines totales des feuilles du *Phaseolus vulgaris* traitées par l’engrais biologique (E.B) et chimique (E.CH). Les valeurs correspondent à la moyenne de trois répétitions.

2. Teneur en sucres totaux des feuilles

La figure 19 montre que la fertilisation agit sur la teneur en sucres totaux des feuilles. Une augmentation de cette teneur est observée pour les deux fertilisants chimiques et biologiques, mais l’augmentation est plus importante au niveau des feuilles issues de plantes fertilisées par l’engrais biologique. En effet, une augmentation de la teneur en sucres totaux de 50% est enregistrée chez les feuilles de plantes fertilisées par un engrais biologique par rapport au témoin. En effet, l’analyse statistique a montré une différence significative entre la teneur du témoin et celle des feuilles traitées par l’engrais biologique avec une p- value de 0,005. La comparaison de la teneur entre le témoin et le traité chimiquement a donné une valeur de la p-value égale à 0,011. Ces valeurs inférieures à α (5%) montrent des différences significatives.

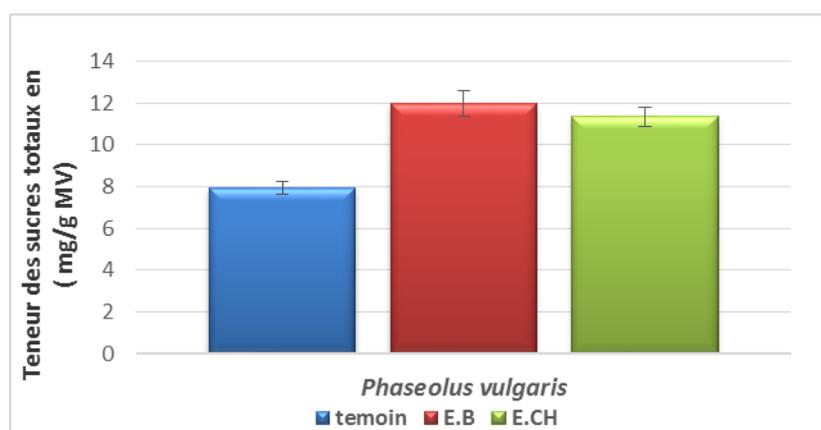


Figure 19 : Teneur en sucres totaux des feuilles du *Phaseolus vulgaris* traitées par l’engrais biologique (E.B) et chimique(E.CH). Les valeurs correspondent à la moyenne de trois répétitions.

3. Teneur en chlorophylle des feuilles

Les résultats présentés dans la **figure 20** montrent que la teneur en chlorophylles est différente dans les feuilles de plantes fertilisées ou non. La fertilisation chimique ou biologique entraîne une augmentation de la teneur en chlorophylles totales et en chlorophylles a. C'est la fertilisation biologique qui a entraîné l'augmentation la plus importante en ces teneurs.

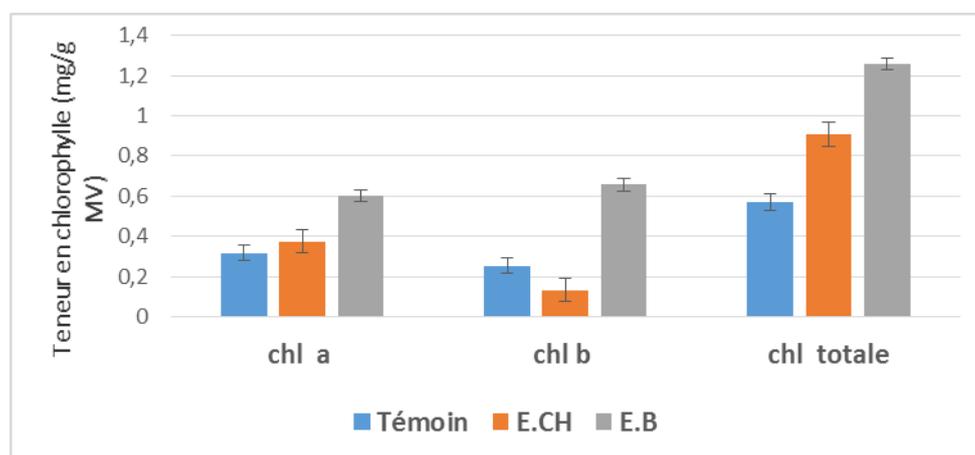


Figure 20 : Teneur en chlorophylle des feuilles de plantes fertilisées par l'engrais biologique (E.B) et chimique (E.CH) sur la teneur en chlorophylle a, chlorophylle b et chlorophylle totale de la chez la plante du *P. vulgaris*.

V. Effet de la fertilisation sur la réponse des plantes au stress hydrique

Pour cette étude un stress hydrique, est installé pendant la phase de croissance de *Phaseolus vulgaris*. Ce stress correspond à une irrigation des plantes à 50% de la capacité au champ. Les paramètres morphologiques de croissance ainsi que certains paramètres biochimiques sont déterminés et comparés à un lot témoin non stressé et à un autre lot stressé mais dont les plantes sont fertilisées par un engrais biologique.

1. Paramètres de croissance

La figure 21 montre l'effet du stress hydrique combiné à un traitement par l'engrais biologique (E.B) sur la croissance de la plante et de ses différents organes (feuille, tige et racine). Le stress a affecté la taille de la plante et de ses différents organes. Il a entraîné une réduction significative de la taille de la plante entière et de tous ses organes comme en témoignent les valeurs du test statistique. La valeur de la p-value <5% indiquent que les tailles du témoin et du stressé sont significativement différentes. Néanmoins cette réduction de croissance est atténuée chez les plantes fertilisées en particulier pour la tige. Une différence

significative entre la taille de la tige de la plante stressée et celle de la plante stressée et fertilisée est enregistrée (p- value = 0.044).

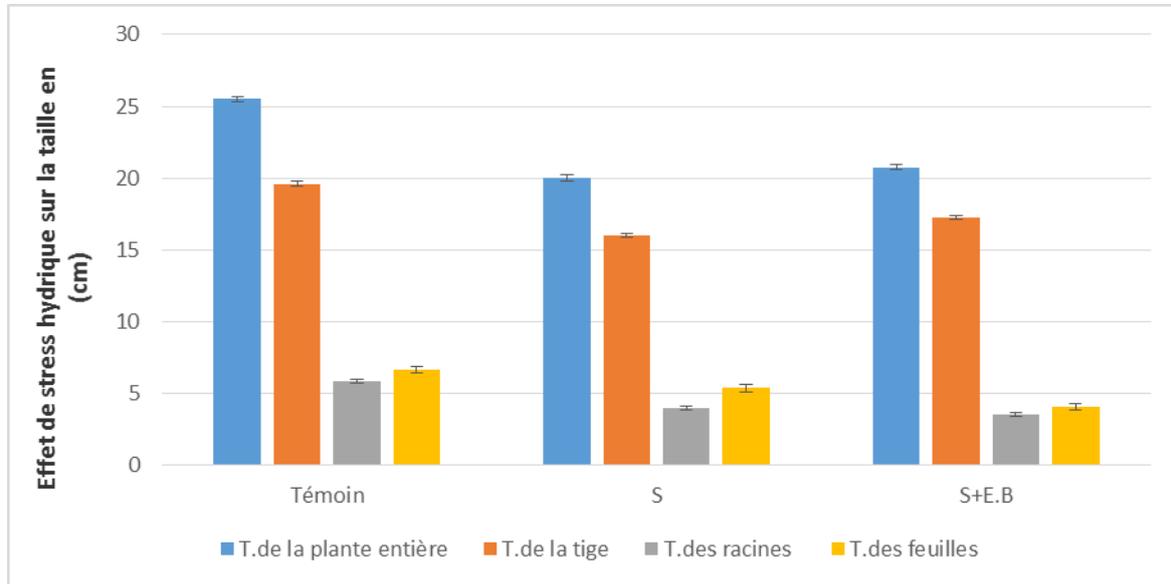


Figure 21 : Effet de stress hydrique et traitement par l'engrais biologique (E.B) sur la taille de la plante entière, taille de la tige, taille des racines et la taille des feuilles chez la plante du *P.vulgaris*.

2. Paramètres biochimiques

2.1. Teneur en protéines totales des feuilles

La figure 22 présente l'effet d'une déficience hydrique sur la teneur en protéines totales des feuilles de la plante de *P.vulgaris*. Nous avons noté que l'application du stress hydrique a provoqué une augmentation de la teneur en protéines totales chez la plante *P.vulgaris*. Cette augmentation est plus importante au niveau des feuilles issues de plantes fertilisées par l'engrais biologique. En effet, la teneur en protéines totales est passée de 5.97 mg/g MV pour le témoin stressé non fertilisé à 7.34 mg/g MV pour les feuilles de plantes stressées et fertilisées. Une différence significative est enregistrée entre les trois traitements de plantes avec une p-value inférieure à 0, 01.

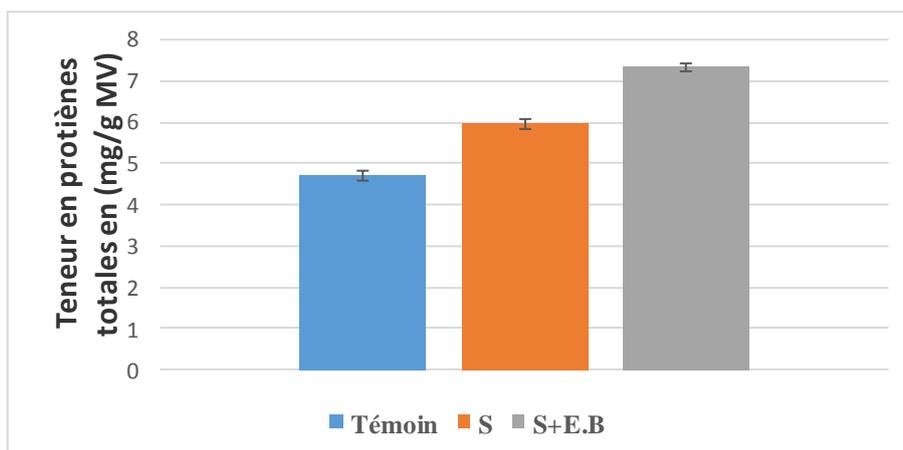


Figure 22 : Effet d'une déficience hydrique sur la teneur en protéines totales des feuilles du *Phaseolus vulgaris* traitées par l'engrais biologique (E.B). Les valeurs correspondent à la moyenne de trois répétitions.

2.2. Teneur en sucres totaux des feuilles

D'après les résultats de la figure 23, Nous remarquons que l'effet du stress hydrique sur la teneur en sucres des feuilles de la plante de *P.vulgaris* Nous observons que l'application du stress hydrique a entraîné une augmentation de la teneur en sucres totaux des feuilles chez *P.vulgaris* avec une p- value de 0,25. Cependant, cette teneur en sucres totaux a marqué une diminution pour les plantes stressées et fertilisées.

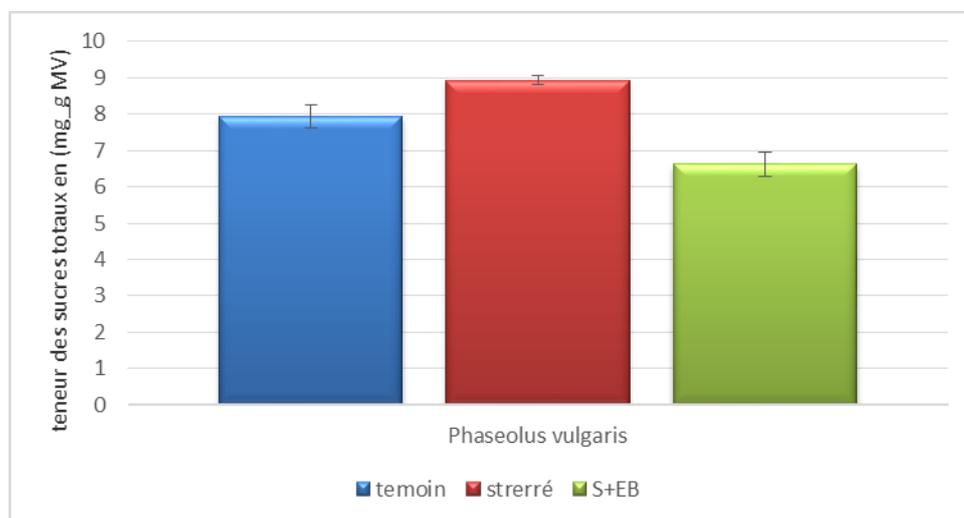


Figure 23 : Effet de stress hydrique sur la teneur en sucres totaux des feuilles du *P.vulgaris* traitées par l'engrais biologique (E.B). Les valeurs correspondent à la moyenne de trois répétitions.

2.3. Teneur en chlorophylles des feuilles

Les résultats de la **figure 23**, montre qu'en présence de stress hydrique la teneur en chlorophylles des feuilles est augmentée. Cette augmentation intéresse les chlorophylles totales, la chlorophylle a et la chlorophylle b. Au niveau des feuilles stressées, mais issues de plantes fertilisées par l'engrais biologique cette augmentation est très importante.

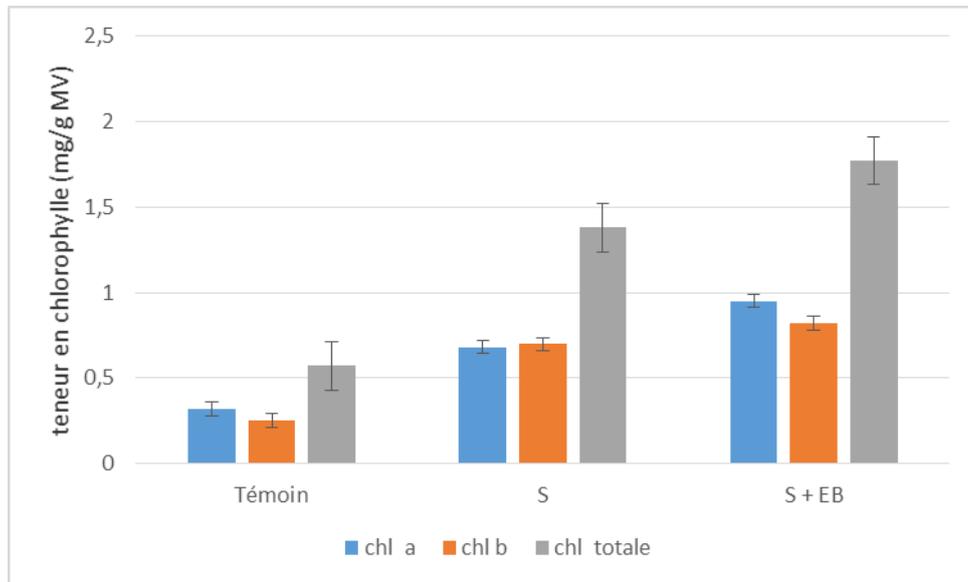


Figure 24 : Effet de stress hydrique et de traitement par l'engrais biologique (E.B) sur la teneur en chlorophylle a, chlorophylle b et chlorophylle totale la chez la plante du *P. vulgaris*.

DISCUSSION

Durant ce travail nous avons étudié la caractérisation morphologique et biochimique ainsi que les paramètres de croissance chez la plante *Phaseolus vulgaris*.

La germination des graines est un processus biochimique et physiologique où dès le premier contact de la graine avec le stimulus exogène (eau), une enzyme amylase est synthétisée et sécrétée afin de dégrader l'amidon (albumen) en vue de fournir à l'embryon l'énergie nécessaire à la germination (REGNAULT-ROGER et al, 2008). Une fois sécrétée, la croissance embryonnaire s'amorce et intervient par la suite un autre processus physiologique où les acteurs sont les hormones de croissance végétale (LESUFFLEUR, 2007). Certains métabolites secondaires des végétaux influencent la germination ou la croissance des plantes par des mécanismes multiples (EINHELLIG, 1985).

Nos résultats montrent que le traitement par l'engrais biologique provoque un effet négatif sur les paramètres de la germination tels que le taux de germination, la vitesse de germination et l'indice de germination sauf la moyenne journalière de germination qui a augmenté.

Les éléments présents dans l'engrais biologique influencent l'absorption de l'eau par les plantes. C'est pourquoi la germination des plantes est plus affectée par la présence de ses éléments lorsque les conditions sont défavorables. Ces résultats sont presque d'accord avec les résultats trouvés chez *Albizia* dans les travaux de KUMUDHA, (2007) et chez *Triticum* (RAM et al, 2014). Une amélioration de la germination des graines pourrait être attribuée au rôle de certains microorganismes qui influencent l'amélioration de la disponibilité facile de l'azote, du phosphore et du potassium dans le sol et mise à la disposition des graines avec l'amélioration conséquente de l'activité métabolique cellulaire entraînant une germination plus élevée (TANIMU et al, 2013; RAM et al, 2011).

Selon (FRINK, 1999) les nutriments présents dans les engrais organiques ne peuvent être libérés que lorsque leur décomposition prend une longue période de temps.

Ces constatations sont aussi en accord avec ceux (JOHANSSON et al, 2000) qui montrent que le processus d'imbibition de germination des graines est une étape physiologique, primordiale pour la germination des graines des différentes espèces végétales.

Par ailleurs Nos résultats du traitement par l'engrais biologique, indiquent que les différents organes de *P.vulgaris* ont enregistré une augmentation importante au niveau de la taille (racines, plante entière, feuilles, gousses et nombre des fleurs et des gousses). Cette

augmentation est due à la présence des éléments minéraux existants dans l'engrais biologique et que les plantes ont bien assimilés, ce qui est permis à la plante une bonne croissance des différents organes aériens. Des observations semblables ont également été faites par **(ZAKIR, et al, 2012)** qui ont utilisé le biomeal comme engrais organique dans les cultures comme la carotte. Selon **MANI (2002)**, l'augmentation des éléments comme l'azote, le phosphore et le potassium qui représentent les éléments minéraux nutritifs essentiels à la croissance sont requis par les plantes cultivées et ont entraîné une augmentation significative de la hauteur des organes végétaux.

Concernant les teneurs en protéines totales, en sucres totaux et en pigments chlorophylliens, elles ont tous augmentées en présence du biofertilisant, ce qui implique un impact positif sur la fertilité du sol qui se traduit par une croissance élevée des plantes fertilisées par cet engrais par rapport à ceux non fertilisées. Ce qui explique que la plante a bien assimilé les éléments nutritifs contenus dans le sol et a bien synthétisé une quantité importante des protéines, des sucres et de la chlorophylle.

Ces observations vont dans le même sens que celles rapportées par **(AHUJA ,1977; RAJASEKARAN et al, 2015)**, qui ont montré que l'indication d'une meilleure photosynthèse et une bonne activité métabolique cellulaire sont principalement dues à la forte présence de chlorophylle a, b et la chlorophylle totale. Cette dernière joue aussi un rôle important dans la génération d'ATP et la prévention de constituants essentiels de plantes **(KOKATE et al, 1998)**. Notons aussi que la présence ou l'absence de chlorophylle dans La plante affecte grandement la production de métabolites secondaires.

Concernant l'effet du stress hydrique sur la plante du *Phaseolus vulgaris*. Nos résultats dévoilent que le stress hydrique a permis une meilleure accumulation des sucres, des protéines, des chlorophylles au détriment de la croissance des organes. C'est une sorte d'adaptation chez les plantes face à un stress hydrique et pour mieux résister aux conditions défavorables. Ces résultats sont semblables à celles de **ANJUM et al, (2003)** et **FAROOQ et al, (2009)**, qui ont signalé que le stress hydrique entraîne des changements dans le rapport de la chlorophylle 'a' et 'b'. Plusieurs études ont déjà rapportées l'effet de ce stress sur la teneur en chlorophylles. En effet, **BOIS en (1993)** a signalé chez le Mil que les processus primaires de la photosynthèse sont touchés précocement dès que la teneur relative en eau descend de 90%, ou dès que le potentiel hydrique s'abaisse. Il a suggéré que le stress hydrique a engendré une disparité de stabilité de système photosynthétique. Ceci peut être attribué à

une dégradation enzymatique de la chlorophylle suite à la fermeture des stomates et la faible disponibilité en eau.

La présence de chlorophylle dans la plante affecte grandement la production de métabolites primaires et secondaires, à savoir les protéines, les glycosides, les tanins, les caroténoïdes, etc. et d'autres constituants essentiels de plantes (**SINGH et al, 1999**). De même, des taux de sucre, de protéines et d'acides aminés plus élevés ont été observés lors de l'application d'un engrais biologique organique.

L'effet de stress hydrique a augmenté la teneur en sucres totaux des feuilles, ces résultats sont cohérents avec ceux de (**ZERRAD et al, 2006**) qui ont affirmé que le déficit hydrique a causé une accumulation importante des sucres solubles aux niveaux des feuilles. En effet l'accumulation des sucres solubles est un moyen adopté par les plantes en cas de stress, afin de résister aux contraintes du milieu. Ces derniers protègent les membranes contre la déshydratation, en condition de déficit hydrique, ils participent en grande partie à l'abaissement du potentiel osmotique (**HIRECHE, 2006**).

La réduction de la taille des organes de croissance est une stratégie adoptée par les plantes pour protéger la membrane contre la déshydratation. Cette réduction est signalée également dans les travaux de plusieurs auteurs sur le shorgo (**ANDRE et DIAS, 2004**) ; ceux sur l'orge appelée Afzal (**KHOSRAVINE JAD ET al, 2009**) et également ceux sur la variété de tomate (Shirazy) (**AMINI et EHSANPOUR, 2005**). Ces auteurs rapportent que le stress hydrique induit la diminution de certaines protéines solubles et cette variation de la teneur en protéines ne confère pas forcément à la plante une tolérance au stress hydrique.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude qui a été conduite dans l'objectif d'évaluer l'effet de l'engrais biologique et chimique sur les caractères morphologiques et biochimiques de *Phaseolus vulgaris*, nous a permis de soulever les conclusions suivantes :

- Les paramètres morphologiques mesurés ont montré une variabilité importante pour les différents traitements testés.
- Concernant l'application de l'engrais biologique et chimique sur les paramètres de croissance (hauteur entière de la plante, taille des racines, taille de la tige, nombre de fleurs, taille des gousses et aussi le nombre des gousses de la plante), les résultats ont montré une différence très importante entre l'engrais biologique et l'engrais chimique.
- Pour les paramètres biochimiques, nous avons trouvé que le traitement par l'engrais biologique a augmenté la teneur en sucres totaux, la teneur en protéines totales et aussi la teneur en chlorophylle chez la plante du *Phaseolus vulgaris*.
- Dans cette étude, le stress hydrique appliqué chez la plante du *Phaseolus vulgaris* a provoqué une réduction au niveau de tous les paramètres de croissance étudiés. Cette réduction est accentuée par la fertilisation.

A la lumière des résultats trouvés, il est possible d'élargir les axes de recherches afin d'apporter plus d'informations concernant l'effet des biofertilisants sur la croissance des plantes ainsi que leurs rendements en métabolites en faisant d'autres analyses physiologiques et biochimiques complémentaires. Une analyse minérale du sol serait bénéfique pour mieux comprendre l'effet de minéralisation sur la croissance et le développement des plantes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AFNOR X 31-103 et **AFNOR X 31-104** qualité des sols : Recueil de normes françaises.

A.K. AL-ASMARI A.M. AL-ELAIWI M.T. ATHAR M. TARIQ A. AL EID S.M. AL-ASMARY., 2014. A review of hepatoprotective plants used in saudi traditional medicine, *J.Evid. Based Complement. Altern. Med.*

AMIGUES J-P. DEBAEKE P. ITIER B. LEMAIRE G. SEGUIN B. TARDIEU F. THOMAS A., 2006. Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport : INRA (France), 72p.

AMINI F. EHSANPOUR AA., 2005. Soluble Proteins, Proline, Carbohydrates and Na⁺/K⁺ changes in two Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars under in vitro salt stress. *Am.J. Biochem Biotech.*, 1(4): 212-216.

ANJUM F. YASEEN M. RASUL E. WAHID A. AND ANJUM S., 2003. Water stress in barley (*Hordeum vulgare* L.). I. Effect on morphological characters. *Pakistan J. Agric. Sci.*, 40: 43–44.

ANONYME., 2007. Haricot commun. In Wikipédia, l'encyclopédie libre. 5p.

A.N. PARANJAPE AA. MEHTA., 2006. A study on clinical efficacy of *Lepidium sativum* seeds in treatment of bronchial asthma, Iran. *J. Pharmacol. Ther.* 5 55–59.

ANDRE DIAS D.A.N. JOSE T.P JOAQUIM E.F.DE LACERDA C.F. SILVA J.V. ALVES DA COSTA P.H.AND GOMES FILHO E., 2004. Effects of salt stress on plant growth, stomatal response and solute accumulation of different maize genotypes. Brazil. *J. Plant Physiol.*, 16: 31-38.annuelle" thèse Ing Agr, INA, El Harrach, 90 p.

AOUADHI SAMIA., 2010. Atlas des risques de la phytothérapie traductionnelle étude de 57 plantes recommandées par les herboristes (TUNISIE).

A. PATOLE V. AGTE M. PHADNIS., 1998. Effect of mucilaginous seeds on in vitro rate of starch hydrolysis and blood glucose levels of NIDDM subjects with special reference to garden cress seeds, *J. Med. Aromat. Plant Sci.* 20 1005–1008.

APPERT J., 1992. Le stockage des produits vivriers et semenciers. Ed. Maisonneuve & Larose, Vol. 2 pp.223.

AROTUPIN AND AKINYOSOYE., 2008. Microbiological and physicochemical characteristics of Cassava cultivated soils, *Research Journal of Microbiology*, 3(1); pp-41-46.

Baize D., 2000. Guide des analyses. Préface de Paule Iserin. Ed. Lavoisier. 95p.

BELL A., 1994. La morphologie descriptive et dynamique des plantes à fleurs in *Plantes à fleurs*. Edition. Masson, Paris. 340 p.

BEN KHETTOU H., 2010. Contribution à l'étude de l'aptitude à la germination des graines d'*Agrania spinosa* L. (SAPOTACEAE) dans la région d'Ouargla. Mémoire ING. Eco., univ, Ouargla.

- BEN NACEUR M. RAHMONE C. SDIRI H., MEDDAHI ML. SELMI M., 2001.** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en de quelques variétés maghrébines de blé. Sécheresse. Vol. 3 :167-174.
- BERTRAND B. RENAUD V., 2009.** Le génie du sol vivant. Éditions de Terran.
- BITTELLI M. FLURY M., 2009.** - Errors in water retention curves determined with pressure plates. - Soil Science Society of American Journal, 73(5), 1453-1460.
- BRADY NYLE C. & WEIL RAY R., 2006.** Elements of the Nature and Properties of Soils, New Jersey : Prentice Hall page 95.
- BRAUDEAU. E. FRANGI. J.-P.; MOHTAR R. H., 2004.** - Characterizing nonrigid aggregated soil–water medium using its shrinkage curve. - Soil Science Society of American Journal, 68(2), 359-370.
- BOIS J.F., 1993.** Effet de la contrainte hydrique sur la photosynthèse du Mil. ORSTOM (Colloques et Séminaires), pp : 161-168.
- BOUCHELACHEM S., 2012.** Contribution à l'étude de l'impact d'un engrais couramment utilisé en algérie (NPK) sur la croissance le métabolisme et le développement racinaire d'un modèle végétale blé dur. Thèse de doctorat. Univ. Constantine.
- FALLAVIER P. BABRE D. BREYSSE M., 1985.** Détermination de la capacité d'échange cationique des sols tropicaux acides. L'Agronomie Tropicale, 40, 298-308.
- FAROOQ M. WAHID A. KOBAYASHI N. FUJITA D. BASRA S.M.A., 2009.** Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agron. Sustain. Dev., 29: 185–212.
- CHAVES MM. OLIVEIRA M., 2004.** Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. Journal Experimental of Botany 55(407): 2365-2384.
- CHAVES MM MAROCO JP. PEREIRA JS., 2003.** Understanding plant responses to drought: from genes to the whole plant. Functional Plant Biology 30: 239-264.
- CHESWORTH W., 2008.** - Encyclopedia of soil science. - Dordrecht, the Netherlands: Springer.
- C.K. KOKATE S.B. GOLBALE AND PUROHIT., 1998.** Textbook of pharmacognosy. Nirali Prakashan. Pune. 1998. pp. 17-18.
- CNABIO., 2013.** Norme Burkinabé en agriculture biologique. 42 p.
- COME D., 1970.** Les obstacles à la germination (Monographie et physiologie végétal en°6). Éd. Masson et Cie (Paris), pages 14, 24 et 27.
- C. R. FRINK P. E. WAGGONER AND J.H. AUSUBEL., 1999.** Nitrogen fertilizer: Retrospect and prospect. Proceedings of National Academy of Science. USA. Vol 96(4): pp. 1175-80.
- DIAW NF., 2002.** Utilisation des inoculums de rhizobium pour la culture du haricot (*Phaseolus vulgaris*) au Sénégal. Thèse doctorat. Université Cheikh Anta Diop. Dakar, 97 p.

- DIEHL R., 1975.** Agriculture générale : Technique saisonnière de la production végétale. 2eme édition. pp 275-286- 290.
- DINON E., GERSTMANS., 2008.** L'Influence du pH sur l'assimilation des éléments nutritifs du sol par les plantes et sur la variété des plantes, Université de Liègeen pédologie : choix, expression, présentation, interprétation 2e éd, INRA-paris 255.
- DOMINY C.S. HAYNES R J., 2002.** Influence of agricultural land management on organic matter content, microbial activity and aggregate stability in the profiles of two Oxisols. Biol. Fertil. Soils, 36, 298-305.
- DUPONT F. et GUIGNARD J.L., 1989.** Haricot nain (Bulletin des variétés). Edit. Masson. Collection: Abrégés pharma. Paris. 510 p.
- EMERSON W., 1959.** The structure of soil crumbs. - Journal of Soil Science, 10(2), 235-244.
- EINHELLIG FA., 1985.** Effects of allelopathic chemicals on cropproductivity. In: Bioregulators for pest control. Ed. P.A. Heldin, ACS Symp. Ser. 276, Amer. Chem. Soc., Washington, DC, pp, 109-130.
- ELHASSANI et PERSSONS, 1994).** Effet du stress hydrique et la mycorhization arbusculaire sur le comportement biochimique du prunier
- EPSTEIN E., J.M. TAYLOR, AND R.L. CHANEY., 1976.** Effets of sewage sludge and sludge compost applied to soil on some soil physical and chemical prooperties. Journal of Environmental Quality 5:422-426.
- ESMENJAUD D. ; WALTER B. ; VALENTIN G. ; GUO Z.T. ; CLUZEAU D., 1992.** Distribution verticale et potentiel infectieux de *Xiphinema index* (Thorne et Allen, 1950) (Nematoda : Longidoridae) dans des parcelles de vigne atteintes par le virus du court-noué en Champagne. Agronomie, 12, pp 395-399.
- FELLER C. THURIES L.J.M. MANLAY R.J. ROBIN P. FROSSARD E., 2003.** ‘‘ The principles of rational agriculture’’ by Albrecht Daniel Thaer (1752-1828). An approach to the sustainability of cropping systems at the beginning of the 19th century. J. Plant Nutr. Soil Sci. 166, 687-698.
- FUCHS J. U. GALLI K. SCHLEISS. AND A. WELLINGE R., 2001.** Directive de l'ASIC : Caractéristiques de qualité des composts et des digestats provenant du traitement des déchets organiques. Document élaboré par Association Suisse des installations de compostage (ASIC) en collaboration avec le Forum Biogaz Suisse. CH-3322, Schönbühl, pp 11.
- GEPTS P., 1990.** Biochemical evidence bearing on the domestication of *Phaseolus* (Fabaceae) beans. Econ. Bot 44.38.
- GRIME JP. CAMPBELL BD., 1991.** Growth rate, habitat productivity, and plant strategy as predictors of stress response. In: H. A. Mooney, E. J. PellW. E. Winner eds. Response of plants to multiple stresses: Academic Press, Inc.
- GOBAT JM. M. ARAGNO. IN ADDITION, W. MATTHEY., 2003.** Le Sol vivant Bases de pédologie Biologie des sols. Deuxième édition, Presse polytechniques et universitaires romandes. pp 568

GRUBBEN G. ; DENTON O. ; MESSIAEN M. ; SCHIPPERS R ; LEMMENS J., 2005. Vegetables, Wageningen. Backhuys Publishers.

GUPTA V.V.S.R. AND GERMIDA J.J., 1988. Distribution of microbial biomass and its activity in different soil aggregate size classes as affected by cultivation. *Soil Biology and Biochemistry*, 20, 777–86.

HAUERT P., 2012. L'importance des engrais (Fiche technique Hauert HBG SA). Engrais Hauert HBG SA. 100 p.

HENRI LEFEBVRE., 1974. La production de l'espace » Anthropos première édition, réédition 2000.

HILLEL D., 2004. Soil physics and soil physical characteristics. - Introduction to Environmental Soil Physics (p. 3-17), Elsevier, Academic Press.

HIRECHE., 2006. Réponse de la luzerne *Médicago sativa* (L) au stress hydrique et à la profondeur du semis. Thèse de Magister.Univ. EL Hadj Lakhdar. Batna : 83.

HOITINK, H.A.J., AND M.E. GREBUS., 1994. Status of biological control of plant diseases with composts. *Compost Science and Utilization* 2 :6-12.

HOPKINS W.G., 2003. Physiologie végétale. Traduction de la 2eme édition américaine par SERGE R. Ed de Boeck. pp 309-362.

I. AHUJA AND C.P. MALLIK., 1977. Effect of Brassino steroida and Paleobutrazole on chlorophyll content in development of *Brassic tuornefortii*. *Journal of Plant Science Research*.Vol 13 : pp. 31-34.

IFDC., 2004. L'Etat du Marché des Intrants Agricoles au Bénin (Projet MIR). Centre International pour la Fertilité des Sols et le Développement Agricole, Bénin. 106 p.

IFV., 2010. Fertilisation de la vigne : La réglementation (Fiche technique). Institut Français de la Vigne et du Vin. 7 p.

INSKEEP WP PR BLOOM., 1984. A comparative study of soil solution chemistry associated with chlorotic and nonchlorotic soybeans in western Minnesota. *J Plant Nutr* 7: 513-531.

ISERIN., 1997. Encyclopédie des plantes médicinales identification, préparation, soin.

ISO 14235:1998 Qualité du sol -- Dosage du carbone organique par oxydation sulfochromique.

JANSEN P., 2007. PROTA Network Office Europe, Wageningen University, P.O. Box 341,6700 AH Wageningen, Netherlands.

J. TANIMU E. O. UYOVBISERE S. W. J. LYOCKS AND Y. TANIMU., 2013. Effects of Cow Dung on the Growth and Development of Maize Crop. *Greener Journal of Agricultural Sciences*. Vol. 3: pp. 371-383.

GERMON J.C. HENAULT C., 1995 - Processus d'émissions de méthane et d'oxydes d'azote gazeux par les sols. Evolution, quantification, spatiali- sation. *Dossiers de l'Environnement de l'INRA*, 10, pp 29-38.

JOHANSSON I. KARLSSON M. JOHANSSON U. LARSSON C. and KJELLBOM P.,

2000. The role of aquaporins in cellular and whole plant balance. *Biochem Biophys Acta* 1465: 324-342.

JURY W. OR D. PACHEPSKY Y. VEREECKEN H., 2011. Kirkham's legacy and contemporary challenges in soil physics research. - *Soil Science Society of American Journal*, 75(5), 1589-1601.

KARLEN DC. MAUSBACH MJ DORAN JW. CLIRE RG HARRIS RF. SCHUMAN GE., 1997. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. *Soil Science Society of American Journal* 61:4-10.

KHOSRAVINEJAD F. HEYDARY R. FARBOODNIA T., 2009. Effect of salinity on organic solutes contents in barley. *Pak. J. Biol.Sci.*, 12(2): 158-162.

KOTOWSKI F., 1926. Temperatures relations to germination of vegetable seed. *Proc. Amer. Soc. Horticult. Sei.*, 23, 176-184.

KLUTE A., 1986. Water retention: laboratory methods. In: Klute A., ed. *Methods of soil analysis. Part 1*. 2nd ed. Madison, WI, USA: American Society of Agronomy p. 635-662.

KOTOWSKI F., 1926. Temperatures relations to germination of vegetable seed. *Proc. Amer. Soc. Horticult. Sei.*, 23, 176-184.

LARCHER W., 2001. *Physiologie plant ecologie*. 4th edition .Ed. Based on the translation of the third edition. P 350.

LECOMTE B., 1997. Etude du développement embryonnaire in vivo et in vitro dans le genre *Phaseolus* L. Thèse doctorat. *Sci Agro. Gembloux. Belgique. Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux.* 186 p.

LESUFFLEUR F., 2007. Rhizodéposition à court terme de l'azote et exsudation racinaire des acides aminés par le trèfle blanc (*Trifolium repense* L.), 17-37.

LILIA R R., 2004. Gestion de la fertilité et de la fertilisation phosphatée des sols ferrallitiques des hautes terres de Madagascar. Thèse d'Etat ès Sc. Naturelles, Univ. D'Antananarivo, 199p.

LLOYD D., 2013. Etude de l'impact des engrais verts sur les qualités physiques et biologiques des sols sableux en cultures maraichères nantaises. (Mémoire de fin d'étude). 124 p.

LOWRY O. H. ROSEBROUGH N. J., FARR A. L. AND RANDALL R. J., 1951. *J. Biol. Chem.* 193, 265–275.

MAAS E.V. HOFFMAN G.J., 1977. Crop salt tolerance Current assessment. *J. Irrig. Drain.* 103, 115–134.

MADDER P. FLIELBACH A. DUDOIS D. GUNST L. FRIED P. NIGGLI U. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *SCIENCE* 296, 1694 p.

- M. AL-YAHYA J. MOSSA A. AGEEL S. RAFATULLAH., 1994.** Pharmacological and safety evaluation studies on *Lepidium sativum* L., seeds, *Phytomedicine* 1 155–159.
- MONNET Y. PIGEON M. et THIBAUT J., 1999.** Produits phytosanitaires autorisés à la vente : cultures légumières et fraisiers. Edit. INRA, Paris. 330p.
- MOREL R., 1989.** Analyse des facteurs de la croissance de la plante pour la définition du concept de fertilité des sols. In : *Fertilità del suolo e nutrizione delle piante*. SISS et SICA, Eds., pp 57-73.
- MOUREY A., 2004.** Manuel de nutrition pour l'intervention humanitaire. Comité international de la croix rouge. 724p.
- M. RAM R. DAWARI AND N. SHARMA., 2014.** Direct, residual and cumulative effects of organic manures and biofertilizers on yields, NPK uptake, grain yield and economics of wheat (*Triticum aestivum* L) under organic farming of rice-wheat cropping system. *Journal of Organic Systems*. Vol 9: pp.16-30.
- M. Ram, R. Dawari, and N. Sharma., 2011.** Effect of organic manures on basmati rice (*Oryza sativa* L.) under organic farming of rice-wheat cropping system. *International Journal of Agricultural and crop sciences*. 2011. Vol 3: pp. 76-84.
- M. ZIA-UL-HAQ S. AHMAD L. CALANI T. MAZZEO D. DEL RIO N. PELLEGRINI V. DE FEO., 2012.** Compositional study and antioxidant potential of *Ipomoea hederacea* Jacq. and *Lepidium sativum* L. seeds, *Molecules* 17 10306–10321.
- N.D. RAVAL B. RAVISHANKAR B.K., 2013.** Ashok, Anti-inflammatory effect of *Chandrasekharia* (*Lepidium sativum* Linn.) an experimental study, *AYU* 34 302-304.
- O.P. SINGH, T. P. SINGH, AND A. L. YADAV., 1999.** Variability and heritability and estimates for agronomical and quality traits in Opium poppy (*P. somniferum* L.). *Sci. Cult.* Vol 64(3-4): pp. 107-109.
- OSBORNE JM, FOX JED MERCER S., 1993.** Germination response under elevated salinities of six semi-arid blue bush species (Western Australia). In: Lieth H. & Al Masoom A. (Eds), *Towards the Rational Use of High Salinity Plants*, Vol 1, and pp. 323-338. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 521 pp.
- OUÉDRAOGO A., YOMBI L. DOUMBIA, S., EYHORN, F., DISCHL R., 2008.** Guide de production du coton biologique et équitable (manuel de référence pour l'Afrique de l'Ouest). Helvetas. 49 p.
- PUJOLA M. FARRERAS A. CASANAS F., 2007.** Protein and starch content of raw, soaked and cooked beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry* 102: 1034-1041.
- PAUSTIAN K. COLLINS H.P. PAUL E.A., 1997.** Management controls on soil carbon, in: Paul, E.A., Paustian, K.H., Elliott, E.T., Cole, C.V. (Eds.), *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems: Long-Term Experiments in North America*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 15-50.
- PAUWELS J.M. VAN RANST E. VERLOO M. & MVENDO ZE A., 1992.** Manuel de laboratoire de pédologie. Méthodes d'analyses des sols et des plantes, équipements, gestion de stocks de verrerie et de produits chimiques. Bruxelles : Administration Générale de la Coopération au Développement (AGCD).

- PIERI C., 1989.** Fertilité des terres des savanes. Ministère de la Coopération CIRAD, 444 p.
- PIRAT M. ET FOURY F., 2003.** Histoire des légumes, des origines au XXI siècle. Edit. INRA. Paris. pp 22-28.
- P. KUMUDHA, AND M. GOMATHINAYAGAM., 2007.** Studies on the effect of biofertilizers on germination of Albizia lebbek (L.) Benth. seeds. Advanced Plant Science.. Vol 20: pp. 417-421.
- PREVOST P., 1999.** Les bases de l'agriculture moderne. 2eme édition. Tec et Doc. Paris. 254p.
- REGNAULT ROGER C. PHILOGENE BJR VINCENT CH., 2008.** Bio-pesticides d'origine végétale. Ed. TEC & DOC, Paris, 51-60.
- SINGH S.P., 1999.** Improvement of small-seeded race Mesoamerica cultivars. In: Singh, S.P.ed. Common bean improvement in the twenty-first century. Kluwer Academic Publishers. Growing on freely drained soils of pH 6.5 in northern Tanzania. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 23, 787-792.
- SOLTNER D., 2003.** Les bases de la production végétale, 23è ed, Sciences et technique agricole.Poitiers (France): Sciences et Techniques Agricoles.472 p.
- S. RAJASEKARAN, P. SUNDARAMOORTHY, AND S. K. GANESH., 2015.** Effect of FYM, N, P fertilizers and biofertilizers on germination and growth of paddy (*Oryza sativa*. L). International Letters of Natural Sciences. Vol. 35: pp. 59-65.
- Tardieu F. Tuberosa R., 2010.** Dissection and modelling of abiotic stress tolerance in plants. Current Opinion in Plant Biology 13(2): 206-212.
- THRONEBERRY GO. SMITH FG., 1955.** Relation of respiratory and enzymatic activity to corn seed viability. Plant Physiology 30, 337-343.
- TRICHET P. JOLIVET C. ARROUAYS D. LOUSTAU D. BERT D. RANGER J. 1999.** Le maintien de la fertilité des sols forestiers landais dans le cadre de la sylviculture intensive du pin maritime. E.G.S., 6, pp. 197-214.
- TURNER S., 1997.** Molecular systematics of oxygenic photosynthetic bacteria.PL.Sys.Evol.(Suppl.), 11:13-52.
- U. PATEL M. KULKARNI V. UNDALE A., 2009.** Bhosale, Evaluation of diuretic activity of aqueous and methanol extracts of *Lepidium sativum* garden cress (Cruciferae) in rats, Trop. J. Pharm. Res.8.
- USDA., 1996.** Indicators for soil quality evaluation. USDA Natural Resources Conservation Service, April 1996.www.nssc.nrcs.usda.gov.
- USENI S.Y. BABOY L.L. NYEMBO K.L. & MPUNDU M.M., 2012.** Effets des apports combinés de biodéchets et de fertilisants inorganiques sur le rendement de trois variétés de *Zea mays* L. cultivées dans la région de Lubumbashi. Journal of Applied Biosciences 54: 3935– 3943

WOPEREIS M.C.S. DEFOER T. IDINOBA P. DIACK S. DUGUE M.-J., 2008. Curriculum d'apprentissage participatif et recherche action (APRA) pour la gestion intégrée de la culture de riz de bas-fonds (GIR) en Afrique subsaharienne (Manuel technique).Centre du riz pour l'Afrique (ADRAO), Cotonou, Bénin.125 p.

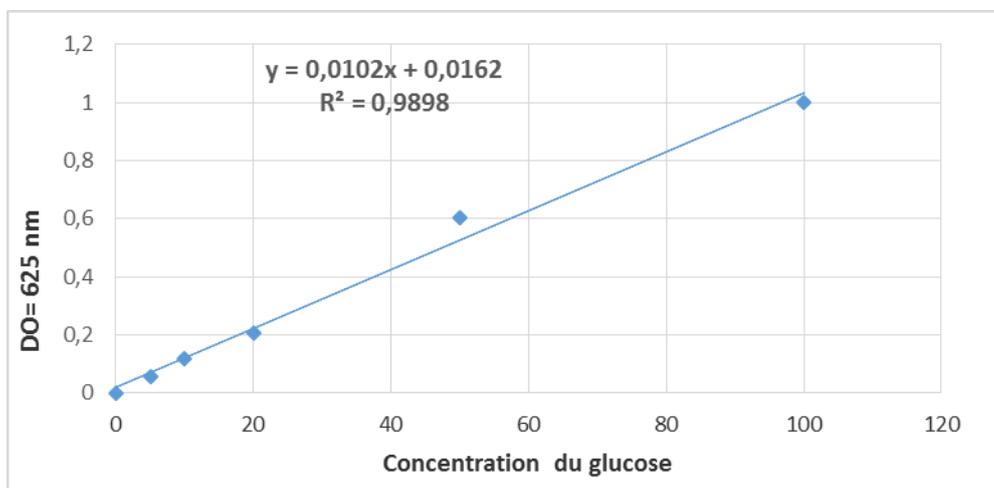
Y.C. YADAV D.N. SRIVASTAV A.K. SETH V. SAINI R. BALARAMAN T.K., 2010. Ghelani,In vivo antioxidant potential of *Lepidium sativum* seeds in albino rats using cisplatin induced nephrotoxicity, *Int. J. Phytomed.*2 292–298.

ZERRAD W. HILLALI S. MATAOUI B.S. ELANTRI E. ELHMYENE A., 2006. Etude des mécanismes biochimiques et moléculaires de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur. Congrès international de biochimie, Agadir 9-12 Mai 2006.

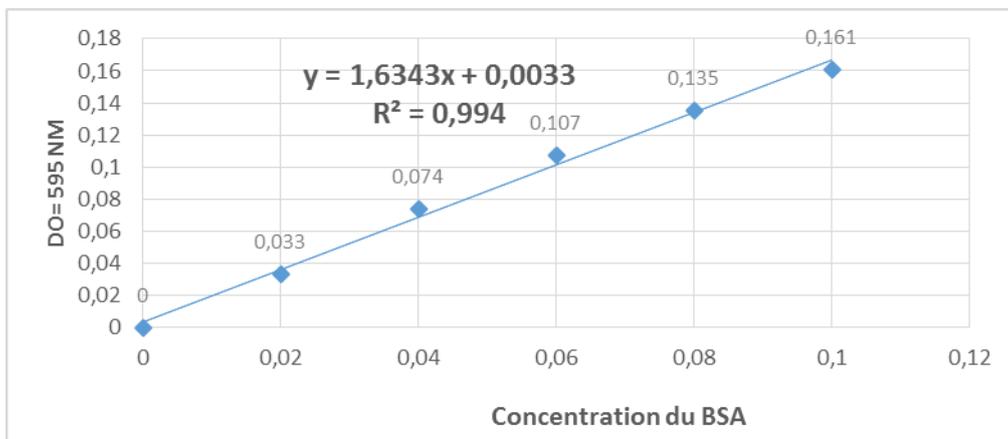
ZODOM G., 2012. Evaluation de la performance du riz *Oryzae sativa* à différentes doses d'engrais chimiques et organiques sur sol sablonneux au centre du Bénin (Rapport de fin de stage, Licence professionnel). Bénin. 42 p.

ANNEXES

Annexe 1 : Courbe d'étalonnage du glucose (DO : 625 nm)



Annexe 2 : Courbe d'étalonnage du Bovine Serum Albumin (DO= 595 nm)



Annexe 3 : Préparation de tampon sodium phosphate

Solution A : NaH_2PO_4 à 200 mM (solution acide)

Solution B : Na_2HPO_4 à 200 mM (solution basique)

16 ml de solution A + 84 ml de solution B = compléter à 200 ml avec l'eau distillée

Solution tampon sodium phosphate

Annexe 4 : Préparation du réactif de Lowry : 2 ml de solution B + 100 de solution A

✓ Carbonate de Na_2CO_3 1 g par 50 ml

✓ 0.1 N de NaOH

✓ sulfate de cuivre 312 mg par 20 ml

✓ tartrate de sodium à 2.37 %

Solution A : (200 g par 50 ml) de Na_2CO_3

NaOH (0.1 N) 0.08 g / 20 ml; 0.2g / 50 ml

Solution B : 20 ml de sulfate de cuivre, 312 mg par 20 ml

474 mg de tartrate de sodium par 20 ml

Réactif Folin (1 N) :  2 ml de folin commercial
2 ml de l'eau distillée

On prélève :

- 2 ml de réactif de Lowry
 - 0.2 ml de l'extrait
-  Mélanger et laisser 10 minutes à la température ambiante.

Ajouter 0.2 ml de Folin et laisser 30 minutes à la température ambiante.

La densité optique est lue à 660 nm