



# الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



Université Amar TELIDJI - Laghouat -

جامعة عمار ثليجي - الأغواط -

Faculté des Sciences

كلية العلوم

Département des Sciences Agronomiques

قسم العلوم الفلاحية

## MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : BELABBES Samia et BAROUD Nour El Imane

DOMAINE: SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE: Sciences Agronomiques

SPECIALITE: Amélioration des plantes

### Thème

**Impact de deux types de fumiers organiques sur la vigueur de  
plants de laitue**

#### Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
- Mme. MALLAM Hamida	MCA	Présidente
- Mr. HATTAB Mourad	MCA	Examineur
- Mme. HOUYOU Zohra	MCA	Encadreur

Promotion : Juin 2022

## **Résumé :**

L'agriculture biologique apparaît comme un prototype d'une nouvelle agriculture pour réduire les risques alimentaires liés à des molécules d'origine industrielles utilisées dans la production maraîchère.

Ce travail a été mené dans cette optique sur la laitue, en vue de déterminer une fertilisation organique qui permettrait d'obtenir des plants vigoureux. Au niveau de la serre expérimentale du département des sciences agronomiques de l'Université Amar Thelidji Laghouat les plants de deux variétés de laitue (*Batavia brava* et *Beurre*), ont été cultivés pendant 64 jours, en apportant deux types de fumiers (vache et cheval) avec quatre doses respectivement (0 ; 1 ; 2,5 et 5 g/kg). Des analyses physico-chimiques (pH, CaCO<sub>3</sub>, N<sub>tot</sub>, Na, K, CE, C<sub>org</sub> et C/N) ont été effectuées sur le substrat et sur les fumiers. Durant les 64 jours nous avons effectué des mesures biométriques sur les plants cultivés (hauteur des tiges, longueur des racines, vitesses de croissance et taux relatif moyen de développement), à la fin du test nous avons mesuré dans les feuilles fraîches des plants les teneurs en (sucre totaux, proline et chlorophylle totale). Les résultats ont montré que le fumier de vache est plus riche en éléments minéraux avec respectivement K (11,1 g/kg), Na (22 g/kg) et aussi en azote totale (39 g/kg) et en carbone organique (59,36 g/kg). Les mesures biométriques des plants ont révélés des différences significatives ( $p < 0,001$ ), la hauteur des tiges des plants ainsi que celle des racines étaient respectivement (16cm), (17cm) chez *Batavia brava* et (22,6 cm), (23 cm) chez *Beurre*. La vitesse de croissance des tiges était meilleure chez *Beurre* (0,36 cm/jour). L'indice de vigueur le plus élevé est observé chez *Beurre* (36,08). Les teneurs, en proline sont entre (1,37 et 0,23 mmol/g MF), en sucre totaux entre (4,08 et 0,28 g/mg) et en chlorophylle totale (0,042 et 0,02 mg/g MF). L'ANOVA effectuée sur les paramètres physiologiques mesurés sur les plants a révélé des différences non significatives.

Cette expérience a révélé que la dose du fumier de vache 1 (g/kg) est la meilleure pour la croissance, le développement et la vigueur des plants de laitue.

**Mots clés :** Laitue, *Batavia brava*, *Beurre*, fertilisation organique, vitesse de croissance, indice de vigueur, chlorophylle total, sucre total, proline.

## ملخص :

تعد الزراعة العضوية نموذجاً مبدئياً في مجال الزراعة , للتقليل من المخاطر الناجمة عن الغذاء و المرتبطة بالجزئيات ذات الأصل الصناعي المستخدمة في إنتاج الخضروات.

تم تنفيذ هذا العمل مع وضع اعتماداً على نبات الخس ، لتحديد السماد العضوي الأنسب الذي يمكننا من الحصول على نباتات قوية. على مستوى الدفيئة التجريبية بقسم العلوم الزراعية بجامعة عمار ثلجي بالأغواط ، حيث تم اختيار نوعين من نبات الخس (باتافيا برافا وزبدة) واستعمال نوعين من السماد : (سماد البقر وسماد الحصان) بمعدل أربع جرعات على التوالي (0 ؛ 1 ؛ 2.5 ؛ 5 غ/كغ) خلال 64 يوماً. أجرينا تحليلات فيزيائية وكيميائية : (الأس الهيدروجيني ، البوتاسيوم الصوديوم ، الكربون العضوي، الموصلية الكهربائية، كربونات الكالسيوم ، الازوت ، نسبة الكربون في الازوت ) على الركيزة (التربة) وعلى الأسمدة. و خلال هذه المدة المذكورة سابقاً (64 يوماً)، قمنا بقياسات بيومترية على النباتات المزروعة (ارتفاع السيقان، طول الجذور، معدلات النمو ومتوسط معدل التطور النسبي)، و في نهاية الاختبار قمنا أيضاً بقياس السكر الكلي والبرولين والكلوروفيل الكلي الموجود في الأوراق الخضراء . فأظهرت النتائج أن روث الأبقار أغنى بالعناصر المعدنية التالية (11.1 K:غ/كغ) ، (22 Na:غ/كغ) وأيضاً الازوت الكلي (39 جم / كجم) والكربون العضوي (59.36 غ/كغ). كشفت القياسات الحيوية للنباتات عن فروق ذات دلالة إحصائية ( $p < 0.001$ ) ، كان ارتفاع السيقان وكذلك ارتفاع الجذور على التوالي (16 سم) ، (17 سم) في باتافيا برافا و (22.6 سم) ، (23 سم) في الزبدة. وكان معدل نمو الساق أفضل في نوع الزبدة (0.36 سم / يوم). كما لوحظ أن أعلى مؤشر قوة كان في هذا النوع أيضاً (36.08)، أما محتويات البرولين فتراوحت بين (1.37 و 0.23 ملمول / غ مادة طازجة ) ، والسكر الكلي بين (4.08 و 0.28 غ/ملغ) والكلوروفيل الكلي بين (0.042 و 0.02 ملغ/غمادة طازجة).

كشفت تحاليل التباين (Anova) التي تم إجراؤها على الإعدادات الفسيولوجية المقاسة على النباتات عن اختلافات غير مهمة.

وفي الأخير ومن خلال هذه التجربة تبين أن جرعة (1 غ/كغ) من سماد البقر هي الأفضل لنمو وتطور وحيوية نباتات الخس.

**الكلمات المفتاحية:** خس ، باتافيا برافا ، زبدة ، التسميد العضوي ، سرعة النمو، مؤشر القوة، الكلوروفيل الكلي، السكر الكلي، البرولين.

## **Summary:**

Organic agriculture appears as a prototype of a new agriculture to reduce food risks related to molecules of industrial origin used in vegetable production.

This work was carried out in this perspective on lettuce, in order to determine an organic fertilization which would allow to obtain vigorous plants. At the level of the experimental greenhouse of the department of agronomic sciences of the University Amar Thelidji Laghouat, the plants of two varieties of lettuce (*Batavia brava* and *Beurre*), were cultivated during 64 days, by bringing two types of manures (cow and horse) with four doses respectively (0, 1, 2.5 and 5 g/kg). Physicochemical analyses (pH, CaCO<sub>3</sub>, N<sub>tot</sub>, Na, K, CE, C<sub>org</sub> and C/N) were performed on the substrate and on the manures. During the 64 days, we performed biometric measurements on the cultivated plants (height of the stems, length of the roots, growth rates and average relative rate of development), at the end of the test we measured in the fresh leaves of the plants the contents of (total sugar, proline and total chlorophyll). The results showed that the cow manure is richer in mineral elements with respectively K (11,1 g/kg), Na (22 g/kg) and also in total nitrogen (39 g/kg) and organic carbon (59,36 g/kg). The biometric measurements of the plants revealed significant differences ( $p < 0,001$ ), the height of the stems of the plants as well as that of the roots were respectively (16cm), (17cm) in *Batavia brava* and (22,6 cm), (23 cm) in *Beurre*. The growth rate of the stems was better in *Beurre* (0.36 cm/day). The highest vigor index was observed in *Butter* (36.08). The contents of proline are between (1.37 and 0.23 mmol/g MF), total sugar between (4.08 and 0.28 g/mg) and total chlorophyll (0.042 and 0.02 mg/g MF). The ANOVA performed on the physiological parameters measured on the plants revealed non-significant differences. This experiment revealed that the dose of cow manure 1 (g/kg) is the best for the growth, development and vigor of lettuce plants.

**Key words:** Lettuce, *Batavia brava*, *Beurre*, organic fertilization, vigor index, growth speed, total chlorophyll, total sugars, proline.

# Remerciement

Au terme de ce modeste travail Je remercie DIEU puissant de nous avoir donné la santé, la force et la volonté d'accomplir ce travail.

Au terme de ce modeste travail nous remercions DIEU puissant de nous avoir donné la santé, la force et la volonté d'accomplir ce travail.

Nous tenons tout d'abord à remercier particulièrement encadreur Mme Houyou Zohra pour avoir encadré et dirigé ce travail, avec une grande rigueur scientifique. La qualité de sa formation et ses conseils, le soutien et la confiance qu'il m'a accordé.

Nous exprimons gratitude et sincères remerciements au Mme Mallam Hamida d'avoir accepté de présider le jury, nous remercions aussi profondément à Mr. Hattab Mourad d'avoir accepté d'examiner ce travail

Nous tenons à remercier tous les enseignants, techniciens, laboratoires et administrateurs du Département des Sciences Agronomiques pour toutes les informations nécessaires fournies durant ce travail.

# Dédicaces

- Je remercie avant tout DIEU, tout puissant, pour la volonté, la santé et la patience qu'il m'adonnée et le courage pour terminer ce travail
- Je dédie ce travail à mes honorables parents qui connaissent le sens de la patience et qui m'ont donné la force après Dieu pour terminer ce travail. Amour et respect à vous deux, je vous aime .
- A mes frères, la source de ma force : Houssam, Mohamed, Adnan, Anes et Amdjed .
- Au plus jeune de la famille, Noah Shaheen
- A la femme de mon frère.
- A toutes la famille BAROUD
- A toutes la famille BADAOUI
- A mon profencadrant« houyou zohra»
  - A mon binôme « samia belabbes» pour le partage du travail.
  - A toutes mes amies
  - A toutes personnes que je connais.
  - Et à toute la promotion 2022.

**Nour El Imane**

# Dédicaces

Je dédie ce travail à mes très chers parents vous trouvez ici ma qui sont pour moi l'exemple du sacrifice de Compréhension, d'encouragement et qui m'ont donné tous les moyens d'aller Aussi loin. Reconnaissance éternelle et ma profonde gratitude, mon grand respect, je vous dis merci pour tout ce qu'avez fait, pour moi, que DIEU vous protège et vous réserve une longue vie.

- A mes chères sœurs : Amina, Fadila et Roumaissaa.
- A mes amies : koki , amel , ,sisi, manal ,rania, yassin,saadaoui,atallah,ahmed ,et Merci beaucoup à ma sœur et ma copine Aicha , pour leur aide et leurs encouragements. Que cette œuvre soit une expression de grande affection et de témoignage
- A mon binôme Baroud nour el imane pour le partage du travail..
- A toute la famille Belabbas.
- A toute la famille Morgane.
- Et à toute la promotion 2022.

**Samia**

# SOMMAIRE

---

## Sommaire

Résumé	I
Remerciement	II
Dédicaces	III
Sommaire	IV
Liste des figures	V
Liste des tableaux	VI
Liste des abréviations	IIV
Introduction	1

### CHAPITRE I : Synthèse bibliographique

I. Généralités sur la laitue.....	4
I.1. Origine de la laitue.....	4
I.2. Description de la laitue.....	4
I.3. Classification.....	4
I.4. Stades phénologiques.....	5
I.5. Exigences de la culture.....	6
I.5.1. La température.....	6
I.5.2. Le sol.....	6
I.5.3. L'éclairement.....	6
I.5.4. L'humidité.....	6
I.5.5. Besoin en eau et en éléments minéraux.....	6
I.5.6. Sol et alimentation.....	7
I.6. La fertilisation.....	7
I.7. Les variétés de laitue cultivées.....	8
I.8. Maladies de la laitue.....	10
I.8.1. Les maladies fongiques.....	10
I.8.2. Les maladies bactériennes.....	10
I.8.3. Les maladies virales.....	11
I.9. Ravageurs de la laitue.....	11
I.10. Importance économique, alimentaire et médicinale.....	12

### CHAPITRE II : Matériels et méthodes

I. Objectifs et description de l'expérimentation.....	14
I.1. Objectifs.....	14
I.2. Lieu de l'expérience.....	14
I.3. Conditions expérimentales.....	14
I.4. Le Substrat (terre).....	15
I.5. Les fumures organiques utilisées.....	15
I.6. Les Conteneurs.....	15
I.7. Le Matériel végétal.....	15
I.8. Préparation du substrat terre.....	15
I.9. Doses d'amendements utilisés.....	16
I.9. 1. Description des différentes doses de fertilisation.....	16
I.10. Dispositif expérimental.....	16

## SOMMAIRE

---

II. Conduite de l'expérience et notations des mesures.....	17
II.1. La pré-germination.....	17
II. 2.Le repiquage et la levée.....	17
II.3. L'arrosage.....	18
II.4. Les Paramètres mesurés sur les plants .....	18
II. 4. 1. Mesure des paramètres de croissance des plants.....	18
II.4. 1. 1. Hauteur des tiges des plants (cm).....	18
II.4.1. 2. Longueur des racines des plants (cm).....	18
II.4. 1.3. Vitesse de croissance des tiges et des racines des plants.....	18
II.4. 1.4. Indice de vigueur des plants.....	19
II.4. 1. 5. Taux relative moyen de développement des plants (T R M D).....	19
II. 4. 2. Mesure des paramètres biochimiques et physiologiques des plants.....	19
II. 4. 2. 1. Dosage des sucres totaux (mg/g MF) .....	19
II. 4. 2. 2. Dosage de la chlorophylle (mg/g MF).....	20
II. 4. 2. 3. Dosage de la proline (mmol/g MF).....	20
II. 5. Analyse physicochimique des échantillons de terre et des fumiers utilisés.....	21
III. Analyses statistiques des données.....	21

### CHAPITRE III : Résultats et Discussion

I. Résultats.....	23
I.1. Caractéristiques physico-chimique de la terre et des fertilisants utilisés.....	23
I.2. Rapport C/N.....	24
I.3.Paramètre de croissance de développement des plants.....	24
I.3.1.Hauteur des tiges des plants.....	24
I.3.2.Hauteur des racines des plants.....	26
I.4.Indice de vigueur (IV) des plants.....	27
I.5.Vitesse de croissance des plants.....	28
I.5.1.Vitesse de croissance des tiges.....	28
I.5.2.Vitesse de croissance des racines.....	28
I.6. Taux relatif moyen de développement (TRMD) des plants.....	29
I.7. Paramètre biochimiques et physiologiques mesurés sur les plants.....	31
I.7.1.Sucres totaux.....	31
I.7.2.Teneurs en chlorophylle.....	32
I.7.3. Proline accumulée.....	33
I.8. Analyses en composante principale.....	34
II. Discussion.....	36
II.1.Paramètres physiques et chimiques de sol et fumier.....	36
II.2.Rapport C/N.....	36
II.3 Paramètre de croissance de développement des plants.....	36
II.3.1.Hauteur de tiges et des racines avec indice de vigueur et vitesse de croissance chez des plants.....	36
II.3.2.Taux relatif moyen de développement des plants.....	37
II.4.Paramètres biochimique est physiologique des plants de la laitue .....	37
II.4.1.Teneurs en chlorophylle.....	37
II.4.2.Sucre totaux.....	38
II.4.3.Proline accumulée .....	38
Conclusion et Perspectives	
Références bibliographiques.....	43

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> : Schéma des stades phrénologiques de la laitue (Anonyme, 2009).....	5
<b>Figure 2</b> : Les variétés de laitue (A: laitue beurre et B: laitue batavia C : feuille de chêne et d : laitue romaine).....	9
<b>Figure 3</b> : Déjections de noctuelle et sclérotiniose sur laitue (photo ctifl).....	10
<b>Figure 4</b> : Pourriture grise de la laitue (syngenta.fr 2022).....	10
<b>Figure 5</b> : Virus de la mosaïque de la laitue (Anonyme.2013).....	11
<b>Figure 6</b> : Représentation des températures journalières mesurées durant l'expérimentation.....	12
<b>Figure 7</b> : Le dispositif expérimental (Cliché Belabbes S, Mars 2022).....	17
<b>Figure 8</b> : Semences de <i>Batavia</i> germée (Cliché Baroud NI mars 2022).....	18
<b>Figure 9</b> : Résultats de rapport C/N en début et à la fin l'expérimentation.....	24
<b>Figure 10</b> : Hauteur des tiges des plants à 34 jours pour les deux variétés.....	15
<b>Figure 11</b> : Hauteur des tiges des plants à 49 jours pour les deux variétés .....	15
<b>Figure 12</b> : Hauteur des tiges des plants à 64 jours pour les deux variétés .....	16
<b>Figure 13</b> : Hauteur des racines des plants à 64 jours pour les deux variétés.....	27
<b>Figure 14</b> : Indice de vigueur des plants.....	27
<b>Figure 15</b> : La vitesse de croissance des tiges des plants à 64 jours (cm).....	28
<b>Figure 16</b> : La vitesse de croissance des racines des plants à 64 jours (cm).....	29
<b>Figure 17</b> : Taux relatif moyen de développement des plants (période 1).....	30
<b>Figure 18</b> : Taux relatif moyen de développement des plants (période 2).....	30
<b>Figure 19</b> : Taux relatif moyen de développement des plants (période 3).....	31
<b>Figure 20</b> : Sucre totaux pour deux variété ( <i>Batavia brava</i> , <i>Beurre</i> ).....	32
<b>Figure 21</b> : Teneurs en chlorophylle pour deux variété ( <i>Batavia brava</i> , <i>Beurre</i> ).....	33
<b>Figure 22</b> : Proline accumulée pour deux variété ( <i>Batavia brava</i> , <i>Beurre</i> ).....	34
<b>Figure 23</b> : Analyses en composante principale.....	35

## **LISTE DES TABLAEUX**

<b>Tableau N°1 :</b> Paramètre physiques-chimiques du substrat terre et des fumiers utilisées durant le test de fertilisation.....	<b>15</b>
<b>Tableau N°2 :</b> Caractéristiques des deux variétés de laitues utilisées.....	<b>23</b>

## Liste des abréviations

**ACP** : Analyses en composante principale.

**ANOVA** : Analyse de la variance.

**C°** : Degrée Celsius

**C** : Carbone.

**CaCO<sub>3</sub>** : Calcaire.

**CE** : Conductivité électrique.

**cm** : Centimètre

**C/N** : Rapport de carbone organique sur l'azote total

**D1** : Dose 1.

**D2** : Dose 2.

**D3**: Dose 3.

**FC**: Fumier Cheval.

**FV**: Fumier Vache.

**IV**: Indice de vigueur

**J-C**: Jésus-Christ

**K**: potassium

**Kg**: Kilogramme

**mg**: Milligram

**mg/g MF**: Milligramme par gramme de Matière fraîche.

**mmol/g MF** : Milli mole par gramme de Matière fraîche.

**Moy**:Moyenne

**N:** Azotes

**Na:** sodium

**pH:** potentiel d'hydrogène

**Pr:** Probabilité

**T :** Témoin

**TRMD:** Taux relatif moyen de développement

# Introduction

### Introduction

Les fruits et les légumes constituent une part essentielle du régime alimentaire humain. Au cours des vingt dernières années la recherche en nutrition humaine a prouvé qu'un régime équilibré, riche en fruits et légumes, garantit une bonne santé et peut réduire les risques de certaines maladies (Meng et Doyle, 2002).

La laitue est un légume populaire dans le monde avec une production de plus de 21 millions de tonnes cultivées chaque année, elle est cultivée dans plusieurs régions du globe. Ce légume-feuille fait partie de la famille des Astéracées (Pink, 1991), il a une grande importance à la fois économique et alimentaire (Thicoipé, 1997; Ryder, 1999). Depuis plusieurs années, la production de la laitue est confrontée à de nouvelles exigences du fait d'un durcissement progressif de nombreuses molécules chimiques notamment celles qui peuvent provenir de sa fertilisation parce qu'il s'agit d'un légume consommé en frais et non stockable (Navarrette et al., 2010).

Puisque les systèmes maraîchers sont très intensifs, donc exigeant en produits fertilisants, la réduction de l'usage des fertilisants chimiques pose, plus que dans d'autres systèmes de production, des questions agronomiques cruciales. Comment réduire les risques alimentaires liés à des molécules d'origine industrielles utilisées dans la production maraîchère ?

Dans ce cadre, l'agriculture biologique apparaît comme un prototype d'une nouvelle agriculture plus durable. Elle est en effet basée sur l'utilisation de produits naturels et sur l'entretien de la fertilité et de la qualité des terres agricoles.

Les engrais organiques obtenus par transportation de déchets végétaux et surtout animaux. Ils apportent aux différentes cultures sous forme organique les éléments majeurs (Azote, Phosphate, Potassium) et la plupart des oligo-éléments. Cependant ces éléments devront passer par l'étape de la minéralisation c'est-à-dire la transformation en éléments minéraux afin de faciliter leur absorption par la plante, cette minéralisation est régie par des conditions édaphiques et climatiques (Anonyme, 2010).

A cet effet, il semble intéressant de promouvoir l'utilisation de fertilisants organiques de moindre coût, facilement accessibles et moins dangereux pour l'environnement. L'amendement à base de bouse de bovin et de crottin d'équidés offre de nouvelles perspectives pour inverser la tendance à la baisse significative de la fertilité des sols maraîchers. En effet, cette pratique

## INTRODUCTION

---

agricole implique l'apport conséquent de substances organiques qui pourraient améliorer la productivité des terres agricoles (Nguo et al., 2016).

La présente étude s'inscrit dans cette optique, l'utilisation donc d'engrais organiques d'origines animales (Fumier de vache et Fumier de cheval), pourraient influencer la vigueur des plants de laitue.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons entrepris un travail expérimental, en apportant quatre différentes doses 0 ; 1 ; 2,5 et 5 (g/kg), de deux types des fumiers (vache et cheval), pour cultiver des plants de deux variétés de laitue : « *Batavia brava* » et « *Beurre* ». Notre objectif est de déterminer pour ces deux variétés de laitue, le type de fumier et la dose qui permettent d'obtenir des plants vigoureux.

Le document de ce mémoire est structuré en trois chapitres :

Un premier chapitre englobe une synthèse bibliographique qui présente des généralités sur la laitue (*Lactuca saliva L.*), un deuxième chapitre expose le matériel et les méthodes utilisés pour atteindre notre objectif et dans un troisième chapitre nous présentons les résultats et discussion. Nous terminerons par une conclusion ainsi que des perspectives

# INTRODUCTION

---

# Chapitre I : Généralités

## sur la laitue

# Chapitre I : Généralités

## sur la laitue

**I .Généralités sur la laitue****I.1. Origine de la laitue**

La laitue *Lactuca sativa L* est consommée depuis très longtemps. Son centre d'origine serait situé à l'ouest de la zone méditerranéenne ou diverses laitues sauvages font partie de la flore spontanée actuelle. L'histoire de sa domestication est mal connue, elle a débuté bien avant l'ère chrétienne. Certaines représentations de plantes peintes sur des tombes égyptiennes datées de 4500 ans avant J.-C. Sont considérées comme des laitues. Sa culture se serait développée ensuite autour de la méditerranée. Les grecs et les romains la cultivaient déjà trois 2000 ans le philosophe grec Théophraste indiquait déjà trois variétés. La laitue « romaine » aurait été introduite en France au moyen Age en 1389 à partir d'Avignon qui était alors terre papale.

Son développement s'est poursuivi de proche en proche, partout où elle peut pousser, en Europe du nord d'abord, puis en Amérique du nord, puis en Australie suivant les migrations des européens dans le monde. Actuellement encore, sa consommation s'étend un peu partout en Afrique, en Amérique latine, en Asie(Joubert et al.1997).

**I.2.Description de la laitue**

La laitue *Lactuca sativa L* est un légume très commun et bien connu tant en Europe qu'en Amérique de nord, même si, une certaine confusion peut exister entre les différentes espèces de salades commercialisées, notamment entre laitues et chicorées. On sait généralement distinguer entre elles les plus courantes les unes des autres : laitues pommées, batavia, chicorées, frisées, scaroles (Joubert et al.1997).

**I.3. Classification**

La laitue dont le nom scientifique (latin) : *Lactuca sativa L* (Munro et Small, 1998), appartient au genre *Lactuca* de la famille des Astéracées, ce genre comprend environ de 60 variétés annuelles ou bisannuelles, ce genre est caractérisé par la présence du «lait» : le lactucarium, qui est un liquide transparent ou coloré et d'où vient le nom de «lactuca» (Munro et Small, 1998 ; Pitrat et Foury, 2003).

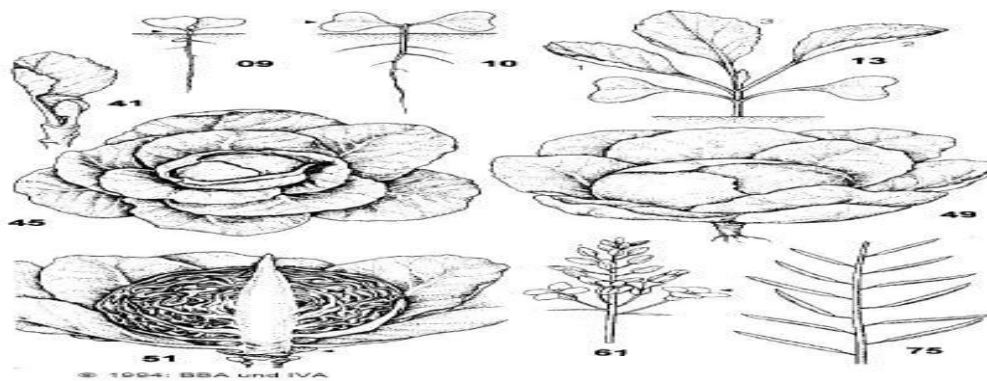
Règne	Plantae
Division	Magnoliophytes
Classe	Magnoliopsides
Famille	Astéracées (composées)
Genre	<i>Lactuca</i>
Espèce	<i>Sativa</i> ou <i>Hybrida</i>

**I.4. Stades phénologiques**

La laitue cultivée (*lactuca sativa L*) est une plante herbacée, annuelle, avec deux phases bien distinctes:

La phase végétative, aboutissant à la formation d’une pomme plus ou moins fermée, est le stade utilisé pour la commercialisation.

La phase reproductrice, au cours de laquelle la tige centrale s’allonge (montaison), s’achève par la floraison et la production de graines (I.T.C.M.I., 2010). Les étapes du cycle végétatif se résument dans la figure 1.



**09** :levée,**10** :cotylédons étalés,**13**:feuille étalées,**41**:début de formation des têtes,**45**:la tête à atteint50% de sa taille finale,**49**:les têtes sont atteint leur grandeur, formé et dureté typique ,**51**:à pousse principale à l’intérieur de la tête commence à sortir,**61**:début de floraison ,**75**:maturation

**Figure 1** : Schéma des stades phénologiques de la laitue (Anonyme, 2009)

**I.5.Exigences de la culture****I.5.1.Température**

La plante aime les saisons froides. La température optimale pour la croissance de la Laitue est de 20-23°C le jour et 7°C la nuit. Cette croissance commence à partir de 4°C et se Poursuit à 24°C. En dessous d'une température du sol de 7°C, la croissance racinaire est fortement ralentie, ainsi que la capacité des racines à absorber l'eau du sol. Lors de la maturation, les laitues ont besoin d'un climat chaud et sec (Elattir et al., 2003). Des températures trop élevées couplées à de longues photopériodes peuvent mener à la formation de pommes lâches et à l'étiollement (Thicoïpé, 1997) ou encore, à la montaison hâtive des laitues (WaycottetRyder, 1993). On distingue d'ailleurs des laitues de printemps, d'été, d'automne et d'hiver (Thicoïpé, 1997).

**I.5.2. Sol**

La laitue préfère les sols meubles, propres et aérés, bien travaillés, et enrichis de compost. Le sol doit être fertile et non compacte pour favorise la pénétration des racines. Le pH optimale est de 6.7 à 7.2 (Collin ; Lizot, 2003).

**I.5.3. Eclaircissement**

La laitue est une plante de jours longs à cycle court (13 heures de luminosité par jour et plus) et la température élevée (optimum à 20°C); mais elle est également possible sous faible éclaircissement et basses températures selon les cultivars (Verolet, 2001).

**I.5.4. Humidité**

L'humidité trop élevée, particulièrement quand il fait frais favorise la condensation de la vapeur sur les feuilles et l'apparition de maladies telles que moisissure grise à Botrytis (Elmhirst, 2006).

**I.5.5. Besoin en eau et en éléments minéraux**

Il est important d'irriguer après la transplantation ou le semis afin de favoriser la reprise du plant ou la germination. Lors du développement foliaire, le stress hydrique provoque une baisse de rendement, alors une bonne gestion de l'irrigation est essentielle à une croissance optimale. En fait, le plant de laitue produit au moins 60 % de sa matière fraîche pendant le dernier tiers de sa vie (Thicoïpé et coll., 1997).

La laitue est sensible à la salinité, aux manques de calcium et en certains oligoéléments (B, Mn, Mo et Cu). Un excès d'azote provoque un retard de la pomaison de la laitue, une 7 baisse de la qualité du légume, une hausse de la sensibilité face aux pathogènes et une hausse de la teneur en nitrates.

La laitue nécessite plus d'azote à la fin de la culture et c'est pour cette raison qu'il faut diviser les ajouts d'azote (Thicoïpé et coll., 1997)

### **I.5.6.Sol et alimentation**

La laitue prospère dans des sols de nature physique variée, pour autant qu'ils présentent une structure stable, donc une aptitude à ressuyer facilement en surface, et possèdent une bonne capacité de rétention, garantissant une alimentation une alimentation régulière en eau. Une teneur en matières organiques est à cet égard toujours profitable. Elle favorise le réchauffement du sol, recherché en cultures de printemps. La laitue est un des légumes les plus sensibles aux excès de salinité, un taux de matière organique élevé aide la plante à supporter une salinité élevée. L'apport de matière organique peu dégradée avant plantation est déconseillé.

Bien que la plante forme naturellement un pivot, l'élevage en motte tend à le supprimer. Le rapport feuille/racine est toujours élevé, d'où la nécessité d'obtenir un développement rapide du système racinaire par une structure grumeleuse et une bonne porosité. La laitue craint l'excès d'acidité, sans passer toutefois à une réaction alcaline également préjudiciable à la laitue.

La laitue a aussi besoin d'oxygène pour mettre en place ses racines : le sol doit donc être aéré, non tassé et non hydro morphe (COLLIN et LIZOT, 2003), ayant un pH de 6 à 8, et appréciant la présence de matière organique (DENARD, 2017), avec une salinité de 3 à 5 mm / hos/ cm-1 (ITCMI, 2010).

### **I.6. La fertilisation**

La fertilisation minérale et organique sont complémentaires. Les éléments minéraux apportent à la plante des nutriments rapidement assimilables. En revanche, les éléments nutritifs des produits organiques ne deviennent assimilables qu'après solubilisation et transformations chimiques et biochimiques (phénomène de minéralisation).Un bon fonctionnement du sol

favorise ces transformations, l'apport de matières organiques en qualité et en quantité suffisante garantit la bonne santé du sol et la mise à disposition des éléments minéraux pour la plante (Grasset, 2008).

**A. Organique :** Les besoins azotés de la laitue sont assez faibles et peuvent être couverts par les reliquats d'une tête d'assolement exigeante. On prend en compte le reliquat azoté par les cultures précédentes, auquel on ajoute un complément : celui-ci peut être un apport de fumier composté (Colin et Lizot, 2003).

**L'azote :** favorise la croissance des parties vertes et se lessive facilement. Une carence se traduit par des tiges courtes et des petites feuilles de couleur vert pâle. Un excès retarde la pommai son tout en favorisant les champignons pathogènes tels que le (*Botrytis*).

**Le phosphore :** favorise la formation des fleurs et des graines. Une carence est caractérisée par une floraison peu abondante et peut se manifester par l'apparition de reflets rougeâtres sur les marges foliaires. Il est aussi nécessaire au développement racinaire.

**Le potassium :** favorise le développement des organes de réserve (tubercule, racine, fruit), la coloration des fleurs et fruits ainsi que la résistance aux maladies.

## **B .Minérale**

Il existe 2 types d'engrais minéraux :

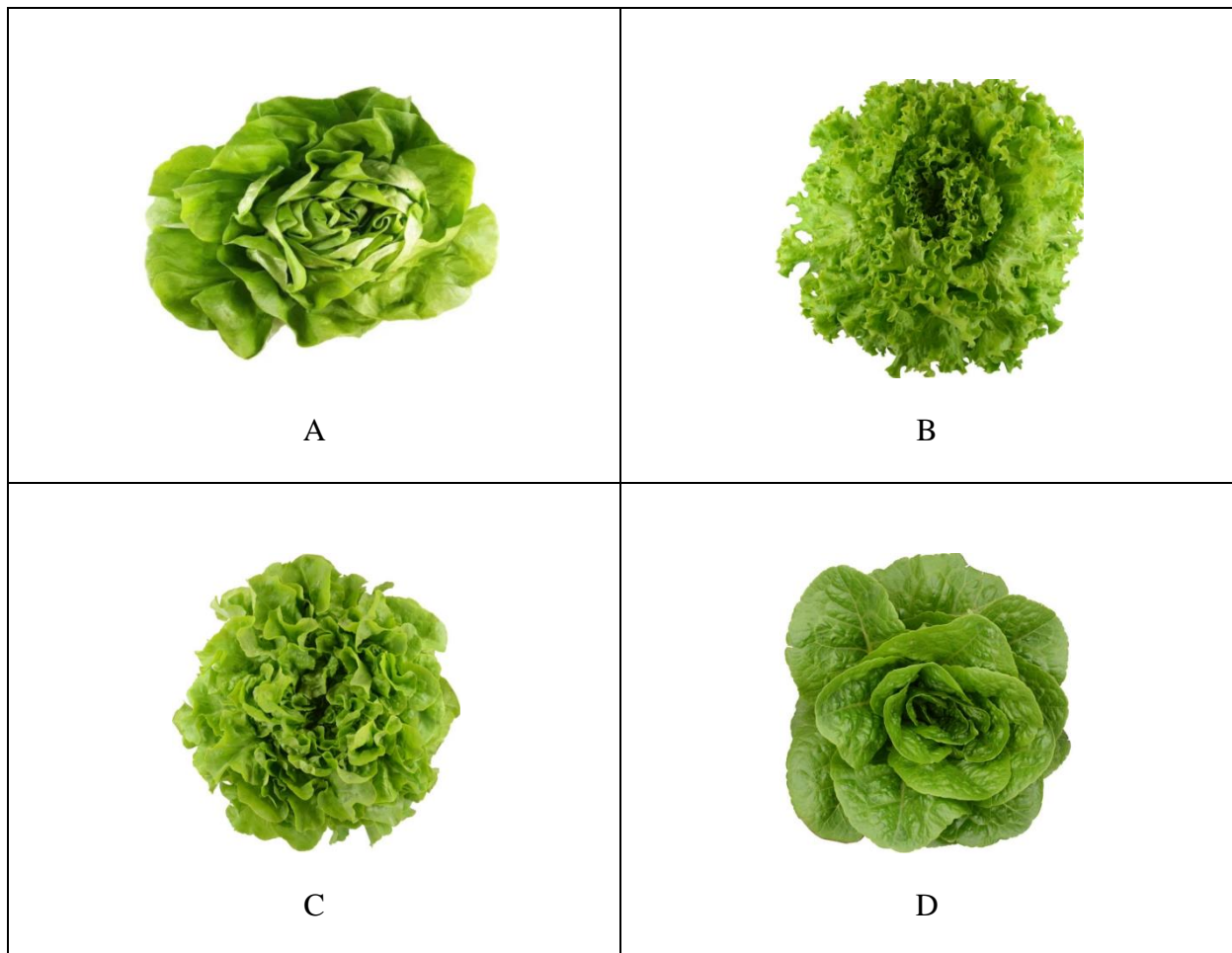
**-Engrais de fond:** Ce sont les engrais contenant le potassium et le phosphore et qui doivent être incorporés dans le sol au moins 15 jours avant le semis

**-Engrais de couverture ou d'entretien:** Ce sont les engrais contenant l'azote tels que l'urée, sulfate d'ammoniac, le phosphate monobamoniacal (MAP ou DAP). Le choix du type d'engrais doit se faire en fonction de l'espèce cultivée et doit être appliqué après irrigation, par conséquent risque de brûler les racines des plantes (C.T.A., 2009)

## **I.7.Les variétés de laitue cultivées**

La laitue est un légume très consommé dans le monde. Sous le vocable laitue se retrouvent divers culti-groupes commerciaux (Figure 02), définis selon la forme de la pomme, de la forme et de la texture des feuilles:

- Les laitues pommées comprenant les laitues beurres appelées couramment laitue, et les laitues Batavia.
- Les laitues à couper où l'on trouve les variétés « Feuille de chêne » ou « Lollo rossa ».
- Les laitues romaines qui présentent une pomme allongée.
- Les laitues grasses qui sont des laitues pommées à feuilles épaisses, assez craquantes et à nervures pennées.
- Les laitues tige ou laitues asperges surtout consommées en Asie (Pitrat et Foury, 2004).



**Figure 2:** Les variétés de laitue (A: laitue beurre et B: laitue batavia C : feuille de chêne et d : laitue romaine). (ctifl.fr)

**I.8. Maladies de la laitue****I.8.1 Les maladies fongiques :****• Sclérotiniose**

Sur les salades et notamment la laitue, les attaques, causées principalement par les espèces *Sclerotinia*, *Sclerotiorum*, *Sclerotinia* et *Minor*, occasionnent une pourriture sur les parties de la plante au contact du sol, notamment les feuilles sénescentes, pour finalement envahir d'autres feuilles et le collet. Elles aboutissent en général à une destruction totale de la plante (Bardin et al., 2013).



**Figure 3 :** Déjections de noctuelle et sclérotiniose sur laitue (photo ctifl).

**I.8.2. Les maladies bactériennes**

Pourriture du pied de la laitue causée par (*Pseudomonas fluorescens* et *Pseudomonas marginalis*). Les symptômes de cette maladie sont notamment l'apparition d'une pourriture noire à verte et ferme, qui peut se propager depuis les tiges infectées, le long des nervures des feuilles inférieures. La maladie peut même gagner les racines. L'infection par des organismes secondaires peut entraîner le flétrissement ou l'affaissement de la plante (Elmhirst ,2006).



**Figure 4 :** Pourriture grise de la laitue (syngenta.fr 2022).

### **I.8.3. Les maladies virales**

#### **Mosaïque de la laitue** (Jlirus de la mosaïque de la laitue, LMV)

Le virus de la mosaïque de la laitue (LMV), est l'agent causal de la laitue mosaïque, la maladie virale la plus dévastatrice de la laitue (*Lactuca saliva*) dans le monde. LMV appartient au genre Potyvirus, au sein de la famille Potyviridae (Krause-Sakate et al., 2002). Ce virus peut avoir des répercussions importantes sur la taille et la qualité de la laitue (Elmhirst ,2006).



**Figure 5 :** Virus de la mosaïque de la laitue (Anonyme.2013).

### **I.9. Ravageurs de la laitue:**

Les ennemis des laitues sont relativement peu nombreux, les cultures de plein champ sont plus exposées que celles de serre

Certains sont facilement contrôlés par de bonnes pratiques culturales et de protection préventive. D'autres restent des ravageurs redoutables, principalement les pucerons pour leurs dégâts directs et la transmission de virus. Enfin des ravageurs nouveaux occasionnent ponctuellement des dégâts graves, les mineuses, les thrips et les aleurodes (Joubert et al. 1997).

### **I.10. Importance économique, alimentaire et médicinale**

La laitue est, consommée fraîche ou en salade mixte elle est considérée comme un aliment sain (Dupont et al., 2000; Mulabagal et al., 2010). Ce légume a une grande importance à la fois économique et alimentaire. Des recherches épidémiologiques portant sur la relation qui existe entre les habitudes alimentaires et les risques de maladies ont conclu que la nourriture a un impact sur la santé (Mulabagal et al., 2010). En effet, plusieurs études récentes ont démontré que plusieurs variétés de laitue contiennent des composés phénoliques ayant une activité antioxydante (Dupont et al., 2000; Altunkaya et Gokmen, 2009; Mulabagal et al., 2010). En plus des composés phénoliques, les qualités nutritionnelles de la laitue sont attribuées à la présence, dans les feuilles, de vitamines B et C, de caroténoïdes et de fibres (de Vries, 1997; Dupont et al., 2000; Nicolle et al., 2004; Altunkaya et Gokmen, 2009; Mulabagal et al., 2010).

Les graines, riches en vitamines E, sont aussi exploitées pour leur teneur en huile, qui peut représenter jusqu'à 35 % de leur poids (DeVries, 1997). Dans la médecine traditionnelle, elles servent de traitement contre l'asthme et la toux en plus d'être utilisées comme analgésique (Mulabagal et al., 2010).

La partie consommable de la laitue contient environ 95 % d'eau, mais aussi une faible fibre alimentaire (1,5 %), de sucres (0,9 %), de minéraux, de vitamines, d'acides organiques, de nitrates, etc. Évidemment, la composition varie d'une variété à l'autre selon les conditions et le type de laitue. Pour 100 g de la laitue, la valeur nutritive maximale est de 36 kJ (8,6 kcal) et la valeur calorique totale est de 44 kJ (10 kcal) (Thicoïpé, 1997). Selon les normes des producteurs, une laitue commercialisable a un poids minimum de 454 g. Comme de nombreuses espèces végétales, très souvent à intérêt agricole, la laitue est recommandée et utilisée pour la réalisation de bio-essais (FDA, 1987 ; EPA, 1996 ; OECD, 2003).

# **Chapitre II :**

# **Matériels et**

# **Méthodes**

## Chapitre I : Matériels et méthodes

### I. Objectifs et description de l'expérimentation

#### I.1. Objectifs

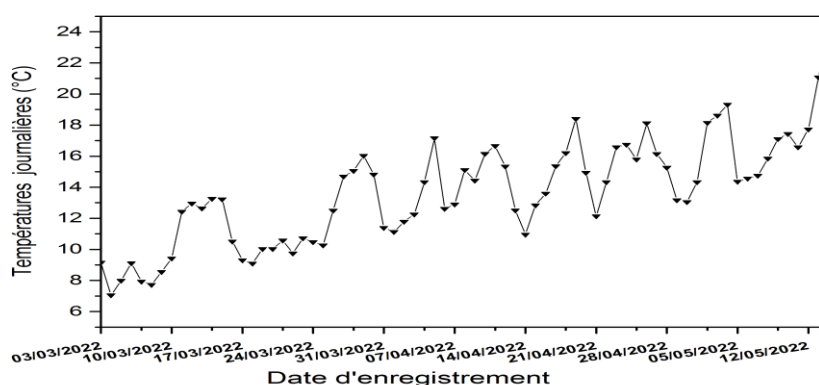
Notre essai a pour but de tester la réponse des plants de la laitue à deux différents types d'amendements organiques respectivement fumier de cheval et fumier de vache apportés à doses variables.

#### I.2. Lieu de l'expérience

Notre expérimentation s'est déroulée sous serre au département des sciences agronomiques de l'université de Laghouat.

#### I.3. Conditions expérimentales

Durant toute l'expérience, les températures journalières diurnes mesurées en degré Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ), sont enregistrées à mi-journée, à savoir (12h). Nous constatons (Figure N<sup>o</sup>6), que la température durant notre travail expérimental fluctue entre un minimum de 7 ( $^{\circ}\text{C}$ ) enregistré au début de l'expérimentation durant la germination des semences et un maximum aux alentours de 23( $^{\circ}\text{C}$ ) observé en fin d'expérimentation. Nous remarquons que ces valeurs ont été favorable pour la germination, la croissance et le développement des plants de laitue. Selon LaFrance (2007) et Delamarre et al (2014), les températures optimales de la germination et de croissance des plants maraichers sont estimées de 15 à 25 $^{\circ}\text{C}$ .



**Figure 6 :** Représentation des températures journalières mesurées durant l'expérimentation.

#### I.4. Le Substrat (terre)

Le substrat utilisé dans notre travail expérimental, est un mélange de terres qui ont été collectée en Janvier 2022 dans des zones agricoles (Tadjmout et DhayaGheblia) situées dans la wilaya de Laghouat.

#### I.5. Les fumures organiques utilisées

Lors de ce travail, nous avons utilisé deux types de fertilisants organiques à savoir :

Le fumier de vache bien décomposé de plus de 18 mois.

Le fumier de cheval sec de plus de 12 mois.

Les deux fumiers nous ont été fournis par des éleveurs de la région de Laghouat.

#### I.6. Les Conteneurs

Les conteneurs utilisées sont des pots en plastique caractérisés par : Hauteur 12 cm, diamètre 14cm, couleur marron, une capacité de 1,5 kg, ils sont munis d'orifices de drainage à leur base permettant l'évacuation des eaux en excès.

#### I.7. Le Matériel végétal

Les espèces utilisées dans notre expérimentation ont été ramenées du commerce, elles sont très cultivées en Algérie, connues comme variétés très adaptées aux conditions du pays. Les variétés retenues sont : *Batavia brava* et *Beurre*. Leurs caractéristiques sont suivantes:

**Tableau N°1 : Caractéristiques des deux variétés de laitues utilisées.**

<i>Batavia brava</i>	<i>Beurre</i>
Pommes arrondies	Pommes arrondies
Feuilles craquantes obovales	Feuilles arrondies
Frisées	Lisses ou légèrement cloquées

Source : (LAITUES, 1997)

#### I.8. Préparation du substrat terre

Nous avons procédé à un mélange et un tamisage des terres collectées, afin d'éliminer les résidus indésirables et aussi pour une bonne homogénéité des particules granulométriques.

**I.9. Doses d'amendements utilisées**

Selon Lafrance(2007), l'apport de 30 à 50 tonnes/ha d'amendements organiques est favorable pour la croissance des cultures maraichères avec la condition que ces matières organiques soient bien décomposées. Laumonnier (1979), note que les cultures maraichères supportent mal les fumures organiques abondantes, et qu'il convient donc de leur réserver des terres ayant reçu un apport d'amendements organiques précédent leur mise en terre.

**1.9. 1. Description des différentes doses de fertilisation**

Pour la fertilisation, nous avons opté pour 4 doses (Traitements) comme suit :

- Le traitement noté (T) : qui représente le substrat terre non fertilisée, ou témoin.
- Le traitement (D1) : qui représente la terre à laquelle est apportée du fumier avec une quantité de 1%. Et selon le type de fumier ajouté, les notations sont les suivantes : D1 FV pour la terre fertilisée 1% au fumier de vache et D1 FC pour la terre fertilisée à 1% au fumier de cheval.
- Le traitement noté (D2) : qui représente la terre à laquelle est apportée du fumier avec une quantité de 2,5%. Et selon le type de fumier ajouté, les notations sont les suivantes : D2 FV pour la terre fertilisée 2,5% au fumier de vache et D2 FC pour la terre fertilisée à 2,5 % au fumier de cheval.
- Le traitement noté (D3) : qui représente la terre à laquelle est apportée du fumier avec une quantité de 5%. Et selon le type de fumier ajouté, les notations sont les suivantes : D3 FV pour la terre fertilisée 5% au fumier de vache et D3 FC pour la terre fertilisée à 5% au fumier de cheval.

Les apports de fumiers ont été effectués après avoir déterminé la densité (Unité de masse/unité de volume) du substrat terre non fertilisée.

**I.10. Dispositif expérimental**

Le protocole expérimental adopté au cours de notre expérience est une randomisation complète avec trois facteurs à différents niveaux :

- ✓ Facteur 1 est la variété avec 2 niveaux (*Batavia brava* et *Beurre*).
- ✓ Facteur 2 est le type de fumier avec 3 niveaux (terre non fertilisée, fumier de cheval, fumier de vache).
- ✓ Facteur 3 est la dose du fumier avec 4 niveaux ou traitements (T, D1, D2 et D3).

Le plan totalement randomisé (PTR) est réalisé avec trois répétitions pour chaque dose utilisée à raison de 10 plants par contenant. L'avantage majeur du PTR est la simplicité des calculs et de l'analyse de la variance (ANOVA), notamment lorsque le nombre de répétitions n'est pas uniforme pour tous les traitements (Fieberg et al, 2020).



**Figure 7** :Le dispositif expérimental (Cliché Belabbes S, Mars 2022).

## II. Conduite de l'expérience et notations des mesures

### II.1. Lapré-germination

La pré-germination des graines de laitue a été réalisée le 06/03/2022 sur un papier absorbant humidifié avec de l'eau distillée, dans une boîte de pétri, en étuve à une température de  $25 \pm 1$  (°C) jusqu'à l'apparition des racicules (Figure N°8).



**Figure 8** : Semences de *Batavia* germées,(Cliché Baroud NI mars 2022).

### II. 2.Le repiquage et la levée

Le taux de germination des semences des deux variétés de laitue est de 100%. Les graines germées *Batavia brava* et *Beurre* sont repiquées le 13/03/2022 au stade cotylédons étalés, à une profondeur de 2 à 3mm environ, à raison de dix graines germées par pot.

### **II.3. L'arrosage**

Les jeunes plants ont été arrosés régulièrement à l'eau de robinet, avec une dose similaire pour chaque plant et une fréquence de 2 à 3 fois par semaine.

### **II.4. Les Paramètres mesurés sur les plants**

Nous avons effectué des mesures biométriques (de croissance et développement) des plants ainsi que des paramètres biochimiques et physiologiques, afin d'évaluer le comportement de *Batavia brava et Beurre*, vis-à-vis des amendements organiques considérés et leurs doses respectives.

Au cours de notre travail nous considérons plants, une plantule à un bon stade physiologique, au feuillage bien développé et brillant, à la tige non étiolée et au système racinaire remplissant bien la motte (Delamarre, 2014).

#### **II. 4. 1. Mesure des paramètres de croissance des plants**

Selon Delamarre *et al* (2014), la durée d'élevage de plants maraichers (du semis à la plantation) varie selon l'espèce et la variété ; elle est de 35 à 55 jours, notamment en fonction des possibilités de leurs écartements.

##### **II.4. 1. 1. Hauteur des tiges des plants (cm)**

Ce paramètre est mesuré en centimètre (cm) à l'aide d'une règle graduée, du collet jusqu'à l'apex du plant. L'opération est réalisée 34 jours, 49 jours et 64 jours, après le repiquage en pots des graines germées.

##### **II.4.1. 2. Longueur des racines des plants (cm)**

Après 64 jours du repiquage des graines germées, la partie souterraine des plants est aussi mesurée en centimètre à l'aide d'une règle graduée.

##### **II.4. 1.3. Vitesse de croissance des tiges et des racines des plants**

Ce paramètre est mesuré à la fin du travail expérimental. Le principe consiste à diviser la hauteur des tiges (cm) des plants ou la longueur de la racine des plants (cm) par le nombre de

jours considérés (64 jours), la vitesse de croissance est alors exprimée en (cm/jours).

#### **II.4. 1.4. Indice de vigueur des plants**

C'est un indicateur très important, qui permet de voir pour quel traitement le plant de la laitue est le plus vigoureux (Radford, 1967). L'indice de vigueur (IV) est calculé par la relation suivante :

$$\text{IV} = (\text{Longueur tige} + \text{Longueur racine}) \times \text{Taux de germination}$$

#### **II.4. 1. 5. Taux relative moyen de développement des plants (T R M D)**

Le taux relatif moyen de développement des plants, est un des outils utiles dans l'analyse quantitative de la croissance des plantes et leurs implications physiologiques (Radford, 1967). Il est déterminé par utilisation de l'équation suivante :

$$\text{T R M D} = [\text{Ln}(h_1) - \text{Ln}(h_2)] / (t_1 - t_2)$$

Où : Ln est le logarithme népérien,  $h_1$  et  $h_2$  sont les hauteurs des plants respectivement aux temps  $t_1$  et  $t_2$ .

Ce paramètre est mesuré à 34 jours, 49 jours et à 64 jours de l'expérimentation.

#### **II. 4. 2. Mesure des paramètres biochimiques et physiologiques des plants**

Ces paramètres sont mesurés aux 64 jours à la fin du travail expérimental.

##### **II. 4. 2. 1. Dosage des sucres totaux (mg/g MF) :**

Les sucres solubles totaux (saccharose, glucose, fructose, leurs dérivés méthyles et les polysaccharides) sont dosés par la méthode au phénol de Dubois et *al*, (1956). Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraîche, placées dans des tubes à essais, on ajoute 5ml d'éthanol à 80% pour faire l'extraction des sucres et on ajoute 20ml d'eau distillée à l'extrait. C'est la solution à analyser. Au moment du dosage on les place les tubes au bain-marie pendant 30mn à 70°C pour faire évaporer l'alcool.

Dans des tubes à essais propres, on met 1ml de la solution à analyser, on ajoute 1ml de phénol à 5% (le phénol est dilué dans de l'eau distillée); on ajoute rapidement 5ml d'acide sulfurique concentré 96% sous haute tout en évitant de verser de l'acide contre les parois du tube. On obtient, une solution jaune orange à la surface, on passe au vortex pour homogénéiser la couleur de la solution. (La couleur de la réaction est stable pendant plusieurs heures.). Les mesures d'absorbances sont effectuées à une longueur d'ondes de 640 nm. Enfin

des résultats des densités optiques sont rapportés sur un courbe étalon des sucres solubles (exprimés en glucose, saccharose, fructose).

#### **II. 4. 2. 2. Dosage de la chlorophylle (mg/g MF):**

Dans des tubes à essais, on ajoute sur 100 mg d'échantillon de feuilles fraîches des plants de la laitue coupée en petits fragments, 5 ml d'acétone à 80% et on laisse macérer pendant 48 heures. Les concentrations de la chlorophylle totale sont déterminées à l'aide d'un spectrophotomètre à des densités optiques respectives de 663 et 645 nm. L'appareil est étalonné avec la solution témoin à base d'acétone à 80 %. La concentration de la chlorophylle totale dans les feuilles fraîches est alors calculée à l'aide de formule suivante :

$$\text{La chlorophylle totale (mg/ g MF)} = 20,2 \text{ DO}(645) + 8,02 \text{ DO}(663)$$

DO : est la densité optique Spectre-photométrique.

#### **II. 4. 2. 3. Dosage de la proline (mmol/g MF):**

La proline ou acide pyrrolidine 2-carboxylique est l'un des vingt principaux acides aminés qui entrent dans la constitution des protéines. La proline est facilement oxydée par la ninhydrine ou tricetohydrindène. C'est sur cette réaction que se base le protocole de mise en évidence de la proline dans les échantillons foliaires (El Jaafari, 1993). La méthode suivie est celle de Trolls et Lindsley, (1955), simplifiée et mise au point par Rasio *et al*, (1987).

Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraîche dans des tubes à essai contenant 2 ml de méthanol à 40%. Le tout est chauffé à 85°C dans un bain-marie pendant 60 mn. (Les tubes sont recouverts de papier aluminium pendant le chauffage pour éviter la volatilisation de l'alcool.) Après refroidissement ; on prélève 1ml d'extrait auquel il faut ajouter :

- 1 ml d'acideacétique (CH<sub>3</sub>COOH) ;
- 25 mg de ninhydrine (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O<sub>4</sub>) ;
- 1 ml de mélange contenant :
  - 120 ml d'eau distillée ;
  - 300 ml d'acide acétique ;
  - 80 ml d'acide orthophosphorique (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.d=1.7).

La solution obtenue est portée à ébullition pendant 30 mn à 100°C, la solution vire au rouge, après refroidissement, 5 ml de toluène sont rajoutés à la solution qui est agitée, deux phases se séparent (une phase supérieure à la couleur rouge contient la proline et une phase inférieure transparente sans proline). Après avoir éliminé la phase inférieure, la phase supérieure est récupérée est déshydratée par l'ajout d'une spatule de Sulfate de Sodium Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhydre (pour éliminer l'eau qu'elle contient). On détermine la densité optique (Do) à

l'aide d'un spectrophotomètre (type 20D) sur une longueur d'onde de 528nm. Les valeurs obtenues sont converties en taux de proline par le biais d'une courbe étalon préalablement établie à partir d'une série de solution de concentration en proline connue. Cette courbe est utilisée pour déterminer les teneurs en proline dans les feuilles des plantes.

### **II. 5. Analyse physicochimique des échantillons de terre et des fumiers utilisés**

L'analyse physico-chimique de la terre et des fumiers utilisés, est réalisée aux laboratoires du département des sciences agronomiques, selon les procédures décrites par Mathieu et Pieltain(Mathieu et Pieltain, 1998,2003) : les teneurs en K et Na des échantillons de sol ont été déterminées en utilisant un photomètre à flamme industriel PFP7 (Royaume-Uni). Les Mesures de pH et de conductivité électrique (CE) ont été réalisées dans une solution aqueuse (1/5) (échantillon de sol/eau) agité pendant 30 min, puis mesuré à l'aide d'un pH-mètre numérique (HI2002) et d'un EC-mètre (Conductimètre WTW Inolab Niveau 1). La matière organique a été estimée en début et à la fin de l'expérimentation (64 ème jours), par incinération dans un four à moufle à 650 (°C) pendant 5 h (Mathieu et Pieltain, 2003). Le carbone organique est déterminé ensuite par division de la matière organique par 1,72. L'azote total ( $N_{tot}$ ) a été déterminé aussi en début et à la fin de l'expérimentation (64ème jours), à l'aide de la méthode de Kjeldahl(Bremner et Mulvaney, 1982). Les teneurs en calcaire totale de la terre sont déterminées par utilisation d'un Calcimètre de Bernard. Les fractions granulométriques du mélange terre ont été obtenues après tamisage à sec en faisant passer les échantillons de terre dans une série de tamis en les faisant vibrer pendant 30 mn dans un vibreur conçu à cet effet (SSS, 2014).

### **III. Analyses statistiques des données**

Les Paramètres mesurés sur les plants ainsi que ceux mesurés sur les substrats utilisés : terre non fertilisée, terre fertilisée et fumiers ont subi des analyses statistiques réalisées à l'aide des Logiciels Minitab 17et XIStat 2016.

# **Chapitre III :**

## **Résultats et**

### **Discussion**

## I. Résultats

### I.1. Caractéristiques physico-chimique de la terre et des fertilisants utilisés

L'analyse granulométrie a montré (tableau N°2), que la terre utilisée contient une importante fraction de sable (98,75%) et très peu argile et limons (1,24%). La terre utilisée contient également (16,32%) de CaCO<sub>3</sub> qui la qualifie de terre calcaire.

Le (tableau N°2), présente aussi, que la terre a le pH le plus élevée (8,14) et que le fumier de cheval a le pH le plus faible (7,60). Le fumier de vache présente la conductivité électrique la plus importante (57,5ms/cm) avec une teneur en sodium aussi relativement élevée (22 mg/kg). Le tableau (2) nous a également montré que le carbone organique est le plus présent dans le fumier de vache (39,5g/kg) suivi par le fumier de cheval (20g/kg), cependant le sol non fertilisé a enregistré la plus faible teneur en carbone organique (1,83g/kg).

L'analyse de la teneur en potassium K a révélé qu'il est seulement sous forme de traces dans la terre non améliorée, par contre le fumier de vache contient le plus de potassium (13,2g/kg). Le sol non amélioré présente la plus faible teneur d'azote (0.06g/kg).

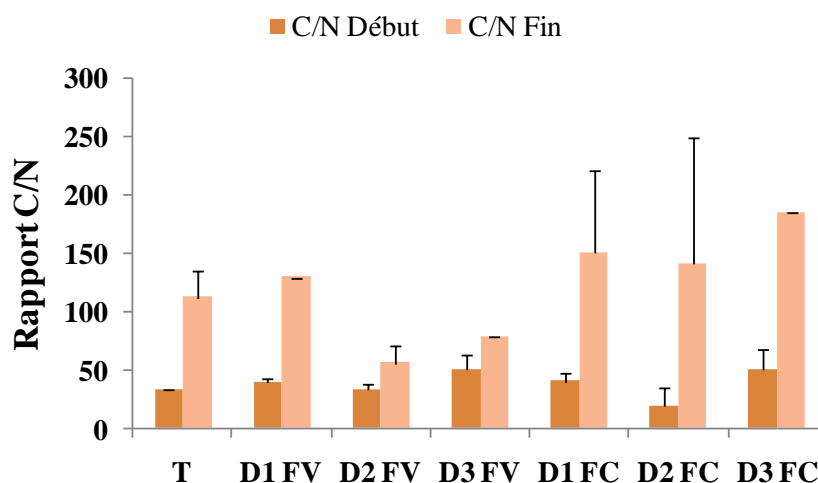
L'ANOVA réalisées sur l'ensemble des paramètres mesurés sur les fumiers et la terre ont révélé des de différences significatives ( $Pr < 0.05$ ) avec les formations de différents groupements statistiques.

### I.2. Rapport C/N :

**Tableau N°2 :** Paramètre physiques-chimiques du substrat terre et des fumiers utilisées durant le test de fertilisation.

Paramètres	Terre non améliorée	Fumier de cheval	Fumier de Vache
Sables (%)	(98,75± 1,68)	/	/
Limons + Argiles(%)	(1,24± 0,12)	/	/
CaCO <sub>3</sub> (%)	(16,32± 3,08)	/	/
Ph	(8,14± 0,10) <sup>A</sup>	(7,6 ± 0,23) <sup>B</sup>	(7,93± 0,02) <sup>AB</sup>
CE (ms/cm)	(0,28± 0,01) <sup>C</sup>	(42,9± 0,05) <sup>B</sup>	(57,5± 0,02) <sup>A</sup>
Na (g/kg)	(0,03± 0,005) <sup>C</sup>	(13± 0,005) <sup>B</sup>	(22± 0,00) <sup>A</sup>
K (g/kg)	(Traces ± 0,00) <sup>C</sup>	(13,2± 0,009) <sup>A</sup>	(11,1± 0,009) <sup>B</sup>
C <sub>organique</sub> (g/kg)	(1,83± 0,0003) <sup>C</sup>	(20± 36,5) <sup>B</sup>	(39,56± 8,31) <sup>A</sup>
N (g/kg)	(0,06± 0,002) <sup>C</sup>	(0,18± 0,03) <sup>B</sup>	(0,39± 0,008) <sup>A</sup>

La figure 9, montre une variation dans le rapport C/N entre début et fin de l'expérimentation, ce rapport varie fondamentalement en fonction des teneurs en C et en N de la matière organique existante. Au cours de notre test expérimental, les valeurs de ce rapport sont élevées à la fin de l'expérimentation. On enregistre sa valeur la plus importante (184.68), pour le substrat fertilisé à la D3 FC, alors que avec la D2 FC au début d'expérience le rapport C/N est le plus faible (19.03).



**Figure 9:** Résultats de rapport C/N en début et à la fin l'expérimentation.

### I.3.Paramètre de croissance de développement des plants

#### I.3.1.Hauteur des tiges des plants :

Figure(10), révèle que la hauteur des tiges au 34<sup>ème</sup> jour, est la plus importante (3,44cm) chez la variété *Batavia brava* à D2 FV, la hauteur des tiges est nulle (0cm) chez variété *Beurre* à la D2 FC. Relativement nous observons des hauteurs des tiges plus élevée chez variété *Batavia brava* au deux type de fumier et autres doses. Pour la variété *beurre* les plus hautes tiges (1,55cm) sont observés avec D1 et D2 FV.

L'Analyse de la variance ANOVA a révèlé qu'il existe une différence significative ( $Pr=0,0006$ ) et l'interaction variétés, type de fumier et dose de fumier est moyenne ( $R^2=43,91\%$ ).

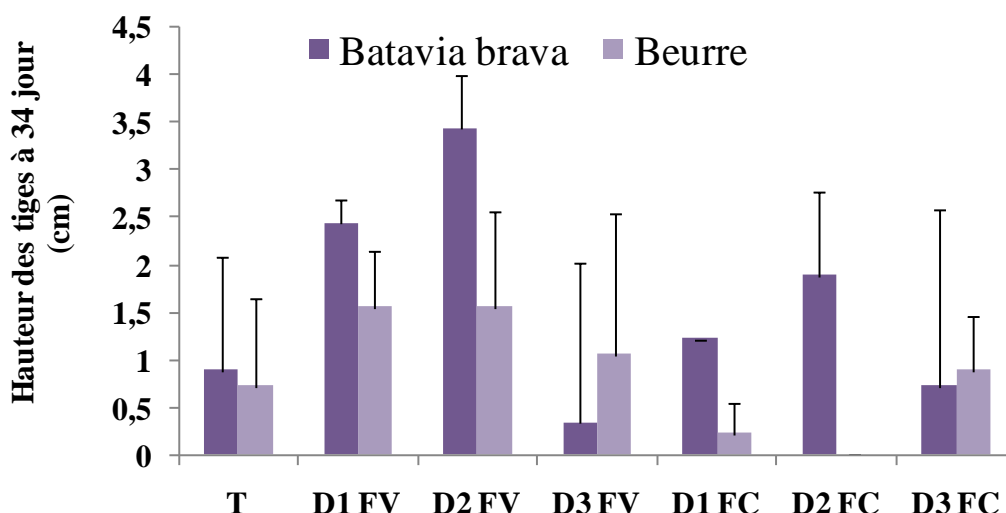


Figure 10: Hauteur des tiges des plants à 34 jours pour les deux variétés.

La figure (11), montre que les hauteurs des tiges à 49 jours après le repiquage, est la plus élevée pour la variété *Batavia brava* aux D2 et D3 FV sont comprises entre 6,88-6,22(cm). Des hauteurs de tiges comprises entre 2,88 et 0,70 (cm), sont observées chez les deux variétés pour le témoin et les deux fumiers aux doses D1, D2 et D3. La plus faible la hauteur des tiges 0,44(cm) est observée figure (10) pour la variété *Batavia brava* à la D1 FC.

L'Analyse de la variance ANOVA a révélé qu'il existe une différence significative ( $Pr < 0,0001$ ) et l'interaction variétés, type de fumier et dose de fumier est assez élevée ( $R^2 = 60,44\%$ ).

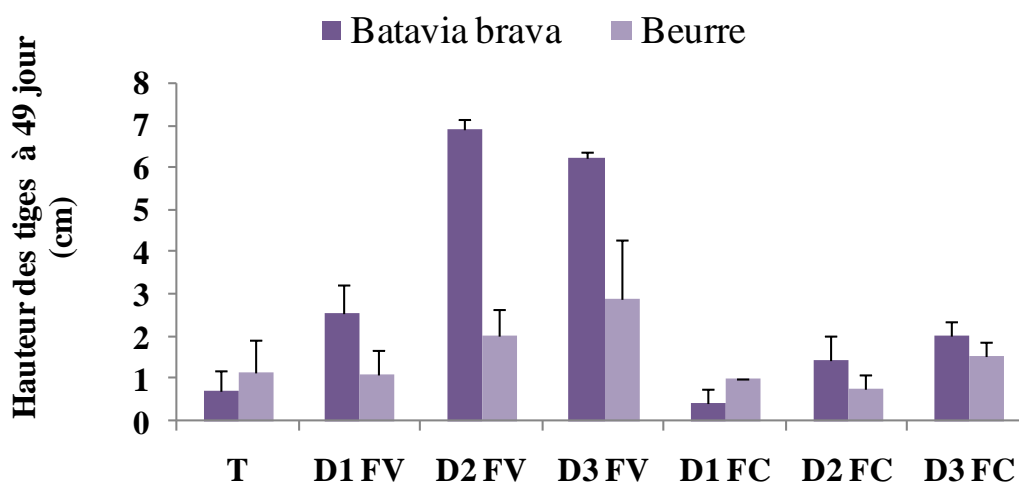
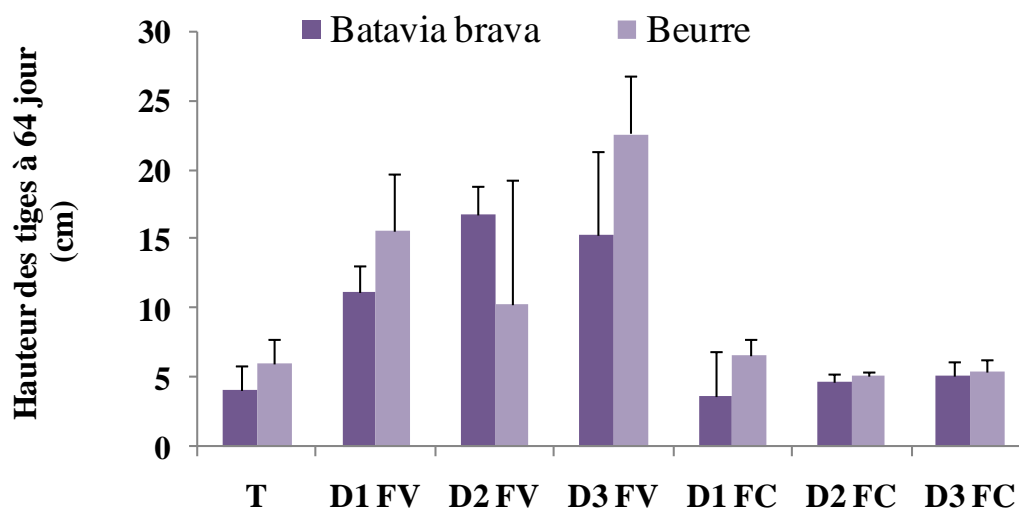


Figure 11 : Hauteur des tiges des plants à 49 jours pour les deux variétés.

La hauteur des tiges au 64ème jour est présente dans la figure (N°12). La plus importante la hauteur des tiges 22,6(cm) est observée chez la variété *beurre* à la D3 FV. Nous

observons également que la hauteur de tige est la plus faible 3,66(cm) chez la variété *Batavia brava* à la D1 FC. Les hauteurs des tiges à 64 jours sont comprises entre 4,1-6,6(cm) pour les autres doses aux deux types de fumier pour les deux variétés.

L'Analyse de la variance ANOVA révèle qu'il existe une différence significative ( $Pr < 0,0001$ ) et l'interaction variétés, type de fumier et dose de fumier est assez élevée ( $R^2 = 66,83\%$ ).



**Figure 12 :** Hauteur des tiges des plants à 64 jours pour les deux variétés.

### I.3.2-Hauteur des racines des plants

La hauteur des racines des plants après 64 jours du repiquage est représentée dans la figure (N°13). Nous lisons que la hauteur des racines est relativement bonne chez la variété *Beurre* à la dose D3 FV 23(cm). Nous observons aussi une hauteur élevée 17(cm) à la dose D2 FV 17(cm). Pour les autres traitements, les hauteurs des racines sont comprises entre 8 – 3(cm).

La variété *Batavia brava* enregistre des résultats légèrement inférieurs à ceux de la variété *beurre*, nous observons des hauteurs des racines entre 10 – 6(cm) à l'exception de la dose D1 FC la hauteur des racines est nulle.

L'Analyse de la variance ANOVA a révélé qu'il existe une différence significative ( $Pr < 0,0001$ ) et l'interaction variétés, type de fumier et dose de fumier est élevée ( $R^2 = 74,76\%$ ).

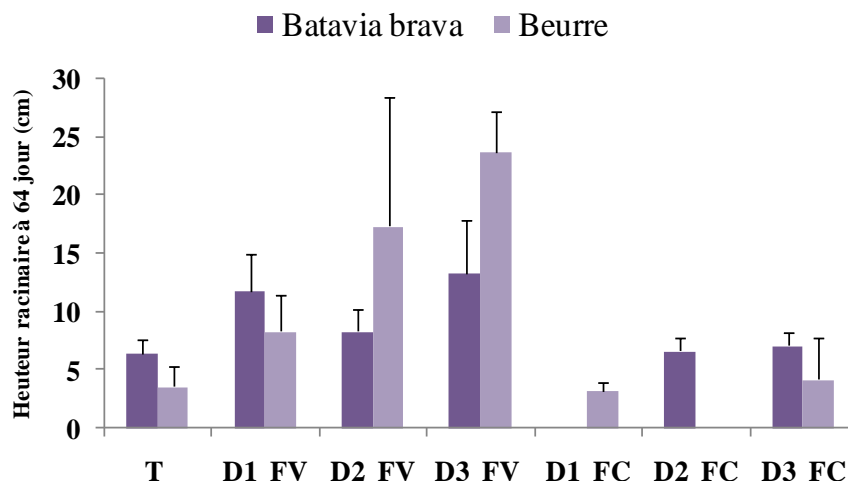


Figure 13 : Hauteur des racines des plants à 64 jours pour les deux variétés.

**I.4.Indice de vigueur (IV) des plants :**

La (Figure 14), représente l’indice de vigueur des plants pour les deux variétés de laitue fertilisées au fumier de cheval et vache à dose différentes.

Nous observons un indice de (36,08) chez la variété *beurre* à la dose D3FV, suivi par celui de la variété *Batavia brava* (26.26 et 26,01) fertilisé avec D2FV et D1FV. Le plus faible indice 7,10 est noté pour D1 FV chez la variété *Batavia brava*. Des indices de vigueur compris entre (7 et 19) sont observés pour les autres doses des deux fumiers et chez les deux variétés.

L’Analyse de la variance ANOVA a révèlè qu’il existe une différence significative ( $Pr < 0,0001$ ) et l’interaction variétés, type de fumier et dose de fumier est très élevée ( $R^2 = 87,90\%$ ).

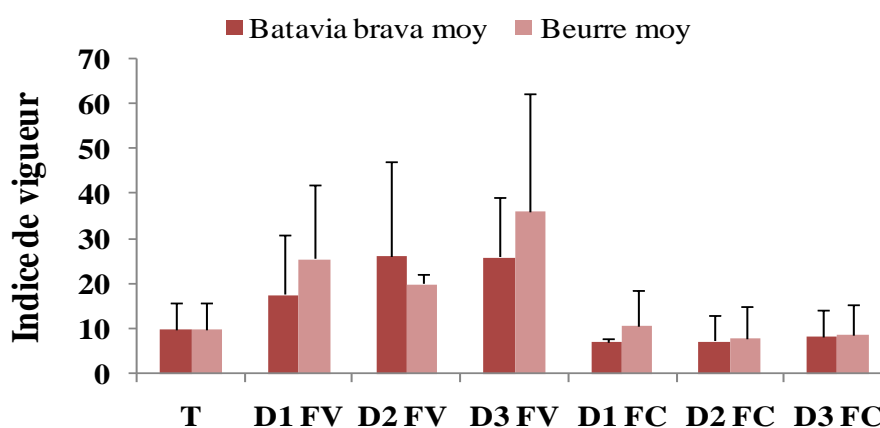


Figure 14 : Indice de vigueur pour les deux variétés (*Batavia brava*, *Beurre*) .

## I.5-Vitesse de croissance des plants

### I.5.1-Vitesse de croissance des tiges

La vitesse de croissance des tiges pour les deux variétés est représentée dans la figure (N°15).

Cette figure montre des vitesses relativement élevées supérieur à 0,17 (cm/jour) pour les deux variétés aux doses D2 FV, D3 FV et D3 FC. Les vitesses des croissances des tiges sont comprises entre 0,07 et 0,17 (cm/jour), observée chez les deux variétés pour le témoin et D1 FC, D2 FC et D3 FC. La plus faible la vitesse de croissance des tiges (0,05cm/jour) est observée figure (N°15) pour la variété *Batavia brava* à la D1 FC.

L'Analyse de la variance ANOVA a révèlé qu'il existe une différence significative ( $Pr < 0,0001$ ) et l'interaction variétés, type de fumier et dose de fumier est très élevée ( $R^2 = 83,18\%$ ).

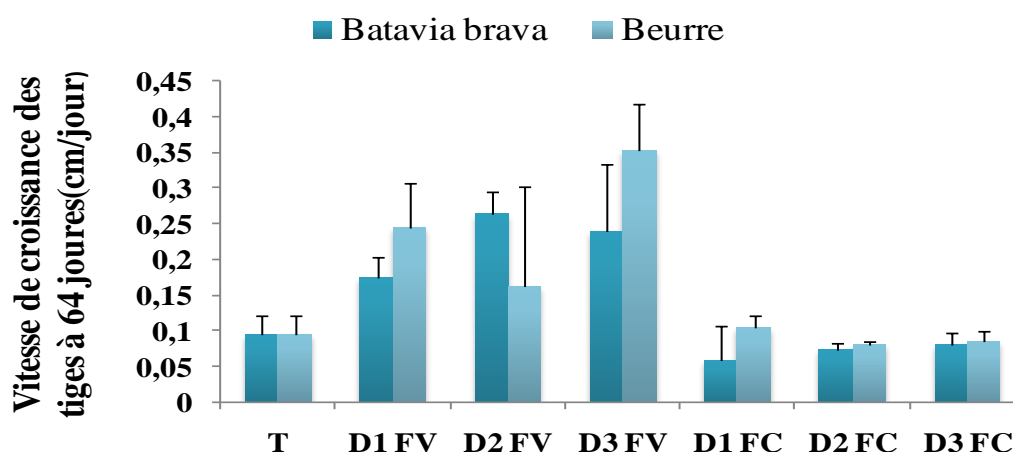


Figure 15 : La vitesse de croissance des tiges des plants à 64 jours (cm).

### I.5.2-Vitesse de croissance des racines :

La figure (N°16), représente la vitesse de croissance des racines aux 64ème jour du repiquage en (cm/jour). Nous lisons les deux valeurs les plus élevées chez *Beurre* pour les doses D2 FV et D3 FV respectivement 0,36 et 0,27 (cm/jour) et une vitesse nulle à la dose D2 FC. D'autre part, la variété de *Batavia brava* enregistre, la plus basse vitesse à la dose D1 FC, et des valeurs peu élevées pour la dose D3 FV et D1 FV, 0,20 et 0,18 (cm/ jour). Les deux variétés avec les autres traitements, notent des vitesses de croissance comprises entre (0,13 et 0,10 cm/jour).

L'Analyse de la variance ANOVA a révélé qu'il existe une différence significative ( $Pr < 0,0001$ ) et l'interaction variétés, type de fumier et dose de fumier est élevée ( $R^2 = 74,76\%$ ).

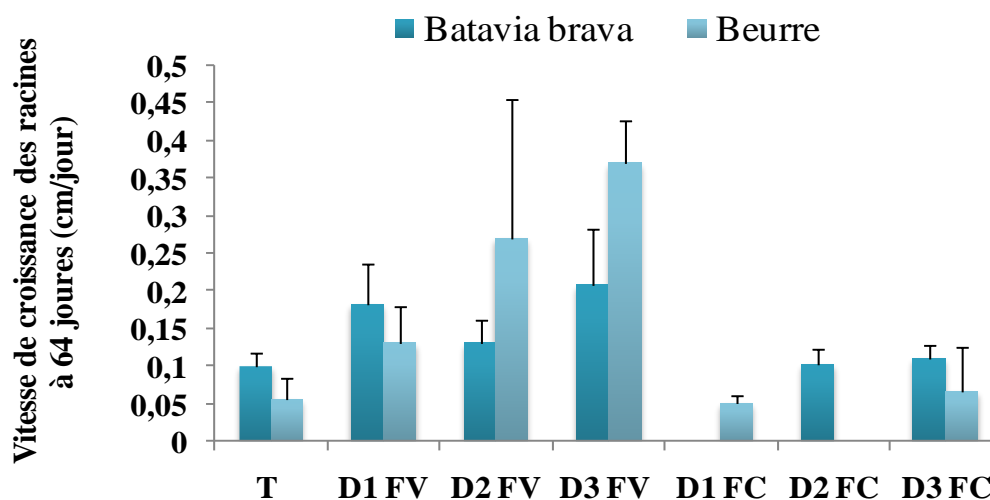


Figure 16 : La vitesse de croissance des racines des plants à 64 jours (cm).

#### I.6. Taux relatif moyen de développement (TRMD) des plants :

Les figures (N°17,18 et 19) montrent le taux relatif moyen de développement des plants au cours des trois périodes du repiquage : période 1(34jour), période 2(49jour) et période 3(64jour).

**Période 1** : Pour la variété *Batavia brava*, nous avons enregistré la valeur la plus élevée pour les doses D1 et D2 FV (0,091 et 0,1) et un taux nul pour la dose D2 FC. Pour la variété *Beurre*, nous observons un taux nul pour la D2 FC, les meilleurs taux sont observés aux trois doses FV et la dose D3 FC, les valeurs sont comprises entre (0,08 à 0,05), pour cette variété les faibles taux sont observés pour FC.

L'Analyse de la variance ANOVA a révélé qu'il existe une différence significative ( $Pr < 0,0001$ ) et l'interaction variétés, type de fumier et dose de fumier est élevée ( $R^2 = 71,15\%$ ).

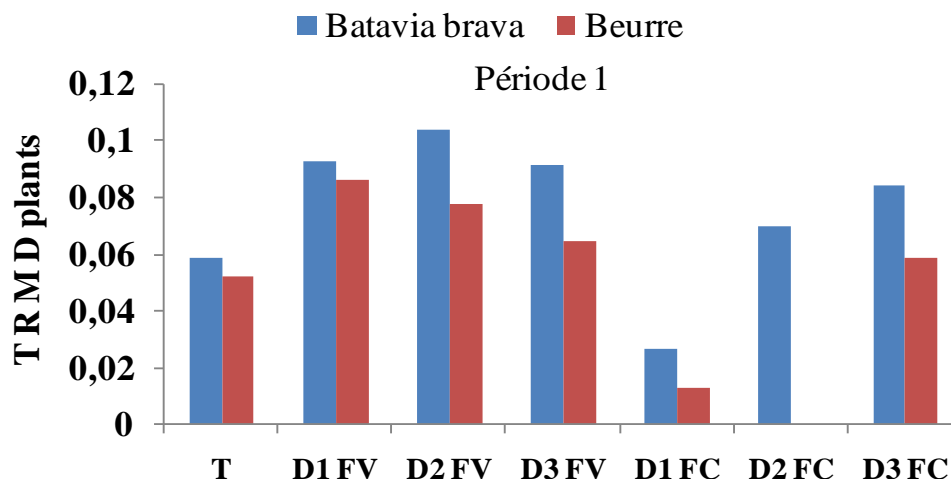


Figure 17 : Taux relatif moyen de développement des plants (période 1).

**Période 2 :** Pour la variété *Beurre* figure (N°18), le taux le plus élevé est enregistré la dose D1 FC (0,1), suivi par celui de la dose D3 FV et un faibles taux est observés pour la dose D2 FV. La variété *Batavia brava*, réagit mieux au fumier de vache pour les dose D2 et D3 et de même pour le témoin les taux sont compris entre (0,06 et 0,04). La réaction de cette variété est moins importante pour les doses D1 FV et D3 FC pour lesquelles les taux sont entre (0,002 et 0,003).

L'Analyse de la variance ANOVA a révèlé qu'il existe une différence non significative ( $Pr < 0,1472$ ) et l'interaction variétés, type de fumier et dose de fumier est très faible ( $R^2 = 19,60\%$ ).

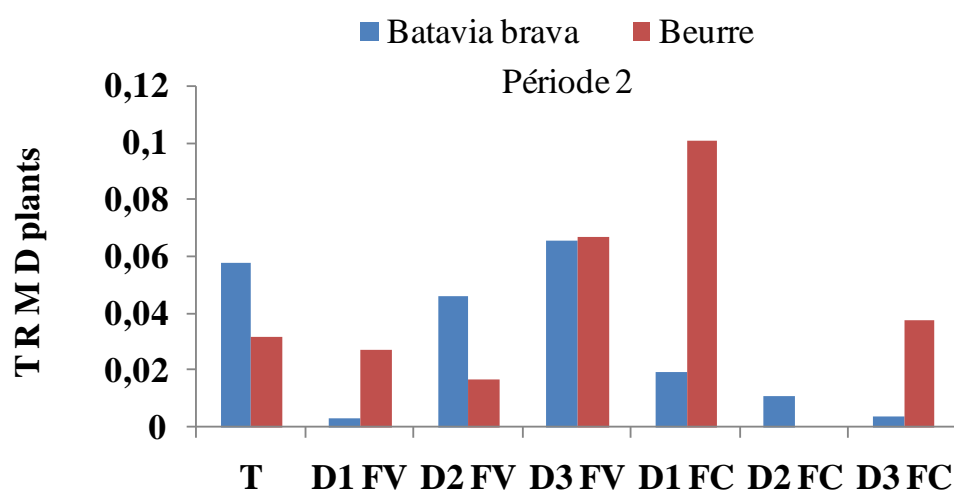
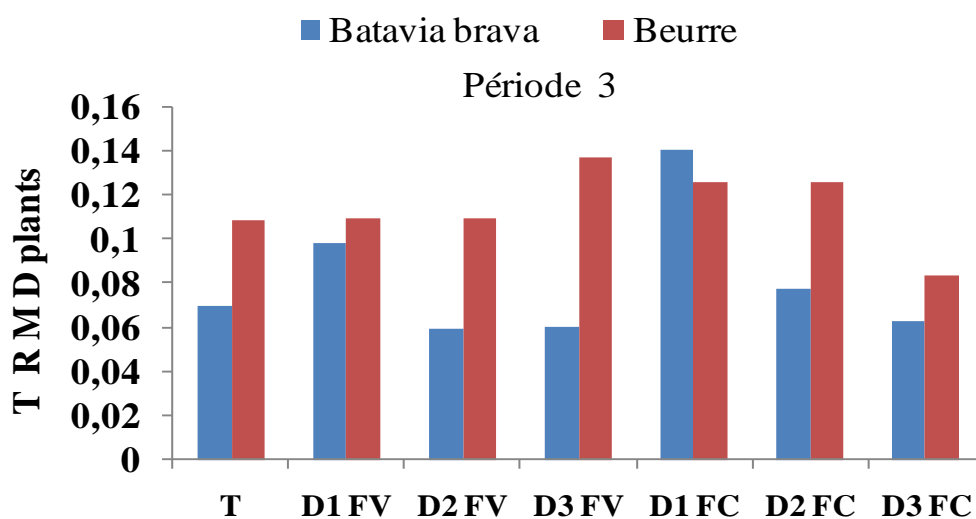


Figure 18 : Taux relatif moyen de développement des plants (période 2).

**Période 3 :** figure (19), la D1 FC chez la variété *Batavia* enregistre le TRMD le plus élevé (0,14). Pour la deuxième variété (*Beurre*) avec les trois doses de FV le TRMD les valeurs sont entre (0,13 à 0,10). Dans le témoin *Beurre* se développe mieux. Dans les substrats au FC *Beurre* se développe mieux.

L'Analyse de la variance ANOVA a révélé qu'il existe une différence significative ( $P < 0,0001$ ) et l'interaction variétés, type de fumier et dose de fumier est très élevée ( $R^2 = 60,43\%$ ).



**Figure 19 :** Taux relatif moyen de développement des plants période 3.

## II. Paramètre biochimiques et physiologiques mesurés sur les plants

### II.1. Sucres totaux

Les sucres totaux pour les deux variétés sont représentés dans la figure (20).

Nous observons la teneur en sucre totaux la plus élevée 4,08 (g/mg) chez la variété *Batavia brava* à la D3 FV et la D2FV 3,24 (g/mg), suivi par celui de la variété *Beurre* (3.05g/mg) dans le témoin T et dans D3 FC.

La plus faible teneur en sucres 0,28 (g/mg) est notée pour *Beurre* D2 FC. Des teneurs en sucre totaux comprise entre 1,90 et 2,90 (g/mg) sont observées dans les autres traitements, chez les deux variétés (*Batavia brava et Beurre*).

L'Analyse de la variance ANOVA a révélé qu'il existe une différence significative ( $P=0,0496$ ) et l'interaction variétés, type de fumier et dose de fumier est faible ( $R^2=25,64\%$ ).

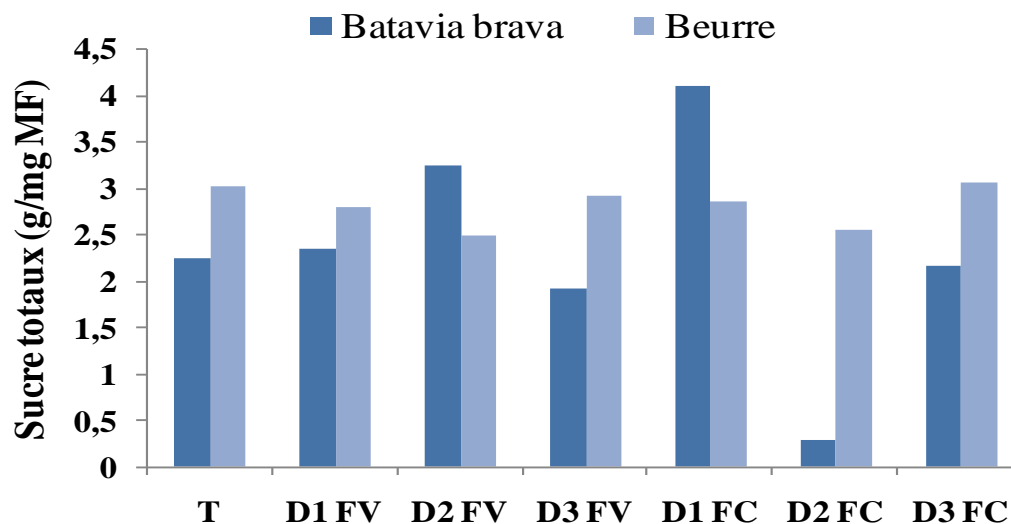


Figure 20 : Sucre totaux pour deux variétés (*Batavia brava*, *Beurre*).

## II.2. Teneurs en chlorophylle

La chlorophylle des plants de laitue est représentée (Figure 21).

Relativement nous observons la présence de chlorophylle en abondance chez *Beurre*, elle est entre 0,042 et 0,035 (g/mg) aux deux types de fumier et à doses différentes. Pour la variété *Batavia brava* la plus forte teneur en chlorophylle 0,04 (g/mg) est observée avec le témoin. La teneur en chlorophylle est comprise entre 0,034 et 0,035 (g/mg) chez la variété *Batavia brava* pour les deux fumiers aux doses D1 et D2 et D3.

L'Analyse de la variance ANOVA a révélé qu'il existe une différence significative ( $P<0,0373$ ) et l'interaction variétés, type de fumier et dose de fumier est faible ( $R^2=27,08\%$ ).

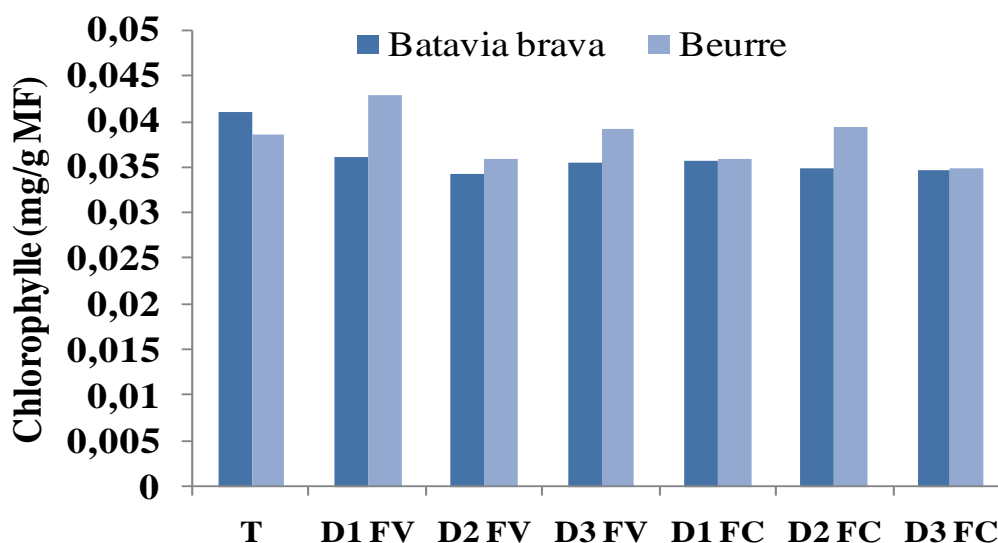


Figure 21 : Teneurs en chlorophylle pour deux variété (*Batavia brava*, *Beurre*).

### II.3. Proline accumulée :

La (Figure 22), représente le proline accumulée dans les plants des deux variétés de laitues développant dans deux substrats fertilisés au fumier de cheval et fumier de vache à dose différentes.

Nous observons les plus forte teneurs de proline chez *Batavia brava* entre 1,37 (mmol/g) et 0,91 (mmol/g) pour D1 FV et D2 FV, suivies par celle de la variété *beurre* 0,76 (mmol/g) du témoin. La plus faible proline accumulée 0,23 (mmol/g), est notée pour la variété *Batavia brava* du témoin. Des valeurs de proline comprise entre 0,52 et 0,68 (mmol/g) sont observées pour les autres doses de fumiers et chez les deux variétés.

L'Analyse de la variance ANOVA a révèlé qu'il existe une différence non significative ( $Pr < 0,1548$ ) et l'interaction variétés, type de fumier et dose de fumier est très faible ( $R^2 = 19,29\%$ ).

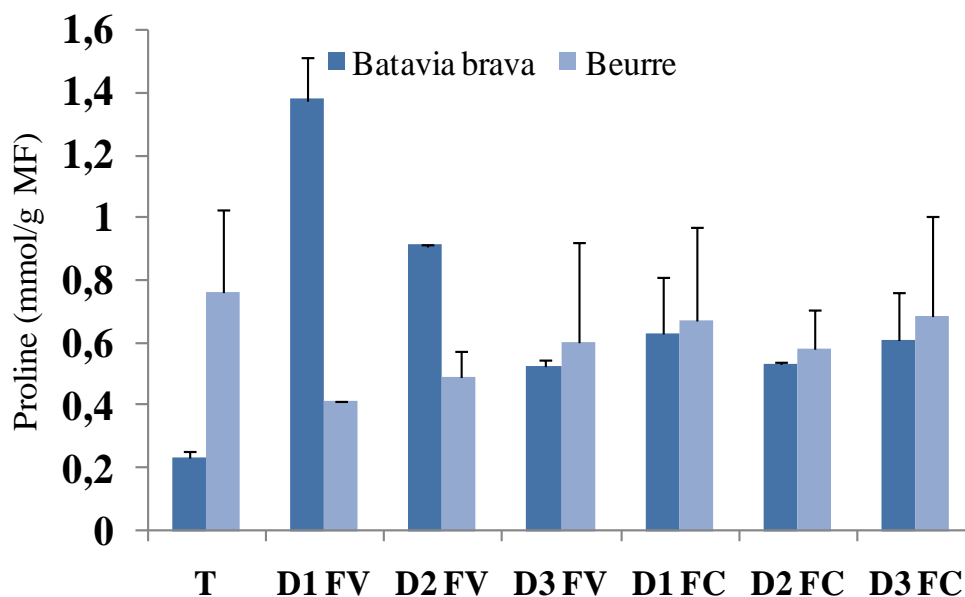
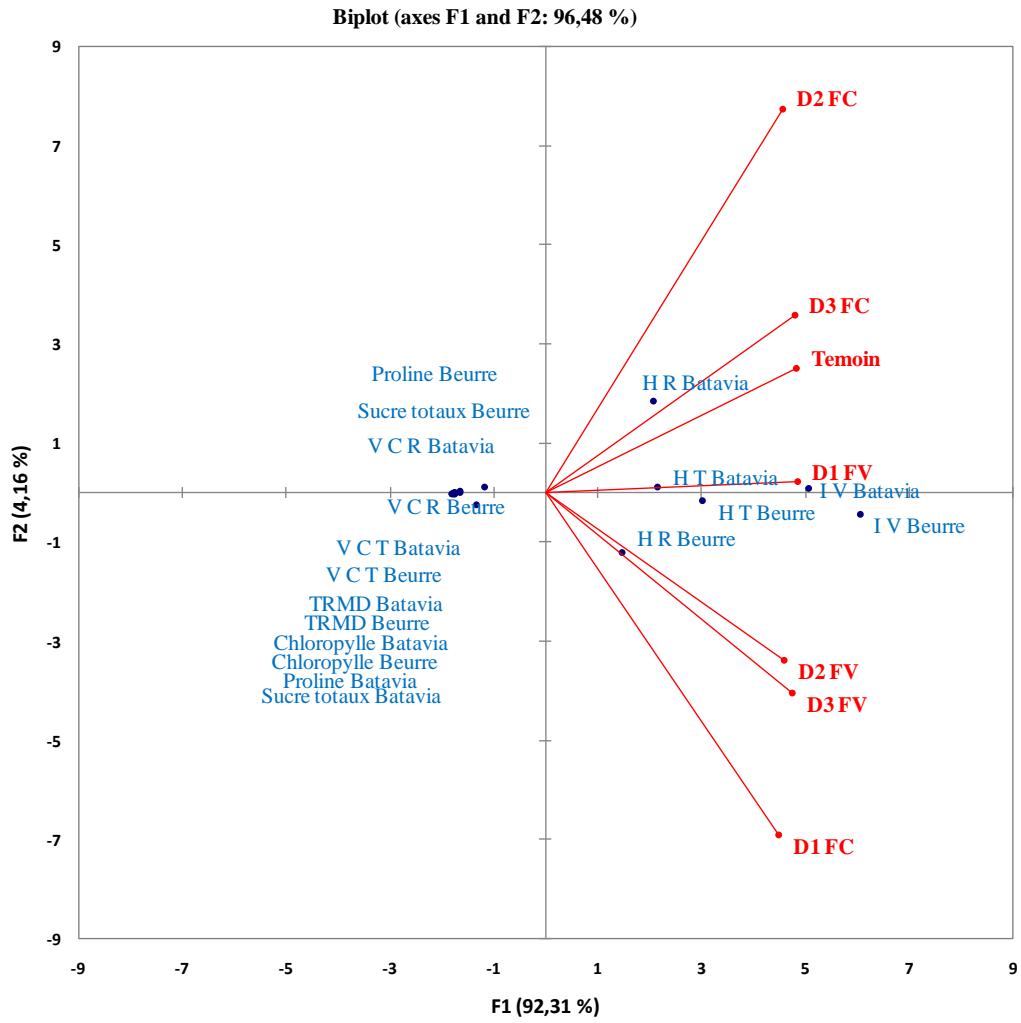


Figure 22 : Proline accumulée des plantes pour deux variété (*Batavia brava*, *Beurre*)

### III. Analyses en composante principale :

L'Analyse en composante principale a révélé que pour les deux variétés, les paramètres **hauteur des tiges**, **hauteur des racines** et **indice de vigueur** sont les plus corrélés avec les facteurs dose et type de fumier. Cependant la corrélation est accentuée et forte avec D1 FV pour l'indice de vigueur chez les deux variétés aussi *Batavia brava* et *Beurre*, cette liaison serait notamment d'indice de vigueur qui se développe bien à la dose1, fumier de vache (D1 FV).



**Figure 23 :** Analyses en composante principale.

**II. Discussion :****II.1. Paramètres physiques et chimiques de sol et fumier**

L'analyse des résultats des paramètres physiques-chimiques du substrat terre et des fumiers utilisées durant le test de fertilisation est caractérisé par une texture sableuse plus de 98%, ce substrat est légèrement calcaire, Les mesures du pH ont montré la terre est de nature alcaline, les deux fumiers sont légèrement alcalins. La conductivité électrique (CE) assez élevée dans les fumiers aussi et surtout celui de la vache

L'analyse de fumier vache et cheval montre qu'il est riche en carbone organique et azote, les fumiers éléments minéraux (Na, K) sont plus présents dans les fumiers, surtout dans le fumier de vache.

**II.2. Rapport C/N**

Le rapport C/N contrôle l'équilibre microbiologique du sol. C'est le paramètre le plus communément mesuré pour évaluer la maturité d'un compost (COMPAORE ET NANEMA, 2010).BOUCHE (1979) affirme qu'une matière organique bien évaluée et stable présente un rapport C/N entre 10 et 13. GUET (2003), affirme, c'est au départ et pour des rapports C/N compris entre 25 et 40 que les micro-organismes se développent le plus vite et l'humification y est activée.

L'équilibre entre les deux processus, immobilisation et minéralisation, est largement contrôlé par le rapport C/N de la matière organique. On considère en général que les résidus végétaux à C/N inférieur à 20 ( $\%N > 1,8 \%$ ) permettent la libération de l'azote minéral, alors que les résidus ayant un C/N supérieur à 30 ( $\%N < 1,2\%$ ) provoquent une immobilisation nette de l'azote minéral (Tisdale et Nelson, 1966).le rapport C/N est aussi utilisé pour indiquer la qualité du sol et pour évaluer l'équilibre nutritionnel en carbone et en azote des sols.

**II.3. Paramètre de croissance et de développement des plants****II.3.1. Hauteurs des tiges et des racines avec indice de vigueur et vitesse de croissance chez des plants**

Les résultats des analyses de variance ANOVA cette étude une variation très hautement significative des paramètres de croissance de la laitue Il ressort une différence significative ( $P < 0.0001$ ) hauteur des tiges, hauteur des racines et indice de vigueur, vitesse de croissance. Entre les différentes dates de mesure

En effet, le rythme de croissance est plus important entre (49 jour) et (64 jour). Ce qui pourrait s'expliquer par un niveau décomposition et une libération optimale d'éléments nutritifs notamment l'azote à (49 jour) comme le stipule Bacyé (1993).

Le sol qui, exploité en permanence sous maraîchage, a reçu assez de fertilisants et est très chargé en éléments minéraux. Ils montrent également l'avantage du compost qui grâce à sa teneur en matière organique a permis le stockage de ces éléments minéraux nécessaires à la croissance des plants de laitue. Comme l'ont signalé plusieurs auteurs, la matière organique maintient la stabilité structurale du sol et le rend plus perméable à l'eau et à l'air, sert de support et d'aliment à l'activité biologique et permet le stockage des éléments minéraux qui, sans cela, seraient perdus par lixiviation en raison de la très faible capacité d'adsorption des colloïdes minéraux (Amadji, 2001 ; Soltner, 2003).

### **II.3.2. Taux relatif moyen de développement des plants**

Après de repiquer Les graines germées de laitue, la plante se développe et commence à s'adapter dans milieu.

Malgré les niveaux relativement différents, l'ANOVA a révélé qu'il existe différence significative ( $Pr < 0,0001$ ) entre le taux relatif moyen de développement des plants pour les périodes 1 et 3. Le rythme de taux relatif moyen de développement est plus élevé entre la première période et la troisième période la situation des plants s'est stabilisée et ont commencé à se développer, après adaptation au milieu et mise en place des conditions nécessaires. Durant la deuxième période TRMD a diminué, ce qui pourrait s'expliquer par exposition des plants à une diminution de la température, qui entraîne déficience de la photosynthèse ou à cause des mauvaises herbes qui se nourrissent de minéraux et absorbent l'eau cela ralentit la croissance. C'est ce que l'analyse de la variance a révélé une différence non significative ( $Pr < 0,1472$ ) entre le taux relatif moyen de développement des plants pour la deuxième période, en raison d'autres facteurs ( $R^2 = 19,60\%$ ).

### **II.4. Paramètre biochimiques et physiologiques des plants de la laitue**

#### **II.4.1. Teneur en chlorophylle**

L'analyse de variance de chlorophylle mesuré par spectrophotomètre pour les deux variétés cette étude a révélé qu'il existe une différence significative ( $Pr < 0,0373$ ). D'après notre étude, on remarque que la variété beurre se caractérise par une forte teneur en chlorophylle par rapport à la variété batavia brava.

L'augmentation des teneurs en chlorophylle totale est la conséquence de la réduction de la taille des cellules foliaires sous l'effet d'un stress hydrique qui engendre une plus grande concentration (Siakhène, 1984). Par contre, la chute des teneurs en chlorophylle est la conséquence de la réduction de l'ouverture des stomates visant à limiter les pertes en eau par évapotranspiration et par augmentation de la résistance à l'entrée du CO<sub>2</sub> atmosphérique nécessaire à la photosynthèse (Bousba et al., 2009).

La quantité de la chlorophylle des feuilles peut être influencée par beaucoup de facteurs tels que l'âge des feuilles, la position des feuilles, et les facteurs environnementaux tels que la lumière, la température et la disponibilité en eau (Hikosaka et al., 2006).

#### II.4.2. Sucre totaux

Après avoir mesuré les sucres totaux présents au niveau des feuilles de laitue, *Batavia Brava* nous a représenté relativement la variété qui contient la plus grande quantité de sucre contrairement à la variété de *Beurre*.

Cette augmentation est en réalité un paramètre d'adaptation aux conditions environnementales permettant de constituer une garantie pour le maintien d'une intégrité cellulaire élevée (Benabedlkader, 2005). De plus, des situations de stress, telles que la sécheresse, les fortes salinités, les basses températures ou un excès d'énergie conduisent à une forte accumulation de sucres solubles. Ce phénomène est interprété comme une réponse adaptative (Gaertn M. et al), où les sucres jouent un rôle de soluté compatible, intervenant dans la stabilisation des protéines et des membranes (Clintock et fitter, 1997).

#### II.4.3. Proline accumulé

Pour le proline accumulé les facteurs (dose, variété, fumier) influent très faible ( $R^2=19,29\%$ ). Ça veut dire Il existe une différence non significative ( $Pr<0,1548$ ), Et il y a d'autres facteurs impliqués dans l'accumulation de proline. C'est ce qui nous est montré dans le texte suivant : Selon un autre point de vue, l'accumulation de la proline n'est pas une réaction acide aminée à travers le phloème (Carceller, 1995). La synthèse de la proline peut adaptative au stress mais plutôt le signe d'une perturbation métabolique (Zid et Grignon, 1991). De plus, d'autres facteurs influent sur l'accumulation de la proline tels que l'inhibition de l'oxydation, due à un effet mitochondrial et à la réduction du taux de translocation d'être incluse dans la régulation du pH cytoplasmique (Bellinger et Larher, 1987). Par conséquent elle aide dans la stabilisation de protéines membranaires et des protéines libres, ce qui suggère qu'elle

aurôle d'osmoprotecteur du fait qu'elle est la plus accumulée dans les plastides, les mitochondries et le cytosol (Bezzala, 2005).

# Conclusion

## CONCLUSION

---

### Conclusion :

Dans ce travail nous avons procédé aux analyses physico-chimiques d'un mélange de deux terres agricoles ainsi que deux types de fumiers (Cheval et vache). Ensuite nous avons testé, à différentes doses, l'effet des deux fumiers sur la croissance, le développement et la vigueur de deux laitues (*Batavia brava* et *Beurre*) cultivées sous abri.

Les analyses physico-chimiques effectuées sur le mélange terres et les deux types de fumiers ont révélé que :

- Le mélange terres utilisé comme substrat témoin non fertilisé, est de texture légère, composé de plus de 98% de sables;
- Ce substrat est légèrement calcaire ;
- Les mesures du pH ont montré la terre est de nature alcaline, les deux fumiers sont légèrement alcalins ;
- Les fumiers éléments minéraux (Na, K) sont plus présents dans les fumiers, surtout dans le fumier de vache ;
- Les deux fumiers sont aussi plus riches en carbone organique et en azote total notamment le fumier de vache ;
- La conductivité électrique assez élevée dans les fumiers aussi et surtout celui de la vache ;
- La variation du rapport C/N, pour toutes les doses et les deux types de fumiers, entre le début et fin de l'expérimentation, révélant son utilisation par les plantules de laitues germées ;
- La hauteur des tiges des deux variétés de laitues a été caractérisée par une dynamique croissante, cependant pour les deux variétés de laitues, l'accroissement s'est avéré meilleur avec le fumier de vache aux doses D2 et D3 ;
- La longueur des racines des deux variétés s'est avérée aussi meilleure pour le fumier de vache ;
- Les vitesses de croissance des tiges et des racines pour les deux variétés de laitues ont manifesté les meilleures valeurs avec le fumier de vache, notamment la dose D3 ;
- La dynamique des taux relatifs moyens de développement des tiges s'est caractérisé par des phases d'accroissement et de décroissement révélant une adaptation des plants aux traitements ;
- L'indice de vigueur mesuré sur les plants des deux variétés s'est caractérisé pour les deux variétés de laitues par les meilleures valeurs avec le traitement D3 FV ;
- Les paramètres biochimiques et physiologiques (Sucres totaux, Chlorophylle et proline), mesurés dans les feuilles fraîches des plantules des deux variétés ont manifesté leurs insensibilités aux traitements utilisés durant le travail expérimental ;

## CONCLUSION

---

- L'analyse en composante principale a révélé que le traitement D1 FV est optimal pour la production de plants vigoureux et avec une bonne croissance.

### **Perspectives**

Nos résultats ouvrent de nombreuses perspectives intéressantes de recherches en domaine de fertilisation des cultures maraichères mais également il serait intéressant de :

- Tester d'autres traitements (compost, fumiers de volailles...) sur la vigueur des plants de laitues ;
- D'autres études devraient être menées avec d'autres cultures maraichères en pots et sur champs avec d'autres traitements dans des buts d'optimisation de production de plants maraichers.

# Références bibliographiques

## Références et bibliographiques

---

- Adrien n'dayegamiye**PHD, 2007. Contribution en azote du sol reliée à la minéralisation de la matière organique : facteur climatique et régies agricoles influençant les taux de minéralisation d'azote. Colloque sur l'azote. CRAAQ-QAQ. 28p.
- Altunkaya A. et V. Gokmen.** 2009.«Effect of various anti-browning agents on phenolic compounds profile of fresh lettuce (L. saliva)». Food chemistry, vol. 117, p. 122-126.
- Amadji G.,** 2001. Utilisation du compost sous l'arachide sur un sol ferrugineux tropical dégradé. In : Recherche agricole pour le développement : Actes de l'atelier scientifique. Niaouli, Bénin, 11-12 janvier 2001. p.193-197.
- (Anonyme,2010).les engrais. Encyclopédie libre 5p.
- Anonyme.,** 2009-Agriculture-de-demain, consulte le 18 juin 2022. <http://www.agriculture-de-demain.fr/Cultures/LAITU/Cycle.htm> .
- Bacye, B. ;** 1993. Influence des systèmes de culture sur l'évolution du statut organique et minéral des ferrugineux et hydromorphes de la zone soudano-sahélienne (Province du Yatenga, Burkina Faso). Thèse doctorat, université d'Aix Marseille III, 243p.
- Bardin M., Bomard1., Claire T., Boulon J.PH.,** 2013. Lutte biologique contre la sclérotiniose de la salade par *Coniothyrium minitans* Mise en évidence par microscopie électronique à balayage que *C. minitans* parasite bien *Sclerotinia minor*. Phytom.N° 662. P.40.
- Bellingeret Larher.,** 1987- Accumulation de proline dans les plantes supérieures : un tampon redox Plant Physio (life Sci. Adv) 6 : p. 23-27.
- Benabedlkader, T.,** “ Contribution à l'étude phytochimique et chimiotaxonomique et biologique de dgouft (*Artemisiacampestris*) “. Mémoire de magister, INES Kouba, alger, (2005), 145 P.
- Bezzala.A,** 2005- Essai d'introduction de l'arganier (*Arganiaspinosa L.*) dans la zone de M'doukel et évaluation de quelques paramètres de résistance à la sécheresse : p.25-28.
- Bouche, M.** 1979. Observations sur les lombriciens. 12. Lumbricidae (Oligochaeta) du Guipuzcoa. *Documents Pedozoologiques*, 1(1): 90-100
- BousbaR.Ykhlef N. Djekoun A,** 2009. Water use efficiency and flag leaf photosynthetic in response to water deficit of durum wheat (*Triticum durum Desf*).World Journal of Agricultural Sciences 5. 5. 609 -616p.
- B. P. NGUO, G. MONDE and S. T. SEBURIRI,** Effet des différents fertilisants organiques sur la culture de l'aubergine à Saké (RD CONGO). Annales de l'UNIGOM, VI (2016) 2.
- Bremner,J.M.;**Mulvaney,C.S.1982.Nitrogen—Total.Methods Soil Anal.Part2.Chem. Microbiol.Prop. Am Soc Agron, 9, 595–624.
- Carceller J,** 1995- La proline et l'export des composants azotés des feuilles de seneceng de l'Inter Mize sécheresse VI. sous stress hydrique. INRA
- C. Clintock D. et fitterR.S.R ,** 1964 -Guide des plantes à fleurs de l'Europe occidentale. Ed. Delachaux et NiestléNeuchatel, Suisse.
- Collin F, Lizot J.F.,** (2003) - Produire des semences de laitue dans un itinéraireagrobiologique. Fiche Tec. ITAB (Institut Technique de l'Agriculture Biologique), 4papproach. Science, 210(4468), 399-404. Food chemistry, vol. 118, p. 300-306.
- Compaore E, Nanema L. S., Bonkougou S. et Sedogo M. P.,** 2010.- Évaluation de la qualité de composts de déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso pour une utilisation efficiente en agriculture. Journal of Applied Biosciences, (J. Appl. Biosci.) 33: 2076-2083.
- C.T.A. (2009)** – les cultures maraichères, tome1, produire mieux. Bureau National Inde Formation/Burkina, 110p.

## Références et bibliographiques

---

- (ctifl.fr) <https://equipementsfruitsetlegumes.ctifl.fr/fiche/fruits-et-legumes/laitue> consulté le 18 juin 2022.
- Cunningham, G. A., & Wrona, A. F. (1980).** Saline culture of crops: a genetic.
- Delamarre CA, Jouglain P, Deschamp N, Mignot L, Girou S. 2014.** Produire des plants en agriculture Biologique .56p ; Cirad France.
- De Vries I.M. 1997.** «Origin and domestication of *Lactuca sativa* L. ». Genetic Resources and Crop Evolution, vol. 44, p. 165-174.
- Dupont S.M., Z. Mondin, G. Williamson et K.R. Priece. 2000.** «Effect of variety, processing and storage on the flavonoid glycoside content and composition of lettuce and endive». Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 48, p. 3957-3964.
- ELATTIR H., SKIRDJ A. et ELFADL A., 2003.** Transfert de technologie en agriculture, La laitue, l'endive, le topinambour, la verveine, la tomate industrielle. Fiche Tec. Institut Agronomique et Vétérinaire -HASSAN II, Rabat, 4p.
- ELMHIRST J., 2006.** Profil de la culture de la laitue de serre au Canada, CLAPC (Centre de lutte anti parasitaire, Canada), 38p.
- Elmhirst J., 2006.** Profil de la culture de la laitue de serre au Canada. Centre de lutte antiparasitaire Programme de réduction des risques liés aux pesticides Agriculture et Agroalimentaire Canada. P .8- 16.
- Fieberg, J.R.; Vitense, K.; Johnson, D.H. 2020.** Resampling-Based Methods for Biologists. PeerJ 2020, 8, e9089
- Funk V.A., Bayer R.J., Keeley S., Chan R., Watson L., Gemeinholzer B., Schilling E., Panero J.L., Baldwin B.G., Garcia-Jacas N., Susanna A., Jansen R.K., 2005.** Everywhere but Antarctica: Using a supertree to understand the diversity and distribution of the Compositae. Biologiske Skrifter, 55: 343–374.
- Gaertn M. Mefti, A. Abdelguerfi et A. Chebouti:** Etude de la tolérance à la sécheresse chez quelques populations de *Medicago truncatula* (L.) Institut National Agronomique, El-Harrach, 16200 Alger, Algérie.
- G. Joubert, C. hutin, J. leteinturier , P. moras, B naves, J odet, J . Pelletier , M. peruset B. stengel. 1997 .** laitues . édition Lavoisier France .281 page .
- Grasset D., (2008)-** Les engrais organon- minéraux. La lettre de l'UNIFA n°17, Paris, 12p.
- GROGA N., DIOMANDE M., BEUGRE G. A. M., OUATTARA y. et AKAFFOU D, S. ; 2018.** Étude comparative de la qualité de la symbiose (*Anabaena azollae*, *Azollacaroliniana*), du compost et du NPK sur la croissance végétative et le rendement de la tomate (*Lycopersicon esculentum* mill. Solanacée) à Daloa (Côte d'Ivoire). Journal of Applied Biosciences, 129 (1) : 13004-13014.
- Hikosaka, K., Ishikawa, K., Borjigidai, A., Muller, O. Onoda, Y. (2006).** Temperature acclimation of photosynthesis mechanisms involved in the changes in temperature dependence of photosynthetic rate. J. Exp. Bot. 57:291-302.
- inra.fr, 2013** <http://ephytia.inra.fr/fr/C/5925/Salades-Virus-de-la-mosaïque-de-la-laitue-LMV> , consulté le 18 juin 2022.
- Krause-Sakate R., Gall O.V., Fakhfakh H., Peypelut M., Marrakchi M., Varveri CH., Pavan M., Souche S., Lot H., Zerbini M., Candresse T ., 2002.** Molecular and Biological Characterization of Lettuce mosaic virus (LMV) Isolates Reveals a Distinct and Widespread Type of Resistance-Breaking Isolate: LMV-Most. The American Phyto pathological Society. Vol. 92. No. 5.
- Larbi, M. ; 2006.** Influence de la qualité des composts et de leurs extraits sur la protection des plantes contre les maladies fongiques. Thèse de doctorant. Université de Neuchâtel, Faculté des Sciences, 161.
- Mappa D., 2010.** Les productions légumières: cahier d'activités [en ligne]. Educagri Edition, Dijon. 06/05/2018 15 :06 h. P 22-23. ISBN 978-2-84444-793-7.

## Références et bibliographiques

---

- Mathieu, C.; Pieltain, F.1998.** Analyse Physique des Sols Méthodes Choiesies; TEC & DOC Lavoisier: Paris, France; 274p.
- Mathieu, C.; Pieltain, F. 2003.** Analyse Chimique des Sols Méthodes Choiesies; TEC & DOC Lavoisier: Paris, France; 388p.
- Meng J., Doyle M.P.,2002.**Introduction.Microbiological food safety, Microbes and Infection. vol. 4, n° 4, pp. 395-397.
- Mulabagal V., M. Ngouajio, A. Nair, Y. Zhang, A.L. Gottumukkala et M.G. Nair. 2010.** «in vitro evaluation of red and green lettuce (*Lactuca saliva*) for functional food properties»
- Munro D.B., et Small E., 1998.** Les légumes du Canada. Presses scientifiques du CNRC, Ottawa (Ontario) Canada. P 243-248. ISBN 0-660-95418-4.
- Navarrete M., Lecompte F., Collange B., Chamitchian M., 2010.** Systèmes de culture et qualité de laitue : Comment repenser les systèmes de culture pour réduire l'usage de pesticides et les risques derésidus. Innovations Agronomiques 9. 67-84.
- photo A** <https://www.cdiseout.com/animalerie/oiseaux/graines-de-laitue-au-beurre-2-g-aka-laitue-tete-d/f-162130105-auc9541618824899.html>, consulte le18 juin 2022 .
- Pink D.A.C. 1991.**«Micropropagation of lettuce (*Lactucasativa* L.)». Biotechnology in Agriculture and Forestry, vol. 19, p. 42- 57.
- Pitrat M., Foury C., 2004.** Histoires de légumes : Des origines à l'orée du XXIe siècle - Chapitre 12 : Laitues. INRA, Paris.
- Ryder E.J., 1999.** Genetics in lettuce breeding: past, present and future. In: Lebeda A., Křístková E. (Eds), Eucarpia Leafy Vegetables '99. Olomouc, PalackýUniversity : 225– 231.
- Ryder E.J. (1999).**Lettuce, endive and chicory.Crop production science in horticulture.Jeff Atherton, et al. Califomia, US Depannent of agriculture.9
- SAwADOGO, J. ; OUÉDRAOGO, w. ; COULIBALy, P. ; SAVADOGO, C. A. ; KABORÉ, A. ; LEGMA, J. Étude comparative de la qualité de trois amendements organo-biologiques sur la production de tomate à Soala dans le Centre-Ouest du Burkina Faso. Science et technique, Sciences naturelles et appliquées.Vol. 38, n° 1.**
- Siakhène N. (1984).** Effet du stress hydrique Sur quelques espèces de luzerne Annuelle. Mémoire ingAgr. INA. El Harrach : 90 p.
- Soltner D., 2003.** Les bases de la production végétale Tome 1. Le sol et son amélioration. 14ème édition: collection sciences et techniques agricoles, 472 p.
- syngenta.fr 2022** <https://www.syngenta.fr/traitements/pourriture-grise-de-la-salade.>, consulte le18 juin 2022 .
- Thicoïpé J.P. 1997.** Laitues, Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes. Paris: p.
- Thicoïpé J.P., 1997.** Laitues. Éditions CTIFL. Paris. France. p. 281.S.S.S .2014. Soil Survey Staff, S.S. Keys to Soil Taxonomy, 12th ed.; USDA-Natural Resources Conservation Service: Washington, DC, USA,2014.
- Tisdale,S.L.; and Nelson,W.L. (1966),** "Soil and fertiliser nitrogen", in Soil fertility and fertilizers, 2e edition, Me Millan, 126-180.
- Verolet, J. Raffin, R. Jagu, L. (2001)** Fiche technique en agriculture biologique: Cas de la tomate Lycos persiques culent Um Mill. A.D.A.B. 9p.
- Waycott W, Fort SB, Ryder EJ, Mitchelmore RW (1999)** Mapping morphological genes relative to molecular markers in lettuce (*Lactuca sativa* L.). Heredity 82:245–251.
- Zidet Grignon., 1991-** Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aus stress, cas des stress salin et hydrique. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Éd. AUPELF-UREF : p.91-108