REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université 20 Août 1955 Skikda

Faculté des Sciences

Filière: Sciences Agronomiques

Département des Sciences Agronomiques

Mémoire de fin d'études :

En vue de l'obtention du diplôme de master science d'agronomie

Option : Amélioration des plantes

Thème

Evaluation de l'effet fertilisant du purin des cladodes du figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*) sur les propriétés agro physiologiques et les composantes de rendement de la culture du haricot (*Phaseolus vulgaris L.*)

Présenté le : 06 /07/2026 par :

- **Kassouma Nassiba**
- **Djeffal Nesrine**

Membres de jury :

Présidente	BOUNOUARA Zohra	MCA	Université 20 Aout 1955 Skikda
Examinateur	SADALLAH Said	MAA	Université 20 Aout 1955 Skikda
Encadrant	BOULECHFAR Mouhamed	MAA	Université 20 Aout 1955 Skikda

Année Universitaire :2025/2026


بسم الله الرحمن الرحيم

REMERCIMENTS

Avant toute chose, nous rendons grâce à Dieu Tout-Puissant qui nous a accordé la réussite dans l'accomplissement de ce travail et nous a facilité le chemin tout au long de sa réalisation.

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre encadrant, Monsieur Mohammed Boulchefar, pour les efforts qu'il a déployés, ainsi que pour son accompagnement et son encadrement tout au long de ce travail. Ses précieux conseils, sa disponibilité et son soutien ont été d'une grande valeur et ont largement contribué à l'aboutissement de cette étude.

Nous adressons nos sincères remerciements et notre profonde gratitude aux membres du jury, Dr SADALLAH Said et Dr BOUNOUARA Zohra, pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'évaluer ce travail. Nous les remercions également pour les efforts qu'ils ont déployés, leurs remarques pertinentes et leurs précieuses observations.

إهداء

لك الحمد يا ذا الجود والعُلا تباركت تعطي من تشاء وتمنع، فلك الحمد أن أبلغتني ولك الحمد على طيب المنتهى.

إلى من دثروني بدعائهم

إلى من انطفأ نور عينيها لتضيء طريقي وتآكلت مفاصلها لتقيم عظامي إلى تلك التي حاكت لي قبعة من صوف لتدفئ جسدي لم تكن تعلم أنها أدفأت قلبي قبل جسدي، إلى لؤلؤتي أمي.

إلى من اشتعل رأسه شيبا وانحنى ظهره ليستقيم طريقي وأشعل دربي شموعا إلى من بذل الغالي والنفيس إلى سندي الغالي أبي.

إلى من اشتد عضدي بهم إلى حصوني المنيعة ودروعي الحامية أسامة ويوسف.

إلى رفيقات دربي ومؤنسات وحشتي إلى من لا تكتمل طرقي إلا بهم أسماء ورقية.

إلى مُهجتَي قلبي حفصة شذى الريحان وعبد الرحمان.

إلى جدتي زينب وعائشة.

إلى من شقت معي هذا الطريق فكانت خير الصاحب والرفيق وردتي نسرين.

قسومة نسيبة

اهداء

الحمد لله رب العالمين، الذي وفقني وأعانني على إتمام هذا العمل، وأسأله أن يجعله خالصًا لوجهه الكريم

إلى من خاضت معي معارك الحياة بصمت، وكانت كلما أوهنتني الأيام منحتني من قلبها عمرًا جديدًا، إلى من كانت دعواتها جسورًا عبرتُ عليها نحو أحلامي...إلى الجذر الذي أُزهر منه كياني ، **إلى قدوتي أمي**

إلى من رحل قبل أن يرى هذه اللحظة، وترك في قلبي فراغًا بحجم العمر، أسأل الله أن يجعل لك من الرحمة والنور ما يملأ قبرك سكينةً ورضوانًا **... أبي رحمه الله**

إلى من شدَّ الله به أزري وسندي في شدتي، إلى ضلعي الثابث و نعمة لا تتكرر **... أخي أيمن**

إلى من علمتني الحرف قبل أن أعرف الطريق ، وكانت لي أمًّا ثانيةً في كل المراحل , إلى صاحبة الفضل الذي لا تفيه الكلمات **... إلى خالتي سعاد**

إلى من ازدهرت بصحبتهن أيامي، وازدانت بوجودهن أجمل ذكرياتي، وإلى من كانت صداقتهن نعمةً أزهر بها العمر، ورفقةً هان بها كل عسير**...إلى صديقاتي الغاليات**

إلى من شاركتني عناء البدايات ولهفة النهايات ، و جملت تفاصيلها حتى بلغنا النجاح معًا, إلى رفيقة الطريق **... جميلتي نسيبة**

جفال نسرين



Listes des figures :

Figure 01 : Distribution géographique du figuier de barbarie **(Neffar,2012).....** 6

Figure 02 : Répartition mondiale d'Opuntia ficus- indica**.....** 8

Figure 03 : les différentes parties du figuier de Barbarie **(Schweizer, 1997). .....** 9

Figure 04 : Cladode du figuier de barbarie **(Habibi 2004).....** 10

Figure 05 : Fleur du figuier de barbarie **(Habibi, 2004). .....** 10

Figure 06: Fruits du figuier de barbarie **(Chougi et al., 2015).....** 11

Figure 07 : Graine du figuier de barbarie **(Habibi 2004).....** 11

Figure 08 : Différentes variétés du figuier de barbarie selon la couleur **(araba et al., 2000)** 14

Figure 09 : espèce de figuier de barbarie forme inermes**.....** 14

Figure 10 : espèce de figuier de barbarie forme épineuses**.....** 15

Figure 11: Capsules et comprimés préparés à partir des cladodes séchés d'Opuntia au Mexique…… 21

Figure 12: farine des cladodes**. .....** 22

Figure 13 : Morphologie d'une plante du haricot (Phaseolus vulgaris L.)..... 26

Figure 14 : L'espèce Phaseolus Vulgaris L**. .....** 28

Figure 15 : Le cycle de développement d'une graine de haricot**. .....** 29

Figure 16 : symptômes sur feuille de la mosaïque commune du haricot**.....** 35

Figure 17 : Localisation géographique de la zone d'étude (Amiour 2005)**.....** 40

Figure 18 : de la serre pédagogique de l'université**. .....** 41

Figure 19 : Les information de la variété utilisée dans l'essai**.....** 42

Figure 20 : les raquettes de figuier de barbarie**. **43

Figure 21 : Matériel de mesure de paramètres de croissance. 44

Figure 22 : macération des raquettes**. .....** 45

Figure 23 : purin des raquettes après fermentation**.. .....** 45

Figure 24 : Un échantillon de test de germination**. .....** 47

Figure 25 : Les différents traitements utilisés dans l'expérience **(T0, T1, T2, T3, T4)....** 48

Figure 26 : Dispositif expérimental**. .....** 49

Figure 27 : Séchage et tamisage de sol**. .....** 50

Figure28 : l'évolution du diamètre des plantes de chaque traitement en fonction du temps…. 56

Figure 29 : l'évolution de la hauteur des plantes de chaque traitement en fonction du temps... 58

Figure 30 : l'évolution des nombres des feuilles par plante de chaque traitement en fonction du temps. 59

Liste des tableaux :

Tableau 01 : Principaux composants des cladodes du figuier de Barbarie **(Stintzing and Carle,2005).** **16**

Tableau 02 : les acides aminés dans les cladodes du figuier de barbarie **(El-Mostafa et al.,2014).** **17**

Tableau 03 : composition en acides aminés dans les cladodes du figuier de barbarie

(El-Mostafa et al.,2014). **18**

Tableau 04 : composition des cladodes en acides organiques à deux différents temps de récolte **(Stinzing and Carle,2005).** **18**

Tableau 05 : Répartition des minéraux dans le cladode d'O. ficus-indica **(El-Mostafa et al,2014)** **19**

Tableau 06 : composition des cladodes de figuier de barbarie en vitamine **(Moussaoui,2020).** **19**

Tableau 07 : Composition en polyphénols des cladodes de l'Opuntia ficus-indica **(El-Mostafa et al., 2014).** **20**

Tableau 08 : Composition en monosaccharides non cellulosiques des cladodes de l'Opuntia ficus indica **(Ginestra et al., 2009).** **20**

Tableau 09: Besoins du haricot en température selon les stades de développement **(DCH,2012).** **31**

Tableau 10 : Résultats des analyses chimiques du sol..... 54

Tableau 11 : Caractéristiques chimiques du purin avant et après correction lors de la première phase d'application 54

Tableau 12 : Évolution de la conductivité électrique du purin lors de la troisième phase d'application. 55

Tableau 13 : Caractéristiques physicochimiques du sol (pH et CE) à la fin de l'expérimentation. 55

Tableau 14: L'analyse descriptive des diamètres des plantes pour chaque traitement. 56

Tableau 15 : L'analyse descriptive de la hauteur des plantes pour chaque traitement..... 58

Tableau 16 : L'analyse descriptive de nombre de feuilles des plantes pour chaque traitement…. 60

Tableau 17 : L'analyse descriptive de nombre de fleurs par plante pour chaque traitement… 61

Tableau 18 : L'analyse descriptive de nombre de gousses par plante pour chaque traitement 62

Tableau 19 : L'analyse descriptive de taux de nouaison pour chaque traitement.....63

Tableau 20: L'analyse descriptive de la longueur des racines pour chaque traitement. ... 64

Tableau 21: L'analyse descriptive de la longueur des gousses pour chaque traitement. .. 65

Tableau 22: L'analyse descriptive du poids des gousses pour chaque traitement..... 66

Tableau 23: L'analyse descriptive de nombre de gaines par gousse pour chaque traitement 67

Tableau 24: L'analyse descriptive de poids de gaines par gousse pour chaque traitement 68

Tableau 25: L'analyse descriptive de poids d'une graine chaque traitement..... 70

Tableau 26: L'analyse descriptive de poids de la biomasse végétale chaque traitement.. 71

Liste des abréviations :

CDH : CENTRE POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'HORTICULTURECAMBÉRÈNE – DAKAR.

FB : Figuier de barbarie.

MO : Matière organique.

O.f-indica : *Opuntia ficus indica***.**

SOMMAIRE

INTRODUCTION **1**
Patie I: **4**
Partie bibliographique **4**
Chapitre Ⅰ :Généralités sur le figuier de barbarie.....
1.Historique : **6**
2.Origine et Répartition géographique : **6**
3.Description morphologique du figuier de barbarie : **8**
3.1. Cladodes : 9
3.2.Fleurs : 10
3.3. Fruit : 10
3.4. Graine : 11
4.Taxonomie et nomenclature du figuier de barbarie : **11**
4.1. Taxonomie : 11
4.2. Nomenclature : 12
5.Variétés de la figue de barbarie : **13**
5.1. Variétés inermes : 14
5.2. Variétés épineuses : 14
6. Importance du figuier de barbarie : **15**
6.1. Importance écologique : 15
6.2. Importance économique : 15
7.Composition chimique des cladodes : **16**
7.1. Acides aminés : 16
7.2. Acides gras : 17
7.3. Acides organiques : 18
7.4. Composés minéraux : 18
7.5. Vitamines: 19
7.6. Les Composants phénoliques : 19
7.7. Glucides : 20
8.Transformation et utilisation des cladodes du figuier de barbarie : **21**
8.1. Usage pharmaceutique et médicinal : 21
8.2. Usage agro-alimentaire : 22
8.3. Usage agricole : 22
9.Définition de purin : **23**
9.1. Purin de figuier de barbarie: 23

Généralités sur le haricot (*Phaseolus vulgaris L.*) .....
1. Origine et répartition géographique du haricot : 25
2.Description morphologique : 25
2.1. Le système racinaire : 26
2.2. Le port (tige) : 26
2.3. Les feuilles : 27
2.5. Les fruits : 27
2.6. Les graines : 27
3.Classification botanique : 27
4.Cycle du développement des Haricots (*Phaseolus vulgaris. L*) : 29
4.1. Phase de germination : 29
4.2. Phase de croissance : 29
4.3. Phase de floraison : 30
4.4. Phase de maturation : 30
5. Les variétés les plus cultivés en Algérie : 30
6. Les exigences de la culture du haricot : 30
- **6.1. Exigences climatiques :** 30
  - **6.1.1. La température** 30
  - **6.1.2. Besoins en lumière :** 31
  - **6.1.3. Humidité :** 31
- **6.2. Exigences édaphiques :** 31
- **6.3. Les besoins hydriques :** 32
- **6.4. Exigences nutritionnelles :** 32

7. Effet des engrais biologiques sur l'haricot : 33
8.Les ennemis du haricot : 34
8.1. Les maladies des haricots : 34
8.1.1. Les maladies virales : 34
8.1.2. Les maladies bactériennes : 35
8.1.3. Maladies fongiques : 36
9.Importance de la culture des haricots : 36
9.1. Importance agronomique : 36
9.2. Importance Nutritionnelles : 36
***Partie II:* .....**
***Partie expérimentale* .....**
Chapitre III: Matériels et méthodes **.....**

•Matériels et méthodes : 40
1. Localisation Géographique de la zone d'étude : 40
1.1. Site et conditions expérimentales : 40
- **1.1.1. La serre pédagogique :** 41
- **1.1.2. Laboratoire de l'université :** 41

2.Matériel utilisés : 42
2.1. Matériel végétal : 42
2.2. Matériels de mesure de paramètres de croissance : 44
2. 3. Matériels de statistique : 44
3.Méthodes utilisée : 45
3.1. Purin du figuier de Barbaries : 45
3.2. Caractérisation chimique de l'extrait : 45
3.2.1. Mesure le potentiel hydrogène (Ph) : 45
3.2.2. Conductivité électrique (CE) : 45
3.4. Test de germination : 46
3.5. Préparation du sol et semis : 47
3.6. Dispositif expérimental : 47
3.7.Paramètres agro physiologiques étudiés : 49
- **3.7.1. Paramètres de croissance :** 49
- **3.7.2. Paramètres physiologiques :** 50
- **3.7.3. Paramètre phénologique :** 50

3.8. Analyse des composantes de rendement : 50
3.9. Caractéristiques physicochimiques de sol : 50
3.9.1. Analyses chimiques : 50
3.9.2. Analyses physiques : 51
3.10. Analyses statistiques des données : 52
Chapitre IV: .....
Résultats et discussion .....
1. Résultats des analyses au laboratoire : 54
1. 1. Analyses chimiques du sol : 54
1.2. Analyses et correction des caractéristiques physicochimiques du purin : 54
1.3. Analyses chimiques du sol à la fin de l'expérimentation : 55
2. L'effet des différents traitements sur les paramètres agro physiologiques du haricot : 56
2.1. L'effet des différents traitements sur l'évolution de diamètre des plantes : 56

2.2. L'effet des différents traitements sur l'évolution de la hauteur des plantes : 57
2.3. Effet des traitements sur l'évolution des nombres des feuilles : 59
2.4. Effet des traitements sur le nombre de fleurs : 60
2.5. Effet des traitements sur le nombre de gousses: 62
2.6. Effet des traitements sur le taux de nouaison : 63
..... 64
2.7. Effet des traitements sur la langueur des racines : 64
2.8. Effet des traitements sur la langueur des gousses : 65
2.9. Effet des traitements sur le poids des gousses : 66
2.10. Effet des traitements sur le nombre de gaines par gousse : 67
2.11. Effet des traitements sur le poids de gaines par gousse : 68
2.12. Effet des traitements sur le poids d'une graine : 69
2.13. Effet des traitements sur le poids de la biomasse végétale : 70
Discussion : **72**
a) Effet du purin sur la hauteur des plantes : 72
b) Effet du purin sur le diamètre des tiges : 72
c) Effet du purin sur le nombre de feuilles : 72
d) Effet du purin sur le nombre de fleurs : 72
e) Effet du purin sur le nombre de gousses : 72
f) Effet du purin sur le taux de nouaison : 72
g) Effet du purin sur la longueur des racines : 72
h) Effet du purin sur la longueur des gousses : 73
i) Effet du purin sur le poids d'une gousse : 73
j) Effet du purin sur le nombre de graines par gousse : 73
k) Effet du purin sur le poids des graines par gousse : 73
l) Effet du purin sur le poids d'une graine : 73
m) Effet du purin sur le poids de la biomasse végétale : 73
4. Recommandations : **74**
5. Limites de l'étude : **74**
CONCLUSION .....
Références bibliographies .....
Annexe **85**

INTRODUCTION

Introduction générale :

Le secteur agricole a connu une véritable révolution grâce à l'essor de la fertilisation industrielle. Cette dernière a permis d'obtenir des résultats très satisfaisants et d'améliorer considérablement les rendements agricoles grâce à l'utilisation intensive de substances chimiques de synthèse.

Cependant, après plusieurs décennies d'utilisation de ces produits, de nombreuses études ont mis en évidence leurs effets secondaires néfastes sur la biodiversité et l'équilibre des écosystèmes. Ces impacts s'étendent également à la santé humaine, certaines de ces substances étant associées à l'apparition de maladies graves, notamment le cancer **(Cohuet et al, 2001).**

Face à ces préoccupations, les agriculteurs ainsi que les organismes de santé et de protection de l'environnement ont encouragé le développement de l'agriculture biologique. Celle-ci repose principalement sur l'utilisation d'alternatives naturelles et respectueuses de l'environnement et de la santé humaine, telles que les biofertilisants. Plusieurs travaux ont étudié l'effet de certain biofertilisant comme les biofertilisants à base d'algues marines et d'ortie.

L'agriculture biologique constitue l'un des piliers fondamentaux de l'agriculture durable. Cette dernière est définie comme une activité écologiquement saine, économiquement viable, socialement juste et humaine qui vise à satisfaire les besoins humains sans détruire les ressources naturelles, capable de se reproduire dans le temps **(Landais, 1999).**

La fertilisation organique à l'aide d'engrais organiques n'est pas seulement une technique, mais une philosophie qui cherche à équilibrer la productivité agricole et le respect de la nature. Le choix de cette approche permet non seulement d'améliorer la qualité des sols et des cultures, mais aussi de protéger l'environnement pour les générations futures.

Pour cette raison, les chercheurs s'intéressent aujourd'hui aux fertilisants naturels capables de remplacer partiellement ou totalement les engrais chimiques. Parmi ces ressources naturelles, le figuier de barbarie représente une plante abondante dans notre région et riche en éléments nutritifs. Ses cladodes peuvent être valorisés sous forme de purin utilisé comme fertilisant naturel.

Dans ce contexte notre travail a pour objectif de tester l'effet de purin des cladodes de figuier de barbarie (produit obtenu par macération des cladodes de figuier de barbarie dans l'eau) considéré comme un biofertilisant riche en éléments minéraux nécessaires au développement des cultures, et stimulant de la défense naturelle des plantes, testé sur l'Haricot (*Phaseolus vulgaris L*) cultivées sous serre. En comparant avec une fertilisation chimique NPK (15.15.15) et le témoin.

Dans quelle mesure le purin végétal peut-il remplacer les engrais chimiques et améliorer les performances agronomiques ainsi que la qualité des productions végétales ?

ce purin, grâce à sa richesse en composés organiques et en éléments nutritifs, exerce un effet favorable sur la croissance de cette culture et peut représenter une solution de fertilisation plus

durable, ainsi qu'une alternative écologique aux fertilisants chimiques dans une agriculture durable.

L'effet du purin sur la croissance des rendements et le développement des plantes dépend de la concentration appliquée.

Patie I:

Partie bibliographique

Chapitre I:

Généralités sur le figuier de barbarie

1.Historique :

Le figuier de Barbarie est une plante originaire des zones tropicales du continent Nord-Américain, en particulier du Mexique **(Araba et al., 2000)**. Lorsque les Espagnols arrivèrent en 1492 sur l'ile d'Hispaniola (aujourd'hui Haïti et la république Dominicaine) dans la mer des Caraïbes, les autochtones leurs présentent ce fruit rouge de l'Opuntia, appelé tuna **(FAO, 2018)**. Il a été donc introduit d'abord en Espagne et plus tard au 16e siècle au Nord et au Sud de l'Afrique. Il s'est diffusé rapidement dans le bassin méditerranéen et s'y est naturalisé au point de devenir un élément caractéristique du paysage **(Benattia, 2017)**. Le figuier de barbarie est maintenant cultivé un peu partout dans le monde **(Fortin, 2006).**

Dans certains pays tels que l'Italie, l'Espagne ou le Mexique, la culture du cactus est pratiquée de façon intensive et moderne avec des programmes de recherche-développement pour la production du fruit ou de fourrage et même pour des usages industriels. En revanche, en Australie et en Afrique du Sud, ce végétal, en particulier la variété asperme est considérée comme une mauvaise herbe à cause de la facilité avec laquelle, elle se propage **(Mulas et Mulas, 2004) .**

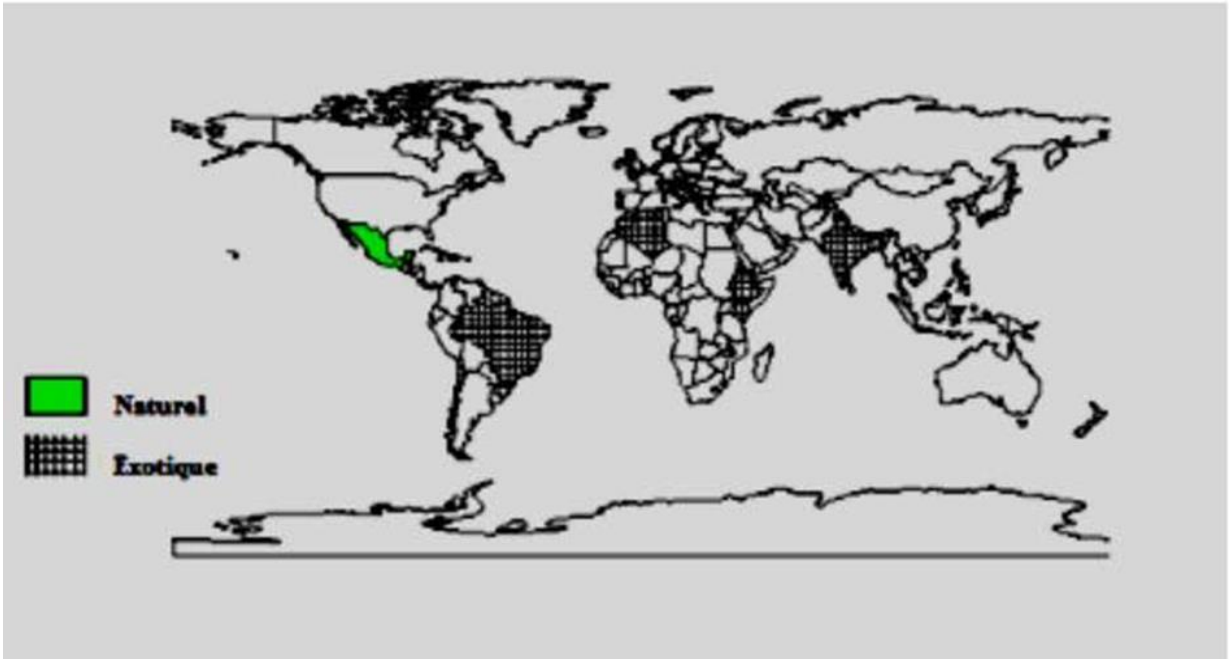


Figure 01 : Distribution géographique du figuier de barbarie **(Neffar,2012)**

2.Origine et Répartition géographique :

Le genre Opuntia, originaire du Mexique, figure d'ailleurs sur l'emblème du drapeau mexicain. **(Orwa et al, 2009).**

Sa distribution géographique est très large : Mexique, Sicile, Chili, Brésil, Turquie, Corée, Argentine et Afrique du Nord (figure 2) **(Barbera et al, 1992).**

Il a été introduit d'abord en Espagne et plus tard au 16e siècle au Nord et au Sud de l'Afrique. Il s'est diffusé rapidement dans le bassin méditerranéen et s'y est naturalisé au point de devenir un élément caractéristique du paysage **(Oumiloud, 2012).**

Il est par essence développé sur la partie Ouest de la Méditerranée : Sud de l'Espagne, le Portugal, et l'Afrique du Nord (Tunisie, Algérie et Maroc) **(Bensalem et al, 2002 ; Arba., 2009).**

A titre d'exemple, la superficie cultivée dans la région du WANA (Ouest d'Asie et le

Nord-africain) est d'environ 900.000 ha **(Nefzaoui et al, 2004).**

Dans certains pays tels que l'Italie, l'Espagne ou le Mexique ; la culture du cactus est pratiquée de façon intensive et moderne avec des programmes de recherche-développement pour la production du fruit ou de fourrage et même pour des usages industriels. En revanche, en Australie et en Afrique du Sud, ce végétal, en particulier la variété asperme est considérée comme une mauvaise herbe à cause de la facilité avec laquelle, elle se propage **(Mulas et al, 2004).**

En Algérie, la terre dédiée à la culture du figuier de barbarie s'étend sur plus de

30000 ha dans 60% dans la commune de Sidi-Fredj (45km au nord de Souk Ahras) et le reste à Ouled Mimoune **(Araba et al, 2000).**

Du centre à l'ouest l'opuntia occupent une superficie dépassent les 25.000 hectares par exemple, on le trouve sur les hauteurs de Chréa, Bouarfa (wilaya de Blida), dans les wilayas de, Boumerdès, Tipaza, Tissemsilt, Chlef, Relizane, Mostaganem, Ain-Temouchent, Oran. Mascara, Sidi-bel Abbés, Tlemcen, dont la meilleure cueillette des figues de barbarie, est celle qui se réalise sur les hauteurs des montagnes, spécialement en milieu rocailleux. A l'exception des montagnes et des zones sahariennes, la culture algérienne du cactus est largement représentée dans le paysage rural en plantation plus au moins régulières, autour des villages, en

haies limitant les parcelles de culture ou de vergers. La culture de cactus se trouve Parfaitement intégrée dans le système d'exploitation traditionnel **(Arba et al, 2000).**

Dans le nord, Opuntia ficus-indica est utilisé comme barrière des maisons et des petites villes. Les barrières végétales sont également utilisées dans la production de fruits destiné à la vente sur le marché pour la consommation humaine. Dans le sud, les cladodes d'Opuntia sont une source d'alimentation pour les petits ruminants et les dromadaires. **(FAO,2018)** Aujourd'hui, les cactus sont largement cultivés dans plusieurs régions dans le monde. La plante peut pousser dans sols pauvres et rocailleux, et est souvent utilisée pour lutter contre l'érosion et la régénération des espèces naturelle **(Habibi ,2004).**

Le figuier de barbarie est également connu par sa résistance au condition climatique difficiles (sols pauvres, rareté de l'eau, température élevés) **(Mzarie & Mahdeb 2020).** Ce qui fait une plante utile dans les régions arides et semi arides.

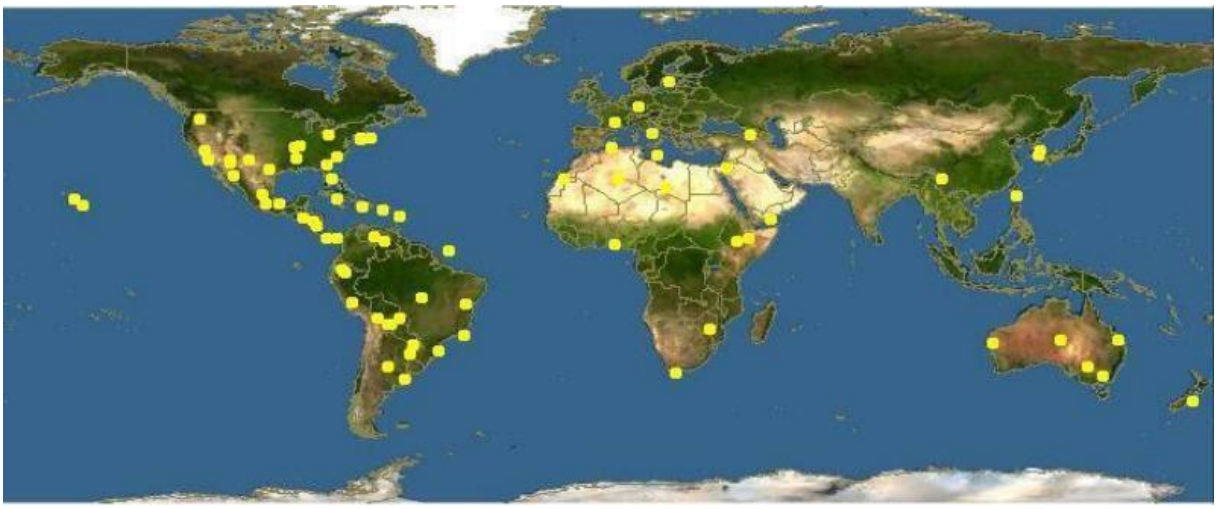


Figure 02 : Répartition mondiale d'Opuntia ficus-indica

3.Description morphologique du figuier de barbarie :

Le figuier de barbarie est une plante arborescente pouvant atteindre une hauteur de 3 à 5 mètres, dont les tiges sont aplaties en forme de raquettes reliée les unes aux autres **(Khédira & Goetz 2018).** C'est une plante intéressante en raison des conditions environnementales dans lesquelles elle pousse et sa tolérance aux conditions climatique extrêmes par ça capacite à emmagasiner, dans les organes succulents, de grandes quantités d'eau. **(Boutakiout, 2015)** Chaque partie de la plante possède ces propres caractéristiques que ça soit au niveau morphologique ou fonctionnelle **(Chougi et al.,2015).**

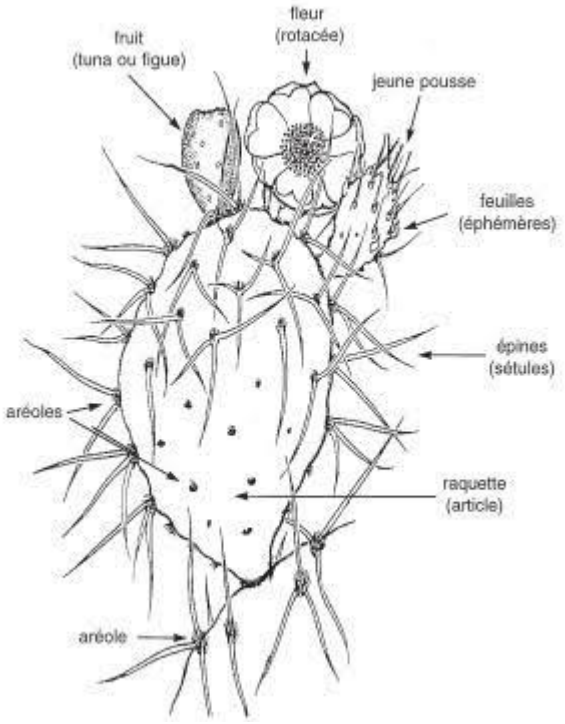


Figure 03 : les différentes parties du figuier de Barbarie **(Schweizer, 1997).**

3.1. Cladodes :

Les raquettes, appelées aussi cladodes, mesurent entre 30 et 40 centimètres de long, sur 15 à 25 cm de large et 1,5 à 3 cm d'épaisseur. Caractériser par une couleur verte elles sont reliées les unes aux autres. Elles sont recouvertes d'une cuticule cireuse qui permet de protéger la plante et de limiter les pertes en eau tout en assurant la fonction chlorophyllienne à la place des feuilles. **(Boutakiout, 2015)**



Figure 04: Cladode du figuier de barbarie **(Habibi 2004)**

3.2.Fleurs :

Les fleurs apparaissent sur le dessus des raquettes, Les fleurs d'OFI sont hermaphrodites avec une corolle de couleur jaune ou orange **(Mulas & Mulas, 2004)** , et deviennent rougeâtres à l'approche de la sénescence de la plante qui se situent à la face la plus expose au soleil **(Habibi, 2004).**

Ces fleurs sont comestibles, comme le fruit auquel elles donnent naissance.



Figure 05 : Fleur du figuier de barbarie **(Habibi, 2004)**

3.3. Fruit :

Appelé figue de barbarie, ce fruit se présente sous la forme d'une grosse baie ovoïde et charnue, dont la peau verte jaunâtre et, elle aussi, ornée de petites épines. **(Schweizer,1997)** La pulpe du fruit est toujours juteuse, de couleur jaune-orangé, rouge ou pourpre, parsemée de nombreuses petites graines (libre ou adhérentes à la pulpe). **(Habibi, 2004)**



Figure 06: Fruits du figuier de barbarie **(Chougi et al., 2015).**

3.4. Graine :

Les Graines du FB présentent un potentiel considérable de variation de forme, taille, caractéristique de l'embryon. Ces graines représentent 10-15% des aliment comestibles. Certains auteurs ont signalé une grande différence dans le nombre de graines, de 1-5 à plus de 2000 par fruits **(Feugang et al., 2006).**

Ses graines, riches en vitamines et en oligoéléments **(Boutakiout A, 2015).**



Figure 07 : Graine du figuier de barbarie **(Habibi 2004)**

4.Taxonomie et nomenclature du figuier de barbarie :

4.1. Taxonomie :

Selon la classification de Carl von Linné la position systématique de FB est :

- ✓ **Règne :** Plantae
- ✓ **Sous règne :** Tracheobionta
- ✓ **Embranchement :** Phanérogames
- ✓ **Sous Embranchement :** Magnoliophyta
- ✓ **Classe :** Magnoliopsida
- ✓ **Sous classe :** Caryophyllidae
- ✓ **Ordre :** Opuntiales
- ✓ **Famille :** Cactaceae
- ✓ **Sous-famille :** Opuntioideae
- ✓ **Tribu :** Opuntieae
- ✓ **Genre :** Opuntia
- ✓ **Sous-genre :** Platyopuntia
- ✓ **Espèce : Opuntia ficus indica (L.) (Wallace et Gileson, 1997)**

La famille des Cactacées renferme environ 1600 espèces avec le centre de la diversité maximale au Mexique qui abrite 669 espèces. Le genre Opuntia, comprend 150 à 300espèces, **(Guzman et al., 2003).**

Selon la classification botanique, les cactacées sont des végétaux phanérogames appartenant à la classe des angiospermes, dicotylédone, Polypétales. La famille des Cactaceaes compte environ 130 genres et 1600 espèces, dont presque 300 appartiennent au genre Opuntia **(Mulas et al., 2004).**

L'espèce Opuntia ficus indica connue sous le nom de figuier de Barbarie, renferme une deux variétés dont l'une est épineuse et l'autre inerme ou sans épines. C'est cette dernière qui intéresse notre étude. **(Hadj Sadok et al., 2013 ; Bou-idra et al., 2015).**

Cette espèce est la cactée qui a la plus grande importance agronomique, tant pour les fruits comestibles que pour les raquettes qui peuvent être utilisées comme fourrage ou comme légumes **(Benattia, 2017).**

4.2. Nomenclature :

- Nom commun : Figuier de Barbarie.

- Autres noms : Cactus, figuier des îndes, figue du désert, nopal, semelle du pape, figuier d'Espagne **(Azeri et al., 2017).**

L'espèce peut porter un non différent selon l'idiome local. En Espagne, outre Nopal, on l'appelle familièrement Tuna. Dans les pays francophones du bassin méditerranéen, l'Opuntia est surnommé figuier de barbarie. En Angleterre, il est appelé:«Prickly pear», qui veut dire poire à épines. **(Mi-Na et al., 2013)**

Dans les pays arabes, y compris l'Algérie, la plante est connue sous le nom

d'El-Tin-el-choki "التبين الشوكي" , **Karmous** et **india**

En Espagne : outre Nopal, Nopallito, Nopalcito, Tuna, Ensada, Higos de Pala, Higos de Mauro**.**

En Italie : Fico de India.

En Allemagne : Feigenkaktus, Feigendistel, IndischeFeige, Opuntie. **(Schweizer, 1997).**

5.Variétés de la figue de barbarie :

Selon Araba et al., (2000), Opuntia ficus indica peut se présenter en plusieurs cultivars qui se distinguent par :

- La forme du fruit (ovoïde, allongée ou ronde) ;
- La couleur de la fleur (jaune, orange ou rose
- La couleur de la pulpe du fruit (verte, jaune, orange ou rose);
- La période de la floraison ou de la maturité (précoce ou tardive);
- Les caractéristiques organoleptiques des fruits (les fruits sucrés, juteux, de bonne consistance et avec le moins possible de grains sont les plus apprécies).



Verte **Orange** **Rouge pourpre** **Jaune**

Figure 08 : Différentes variétés du figuier de barbarie selon la couleur **(araba et al., 2000)**

Par ailleurs, les nombreuses variétés ou cultivars de la figue de barbarie se distinguent en deux groupes :

5.1. Variétés inermes :

Cette variété est souvent préférée pour sa facilité de manipulation et de récoltes pour les fruits, elle est souvent domestiquée et cultivées sur des surfaces limitées. Les plants issus de Semis sont épineux la première année et les aiguillons disparaissent au fur et à mesure à partir de la deuxième année. **(Araba et al., 2000)**



Figure 09 : espèce de figuier de barbarie forme inermes.

5.2. Variétés épineuses :

Qui sont les plus répandus car elles résistent à la destruction par le bétail. La variété épineuse est caractérisée par la présence de grandes épines sur les tiges et les fruits. Les épines peuvent atteindre plusieurs centimètres, il parait que c'est une variété qui entre en production tardivement après la 6ème ou la 7ème année de plantation. **(Araba et al., 2000)**



Figure 10 : espèce de figuier de barbarie forme épineuses.

6. Importance du figuier de barbarie :

L'adaptation du figuier de barbarie aux conditions désertiques et semi désertiques lui permet de constituer une culture à intérêts écologiques et socioéconomiques indéniables.

6.1. Importance écologique :

Le figuier de barbarie constitue un bouclier contre la désertification et l'érosion des sols. Il est également cultivé pour la régénération des terres. Il ne demande pas de pratiques culturales spécialisées ni d'apport de fertilisants **(Saenz, 2000).**

6.2. Importance économique :

Le revenu moyen annuel par hectare est de 2000 à 3000 $ en Italie, 2000 $ en Palestine occupée **(BOUJGHAGH ET CHAJIA, 2001)**.

Au Maroc, le revenu moyen annuel est de 3000 $ **(ARBA et al., 2002)**. Au Mexique, le revenu est de 27 millions de $ /an, pour l'usage alimentaire et 20 millions de $ /an pendant la période de 1990 à 1998. Et en fin, l'usage fourrager constitue 1 million $ **(SOBERON et al., 2001).**

Selon les professionnels, une tonne de fruits fait un rendement d'un litre de l'huile de graine de cactus. Celui-ci est cédé à plus de 500 euros **(HADJ KOUIDER et LALLOUCHE, 2022).**

7.Composition chimique des cladodes :

Il y a plusieurs facteurs sur la composition chimique des cladodes tel que : le site de la culture, la saison, l'âge de la plante et les facteurs édaphique. En conséquence, les teneurs en éléments nutritifs respectifs varient entre les espèces et les variétés et ils ne devraient pas être pris comme des valeurs absolues.

Les jeunes cladodes ont des valeurs élevées en glucides, en protéines, et la teneur en eau.

Tableau 01 : Principaux composants des cladodes du figuier de Barbarie **(Stintzing and Carle,2005).**

Composants	Poids frais des cladodes (g/100g)	Poids sec des cladodes (M. sèche)
Eau	88-95	-
Glucides	3-7	64-71
Cendre	1-2	19-23
Fibres	1	18
Protéines	0.5-1	4-10
Lipides	0.2	1-4

7.1. Acides aminés :

Les acides aminés Interviennent dans l'ensemble des processus biologiques des organismes vivants. Il existe 18 acides aminés compris dans les cladodes du figuier de barbarie (tab.01) sont présents en différent proportions, essentiels pour la synthèse des protéines.

Tableau 02 : les acides aminés dans les cladodes du figuier de barbarie **(El-Mostafa et al.,2014).**

Acides aminés	Teneur (g/100g)
Alanine	1.25
Arginine	5.01
Asparagine	3.13
Acide aspartique	4.38
Acide glutamique	5.43
Glutamine	36.12
Cystine	1.04
Histidine	4.18
Isoleucine	3.97
Leucine	2.71
Lysine	5.22
Méthionines	2.92
Phénylalanine	3.55
Serine	6.68
Thréonine	4.18
Tyrosine	1.14
Tryptophane	1.04
Valine	7.72

7.2. Acides gras :

Après les analyses chromatographiques des lipides totaux extraits a partir des cladodes d'O.f-indica montrent que la contribution totale en acides gras est :

- Acide palmitique (c16 :0) :13.87
- Acide oléique (c18 :1) :11.16
- Acide linoléique (c18 :2) :34.87
- Acide linoléique (c18 :3) :33.23

Tableau 03 : composition en acides aminés dans les cladodes du figuier de barbarie **(El-Mostafa et al.,2014)**

Acides gras	Teneur (g/100g Ms)
C12 :0	1.33
C14 :0	1.96
C16 :0	13.87
C16 :1	0.24
C18 :0	3.33
C18 :1	11.16
C18 :2	34.87
C18 :3	33.23
C20 :0	-
C22 :0	-
C22 :1	-
C24 :0	-

7.3. Acides organiques :

Tableau 04 : composition des cladodes en acides organiques à deux différents temps de récolte **(Stinzing and Carle,2005).**

Acides organiques	Poids frais (mg/100g)	
	6h (du matin)	18h (après-midi)
Acide oxalique	35	35
Acide Malique	985	95
Acide citrique	178	31
Acide malonique	36	Traces
Acide succinique	Traces	Traces
Acide tartrique	Traces	Traces

7.4. Composés minéraux :

Selon **El-Mostafa et al. (2014),** le potassium est le principal minéral, avec une teneur de (2.35-55.20 mg/100g), suivie par le calcium avec une teneur de (5.6-17.95). et ces éléments minéraux jouent un rôle essentiel dans la nutrition du monde végétal.

Tableau 05 : Répartition des minéraux dans le cladode d'O. ficus-indica **(El-Mostafa et al,2014)]**

Minéraux	Teneur (mg/100gMS)
Calcium	5.65-17.95
Oxalate de calcium	11.5 à 4.3
Magnésium	8.80
Sodium	0.3-0.4
Potassium	2.33-55.20
Fer	0.09
Phosphores	0.15-2.59
Zinc	0.08
Manganèse	0.19-0.29

7.5. Vitamines:

Tableau 06: composition des cladodes de figuier de barbarie en vitamines **(Moussaoui,2020)**

Vitamines	Teneurs (mg/100g)
Vitamine c totale	7-22
Niacine	0.46
Riboflavine	0.60
Thiamine	0.14
B-carotène	11.3-53

7.6. Les Composants phénoliques :

Tableau 07 : Composition en polyphénols des cladodes de l'Opuntia ficus-indica **(El-Mostafa et al., 2014).**

Polyphénols	Matière sèche (mg/100mg)
Acide gallique	0.64-2.37
Coumarique	14.08-16.18
3,4-dihydoxybenzoique	0.06-5.02
4-hydoxybenzoique	0.5-4.27
Acide ferulique	0.56-34.77
Isoquercetine	2.29-39.67
Isorhamnetin-3-o-glucoside	4.59-32.21
Nicotiflorine	2.89-146.5
Rutine	2.36-26.17
Narcissine	14.69-137.1

7.7. Glucides :

Selon **Ginestra et al. (2009)** les cladodes du cactus sont riches en glucose.

- Les glucides sont la principale source d'énergie pour les plantes. et les réactions métaboliques (la respiration, photosynthèse…).
- Les glucides sont fondamentaux pour la croissance cellulaire, ils constituent les composants de la cellulose, qui renforce les parois cellulaires.
- Ils influencent l'absorption des nutriments et le transport de l'eau.

Tableau 08 : Composition en monosaccharides non cellulosiques des cladodes de l'Opuntia ficus indica **(Ginestra et al., 2009).**

Glucides	Matière sèche
Rhamnose	7,13 ± 1,28
Fructose	0,74 ± 0,11
Arabinose	39,64 ± 1,96
Xylose	18,64 ± 0,84
Mannose	13,64 ± 0,81
Galactose	33,69 ± 2,89
Glucose	153,15 ± 6,54

8.Transformation et utilisation des cladodes du figuier de barbarie :

La figue de barbarie est nommée dans certains pays fruit du diable. D'autres, qui n'accordent pas d'importance à ses épines, la surnomment le fruit du paradis tant elle a des bienfaits miraculeux sur la santé humaine, animale et l'environnement **(Agroligne, 2016).**

8.1. Usage pharmaceutique et médicinal :

L'opuntia ficus-indica présent comme des agents thérapeutiques. En médecine populaire, elles sont utilisées pour traiter la gastrite, la fatigue, la dyspnée et des maladies du foie suite à l'abus d'alcool **(Stintzing and Carle, 2005).** Les cladodes chauffés s'avèrent très efficaces contre le rhumatisme, les érythèmes et les infections chroniques de la peau, mais également pour faciliter la digestion **(MUNOZ DE Chavez et al., 1995).**

Le mucilage isolé des raquettes permet de réduire le cholestérol total dans le sang. Les cladodes sont utilisés pour traiter les inflammations, et même des préparations de fleurs sont utilisées comme substance antidiurétique **(PNTTA, 2000).**

Les technologies mises au point récemment ont démontré la possibilité de production des alicaments sous forme de gélules ou capsules **(figure11).** Ce sont des aliments naturels qui ont des fonctions thérapeutiques pour les différents problèmes cités en dessus **(Bouttakiout, 2017).**



Figure 11 : Capsules et comprimés préparés à partir des cladodes séchés d'Opuntia au Mexique

8.2. Usage agro-alimentaire :

Les cladodes du figuier de barbarie jouent un rôle important dans l'alimentation humaine et animale ou pour la protection de notre environnement.

- **Jus :**

  Le jus des feuilles de poire de cactus est extrait par broyage et pressage. après avoir enlevé les épines et haché les feuilles dans un mélangeur. Ajoutée l'eau pour faciliter le processus et le liquide résultant est filtré **(Saenz et al., 2013).**

- **Confiture et farine :**

  D'après Nobel (2002), cuire des jeunes cladodes avec quantités de sucre, pectine et conservateur. La farine des cladodes est obtenue par déshydratation et fraisage des cladodes d'âges différents. Utilisée dans l'industrie de la boulangerie et a un potentiel pour la fabrication de de biscuits, pâtisseries, des soupes et des desserts.



Figure 12 : farine des cladodes

8.3. Usage agricole :

O. f-indica sont utilisés pour la protection des jardins, des vergers et des bosquets d'oliviers à travers l'Afrique du Nord et dans des zones d'Italie et d'Espagne. Ces haies marquent les limites tout en aidant à contrôler l'érosion **(FAO, 2018).**

Selon Schweizer (1997), Les Indiens en font des torches pour leurs cérémonies religieuses.

9.Définition de purin :

Est un produit naturel obtenu à partir de végétaux qui auront fait l'objet d'une macération, d'une décoction d'une fermentation ou d'une infusion.

Il servira selon les plantes utilisées comme antiparasitaire (purin d'ortie), comme

engrais stimulant (purin de consoude) ou comme activateur de compost **(Anonyme 5, 2013).**

mais il s'agit seulement d'une possibilité d'utilisation parmi d'autres. La plupart des autres purins n'ont pas de propriétés fertilisantes, mais fongicides ou insecticides, ou peuvent encore servir d'activateur de compost. Les purins s'utilisent purs ou dilués, selon les plantes utilisées.

9.1. Purin de figuier de barbarie:

L'extrait de raquettes de figuier de Barbarie est connu pour sa richesse en composés bioactifs, tels que les polyphénols, la mucilage et la pectine.

Il doit le nom de « purin » à l'odeur putride qui s'en dégage, résultat de la macération prolongée

Chapitre II:

Généralités sur le haricot (*Phaseolus vulgaris L.*)

1. Origine et répartition géographique du haricot :

Phaseolus vulgaris L., a été domestiqué en Amérique centrale et en Amérique du Sud il y a plus de 9700 ans. Des graines sèches furent introduites et semées au XVIe siècle en Europe puis, sa culture s'est rapidement diffusée dans les zones méditerranéennes et subtropicales **(PERON, 2006).**

Le haricot commun est produit principalement en Amérique latine et en Afrique ; il est répandu surtout dans la zone Amazonienne du Brésil, dans les Cordillères des Andes et en Amérique centrale, tandis qu'en Afrique, il est produit principalement en Afrique centrale et Orientale **(NYABYENDA, 2005).**

La domestication s'est produite indépendamment au Mexique et au Guatemala d'une part, et au Pérou et dans les pays voisins d'autre part. Des écotypes à petites graines sont présents à l'état sauvage au nord de l'Argentine et en Amérique centrale **(GENTRY, 1969).**

D'après **PERON (2006),** des graines sèches furent introduites et semées au XVIe siècle en Espagne et *Phaseolus vulgaris L*., se diffusa ensuite en France.

Les gousses immatures ne tardèrent pas à devenir un légume apprécié en Europe.

Le haricot se trouve dans tous les pays d'Afrique tropicale. Il est davantage apprécié dans les pays francophones qu'anglophones, davantage dans les zones urbaines que rurales, plutôt dans les hautes terres que dans les basses terres et en saison fraîche plutôt qu'en saison chaude **(GENTRY, 1969).**

2.Description morphologique :

L'espèce *Phaseolus vulgaris L*., est une plante annuel herbacée à croissance déterminée ou indéterminée, à végétation rapide, son cycle est de 90 à 120 jours **(PERON, 2006).**

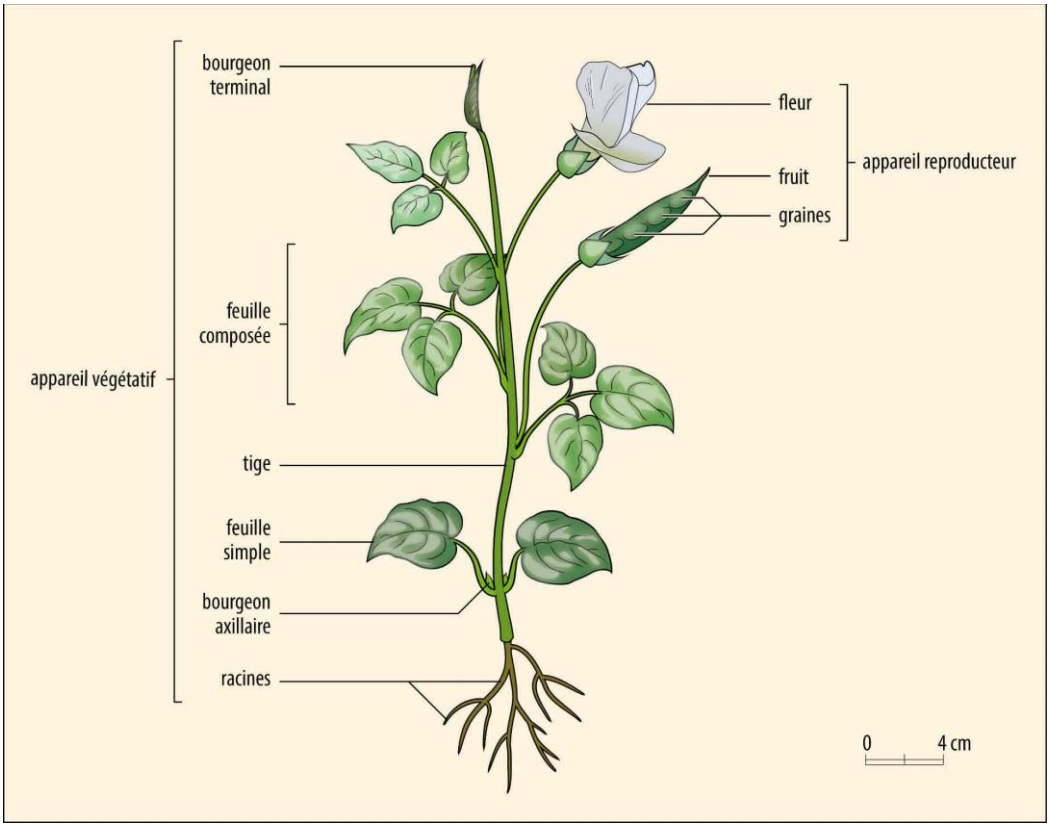


Figure 13 : Morphologie d'une plante du haricot (*Phaseolus vulgaris L.*)

2.1. Le système racinaire :

La plante se développe à partir d'une racine principale non dominante qui est très rapidement complétée de racines latérales. Le système racinaire explore principalement la zone entre 20 et 30 cm mais les racines peuvent atteindre une profondeur variante entre 45 et 70 cm.

La partie racinaire du haricot est le siège du phénomène de nodulation, qui sont des excroissances provoquées par l'infection des rhizobiums d'où sa capacité à fixer l'azote du sol. **(Feller et al., 1995).**

2.2. Le port (tige) :

Selon le type de port on distingue deux grands groupes (Ecocrop, 2013) : Les haricots grimpants (à croissance déterminée, dits haricots à rames) : Au port volubile, ils ont l'avantage d'occuper peu de place et la cueillette des gousses est à portée de main.

Les haricots nains (à croissance indéterminée) : A port érigé et plus ramifié, prenant un port buissonnant ou dressé, dont la taille ne dépasse pas 60,00 cm de haut.

2.3. Les feuilles :

Les feuilles sont composées de 03 folioles (trifoliées) ovales se terminant en pointe, mesurant de 7,50 à 14,00 cm ; Les deux premières feuilles au sommet de l'hypocotyle sont simples, disposées de façon alterne **(Kroll, 2000).**

2.4. Les fleurs :

Les fleurs sont de type papilionacé, blanc, rose, jaune, rouge ou violacées groupées en grappes de 04 à 10 fleurs, naissant à l'aisselle des feuilles. Elles restent naturellement fermées et étant hermaphrodites, l'autofécondation est donc prépondérante. Les 10 étamines sont organisées en deux groupes : Neuf d'entre elles sont soudées par le filet, la dixième étant libre. L'ovaire, supère, est formé d'un seul carpelle à placentation pariétale, les ovules sont fixés sur la suture ventrale **(Ecoport, 2013).**

2.5. Les fruits :

Les fruits sont des gousses déhiscentes de forme et de longueur variable refermant 04 à 08 graines, en particulier leur section peut être cylindrique, ovale ou aplatie (haricots plats) **(Wortmann, 2006)**. Chez certaines variétés, se développent des structures fibreuses qui forment à un stade de maturité plus ou moins avancé le « fil » et le « parchemin ».

2.6. Les graines :

Les graines chez l'haricot (*Phaseolus vulgaris. L*) sont de taille, de forme et de couleur variable selon les variétés, respectivement, la taille des graines pour les petites sont inférieur à 25 g/100 graines, les moyennes oscillent entre 25 à 40 g/100 graines, et les grandes sont supérieures à 40 g/100 graines, dont la forme la plus commune est dite « réniforme », typique des haricots. Les graines d'haricot sont brillantes et opaques dont la couleur est : blanche, crème, beige, jaune, brune, marron, rose, rouge, pourpre ou violet et noir. La germination des haricots est dite épigée (les cotylédons émergents au-dessus du sol) et les graines peuvent garder leur faculté germinative de 03 à 05 ans **(Nyabyenda, 2005).**

3.Classification botanique :

Selon **l'APG (2003)** on attribue à l'haricot commun la classification suivante :

Classificatioon classique :



Figure 14 : L'espèce *Phaseolus Vulgaris L.*

❖ **Classification phylognétique :**

- ✓ Règne : Plantae
- ✓ Sous règne : Tracheobionta
- ✓ Division : Magnoliophyta.
- ✓ Classe : Magnoliopsida.
- ✓ Sous classe : Rosidae.
- ✓ Ordre : Fabales
- ✓ Famille : Fabaceae
- ✓ Genre : Phaseolus
- ✓ Espèce : *Phaseolus vulgaris L.*

4.Cycle du développement des Haricots (*Phaseolus vulgaris. L*) :

Selon Stades phénologiques de l'haricot vert **(ITCMI, 2010)** :

09 ième jour : Levée.

12 ième jour : 02 feuilles étalées.

15 ième jour : Développement de la plante.

51 jours : Formation des boutons floraux.

61 jours: Début de la floraison.

71 jours: Nouaison.

75 jours: Maturation des gousses.

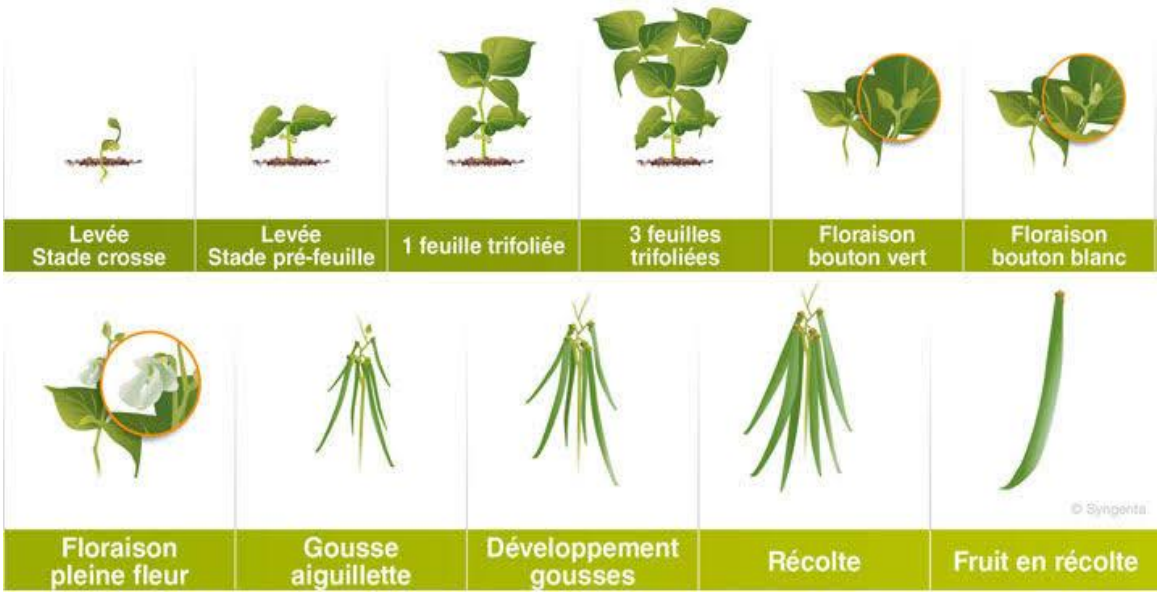


Figure 15: Le cycle de développement d'une graine de haricot.**(Feller et al.,1995)**.

4.1. Phase de germination :

Les graines lèvent en 4 à 8 jours suivant la température. Elles doivent toutes être sorties de terre au bout de 8 jours, les cotylédons sortis du sol, se sont ouverts et la première paire de feuilles apparaît **(HUBERT, 1978).**

4.2. Phase de croissance :

Trois à quatre jours après la levée, les cotylédons commencent à se faner **(PITRAT et FOURY, 2003)**, cinq à six jours après la levée apparaît la première feuille trifoliolée, cinq à sixjours après l'apparition de la première feuille trifoliolée apparaît la deuxième, Au bout d'unmois, le pied de haricot possède une dizaine de feuilles trifoliolées et il a atteint sa hauteurdéfinitive de 30 à 40 cm pour les variétés naines (DUPONT et GUIGNARD, 1989).

4.3. Phase de floraison :

Elle 3 débute semaines à 1 mois environ après le semis. Elle dure 1mois 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).**

4.4. Phase de maturation :

Une fois la taille définitive atteinte, les graines se forment en 15-20 jours. Il faut attendre encore 20 à 30 jours pour que les gousses s'ouvrent d'elles-mêmes, les graines étant mûres.

Le cycle végétatif complet du haricot varie entre 75 et 130 jours **(LECOMTE, 1997).**

5. Les variétés les plus cultivés en Algérie :

- Haricot nain mange tout : Contender, Djedida, Molière.
- Haricot nain à écosser Coco de Prague, Pactole...
- Haricot à rames mange tout : Sidi Fredj, Blanc de juillet.
- Haricot à rames à écosser : Coco blanc, Coco de Prague

6. Les exigences de la culture du haricot :

- **6.1. Exigences climatiques :**

❖ **6.1.1. La température**

Selon **PERON (2006)**, Les haricots verts sont cultivés en zone tempérée comme en zone tropicale. La température optimum pour sa culture est entre 20°C et 25°C. Le zéro végétatif est à 10°c et les fortes chaleurs sont néfastes à la fécondation des fleurs.

Le haricot est une plante de climat chaud, nécessitant donc des températures élevées.

Sa germination n'est normale qu'au-dessus de 14 à 15°C **(CHAUX, 1972).**

Les besoins en températures du haricot durant tout le cycle végétatif soient présentés

dans le tableau suivant :

Tableau 09: Besoins du haricot en température selon les stades de développement **(Centre pour le Développement de l'Horticulture,2012).**

Stade de développement	Besoin en température (°C)
Germination	20 à 25
Végétation	15 à 25
Floraison	15 à 25
Formation des gousses	15 à 30

❖ 6.1.2. Besoins en lumière :

Le haricot est une plante de lumière cultivé à l'ombre, il s'allonge beaucoup et ne donne pratiquement aucune récolte **(Tirilly et Bourgeois, 1999).**

D'après **PERON (2006)**, l'ombrage diminue les rendements. La plante présente une forte sensibilité à l'intensité lumineuse, notamment au moment de la floraison. Une déficience de lumière entraîne l'avortement des fleurs.

❖ 6.1.3. Humidité :

Le haricot exige autant une humidité de l'air que du sol pendant sa végétation et généralement cette espèce (*Phaseolus vulgaris L.*) recommande une humidité d'air de l'ordre de 60 à 70% **(DEVIGNEN, 1986).**

➢ 6.2. Exigences édaphiques :

Le haricot vert s'adapte à de nombreux types de sols : légers à moyennement lourd ou tourbeux, avec un pH neutre ou légèrement alcalin entre 6.5 à 7.5 et un bon drainage. Il est sensible à la forte concentration de la salinité. Les sols les plus propices sont les colluvions, les sols allophanes bien pourvus en matières organiques et les vertisols magnésiens. Les sols ferralitiques acides sont les moins appropriés **(CABURET ET HEKIMIAN, 2003).**

Comme toutes les légumineuses, le haricot vert est une plante relativement exigeante en azote et c'est essentiellement la fixation symbiotique qui permettra de satisfaire ce besoin. Le taux de

fixation peut atteindre 60 à 120 kg d'azote/ha si les conditions édaphiques sont satisfaisantes, principalement au niveau des températures, du pH et des éléments minéraux **(BAUDOUIN et al., 2001).**

❖ 6.3. Les besoins hydriques :

Le besoin en eau de la culture est de 400 mm en plein champ et de 250-300 mm sous serre (avec le goutte-à-goutte). L'utilisation du goutte-à-goutte commence à se généraliser même en plein champ **(SKIREDJ, 2007).**

À partir de la levée, il est indispensable de ne jamais mettre la plante en conditions

de stress hydrique. Les stades levés, floraison et formation des gousses sont particulièrement sensibles **(DCH,2012).**

❖ 6.4. Exigences nutritionnelles :

La culture étant à cycle court, le haricot doit bénéficier d'engrais apportant les éléments sous forme facilement assimilable. Le haricot étant très sensible à la salinité, la fertilisation sera fractionnée durant la culture **(DCH,2012).**

La plante requiert 14 éléments pour compléter son cycle parmi lesquels le carbone (C), l'azote (N), le potassium (K), le calcium (Ca), le magnésium (Mg), le phosphore (P) et le

soufre (S) sont nécessaires en grande quantité **(Maathuis, 2009).**

Le haricot vert, comme toutes les légumineuses dispose de deux voies d'alimentation azotée :

- L'assimilation des nitrates du sol ou des engrais.
- La fixation symbiotique de N2 atmosphérique.

Et tout programme de fertilisation de cette culture ne peut être réussi que lorsqu'il prend en considération cette caractéristique des légumineuses **(SKIREDJ, 2007).**

Azote(N) : un apport de 60 à 80 unités d'azote/ha sous forme d'uréique ou ammoniacale ou nitrique avant ou après le semis, est généralement recommandation une amélioration du rendement **(LAUMONNIER, 1979).**

Phosphore (P_2O_5) : il est favorisé un enracinement solide et un facteur de précocité, son action étant conjuguée a celle de l'azote. Cet élément est essentiel pour la rigidité des tissus, la reproduction, le grossissement des fruits, et la maturation des graines.

Une alimentation convenable en phosphore permet un développement harmonieux des grains des fruits **(FAO,2005).**

Potassium (K_2O) : selon **MASER et al (2002),** le potassium est un élément consomme en quantité importante par les plantes. Il intervient entre autre dans le processus d'osmo-régulation de la cellule **(HELLER et al, 1998)**. Lors d'un stress salin le potassium est mobilisé dans les parties aériennes foliaires **(GUIGNARD, 1998)**. Cet ion K+ joue un rôle important dans l'assimilation chlorophyllienne, elle favorise la synthèse et l'accumulation des glucides; en outre, il donne au tissu une grande rigidité et permet aux plantes de résister aux problèmes de la verse et des maladies cryptogamiques. C'est donc un élément d'équilibre et de santé des plantes **(HELLALI, 2002).**

7. Effet des engrais biologiques sur l'haricot :

D'après les travaux de **RECHID et BOUKHALFA (2015),** ont montré que le jus lombricompost exerce un effet positif sur les paramètres morphologiques et physiologiques du haricot (*Phaseolus vulgaris L*). Les résultats expérimentaux ont révélé une augmentation progressive de la surface foliaire, ainsi qu'une augmentation du poids racinaire, atteignant sa valeur maximale au cours de l'expérimentation.

Les résultats ont montré que l'application foliaire de jus lombricompost donne un meilleur effet sur les paramètres morphologique et l'extrait d'algue pour avoir un système racinaire bien développé.

L'application de jus lombricompost a induit une floraison précoce et a entraîné une augmentation significative du poids des gousses.

Selon **KARBI (2015),** le purin d'ortie a montré un bon effet sur le poids frais des feuilles et des tiges du haricot pour la variété DJADIDA, et bonne résultat sur l'ensemble des paramètres de production à savoir le nombre des gousses par plant (21), le poids des gousses par plant (138.3g) et le rendement par m^2(1136 g) De même il révèle un effet positif sur certains

paramètres de croissance tels que la vitesse de croissance, la hauteur finale, le nombre de feuilles et le poids sec des racines.

8.Les ennemis du haricot :

8.1. Les maladies des haricots :

A l'instar de toutes les espèces de légumineuses le haricot (*Phasiolus vulgaris L.*) est sensible à de nombreuses maladies fongiques, virales et bactériennes.

8.1.1. Les maladies virales :

Mosaïque commune du haricot, BCMV (Bean Common Mosaic Virus) ou également appelé (virus I). il est héréditaire chez le haricot et est transmis par les pucerons à partir de légumineuses vivaces malades, notamment la luzerne, le trèfle et la vesce. L'infection primaire de la maladie est habituellement assurée par la graine **(Tu, 1984).**

les plantes malades ont une faible croissance et produisent peu de gousses qui mettent plus de temps à être à maturité. De très fortes chutes de rendement (jusqu'à 100%) peuvent être observées **(Bernier, 2011).**

Conditions favorables : températures optimales entre 20 et 25°C. Les symptômes dus à l'hypersensibilité apparaissent lors de fortes températures de 26 à 32°C **(Bernier, 2011).**



Figure 16 : Symptômes sur feuille de la mosaïque commune du haricot.

8.1.2. Les maladies bactériennes :

Trois types de graisses se rencontrent sur haricot. Elles sont provoquées par des attaques de bactéries, transmises par les semences *: Graisse à Pseudomonas* ; *Graisse à Xanthomonas* et Graisse bactérienne ou Brown spot. L'infection se traduit par l'apparition de taches huileuses de couleur jaune-orangé sur les feuilles, les gousses et les graines. La prévention passe par l'utilisation de semences saines **(Belaadi, 2014).**

Cycle biologique général :

La maladie est transmise d'une année sur l'autre par les semences. La propagation d'une plante à l'autre se fait en fonction des intempéries et de la circulation des travailleurs et du matériel agricole dans la parcelle quand les plantes sont mouillées. Les deux bactéries (*Pseudomonas et Xanthomonas*) passent l'hiver dans les résidus de culture. Une infection secondaire peut se faire par la pluie et les éclaboussures de boues **(Bernier, 2011).**

Conséquences : l'infection des feuilles en début de saison affecte le rendement en diminuant le couvert et nuit à la vigueur de la plante **(Bernier, 2011).**

8.1.3. Maladies fongiques :

Plus de 40 maladies fongiques s'attaquent au haricot.

- Anthracnose du haricot : L'anthracnose du haricot, causée par le champignon Colletotrichum lindemuthianum, est répandue presque mondialement **(Tu, 1984).**
- Mode d'infection : La contamination primaire est réalisée par les propagules du champignon que transporte la graine ou, dans une moindre mesure, la paille du haricot **(Tu, 1984).**
- Moisissure blanche: La moisissure blanche, aussi connue sous le nom de pourriture ou de flétrissure sclérotique, est causée par le Scleroîinia scierotiorum **(Tu, 1984).**
- Mode d'infection : L'infection primaire est assurée par les spores que libèrent des organes de fructification minuscules (mesurant entre 2 et 5 mm) en forme d'entonnoir (*apothécies*), champignons vénéneux miniatures produits par les sclérotes enfouis près de la surface du sol **(Tu, 1984).**

9.Importance de la culture des haricots :

9.1. Importance agronomique :

Utilisé avec d'autres légumineuses dans les systèmes des rotations et d'associations culturales avec d'autres cultures notamment les céréales dans le but d'assurer la meilleure efficacité d'utilisation des ressources en azote **(Canado et al, 2003).**

9.2. Importance Nutritionnelles :

Le haricot commun (*Phaseolus vulgaris L.*) est le plus consommé dans le monde. Il dispose d'une haute qualité nutritionnelle. riche en protéines et en vitamines. Les haricots secs ont une teneur en protéine élevée et représentent une excellente source de fibres, de glucides, de vitamines et de minéraux (particulièrement le potassium, le calcium, le magnésium, le cuivre, le fer, le zinc) **(GORDON, 2004).**

Des recherches médicales montrent que 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 **(Benchamma et Bouacha,2020).**

Partie II:
Partie expérimentale

Chapitre III:

Matériels et méthodes

- **Matériels et méthodes :**

1. Localisation Géographique de la zone d'étude :

La zone d'étude correspond à la wilaya de Skikda, située au Nord-est algérien, couvrant une surface totale de 4137,68 km 2. Elle est comprise entre 36°05' et 36°15' de latitude Nord et entre 7°15' et 7°30' Est des longitudes. Localisée entre l'Atlas Tellien et le littoral méditerranéen, elle dispose de 140 km de côtes qui s'étalent de la Marsa à l'est jusqu'à Oued Z'hour à l'ouest. Elle est limitrophe avec les wilayas d'Annaba, Guelma, Constantine, Mila et Jijel (carte 1).

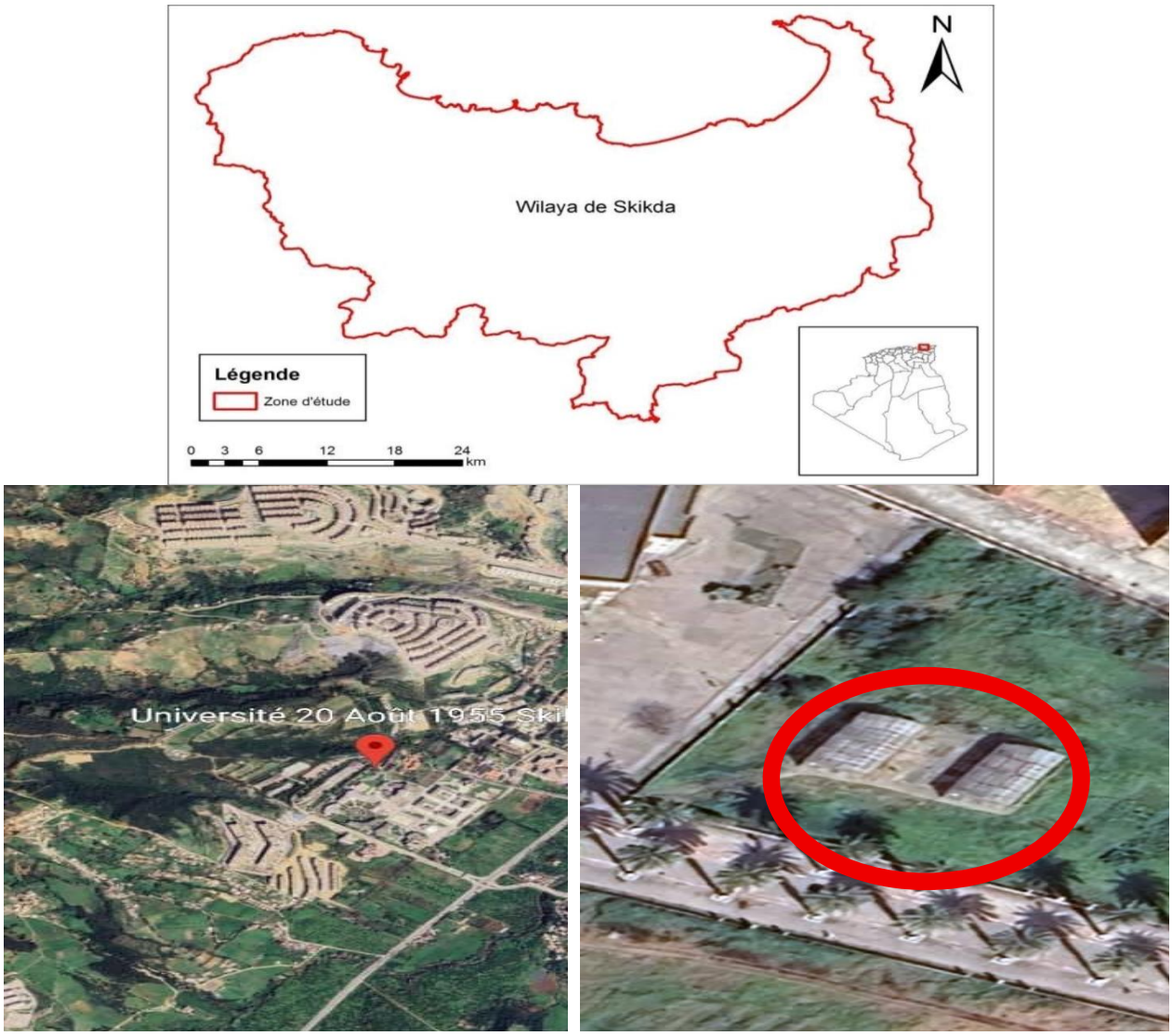


Figure 17 : Localisation géographique de la zone d'étude

1.1. Site et conditions expérimentales :

➢ 1.1.1. La serre pédagogique :

L'essai a été conduit au niveau de la serre pédagogique de l'université de 20 Aout 1955 Skikda (36°51'06.1"N, 6°53"26.7"). La serre utilisée est de type tunnel en plastique, avec une armature métallique. Elle est ventilée naturellement par des ouvertures latérales, sans chauffage ni climatisation artificielle.

Les conditions climatiques à l'intérieur de la serre semi-contrôlées permettant de limiter l'influence des facteurs climatiques extérieurs et d'assurer une croissance régulière des plantes durant la période de l'expérimentation de décembre à Juin ont été globalement stables,
Elle protège les plantes contre les variations climatiques extérieures telles que les fortes pluies, les vents, les températures extrêmes ainsi que la propagation des ravageurs. Elle permet également un meilleur contrôle de la température, de l'humidité et de l'irrigation, tout en assurant des conditions de croissance homogènes pour l'ensemble des traitements étudiés.



Figure 18 : de la serre pédagogique de l'université. **(Notre source)**

Dans le cadre de cette étude, la serre a garanti une croissance saine des plants de haricot durant toute la période expérimentale et a réduit l'influence des facteurs environnementaux susceptibles d'affecter l'évaluation de l'efficacité du purin de figuier de barbarie.

➢ 1.1.2. Laboratoire de l'université :

Une partie du travail expérimental a été réalisée au laboratoire de l'université, où ont été effectuées les analyses physicochimiques du sol ainsi que du purin de cladodes de figuier de barbarie. Le laboratoire dispose d'équipements adaptés permettant d'obtenir des mesures précises et fiables, notamment le pH-mètre et le conductimètre.

Il a également servi à la préparation du matériel expérimental, au traitement et à l'ajustement des échantillons, ainsi qu'à la collecte et à l'enregistrement des données nécessaires à l'étude. Ces analyses constituent une étape essentielle pour assurer la validité scientifique de l'expérimentation et permettre une interprétation rigoureuse des effets des différents traitements appliqués à la culture du haricot (Phaseolus vulgaris L.).

2.Matériel utilisés :

2.1. Matériel végétal :

- L'espèce étudie dans notre expérimentation est le haricot vert (Phaseolus vulgaris. L) appartenant à la famille des Fabaceae plante herbacée à croissance rapide . Les semences utilisées sont de la variété EL DJADIDA elle est d'origine chinoise. les graines présentent un taux de germination de 85 % et une pureté de 99 %, garantissant une bonne qualité semencière , ils ont récoltés en 2023.



Figure 19 : Les information de la variété utilisée dans l'essai. **(Notre source)**

- Les caractéristiques de la variété EL DJADIDA :

-Variété naine de type mangetout.

- Bonne vigueur.

- Feuilles longues de couleur verte claire à fleurs blanches.

- Gousses de longueurs moyennes (16 cm), et de diamètre de (10 mm) à couleur verte foncée sans fil.

Justification du choix :

Le haricot est une espèce modèle idéale pour l'évaluation de l'effet du purin étudiés. Son choix de se justifie pour :

- Importance agronomique et alimentaire élevée.
- Cycle de croissance relativement court (50 à 70 jours selon les conditions de culture et la variété).
- Sensibilité aux traitements fertilisants.
- Réponse rapide aux apports nutritifs.
- Facilité de mesure des paramètres de croissance (hauteur, diamètre, feuilles, fleurs et gousses).
- Espèce adaptée à l'évaluation de l'effet des fertilisants organiques et chimiques.

➢ Le matériel végétal utilisé dans notre expérimentation pour la préparation du purin est constitué de cladodes (raquettes) jeunes et saines de figuier de barbarie (Opuntia ficus-indica). Les raquettes utilisées dans cette expérimentation collectées dans la commune de Sidi Mezghiche (03/12/2025).



Figure 20 : les raquettes de figuier de barbarie. **(Notre source)**

Justification du choix :

- Ressource locale facilement accessible.
- Faible coût de production.
- Richesse en matière organique et en éléments nutritifs.
- Utilisation comme fertilisant naturel respectueux de l'environnement.
- Présence de composés bioactifs favorisant la croissance des plantes.
- Contribution à la réduction de l'utilisation des engrais chimiques.
- Contribution au développement d'une agriculture durable.

2.2. Matériels de mesure de paramètres de croissance :

- Balance électronique de précision : : utilisée pour mesurer avec précision le poids des gousses, des graines et de la biomasse végétale.

- Pied à coulisse permet de mesurer le diamètre de la tige du haricot.

-Règle graduée pour mesurer la hauteur de la tige de haricot et la longueur du système racinaire.



Figure 21 : Matériel de mesure de paramètres de croissance**. (Notre source)**

2. 3. Matériels de statistique :

L'analyse statistique des données a été réalisée à l'aide de deux logiciels : **Microsoft Excel,**

utilisé pour le calcul des moyennes, ainsi que pour la mise en forme des tableaux et graphiques et Le Calcul **des écarts-types (SD)** pour évaluer la dispersion des données, notamment l'analyse de la variance (ANOVA) à un facteur, permettant de comparer les moyennes entre les différents traitements et d'évaluer la significativité des différences observées et **SPSS (Statistical Package for the Social Sciences)**, utilisé pour effectuer les tests statistiquesg.

3.Méthodes utilisée :

3.1. Purin du figuier de Barbaries :

-Sélection et récolte des raquettes jeunes et saines.

-Nettoyage et découpe les raquettes en petits morceaux pour faciliter l'extraction.

-Dans un bidon en plastique propre et hermétiquement tremper le matériel végétal dans un solvant (eau de puits et eau de pluie). Afin d'obtenir les concentrations suivants (50% et 25%).

-Dans un autre bidon propre et hermétiquement, introduire les petits morceaux des raquettes. Pour obtenir la concentration (100% de l'extrait).

-On a effectué la filtration du mélange pour éliminer les particules solides.

La préparation du purin des cladodes de figuier de barbarie commencée le (03/12/2025), et on a pu obtenir le purin après 4 mois à basse température.



Figure 22 : macération des raquettes (03/12/2025) **(notre source)**



Figure 23: purin des raquettes après fermentation (01/04/2026)

3.2. Caractérisation chimique de l'extrait :

3.2.1. Mesure le potentiel hydrogène (Ph) :

Le ph des différentes concentrations du purin (100%,50%,25%). a été déterminé à l'aide d'un pH-mètre.

3.2.2. Conductivité électrique (CE) :

Par un conductimètre mesuré la conductivité électrique des différentes concentrations de l'extrait **(µS/Cm)**

3.3. Analyses et correction des caractéristiques physicochimiques du purin :

Après la fermentation du purin, nous avons mesuré le pH et la conductivité électrique (CE) afin de vérifier sa compatibilité avec la culture du haricot. Les résultats ont montré que le pH du purin était relativement acide. Comme le haricot possède un système racinaire très sensible, une correction a été réalisée par l'ajout de calcium. Cependant, l'ajout de calcium a provoqué une légère augmentation de la conductivité électrique (salinité). Afin d'obtenir des valeurs adaptées à la croissance des plantes, une dilution à l'eau distillée a été effectuée. Après ajustement, les valeurs du pH et de la CE sont devenues compatibles avec les exigences du haricot, permettant ainsi l'utilisation du purin pour l'application des différents traitements.

Un suivi régulier des caractéristiques physicochimiques du purin a été réalisé avant chaque application. Au cours de la troisième phase, une augmentation de la conductivité électrique (CE) a été observée, traduisant une élévation de la salinité du purin. Afin de maintenir des conditions favorables au développement des plants, une correction a été effectuée par dilution à l'eau distillée. Après ajustement des valeurs de pH et de CE, les traitements ont été poursuivis normalement jusqu'à la fin de l'expérimentation.

3.4. Test de germination :

Le test de germination est très important pour évaluer la faculté germinative (taux de germination) d'un lot de semences.

 Disposer une ou deux couches de papier buvard au fond du trois contenants, avec un covercle transparent.

 Humidifier avec une pipette. Sans détremper les semences pour éviter les risques de pourriture.

 Placer 50 semences par chaque contenant, de manière homogène sur le papier. Elles ne doivent pas se toucher.

 Placer les contenant dans un environnement chaud, humide et le plus souvent à l'obscurité avec un couvercle transparent pour garder l'humidité et créer un microclimat. La température doit idéalement être comprise entre 18°C.

Hydrater le papier absorbant tous les deux jours environ (quand le papier commence à se dessécher) en prenant soin de ne pas le détremper.



Figure 24 : Un échantillon de test de germination. **(Notre source)**

 Compter les plantules en les enlevant, tous les 3-4 jours selon l'avancée de la germination. Le plus souvent, le test prend fin après 1, 2 ou 3 semaines en fonction de l'espèce et de la température.

Lors de la lecture du test, il faut compter: Les semences germées et normales pour calculer le taux de germination par la relation suivante :

$$\frac{\textbf{Nombre de semences germées}}{\textbf{Nombre de semences testées}} \times 100 \qquad \frac{150}{150} \times 100 = 100\%$$

3.5. Préparation du sol et semis : (15/03/2026)

Dans des sachets de culture en polyéthylène de couleur sombre ayant une capacité denviron 2kg et des orifices de drainage, et chaque sachet mesure 29.5 cm de longueur et 19 cm de largeur, nous mettons un substrat composé de 50% sol de terrain d'une taille de 2mm et de 50% perlite pour améliorer la perméabilité.

3.6. Dispositif expérimental :

Nous avons choisi le dispositif expérimental en randomisation totale de cinq (05) traitements et cinq (05) répétition.

Le facteur étudié est (fertilisation avec le purin de figuier de barbarie) nous avons mis en place cinq (05) traitements expérimentaux avec cinq (05) répétitions :

T0 : haricots traités uniquement avec de l'eau (témoin).

T1 : Haricots traités avec un engrais chimique solide **NPK (15,15,15)**.

T2 : haricots traités avec l'extrait de raquettes de figuier de Barbaries de concentration 100%.

T3 : haricots traités avec l'extrait de raquettes de figuier de Barbaries de concentration 50%.

T4 : haricots traités avec l'extrait de raquettes de figuier de Barbaries de concentration 25%.

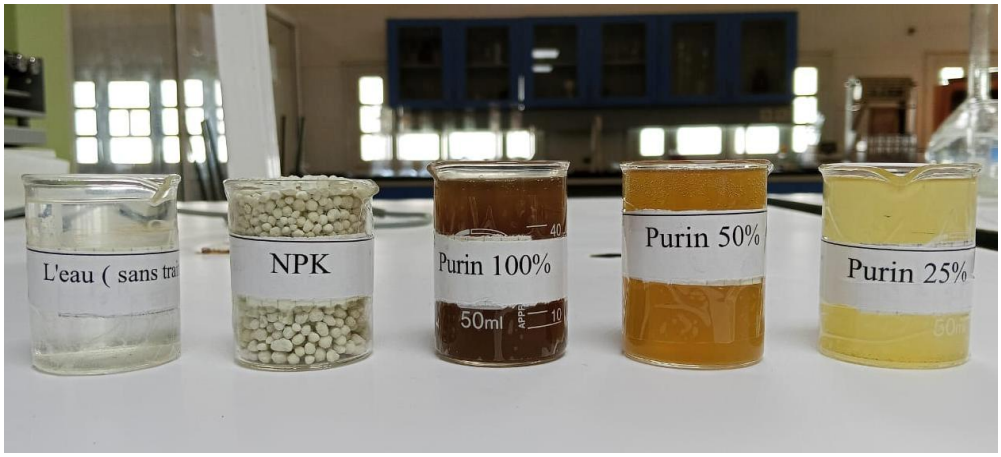


Figure 25 : Les différents traitements utilisés dans l'expérience **(T0, T1, T2, T3, T4).**

(Notre source)

La première application de ces traitements s'est effectuée 10 jours avant la floraison (21/04/2026). Suivi de traitements successifs réalisés avant chaque phase de cycle biologique de la plante.

- Chaque plante traitée par les traitements **T2, T3, T4** doit recevoir **100 ml** de l'extrait**.**
- Les plantes traitées par le traitement **T1** porté une dose de **5 g** d'engrais.
  Dans notre expérience on compare l'effet de purin des cladodes de figuier de barbarie de différentes concentrations avec engrais chimique et témoin.

T2 R3	**T4R3**	**T0R4**	**T1R1**	**T3R5**
T4R4	**T3R3**	**T0R1**	**T2R2**	**T1R5**
T1R2	**T2R4**	**T3R4**	**T4R5**	**T0R2**
T0R5	**T4R1**	**T1R3**	**T2R5**	**T3R1**
T3R2	**T1R4**	**T2R1**	**T0R3**	**T4R2**



Figure 26: Dispositif expérimental. **(Notre source)**

3.7.Paramètres agro physiologiques étudiés :

❖ 3.7.1. Paramètres de croissance :

□ Hauteur de la tige des plantes (cm) :

La hauteur de la tige est mesurée à partir du collet à la cime de la tige de chaque plant en **cm**.

□ Diamètre de la tige des plantes (cm) :

Les mesures du diamètre de la tige de chaque plante à l'aide d'un Pied à coulisse.

❖ "Taux de croissance en diamètre et en hauteur de la tige".

□ **Nombre de feuilles :** comptage manuel.

□ Biomasse fraîche :

Consiste à peser la plante complète (partie racinaire et la partie aérienne) à l'état frais juste après l'arrachage.

□ Développement racinaire :

Évaluer l'architecture racinaire et la vigueur des racines, et mesurer la longueur des racines en cm.

- **3.7.2. Paramètres physiologiques :**
- **3.7.3. Paramètre phénologique :**

Date de début floraison :(30/04/2026).

Ce caractère est très important dans la production de n'importe quelle culture puisqu'il exprime la précocité à la floraison. Nous avons procédé au comptage de nombre de jours écoulés de la date de plantation jusqu' à l'apparition des premières fleurs.

Date de début de nouaison : (10/05/2026).

3.8. Analyse des composantes de rendement :

Ces mesures sont essentielles pour quantifier l'impact de l'extrait sur la production agricole.

**Nombre de gousses par plante : Compter le nombre moyen de gousses produites par plante.

**Nombre de graines par gousse : Déterminer la moyenne des graines par gousse.

**Poids de 1000 graines : Un indicateur de la taille et de la qualité des graines.

**Rendement total par parcelle : Calculer le rendement en graines (kg/ha) à la récolte.

3.9. Caractéristiques physicochimiques de sol :

Prélèvement d'échantillon du sol :

L'échantillon du substrat est prélevé, séché à l'aire libre pendant quelques jours, puis tamisé dans un tamis de 2mm afin d'éliminer les résidus et élément grossiers.



Figure 27 : Séchage et tamisage de sol. **(Notre source)**

- **Analyses physico-chimiques du sol :**

3.9.1. Analyses chimiques :

- ✓ **a. Mesure du pH :**

Le pH est mesuré par électrométrie, en utilisant un pH-mètre.

Le sol est mis en suspension dans l'eau distillé (pH eau), par un rapport de 1 / 2.5.

- Protocole du pH suivi :

 Peser 10 g du sol.

 Ajouter 25 ml d'eau distillée dans un bécher de 100 ml.

 Agiter pendant 15 minutes avec un agitateur magnétique.

 Laisser reposer 15 minutes.

Mesurer le pH à l'aide d'un pH mètre.

- ✓ **b. Conductivité électrique " CE " :**

Le sol mis en suspension dans l'eau distillé par un rapport de 1/5.

- Protocole du (CE) :

 Peser 10 g du sol.

 Ajouter 50 ml d'eau distillée dans un bécher de 100 ml.

 Agiter pendant 15 minutes avec un agitateur magnétique.

 Laisser reposer 15 minutes.

Mesurer la CE à l'aide d'un conductivimètre. **(µS/Cm)**

3.9.2. Analyses physiques :

- ✓ **a. Matière organique :**

La teneur du sol effectué par La méthode de Walkley-Black Cette méthode repose sur une oxydation chimique du carbone organique par dichromate de potassium($K_2Cr_2O_7$) en milieu fortement acide(H_2SO_4).

La MO est calculée selon la relation suivante :

$$\mathbf{MO\ (\%)} = \frac{(\mathbf{M_2 - M_3})}{(\mathbf{M_1 - M_0})} \times \mathbf{100}$$

- Protocol du (MO):

Prélever un échantillon de sol du terrain puis a été séché a l'air libre pendant 24 heures. L'échantillon de sol doit être broyé et tamisé à 2 mm pour cette Méthode :

 Ajouter 10g de sol séché**: (M0).**

 Sécher l'échantillon de sol pendant une 24 H à L'étuve à 105°C puis laisser refroidis au dessiccateur pendant 10 minutes et noter le poids final **:(M1).**

 Calciner le sol au four à moufle à 250°C pendant 4 heures et laisser refroidis dans un dessiccateur et noter le poids final **:(M2).**

 Calciner une autre fois le sol au four à moufle à 450 pendant 4 heures, laisser refroidis dans un dessiccateur et noter le poids final **:(M3).**

3.10. Analyses statistiques des données :

- **ANOVA (Analyse de la Variance)** : a été appliqueé Pour déterminer si les traitements ont un effet significatif sur les paramètres mesurés. Lorsque l'ANOVA indiquait une significativité($p<0.05$), un test post-hoc de comparaison miltiple (test de Tukey / test LSD) ont été effectués afin de déterminer les traitements qui diffèrent entre eux. Ce
- Traitement statistique permet d'assurer la validité des conclusions en identifiant objectivement les effets réels des différents traitements sur les paramètres étudiés

Chapitre IV:

Résultats et discussion

1. Résultats des analyses au laboratoire :

1. 1. Analyses chimiques du sol :

Tableau 10 : Résultats des analyses chimiques du sol.

Paramètre	Sol
PH	
CE (mmhos**/cm)**	
Matière organique (٪)	

Le pH du sol est de 7,32, ce qui indique un sol légèrement alcalin. Cette valeur est favorable à la culture du haricot vert et permet une bonne disponibilité de la plupart des éléments nutritifs.

La conductivité électrique est de 1,814 mS/cm, indiquant une salinité faible à modérée. Cette valeur reste compatible avec une bonne croissance des plantes et ne présente pas de risque important de stress salin.

La teneur en matière organique est de 3,1 %, ce qui traduit un sol moyennement riche en matière organique. Cette teneur contribue à améliorer la fertilité du sol et à assurer un apport satisfaisant en éléments nutritifs.

1.2. Analyses et correction des caractéristiques physicochimiques du purin :

Tableau 11 : Caractéristiques chimiques du purin avant et après correction lors de la première phase d'application

Traitement	pH avant	CE avant	Correction appliquée	pH après	CE après
Purin 100 %	5.69	1.886	+ 2 g de Ca + 100 mL d'eau distillée	6.75	1.891
Purin 50 %	5.48	1.221	+ 2,9 g de Ca	6.7	1.425
Purin 25 %	6.8	1.896	Aucune correction	6.8	1.896

Les analyses réalisées durant la première phase montrent que les purins à 100 % et 50 % présentaient un pH acide nécessitant une correction par ajout de calcium. Cette correction a permis d'obtenir des valeurs de pH comprises entre 6,70 et 6,75. Une légère augmentation de la conductivité électrique a été observée, mais seule la concentration à 100 % a nécessité une dilution à l'eau distillée afin de ramener la CE à une valeur compatible avec les exigences du

haricot vert. En revanche, le purin à 25 % présentait des caractéristiques satisfaisantes et n'a nécessité aucune correction.

Tableau 12 : Évolution de la conductivité électrique du purin lors de la troisième phase d'application.

Traitement	CE avant correction	CE après correction
Purin 100 %	7.23	2.11
Purin 50 %	8.57	2.05
Purin 25 %	4.32	1.902

Dans la troisième phase, une augmentation importante de la conductivité électrique (CE) a été observée pour les trois concentrations du purin, tandis que le pH est resté stable et compris entre 6,70 et 6,80. Une dilution à l'eau distillée a permis de réduire efficacement la CE à des valeurs compatibles avec les exigences de la culture du haricot vert, assurant ainsi la poursuite normale des traitements jusqu'à la fin de l'expérimentation.

1.3. Analyses chimiques du sol à la fin de l'expérimentation :

Tableau 13 : Caractéristiques physicochimiques du sol (pH et CE) à la fin de l'expérimentation.

Traitement	PH	CE
T0	7.44	2.29
T1	6.1	2.3
T2	7.76	2.2
T3	7.84	2.22
T4	7.78	2.17

Les résultats montrent que le pH du sol à la fin de l'expérimentation variait entre 6,10 et 7,84 selon les traitements. La conductivité électrique (CE) est restée relativement stable, avec des valeurs comprises entre 2,17 et 2,30 mS/cm. Dans l'ensemble, les traitements appliqués n'ont pas provoqué de modifications importantes des caractéristiques physicochimiques du sol.h

2. L'effet des différents traitements sur les paramètres agro physiologiques du haricot :

2.1. L'effet des différents traitements sur l'évolution de diamètre des plantes :

Les résultats relatifs à l'évolution du diamètre des plantes en fonction du temps dans les différents traitements ont révélé des valeurs relativement proches entre les traitements. Toutefois, le diamètre moyen le plus élevé a été observé chez les plantes traitées avec l'engrais, atteignant 0,42 cm. Ce traitement est suivi par le traitement T3 avec un diamètre moyen de 0,40 cm, puis par le traitement T4 (0,39 cm) et le traitement T2 (0,37 cm). En revanche, le plus faible diamètre moyen a été enregistré au niveau du témoin, avec une valeur de 0,34 cm.

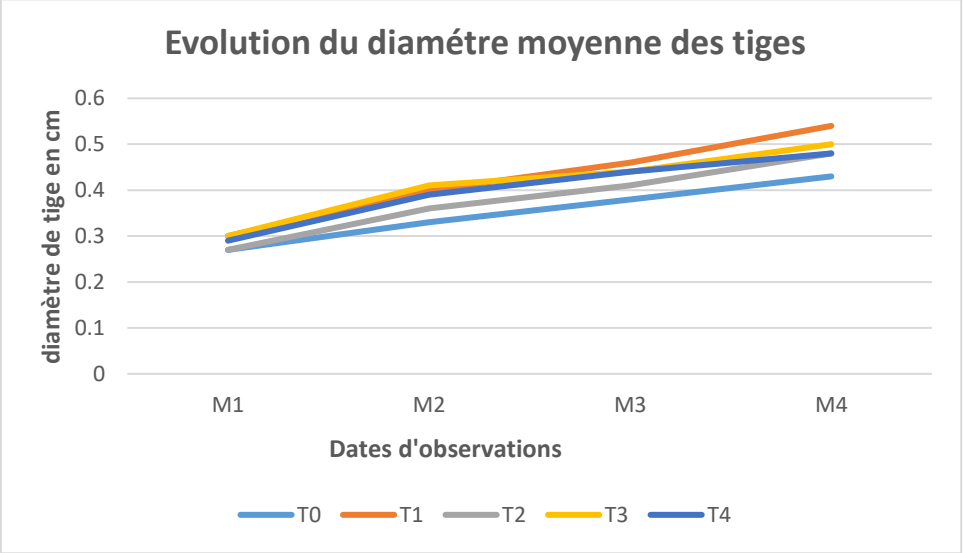


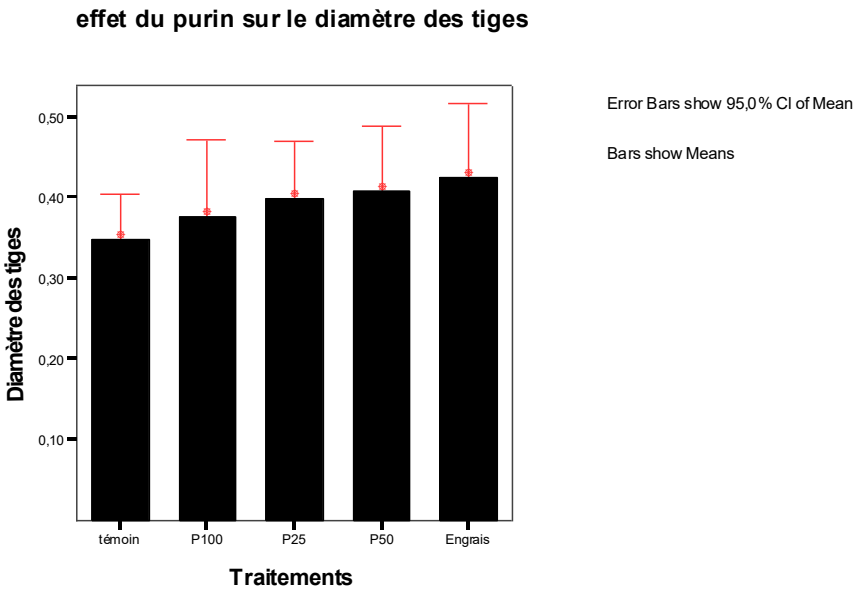
Figure28 : l'évolution du diamètre des plantes de chaque traitement en fonction du temps.

Tableau 14: L'analyse descriptive des diamètres des plantes pour chaque traitement.

Traitements	Diamètre moyen	Diamètre minimale	Diamètre maximal	F_{obs}	P valeur
Témoin	0.34±0.020	0.30	0.42	1.043	0.410
Engrais	0.42±0.03	0.35	0.55		
Purin 100%	0.37±0.03	0.32	0.50		
Purin 50%	0.40±0.02	0.32	0.48		
Purin 25%	0.39±0.25	0.33	0.48		

Bien que le traitement à l'engrais ait présenté le diamètre moyen le plus élevé (0,42 cm) et le témoin le plus faible (0,34 cm), l'analyse de la variance (ANOVA) indique que les différences observées entre les traitements ne sont pas statistiquement significatives ($p > 0,05$). Par

conséquent, aucun traitement n'a montré une supériorité significative par rapport aux autres quant à l'évolution du diamètre des plantes.



2.2. L'effet des différents traitements sur l'évolution de la hauteur des plantes :

La hauteur la plus élevée a été enregistrée chez les plants traités avec l'engrais (T1), avec une valeur maximale de 30,25 cm. En revanche, le témoin (T0) a présenté la hauteur la plus faible, avec une valeur maximale de 24,85 cm. Les traitements à base de purin de figuier de barbarie (100 %, 50 % et 25 %) ont montré des valeurs intermédiaires, comprises entre 23,05 cm et 25,62 cm. Au cours des différentes périodes d'observation, la hauteur des plantes a augmenté progressivement pour l'ensemble des traitements, traduisant une croissance continue des plants. Cette évolution indique que tous les traitements ont favorisé la croissance en hauteur, bien que le traitement à l'engrais ait présenté les valeurs les plus élevées.

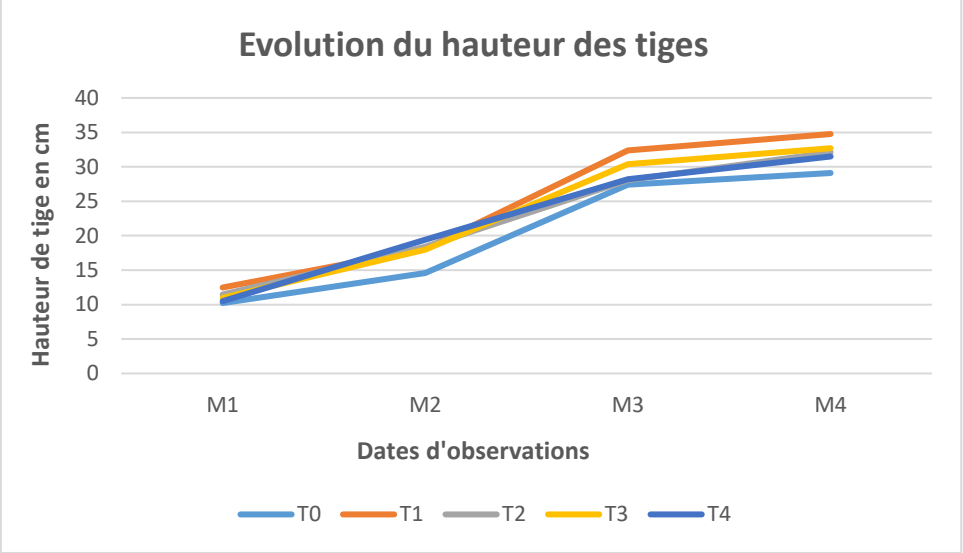


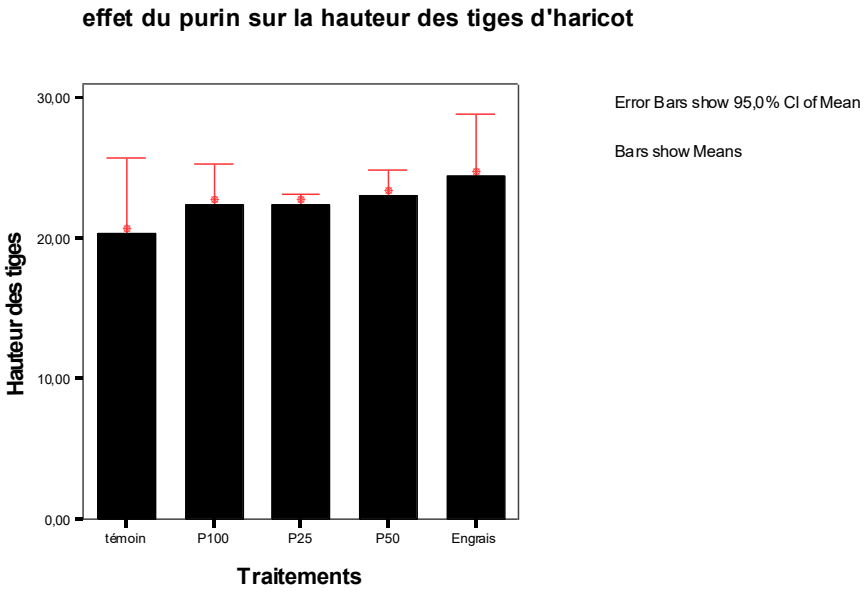
Figure 29 : l'évolution de la hauteur des plantes de chaque traitement en fonction du temps.

Les résultats montrent que le traitement au fertilisant a présenté la hauteur moyenne la plus élevée (24,43 cm), avec une hauteur maximale de 30,25 cm, tandis que le traitement témoin a enregistré la plus faible hauteur moyenne (20,32 cm) et une hauteur maximale de 24,85 cm. Les traitements à base de purin végétal à 50 %, 25 % et 100 % ont présenté des valeurs intermédiaires, avec des hauteurs moyennes de 23,00 cm, 22,39 cm et 22,34 cm, respectivement. Les hauteurs minimales variaient de 14,62 cm pour le témoin à 21,55 cm pour le traitement au purin végétal à 25 %.

Tableau 15 : L'analyse descriptive de la hauteur des plantes pour chaque traitement.

Traitements	Hauteur moyen	Hauteur minimale	Hauteur maximal	F_{obs}	P valeur
Témoin	20.32±1.92	14.62	24.85	1.406	0.268
Engrais	24.43±1.56	21.12	30.25		
Purin 100%	22.34±1.06	18.97	25.62		
Purin 50%	23.00±0.65	21.32	24.62		
Purin 25%	22.39±0.24	21.55	23.05		

L'analyse de la variance (ANOVA) n'a révélé aucune différence statistiquement significative entre les traitements concernant la hauteur des plantes ($F = 1,406$; $p = 0,268 > 0,05$). Ces résultats indiquent que, malgré une légère supériorité du traitement au fertilisant, les différents traitements ont présenté des performances comparables et n'ont pas exercé d'effet significatif sur la croissance en hauteur des plantes.



2.3. Effet des traitements sur l'évolution des nombres des feuilles :

Les résultats de l'expérimentation montrent une évolution progressive du nombre de feuilles chez l'ensemble des traitements de M1 à M4, avec une variabilité notable dans l'intensité de la croissance. Le traitement T1 (fertilisation NPK) présente la meilleure performance végétative, avec une augmentation du nombre de feuilles d'environ 20 à plus de 45 feuilles, traduisant une réponse forte liée à la disponibilité des éléments nutritifs essentiels. En revanche, les traitements T2 et T3 présentent une croissance intermédiaire, tandis que le traitement témoin T0 reste aux niveaux les plus faibles tout au long de la période expérimentale.

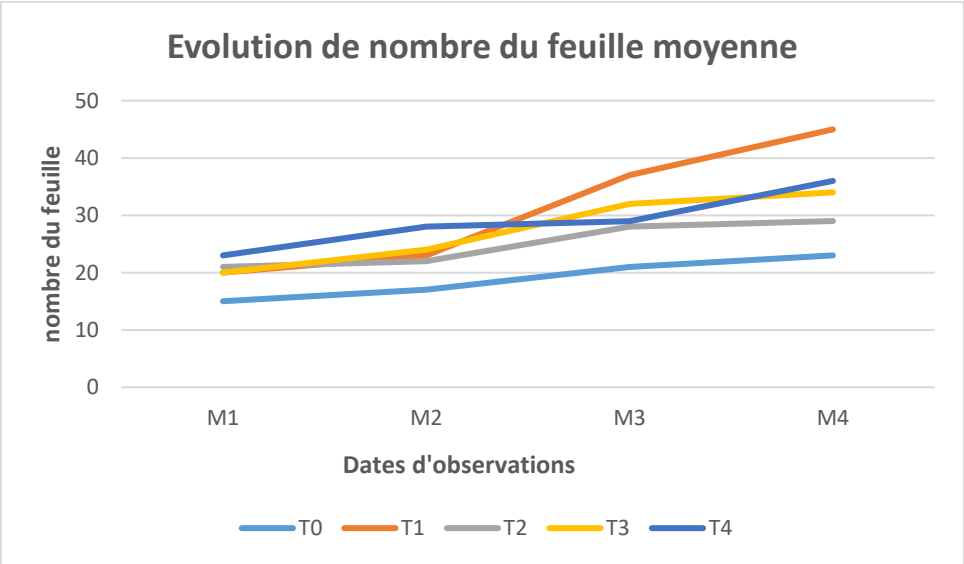
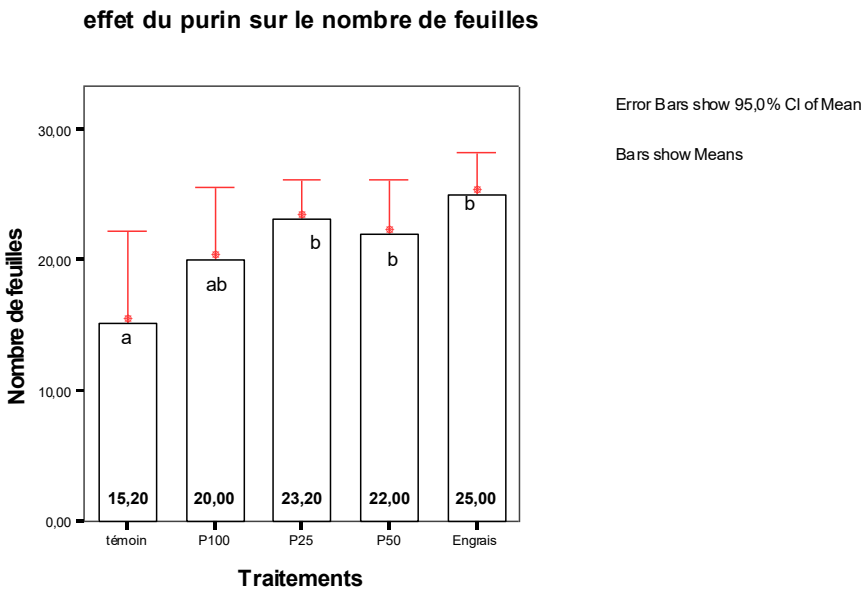


Figure 30 : l'évolution des nombres des feuilles par plante de chaque traitement en fonction du temps.

Tableau 16 : L'analyse descriptive de nombre de feuilles des plantes pour chaque traitement.

Traitements	Moyenne	Valeur minimale	Valeur maximal	F_{obs}	P valeur
Témoin	15.2±2.53	9	24	4.618**	0.008
Engrais	25.0±1.18	21	28		
Purin 100%	20.0±2.02	15	25		
Purin 50%	22.0±1.48	18	27		
Purin 25%	23.2±1.06	20	26		

L'analyse de la variance (ANOVA) met en évidence un effet significatif des traitements sur le nombre de feuilles (Fobs = 4,618 ; p = 0,008 < 0,05), indiquant que les différences observées entre les modalités sont statistiquement significatives. Les a]nalyses post-hoc apportent ensuite une précision sur ces différences. Le test de **Tukey HSD** montre que le témoin diffère significativement de l'engrais et du purin 25 %, tandis qu'aucune différence significative n'est observée entre les autres comparaisons (Engrais, P100, P50), suggérant une certaine homogénéité entre les traitements fertilisés. De plus, le test de **Dunnett** confirme que les traitements Engrais, P25 et P50 présentent des différences significatives par rapport au témoin, alors que le P100 ne montre pas de différence significative. Globalement, ces résultats indiquent que la fertilisation améliore significativement la croissance foliaire par rapport au témoin, avec une efficacité plus marquée pour l'engrais et le purin dilué à 25 %.



2.4. Effet des traitements sur le nombre de fleurs :

Le nombre de fleurs par plant varie considérablement d'un traitement à l'autre. La moyenne la plus élevée est obtenue avec le traitement du purin 50% atteignant 14.40 par plant. Ce résultat

est nettement supérieur à ceux des autres traitements. Le traitement d'engrais suive avec de moyenne respective de 12.20 fleurs, indique un effet positif.

En revanche, les traitements de purin 100% et purin 25% indiquant un effet positif mais moins marque. Le traitement témoin généré un développement foliaire plus réduit, avec une moyenne respective de 4.80 fleurs par plant, ce qui souligne une croissance productive limitée.

Tableau 17 : L'analyse descriptive de nombre de fleurs par plante pour chaque traitement.

Traitements	Moyenne	Valeur minimale	Valeur maximal	F_{obs}	P valeur
Témoin	4.80±1.93	0	10	2.934*	0.046
Engrais	12.20±2.28	9	16		
Purin 100%	10.60±3.29	3	19		
Purin 50%	14.40±1.43	11	19		
Purin 25%	10.40±1.80	4	14		

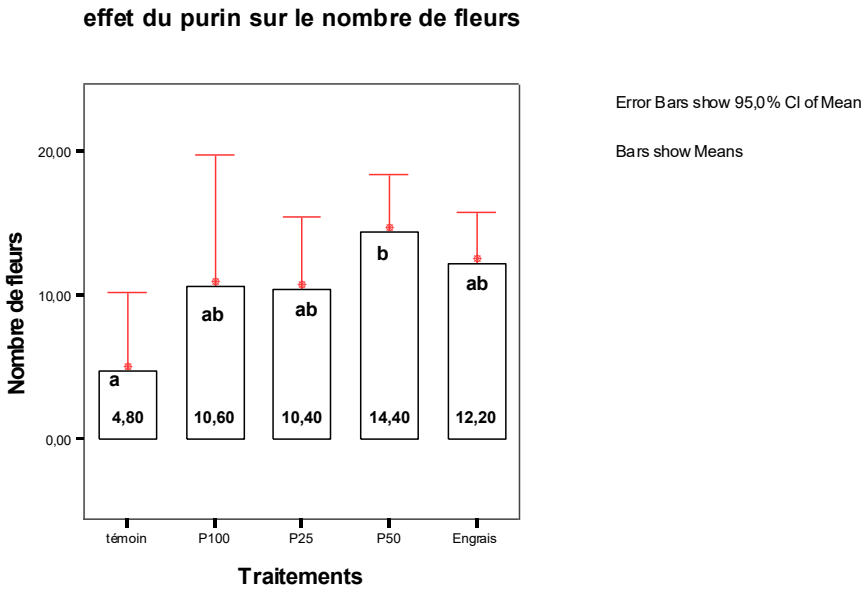
L'ANOVA indique que les différences observées sont statistiquement significatives (F = 2.934 P = 0.046<0.05).

Sur la base des tests post-hoc :

Les résultats indiquent que le traitement P50 est le seul à présenter un effet significatif positif par rapport au témoin selon les tests de **Tukey HSD** et de **Dunnett**. Le test de **LSD** confirme également l'existence de différences significatives entre certaines modalités, tout en montrant que les autres traitements (Engrais, P100 et P25) ne présentent pas d'effet significatif clair. Ainsi, P50 demeure le traitement le plus efficace pour améliorer la production florale dans cette étude.

Cette supériorité du traitement P50 peut s'expliquer par un niveau optimal du facteur appliqué, ayant permis d'améliorer l'équilibre nutritionnel de la plante et de stimuler efficacement la floraison. Le nombre de fleurs étant un indicateur direct de la performance reproductive, son augmentation traduit une amélioration de la productivité de la plante.

En revanche, la faible réponse de certains traitements pourrait être liée à des concentrations non optimales (trop faibles ou trop élevées), n'ayant pas permis de déclencher un effet significatif. Ainsi, le traitement P50 apparaît comme le plus efficace pour optimiser la production florale dans les conditions expérimentales étudiées.



2.5. Effet des traitements sur le nombre de gousses:

Le nombre de gousses par plante a varié en fonction des traitements appliqués. La moyenne la plus élevée a été obtenue avec le traitement au purin de figuier de barbarie à 50 % (P50), atteignant 13,40 gousses par plante. Ce résultat est supérieur à ceux des autres traitements, ce qui témoigne d'un effet positif de cette concentration sur la formation des gousses. Le traitement à l'engrais vient ensuite avec une moyenne de 10,80 gousses par plante.

En revanche, les traitements au purin de figuier de barbarie à 100 % et à 25 % ont présenté des valeurs intermédiaires, avec des moyennes respectives de 9,80 et 9,00 gousses par plante. Le traitement témoin a enregistré la moyenne la plus faible (4,20 gousses par plante), traduisant une faible production en l'absence de fertilisation.

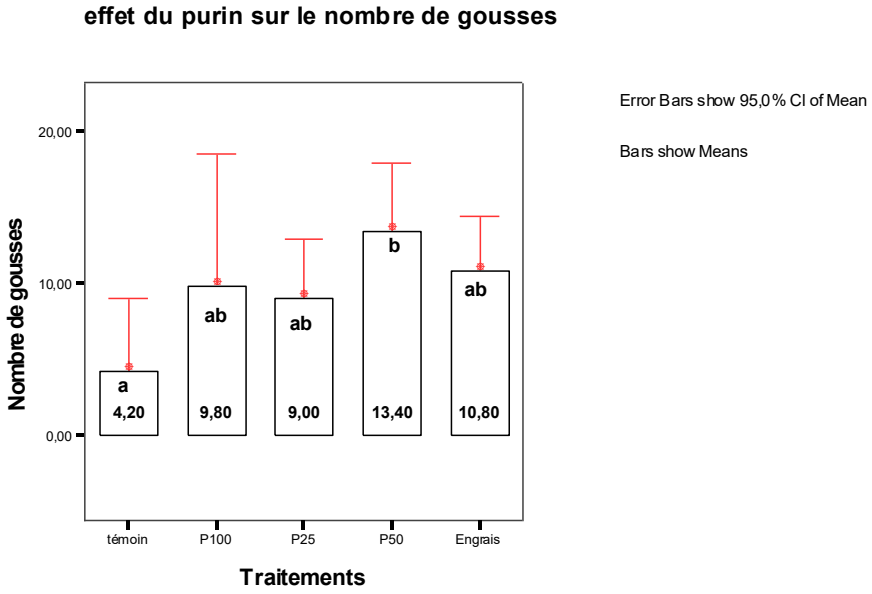
Tableau 18 : L'analyse descriptive de nombre de gousses par plante pour chaque traitement.

Traitements	Moyenne	Valeur minimale	Valeur maximal	F_{obs}	P valeur
Témoin	4.20±1.71	0	9	2.984*	0.044
Engrais	10.80±1.28	7	14		
Purin 100%	9.80±3.13	2	18		
Purin 50%	13.40±1.60	10	18		
Purin 25%	9.00±1.41	4	12		

L'analyse de la variance (ANOVA) a révélé une différence statistiquement significative entre les traitements concernant le nombre de gousses ($F = 2,984$; $p = 0,044 < 0,05$). Ces résultats indiquent que les traitements ont exercé un effet significatif sur la formation des gousses, le traitement au purin de figuier de barbarie à 50 % étant le plus performant.

Sur la base des tests post-hoc (**Tukey HSD, LSD et Dunnett**), le traitement P50 s'est distingué comme le plus efficace pour augmenter le nombre de gousses par rapport au témoin. Les autres

traitements (Engrais, P100 et P25) ont également montré une amélioration du nombre de gousses, mais leur effet est demeuré moins marqué.



2.6. Effet des traitements sur le taux de nouaison :

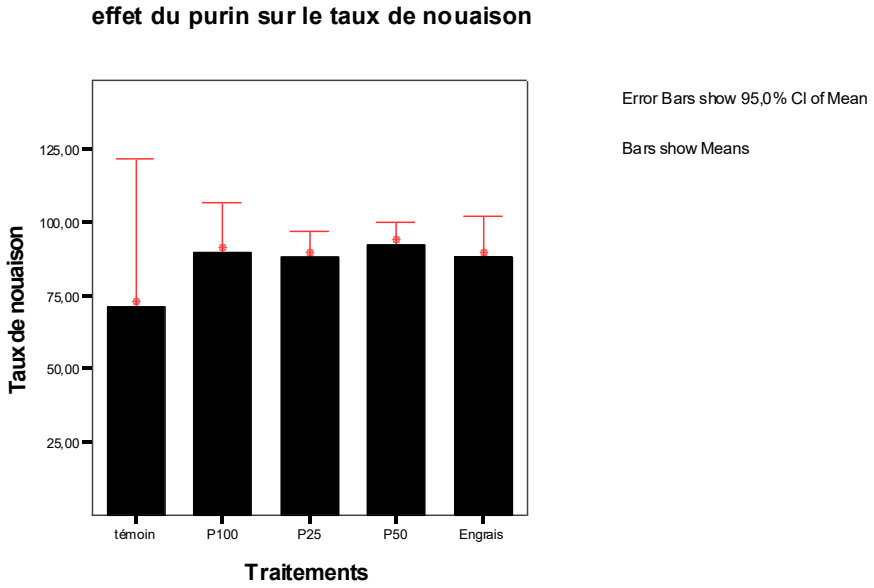
Le taux de nouaison le plus élevé a été enregistré chez les plants traités avec le purin de figuier de barbarie à 50 % (P50), avec une moyenne de 92,36 %. Il est suivi par le traitement au purin 100 % (89,78%), puis par les traitements Engrais (88,40 %) et Purin 25 % (88,51 %), qui ont présenté des valeurs très proches. En revanche, le témoin (T0) a enregistré la moyenne la plus faible, avec 71,50 %. Les valeurs maximales ont atteint 100 % pour tous les traitements, tandis que les valeurs minimales variaient de 0 % pour le témoin à 83,33 % pour le traitement P50.

Tableau 19 : L'analyse descriptive de taux de nouaison pour chaque traitement.

Traitements	Moyenne	Valeur minimale	Valeur maximal	F_{obs}	P valeur
Témoin	71.50±18.15	0	100	0.845	0.513
Engrais	88.40±5.02	70	100		
Purin 100%	89.78±6.21	60	100		
Purin 50%	92.36±2.71	83.33	100		
Purin 25%	88.51±3.01	83.33	100		

Bien que le traitement à le putin 50% ait présenté le taux de nouaison moyen le plus élevé (92.36%) et le témoin le plus faible (71.50%) l'analyse de la variance (ANOVA) n'a révélé aucune différence statistiquement significative entre les traitements concernant le taux de

nouaison (F = 0.845 ; p = 0,513 > 0,05). Ces résultats indiquent que les traitements n'ont pas exercé d'effet significatif sur ce paramètre.



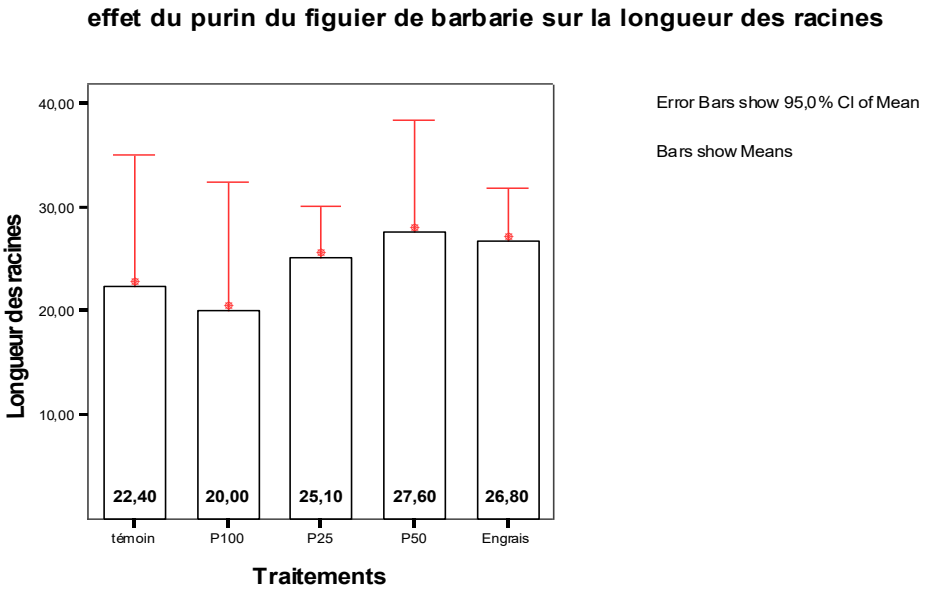
2.7. Effet des traitements sur la langueur des racines :

La longueur moyenne des racines la plus élevée a été enregistrée chez les plants traités avec le purin de figuier de barbarie à 50 % (P50), avec une valeur de 27,60 cm. Elle est suivie par le traitement Engrais (26,80 cm), puis par le traitement Purin 25 % (25,10 cm). En revanche, le traitement Purin 100 % a présenté la longueur moyenne la plus faible (20,00 cm), inférieure à celle du témoin (22,40 cm). Les valeurs maximales variaient de 30,00 cm pour le traitement Purin 25 % à 43,00 cm pour le traitement Purin 50 %, tandis que les valeurs minimales s'étendaient de 6,50 cm pour le témoin à 22,00 cm pour le traitement Purin 50 %.

Tableau 20: L'analyse descriptive de la longueur des racines pour chaque traitement.

Traitements	Moyenne	Valeur minimale	Valeur maximal	F_{obs}	P valeur
Témoin	22.40±4.56	6.50	32.50	0.798	0.541
Engrais	26.80±1.82	21	32.50		
Purin 100%	20.00±4.46	9	34		
Purin 50%	27.60±3.89	22	43		
Purin 25%	25.10±1.80	20	40		

L'analyse de la variance (ANOVA) n'a révélé aucune différence statistiquement significative entre les traitements en ce qui concerne la longueur des racines (F = 0,798 ; p = 0,541 > 0,05). Ces résultats indiquent que, malgré une légère supériorité du traitement Purin 50 %, les différents traitements ont présenté des performances comparables et n'ont pas exercé d'effet significatif sur la longueur des racines.



2.8. Effet des traitements sur la langueur des gousses :

La longueur moyenne des gousses a varié selon les traitements appliqués. Le traitement au purin de figuier de barbarie à 50 % (P50) a enregistré la longueur moyenne la plus élevée, avec une valeur de 4,58 cm. Cette valeur est supérieure à celles obtenues pour les autres traitements, ce qui traduit un effet favorable de cette concentration sur la croissance des gousses. Il est suivi par le traitement Engrais, avec une longueur moyenne de 3,61 cm.

Les traitements au purin de figuier de barbarie à 25 % et à 100 % ont présenté des valeurs intermédiaires, avec des longueurs moyennes de 2,64 cm et 2,08 cm, respectivement. Le traitement témoin a enregistré la longueur moyenne la plus faible, avec une valeur de 1,38 cm.

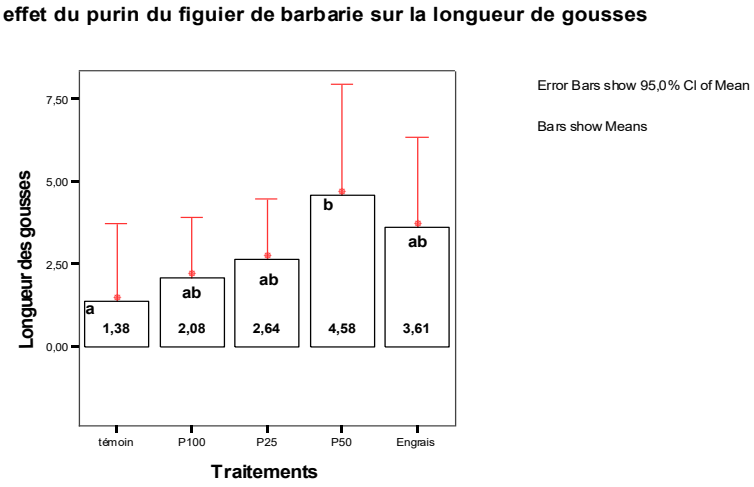
Tableau 21: L'analyse descriptive de la longueur des gousses pour chaque traitement.

Traitements	Moyenne	Valeur minimale	Valeur maximal	F_{obs}	P valeur
Témoin	1.38±0.84	0	4.15	1.974	0.137
Engrais	3.60±0.98	0.84	5.90		
Purin 100%	2.08±0.65	0.15	3.90		
Purin 50%	4.58±1.21	0.95	8.17		
Purin 25%	2.64±0.66	0.95	4.46		

L'analyse de la variance (ANOVA) n'a révélé aucune différence statistiquement significative entre les traitements concernant la longueur des gousses ($F = 1,974$; $p = 0,137 > 0,05$). Ces résultats indiquent que les traitements n'ont pas exercé d'effet significatif sur la longueur des gousses, bien que le traitement P50 ait présenté la moyenne la plus élevée.

Les tests de comparaisons multiples (**Tukey HSD, LSD** et **Dunnett**) montrent que le traitement P50 a présenté la meilleure tendance pour augmenter la longueur des gousses par

rapport au témoin. Toutefois, le test de **Tukey HSD** n'a mis en évidence aucune différence significative entre les traitements ($p > 0,05$). En revanche, le test **LSD** a révélé une différence significative entre le traitement P50 et le témoin ($p = 0,020$), tandis que le test de **Dunnett** n'a montré aucune différence significative ($p > 0,05$). Ces résultats confirment que, malgré une tendance favorable observée pour le traitement P50, les différents traitements ont présenté des performances relativement proches en ce qui concerne la longueur des gousses.



2.9. Effet des traitements sur le poids des gousses :

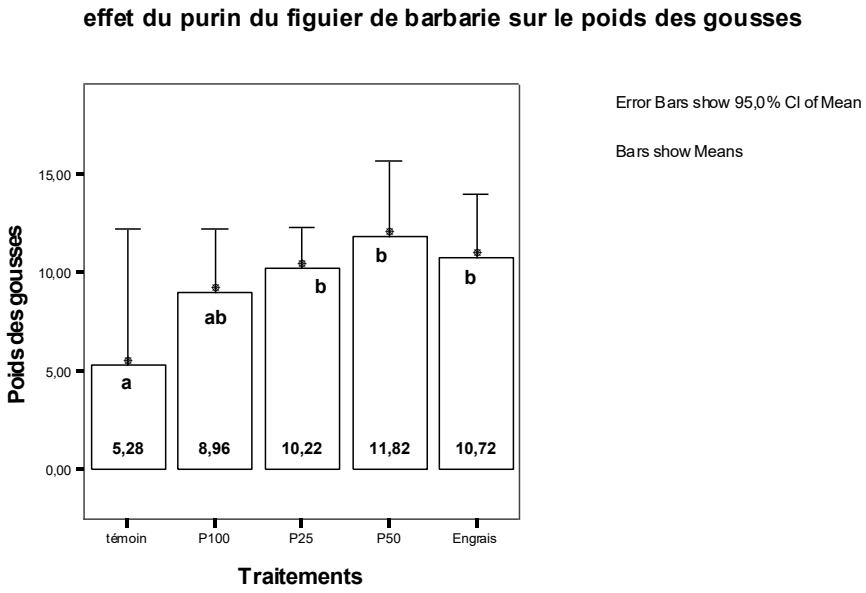
Le poids moyen des gousses le plus élevé a été enregistré avec le traitement au purin de figuier de barbarie à 50 % (P50), avec une valeur de 11,82 g par plante. Cette valeur est supérieure à celles obtenues pour les autres traitements, ce qui traduit un effet favorable de cette concentration sur le poids des gousses. Il est suivi par le traitement Engrais, avec une moyenne de 10,72 g par plante.

Les traitements au purin de figuier de barbarie à 25 % et à 100 % ont présenté des valeurs intermédiaires, avec des moyennes respectives de 10,22 g et 8,96 g par plante. Le traitement témoin a enregistré la moyenne la plus faible, avec 5,28 g par plante.

Tableau 22: L'analyse descriptive du poids des gousses pour chaque traitement.

Traitements	Moyenne	Valeur minimale	Valeur maximal	F_{obs}	P valeur
Témoin	5.28±2.49	0	11.80	2.783	0.055
Engrais	10.72±1.16	6.90	13.30		
Purin 100%	8.96±1.15	5.30	11.90		
Purin 50%	11.82±1.39	7.50	15.40		
Purin 25%	10.22±0.75	8	12.20		

L'analyse de la variance (ANOVA) n'a révélé aucune différence statistiquement significative entre les traitements concernant le poids des gousses ($F = 2,783$; $p = 0,055 > 0,05$). Ces résultats indiquent que les traitements n'ont pas exercé d'effet significatif sur ce paramètre, bien que le traitement P50 ait présenté la moyenne la plus élevée.



2.10. Effet des traitements sur le nombre de gaines par gousse :

Le nombre moyen de graines par gousse le plus élevé a été enregistré avec le traitement au purin de figuier de barbarie à 50 % (P50), avec une valeur de 5,00 graines par gousse. Cette valeur est supérieure à celles obtenues pour les autres traitements, ce qui traduit un effet favorable de cette concentration sur le nombre de graines par gousse. Il est suivi par le traitement Engrais, avec une moyenne de 4,80 graines par gousse.

Les traitements au purin de figuier de barbarie à 100 % et à 25 % ont présenté des valeurs intermédiaires, avec des moyennes respectives de 3,60 et 3,40 graines par gousse. Le traitement témoin a enregistré la moyenne la plus faible, avec une valeur de 2,00 graines par gousse.

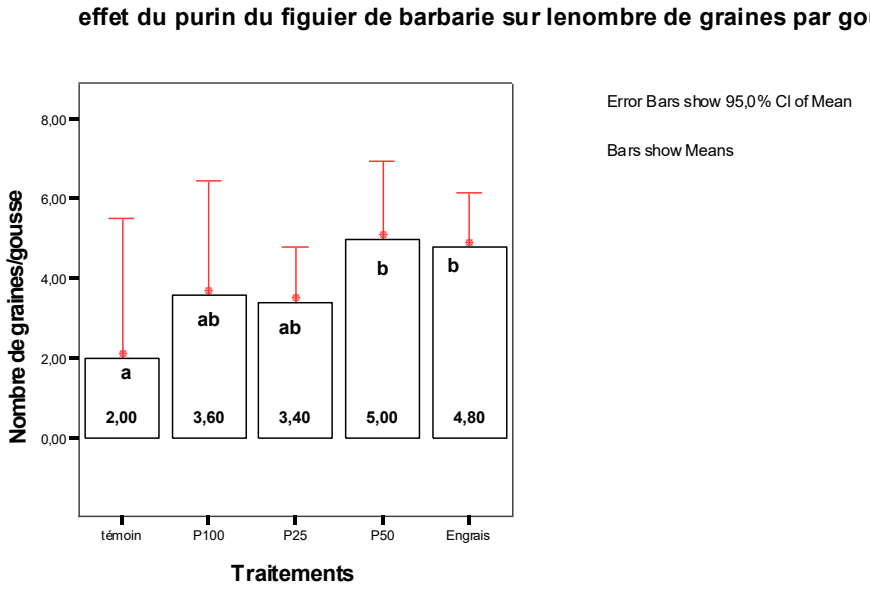
Tableau 23: L'analyse descriptive de nombre de gaines par gousse pour chaque traitement.

Traitements	Moyenne	Valeur minimale	Valeur maximal	F_{obs}	P valeur
Témoin	2.00±1.26	0	6	2.005	0.133
Engrais	4.80±0.48	3	6		
Purin 100%	3.60±1.02	0	6		
Purin 50%	5.00±0.70	3	7		
Purin 25%	3.40±0.50	2	5		

L'analyse de la variance (ANOVA) n'a révélé aucune différence statistiquement significative entre les traitements concernant le nombre de graines par gousse ($F = 2,005$; $p = 0,133 > 0,05$). Ces résultats indiquent que les traitements n'ont pas exercé d'effet significatif sur ce paramètre, bien que le traitement P50 ait présenté la moyenne la plus élevée.

Les tests de comparaisons multiples (**Tukey HSD, LSD et Dunnett**) montrent que le traitement P50 a présenté la meilleure tendance pour augmenter le nombre de graines par gousse par

rapport au témoin. Toutefois, le test de **Tukey HSD** n'a mis en évidence aucune différence statistiquement significative entre les traitements. En revanche, le test **LSD** a révélé une différence significative entre le traitement P50 et le témoin (p = 0,022), ainsi qu'entre le traitement Engrais et le témoin (p = 0,031). Le test de **Dunnett** n'a montré aucune différence statistiquement significative entre les traitements et le témoin (p > 0,05). Ces résultats confirment que, malgré une tendance favorable observée pour le traitement P50, l'effet global des traitements sur le nombre de graines par gousse demeure non significatif selon l'analyse de la variance (ANOVA).



2.11. Effet des traitements sur le poids de gaines par gousse :

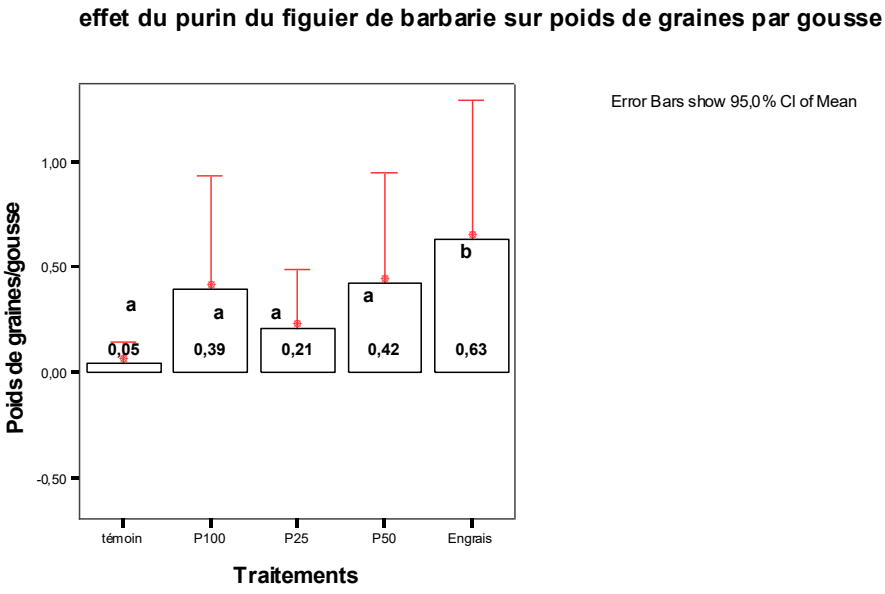
Le poids moyen des graines par gousse le plus élevé a été enregistré avec le traitement Engrais, atteignant 0,634 g par gousse. Il est suivi par le traitement au purin de figuier de barbarie à 50 % (P50) avec une moyenne de 0,422 g, puis par le traitement P100 (0,394 g) et le traitement P25 (0,212 g). En revanche, le témoin a présenté la moyenne la plus faible, avec seulement 0,046 g par gousse. Les valeurs maximales variaient de 0,18 g chez le témoin à 1,30 g pour le traitement Engrais, tandis que les valeurs minimales étaient comprises entre 0,00 g et 0,02 g selon les traitements.

Tableau 24: L'analyse descriptive de poids de gaines par gousse pour chaque traitement

Traitements	Moyenne	Valeur minimale	Valeur maximal	F_{obs}	P valeur
Témoin	0.046±0.034	0	0.18	1.755	0.178
Engrais	0.63±0.23	0.02	1.30		
Purin 100%	0.39±0.19	0	0.91		
Purin 50%	0.42±0.18	2	1.13		
Purin 25%	0.21±0.09	1	0.55		

L'analyse de la variance (ANOVA) n'a révélé aucune différence statistiquement significative entre les traitements concernant le poids des graines par gousse ($F = 1,755$; $p = 0,178 > 0,05$). Ces résultats indiquent que, malgré la supériorité du traitement Engrais en termes de moyenne, les différents traitements n'ont pas exercé d'effet significatif sur le poids des graines par gousse.

Selon les tests post-hoc (**Tukey HSD, LSD et Dunnett**), aucune différence significative n'a été observée entre les traitements d'après le test de **Tukey HSD** ($p > 0,05$). Le test LSD a toutefois mis en évidence une différence significative entre le traitement Engrais et le témoin ($p = 0,023$), alors que les autres comparaisons sont restées non significatives. Le test de **Dunnett** n'a révélé aucune différence significative entre les traitements et le témoin ($p > 0,05$). Ces résultats confirment que les traitements ont montré une légère amélioration du poids des graines par gousse, sans effet statistiquement significatif global.



2.12. Effet des traitements sur le poids d'une graine :

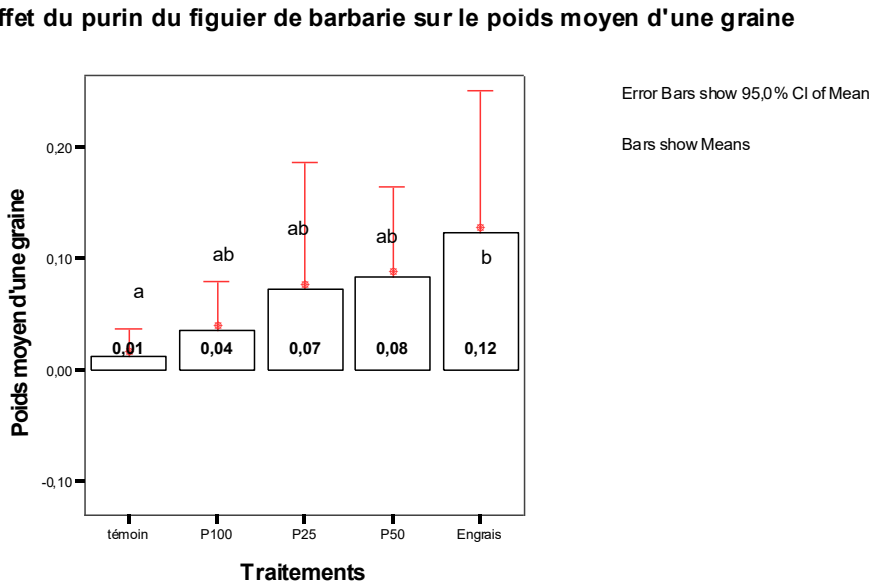
Le poids moyen d'une graine le plus élevé a été enregistré avec le traitement Engrais, atteignant 0,12g. Il est suivi par le traitement au purin de figuier de barbarie à 50 % (P50), avec une moyenne de 0,0836 g, puis par le traitement P25 (0,0726) et le traitement P100 (0,0358g). Le témoin a présenté la moyenne la plus faible, avec seulement 0,0122g. Les valeurs maximales variaient de 0,05 g chez le témoin à 0,27 g pour le traitement Engrais, tandis que les valeurs minimales étaient comprises entre 0,00 g et 0,01 g selon les traitements.

Tableau 25: L'analyse descriptive de poids d'une graine chaque traitement.

Traitements	Moyenne	Valeur minimale	Valeur maximal	F_{obs}	P valeur
Témoin	0.01±0.008	0	0.05	1.913	0.148
Engrais	0.12±0.04	0.01	0.27		
Purin 100%	0.03±0.01	0	0.07		
Purin 50%	0.08±0.02	0	0.19		
Purin 25%	0.07±0.04	0	0.23		

L'analyse de la variance (ANOVA) n'a révélé aucune différence statistiquement significative entre les traitements concernant le poids moyen d'une graine ($F = 1,913$; $p = 0,148 > 0,05$). Ces résultats indiquent que, malgré la supériorité apparente du traitement Engrais, les différents traitements n'ont pas exercé d'effet significatif sur le poids moyen d'une graine.

Selon les tests post-hoc (**Tukey HSD, LSD et Dunnett**), aucune différence significative n'a été observée entre les traitements d'après le test de **Tukey HSD** ($p > 0,05$). Le test **LSD** a toutefois mis en évidence une différence significative entre le traitement Engrais et le témoin ($p = 0,020$), alors que les autres comparaisons sont restées non significatives. Le test de **Dunnett** n'a révélé aucune différence significative entre les traitements et le témoin ($p > 0,05$). Ces résultats montrent que les traitements ont entraîné une légère augmentation du poids moyen d'une graine, sans effet statistiquement significatif selon l'analyse de la variance.



2.13. Effet des traitements sur le poids de la biomasse végétale :

Le poids moyen de la biomasse végétale le plus élevé a été enregistré avec le traitement Engrais, atteignant 18,30 g. Il est suivi par le traitement au purin de figuier de barbarie à 25 % (P25), avec une moyenne de 10,11 g, puis par le traitement P100 (8,84 g) et le traitement P50 (8,16 g). Le témoin a présenté la moyenne la plus faible, avec seulement 4,37 g. Les valeurs

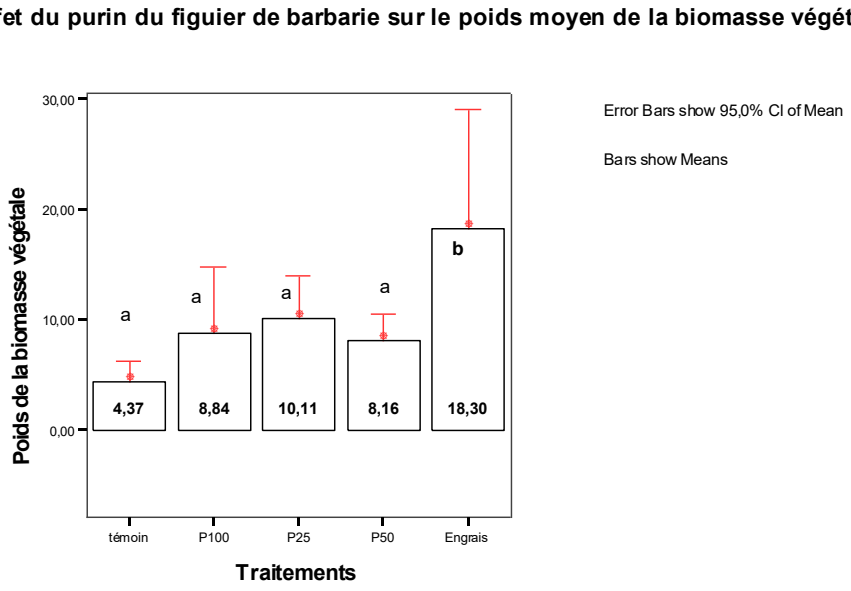
maximales variaient de 7,08 g chez le témoin à 31,57 g pour le traitement Engrais, tandis que les valeurs minimales étaient comprises entre 2,84 g et 11,29 g selon les traitements.

Tableau 26: L'analyse descriptive de poids de la biomasse végétale chaque traitement.

Traitements	Moyenne	Valeur minimale	Valeur maximal	F_{obs}	P valeur
Témoin	4.36±0.71	2.84	7.08	5.731**	0.003
Engrais	18.30±3.88	11.29	31.57		
Purin 100%	8.84±2.15	3.56	16.49		
Purin 50%	8.16±0.87	6.61	11.40		
Purin 25%	10.11±1.40	5.97	13.97		

L'analyse de la variance (ANOVA) a révélé une différence statistiquement significative entre les traitements concernant le poids de la biomasse végétale ($F = 5,731$; $p = 0,003 < 0,05$). Ces résultats indiquent que les traitements ont exercé un effet significatif sur le poids de la biomasse végétale, le traitement Engrais étant le plus performant.

Selon les tests post-hoc **(Tukey HSD, LSD et Dunnett)**, le traitement Engrais s'est distingué comme le plus efficace par rapport au témoin. Le test de **Tukey HSD** a mis en évidence des différences significatives entre le traitement Engrais et le témoin ($p = 0,001$), ainsi qu'entre le traitement Engrais et P50 ($p = 0,024$), tandis que la différence avec P100 était également significative ($p = 0,038$). Le test **LSD** a confirmé une différence significative entre le traitement Engrais et le témoin ($p < 0,001$), ainsi qu'avec les traitements P100 ($p = 0,005$), P50 ($p = 0,003$) et P25 ($p = 0,014$). En revanche, le test de Dunnett n'a révélé une différence significative qu'entre le traitement Engrais et le témoin ($p = 0,001$).



Discussion :

Cette étude avait pour objectif d'évaluer l'effet de différentes concentrations du purin de figuier de barbarie (25 %, 50 % et 100 %), comparées à un témoin non traité et à un traitement fertilisé (Engrais), sur la croissance et le rendement du haricot vert (Phaseolus vulgaris L.). à travers plusieurs paramètres morphologiques et de production : la hauteur des tiges, le diamètre des tiges, le nombre de feuilles, le nombre de fleurs, le nombre de gousses, le poids de la biomasse végétale ainsi que le poids d'une graine.

a) Effet du purin sur la hauteur des plantes :

Les résultats obtenus montrent que l'application du purin de figuier de barbarie favorise la croissance en hauteur des plants de haricot vert par rapport au témoin.Cette amélioration peut être expliquée par la richesse du purin en éléments nutritifs essentiels, qui stimulent développement végétatif. Toutefois, l'efficacité du purin varie selon la concentration appliquée, ce qui montre que l'équilibre de la fertilisation joue un rôle important dans la croissance des plantes.

b) Effet du purin sur le diamètre des tiges :

Le diamètre des tiges constitue un indicateur de la vigueur des plantes et de leur capacité à résister aux contraintes du milieu. Dans cette étude, les traitements appliqués n'ont pas entraîné de différences importantes entre les plants, ce qui suggère que ce paramètre est relativement stable et moins sensible aux apports du purin.

c) Effet du purin sur le nombre de feuilles :

Le développement foliaire représente un élément essentiel de la croissance végétative. Les traitements appliqués ont favorisé la formation des feuilles, ce qui traduit une amélioration de l'état nutritionnel des plantes , et favorise ainsi la croissance générale de la culture.

d) Effet du purin sur le nombre de fleurs :

Les résultats obtenus montrent une amélioration du nombre de fleurs chez les plantes traitées avec le purin de figuier de barbarie. Cet effet peut être attribué à la richesse du purin en éléments nutritifs et en composés organiques qui stimulent la floraison. L'amélioration de la floraison représente un facteur essentiel pour augmenter le rendement final .

e) Effet du purin sur le nombre de gousses :

Les résultats montrent que le purin de figuier de barbarie a eu un effet favorable sur la formation des gousses. Cette amélioration peut s'expliquer par l'apport en éléments nutritifs essentiels, qui favorisent la croissance et le développement des gousses. Une meilleure formation des gousses représente un facteur important dans l'augmentation du rendement de la culture.

f) Effet du purin sur le taux de nouaison :

Le taux de nouaison constitue un paramètre important de la productivité des plantes. Les résultats montrent une tendance à l'amélioration de ce paramètre sous l'effet du purin de figuier de barbarie. Toutefois, les différences observées entre les traitements restent limitées, ce qui suggère que d'autres facteurs interviennent également dans la nouaison.

g) Effet du purin sur la longueur des racines :

La longueur des racines représente un indicateur important du développement des plantes. Les résultats montrent une légère amélioration de ce paramètre chez les plantes traitées avec le purin de figuier de barbarie. Cette évolution peut être liée à une meilleure disponibilité des éléments nutritifs favorisant le développement racinaire.

h) Effet du purin sur la longueur des gousses :

La longueur des gousses constitue un critère important de la qualité de la production. Les résultats montrent une tendance à l'amélioration de ce paramètre chez les plantes traitées avec le purin de figuier de barbarie. Cette amélioration peut être expliquée par une meilleure nutrition des plantes au cours de la fructification.

i) Effet du purin sur le poids des gousses :

Le poids des gousses dépend directement du bon déroulement de la floraison, de la fécondation et du remplissage des fruits. Les traitements appliqués ont montré une tendance à améliorer ce paramètre, ce qui traduit une meilleure alimentation des plantes durant les phases de fructification. Cependant, cette amélioration reste influencée par plusieurs facteurs physiologiques et environnementaux.

j) Effet du purin sur le nombre de graines par gousse :

Le nombre de graines par gousse représente une composante importante du rendement. Les résultats montrent une tendance à améliorer ce paramètre chez les plantes traitées avec le purin de figuier de barbarie. Cette évolution peut être liée à une meilleure fécondation et au bon développement des gousses.

k) Effet du purin sur le poids des graines par gousse :

Le poids des graines par gousse reflète la qualité du remplissage des graines. Les résultats montrent une légère amélioration de ce paramètre sous l'effet des traitements. Toutefois, les différences observées restent limitées, ce qui suggère que ce caractère dépend également d'autres facteurs de développement.

l) Effet du purin sur le poids d'une graine :

Le poids des graines représente un caractère fortement influencé par le patrimoine génétique de la plante ainsi que par les conditions de remplissage des graines. Dans cette étude, les traitements ont entraîné une légère amélioration de ce paramètre sans provoquer de différences importantes entre eux. Cela suggère que le purin agit davantage sur la croissance générale et la production des plantes que sur le poids individuel des graines.

m) Effet du purin sur le poids de la biomasse végétale :

La biomasse végétale reflète la capacité de la plante à produire et à accumuler de la matière sèche au cours de son développement. Les résultats montrent que l'apport du purin contribue à augmenter cette biomasse grâce à une meilleure croissance végétative et à une utilisation plus efficace des éléments nutritifs. Cette amélioration confirme que le purin de figuier de barbarie peut constituer une source de fertilisation organique intéressante pour renforcer le développement des plantes.

4. Recommandations :

Ces résultats soutiennent l'orientation vers la valorisation du purin de figuier de barbarie comme biofertilisant naturel afin de réduire le recours aux engrais chimiques et de contribuer au développement d'une agriculture durable.

Il serait également souhaitable de privilégier la concentration P50, qui a donné les résultats les plus satisfaisants pour plusieurs paramètres de croissance et de rendement du haricot vert.

Par ailleurs, il est recommandé d'élargir les recherches à d'autres cultures et dans différentes conditions pédoclimatiques afin de confirmer l'efficacité du purin de figuier de barbarie.

Enfin, des études complémentaires portant sur différentes doses et fréquences d'application, ainsi que sur la composition physicochimique du purin et son effet sur les propriétés du sol, permettraient de mieux comprendre son mode d'action et d'optimiser son utilisation.

5. Limites de l'étude :

Malgré les résultats encourageants obtenus, cette étude présente certaines limites qui doivent être prises en considération.

L'expérimentation a été réalisée sur un nombre limité de répétitions (n = 5), ce qui peut avoir influencé la puissance statistique des analyses.

Seules trois concentrations de purin de figuier de barbarie (P25, P50 et P100) ont été évaluées. L'étude de concentrations intermédiaires ou plus variées aurait permis de déterminer avec plus de précision la dose optimale.

La durée relativement courte de l'expérimentation a également constitué une limite, puisqu'elle n'a pas permis d'évaluer les effets du purin sur l'ensemble du cycle de développement de la culture ni ses effets à long terme sur le sol.

Par ailleurs, certaines analyses complémentaires n'ont pas pu être réalisées en raison du manque de matériel et d'équipements de laboratoire adaptés. Il n'a donc pas été possible d'effectuer certaines analyses physicochimiques et biochimiques susceptibles d'apporter des informations plus détaillées sur la composition du purin et son mode d'action.

De plus, l'étude s'est limitée à l'évaluation de paramètres morphologiques et agronomiques, sans inclure des analyses physiologiques ou microbiologiques plus approfondies.

Enfin, les essais ont été conduits dans des conditions expérimentales contrôlées et sur une seule campagne culturale. Des expérimentations en plein champ, sur plusieurs saisons et dans différentes conditions pédoclimatiques, seraient nécessaires afin de confirmer les résultats obtenus et de mieux évaluer le potentiel agronomique du purin de figuier de barbarie.

Cette étude a été confrontée à un défi majeur en raison de l'absence quasi totale de références scientifiques portant sur la valorisation des raquettes de figuier de Barbarie comme engrais. Cette contrainte a limité l'accès à des sources susceptibles d'enrichir l'analyse, d'approfondir la discussion et de consolider les résultats obtenus.

CONCLUSION

Conclusion :

Cette étude avait pour objectif d'évaluer l'effet de différentes concentrations du purin de figuier de barbarie (P25, P50 et P100) sur la croissance et le rendement du haricot vert (Phaseolus vulgaris L.), en les comparant à un traitement fertilisé par un engrais minéral et à un témoin non fertilisé.

Les résultats obtenus ont montré que l'utilisation du purin a eu un effet positif sur plusieurs paramètres de croissance et de production. Les analyses statistiques ont révélé un effet significatif des traitements sur le nombre de feuilles, le nombre de fleurs et le nombre de gousses, alors que la hauteur des plantes, le diamètre des tiges, le taux de nouaison et le poids moyen d'une graine n'ont pas présenté de différences significatives entre les traitements.

Parmi les concentrations étudiées, le traitement P50 s'est distingué par les meilleurs résultats pour plusieurs paramètres, notamment le nombre de fleurs et le nombre de gousses, ce qui traduit une meilleure réponse physiologique des plantes à cette concentration. Le traitement Engrais a également montré de bonnes performances, en particulier pour le nombre de feuilles et le poids moyen d'une graine. En revanche, le témoin a enregistré les valeurs les plus faibles pour la majorité des paramètres étudiés, ce qui confirme l'intérêt de la fertilisation dans l'amélioration de la croissance et de la productivité du haricot vert.

Ces résultats montrent que le purin de figuier de barbarie constitue une alternative prometteuse aux engrais chimiques. Grâce à sa richesse en éléments nutritifs et en composés organiques, il favorise la croissance végétative, améliore la floraison et contribue à augmenter certains paramètres du rendement, tout en s'inscrivant dans une démarche d'agriculture durable et de valorisation des ressources naturelles.

Bien que certains paramètres n'aient pas présenté de différences statistiquement significatives, les tendances observées confirment le potentiel agronomique du purin de figuier de barbarie. Des études complémentaires, réalisées sur une période plus longue, avec un nombre plus important de répétitions et dans différentes conditions pédoclimatiques, permettront de confirmer ces résultats et de déterminer les conditions optimales de son utilisation.

En conclusion, cette étude montre que le purin de figuier de barbarie, notamment à la concentration P50, peut être considéré comme un biofertilisant efficace et un biostimulant naturel, capable d'améliorer la croissance végétative ainsi que certains paramètres du rendement du haricot vert. Il constitue également une alternative écologique et durable aux engrais chimiques, contribuant à la valorisation d'une ressource locale et au développement d'une agriculture plus respectueuse de l'environnement.

Références bibliographies

Agroligne. (2016). Mai / Juin. Figue de barbarie, un cactus de richesses, Algérie. Disponible sur : https://www.agroligne.com/IMG/pdf/Agroligne_N_100web.pdf (Consulté le:

Araba A., El Aich A., Sarti B., Belbehri L, Boubkraoui A., AIT Hamou A., Zemmouri A., Sbaa H., (2000). valorisation du figuier de barbarie en elevage, bull. mens.inf.et de liaison du pntta, 68 : 1-4.

Araba, A., El Aich, A., Sarti, B., Belbehri, L., Boubkraoui, A., Ait Hamou, A., Zemmouri, A., Sbaa, H. (2000). Valorisation du figuier de barbarie en élevge. Bulletin du PNTTA n° 68, Mai. Rabat, Maroc. Disponible sur : https://www.agrimaroc.net/2018/06/17/valorisation-du-figuier-de-barbarie-en-elevage/ (Consulté le 15/05/2019).

Arba. M ;(2000). Les Opuntias à fruits comestibles dans certaines régions du Maroc. Dans 2ème journée nationale sur la culture du cactus. 2000. El Kelaa Des raghna Maroc.p73.

Arba M. (2009), Le cactus, Opuntia, une espèce fruitière et fourragère pour une agriculture durable au Maroc. Symposium International «Agriculture durable en région Méditerranéenne (AGDUMED)», Rabat, Maroc, 14-16 mai.

BAUDOUIN J.-P., Vanderborght T., Kimani P.-M, et MW'Angombe A.-W.,2001. Légumes à grains : Haricot. In Agriculture en Afrique Tropicale, Bruxelles, DGCI, p.337 – 355.

Barbera G, Carimi F, Inglese P., (1992). Physical, morphological and chemical changes during fruit development and ripening in three cultivars of prickly pear, Opuntia ficus-indica (L.) Miller. J. Hortic. Sci., 1992, 3: 307-312.

Belaadi, Manal (2014). Etude de l'effet de la salinité sur la germination et la croissance de quelques variété d'haricot (phaseolus vulgaris L.) en vue de de l'obtention du diplôme en master II en phytopathologie et phytopharmacie de l'université de 8 Mai 1945 Guelma.

Benattia F.K. (2017). Analyse et application des extraits de pépins de figues de barbarie. Thèse de doctorat en chimie bio-organique et thérapeutique. Université Aboubekr Belkaid. 5-20p

Benchamma, Hanane et Bouacha, Roumaissa (2020). ecophysiologie de la reponse des plantes du haricot phaseolus vulgaris L. variete contender au stress salin, en vue de

l'obtention du diplôme en master académique en SNV en biotechnologie végétale de l'université de Blida-1.

Ben Salem .H, Nefzaoui .A, et Ben Salem .L ;(2002): Supplementing spineless cactus (Opuntia ficus-indicaf. inermis) baseddietswithurea-treatedstraw or oldmansaltbush (AtriplexnummulariaL.). Effects on intake, digestion and sheepgrowth. J. Agric. Sci. Camb. Pp85-92.

Bernier, M. (2011). *Étude de la variabilité des symptômes pathologiques affectant le haricot commun.* École Supérieure d'Agriculture. Angers, France: HAL. Retrieved from https://hal.science/hal-01458624

Boutakiout A., (2015). etude physico-chimique, biochimique et stabilite d'un nouveau produit: jus de cladode du figuier de barbarie marocain (opuntia ficus-indica et opuntia megacantha). these de doctorat en sciences agronomiques. Université d'angers, france.

CABURET A. et Hekimian Letheve C., 2003. Les légumineuses à grains. In Memento de l'Agronome, Paris-France, CIRAD-GRET, p.865-878.

Centre pour le Développement de l'Horticulture (CDH). (2012). La culture du haricot nain au Sénégal. CDH/ISRA/FAO. https://studylibfr.com/doc/2618062/la-culture-du-haricot-nain-au-s%C3%A9n%C3%A9gal---radhort

Chaux C., 1972 : Production légumière Ed. J.B. Bailliére. 300 p.

Chougui N., Djerroud N., Naraoui F., Hadjal S., Aliane K., Zeroual B., Larbat R. (2015). physicochemical properties and storage stability of margarine containing opuntia ficus-indica peel extract as antioxidant. food chemistry, 173, 382-390.

Cohuet, S., Piquet, O., & Tron, I. (2001). Effets chroniques des pesticides sur la santé : État actuel des connaissances. Observatoire régional de santé de Bretagne. https://orsbretagne.typepad.fr/files/effets_pesticides.pdf.

DEVIGNES A., 1986. Légumes faciles a cultivé. Ed L'amitié. Hatier. Paris. 117p.

Dupont F., Guignard J.L., 1989. Haricot nain (Bulletin des variétés). Edit. Masson. Collection :Abrégés pharma. Paris. 510P.

Ecocrop 2013. Ramirez-Villegas, Julian, Andy Jarvis, and Peter Läderach. "Empirical approaches for assessing impacts of climate change on agriculture: The EcoCrop model and a case study with grain sorghum." Agricultural and Forest Meteorology 170 (2013): 67-78.

EL-Mostafa K., EL Kharrassi Y., Badreddine A., Andreoletti P., Vamecq J., EL Kebbaj M., Cherkaoui-Malki M., (2014). Nopal cactus (opuntia ficus-indica) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease. molecules. 19(9), 14879-14901.

FAO., 2005. Notions de nutrition des plantes et de fertilisation des sols.

FAO.,2018. Ecologie culture et utilisation du figuier de barbarie.

Feller, C., Bleiholder, H., Buhr, L., Hack, H., Hess, M., Klose, R., Meier, U, Stauss, R, van den Boom, T& Weber (1995) E. Phenological stages of development of vegetables II.

Feugang M.J., Konarski P., Zou D., Stintzing F.C., Zou C., (2006).nutritional and medicinal use of cactus pear (opuntia spp.) cladodes and fruits. frontiers in bioscience, 11: 2574-2589.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) et le Centre International Pour la Recherche Agricole dans les Zones Arides **(ICARDA). (2018).**

Fortin, F. (2006). L'Encyclopédie visuelle des aliments. Montréal : Éditions QuebecAmérique. 256p.

GINESTRA G., Parker M.L., Bennett R.N., Robertson J., Mandalari G., Narbard A., LO Curto R.B., Bisignano G., Faulds C.B., Waldron K.W. Anatomical, chemical, and biochemical Characterization of cladodes from Prickly Pear (Opuntia ficus-indica (L.) Mill.). J. Agric. Food. Chem. 2009, 57, 10323-10330.

Guignard J.L., 1998. Botanique, Ed. Masson, 159p.

Guzman. U, Arias. S, Davila. P, Reyes-Aguro J.A, Aguirre J.R etValiente-Banuet. A ;(2003) : Reproductive biology of Opuntia : A review. Journal ofAridEnvironments. Pp549-589

HABIBI, Y. 2004. contribution à l'étude morphologique, ultrastructurale et chimique de la figue de barbarie. les polysaccharides pariétaux: charactérisation et modification chimique. thèse du doctorat universite joseph fourier – grenoble i sciences & geographie universite cadi ayyad faculte des sciences semlalia – marrakech. pp. 222.

Hadj Sadok T. 1, Aid F. 2, Bellal M. 3, Maria Stela Abdul Hussain4 Composition chimique des jeunes cladodes d'opuntia ficus indicaet possibilité de valorisation alimentaire. Agricultura – StiinŃă si practică. P 39-48. 2008

Hellali R., 2002. Rôle du potassium dans la physiologie de la plante atelier sur la gestion de la fertilisation potassique, Acquis et perspectives de la recherche institut national agronomique de Tunisie 6p.

Heller R., Robert E., Claude L., 1998 . Physiologie végétale. 1. Nutrition. Edit. Duno, Paris, 322 p.

Hubert P., 1978- Recueil de fiches techniques d'agriculture spéciale à l'usage des lycées agricoles à Madagascar Antananarivo, BDPA.

KARBI Yassine (2016). Effet de purin d'ortie sur la croissance et le rendement du haricot (phaseolus vulgaris L.) cultive sous serre, en vue de l'obtention du diplôme en master II en biotechnologie végétale de l'université de Blida-1.

K. Ghedira · P. GOETZ PHYTOTHERAPIE (2018) 16:374-378 doi 10.3166/phyto-2018-0091

Kroll, R. (2000). Les cultures maraîchères, 219 pp, Maisonneuve et Larose, Paris.

LAUMONIER R., (1979). Cultures légumières et maraîchères, Tome III, Ed J.B Baillière, Paris, 1276p.

La culture du haricot. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural Algérien. Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles. Route de Moretti BP 50 STAOUELI - Alger. 5 p. itcmi2008@yahoo.fr

Landais, E. (1999). Agriculture durable et plurifonctionnalité de l'agriculture. Association Francophone pour les Prairies et les Fourrages, 160, 317–331.

Maathuis, F.J., 2009. Physiological functions of mineral macronutrients. Current Opinion in

Plant Biology 12, 250–258.

Maser P., Gierth M., Schroeder J. I., 2002. Molecular mechanisms of potassium and sodium uptake in plants. Plant Soil 247: 43–54.

Mulas M., Mulas G., (2004). potentialites d'utilisation strategique des plantes des

genres atriplex et opuntia dans la lutte contre la desertification. short and medium-term priority

environmental action programme (smap). universite des etudes de sassari ; groupe de recherche

sur la desertification, italie. 112p.

Munoz DE Chavez M., Chavez A., Valles V., Roldan J. A. The nopal: a plant of manifold qualities. World Rev. Nutr. Dietetics, 1995, 77, 109–134.

Neffar, S. (2012). Etude de l'effet de l'âge des plantations de figuier de Barbarie

(Opuntia ficus indica L. Miller) sur la variation des ressources naturelles (sol et

végétation) des steppes algériennes de l'Est. Cas de Souk- ahras et Tébessa. Thèse de

doctorat : Biologie Végétale. Université Badji Mokhtar d'Annaba, Algérie. 20p.

Nefzaoui A, Bensalem H. Spineless cacti. In : Mulas M, Mulas G., (2004) .Potentialités

d'utilisation stratégique des plantes des genres Atriplex et Opuntia dans la lutte contre la

désertification. Short and Medium-Term Priority Environnemental Action Programme

(SMAP). Université des études de SASSAR, p.112.

Nobel, PS.,ed. 2002. Cacti: Biology and uses. Berkeley, CA, USA, University of California Press. 280 pp.

NYABYENDA P., 2005. Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'afrique. Ed.tec et Doc, les Presses Agronomique de Gembloux. p 38-42

Orwa C, Mutua A, Kindt R, Jamnadass R, Simons A., (2009) Agroforestree Database : a tree reference and selection guide, version 4.

Oumiloud S., (2012) Contribution à l'étude phytochimique des extraits des graines et de l'huile de figuier de barbarie de la région de Tlemcen .Mémoire de master : Biochimie appliquée. Université de Tlemcen.

PERON J.-Y., 2006. production légumière. 2 ème édition. Lavoisier. 389 p.

RECHID, Yasmin et Boukhalf A, Nabila (2015). Evaluation de l'effet d'un stress nutritionnel sur quelques paramètres morpho-physiologiques de l'haricot (phaseolus vulgaris. L). en vue de l'obtention du diplôme en master II en biotechnologie végétale de l'université de Blida-1.

Sáenz, C., Berger, H., Corrales García, J., Galletti, L., García de Cortázar, V., Higuera, I., Mondragón, C., Rodríguez Félix, A., Sepúlveda, E. & Varnero, M.T.2013. Agro-industrial utilization of cactus pear. Rural Infrastructure and Agro-Industries Division. Rome, FAO. 150 pp (available at http://www.fao.org/docrep/019/a0534e/a0534e.pdf).

Schweizer, M. (1997). Docteur Nopal : le médecin du bon Dieu. APB, Aloe plantes et beauté.

Skiredj A ; 2007. « La culture de haricot filet (vert). Revue horticole » Vol 12, n°5, pp36-47.

Stintying F.C., Carle R. Cactus stems (Opuntia spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. Mol. Nutr. Food Res, 2005, 49, 175-194.

TIRILLY Y. - Bourgeois C.M., 1999. Technologie des légumes. Edit. La Maison Rustique, Paris 558p.

Tropical Africa/Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wagening.

Tu, J. (1984). *Maladies des haricots et moyens de lutte (publication 1758F).* Ottawa: Agriculture Canada.

Wallace RS, Gileson AC.1997. Evolution and systematic. Biology and Uses, P.S.Nobel Ed, 1-21 pp.

Wortmann, C. S., Brink, M., & Belay, G. (2006). Phaseolus vulgaris L.(common bean). Record from PROTA4U. Brink, M. & Belay, G. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa/Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wagening.

Annexe

Annexe 01 : Analyse de la variance de diamètre des plantes.

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	0.017504	4	0.004376	1.043395	0.409729	2.866081
Within Groups	0.08388	20	0.004194			
Total	0.101384	24				

Annexe 02 : Analyse de la variance de la hauteur des plantes.

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*Df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	43.83648	4	10.95912	1.405858	0.268133	2.866081
Within Groups	155.9065	20	7.795326			
Total	199.743	24				

Annexe 03 : Analyse de la variance de nombre de feuilles par plante.

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*Df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	282.24	4	70.56	4.617801	0.008365	2.866081
Within Groups	305.6	20	15.28			
Total	587.84	24				

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Nombre de feuilles

	(I) Traitements	(J) Traitements	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	témoin	Engrais	-9,80000*	2,47225	,006	-17,1979	-2,4021
		P100	-4,80000	2,47225	,329	-12,1979	2,5979
		P50	-6,80000	2,47225	,081	-14,1979	,5979
		P25	-8,00000*	2,47225	,030	-15,3979	-,6021
	Engrais	témoin	9,80000*	2,47225	,006	2,4021	17,1979
		P100	5,00000	2,47225	,292	-2,3979	12,3979
		P50	3,00000	2,47225	,744	-4,3979	10,3979
		P25	1,80000	2,47225	,947	-5,5979	9,1979
	P100	témoin	4,80000	2,47225	,329	-2,5979	12,1979
		Engrais	-5,00000	2,47225	,292	-12,3979	2,3979
		P50	-2,00000	2,47225	,925	-9,3979	5,3979
		P25	-3,20000	2,47225	,698	-10,5979	4,1979
	P50	témoin	6,80000	2,47225	,081	-,5979	14,1979
		Engrais	-3,00000	2,47225	,744	-10,3979	4,3979
		P100	2,00000	2,47225	,925	-5,3979	9,3979
		P25	-1,20000	2,47225	,988	-8,5979	6,1979
	P25	témoin	8,00000*	2,47225	,030	,6021	15,3979
		Engrais	-1,80000	2,47225	,947	-9,1979	5,5979
		P100	3,20000	2,47225	,698	-4,1979	10,5979
		P50	1,20000	2,47225	,988	-6,1979	8,5979
LSD	témoin	Engrais	-9,80000*	2,47225	,001	-14,9570	-4,6430
		P100	-4,80000	2,47225	,066	-9,9570	,3570
		P50	-6,80000*	2,47225	,012	-11,9570	-1,6430
		P25	-8,00000*	2,47225	,004	-13,1570	-2,8430
	Engrais	témoin	9,80000*	2,47225	,001	4,6430	14,9570
		P100	5,00000	2,47225	,057	-,1570	10,1570
		P50	3,00000	2,47225	,239	-2,1570	8,1570
		P25	1,80000	2,47225	,475	-3,3570	6,9570
	P100	témoin	4,80000	2,47225	,066	-,3570	9,9570
		Engrais	-5,00000	2,47225	,057	-10,1570	,1570
		P50	-2,00000	2,47225	,428	-7,1570	3,1570
		P25	-3,20000	2,47225	,210	-8,3570	1,9570
	P50	témoin	6,80000*	2,47225	,012	1,6430	11,9570
		Engrais	-3,00000	2,47225	,239	-8,1570	2,1570
		P100	2,00000	2,47225	,428	-3,1570	7,1570
		P25	-1,20000	2,47225	,633	-6,3570	3,9570
	P25	témoin	8,00000*	2,47225	,004	2,8430	13,1570
		Engrais	-1,80000	2,47225	,475	-6,9570	3,3570
		P100	3,20000	2,47225	,210	-1,9570	8,3570
		P50	1,20000	2,47225	,633	-3,9570	6,3570
Dunnett t (2-sided)[a]	Engrais	témoin	9,80000*	2,47225	,003	3,2460	16,3540
	P100	témoin	4,80000	2,47225	,194	-1,7540	11,3540
	P50	témoin	6,80000*	2,47225	,041	,2460	13,3540
	P25	témoin	8,00000*	2,47225	,014	1,4460	14,5540

*. The mean difference is significant at the .05 level.

a. Dunnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it.

Annexe 04 : Analyse de la variance de nombre de fleurs par plante

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*Df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	253.04	4	63.26	2.934137	0.046412	2.866081
Within Groups	431.2	20	21.56			
Total	684.24	24				

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Nombre de fleurs

	(I) Traitements	(J) Traitements	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval Lower Bound	95% Confidence Interval Upper Bound
Tukey HSD	témoin	Engrais	-7,40000	2,93666	,126	-16,1876	1,3876
		P100	-5,80000	2,93666	,313	-14,5876	2,9876
		P50	-9,60000*	2,93666	,028	-18,3876	-,8124
		P25	-5,60000	2,93666	,346	-14,3876	3,1876
	Engrais	témoin	7,40000	2,93666	,126	-1,3876	16,1876
		P100	1,60000	2,93666	,981	-7,1876	10,3876
		P50	-2,20000	2,93666	,942	-10,9876	6,5876
		P25	1,80000	2,93666	,971	-6,9876	10,5876
	P100	témoin	5,80000	2,93666	,313	-2,9876	14,5876
		Engrais	-1,60000	2,93666	,981	-10,3876	7,1876
		P50	-3,80000	2,93666	,698	-12,5876	4,9876
		P25	,20000	2,93666	1,000	-8,5876	8,9876
	P50	témoin	9,60000*	2,93666	,028	,8124	18,3876
		Engrais	2,20000	2,93666	,942	-6,5876	10,9876
		P100	3,80000	2,93666	,698	-4,9876	12,5876
		P25	4,00000	2,93666	,657	-4,7876	12,7876
	P25	témoin	5,60000	2,93666	,346	-3,1876	14,3876
		Engrais	-1,80000	2,93666	,971	-10,5876	6,9876
		P100	-,20000	2,93666	1,000	-8,9876	8,5876
		P50	-4,00000	2,93666	,657	-12,7876	4,7876
LSD	témoin	Engrais	-7,40000*	2,93666	,020	-13,5258	-1,2742
		P100	-5,80000	2,93666	,062	-11,9258	,3258
		P50	-9,60000*	2,93666	,004	-15,7258	-3,4742
		P25	-5,60000	2,93666	,071	-11,7258	,5258
	Engrais	témoin	7,40000*	2,93666	,020	1,2742	13,5258
		P100	1,60000	2,93666	,592	-4,5258	7,7258
		P50	-2,20000	2,93666	,462	-8,3258	3,9258
		P25	1,80000	2,93666	,547	-4,3258	7,9258
	P100	témoin	5,80000	2,93666	,062	-,3258	11,9258
		Engrais	-1,60000	2,93666	,592	-7,7258	4,5258
		P50	-3,80000	2,93666	,210	-9,9258	2,3258
		P25	,20000	2,93666	,946	-5,9258	6,3258
	P50	témoin	9,60000*	2,93666	,004	3,4742	15,7258
		Engrais	2,20000	2,93666	,462	-3,9258	8,3258
		P100	3,80000	2,93666	,210	-2,3258	9,9258
		P25	4,00000	2,93666	,188	-2,1258	10,1258
	P25	témoin	5,60000	2,93666	,071	-,5258	11,7258
		Engrais	-1,80000	2,93666	,547	-7,9258	4,3258
		P100	-,20000	2,93666	,946	-6,3258	5,9258
		P50	-4,00000	2,93666	,188	-10,1258	2,1258
Dunnett t (2-sided)[a]	Engrais	témoin	7,40000	2,93666	,065	-,3852	15,1852
	P100	témoin	5,80000	2,93666	,183	-1,9852	13,5852
	P50	témoin	9,60000*	2,93666	,013	1,8148	17,3852
	P25	témoin	5,60000	2,93666	,206	-2,1852	13,3852

*. The mean difference is significant at the .05 level.

a. Dunnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it.

Annexe 05 : Analyse de la variance de nombre de gousses par plante

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*Df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	226.56	4	56.64	2.984194	0.043949	2.866081
Within Groups	379.6	20	18.98			
Total	606.16	24				

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Nombre de gousses

	(I) Traitements	(J) Traitements	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	témoin	Engrais	-6,60000	2,75536	,157	-14,8451	1,6451
		P100	-5,60000	2,75536	,287	-13,8451	2,6451
		P50	-9,20000*	2,75536	,024	-17,4451	-,9549
		P25	-4,80000	2,75536	,432	-13,0451	3,4451
	Engrais	témoin	6,60000	2,75536	,157	-1,6451	14,8451
		P100	1,00000	2,75536	,996	-7,2451	9,2451
		P50	-2,60000	2,75536	,876	-10,8451	5,6451
		P25	1,80000	2,75536	,964	-6,4451	10,0451
	P100	témoin	5,60000	2,75536	,287	-2,6451	13,8451
		Engrais	-1,00000	2,75536	,996	-9,2451	7,2451
		P50	-3,60000	2,75536	,690	-11,8451	4,6451
		P25	,80000	2,75536	,998	-7,4451	9,0451
	P50	témoin	9,20000*	2,75536	,024	,9549	17,4451
		Engrais	2,60000	2,75536	,876	-5,6451	10,8451
		P100	3,60000	2,75536	,690	-4,6451	11,8451
		P25	4,40000	2,75536	,516	-3,8451	12,6451
	P25	témoin	4,80000	2,75536	,432	-3,4451	13,0451
		Engrais	-1,80000	2,75536	,964	-10,0451	6,4451
		P100	-,80000	2,75536	,998	-9,0451	7,4451
		P50	-4,40000	2,75536	,516	-12,6451	3,8451
LSD	témoin	Engrais	-6,60000*	2,75536	,027	-12,3476	-,8524
		P100	-5,60000	2,75536	,056	-11,3476	,1476
		P50	-9,20000*	2,75536	,003	-14,9476	-3,4524
		P25	-4,80000	2,75536	,097	-10,5476	,9476
	Engrais	témoin	6,60000*	2,75536	,027	,8524	12,3476
		P100	1,00000	2,75536	,720	-4,7476	6,7476
		P50	-2,60000	2,75536	,357	-8,3476	3,1476
		P25	1,80000	2,75536	,521	-3,9476	7,5476
	P100	témoin	5,60000	2,75536	,056	-,1476	11,3476
		Engrais	-1,00000	2,75536	,720	-6,7476	4,7476
		P50	-3,60000	2,75536	,206	-9,3476	2,1476
		P25	,80000	2,75536	,775	-4,9476	6,5476
	P50	témoin	9,20000*	2,75536	,003	3,4524	14,9476
		Engrais	2,60000	2,75536	,357	-3,1476	8,3476
		P100	3,60000	2,75536	,206	-2,1476	9,3476
		P25	4,40000	2,75536	,126	-1,3476	10,1476
	P25	témoin	4,80000	2,75536	,097	-,9476	10,5476
		Engrais	-1,80000	2,75536	,521	-7,5476	3,9476
		P100	-,80000	2,75536	,775	-6,5476	4,9476
		P50	-4,40000	2,75536	,126	-10,1476	1,3476
Dunnett t (2-sided)[a]	Engrais	témoin	6,60000	2,75536	,084	-,7046	13,9046
	P100	témoin	5,60000	2,75536	,166	-1,7046	12,9046
	P50	témoin	9,20000*	2,75536	,011	1,8954	16,5046
	P25	témoin	4,80000	2,75536	,272	-2,5046	12,1046

*. The mean difference is significant at the .05 level.

a. Dunnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it.

Annexe 06 : Analyse de la variance de taux de nouaison.

ANOVA

Source of Variation	*SS*	*Df*	*MS*	*F*	*P-value*	*F crit*
Between Groups	1381.015	4	345.2539	0.840715	0.515613	2.866081
Within Groups	8213.339	20	410.667			
Total	9594.355	24				

Annexe 07 : Analyse de la variance de longueur des racines.

ANOVA

Longueur des racines

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	199,240	4	49,810	,798	,541
Within Groups	1248,900	20	62,445		
Total	1448,140	24			

Annexe 08 : Analyse de la variance de longueur des gousses.

ANOVA

Longueur des gousses

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	31,833	4	7,958	1,974	,137
Within Groups	80,632	20	4,032		
Total	112,466	24			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Longueur des gousses

	(I) Traitements	(J) Traitements	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	témoin	Engrais	-2,22620	1,26990	,426	-6,0262	1,5738
		P100	-,69820	1,26990	,981	-4,4982	3,1018
		P50	-3,20020	1,26990	,126	-7,0002	,5998
		P25	-1,25820	1,26990	,856	-5,0582	2,5418
	Engrais	témoin	2,22620	1,26990	,426	-1,5738	6,0262
		P100	1,52800	1,26990	,750	-2,2720	5,3280
		P50	-,97400	1,26990	,937	-4,7740	2,8260
		P25	,96800	1,26990	,938	-2,8320	4,7680
	P100	témoin	,69820	1,26990	,981	-3,1018	4,4982
		Engrais	-1,52800	1,26990	,750	-5,3280	2,2720
		P50	-2,50200	1,26990	,315	-6,3020	1,2980
		P25	-,56000	1,26990	,992	-4,3600	3,2400
	P50	témoin	3,20020	1,26990	,126	-,5998	7,0002
		Engrais	,97400	1,26990	,937	-2,8260	4,7740
		P100	2,50200	1,26990	,315	-1,2980	6,3020
		P25	1,94200	1,26990	,557	-1,8580	5,7420
	P25	témoin	1,25820	1,26990	,856	-2,5418	5,0582
		Engrais	-,96800	1,26990	,938	-4,7680	2,8320
		P100	,56000	1,26990	,992	-3,2400	4,3600
		P50	-1,94200	1,26990	,557	-5,7420	1,8580
LSD	témoin	Engrais	-2,22620	1,26990	,095	-4,8752	,4228
		P100	-,69820	1,26990	,589	-3,3472	1,9508
		P50	-3,20020*	1,26990	,020	-5,8492	-,5512
		P25	-1,25820	1,26990	,334	-3,9072	1,3908
	Engrais	témoin	2,22620	1,26990	,095	-,4228	4,8752
		P100	1,52800	1,26990	,243	-1,1210	4,1770
		P50	-,97400	1,26990	,452	-3,6230	1,6750
		P25	,96800	1,26990	,455	-1,6810	3,6170
	P100	témoin	,69820	1,26990	,589	-1,9508	3,3472
		Engrais	-1,52800	1,26990	,243	-4,1770	1,1210
		P50	-2,50200	1,26990	,063	-5,1510	,1470
		P25	-,56000	1,26990	,664	-3,2090	2,0890
	P50	témoin	3,20020*	1,26990	,020	,5512	5,8492
		Engrais	,97400	1,26990	,452	-1,6750	3,6230
		P100	2,50200	1,26990	,063	-,1470	5,1510
		P25	1,94200	1,26990	,142	-,7070	4,5910
	P25	témoin	1,25820	1,26990	,334	-1,3908	3,9072
		Engrais	-,96800	1,26990	,455	-3,6170	1,6810
		P100	,56000	1,26990	,664	-2,0890	3,2090
		P50	-1,94200	1,26990	,142	-4,5910	,7070
Dunnett t (2-sided)[a]	témoin	P25	-1,25820	1,26990	,721	-4,6248	2,1084
	Engrais	P25	,96800	1,26990	,859	-2,3986	4,3346
	P100	P25	-,56000	1,26990	,976	-3,9266	2,8066
	P50	P25	1,94200	1,26990	,377	-1,4246	5,3086

*. The mean difference is significant at the .05 level.

a. Dunnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it.

Annexe 09 : Analyse de la variance de poids des gousses.

ANOVA

Poids des gousses

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	127,196	4	31,799	2,783	,055
Within Groups	228,484	20	11,424		
Total	355,680	24			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Poids des gousses

	(I) Traitements	(J) Traitements	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	témoin	Engrais	-5,44000	2,13768	,120	-11,8367	,9567
		P100	-3,68000	2,13768	,444	-10,0767	2,7167
		P50	-6,54000*	2,13768	,044	-12,9367	-,1433
		P25	-4,94000	2,13768	,182	-11,3367	1,4567
	Engrais	témoin	5,44000	2,13768	,120	-,9567	11,8367
		P100	1,76000	2,13768	,920	-4,6367	8,1567
		P50	-1,10000	2,13768	,985	-7,4967	5,2967
		P25	,50000	2,13768	,999	-5,8967	6,8967
	P100	témoin	3,68000	2,13768	,444	-2,7167	10,0767
		Engrais	-1,76000	2,13768	,920	-8,1567	4,6367
		P50	-2,86000	2,13768	,672	-9,2567	3,5367
		P25	-1,26000	2,13768	,975	-7,6567	5,1367
	P50	témoin	6,54000*	2,13768	,044	,1433	12,9367
		Engrais	1,10000	2,13768	,985	-5,2967	7,4967
		P100	2,86000	2,13768	,672	-3,5367	9,2567
		P25	1,60000	2,13768	,942	-4,7967	7,9967
	P25	témoin	4,94000	2,13768	,182	-1,4567	11,3367
		Engrais	-,50000	2,13768	,999	-6,8967	5,8967
		P100	1,26000	2,13768	,975	-5,1367	7,6567
		P50	-1,60000	2,13768	,942	-7,9967	4,7967
LSD	témoin	Engrais	-5,44000*	2,13768	,019	-9,8991	-,9809
		P100	-3,68000	2,13768	,101	-8,1391	,7791
		P50	-6,54000*	2,13768	,006	-10,9991	-2,0809
		P25	-4,94000*	2,13768	,032	-9,3991	-,4809
	Engrais	témoin	5,44000*	2,13768	,019	,9809	9,8991
		P100	1,76000	2,13768	,420	-2,6991	6,2191
		P50	-1,10000	2,13768	,612	-5,5591	3,3591
		P25	,50000	2,13768	,817	-3,9591	4,9591
	P100	témoin	3,68000	2,13768	,101	-,7791	8,1391
		Engrais	-1,76000	2,13768	,420	-6,2191	2,6991
		P50	-2,86000	2,13768	,196	-7,3191	1,5991
		P25	-1,26000	2,13768	,562	-5,7191	3,1991
	P50	témoin	6,54000*	2,13768	,006	2,0809	10,9991
		Engrais	1,10000	2,13768	,612	-3,3591	5,5591
		P100	2,86000	2,13768	,196	-1,5991	7,3191
		P25	1,60000	2,13768	,463	-2,8591	6,0591
	P25	témoin	4,94000*	2,13768	,032	,4809	9,3991
		Engrais	-,50000	2,13768	,817	-4,9591	3,9591
		P100	1,26000	2,13768	,562	-3,1991	5,7191
		P50	-1,60000	2,13768	,463	-6,0591	2,8591
Dunnett t (2-sided)[a]	Engrais	témoin	5,44000	2,13768	,062	-,2271	11,1071
	P100	témoin	3,68000	2,13768	,281	-1,9871	9,3471
	P50	témoin	6,54000*	2,13768	,021	,8729	12,2071
	P25	témoin	4,94000	2,13768	,099	-,7271	10,6071

*. The mean difference is significant at the .05 level.

a. Dunnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it.

Annexe 10 : Analyse de la variance de nombre de graines/gousse.

ANOVA

Nombre de graines/gousse

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	29,360	4	7,340	2,005	,133
Within Groups	73,200	20	3,660		
Total	102,560	24			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Nombre de graines/gousse

	(I) Traitements	(J) Traitements	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	témoin	Engrais	-2,80000	1,20996	,181	-6,4206	,8206
		P100	-1,60000	1,20996	,681	-5,2206	2,0206
		P50	-3,00000	1,20996	,135	-6,6206	,6206
		P25	-1,40000	1,20996	,775	-5,0206	2,2206
	Engrais	témoin	2,80000	1,20996	,181	-,8206	6,4206
		P100	1,20000	1,20996	,856	-2,4206	4,8206
		P50	-,20000	1,20996	1,000	-3,8206	3,4206
		P25	1,40000	1,20996	,775	-2,2206	5,0206
	P100	témoin	1,60000	1,20996	,681	-2,0206	5,2206
		Engrais	-1,20000	1,20996	,856	-4,8206	2,4206
		P50	-1,40000	1,20996	,775	-5,0206	2,2206
		P25	,20000	1,20996	1,000	-3,4206	3,8206
	P50	témoin	3,00000	1,20996	,135	-,6206	6,6206
		Engrais	,20000	1,20996	1,000	-3,4206	3,8206
		P100	1,40000	1,20996	,775	-2,2206	5,0206
		P25	1,60000	1,20996	,681	-2,0206	5,2206
	P25	témoin	1,40000	1,20996	,775	-2,2206	5,0206
		Engrais	-1,40000	1,20996	,775	-5,0206	2,2206
		P100	-,20000	1,20996	1,000	-3,8206	3,4206
		P50	-1,60000	1,20996	,681	-5,2206	2,0206
LSD	témoin	Engrais	-2,80000*	1,20996	,031	-5,3239	-,2761
		P100	-1,60000	1,20996	,201	-4,1239	,9239
		P50	-3,00000*	1,20996	,022	-5,5239	-,4761
		P25	-1,40000	1,20996	,261	-3,9239	1,1239
	Engrais	témoin	2,80000*	1,20996	,031	,2761	5,3239
		P100	1,20000	1,20996	,333	-1,3239	3,7239
		P50	-,20000	1,20996	,870	-2,7239	2,3239
		P25	1,40000	1,20996	,261	-1,1239	3,9239
	P100	témoin	1,60000	1,20996	,201	-,9239	4,1239
		Engrais	-1,20000	1,20996	,333	-3,7239	1,3239
		P50	-1,40000	1,20996	,261	-3,9239	1,1239
		P25	,20000	1,20996	,870	-2,3239	2,7239
	P50	témoin	3,00000*	1,20996	,022	,4761	5,5239
		Engrais	,20000	1,20996	,870	-2,3239	2,7239
		P100	1,40000	1,20996	,261	-1,1239	3,9239
		P25	1,60000	1,20996	,201	-,9239	4,1239
	P25	témoin	1,40000	1,20996	,261	-1,1239	3,9239
		Engrais	-1,40000	1,20996	,261	-3,9239	1,1239
		P100	-,20000	1,20996	,870	-2,7239	2,3239
		P50	-1,60000	1,20996	,201	-4,1239	,9239
Dunnett t (2-sided)[a]	Engrais	témoin	2,80000	1,20996	,098	-,4077	6,0077
	P100	témoin	1,60000	1,20996	,500	-1,6077	4,8077
	P50	témoin	3,00000	1,20996	,071	-,2077	6,2077
	P25	témoin	1,40000	1,20996	,609	-1,8077	4,6077

*. The mean difference is significant at the .05 level.

a. Dunnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it.

Annexe 11 : Analyse de la variance de poids de graines/gousse.

ANOVA

Poids de graines/gousse

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,995	4	,249	1,755	,178
Within Groups	2,835	20	,142		
Total	3,831	24			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Poids de graines/gousse

	(I) Traitements	(J) Traitements	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	témoin	Engrais	-,58820	,23813	,138	-1,3008	,1244
		P100	-,34820	,23813	,597	-1,0608	,3644
		P50	-,37640	,23813	,526	-1,0890	,3362
		P25	-,16620	,23813	,955	-,8788	,5464
	Engrais	témoin	,58820	,23813	,138	-,1244	1,3008
		P100	,24000	,23813	,849	-,4726	,9526
		P50	,21180	,23813	,897	-,5008	,9244
		P25	,42200	,23813	,416	-,2906	1,1346
	P100	témoin	,34820	,23813	,597	-,3644	1,0608
		Engrais	-,24000	,23813	,849	-,9526	,4726
		P50	-,02820	,23813	1,000	-,7408	,6844
		P25	,18200	,23813	,938	-,5306	,8946
	P50	témoin	,37640	,23813	,526	-,3362	1,0890
		Engrais	-,21180	,23813	,897	-,9244	,5008
		P100	,02820	,23813	1,000	-,6844	,7408
		P25	,21020	,23813	,900	-,5024	,9228
	P25	témoin	,16620	,23813	,955	-,5464	,8788
		Engrais	-,42200	,23813	,416	-1,1346	,2906
		P100	-,18200	,23813	,938	-,8946	,5306
		P50	-,21020	,23813	,900	-,9228	,5024
LSD	témoin	Engrais	-,58820*	,23813	,023	-1,0849	-,0915
		P100	-,34820	,23813	,159	-,8449	,1485
		P50	-,37640	,23813	,130	-,8731	,1203
		P25	-,16620	,23813	,493	-,6629	,3305
	Engrais	témoin	,58820*	,23813	,023	,0915	1,0849
		P100	,24000	,23813	,326	-,2567	,7367
		P50	,21180	,23813	,384	-,2849	,7085
		P25	,42200	,23813	,092	-,0747	,9187
	P100	témoin	,34820	,23813	,159	-,1485	,8449
		Engrais	-,24000	,23813	,326	-,7367	,2567
		P50	-,02820	,23813	,907	-,5249	,4685
		P25	,18200	,23813	,454	-,3147	,6787
	P50	témoin	,37640	,23813	,130	-,1203	,8731
		Engrais	-,21180	,23813	,384	-,7085	,2849
		P100	,02820	,23813	,907	-,4685	,5249
		P25	,21020	,23813	,388	-,2865	,7069
	P25	témoin	,16620	,23813	,493	-,3305	,6629
		Engrais	-,42200	,23813	,092	-,9187	,0747
		P100	-,18200	,23813	,454	-,6787	,3147
		P50	-,21020	,23813	,388	-,7069	,2865
Dunnett t (2-sided)[a]	Engrais	témoin	,58820	,23813	,072	-,0431	1,2195
	P100	témoin	,34820	,23813	,414	-,2831	,9795
	P50	témoin	,37640	,23813	,349	-,2549	1,0077
	P25	témoin	,16620	,23813	,891	-,4651	,7975

*. The mean difference is significant at the .05 level.

a. Dunnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it.

Annexe 12 : Analyse de la variance de poids moyen d'une graine.

ANOVA

Poids moyen d'un graines

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,038	4	,009	1,913	,148
Within Groups	,099	20	,005		
Total	,136	24			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Poids moyen d'un graines

	(I) Traitements	(J) Traitements	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	témoin	Engrais	-,11200	,04442	,125	-,2449	,0209
		P100	-,02360	,04442	,983	-,1565	,1093
		P50	-,07140	,04442	,510	-,2043	,0615
		P25	-,06040	,04442	,659	-,1933	,0725
	Engrais	témoin	,11200	,04442	,125	-,0209	,2449
		P100	,08840	,04442	,306	-,0445	,2213
		P50	,04060	,04442	,888	-,0923	,1735
		P25	,05160	,04442	,772	-,0813	,1845
	P100	témoin	,02360	,04442	,983	-,1093	,1565
		Engrais	-,08840	,04442	,306	-,2213	,0445
		P50	-,04780	,04442	,816	-,1807	,0851
		P25	-,03680	,04442	,919	-,1697	,0961
	P50	témoin	,07140	,04442	,510	-,0615	,2043
		Engrais	-,04060	,04442	,888	-,1735	,0923
		P100	,04780	,04442	,816	-,0851	,1807
		P25	,01100	,04442	,999	-,1219	,1439
	P25	témoin	,06040	,04442	,659	-,0725	,1933
		Engrais	-,05160	,04442	,772	-,1845	,0813
		P100	,03680	,04442	,919	-,0961	,1697
		P50	-,01100	,04442	,999	-,1439	,1219
LSD	témoin	Engrais	-,11200*	,04442	,020	-,2047	-,0193
		P100	-,02360	,04442	,601	-,1163	,0691
		P50	-,07140	,04442	,124	-,1641	,0213
		P25	-,06040	,04442	,189	-,1531	,0323
	Engrais	témoin	,11200*	,04442	,020	,0193	,2047
		P100	,08840	,04442	,060	-,0043	,1811
		P50	,04060	,04442	,372	-,0521	,1333
		P25	,05160	,04442	,259	-,0411	,1443
	P100	témoin	,02360	,04442	,601	-,0691	,1163
		Engrais	-,08840	,04442	,060	-,1811	,0043
		P50	-,04780	,04442	,295	-,1405	,0449
		P25	-,03680	,04442	,417	-,1295	,0559
	P50	témoin	,07140	,04442	,124	-,0213	,1641
		Engrais	-,04060	,04442	,372	-,1333	,0521
		P100	,04780	,04442	,295	-,0449	,1405
		P25	,01100	,04442	,807	-,0817	,1037
	P25	témoin	,06040	,04442	,189	-,0323	,1531
		Engrais	-,05160	,04442	,259	-,1443	,0411
		P100	,03680	,04442	,417	-,0559	,1295
		P50	-,01100	,04442	,807	-,1037	,0817
Dunnett t (2-sided)[a]	Engrais	témoin	,11200	,04442	,065	-,0058	,2298
	P100	témoin	,02360	,04442	,955	-,0942	,1414
	P50	témoin	,07140	,04442	,335	-,0464	,1892
	P25	témoin	,06040	,04442	,476	-,0574	,1782

*. The mean difference is significant at the .05 level.

a. Dunnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it.

Annexe 13 : Analyse de la variance de poids de la biomasse végétale.

ANOVA

Poids de la biomasse végétale

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	527,079	4	131,770	5,731	,003
Within Groups	459,861	20	22,993		
Total	986,941	24			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Poids de la biomasse végétale

	(I) Traitements	(J) Traitements	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	témoin	Engrais	-13,93800*	3,03269	,001	-23,0130	-4,8630
		P100	-4,47800	3,03269	,588	-13,5530	4,5970
		P50	-3,79600	3,03269	,722	-12,8710	5,2790
		P25	-5,74400	3,03269	,352	-14,8190	3,3310
	Engrais	témoin	13,93800*	3,03269	,001	4,8630	23,0130
		P100	9,46000*	3,03269	,038	,3850	18,5350
		P50	10,14200*	3,03269	,024	1,0670	19,2170
		P25	8,19400	3,03269	,089	-,8810	17,2690
	P100	témoin	4,47800	3,03269	,588	-4,5970	13,5530
		Engrais	-9,46000*	3,03269	,038	-18,5350	-,3850
		P50	,68200	3,03269	,999	-8,3930	9,7570
		P25	-1,26600	3,03269	,993	-10,3410	7,8090
	P50	témoin	3,79600	3,03269	,722	-5,2790	12,8710
		Engrais	-10,14200*	3,03269	,024	-19,2170	-1,0670
		P100	-,68200	3,03269	,999	-9,7570	8,3930
		P25	-1,94800	3,03269	,966	-11,0230	7,1270
	P25	témoin	5,74400	3,03269	,352	-3,3310	14,8190
		Engrais	-8,19400	3,03269	,089	-17,2690	,8810
		P100	1,26600	3,03269	,993	-7,8090	10,3410
		P50	1,94800	3,03269	,966	-7,1270	11,0230
LSD	témoin	Engrais	-13,93800*	3,03269	,000	-20,2641	-7,6119
		P100	-4,47800	3,03269	,155	-10,8041	1,8481
		P50	-3,79600	3,03269	,225	-10,1221	2,5301
		P25	-5,74400	3,03269	,073	-12,0701	,5821
	Engrais	témoin	13,93800*	3,03269	,000	7,6119	20,2641
		P100	9,46000*	3,03269	,005	3,1339	15,7861
		P50	10,14200*	3,03269	,003	3,8159	16,4681
		P25	8,19400*	3,03269	,014	1,8679	14,5201
	P100	témoin	4,47800	3,03269	,155	-1,8481	10,8041
		Engrais	-9,46000*	3,03269	,005	-15,7861	-3,1339
		P50	,68200	3,03269	,824	-5,6441	7,0081
		P25	-1,26600	3,03269	,681	-7,5921	5,0601
	P50	témoin	3,79600	3,03269	,225	-2,5301	10,1221
		Engrais	-10,14200*	3,03269	,003	-16,4681	-3,8159
		P100	-,68200	3,03269	,824	-7,0081	5,6441
		P25	-1,94800	3,03269	,528	-8,2741	4,3781
	P25	témoin	5,74400	3,03269	,073	-,5821	12,0701
		Engrais	-8,19400*	3,03269	,014	-14,5201	-1,8679
		P100	1,26600	3,03269	,681	-5,0601	7,5921
		P50	1,94800	3,03269	,528	-4,3781	8,2741
Dunnett t (2-sided)[a]	Engrais	témoin	13,93800*	3,03269	,001	5,8982	21,9778
	P100	témoin	4,47800	3,03269	,406	-3,5618	12,5178
	P50	témoin	3,79600	3,03269	,546	-4,2438	11,8358
	P25	témoin	5,74400	3,03269	,211	-2,2958	13,7838

*. The mean difference is significant at the .05 level.

a. Dunnett t-tests treat one group as a control, and compare all other groups against it.

Annexe 14 :



Figure 01: longueur des racines. **(Notre source)**

Résumé :

Effet du purin des cladodes de figuier de barbarie sur les paramètres agro-physiologiques et le rendement du haricot vert (Phaseolus vulgaris L.)

Ce travail a été réalisé dans le but d'évaluer l'effet de différentes concentrations du purin obtenu à partir des cladodes de figuier de barbarie sur la croissance et le rendement du haricot vert (Phaseolus vulgaris L.), en comparant son efficacité à celle d'un engrais minéral et d'un témoin non fertilisé.

L'expérimentation a été conduite en serre, selon cinq traitements : un témoin, un traitement à l'engrais minéral et trois concentrations du purin de cladodes de figuier de barbarie (P25, P50 et P100).

Parallèlement à l'essai agronomique, des analyses physico-chimiques du purin ont été réalisées au laboratoire afin de déterminer certaines de ses caractéristiques, notamment le pH et la conductivité électrique (CE), dans le but de mieux caractériser le produit utilisé.

Les paramètres étudiés comprenaient la hauteur des plantes, le diamètre des tiges, le nombre de feuilles, le nombre de fleurs, le nombre de gousses, le taux de nouaison ainsi que le poids moyen d'une graine. Les données recueillies ont été soumises à une analyse statistique (ANOVA), complétée par les tests de comparaison multiple de Tukey HSD, LSD et Dunnett .

Les résultats ont montré que les traitements ont exercé un effet significatif sur le nombre de feuilles, le nombre de fleurs et le nombre de gousses, tandis que la hauteur des plantes, le diamètre des tiges, le taux de nouaison et le poids moyen d'une graine n'ont pas présenté de différences statistiquement significatives. Parmi les traitements étudiés, la concentration P50 a donné les résultats les plus satisfaisants pour plusieurs paramètres de croissance et de production, notamment le nombre de fleurs et le nombre de gousses.

Le traitement Engrais s'est distingué principalement par le nombre de feuilles et le poids moyen d'une graine, alors que le témoin a enregistré les valeurs les plus faibles pour la majorité des paramètres évalués.

Les résultats obtenus mettent en évidence le potentiel du purin de figuier de barbarie comme biofertilisant naturel capable de stimuler la croissance végétative, d'améliorer la floraison et de favoriser le développement des gousses. Son utilisation représente une alternative prometteuse aux engrais chimiques et contribue à la valorisation d'une ressource locale dans une démarche d'agriculture durable et respectueuse de l'environnement.

Mots-clés : Haricot vert, Phaseolus vulgaris L., purin de figuier de barbarie, biofertilisant, biostimulant, croissance végétative, rendement, fertilisation organique, agriculture durable.

Abstract:

This study was conducted to evaluate the effects of different concentrations of fermented extract (plant manure) prepared from prickly pear cactus cladodes on the growth and yield of green bean (Phaseolus vulgaris L.), and to compare its effectiveness with that of a mineral fertilizer and an unfertilized control.

The experiment was carried out under greenhouse conditions using five treatments: an unfertilized control, a mineral fertilizer treatment, and three concentrations of prickly pear cladode extract (P25, P50, and P100). In parallel with the agronomic trial, physicochemical analyses of the fermented extract were performed to determine its main characteristics, particularly pH and electrical conductivity (EC), in order to characterize the product used.

The evaluated parameters included plant height, stem diameter, number of leaves, number of flowers, number of pods, fruit set percentage, and mean seed weight. The collected data were subjected to analysis of variance (ANOVA), followed by Tukey's Honestly Significant Difference (HSD), Least Significant Difference (LSD), and Dunnett's multiple comparison tests.

The results revealed significant treatment effects on the number of leaves, flowers, and pods, whereas plant height, stem diameter, fruit set percentage, and mean seed weight showed no statistically significant differences. Among the tested treatments, P50 produced the most favorable results for several growth and yield parameters, particularly the number of flowers and pods. The mineral fertilizer treatment was distinguished by the highest number of leaves and the greatest mean seed weight, while the unfertilized control consistently recorded the lowest values for most evaluated parameters.

These findings highlight the potential of prickly pear cladode fermented extract as a natural biofertilizer capable of enhancing vegetative growth, improving flowering, and promoting pod development. Its application represents a promising sustainable alternative to chemical fertilizers while contributing to the valorization of locally available plant resources within environmentally friendly agricultural systems.

Keywords: Green bean, Phaseolus vulgaris L., prickly pear cladode fermented extract, biofertilizer, biostimulant, vegetative growth, yield, organic fertilization, sustainable agriculture.

ملخص البحث:

أُنجزت هذه الدراسة بهدف تقييم تأثير تراكيز مختلفة من مستخلص التخمير المحضر من ألواح التين الشوكي على النمو والإنتاجية لدى الفاصولياء الخضراء (Phaseolus vulgaris L)، مع مقارنة فعاليته بسماد معدني وشاهد غير مُسمَّد.

أُجريت التجربة داخل بيت بلاستيكي وفق تصميم تجريبي شمل خمس معاملات: معاملة الشاهد، ومعاملة السماد المعدني، وثلاثة تراكيز من سماد ألواح التين الشوكي (P25، P50، وP100). وبالتوازي مع التجربة الزراعية، أُجريت تحاليل فيزيائية وكيميائية للسماد في المخبر لتحديد بعض خصائصه، ولا سيما الرقم الهيدروجيني(pH) والتوصيلية الكهربائية (EC)، بهدف توصيف المنتج المستعمل.

شملت المؤشرات المدروسة ارتفاع النبات، وقطر الساق، وعدد الأوراق، وعدد الأزهار، وعدد القرون، ونسبة العقد، ومتوسط وزن البذرة. وخضعت البيانات المتحصل عليها للتحليل الإحصائي باستخدام تحليل التباين (ANOVA)، متبوعًا باختبارات المقارنة البعدية Tukey HSD وLSD وDunnett.

أظهرت النتائج وجود تأثير معنوي للمعاملات على عدد الأوراق، وعدد الأزهار، وعدد القرون، في حين لم تُسجل فروق معنوية في ارتفاع النباتات، وقطر السيقان، ونسبة العقد، ومتوسط وزن البذرة. وقد حققت المعاملة P50 أفضل النتائج في عدد من مؤشرات النمو والإنتاج، خاصةً عدد الأزهار وعدد القرون. كما تميزت معاملة السماد المعدني بتحقيق أعلى القيم في عدد الأوراق ومتوسط وزن البذرة، بينما سجلت معاملة الشاهد أدنى القيم في معظم المؤشرات المدروسة.

تؤكد النتائج الإمكانات الواعدة لسماد التين الشوكي بوصفه سمادًا حيويًا طبيعيًا قادرًا على تحفيز النمو الخضري، وتحسين الإزهار، وتعزيز تكوين القرون. وتمثل هذه التقنية بديلًا مستدامًا للأسمدة الكيميائية، كما تسهم في تثمين مورد نباتي محلي ضمن إطار الزراعة المستدامة والحفاظ على البيئة.

الكلمات المفتاحية: الفاصولياء الخضراء، Phaseolus vulgaris L.، سماد التين الشوكي، السماد الحيوي، المنشط الحيوي، النمو الخضري، الإنتاجية، التسميد العضوي، الزراعة المستدامة.

الجمـــهورية الجزائـــرية الديمقراطية الشعبيـــة

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Département D' Agronomie

جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلـوم
قسم علوم الفلاحة

Réf : / D S AGRO/2026

رقم : / ق ع ف / 2026

Skikda le : ...../07/2026

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné : Bounouara Zohra **Présidente de Jury**

Certifie que l'étudiant(e) : *Djeffal Nesrine*

Spécialité : Amélioration des plantes

Intitulé : Intitulé : Evaluation de l'effet fertilisant du purin des cladodes du figuier de barbarie (Opuntia ficus indica) sur les propriétés agrophysiologiques et les composantes de rendement de la culture de l'haricot (P*haseolus* vulgaris L.)

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Encadreur

Président de Jury

Scanné avec CamScanner