

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique  
Université Djilali BOUNAAMA KHEMIS MILIANA



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences Agronomique  
**Spécialité : Production Végétale**  
**Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master**  
**Thème:**

Etude préliminaire de quelques variétés de Lentille (*Lens  
culinaris* Medik) dans les conditions du Haut Chélif

**Réalisé par :**

M<sup>elle</sup> : MELAHI Nor el houda

M<sup>elle</sup> : BENRABEH Fatima zahra

**Soutenu le:** 24/07/2019

**Devant le jury:**

<b>Pr. Mokabli A</b>	<b>Président</b>	<b>UDBKM</b>
<b>Dr. Lazali M</b>	<b>Examineur</b>	<b>UDBKM</b>
<b>Dr. Boussalhih B</b>	<b>Promoteur</b>	<b>UDBKM</b>
<b>Mr. Kelkouli M</b>	<b>Examineur</b>	<b>UDBKM</b>
<b>Mr. Marok M.A</b>	<b>Examineur</b>	<b>UDBKM</b>

**Année universitaire:2018-2019**

# Remerciements

A dieu le tout puissant, le clément, le glorieux, le juste et le gracieux qu'au terme de travail, on le remercie en tout premier lieu.

La rédaction de la mémoire nous Donne l'occasion de remercier toutes les personnes qui ont participé et contribué au bon déroulement de ce mémoire.

Nous tenons à exprimer en premier lieu à :

Monsieur le docteur « **BOUSSALHIH Brahim** »

Vous avait été à l'origine de ce travail et vous l'avait suivi jusqu'à son terme, nous vous remercions pour notre écoute et conseils.

Nous tenons à exprimer nos sentiments les plus solennels et de reconnaissance aux membres du jury, on remercie

Monsieur le professeur « **MOKABLI. Aissa** », pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de lire notre mémoire et de présider le jury de notre soutenance.

« **Mr. KELKOULI.M** », « **Ms. MAROK.M.A** » et Monsieur le docteur « **LAZALI.M** » de nous avoir fait plaisir d'accepter d'être un membre de jury de notre soutenance afin d'examiner et de juger ce travail.

Nous tenons à remercier vivement notre Co-promotrice « **MelleBOUGHANEM Wassila** », assistante en institut technique de grandes cultures (ITGC) d' Harrach.

A l'équipe de l'ITGC de *Khemis miliana*, pour son aide dans tout la démarche pratiques, du mise en place de l'essai jusqu'à la récolte.

Nous tenons à remercier Monsieur « **HAWAS Benyoucef** », Ingénieur d'Agronomie au Direction des Services Agricoles d'Ain Defla.

Nous tenons à remercier tous les enseignants dans l'Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana.

Un remerciement à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à notre formation et à la réalisation de ce travail.

Merci aussi à tous ceux que nous avons oublié.

## **Dédicace**

*Tout d'abord je rends grâce à Dieu le tout puissant qui ma donné la force, le courage, la santé et patience d'accomplir ce travail.*

*Ces pages sont l'occasion pour moi de remercier toutes mes proches m'ont prodiguée je la dédie spécialement :*

*En premier, à mes chères parents : « **BENYOUCEF** » et « **HAKIMA** », qui ont toujours été présents à mes cotés.*

*Pour me soutenir et m'encourager*

*Pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et mes études.*

*Pour tout l'amour que vous m'avez donné*

*Je me serais surement pas réalisé ce chemin sans votre aide constante. Aujourd'hui cette thèse est là pour vous montrer que vos efforts ne furent pas vains.*

*Puisse Dieu vous prête une bonne santé et longue vie.*

*A mes chères frères « **MOHAMMED** », « **ABDELKADER** » et « **RIADH** »*

*Pour qui je souhaite une vie pleine de souris et d'amour, du meilleur avenir, de la meilleur des chances et de réaliser leurs rêves.*

*A mon binôme Fatima zahra et mes amies de l'université de khemis*

*Miliana : Amira, somia, yasmine, nesrine, fatiha, houria, imane et salma.*

*A mes collèges de promotion Agronomie surtout la promo de Production Végétale 2019 son exception.*

*En fin je dédie ce mémoire à tous ceux qui m'aiment et surtout a ceux que j'aime.*

**NOR EL HOUDA**

## **Dédicace**

*C'est avec l'aide de Dieu le tout puissant que j'ai pu arriver au terme de ce travail que je tien à dédier :*

*A la plus belle créature que Dieu à crée sur terre, à cette source de tendresse, de patience et de générosité.*

*A ma très chère et douce mère !*

*Que la clémence du bon dieu soit sur elle, que j'aime le plus au monde*

*Pour leur encouragement illimité et pour leurs sacrifices énormes*

*Aucune mot ne serait suffisant pour lui remercier, puisse dieu vous prête bonne santé et longue vie afin que je puisse à mon tour, vous combler.*

*A mon père, qui le plus gentil des pères en signe de reconnaissance pour son amour, qui ma soutenu et encouragé dans tous les domaines et surtout pour réaliser ce mémoire.*

*A mes très chères frères : « **SALEH EDDINE** » et « **ABDELHADI** »*

*Pour qui je souhaite le meilleur avenir et la meilleure des chances dans la vie.*

*A mes très Chères sœurs : « **OMAYMA** » et « **NOR EL HOUDA** », d'avoir une vie joyeuse et un avenir brillant et d'avoir le meilleur de la santé et l'amour et à réaliser leurs rêves.*

*A mon binome « **NOR EL HOUDA** ».*

*À mes très chères amies: fatiha , nesrine, amira, Somia, Imane, Khadodj, Fatoma, Fadhila,Salma, Amina ,Zahra, Houria et Hamza ; qui ont été là pour moi à travers mes années dans cette université, pour les souvenirs que je ne l'oublierai jamais.*

*A tous ceux qui me connue.*

**ZAHRA**

العدسة هي نبات سنوي ثنائي الفلقتين ينتمي إلى فصيلة البقوليات انه يشكل محصول سابق ممتاز لجميع المحاصيل الأخرى. هي نبات مضاعف(2 = 14) رقيق و كتلة ليفية من الج تعایش مع بكتيريا التربة الريزوبيا و التي تسمح بتثبيت الازوت الجوي.

في ه ا السياق تركزت دراستنا على دراسة سلوك بعض أصناف من العدسة و التي تمت زراعتها على مستوى منطقة خميس مليانة. الهدف الرئيسي من ه العمل هو إجراء مقارنة بين أصناف العدسة يا و نأخذ بعين الاعتبار العقيدات ي

بعد التحليلات التي تم إجراؤها و النتائج المتحصل عليها تؤكد وجود تباين ضمن الأصناف. في حين تبين أن Dahra LVS, Large blonde, Métropole هي أفضل الأنواع المزروعة.

## المفتاحية

العقيدات

## **Résumé :**

La lentille (*Lens culinaris Medik*), est une plante annuelle, dicotylédone de la famille des Fabacées, elle constitue un excellent précédent cultural pour les autres cultures. Est une plante diploïde ( $2n=14$ ), herbacée avec un système racinaire mince et une masse fibreuse de racine latérale, capable d'établir une relation symbiotique avec les *Rhizobia* pour la fixation d'azote.

Dans ce contexte, notre travail est porté sur l'étude de comportement de quelques variétés de lentille cultivées au niveau de la zone de Khemis Miliana. L'objectif principal de notre étude est de faire une comparaison entre les variétés de lentille morphologiquement et tenir en compte la nodulation, afin de sélectionner la meilleure variété cultivée dans la zone d'étude.

Les résultats obtenus ont confirmé l'existence d'une variabilité au sein des variétés ; LVS, Large blonde, Métropole et Dahra ont apparue comme les meilleures variétés cultivées.

## **Mots clés :**

Lentille (*Lens culinaris Medik*), comportement, variétés, morphologie, nodulation.

**Abstract:**

The lentil (*Lens culinaris* Medik), is a plant annual, dicotyledonous of Fabaceae family, it is an excellent cultural precedent for the other cultures. It is a diploid plant ( $2n=14$ ), herbaceous with a thin root system and a fibrous mass of lateral root, able to establish a symbiotic relationship with the *rhizobia* for the fixation of nitrogen.

In this context, our work is focused on the study of the behavior of some lentil varieties grown in the region of Khemis Miliana. The main objective of this work is to make a comparison between lentil varieties morphologically and take into account nodulation in order to select the best cultivated variety in the study areas.

After analyzes studied and the results obtained confirmed the existence of variability within the varieties. While the varieties of LVS, Large blonde, Métropole and Dahra has emerged as the best cultivated varieties.

**Key words:**

Lentil (*Lens culinaris* Medik), behavior, varieties, morphologically, nodulation.

## **Liste des abréviations**

**FAO** : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

**ITGC** : Institut Technique des Grandes Cultures.

**MADRP** : Ministère d'Agriculture et du Développement Rural et de la Pêche.

**ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydroliques

**UDBKM** : Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana

**BNL** : Bactéries Nodulant les Légumineuses.

**EUSR** : Efficience d'Utilisation de la Symbiose Rhizobienne.

**PCG** : Poids de Cent Grains

**PAS** : Poids aérienne sec

**PNS** : Poids nodulaire sec

**FDPS** : Ferme de Démonstration et de la Production de Semence

# SOMMAIRE

<b>Introduction Générale</b>	<b>01</b>
<b>Partie I : synthèse bibliographique</b>	
<b>Chapitre I: Situation des légumineuses alimentaires</b>	
I - Dans le monde	02
II - En Algérie	03
III - Zone de production	04
IV. Contraintes liées à la production	05
IV.1. Contraintes climatiques	05
IV.2. Contraintes agronomiques	05
IV.2.1 Matériel végétal	05
IV.2.2. Stress biotiques	05
IV.3. Contraintes économiques	07
V. Importance des légumineuses alimentaires	07
V.1 Sur le plan agronomique et écologique	07
V.2 Sur le plan nutritionnel et sanitaire	07
<b>Chapitre II : Biologie et exigences</b>	
I. Biologie	08
I.2. Origine et systématique de la lentille	08
I.3. Classification taxonomique	09
I.4. Description de la plante	09
I.4.1. Tige	09
I.4.2. Feuille	10
I.4.3. Fleurs	10
I.4.4. Fruits	10
I.4.5. Grains	10
II. Fixation d'azote	11
II.1. Fixateurs symbiotiques	11
II.2. Symbiose Rhizobium légumineuse	11
II.3. Etapes de la nodulation	11
II.3.1. Préinfection	11
II.3.2. Infection	11
II.3.3. Développement du nodule	12

II.3.4. Nodule mature	12
III. Cycle biologique de la lentille	13
IV. Stades du développement	14
IV.1.Phase végétative	14
IV.2. Phase reproductrice	16
V. Exigences pédoclimatiques	17
V.1. Température	17
V.2. Sol	18

### **Chapitre III : Itinéraires techniques de production**

I. Place de la lentille dans la rotation	19
I.1. Conditions pluviales	19
II. Travaux du sol	19
III. Installation de la culture	19
III.1. Période de semis	19
III.2. Semis	20
III.3. Densité de peuplement (dose de semis)	20
III.4. Roulage	20
III.5. Désherbage	20
III.6. Fertilisation	20
VI. Protection phytosanitaire et ennemis de la culture	21
VI.1. Contrôle des mauvaises herbes et adventices	21
VI.2. Protection contre les maladies et ravageurs	21
VI.2.1. Principales maladies cryptogamiques	21
VI.2.2. Maladies virales	22
VI.3. Protection contre les plantes parasites	22
VI.3.1. Cas de l'orobanche	22
VI.3.2. Cas de la cuscute	22
VI.4. Protection contre les insectes et autres prédateurs	23
V. Récolte	23
V.1. Récolte en deux temps	23
V.2. Récolte directe	23

### **Patrie II: partie expérimentale**

#### **Matériels et méthodes**

I. Objectif de l'essai	24
II. Présentation de la région d'étude	24
II.1. Localisation de l'essai	24
III. Caractéristiques climatiques	25
III.1. Régime thermique	25
III.2. Régime pluviométrique	25
III.3. Diagramme ombrothermique de la période 1987-2018	26
VI. Conditions de l'essai	26
VI.1. Conditions climatiques	26
VI.1.1. Température	26
VI.1.2. Pluviométrie	27
VI.2. Conditions édaphiques	27
VI.2.1. Analyses physico-chimiques du sol	27
V. Matériel végétal	29
VI. Dispositif expérimental	31
VII. Gestion de l'essai	32
VII.1. Travail du sol	32
VII.2. Semis	32
VII.3. Roulage	33
VII.4. Entretien de la culture	33
VII.4.1. Traitements appliquées	33
VII.4.2. Désherbage	33
VII.5. Mesures et comptage	34
VII.5.1. Nombre de plants par mètre carré	34
VII.5.2. Nombre des ramifications primaire et secondaires (R1 et R2)	34
VII.5.3. Nombre de fleurs par plant	34
VII.5.4. Hauteur des plantes	35
VII.6. Prélèvement des échantillons végétatifs	36
VII.6.1. Détermination de la biomasse aérienne, racinaire	36
VII.6.2. Détermination du nombre et du poids sec de nodosités	37
VII.6.3. Efficience d'utilisation de la symbiose rhizobienne	37
VII.7. Rendement et ses composantes	38
VII.7.1. Nombre de gousse/plant	38

VII.7.2. Nombre de grains/gousse	38
VII.7.3. Nombre de grains /plant	38
VII.7.4. Récolte	38
VII.7.5. Battage	39
VII.7.6. Poids de 100 grains (PCG)	39
VII.7.7. Rendement théorique en qx/ha)	39
VII.8. Analyses statistiques	40

### **Parie III: Résultats et discussion**

I. Caractéristiques physico-chimiques du sol expérimental	41
II. Evaluation de rendement et ses composantes	42
II.1. Nombre de plant/m <sup>2</sup>	42
II.2. Nombre des ramifications I et II	42
II.3. Nombre de fleurs par plant	44
II.4. Nombre de gousses/ plant	45
II.5. Nombre de grains/gousse	46
II.6. Nombre de grains/plant	47
II.7. Poids de 100 grains	47
II.8. Rendement réel en gramme par m <sup>2</sup>	48
II.9. Comparaison entre rendement réel et théorique	49
III .Evaluation des paramètres de croissance et de la nodulation	50
III.1. Hauteur de la plante	50
III.2. Biomasse aérienne sèche	50
III.3. Longueur de la partie racinaire	51
III.4. Biomasse racinaire sèche	51
III.5. Nombre de nodule	52
III.6. Biomasse nodulaire	53
III.7. Efficience d'utilisation de la symbiose rhizobienne	53
<b>Conclusion générale</b>	<b>57</b>

### **Références bibliographiques**

### **Annexes**

### Liste des tableaux

Tableau 01: Situation de la culture de la lentille dans le monde	02
Tableau 02 : situation de la culture de lentille en Algérie	03
Tableau 03 : Température moyenne mensuelle de la période 1987 – 2018	25
Tableau 04: Pluviométrie moyenne mensuelle de la période 1987 – 2018	25
Tableau 05 : Variation des températures mensuelles de la région d'étude	26
Tableau 06 : Variation de pluviométrie mensuelle de la région d'étude	27
Tableau 07: Analyses physico-chimique du sol	28
Tableau 08: Caractéristiques agronomiques de quelques variétés étudiées	30
Tableau 09: Dose de semi des variétés étudiées en fonction de poids de 100 grains	32
Tableau 10: Caractéristiques physico-chimique du sol expérimental	41
Tableau 11: Variation du nombre de jours du semis au début de floraison chez les variétés de lentille cultivées	45

## Liste des figures

Figure 01 : Grands pays producteurs de la lentille a travers le monde en 2017	02
Figure 02: Wilayas les plus producteurs de la lentille en Algérie	03
Figure 03: Répartition des superficies de la lentille 2014-2015 au niveau national (ITGC)	04
Figure 04: Plant de la lentille	10
Figure 05: Processus d'infection de la racine des légumineuses par les bactéries	12
Figure 06: Cycle biologique de la lentille semée en automne	13
Figure 07: Plantule de lentille	15
Figure 08: Tige de lentille avec feuille composées, gousses, graine	15
Figure 09: Situation géographique de l'FDPS de l'ITGC de Khemis Miliana	24
Figure 10: Pluviométrie annuelle de 1987 - 2018	25
Figure 11: Diagramme Ombrothermique de la période 1987-2018	26
Figure 12: Représentation graphique de variation des températures mensuelles	27
Figure 13: Matériels végétale de lentille concernée par l'étude	30
Figure 14: Dispositif expérimentale de l'essai	31
Figure 15: Semi à l'aide d'un semoir expérimental	32
Figure 16: Désherbage manuelle	33
Figure 17: Mesure de nombre des plants à la levée	34
Figure 18: Mesure du nombre de fleurs	35
Figure 19: Procédure de mesure de la hauteur	35
Figure 20: Prélèvement des échantillons végétatifs	36
Figure 21: Détermination de la biomasse aérienne et racinaire	36
Figure 22: Séchage des plants à l'étuve	37
Figure 23: Détermination du nombre des nodules et du poids sec après séchage	37
Figure 24: Détermination du nombre de gousses par plant	38
Figure 25: Récolte manuelle	39
Figure 26: Batteuse à poste fixe	39
Figure 27: Variation du nombre de plant par m <sup>2</sup>	42
Figure 28 : Variation du nombre des ramifications I par plant	43
Figure 29 : Variation du nombre des ramifications II par plant	43
Figure 30 : Variation du nombre des fleurs par plant	44

Figure 31 : Variation du nombre de gousses/plant	45
Figure 32 : Variation du nombre de grains par gousse	46
Figure 33 : Variation du nombre de grain/plant	47
Figure 34 : Variation de poids de cent grains chez les variétés (PCG	48
Figure 35 : Variation de rendement réel en gramme par m <sup>2</sup> chez les variétés	49
Figure 36 : Comparaison entre rendement théorique et réel (qx/ha	49
Figure 37 : Variation de la hauteur en cm de végétation des variétés	50
Figure 38 : Variation du poids sec en gramme de la partie aérienne des variétés	51
Figure 39 : Variation de la longueur en cm de la partie racinaire des variétés	51
Figure 40 : Variation du poids sec en gramme des racines des variétés	52
Figure 41 : Variation du nombre de nodules des variétés	52
Figure 42: Variation de la biomasse sèche nodulaire en gramme des variétés	53
Figure 43: Efficacité de l'utilisation de la symbiose rhizobienne	55

## **Liste des annexes :**

Annexe 01 : Analyse granulométrique méthode à la pipette de Robinson

Annexe 02 : Echelle de pH des sols selon (Fillere, 1995)

Annexe 03: Classification du degré de salinité (Feller, 1995)

Annexe 04 : Dosage de la Matière Organique (méthode ANNE)

Annexe 05: Dosage du calcaire total

Annexe 06 : Dosage de l'Azote assimilable (DEVARDA)

Annexe 07: Dosage du phosphore assimilable (Olsen)

Annexe 08 : Modélisation de la variable nombre de plant/m<sup>2</sup>

Annexe 09: Modélisation de la variable Nombre des ramifications I de la plante

Annexe 10: Modélisation de la variable Nombre des ramifications II de la plante

Annexe 11 : Modélisation de la variable nombre de fleur par m<sup>2</sup> de la plante

Annexe 12 : Modélisation de la variable nombre de gousses/ plant

Annexe 13 :Modélisation de la variable nombre de grains/gousse

Annexe 14 : Modélisation de la variable grains/plant

Annexe 15 : Modélisation de la variable PCG

Annexe 16 : Modélisation de la variable rendement réel en gramme par m<sup>2</sup>

Annexe 17 : Modélisation de la variable hauteur de la plante

Annexe 18 : Modélisation de la variable biomasse sèche aérienne

Annexe 19 : Modélisation de la variable biomasse sèche racinaire

Annexe 20 : Modélisation de la variable longueur des racines

Annexe 21 : Modélisation de la variable nombre de nodules

Annexe 22 :Modélisation de la variable biomasse sèche nodulaire

# **Introduction générale**

## Introduction générale

Les légumineuses alimentaires ont toujours été un produit important de l'agriculture algérienne. Elles constituent une composante essentielle du régime alimentaire des algériens. Elles sont une importante source de protéines utilisée dans la nutrition humaine. La culture des légumineuses en Algérie, située dans l'étage bioclimatiques humides et sub humides et même semi arides. Dans ces régions se trouve une grande diversité des légumineuses spontanées ou cultivées (FAO, 2006).

Cette famille représente une part importante des cotylédons. Elle fournit à l'homme le plus grand nombre d'espèces utiles à la survie de l'humanité. Les principales légumineuses alimentaires cultivées actuellement en Algérie sont : la fève, le pois chiche, la lentille, le petit pois et l'haricot. Les grands producteurs de la lentille à l'échelle mondiale sont : l'Asie, l'Europe, l'Afrique, l'Inde et le Pakistan.

En Algérie, beaucoup de variétés de lentille longtemps cultivées ont disparu (Zeghouane, 2016). Les variétés cultivées sont soit locales ou d'origine étrangères. Plusieurs variétés ont été introduites, et plusieurs nouvelles d'entre elles ont été sélectionnées en fonction de leur adaptation aux différentes conditions agro-climatiques rencontrées du pays (FAO, 2006).

L'objectif de cette étude vise à identifier et comparer certaines variétés de la lentille sur le plan morphologique. A cet effet, nous avons choisi pour notre étude les paramètres essentielles : hauteur de la plante, nombre des ramifications I et II, nombre des fleurs/plant, nombre de gousses/plant, nombre des graines/gousses et le rendement et tenir en compte la nodulation .En effet, cette plante est capable d'établir des symbioses fixatrices d'azote atmosphérique avec des bactéries du sol de la famille des Rhizobiaceae, et contribue ainsi à faire entrer l'azote atmosphérique sous forme organique dans les écosystèmes, ce qui permet d'initier la régénération d'un sol, réhabiliter sa fertilité et promouvoir par la suite une dynamique d'établissement d'un écosystème plus stable(Elmerich, 2004).

Ce mémoire est structuré en trois parties : la première traite la synthèse bibliographique comprenant trois chapitres : généralités sur les légumineuses, biologie et exigences et itinéraires techniques de production. La deuxième partie présente le matériel et les méthodes suivies par sa réalisation. La troisième est consacrée à la présentation des résultats et de leurs discussions et enfin, nous terminons par une conclusion et des perspectives.

# **Chapitre I**

**Situation des légumineuses alimentaires**

# Chapitre I Situation des légumineuses alimentaires

## I. Dans le monde

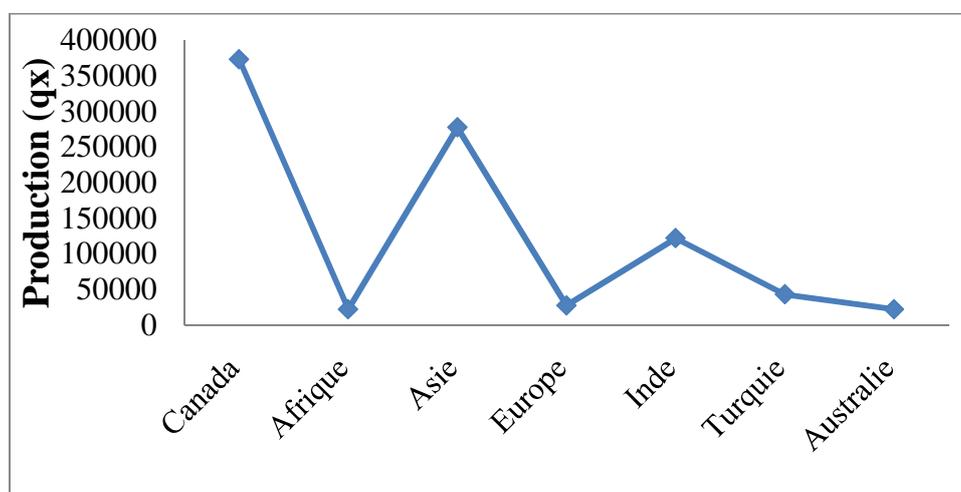
Les légumineuses alimentaires sont cultivées depuis fort longtemps à travers le monde. Le Maghreb était une aire de culture des légumineuses. Elles ont été parmi les premières espèces à être domestiquées dans le croissant Fertiles (Boussalhih et al, 2019). Des traces et des écrits en témoignent de l'utilisation des fèves, de la lentille et du pois dans ces régions (Schneider et al, 2015).

La lentille est probablement a été diffusée de l'Asie vers la Méditerranée et en Afrique puis en Europe (Brink et Belay., 2006). Les grands producteurs au monde de la lentille sont : le Canada, l'Inde, la Turquie l'Australie (FAO, 2016).

**Tableau 01** : Situation de la culture de la lentille dans le monde.

Zone de production	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
Canada	2467763	373290	15.127
Afrique	188876	22129.6	11.716
Asie	3016900	277744.8	9.206
Europe	241929	27556.5	11.390
Inde	1657500	122000	7.360
Turquie	292455	43000	14.703
Australie	229619	22143.6	9.644

(FAO STAT, 2017)



**Figure 01** : Grands pays producteurs de la lentille à travers le monde en 2017.

## II. En Algérie

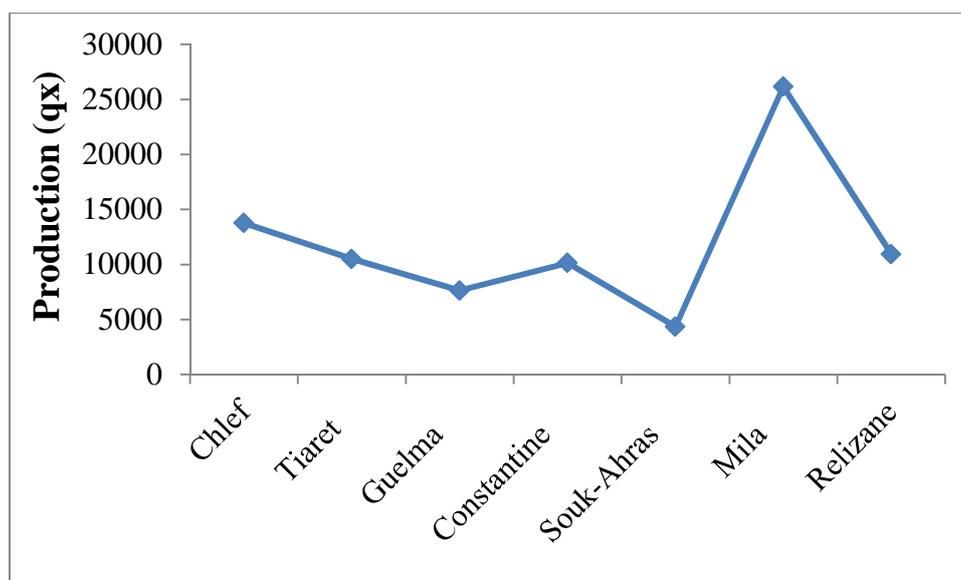
Les légumineuses alimentaires en particulier le pois chiche et la lentille font partie de l'alimentation de base de la population algérienne. Ils constituent une source de protéine végétale et une alternative aux protéines animales pour les familles aux revenus limités.

La plus part des variétés de lentilles cultivées en Algérie ont une origine locale ou d'origine Européenne.

**Tableau 02** : Situation de la culture de lentille en Algérie.

Wilayas	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
Chlef	1147	13764	12.0
Tiaret	9650	10500	10.9
Guelma	901	7634	8.5
Constantine	1236	10146	8.2
Souk-Ahras	882	4361	4.9
Mila	2238	26155	11.7
Relizane	632	10933	17.3

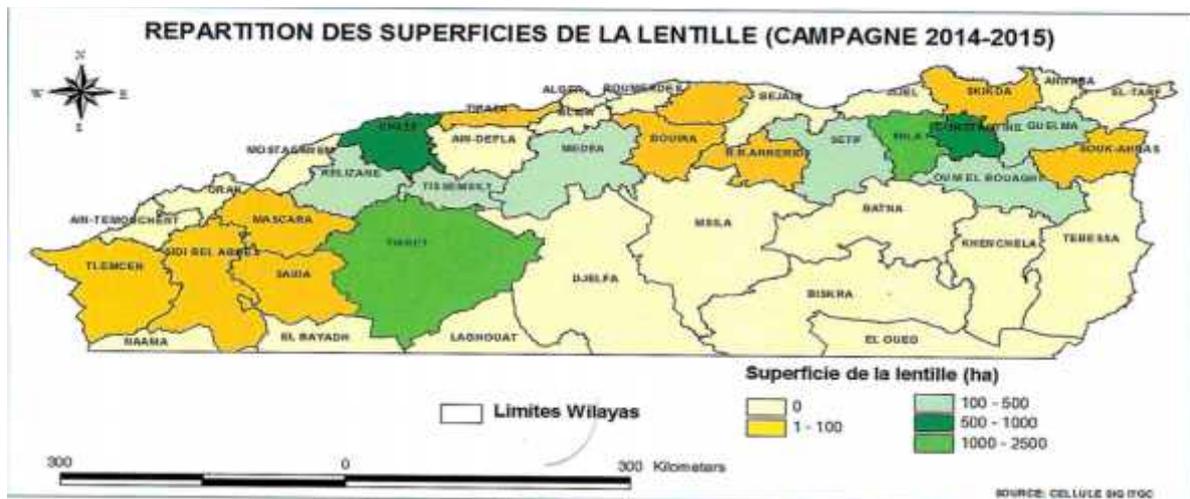
(MADR, 2017)



**Figure 02** : Wilayas les plus producteurs de la lentille en Algérie.

## III. Zone de production

La lentille est cultivée à travers l'ensemble des zones de production des grandes cultures. Elle constitue un excellent précédent cultural pour les autres cultures particulièrement les céréales. Elle est cultivée généralement dans les plaines intérieures et des Hauts-Plateaux. On peut la trouver dans la zone sublittorale où elle s'adapte aux conditions agropédologiques locales. D'après Zaghouane (1995), la lentille était cultivée sur les plaines intérieures telles que Bouira et Mila ainsi sur les Hauts-Plateaux à savoir : Tيارت, Sétif et Saida.



**Figure 03:** Répartition des superficies de la lentille 2014-2015 au niveau national (ITGC).

Répartition de la production par zone :

### III.1. Plaines littorales et sublittorales

La lentille est pratiquée particulièrement au Nord de la wilaya de Tlemcen dans l'étage bioclimatique semi-aride et à des altitudes de 150 m au Nord et de 300 m au Sud.

### III.2. Plaines intérieures

A l'Ouest la lentille est cultivée au niveau des plaines alluviales de l'Ouest Tafna et ses affluents. Tandis qu'à l'Est, les Hauts plaines de Mila et Constantine se trouvent à des altitudes de 700 à 850 m.

## **III.3. Hauts-Plateaux**

Sur les Hauts-Plateaux de l'Ouest ou convient la culture de la lentille sur des plaines situés à 1000 et 1100 m d'altitude dans la Wilaya de Saida. D'autres zones de production situées à une altitude de 500 m. A l'Est la culture de la lentille se situent sur des terrains situés entre 700 et 900d'altitude.

## **IV. Contraintes liées à la production**

### **Les raisons qui bloquent la culture sont :**

La mécanisation de la récolte et le manque de la main-d'œuvre représentent 23% des contraintes globales de la production de lentille. Alors que, l'effet de l'absence de semences de qualité représente 15% de ces derniers. D'autres contraintes telles que la cherté des semences, les maladies et le prix faible du quintal entravent la bonne production et qu'on peut évaluer leur impact à 12% de la production (Zeghouane et al, 2018).

### **IV.1. Contraintes climatiques**

La pluviométrie est insuffisante et irrégulièrement répartie dans l'année. En effet, le climat est connu pour son irrégularité et sa précarité sur l'ensemble des zones de production. Les cultures sont sujettes à des stress abiotiques importants, notamment les gelées printanières ou hivernales qui provoquent la coulure des fleurs et la sécheresse qui entraîne un déficit hydrique en fin de cycle influent négativement sur la productivité.

### **IV.2. Contraintes agronomiques**

#### **IV.2.1. Matériel végétal**

Sarker et Kumar, 2011, rapportent que les facteurs limitant le rendement sont :

Le manque de vigueur des plantules et le développement lent de la surface foliaire, le taux élevé de coulure des fleurs et le manque de résistance à la verse, et peu ou pas de réponse aux intrants.

#### **IV.2.2. Stress biotiques**

Par ordre d'importance, on cite les maladies cryptogamiques, les insectes, les mauvaises herbes et les plantes parasites (Halila et Beniwal, 1994).

Khare (1981), rapporte que la lentille est agressée par plusieurs ravageurs comme les champignons, les bactéries, les virus ainsi que les nématodes et les plantes parasites. Ces ravageurs sont responsables de la détérioration de la qualité de la semence, des racines séminales, de la mortalité des plantules et de maladies racinaires et des tiges. Ils réduisent la vigueur de la plante et sa productivité.

### IV.2.2.1. Maladies cryptogamiques

On peut citer: la fusariose, la rouille : maladies foliaires, l'oïdium, l'antracnose, l'alternariose, le mildiou, les pourritures racinaires, le flétrissement et le botrytis (Oram et Belaid, 1990 ; Bouznad et al, 1996).

### IV.2.2.2. Maladies virales

La lentille est attaquée par de nombreux virus phytopathogènes qui peuvent limiter considérablement son développement. Ait yahia et Ait ouada, (2002), ont identifié la présence de plusieurs virus sur cette culture.

### IV.2.2.3. Insectes

Les dégâts causés directement aux cultures, sont d'importants vecteurs de maladies virales. Les dégâts qu'ils causent, sont une voie d'accès pour les attaques de champignons et de bactéries (Hariri, 1981). Additionnaient aux dégâts qu'ils provoquent en consommant les feuilles, les tiges, les fleurs et les graines, ils peuvent aussi causer des malformations.

### IV.2.2.4. Mauvaises herbes

Selon Bouhaouchine et al. (1999), la lentille est plus sensible aux mauvaises herbes que les autres légumineuses. En effet, il montre une faible tolérance à la compétition des mauvaises herbes. L'infestation de mauvaises herbes de printemps est très élevée et réduit considérablement la productivité de la plante. Le taux de perte de rendement est estimé de 80%.

### IV.2.2.5. Plantes parasites

Abu-Irmaileh, (2004), a rapporté que les deux espèces d'orobanche qui infestent les champs de lentille en Algérie sont : *Orobanche aegyptiaca* et *Orobanche crenata*. Des études

sur les plantes parasites dans les cultures de légumineuses, dans des sols naturellement très infestés, ont montré des dégâts très significatifs sur les plantes hôtes (Bouznad et al, 2004).

## **IV.3. Contraintes économiques**

Ces contraintes sont liées à plusieurs aspects, d'une part, les couts très onéreux des engrais et pesticides freinent le développement de la culture de lentille dans les exploitations. D'autre part, les quantités disponibles des semences sont très insuffisantes pour couvrir les besoins des agriculteurs (Zaghouane, 1997). L'indisponibilité sur le marché constitue une contrainte majeure pour le développement intensif de cette culture. D'un autre côté, les charges élevées et les prix de cession pratiqués sur le marché, n'encouragent pas les agriculteurs à cultiver la lentille.

## **V. Importance des légumineuses alimentaires**

Les effets bénéfiques des légumineuses traduisent par :

Une réduction importante des apports d'engrais azotés, une diminution de la pollution par les nitrates, une amélioration de la fertilité des sols et une meilleure biodiversité. Ceci constitue la base de tout programme de développement durable de l'agriculture (Mellah et al. 2016).

### **V.1. Sur le plan agronomique et écologique**

La lentille est capable de satisfaire ses besoins en azote par le biais de la fixation symbiotique de l'azote atmosphériques. Grace à cette capacité, elle contribue à l'amélioration de la fertilité du sol, ainsi les cultures succédant aux légumineuses peuvent en bénéficier indirectement de cet azote contenu dans le sol après la récolte (Boudiar, 2013 ; IRAD, 2013). La lentille permet une utilisation judicieuse et rentable des jachères et peut constituer une excellente tête d'assolement pour le blé (Laumont et Chevassus, 1960).

### **V.2. Sur le plan nutritionnel et sanitaire**

La lentille peut jouer un rôle important dans la lutte contre la faim, l'insécurité alimentaire, la malnutrition et la santé humaine (FAO, 2016). La lentille est une importante source d'énergie, de protéine, de glucides, de fibres, de minéraux, de vitamines et de composés antioxydants, elle a un excellent profil de macronutriments et micronutriments (Dahel-Mekhancha, 2016).

# **Chapitre II**

## **Biologie et exigences**

**I. Biologie****I.1. Origine et systématique de la lentille**

Selon Oram et Belaid (1990), il existe une vaste gamme de plus de 18000 espèces et quarante tribus de la famille des légumineuses. Les légumineuses alimentaires cultivées sont réparties entre cinq tribus. Il n'y a que trois (03) légumineuses alimentaires d'hiver, les *Vicieae* (*Lens*, *Lathyrus*, *Pisum* et *Vicia faba*), *Cirereae* (*Cicer*) et les *Genisteeae* (*Lupinus*).

La lentille (*Lens culinaris* Medik) est une plante annuelle, dicotylédone, appartenant à la famille des fabacées, appelées communément légumineuse.

Le genre *Lens* appartient à la famille des légumineuses ou fabacées, et la tribu des Viciées, il comprend les espèces suivantes : (Van Gastel, 1994).

- ) *Lens culinaris*
- ) *Lens orientalis*
- ) *Lens migrican*
- ) *Lens ervoides*
- ) *Lens odemensis*
- ) *Lens lamotter*
- ) *Lens tomentosus*

**I.2. Classification taxonomique**

D'un point de vue taxonomique, la classification de la lentille est la suivante :

<b>Règne :</b>	<i>Plantae</i>
<b>Super-division :</b>	<i>Spermatophyta</i>
<b>Division :</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Classe :</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Ordre :</b>	<i>Fabales</i>
<b>Famille :</b>	<i>Fabaceae</i>
<b>Tribu :</b>	<i>Vicieae</i>
<b>Genre :</b>	<i>Lens</i>

**Espèce:** *CulinarisMedik*

**Français:** Lentille

**Anglais:** Lentil

**Arabe:**

### **I.3. Description de la plante**

La lentille est une plante diploïde  $2n=14$  chromosomes, herbacée avec un système racinaire mince et une masse fibreuse de racines latérales (Saxena, 2009). La présence de nodules sur les racines peut être observée précocement 15 jours après la levée.

#### **I.3.1. Tige**

A croissance indéterminée, mince, carrée, striée et ramifiée, et à un port érigé. Sharma (2011), rapporte que les génotypes ayant un port étalé peuvent être regroupés en plusieurs catégories de très prostré à dressé. A l'exception de plantes dressées, le plant de Lentille a des taux de croissance extrêmement lourds au début. Les branches basales adhèrent à la surface du sol pendant près d'un mois, avant le début de la croissance vers le haut. Il souligne aussi que les variétés à port fortement érigé ou dressé ont tendance à verser à l'approche de maturité, par conséquent les variétés ayant un port érigé et une hauteur de taille moyenne devraient être plus résistantes à la verse. De plus, ces variétés sont également adaptées à la récolte mécanique. La partie basale devient ligneuse avec la croissance et le développement de la plante. Le degré de pubescence varie de complètement poilu à presque glabre. La pigmentation (anthocyanine) peut être absente ou présente sur la partie basale de la tige (Saxena, 2009).

#### **I.3.2. Feuille**

Sont alternes compensées, pennées, comportant de 1 à 8 paires de folioles. Les pétioles sont courts et la longueur du rachis est comprise entre 1 et 4,5 cm. On observe aussi le développement de vrilles sur les feuilles qui s'enroulent généralement avant la floraison. La couleur des feuilles varie de vert clair à vert bleuté. Dans certaines conditions, par exemple : durant le froid hivernal, les feuilles de certains génotypes deviennent pourpres à cause de la production de pigments anthocyaniques (Saxena et Hawtin, 1981 ; Saxena, 2009).

### I.3.3. Fleurs

Portées en grappe axillaire (inflorescence) avec un pédoncule mince. Il peut y avoir 10 à 150 fleurs et dans certaines conditions, on peut trouver jusqu'à 7 fleurs de petite taille (4-9 mm de long). Les pétales peuvent être blancs, bleu violacé clair ou blanc veiné de bleu violacé.

### I.3.4. Fruits

Les gousses sont oblongues, latéralement aplaties, renflées à l'emplacement des graines et isolées ou disposées par paire. Chaque gousse renferme une ou deux graines rondes aplaties ou oblongues (lentillon). Il varie considérablement en fonction de la densité de peuplement et aussi du génotype (Saxena et Hawtin, 1981 ; Saxena, 2009).

### I.3.5. Grains

Elles ont typiquement la forme d'une lentille, le diamètre est compris entre 2 et 9 mm. La couleur de la graine varie en fonction du génotype. Ainsi, on peut observer différentes couleurs, allant d'un rouge clair, vert, au rouge verdâtre, gris, marron ou noir. La couleur du cotylédon peut être orange, jaune ou verte. Le nombre de graines par plante est étroitement lié avec le nombre de gousses par plante. Plusieurs caractères sont pris en considération pour décrire les variétés de lentille sur le plan morphologique (IBPGR ; ICARDA, 1985).



**Figure 04:** Plant de la lentille (Pavek et Mc Gee, 2016).

**II. Fixation d'azote****II.1. Fixateurs symbiotiques**

La fixation biologique de l'azote relève uniquement de quelques bactéries qui ont la capacité de fixer l'azote. Ces derniers sont libres dans la rhizosphère (Chromobacter, Acetobacter, Corynebacterium, Enterobacter...) (Dreyfus, 1997). D'autres bactéries en revanche sont symbiotiques et fixent l'azote seulement en association avec certaines plantes. Notre étude ne concerne que les systèmes associant des plantes de la famille des légumineuses et certaines bactéries communément appelées : Rhizobia (Rhizobiums) ou bactéries nodulantes des légumineuses (BNL). Ces bactéries symbiotiques hétérotrophes appartiennent à la famille des Rhizobiacées (Elmerich, 2004).

**II.2. Symbiose Rhizobium légumineuse**

Le phénomène de la symbiose repose sur un mutuel échange entre la plante et la bactérie. La bactérie fournit une source d'énergie illimitée à la plante, en contre partie, la plante fournit les glucides à la bactérie dont elle a besoin.

**II.3. Etapes de la nodulation****II.3.1. Préinfection**

L'interaction entre la plante et la bactérie débute dans la rhizosphère, la croissance des bactéries se fait de manière sélective par la plante (Moulin et al, 2001). Les rhizobia sont attirés vers les poils absorbants de la racine par une large gamme de substances telles que les flavonoïdes et iso-flavonoïdes, principalement par les phénylpropanoïdes exsudés par la racine (Patriarca et al, 2004).

**II.3.2. Infection**

L'infection des racines peut avoir lieu à travers les poils absorbants ou des blessures, ou à travers l'espace intercellulaire (Rasanen, 2002). Au cours de l'infection, la pénétration de la bactérie est facilitée par la courbure du poil racinaire ce qui permet à la bactérie d'entourer par la paroi végétale dans une zone confinée. La croissance des nodosités se poursuit dans les régions infectées de l'écorce et du péricycle, jusqu'à ce que ces deux masses de cellules fusionnent et forment la nodosité.



**Figure 05 :** Processus d'infection de la racine des légumineuses par les bactéries  
([www.semencesdefrance.com](http://www.semencesdefrance.com))

### II.3.3. Développement du nodule

L'organogénèse des nodules résulte de la dédifférenciation de cellules situées à la base de l'ébauche racinaire préexistante (Sebihi et Benguedouar, 2008). Les nouvelles cellules méristématiques vont alors constituer des massifs volumineux qui confluent et repoussent le méristème racinaire apical, qui marque un arrêt de son développement (Rasanen, 2002). La propagation des cordons d'infection qui affectent en nombre croissant les cellules végétales différenciées, la libération des bactéries à partir des filaments d'infection et leur différenciation en bactériodes conduisent au développement nodulaire et à sa différenciation vers un type fixateur d'azote.

### II.3.4. Nodule mature

Le méristème nodulaire s'accroît progressivement et donne une forme grossièrement sphérique au nodule. Arrivés à maturité, les nodules caulinaires deviennent ovoïdes, verdâtres avec 3-4 mm de diamètre en moyenne. Leur organisation interne, assez constante, se résume à un tissu central qui est entouré d'un parenchyme chlorophyllien. Le tissu central est formé de cellules avec un cytoplasme qui est essentiellement encombré par de volumineuses enclaves de séquestration remplies de bactériodes.

D'après Stacey et al (2006), c'est aux nodosités que les bactériodes vont fixer le di-azote. Pour cela, ils synthétisent en collaboration avec la plante, une protéine, la leghémoglobine, qui fixe l'oxygène pour protéger la nitrogénase. Cette dernière catalyse la réduction de l'azote atmosphérique en ammoniac.

### II.4. Nitrogénase

Est une enzyme produite par la bactérie qui facilite la conversion de l'azote atmosphérique (N<sub>2</sub>) en ammoniac (NH<sub>3</sub>). Cette enzyme nécessite du molybdène pour fonctionner à l'optimum, ce qui explique l'apport de cet élément aux cultures légumineuses(Hamadache, 2014).

### II.5. Leghémoglobine

Est une protéine synthétisée par la légumineuse et la bactérie et qui forme des nodosités à couleur rose ou rouge, ceci est due au fer et en plus du molybdène. La fonction de leghémoglobine dans la nodosité est similaire à celle de l'hémoglobine dans le sang chez l'homme et les animaux, la fixation et le transport d'oxygène sans risques de contact avec la nitrogénase, pour laquelle cet oxygène s'avère toxique(Hamadache, 2014).

## III. Cycle biologique de la lentille

Le cycle biologique de la plante peut varier de 80 à 110 jours pour le cycle court et jusqu'à 180 jours pour le cycle long. La floraison dure de 35 à 40 jours. La lentille a une croissance indéterminée et de ce fait, la floraison et le remplissage des gousses se poursuivent simultanément ou en alternance tant que les conditions climatiques permettent la croissance de la plante(Materne et Siddique, 2009).

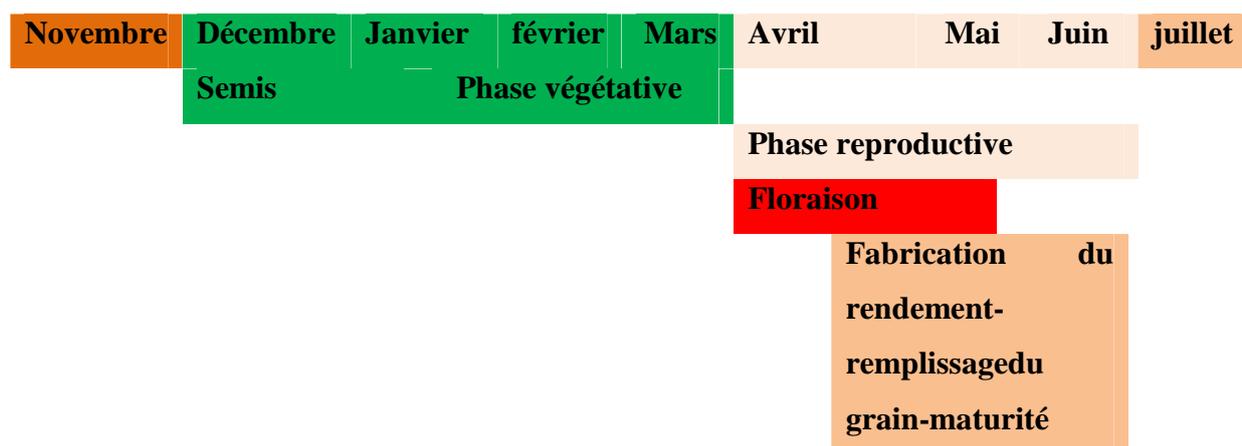


Figure 06: Cycle biologique de la lentille semée en automne.

**IV. Stades de développement**

La reconnaissance des stades du développement de la lentille est importante pour la mise en œuvre de certaines techniques de culture comme la fertilisation, l'application de fongicides et d'insecticides. Le cycle de développement de la lentille peut être divisé en deux phases :

**IV.1. Phase végétative**

Le zéro de germination de la plante est de 4 à 5 C°, et le cycle végétatif compris entre 120 et 150 jours (Cammarata, 1997).

La germination est hypogée. Dans les semis d'hiver en plein champ, elle se produit dans les 25 à 30 jours, lorsque la température de l'air et du sol est inférieure à 10 C°. Avec les semis de printemps, lorsque la température est généralement autour de 20C°, la germination se produit dans sept à neuf jours (Saxena et Hawtin, 1981). En fait, lorsque les températures sont optimales, les graines de lentille germent en 5 à 6 jours.

Selon Summerfield (1981), une germination hypogée pourrait signifier que les semis de lentille sont moins susceptibles d'être détruits par le gel, le vent, les insectes, ou le pâturage, que si elle était épigée. Si les jeunes pousses sont endommagées, de nouveaux bourgeons peuvent être initiés à partir des nœuds dans le sol.

Durant cette phase, des journées plus longues peuvent favoriser la nodulation et la fixation de l'azote chez les légumineuses à graines.

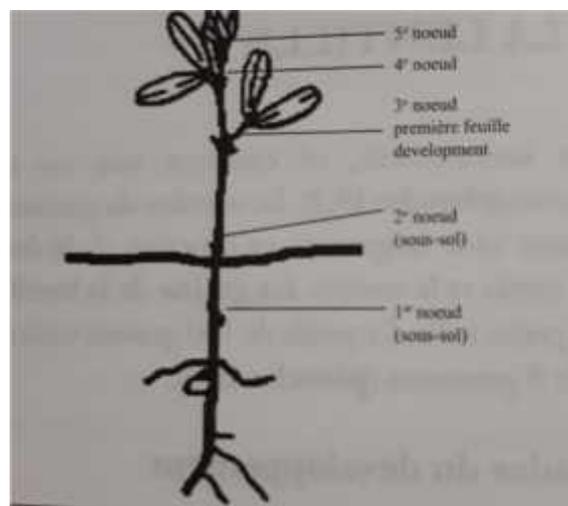
La période de croissance végétative de la culture de la lentille dans certains pays du bassin méditerranéen, coïncide avec les températures plus chaudes et l'allongement progressif des jours.

Pour décrire les étapes de la croissance végétative, on compte le nombre de nœuds visibles sur la tige principale jusqu'au nœud sous-tendant de la branche basale primaire, puis on continue à compter les nœuds jusqu'à la branches primaire de base en incluant la feuille la plus élevée. La branche primaire de base se développe habituellement entre le 1<sup>er</sup> et le 5<sup>ème</sup> nœud (Erskive et al, 1990 ; Schwartz et Langham, 2016). Le premier et parfois le second nœud sont souvent enfouis dans le sol, en cas d'accident climatiques (gelée, vent), la croissance de la plante redémarre à partir de ces deux nœuds. Les premières feuilles prenant naissance à partir de ces deux nœuds. Les feuilles composées de deux folioles se forment par contre à la base du 3<sup>e</sup> et le 4<sup>e</sup> nœud qui se trouvent au dessus de la surface du sol. A partir du 5<sup>e</sup> nœud, les feuilles composées de plusieurs folioles (9 à 15), commencent à paraître. Ces feuilles composées donnent naissance à des vrilles au bout de chaque feuille. La fixation biologique

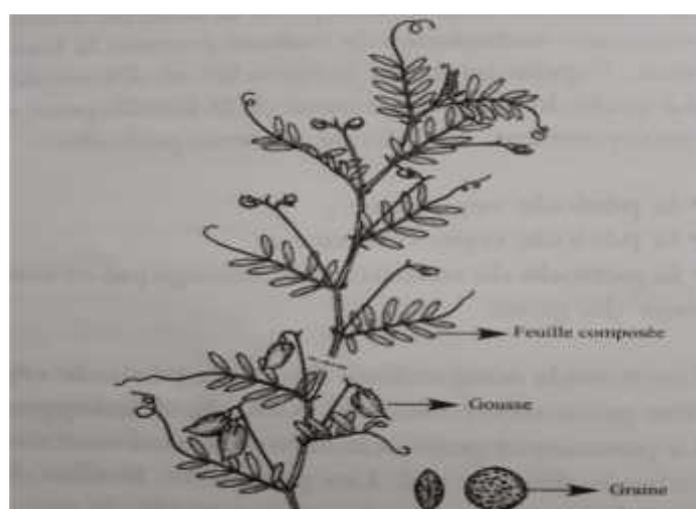
de l'azote atmosphérique commence dès la formation du 3<sup>e</sup> et le 4<sup>e</sup> nœud. La hauteur moyenne de la plante varie entre 25 et 50 cm et parfois plus selon les variétés.

### VI.1.1. Etapes de la croissance végétative

- ✓ **VE** : La levée des semis, nœud cotylédonaire visible.
- ✓ **V1** : La première feuille simple est déployée au premier nœud.
- ✓ **V2** : La deuxième feuille simple est déployée au deuxième nœud.
- ✓ **V3** : La première feuille bifoliolée est déployée au troisième nœud.
- ✓ **V4** : La seconde feuille bifoliolée est déployée au quatrième nœud
- ✓ **V5** : La première feuille multifoliolée est déployée au cinquième nœud
- ✓ **Vn** : La feuille multi foliée nième est déployée au niveau du nœud nième



**Figure 07** : Plantule de lentille (Hamadache, 2014)



**Figure 08** : Tige de lentille avec feuille composées, gousses, graine (Hamadache, 2014).

**IV.2. Phase reproductrice**

Elle démarre avec l'apparition des premières fleurs sur les nœuds. Elle ne doit pas coïncider avec les gelées tardives printanières qui risquent de détruire entièrement la plante. En effet, la lentille est très sensible aux gelées printanières notamment au moment de la floraison, dans les plaines intérieures et les hauts-plateaux. Chez les variétés précoces, les premières fleurs apparaissent au niveau de la dixième ou le onzième nœud alors que chez les variétés tardives, elles apparaissent au niveau de treizième ou le quatorzième nœud.

La période de floraison est particulièrement importante pour l'adaptation, car elle détermine la durée de la phase végétative et les conditions aux quelles sera exposées la plante durant la phase de reproduction (Materne et Siddique, 2009). Sa floraison est indéterminée et se produit à partir des bourgeons axillaires sur la tige principale et les branches. Elle commence depuis les nœuds les plus basses vers les plus élevés, en remontant progressivement tout le long de la plante et se poursuit jusqu'à la récolte.

Les fleurs peuvent être de couleur blanche ou bleu pale et sont autogames. Les plantes fleurissent avec profusion sur une courte période et forment de nombreuses gousses, chacune contenant une ou deux graines en fonction des conditions saisonnières de croissance (Wthorne Materne et al, 2011).

**IV.2.1. Etapes de la reproduction** (Erskine et al, 1990 ; Schwarz et Langham ,2016).

- ✓ **R1** : Début de la floraison, une fleur ouverte à chaque nœud.
- ✓ **R2** : Pleine floraison, du 10<sup>e</sup> au 13<sup>e</sup> nœud de la branche primaire basale, les fleurs sont ouvertes ou sur le point de s'ouvrir.
- ✓ **R3** : Gousse précoce est formée du 10<sup>e</sup> au 13<sup>e</sup> nœud de la branche primaire basale, les gousses sont visibles.
- ✓ **R4** : Gousse aplatie du 10<sup>e</sup> au 13<sup>e</sup> nœud, elle a atteint sa pleine longueur et est en grande partie platée.
- ✓ **R5** : Graine précoce, du 10<sup>e</sup> au 13<sup>e</sup> nœud, dans chaque gousse des graines remplissent la cavité.
- ✓ **R6** : Graines formées complètement, du 10<sup>e</sup> au 13<sup>e</sup> nœud remplissent les cavités des gousses.

Au moment de la maturité physiologique, on observe :

- ✓ **R7** : Les feuilles commencent à jauni et 50% des gousses ont jauni.
- ✓ **R8** : 90% des gousses formées sont d'un brun doré.

La maturité physiologique de la graine est atteinte quand 50% des feuilles sont devenues jaunes. Les cultivars de lentilles ont été divisés en 02 groupes, principalement sur la base de la taille des graines (Bejiga, 2006).

### **1. Microsperma**

Sont des lentilles à petites graines parfois arrondies (2-6 mm), avec des cotylédons de couleur rouge, jaune ou orange, de petites fleurs (de 5-7 mm de long), de couleurs variées.

### **2. Macrosperma**

Sont des lentilles à grosses gousses, généralement plate et des graines larges de 6mm, avec un poids de 100 grains dépassant les 4,5g. Ont souvent une phase reproductrice longue et un remplissage du grain qui nécessite un temps plus long.

## **V. Exigences pédoclimatiques**

### **V.1. Température**

La lentille est cultivée comme une plante annuelle sur l'ensemble des zones agro climatiques en Algérie. Elle est peu exigeante en température. Sa germination débute à 4C° et la plante pousse à des températures moyennes de 6 à 27C°. Les sommes de températures varient entre 1500 et 1800 C° pour des durées végétatives de 75 à 150 jours (Grignac, 1984). Alors que la floraison nécessite une température comprise entre 14 et 22 C° (Cammarata, 1997). La lentille souffre du froid -4 ou -5 C° et meurt à -6 ou -9 C° (Grignac, 1984). Un gel intense ou prolongé et des températures bien supérieures à 27 C° affectent énormément la croissance et peuvent entraîner la mort de la plante (Hamadache, 2014). Elle craint aussi les gelées printanières tardives qui surviennent au moment de la floraison et de la fructification. Les fortes chaleurs intervenant au moment du remplissage du grain provoquent aussi l'échaudage et les pertes de rendement.

### **V.2. Sol**

La lentille est bien adaptée et peut se cultiver sur de nombreux types de sol, mais elle préfère les sols pas trop profonds, perméables et peu calcaire, se ressuyant vite et se réchauffant rapidement. Les sols lourds provoquent une baisse de rendement, alors que les sols sablo-limoneux sont les plus propices à la croissance de la lentille (Cokkizgin et al, 2013). Les sols trop fertiles sont à éviter, car cela favorise le développement végétatif et la verse de la plante. Par ailleurs, la lentille valorise bien les sols à faible disponibilité en azote. Elle est sensible aux sols inondés ou gorgés d'eau. Un pH avoisinant de 7,0 est optimal pour

la production de la lentille, mais elle tolère des pH de 4,5 à 9,0. La lentille est généralement très sensible à la salinité (Almi, 2016).

# **Chapitre III**

**Itinéraires techniques de production**

**I. Place de la lentille dans la rotation**

La lentille est une culture polyvalente qui offre un certains effets dans les systèmes de culture telle que les maladies et l'infestation des mauvaises herbes (Bonte, 2010). D'après les études réalisées par l'ITGC dans les différentes zones de production, les rotations préconisées sont les suivantes :

**I.1. Conditions pluviales****I.1.1. Pluviométrie entre 350 mm et 500 mm**

- ✓ Assolement triennal de type : lentille-blé-fourrage.
- ✓ Assolement quadriennal de type : lentille-blé-jachère-orge.

**I.1.2. Pluviométrie supérieure à 500 mm**

- ✓ Assolement quadriennal de type : pomme de terre-blé dur- lentille-blé tendre.
- ✓ Assolement triennal de type : lentille-blé-fourrage vert.

**II. Travaux du sol**

La lentille s'adapte aux différents types de sols, a raison de son système racinaire n'est pas très développé. Un labour peu profond de 15 à 25 cm est suffisant pour la mise en place de la culture, effectué durant l'été ou au début de l'automne juste après les premières chutes de pluies. Après le labour, des passages d'outils à dents sont conseillés pour ameublir et affiner le lit de semence. Le sol doit être bien nivelé pour éviter les cailloux pendant la récolte.

**III. Installation de la culture****III.1. Période de semis**

La lentille est une culture d'hiver, généralement cultivée à l'automne et récoltée en été. Les semis tardifs entraînent la baisse du rendement et augmentent la teneur en protéines (Cokkizgin et Shataya, 2013). Selon Barrios et al, (2016), une bonne stratégie pour améliorer le rendement serait d'éviter les semis de printemps. Les semis d'hiver permettent l'utilisation efficace de l'humidité du sol et évitent les chaleurs et la sécheresse de fin de cycle. Les cultivars qui ont une phénologie adaptée aux conditions, sont capables d'éviter les contraintes de gels tardifs et aux froids d'hiver (Muehlbauer, 2011 in Barrios et al, 2016).

D'après les essais et les études réalisées en Algérie, la période de semis préférable de cette culture serait au mois de novembre à la fin du mois de décembre.

**III.2. Semis**

Le semis doit être effectué à l'aide d'un semoir en ligne pour assurer une distribution homogène et une profondeur régulière (2 à 3 cm) afin d'éviter les pertes et une levée hétérogène.

**III.3. Densité de peuplement (dose de semis)**

La densité de peuplement optimale est un facteur important afin de réaliser des rendements potentiels (Saleem et al, 2012). En Algérie, les densités de peuplement optimales recommandées par l'Institut Technique des Grandes Cultures sont comprises entre 120 et 150 plants par mètre carré. En tenant compte de la taille de la graine, cela représente une dose de semis de 80 à 100 kg par hectare pour un écartement entre lignes de 17 à 20 cm. Cet espacement permet d'éviter à la culture de verse et d'être concurrencée par le développement des adventices.

**III.4. Roulage**

Après le semis, en conditions de sécheresse, il est important d'effectuer un roulage au moyen d'un rouleau croskill ou lisse pour favoriser le contact graine /sol, assurer une bonne levée et permettre un bon nivellement du lit de semences et faciliter la récolte.

**III.5. Désherbage**

Les mauvaises herbes constituent un problème majeur pour la conduite de la lentille. Il faut donc surveiller les mauvaises herbes et éventuellement procéder au désherbage manuel en début de culture sur les zones très touchées. Il est conseillé d'utiliser les herbicides qui peuvent être appliqués avant le semis ou avant la levée. La réussite du désherbage passe par une intervention avant la levée des mauvaises herbes au stade 3 à 4 feuilles.

**III.6. Fertilisation**

L'application des éléments nutritifs ou fertilisants doit être raisonnée en tenant compte du concept de base des 4B :

- ✓ La bonne source
- ✓ A la bonne dose
- ✓ Au bon moment
- ✓ A la bonne place (Shtaya, 2013).

En effet, il faudrait tenir compte du stade de développement et de la demande de la culture au moment de l'apport de fertilisants. Dans le cas où le taux de matière organique est inférieur à 2% et si l'azote disponible dans le sol est faible, il faudrait prévoir un apport

d'azote compris entre 10 à 30 kg/ha. Cet apport doit être effectué avant le début de la nodulation. De plus, en tenant compte des résultats des analyses du sol, il est recommandé d'apporter des corrections pour compenser les absences ou carences en oligo-éléments.

## VI. Protection phytosanitaire et ennemis de la culture

De nombreux facteurs sont responsables de la réduction du rendement de la lentille, mais les manifestations de mauvaises herbes, maladies et autres prédateurs de la culture restent les plus importants car, ils ont un impact considérable sur sa productivité et sur son rendement économique.

### VI.1. Contrôle des mauvaises herbes

Selon Oram et Belaid (1990), les mauvaises herbes constituent la contrainte majeure pour la production des légumineuses alimentaires. La lutte contre les mauvaises herbes en grandes cultures est un facteur d'intensification et un aspect important des activités culturales. La lutte chimique est la solution couramment adoptée et la plus efficace dans la culture de la lentille pour le contrôle des mauvaises herbes (Djennadi Ait Abdellah et al, 2015). Le désherbage chimique doit être bien étudié afin de s'assurer du maximum d'efficacité des produits sans causer de dommages à la culture.

### VI.2. Protection contre les maladies et ravageurs

#### VI.2.1. Principales maladies cryptogamiques

Parmi les maladies les plus importantes de la lentille (Bejiga, 2006 ; Hamadache, 2014) citent la **rouille** (*Uromyces viciae-fabae*), l'**axochyose** (*Axochyta fabae-splentis*), la **pourriture grise** (*Botrytis cinerea*), la **stemphyliose** (*Stemphylium botryosum*), la **pourriture du colet** (*Sclerotinium rolfsii*) et la **fusariose** (*Fusarium oxysporum f. splentis*). Les autres maladies fongiques sont le **rhizoctone** (*Rhizoctonia solani*), l'**oidium** (*Erysiphe polygoni*, *Leveillulanrica*), l'**anthracnose** (*Colletotrichum spp*), l'**alternariose** (*Alternaria alternata*) et la **pourriture de la tige et des racines** (*Sclerotinia sclerotiorum*). La **fusariose**, la **rouille**, la **pourriture grise** (*Botrytis*) et l'**axochyose** sont les principales maladies qui impactent négativement la production de la lentille.

#### VI.2.1.1. Moyens de lutte

Il faut souligner que la stratégie de protection contre ces maladies est de procéder au traitement des semences, de choisir des variétés résistantes et de ne cultiver une légumineuse sur la même parcelle qu'après 3 ans (Anonyme., 2016). La rotation des cultures représente la meilleure méthode de prévention de tous ces problèmes de maladies.

### VI.2.2. Maladies virales

La lentille est sensible à plusieurs maladies virales, les plus virulentes étant les virus de la mosaïque du concombre (CMV), de la jaunisse nécrotique de la fève (FBNYV), de la mosaïque de la luzerne (AMV) et de la maladie bronzée de la tomate (TSWV)(Bejiga, 2006). Le virus de la mosaïque du pois(PSBMV), est potentiellement dangereux, car il est transmis par les semences et transmissible par les pucerons. Pour prévenir l'infestation des cultures par ces maladies, on doit procéder par des traitements chimiques avec des insecticides pour réduire la population des ravageurs et l'impact qu'ils causent aux cultures.

### VI.3. Protection contre les plantes parasites

#### VI.3.1. Cas de l'orobanche

L'orobanche (*Orobanche crenata*)est une plante parasite dépourvue de chlorophylles des légumineuses alimentaires, notamment la lentille en méditerranée et en Asie occidentale. En effet, un plant d'orobanche infectant un plant de légumineuse draine tous les éléments nutritifs, de sorte que la plante hôte meurt avant de former et de produire des graines. D'après les résultats obtenus, l'Institut Technique des Grandes Cultures considère que :

- ✓ **Seuil de tolérance** : est inférieur à pied d'orobanche par parcelle, dès l'apparition d'un seul pied d'orobanche dans le champ, il faut commencer la lutte.
- ✓ **Seuil de nuisibilité** : est de 4 pieds d'orobanche par plant, suffit pour réduire le rendement en grain de moitié. Il est plus raisonnable de cultiver une autre espèce que de penser à une méthode de lutte.

Selon l'INRA et al (2016), certaines techniques préventives diminuent significativement l'infestation du champ. On peut citer : la rotation d'autres cultures, les dates de semis tardives, et le choix des variétés tolérantes ou résistantes.

#### VI.3.2. Cas de la cuscute

Dès qu'elle commence à prélever les éléments nutritifs et l'eau sur la plante-hôte, elle provoque le flétrissement, la réduction de la taille, la coulure des fleurs et la baisse du rendement et de la qualité de la graine (Bouznad et al, 2004).On peut utiliser la lutte chimique, de préférence quand les plantules du parasite sont jeunes, avant qu'elles ne se fixent sur la plante hôte. On peut aussi utiliser des méthodes préventives et culturales (la rotation des cultures, le labour profond, l'utilisation de semences contrôlées indemnes de graines de cuscute et l'arrachage de la plante parasite).

**VI.4. Protection contre les insectes et autres prédateurs**

Il existe un très large éventail d'insectes qui attaquent la lentille incluant les pucerons, les mites, les charançons, les coléoptères et les mouches. Par ailleurs, les coléoptères peuvent infester 80% des graines de lentille stockées (Hariri, 1981). En France, les cinq (05) ravageurs de la lentille qui sont cités sont : le sitone du pois, la cécidomyie de la lentille, la tordeuse du pois, le bruche de la lentille et le puceron vert (Huignard et al, 2011). Il est possible de les contrôler en utilisant un insecticide pendant la floraison ou la formation des gousses. On peut aussi utiliser une bactérie (*Bacillus thuringiensis*) pour lutter contre les larves de lépidoptères naturellement et d'autres insectes nuisibles (Zaghouane, 2016).

**V. Récolte**

La récolte de la lentille doit être entamée lorsque les plantes commencent à jaunir et les gousses inférieures brunissent. Il faut être très attentif à la période de la récolte pour éviter la sur-maturité, l'éclatement des gousses et donc les pertes de rendement. La récolte doit être effectuée, tôt le matin ou à la fin de la journée, pour éviter les fortes chaleurs, lorsque la teneur en humidité de la graine est comprise entre 18 à 20%. De plus, pour la récolte mécanisée afin de minimiser les pertes, le terrain doit être bien nivelé et la moissonneuse-batteuse doit être bien réglée. Les agriculteurs utilisent deux méthodes de récolte au champ. Il s'agit de :

**V.1. Récolte en deux temps**

Les plantes sont arrachées ou coupées manuellement, lorsqu'elles sont de couleur jaune et que les gousses sont brunes et en partie sèche, avant la maturité complète. On les laisse sécher au soleil pendant 5-10 jours avant de procéder au battage. La récolte en deux temps est la mieux indiquée afin de réduire les pertes à cause de l'hétérogénéité de la maturité.

**V.2. Récolte directe**

Elle est réalisée avec la même moissonneuse-batteuse que celle utilisée pour les céréales mais avec une adaptation des organes de la machine pour récolter la lentille. La récolte directe nécessite une surface nivelée et sèche, mais aussi un réglage adéquat pour éviter les pertes par égrenage. Le stade ou l'état de la végétation trop sèche, l'éclatement des gousses entraîne des pertes importantes.

# **Matériel et méthodes**

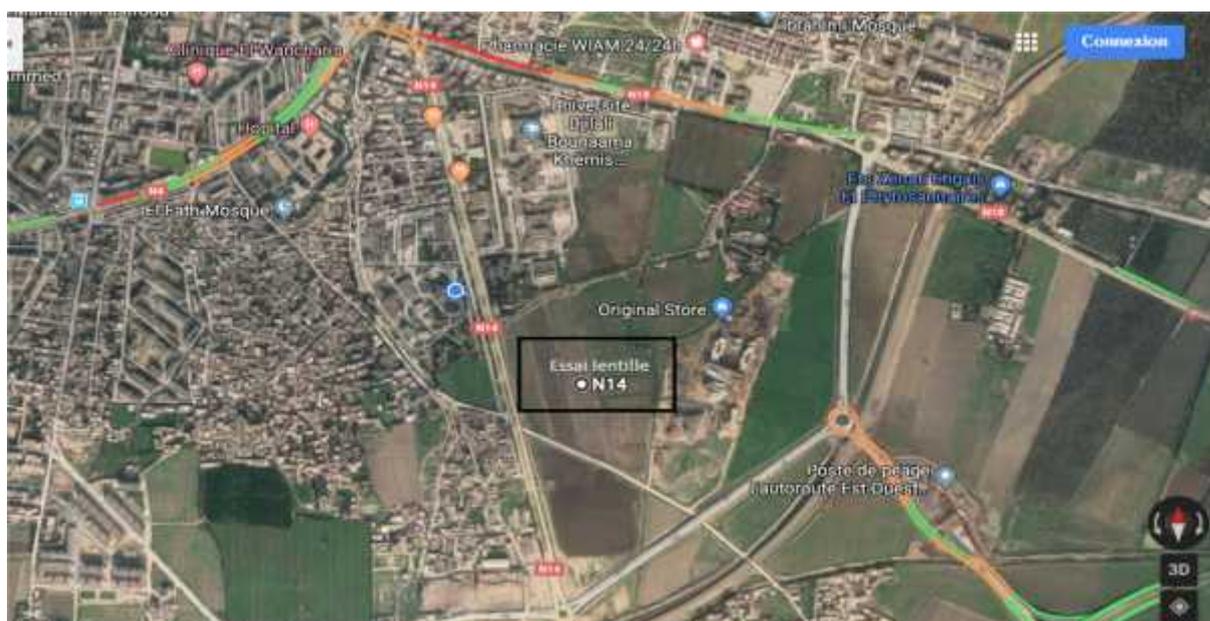
## I. Objectif de l'essai

L'objectif de notre essai est d'étudier le comportement de 11 variétés de lentille pour leur caractéristiques physiologique dans le périmètre de Haut Chélif afin de sélectionner celles qui répondent et s'adaptent aux facteurs environnementaux (climatiques et édaphiques). Cela, nous à permis de suivre la croissance et le développement de ces variétés.

## II. Présentation de la région d'étude

### II.1. Localisation de l'essai

L'essai à été réalisé en plein champ au niveau de la Ferme de Démonstration et de la Production de Semences (FDPS) appartenant à la station de l'ITGC de Khemis Miliana. Le site expérimental est situé aux cordonnées géographique  $36^{\circ}15'03''N$   $2^{\circ}14'25''E$  à une Altitude de 277 m.



**Figure 09** : Situation géographique de l'FDPS de l'ITGC de Khemis Miliana (Google Earth).

**III. Caractéristiques climatiques**

**III.1. Régime thermique**

**Tableau 03 :** Température moyenne mensuelle de la période 1987 – 2018

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
T Moyenne (C°)	24,3	20,5	14,1	10,6	9,6	10,5	13,2	15,7	20,2	25,0	29,5	29,5
T Minimale (C°)	16,7	12,3	7,1	4,3	3,5	4,2	7,0	8,2	10,8	15,8	20,6	20,9
T Maximale (C°)	34,6	29,4	22,7	17,5	19,7	17,5	22,5	24,0	30,2	36,4	38,1	38,6

(ANRH, 2019)

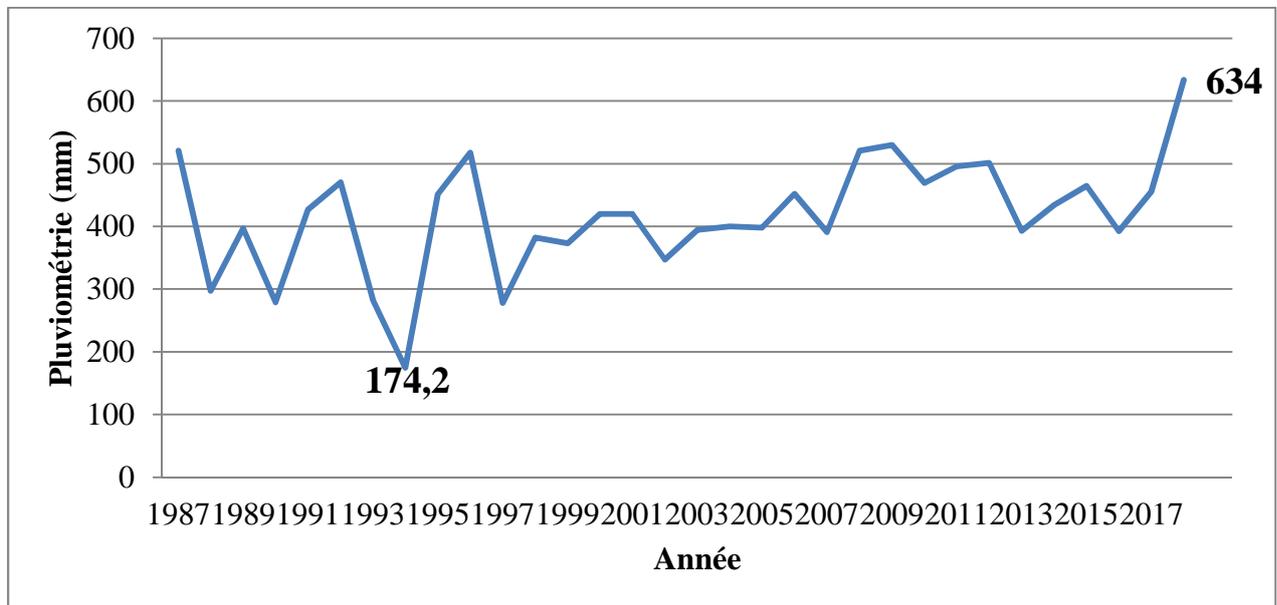
D’après le tableau 04, on remarque que les mois les plus chauds sont déterminés durant la période 1987-2018, ces mois sont juillet et aout. Tandis que les mois pluvieux durant la meme période sont les mois de Novembre, décembre, janvier, février et mars.

**III.2. Régime pluviométrique**

**Tableau 04 :** Pluviométrie moyenne mensuelle de la période 1987 – 2018

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Pluviométrie (mm)	21,80	34,27	55,76	53,68	61,98	55,09	52,01	40,01	26,55	8,69	1,08	6,23

(ITGC KhemisMiliana, 2018)



**Figure 10 :** Pluviométrie annuelle de 1987 - 2018 (ITGC Khemis Miliana, 2018).

### III.3. Diagramme ombrothermique de la période 1987 – 2007

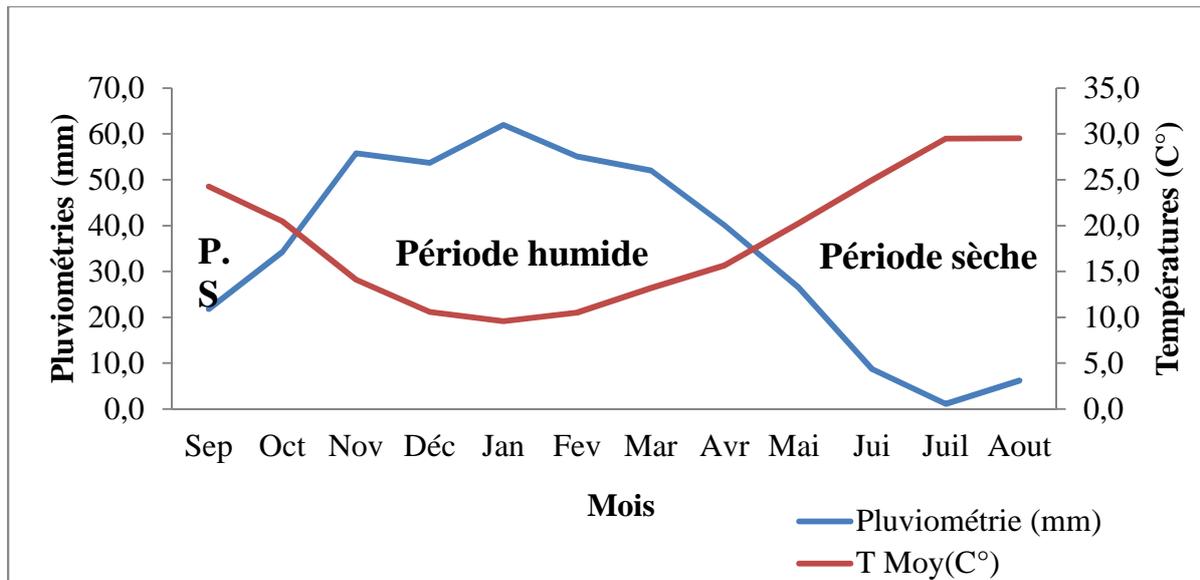


Figure 11 : Diagramme ombrothermique de la période 1987-2018

Le diagramme ombrothermique (figure 11), établi selon les valeurs de la pluviométrie et la température moyenne durant la période 1987 – 2018 montre l'existence de 02 périodes différentes, une période sèche qui s'étale du mois d'avril jusqu'au mois d'octobre, et une période humide du mois de Novembre allant jusqu'au mois de Mars.

## VI. Conditions de l'essai

### VI.1. Conditions climatiques

La station se caractérise par un climat méditerranéen de type semi-aride à hiver assez pluvieux et froid. Un été sec et chaud et un printemps court (Avril-Mai) avec des différentes amplitudes thermiques entre l'hiver et l'été et entre la nuit et le jour.

#### VI.1.1. Température

Tableau 05 : Variation des températures normale mensuelles de la région d'étude

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui
<b>T Maxi</b> (c°)	38,4	30,7	27,2	24,7	17,1	21,4	27,2	32,1	33,2	37
<b>T Min</b> (c°)	11,6	6,9	2,4	1,6	-1,6	-0,9	1,8	4	6,7	11,2
<b>T Moy</b> (c°)	24,9	18,9	14,8	10,0	7,6	9,5	12,6	15,1	19,5	23,4

(Station météorologique UDBKM, 2019).

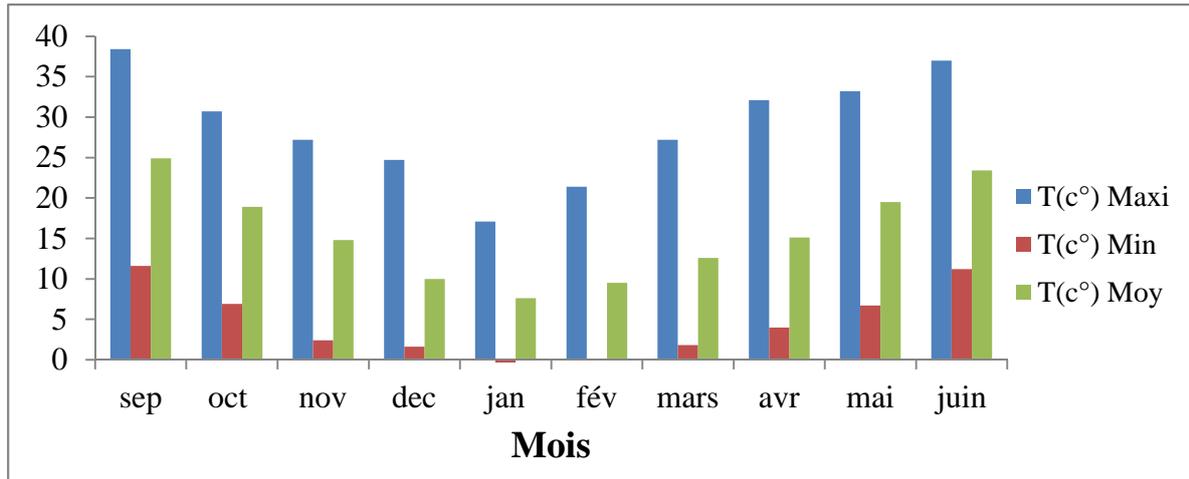


Figure 12 : Représentation graphique de variation des températures mensuelles.

### VI.1.2. Pluviométrie

Tableau 06 : Variation de pluviométrie normale mensuelle de la région d'étude

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Av	Mai	Jui
Pluviométrie (mm)	46,4	40,2	45	52,7	77,6	15,8	19,2	39,4	18,6	0,0

(Station météorologique UDBKM, 2019)

## VI.2. Conditions édaphiques

### VI.2.1. Analyses physico-chimiques du sol

Avant la mise en place de l'essai, et afin de connaître les caractéristiques Physicochimiques du sol, un prélèvement a été fait à l'aide d'une tarière, à une Profondeur de 0 à 40 cm sur trois emplacements répartis sur la totalité de la parcelle d'essai. Tous les échantillons ont été mélangés afin de constituer un seul échantillon homogène. Les échantillons ont été analysés physico-chimiquement. Elles ont porté sur les propriétés suivantes :

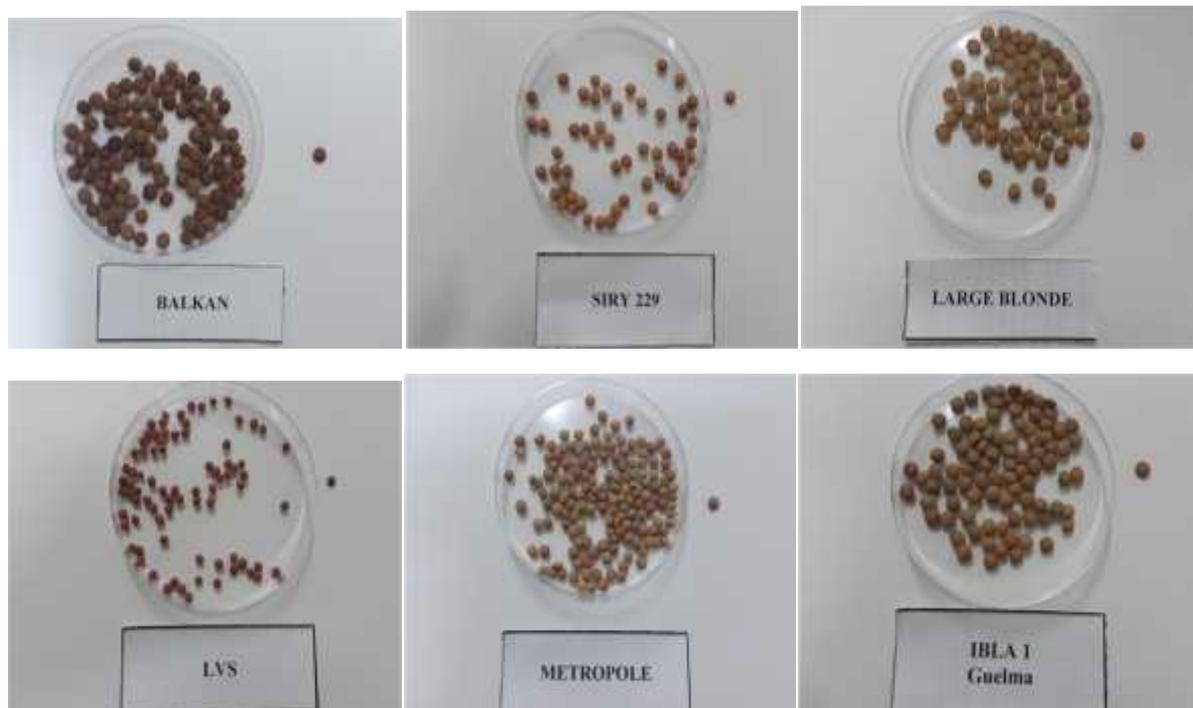
## Matériel et méthodes

Tableau 07 : Analyses physico-chimique du sol

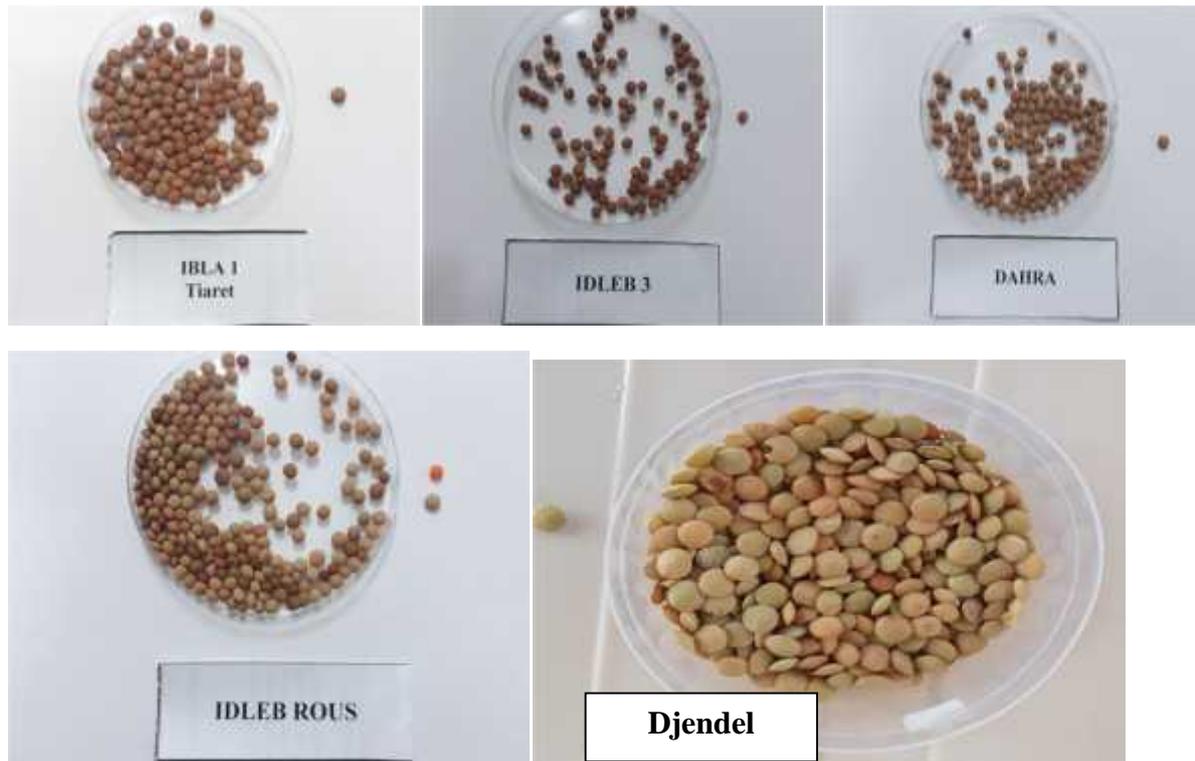
Analyses	Eléments	Matériel et méthodes
<b>Granulométrie</b>	Argile %	Pipette de Robinson
	Limons %	
	Sable %	
<b>Chimiques</b>	pH eau	pH mètre
	pH kcl	
	Conductivité électrique	Conductimètre
	Matière organique	La méthode d'Anne
	Carbone	
	Calcaire total	Calcimètre de Bernard
	Calcaire actif	Méthode de Drovinean
	Azote total	Méthode de Kjeldahl
	Phosphore assimilable	Méthode d'Olsen

### V. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est composé de onze variétés de lentille.



## Matériel et méthodes



**Figure 13 :** Matériels végétale : Variétés de lentille concernée par l'étude

**Tableau 08 :** Caractéristiques agronomiques des variétés étudiées

Variétés	Stations	Caractéristiques agronomiques
Balkan	SidiBel-Abbés (1983), Saida (1986), Tiaret (1991)	Port dressé, semi-tardive à tardive, large grain marron, nombre de graine par gousse (1 à 2), tolérante au gelées et aux maladies, rendement moyen.
Syrie 229	SidiBel-Abbés (1983), Saida (1986)	Port dressé, précoce, grain rond, jaune-vert, tolérante à la gelée hivernale et moyennement toléranteaux maladies, vigoureuse, rendement moyen.
Métropole	Service de l'expérimentation d'El-Harrach (1942)	Variétéssemi-tardive à port dressé, nombre de graine par gousse (1 à 2), vigoureuse, rendement élevé et de bonne qualité culinaire.
Large blonde	Sélectionnée en 1952 à partird'une introduction faite du Chili	Variété demi-précoce, à port dressé, à large graine. Elle est de qualité culinaire assez bonne.
Dahra	Variété isolée dans une	Variété très précoce, à port dressé, sensible à la

## Matériel et méthodes

	introduction de Syrie et cultivée en Algérie. A été sélectionnée pour les conditions locales de la région de Sidi –Bel-Abbés.	rouille. La graine est de cuisson rapide, rendement moyen à élevé.
Ibla	Variété d'origine d'Espagne	Variété semi-précoce, graine par gousse (1 à 2), peutulérante aux maladies, poids de 100 graines (4,21 gr)

### VI. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté est le bloc aléatoire complet. Chaque bloc est structuré en 11 micro-parcelles élémentaires. Les micro-parcelles représentent les 11 variétés. Chaque variété est répétée trois fois. Les dimensions de la micro-parcelle sont 5 m de long sur 1.2 m de large, ce qui fait une superficie de 6 m<sup>2</sup>.

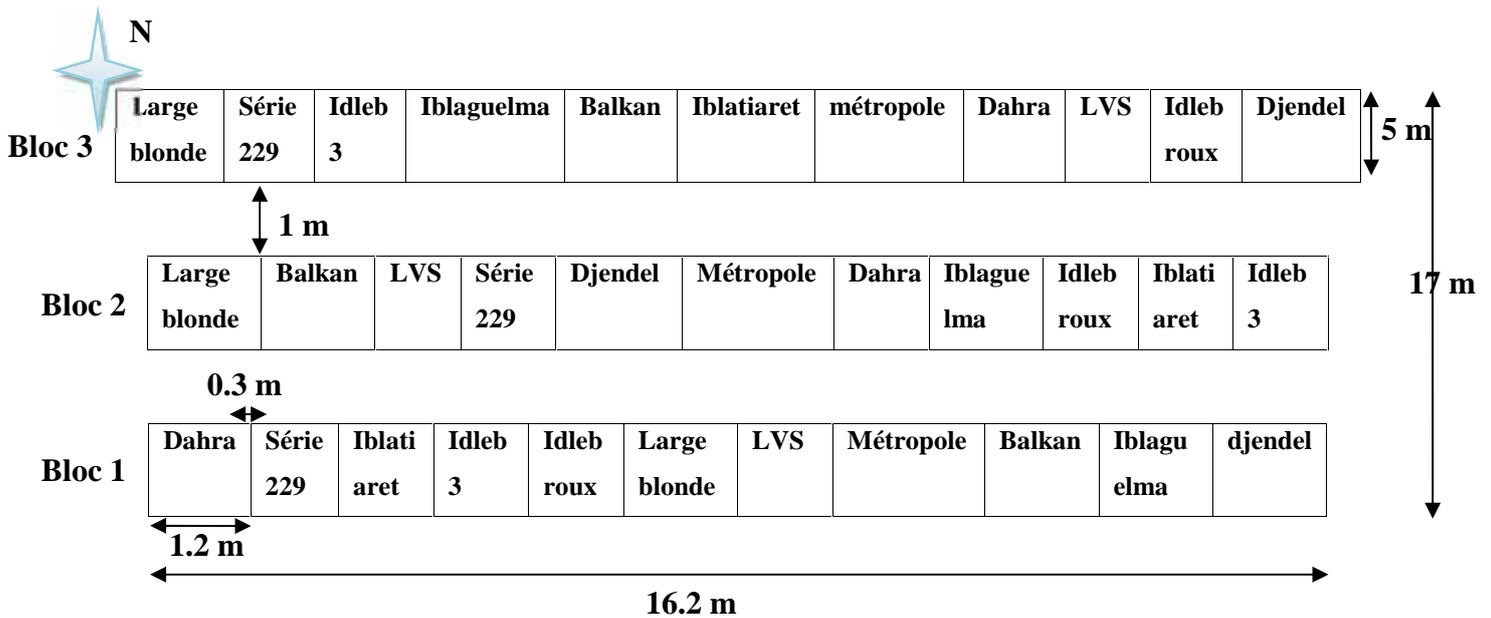


Figure 14: Dispositif expérimentale de l'essai

### VII. Gestion de l'essai

#### VII.1. Travail du sol

Les opérations culturales effectuées sont les suivantes :

## Matériel et méthodes

- ✓ **Labour** avec une charrue à socs.
- ✓ **Façons superficielles** : croissage et recroissage avec passage d'un cover crop.

### VII.2. Semis

Le semis a été effectué le 12/12 /2018, à l'aide d'un semoir expérimental.



**Figure 15** : Semis à l'aide d'un semoir expérimental

**Tableau 09** : Dose de semis des variétés selon le poids de 100 grains

Variétés	PCG (gr)	Dose parcelaire en gr (6 m <sup>2</sup> ) Avec une densité de 300 plants/m <sup>2</sup>
Dahra	3,795	68,31
Métropole	4,14	74,52
LVS	1,968	35,424
Idleb 3	3,044	54,792
Syrie 229	4,952	89,136
IblaTiaret	6,856	123,408
IblaGuelma	6,488	116,784
Balkan	6,131	110,358
Large blonde	6,48	116,64
Idleb roux	4,15	74,7
Djendel	4,56	82,08

### VII.3. Roulage

Juste après le semis un roulage a été effectué à l'aide d'un rouleau Cross-kill pour favoriser le contact : graine/sol.

### VII.4. Entretien de la culture

#### VII.4.1. Traitements appliqués

- Désherbage chimique en post semi par l'utilisation d'un herbicide polyvalent (challenge) de contact (anti dicotylédones et contres certains graminées) en date 30/12/2018, post semi-prélevée à raison de 3L /ha
- Deuxième désherbage par l'utilisation d'un herbicide systématique anti monocotylédones en post levée par «Focus ultra » le 11/03/2019 à raison de 1 L/ha
- Traitement fongique « Ortiva » à raison de 0.8L/ha en association avec un insecticide « Mospilan » pour traitement des pucerons à titre préventive en date de 18/04/2019.

#### VII.4.2. Désherbage

Le désherbage a été réalisé manuellement sur la totalité de l'essai expérimental (les micro-parcelles et entre les lignes), pour détruire les mauvaises herbes et éviter la probabilité d'évolution des parasites et la concurrence d'utilisation des éléments nutritifs.



**Figure 16:** Désherbage manuelle

### VII.5. Mesures et comptage

Dans le cadre de la caractérisation et l'identification de l'ensemble des variétés semées sur le plan morphologique et physiologique, plusieurs paramètres entre en compte et qu'ils s'agissent des notations et des caractères observables, ceci nous aidera à atteindre notre objectif.

### VII.5.1. Nombre de plants par mètre carré

Pour mesurer ce paramètre, on a utilisé un mètre carré en bois et on a compté le nombre de plants à la levée sur chaque micro-parcelle pour l'ensemble des variétés. Le comptage a été réalisé le 20 janvier 2019.



**Figure 17:** Mesure de nombre des plants à la levée

### VII.5.2. Nombre des ramifications primaire et secondaires (R1 et R2)

On a pris trois (03) plants au hasard dans chaque micro-parcelle c'est à dire neuf notations pour chaque variété.

**Ramification primaire** a été effectuée le 03 février 2019.

**Ramification secondaire** a été effectuée le 18 mars 2019.

### VII.5.3. Nombre de fleurs par plant

Pour ce paramètre, on a pris trois (03) plants au hasard dans chaque micro parcelle c'est-à-dire (09) plants par variétés et on compte le nombre des fleurs par plant. L'opération a été réalisée le 14 avril 2019. Certaines variétés ont atteint 50% de la floraison le 25 mars 2019.



**Figure 18 :** Mesure du nombre de fleurs

### ✓Précocité de la floraison en jours

Il s'agit du nombre de jours entre le semis et la date d'apparition de la première fleur.

### VII.5.4. Hauteur des plantes

Les différentes hauteurs (du collet jusqu'au bourgeon terminal) et longueurs sont mesurées à l'aide d'un mètre. Les mesures ont été effectuées le 16 avril 2019.



Figure 19 : Procédure de mesure de la hauteur

### VII.6. Prélèvement des échantillons végétatifs

On a prélevé 9 plants pour chaque variété. L'échantillonnage se fait manuellement par une pioche, les plants sont rincés avec de l'eau de robinet puis on a effectué les différentes mesures au laboratoire.



Figure 20: Prélèvement des échantillons végétatifs

### VII.6.1. Détermination de la biomasse aérienne et racinaire

Il a été effectué au stade floraison. Les plants sont déterrés. Les parties aériennes sont séparées des parties souterraines au niveau du nœud cotylédonaire à raison de 9 plants par un ciseau, les nodules ont été séparés des racines, compté, séchés à l'étuve à 65°C pendant 48 heures puis pesés.



**Figure 21 :** Détermination de la biomasse aérienne et racinaire



**Figure 22:** Séchage des plants à l'étuve

### VII.6.2. Détermination du nombre et du poids sec de nodosités

Les nodosités sont délicatement séparées de la racine à l'aide d'une pince et comptées, puis elles sont séchées à l'étuve à 65°C pendant 48 heures. Ensuite, leur poids sec est mesuré à l'aide d'une balance de précision.



**Figure 23:** Détermination du nombre des nodules et du poids sec après séchage

### VII.6.3 Efficience d'utilisation de la symbiose rhizobienne

L'efficience d'utilisation de la symbiose rhizobienne (EUSR) a été estimée par la pente du modèle de régression de la biomasse aérienne des plantes sur la biomasse nodulaire. Dans l'équation de la droite de régression  $y = a x + b$  :

- )  $b$  : Correspond à la production de biomasse sans nodules
- )  $a$  : Représenté cette efficience.

### VII.7. Rendement et ses composantes

#### VII.7.1. Nombre de gousse par plant

Le nombre de gousses produit par plant est estimé sur chacun des 09 plants pris au hasard pour les différents génotypes de chaque micro-parcelle. Les mesuré a été faite le 05mai 2019.



**Figure 24 :** Détermination du nombre de gousses par plant

### VII.7.2. Nombre de grains par gousse

Pour chacune micro parcelle, nous avons compte le nombre de grains de 10 gosses au hasard. Mesuré le même jour que le comptage de nombre de gosses par plant.

### VII.7.3. Nombre de grains /plant

Nombre de grain par gousse \* nombre de gousse par plant : cette relation qui détermine le nombre de grains par plant.

### VII.7.4. Récolte

A été effectuée d'une façon manuelle quand les gosses sont devenues sèches le 19 mai 2019.



**Figure 25** : Récolte manuelle

### VII.7.5. Battage :

A été effectué à l'aide d'une batteuse à « Poste Fixe », le 20 juin 2019.



**Figure 26** : Batteuse à poste fixe

### VII.7.6. Poids de Cent Grains (PCG)

Après la récolte de chaque micro-parcelle nous avons prélevé un échantillon de grains, puis nous avons procédé au comptage. Ces grains ont été ensuite pesés avec une balance de précision.

### VII.7.7. Rendement théorique en qx/ha

Il est calculé par la formule suivante

$$\text{Rendement (qx/ha)} = \frac{\text{Nombre de plants/m}^2 \times \text{nombre de grains/plant} \times \text{poids de 100 grains}}{100}$$

### VII.8. Analyse statistique

Les données recueillies pour les caractères étudiés sur les différentes variétés ont été soumises à une analyse de la variance avec le logiciel STATBOX.

L'analyse de variance permet de tester la similitude de variable en termes statistiques. L'effet variable est significatif lorsque la probabilité de l'erreur réellement commise est de:

P = 0.001 Très hautement significatif.

P = 0.01 Hautement significatif.

P = 0.05 Significatif.

# **Résultats et discussion**

### I. Caractéristiques physico-chimiques du sol expérimental

Les résultats des analyses physico-chimiques du sol qui ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana et l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie (ENSA) sont rapportés dans le tableau suivant

**Tableau 10 : Caractéristiques physico-chimiques du sol**

<b>Résultats</b>		
<b>Granulométrie</b>		
Argile %	47%	Annexe 1
Limons %	45%	
Sable %	8%	
<b>Analyses Chimiques</b>		
pH eau	6.95	Annexe 2
pH kcl	7	
Conductivité électrique us/cm	253.06	Annexe 3
Matière organique %	1.69%	Annexe 4
Carbone %	0.98%	
Calcaire total %	15%	Annexe 5
Calcaire actif %	5.1%	
Azote total %	0.78	Annexe 6
Phosphore assimilable (ppm)	5.8	Annexe 7

D'après le tableau 10, on remarque que le sol de la zone De la parcelle est caractérisé par les éléments de texture suivants :

- ) L'argile représente la plus grande proportion avec un pourcentage de 48%
- ) La teneur en limon et en sable est de 45%, 8% respectivement.

Donc, le sol a une texture argileux-limoneux selon le triangle de texture Duchaufour (Duchaufour, 1970).

Le sol ainsi a une teneur en carbone de 0.98 %, se traduit par un taux de matière organique de 1.69 % ce qui correspond à un sol pauvre en humus (Afnor, 1984 ; Gangnard et al, 1988). La parcelle d'étude est caractérisée par un sol moyennement calcaire avec un taux de calcaire actif égale à 5,1%, légèrement salé (253,06µs /cm) et représente un pH neutre

## Résultats et discussion

(pH=6,95) (Feller, 1995). Le sol est pauvre en azote total avec une teneur de 0,78% et pauvre en phosphore assimilable avec une teneur de 5.8 ppm (Lambert, 1975).

### Conclusion :

Les paramètres de milieu de la région de Khemis Miliana présentent des propriétés favorables pour la culture de la lentille ; la texture (argileux-limoneux) du sol permettre une bonne capacité de rétention de l'eau, le pH (6,95) est neutre et la salinité faible (253,06  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ). Donc le sol ne pose pas des problèmes et présente pas des propriétés nuisibles au processus de symbiose Rhizobium légumineuse.

## II. Evaluation de rendement et ses composantes.

### II.1. Nombre de plant/m<sup>2</sup>

L'histogramme illustré dans la figure 27 a montré que la variété **Idleb 3** a enregistré la valeur la plus élevée (174.67 plant/m<sup>2</sup>), suivi par la variété **Métropole** et **Ibla Guelma** avec 171.83 et 167 plant/m<sup>2</sup> respectivement. Par contre le nombre de plant/m<sup>2</sup> le plus faible est noté chez la variété **LVS** avec 101.33 plant/m<sup>2</sup>. L'analyse de la variance a révélé une différence hautement significative entre les différentes variétés étudiées. Le Test de Newman-Keuls au seuil de signification de 5%, classe les variétés pour ce paramètre en deux groupes homogènes (annexe 8).

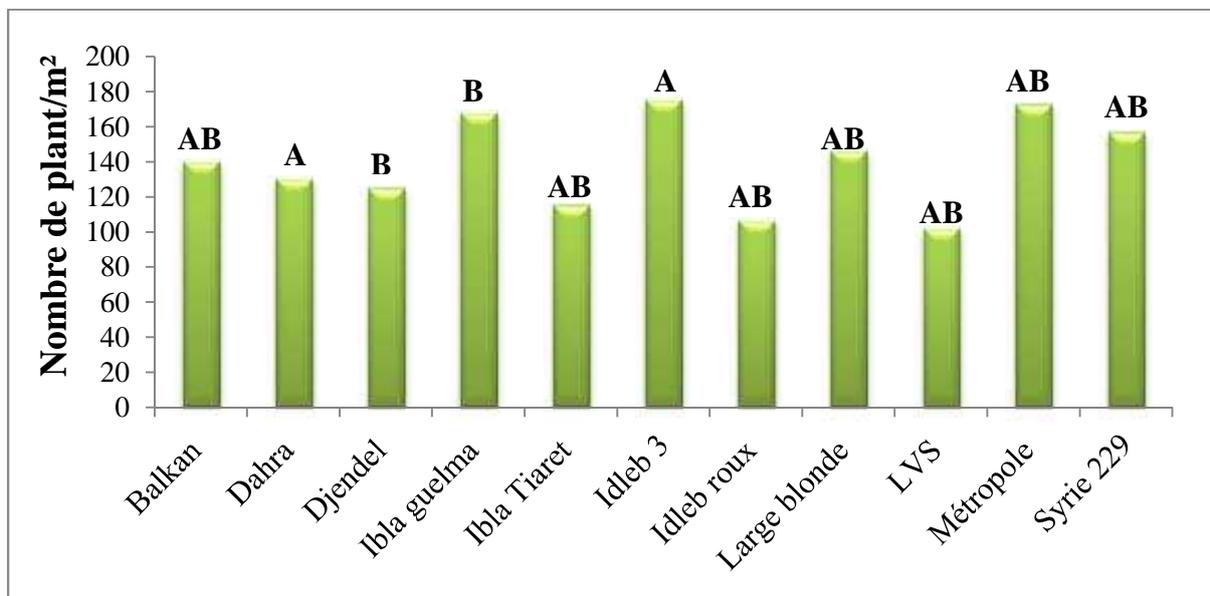


Figure 27 : Variation du nombre de plant par m<sup>2</sup>.

### II.2. Nombre des ramifications I et II

Les figures 28 et 29 montrent que le nombre de ramification I et II pour l'ensemble des variétés est similaire alors que les ramifications primaires est de l'ordre de 2 à 3 en moyenne. Pour les ramifications secondaires ils sont situés entre 7 à 9 par plant. Pour ces deux paramètres étudiés, l'analyse de la variance n'a révélé aucun effet significatif (annexe 9 et 10)

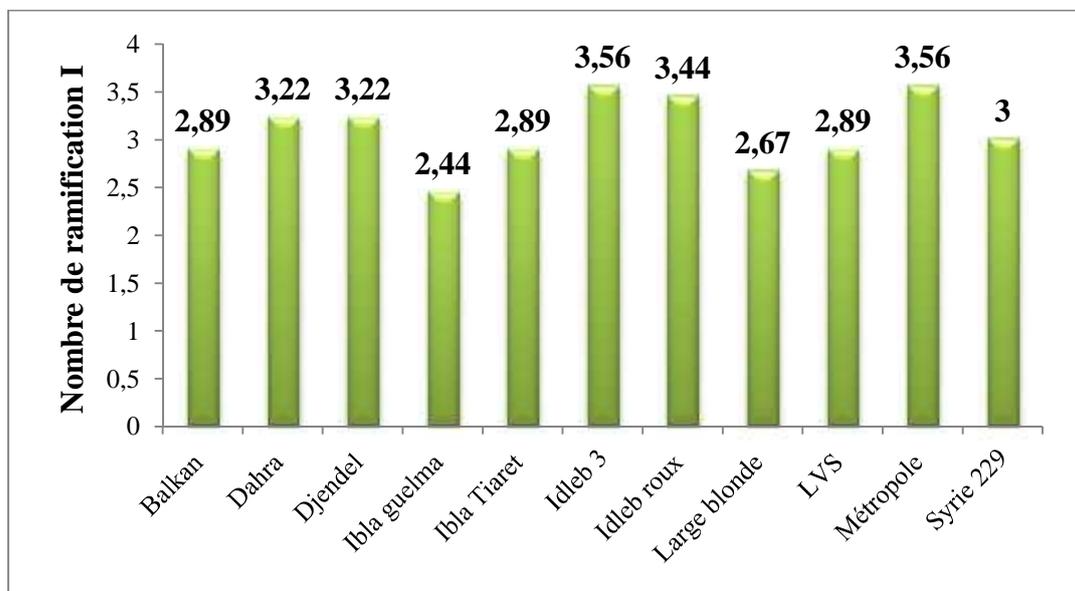


Figure 28 : Variation du nombre des ramifications I par plant.

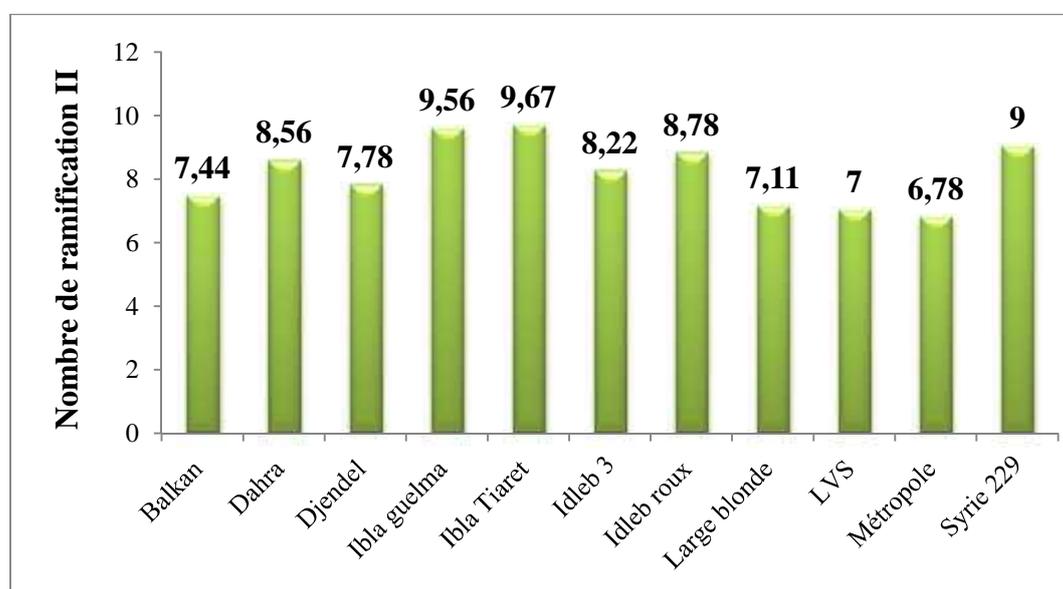


Figure 29 : Variation du nombre des ramifications II par plant.

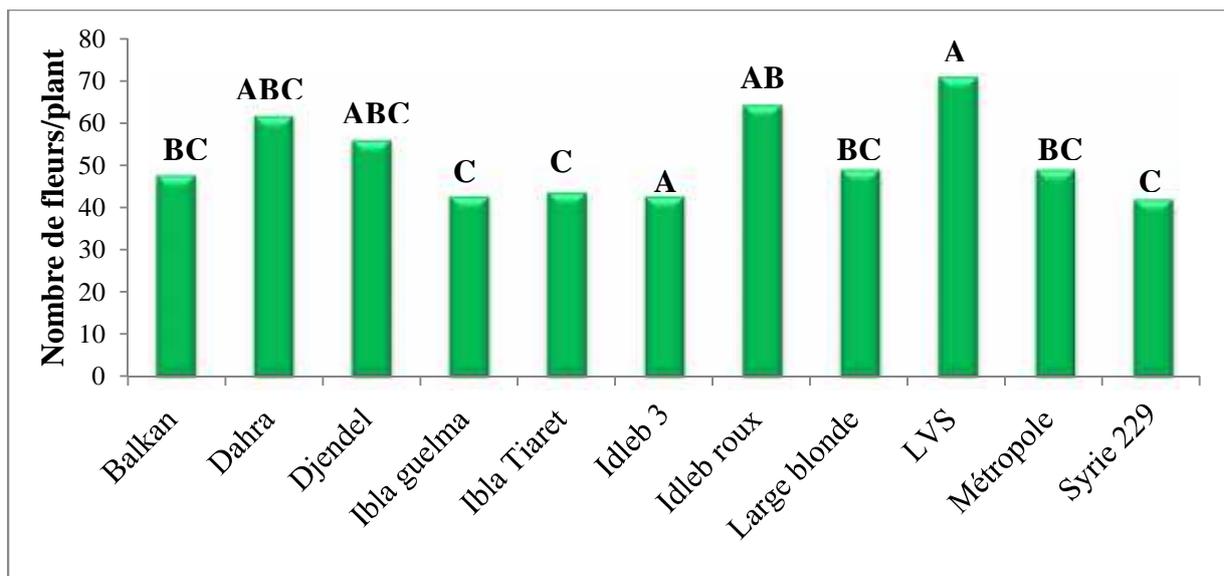
Le nombre de ramifications I dans la lentille selon Asghar et al. (2010) a été de 2,00 à 3,89, Sharma et al. (2014) de 2,39 à 4,06. Alors que, Gupta et al. (2012) ont identifié un

## Résultats et discussion

nombre de ramification II varie entre 3,20 et 8,20, cela confirme la validité de nos résultats qui varient entre 2 à 3 pour les ramifications I et entre 6 à 9 pour les ramifications II. Karadavut et Kavurmacı (2013), a déclaré que l'environnement affecte le nombre de ramification de la plante.

### II.3. Nombre de fleurs par plant

L'analyse des moyennes (**Figure 30**) montre que la variété **LVS** a développé le nombre de fleurs par plant le plus élevé (71 fleurs/plant) suivi par la variété **Idleb roux** et la variété **Dahra** avec 64.33 et 61.67 fleurs/plant. La variété **Syrie 229** a enregistré le nombre le plus faible avec 42 fleurs/plant. L'analyse statistique des données a révélé une **différence très hautement significative** entre les différentes variétés étudiées. Le teste de Newman et Keuls au seuil de signification de 5%, classe les variétés de lentille pour ce paramètre en trois **groupes homogènes** (Annexe 11).



**Figure 30** : Variation du nombre des fleurs par plant.

#### ✓ Précocité de floraison

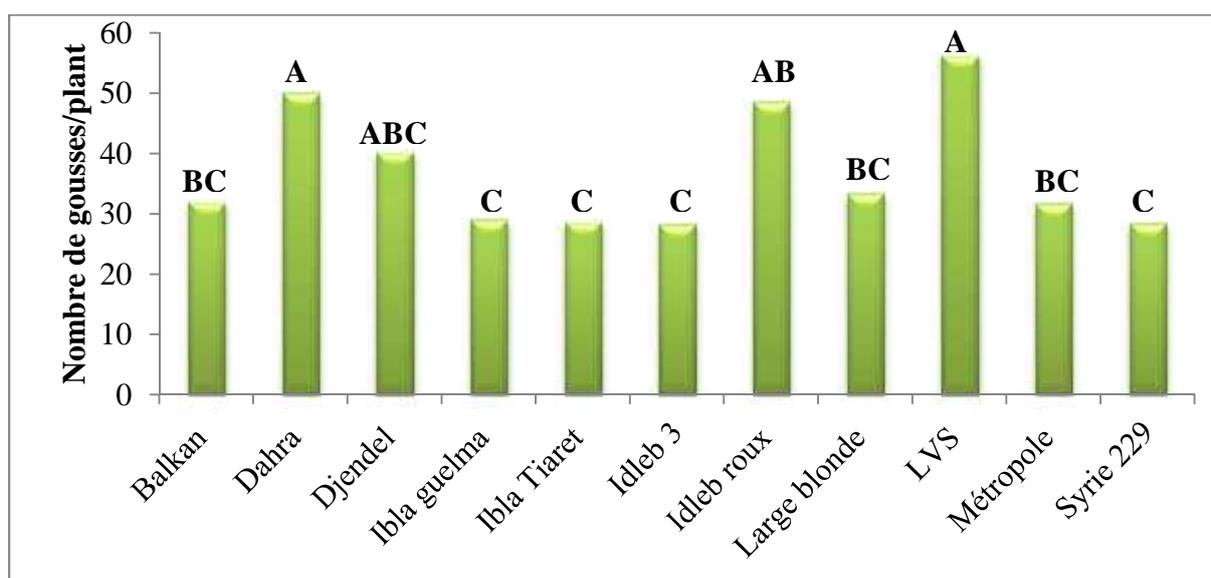
D'après les résultats du tableau 09, nous avons remarqué que les variétés **Syrie 229**, **Large blonde** et **Dahra** sont les plus précoces avec un début de floraisons correspondant à 95 jours après le semis, suivi par **Balkan** et **Iblaguelma**, avec un début de floraison à partir de 97 et 99 jours. Les Variétés **LVS** et **Idleb 3** sont les plus tardives avec respectivement 101 et 102 jours après le semis.

**Tableau 11:** Variation du nombre de jours du semis au début de floraison

Variété	Nombre de jours pour le début de floraison
Balkan	98
Dahra	95
Djendel	97
Iblaguelma	99
Iblatiaret	98
Idleb 3	102
Idleb roux	99
Large blonde	95
LVS	101
Métropole	97
Syrie 229	95

### II.4. Nombre de gousses/ plant

L'histogramme illustré dans la figure suivante 31 montre que la variété **LVS** a enregistré la valeur la plus élevée avec 56 gousses/plant, par contre le nombre de gousses le plus faible est noté chez la variété **Idleb 3** avec 28 gousses/plant. L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative entre les différentes variétés et pour ce paramètre le teste de Newman et Keuls au seuil de signification de 5%, classe les variétés en trois groupes homogènes (annexe 12).



**Figure 31 :** Variation du nombre de gousses/plant.

## Résultats et discussion

Le nombre de gousses dans les lentilles selon Kayan (2008) a été de 5 à 43, Mekonnen (2014) de 27,8 à 43,3, Çokkızgın et al. (2005) de 14,6 à 80,8, Sharma et al. (2014) de 50,70 à 127,89, Asghar et al. (2010) de 96,67 à 231,28 gousses, Gupta et al. (2012) 105 à 288 gousses par plant ont été signalées. Karadavut et Kavurmacı (2013) ont déclaré que l'environnement avait des effets sur le nombre de gousses par plante. Les résultats qu'on a obtenues cohérent avec celles de Mekonnen (2014), où nous avons trouvés un nombre de gousse par plant carie entre 28 à 48.

Erskine et al. (1989) ont déclaré que le nombre de gousses entre les génotypes est l'une des caractéristiques les plus importantes à distinguer les unes des autres.

### II.5. Nombre de grains par gousse :

L'histogramme illustré dans la figure 32 montre que le nombre de grains par gousse est plus important chez les variétés **Métropole** et **Idleb 3** avec 1,6 grains par gousse, suivi par **Ibla Tiaret** avec 1,53 grains par gousse. Le plus faible nombre de grains par gousse est enregistré chez la variété Idleb roux avec 1,2 grains par gousse. L'analyse de la variance n'a révélé aucune différence significative entre les variétés (Annexe 13).

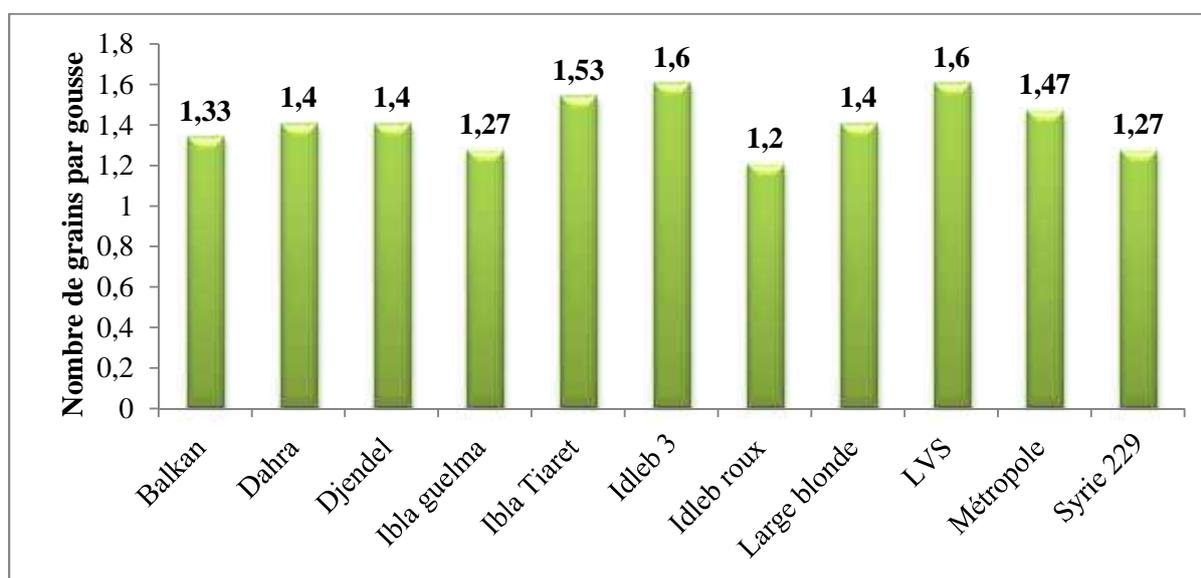


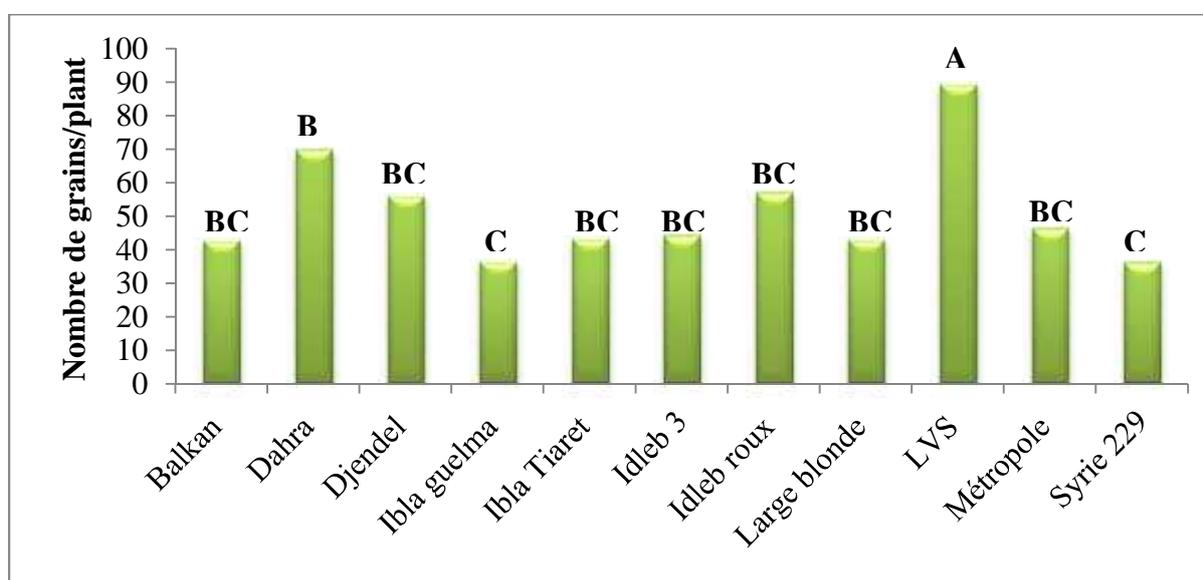
Figure 32 : Variation du nombre de grains par gousse

Dans des études antérieures sur le nombre de graines par gousse et selon Mekonnen (2014) qui y a trouvé que ce paramètre varie entre 1,06 à 1,43. Alors que Gupta et al. (2012), montre que le nombre de grains par gousse est de 1,21 à 1,68, Sharma et al. (2014), 1,28 à 2,0. Alors que nos résultats est compatibles avec celles de Gupta et al (2012). Karadavut et

Kavurmacı (2013) ont déclaré que l'environnement avait des effets sur le nombre de graines par gousse.

### II.6. Nombre de grains/plant

Les résultats de la **figure 33** montrent que le nombre de grains/plant varié en fonction des variétés. Ce paramètre est observé plus important chez les variétés **LVS** et **Dahra** avec 88.93 et 69.52 grains/plant suivi par la variété **Idleb roux** avec 56.67 grains/plant. La variété **Syrie 229** a donné le nombre le plus faible d'environ 35.60 grains/plant. L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative entre les différentes variétés. Le teste de Newman et Keuls au seuil de signification de 5%, classe les variétés en trois groupes homogènes (Annexe 14).



**Figure 33** : Variation du nombre de grain/plant.

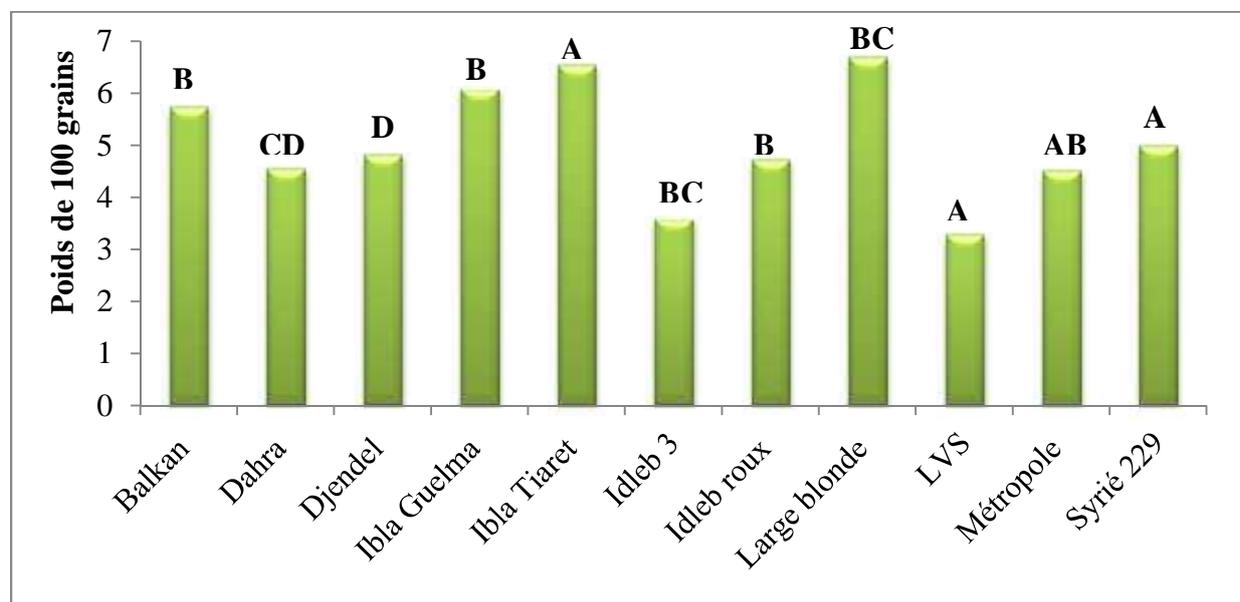
En ce qui concerne ce paramètre, les résultats qu'on a obtenue (35 à 80 grains par plant), sont semblables avec celles de Mortiza et al (2013) qui ont trouvé un nombre de grains par plant varie entre 30 à 46 gains par plant

### II.7. Poids de 100 grains

L'analyse des moyennes (**Figure 34**) montre que la variété Large blonde présente le poids de 100grains le plus élevé avec 6.66g, suivi par la variété Ibla Tiaret et Ibla Guelma 6.51 et 6.01g respectivement. Tandis que la variété LVS le PCG ne dépasse pas les 3.26 g. L'analyse de la variance a révélé une différence **très hautement significative** entre les

## Résultats et discussion

différentes variétés étudiées. Le teste de Newman et Keuls au seuil de signification de 5%, classe les variétés en quatre groupes homogènes (Annexe 15).

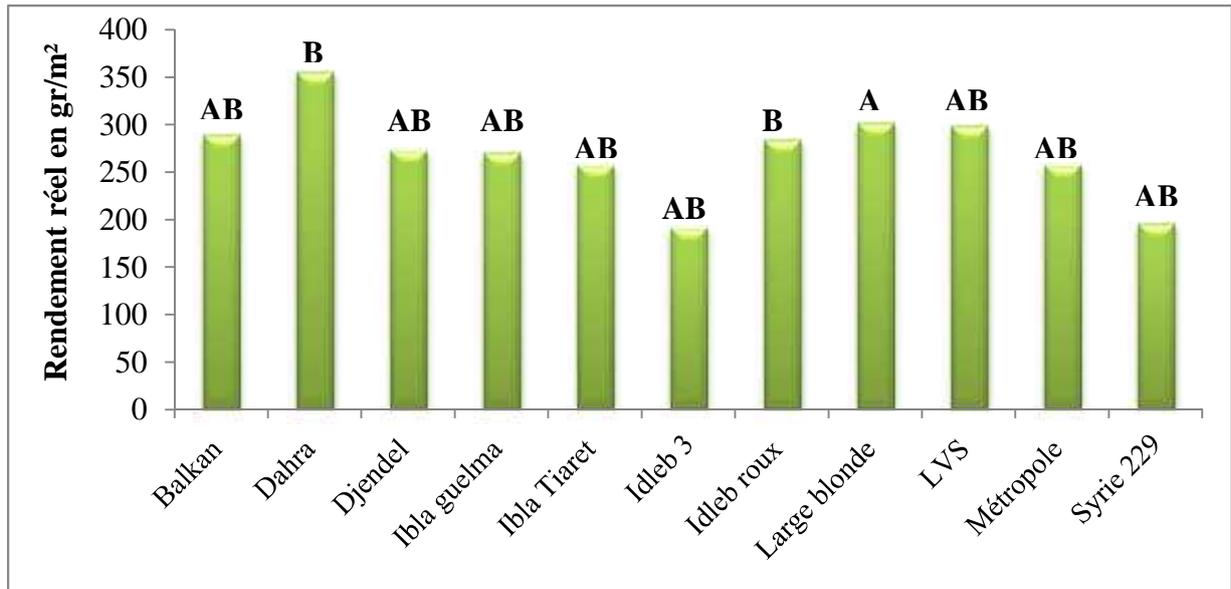


**Figure 34:** Variation de poids de cent grains chez les variétés (PCG).

Nous avons obtenue un poids de cent grains varie entre 3.5 à 6.6 gramme. Ces résultats sont convenables avec celles de Singh et al (2003) et Sharar et al (2001), qui ont trouvé un poids de cent grains varie entre 5.01 et 6.7 gramme.

### II.8. Rendement réel en gramme par m<sup>2</sup>

Les résultats illustrés dans la figure 35 montrent que les valeurs du rendement en gramme par m<sup>2</sup> sont un peu hétérogènes entre les variétés, variant de 100gr/m<sup>2</sup> à 300gr/m<sup>2</sup> plus précisément pour la variété Dahra qui a enregistré un rendement par m<sup>2</sup> le plus élevé (352.92 gr/m<sup>2</sup>). La variété Ibla 3 a donné le rendement le plus faible avec 189.43 g/m<sup>2</sup>. L'analyse de la variance a révélé une différence significative entre les différentes variétés étudiées. Pour ce paramètre le test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5%, classe les variétés en deux groupes homogènes (Annexe 16).



**Figure 35 :** Variation de rendement réel en gramme par m<sup>2</sup> chez les variétés.

### II.9. Comparaison entre le rendement théorique et réel (qx/ha):

D'après la figure 36, on remarque qu'il y a une différence entre le rendement théorique et réel. Cette différence est montrée par des pertes qui sont reliées par les différentes techniques culturales appliquées sur terrain :

- Lors du prélèvement des échantillons végétaux (9plants par variété pour chaque paramètre et parfois plus)
- Lors de la récolte, l'éclatement des gousses et la chute des grains à cause de l'évolution brusque de la température et l'attaque des fourmis.
- Lors du battage, les grains ont été cassés par la batteuse.

## Résultats et discussion

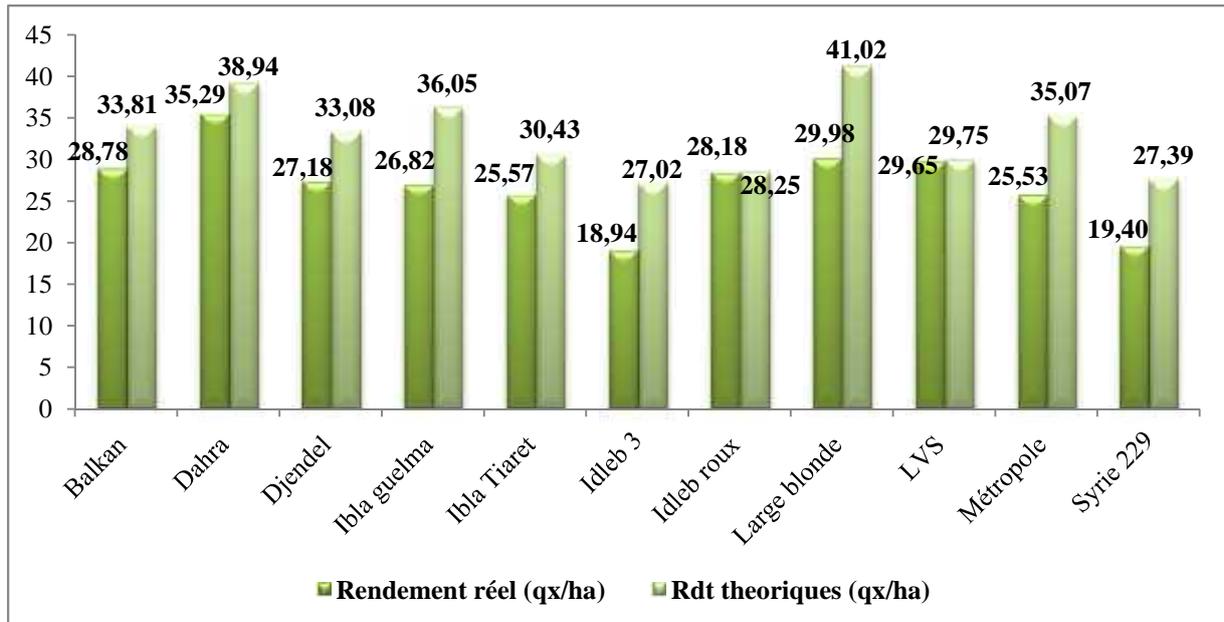


Figure 36 : Comparaison entre rendement théorique et réel (qx/ha)

### III. Evaluation des paramètres de croissance et de la nodulation

#### III.1. Hauteur de la plante

D'après la **figure 37**, on a remarqué que la variété **Large blonde** a donnée la hauteur la plus élevée de 32.78 cm suivi par **Djendel** et **Métropole** avec 32.44 cm et 31.67 respectivement. La variété **Idleb3a** enregistré la hauteur la plus faible de 25.33 cm avec un écart de 7.45 cm en comparaison avec la variété Large blonde. L'analyse de la variance a montré une différence **très hautement** significative entre les variétés. Le test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5%, classe les variétés en trois groupes homogènes (Annexe 17).

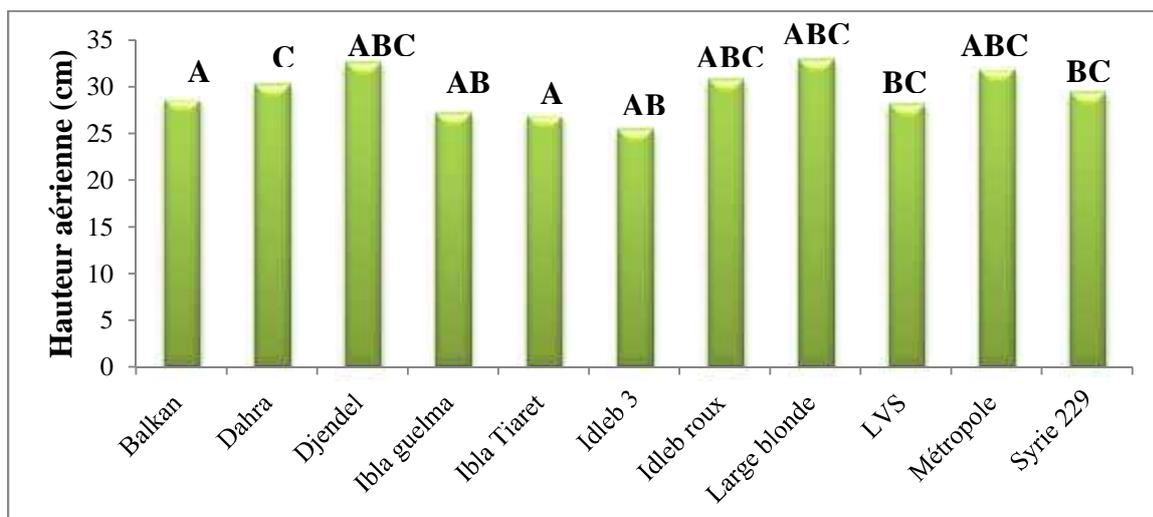


Figure 37 : Variation de la hauteur en cm de végétation des variétés.

## Résultats et discussion

Des études menées par des chercheurs ont révélé la hauteur de lentille; Kayan (2008) 5,5-21,50 cm, Sharma et al. (2014) 27 à 36 cm et Gupta et al. (2012) 23,60 à 36,60 cm, Choudhury et al. (2014) 24,28-37,60 cm, Mekonnen (2014) 32,09-38,6 cm, Asghar et al. (2010) 23,56-45,63 cm, Çokkızgın et al. (2005) ont noté que ces valeurs allaient de 32,9 à 63,2 cm, respectivement. Gupta et al (2012) et Choudhury et al (2014), ont montré la validité des résultats qu'on a obtenue et qui varient entre 25 à 32 cm. Karadavut et Kavurmacı (2013) ont déclaré que La hauteur de la plante varie avec les conditions environnementales.

### III.2. Biomasse aérienne sèche

Les résultats de la variation de la biomasse sèche aérienne chez de différentes variétés sont présentés sur la figure 38. L'analyse de ces résultats montre que la variété Métropole et Ibla Tiaret ont la biomasse aérienne la plus élevée par rapport aux autres variétés mais en général la biomasse est presque similaire. L'analyse de la variance n'a pas révélé de différence significative entre ces les variétés (Annexe 18)

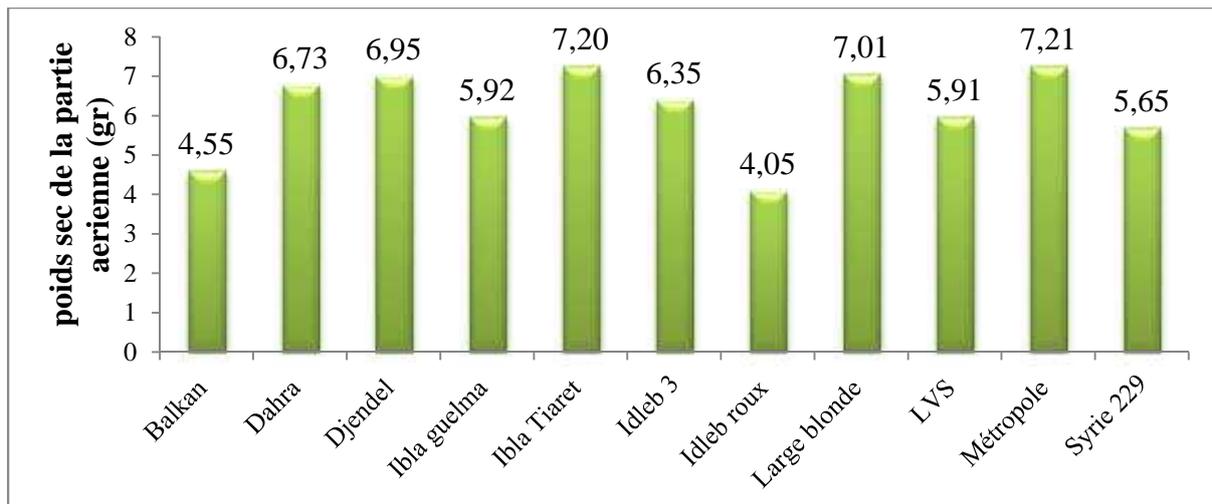
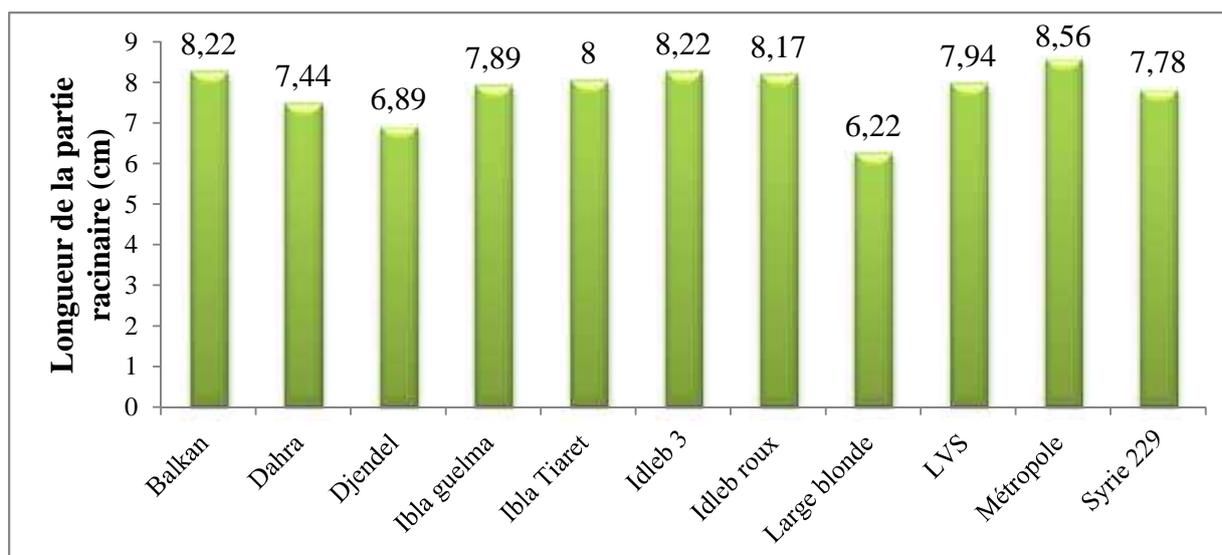


Figure 38 : Variation du poids sec en gramme de la partie aérienne des variétés.

### III.3. Longueur de la partie racinaire

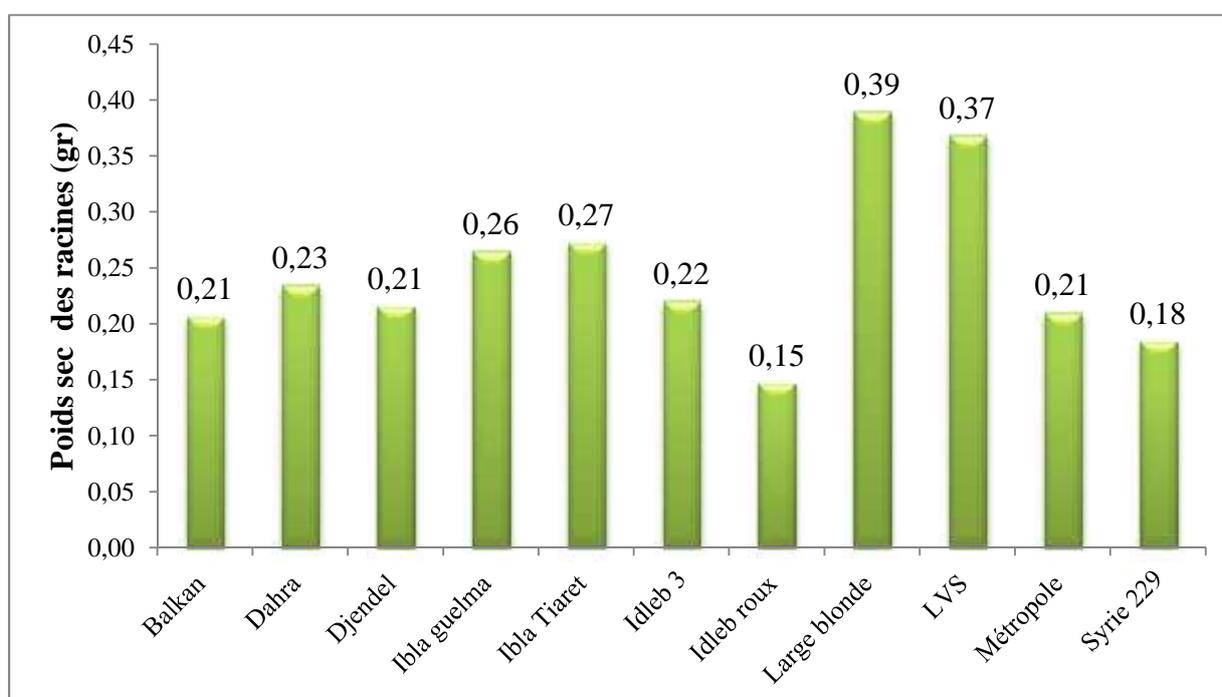
D'après la figure 39, nous avons remarqué une longueur des racines presque similaire entre les variétés. Cette longueur a varié entre 6 et 8 cm en moyenne. L'analyse de la variance n'a montré aucune différence significative entre les variétés (Annexe 19).



**Figure 39** : Variation de la longueur en cm de la partie racinaire des variétés.

### III.4. Biomasse racinaire sèche

La **figure 40** montre que la variété Large blonde a donné la plus grande biomasse racinaire sèche par rapport aux autres variétés, elle dépasse en moyenne 0.39 gr/plant. On a enregistré la valeur la plus faible chez la variété Idleb roux avec 0.15 gr /plant. L'analyse de la variance n'a révélé aucune différence significative entre les variétés (Annexe 20).



**Figure 40** : Variation du poids sec en gramme des racines des variétés.

### III.5. Nombre de nodules

Nous avons observé que la variété **Ibla Guelma** a enregistré le nombre de nodules le plus élevé suivie par variété Syrie 229 et enfin le nombre le plus faible est noté chez la variété Balkan et Large blonde avec une moyenne de 10 nodules/plant. L'analyse de la variance n'a pas montré aucune différence significative entre les variétés (Annexe 21).

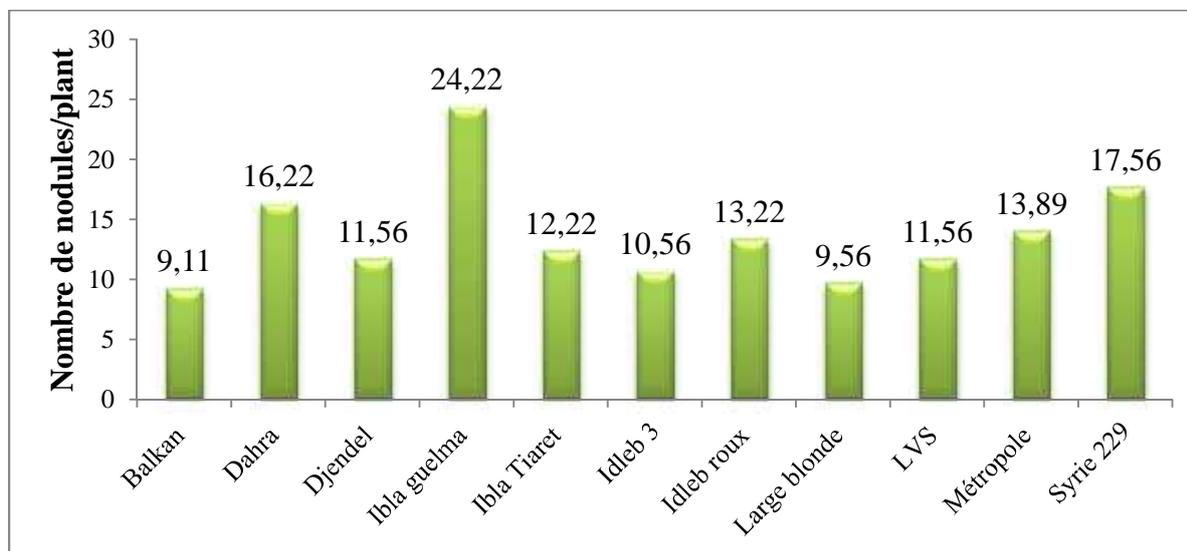
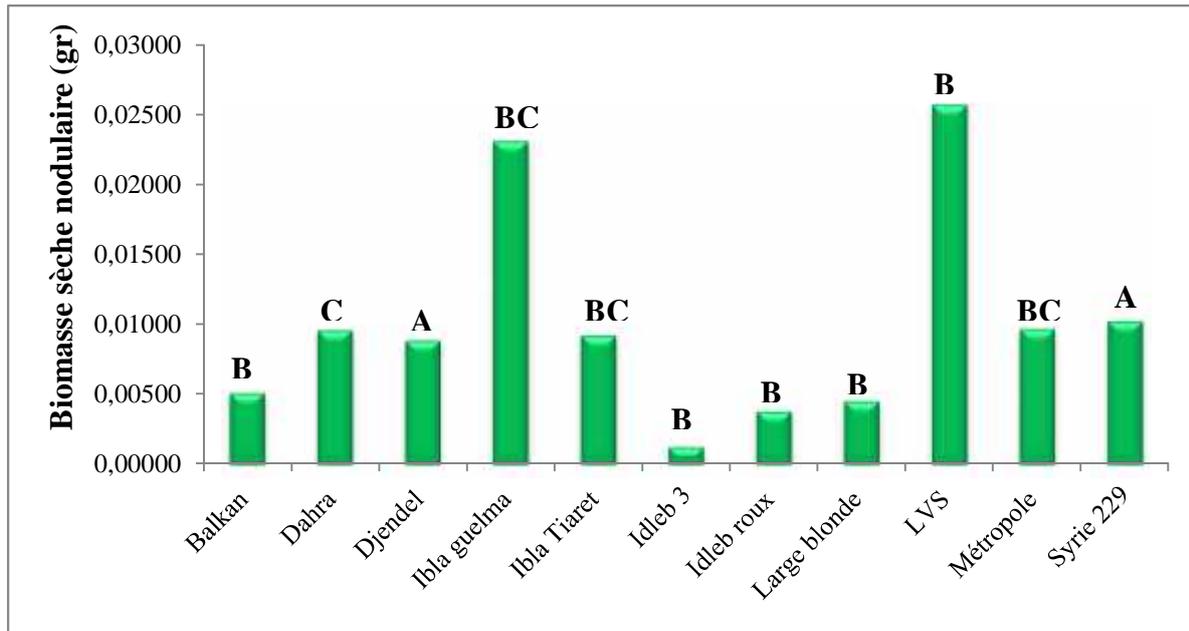


Figure 41 : Variation du nombre de nodules des variétés

### III.6. Biomasse nodulaire

Les résultats de la biomasse nodulaire présentés dans la figure 42 montrent que la biomasse sèche des nodules varie entre 0.001 et 0.02 gr/plant selon la variété. La valeur la plus élevée est enregistrée chez la variété LVS (0.0255g/plante), tandis que la valeur la plus faible est observée chez la variété Idleb 3 avec un poids moyenne de 0.0012 gr/plant. L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative entre les variétés. Le test de Newman et Keuls au seuil de signification de 5%, classe les variétés en trois groupes homogènes (Annexe 22).



**Figure 42:** Variation de la biomasse sèche nodulaire en gramme des variétés.

### III.7. Efficacité d'utilisation de la symbiose rhizobienne

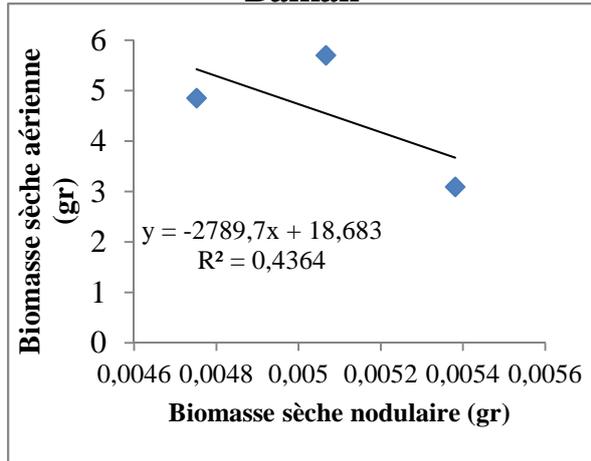
Selon (Drevon et Ounane, 2009) et (Bargaz et al, 2012), l'efficacité d'utilisation de la symbiose rhizobienne (EUSR) a été estimée par la pente du modèle de régression linéaire entre le poids sec nodulaire et celui de la partie aérienne. Selon l'équation de la droite de régression  $y = ax + b$  :

- ) a : représenté l'impact de la nodulation sur la biomasse des plantes.
- ) b : est une constante de la biomasse des plantes non liée aux nodosités.

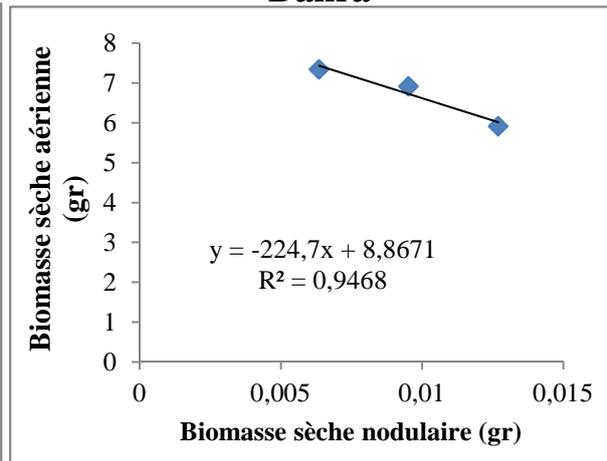
Les courbes de régression illustrée sur **la figure 43** montrent des corrélations positives et négatives entre la nodulation et la biomasse aérienne sèche de différentes variétés.

## Résultats et discussion

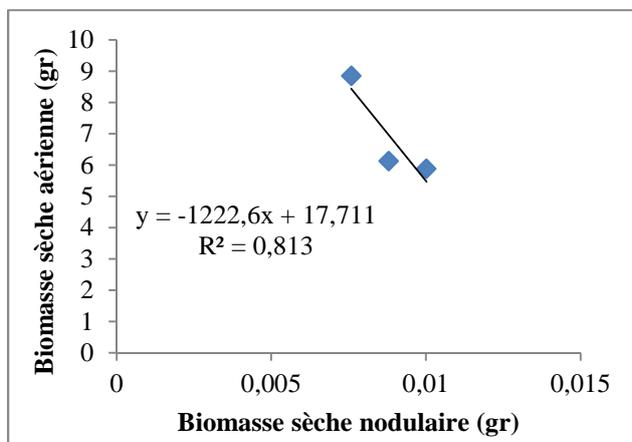
### Balkan



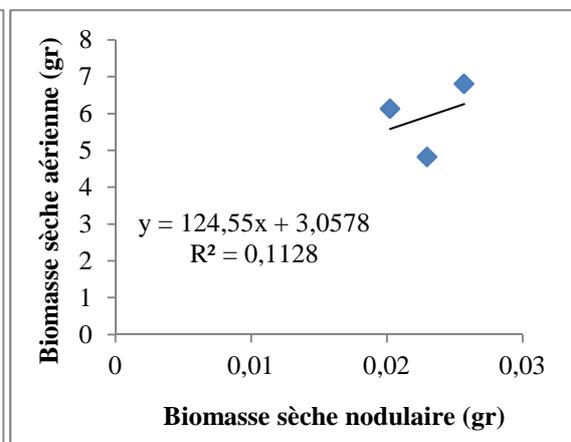
### Dahra



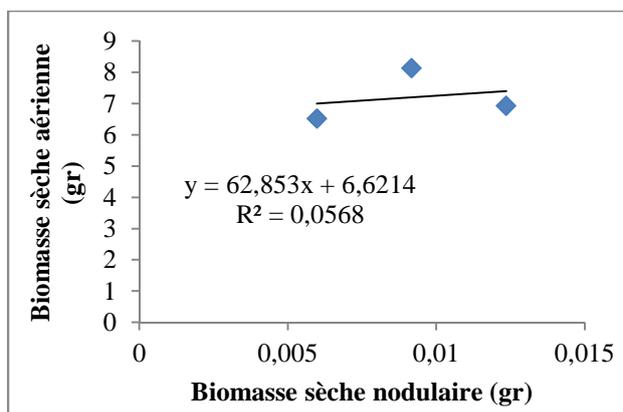
### Djendel



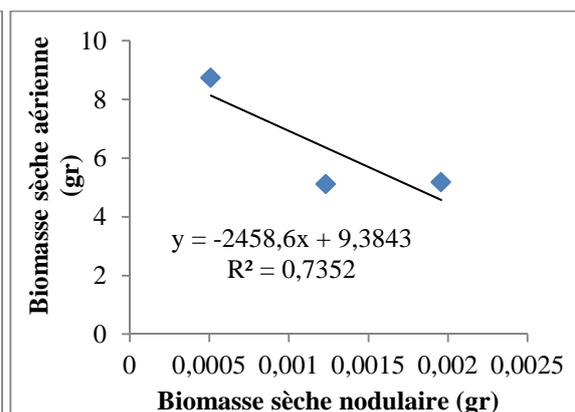
### Ibla Guelma



### Ibla Tiaret



### Idleb 3



## Résultats et discussion

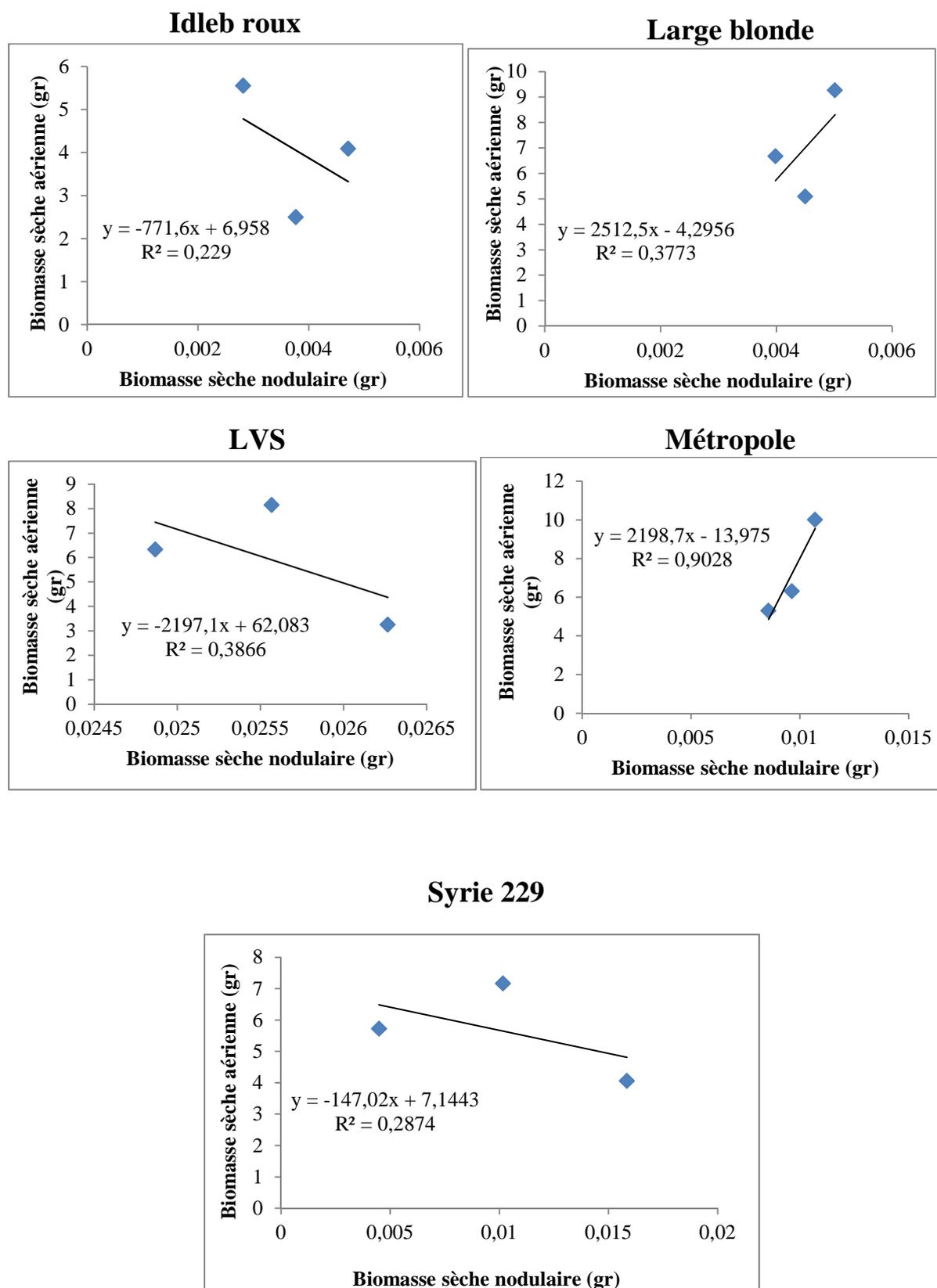


Figure 44: Efficacité de l'utilisation de la symbiose rhizobienne.

## Résultats et discussion

---

La biomasse des nodosités d'un plant rend compte de l'ineffectivité des souches (Benth, 1988). Dans notre étude l'ineffectivité et l'effectivité sont évaluées respectivement en fonction des biomasses nodulaires et des biomasses des parties aériennes.

Des travaux précédents ont montré que la déficience en phosphore affecte les paramètres de croissance chez les plantes de pois chiche (Alkama, 2010). En effet, en cas de carence en phosphore la croissance racinaire est beaucoup moins inhibée entraînant ainsi, en terme de matière sèche, une diminution du rapport parties aériennes /racinaires (Bernal et al. 2005).

Le phosphore améliore, en particulier, la fixation symbiotique de l'azote et beaucoup de travaux indiquent que l'efficacité du P sur la fixation de l'azote réside dans la capacité à augmenter la nodulation et l'activité de la symbiose (Lazali et al, 2016). Dans notre expérimentation, les différences de biomasses entre les variétés peuvent s'expliquer par une variabilité pour l'efficacité d'utilisation du phosphore. Ce résultat est similaire à celui trouvé par Lazali et al, 2017 chez le haricot.

D'après les résultats illustré par les figures précédentes on note que les variétés **Métropole** et **large blonde** présentent le plus d'efficacité d'utilisation de la symbiose rhizobienne avec (2198,7g PAS-PNS) et (2512,5g PAS-PNS) respectivement suivi par la variété **Ibla Guelma** (124,55PAS-PNS), c'est à dire que la biomasse aérienne est corrélée avec la biomasse nodulaires ce qui signifie que cette variété a en recourt à la fixation symbiotique pour satisfaire ses besoins en azote, contrairement aux autres variétés qui présentent des corrélations négligeables par le fait de leur nutrition en azote minéral du sol, et probablement de la faible part de la fixation symbiotique. Ceci suggère que les nodules formés chez ces variétés n'ont pas été fonctionnels, donc non fixateurs.

# **Conclusion générale**

### Conclusion générale

Le développement de l'agriculture en Algérie c'est toujours heurté aux effets des contraintes climatiques naturelles et humaines. Ce qui laisse le pays souffrir d'une production agricole insuffisante, plus particulièrement en ce qui concerne la production des légumineuses alimentaires notamment la lentille.

Au terme de notre étude, nous avons abouti à des résultats susceptibles que nous renseigner sur les différents paramètres morphologiques des variétés de lentille étudiée sur la zone du Haut Chélif et de sélectionner celles qui donnent les meilleurs rendements dans les conditions climatiques et édaphiques de la région.

Les résultats obtenus nous montrent que :

- a) sur le plan des composantes de rendement :
- Le nombre de plant par m<sup>2</sup> le plus élevé est enregistré par la variété Idleb 3 avec (174.67 plant par m<sup>2</sup>) suivi par la variété Métropole et Ibla Guelma avec 171.83 et 167 plant par m<sup>2</sup> respectivement.
  - Le nombre de ramifications primaires et secondaires pour l'ensemble des variétés est similaire l'analyse de la variance n'a révélé aucun effet significatif.
  - la variété LVS a développé le nombre de fleur par plant le plus élevé (71 fleur par plant) suivi par la variété Idleb roux et la variété Dahra avec 64.33 et 61.67 fleur par plant respectivement.
  - Pour les paramètres nombre de gousses par plant et nombre de grains par plant c'est la variété LVS qui a enregistré le meilleur résultat
  - la variété Large blonde présente le poids de 100grains le plus élevé (6.66 gr), suivi par la variété Ibla Tiaret et Ibla Guelma 6.51 et 6.01 gr respectivement.
  - Le rendement réel en gramme par m<sup>2</sup> le plus élevé (35.29 qx/ha) est enregistré chez la variété Dahra suivie par Large blonde et LVS d'environ 28 qx/ha.

b) Evaluation des paramètres de croissance et de la nodulation

- les variétés : Large blonde, Djendel et Métropole présentent la hauteur la plus élevée en moyenne 32 cm.
- la variété Métropole et Ibla Tiaret ont la biomasse aérienne la plus élevée par rapport aux autres variétés mais en général la biomasse est presque similaire.

## Conclusion générale

---

L'analyse de la variance n'a pas révélé une différence significative entre les variétés.

- Pour la biomasse nodulaire la plus élevée est enregistrée chez les variétés Ibla Tiaret et Ibla Guelma avec 0.022 gramme par plant ; ces deux dernières sont suivies par la variété LVS (0.0182gr par plant).
- Pour le paramètre de l'efficacité d'utilisation de la symbiose rhizobienne on note que les variétés LVS et large blonde présentent le plus d'efficacité d'utilisation de la symbiose rhizobienne avec (278.4 gr PAS-PNS) et (466.61 gr PAS-PNS) respectivement suivies par la variété Idleb roux (242.1 gr PAS-PNS)

Les différentes observations enregistrées entre les variétés en terme de croissance, rendement et nodulation montrent que les variétés : LVS , Large blonde, Métropole et Dahra montrent les meilleurs résultats comparativement aux autres variétés.

Les légumineuses notamment la lentille, établissent des relations symbiotiques avec des bactéries appelées rhizobiums, capables de fixer l'azote atmosphérique grâce à un complexe enzymatique, la nitrogénase. Cette symbiose constitue un procédé précieux permettant d'introduire de l'azote combiné dans les sols, afin de les enrichir et améliorer leur fertilité, réduisant ainsi l'utilisation des engrais chimiques qui est l'un des objectifs de l'agriculture.

Soutenable Enfin, le développement de ces recherches agronomiques et le bon choix des variétés qui s'adaptent à la zone, pourrait contribuer à l'augmentation des surfaces cultivées et réduire la facture de l'importation des légumineuses. Nous souhaitons que cette entreprise se poursuive par d'autres études relatives à d'autres espèces de légumineuses.

### Perspectives

Cependant, nos conclusions laissent ouvrir d'autres perspectives de recherche en rapport avec la recherche d'autres régions en Algérie favorables à la croissance et le développement de cette culture afin d'augmenter sa production. A cet effet, et pour compléter ce travail, il est souhaitable de :

- Orienter les recherches pour une étude écologique et économique détaillée, qui permet de développer cette légumineuse dans différentes régions de l'Algérie.
- Etablir un programme de formation des acteurs basé sur la problématique des légumineuses dans les différentes zones de production.

## Conclusion générale

---

- Organiser des campagnes de sensibilisation et de vulgarisation pour informer tous les intervenants sur les programmes de développement en cours d'exécution dans leurs zones afin qu'ils puissent s'intégrer et en bénéficier.
- Développer de nouvelles variétés à haut rendement et adaptées aux différentes zones de production.
- La mise en place d'une banque de gènes spécifique aux légumineuses alimentaires.
- Mener des études pour identifier les rhizobiums présents dans le sol du site expérimental et leur efficacité à fixer l'azote atmosphérique.
- Il serait d'autant plus intéressant de travailler en collaboration avec les machinistes pour la mécanisation de la récolte si on veut appliquer ce système à grande échelle.

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

### A

1. **Abu-Irmaileh B.E., 2004.** Orobanche in food legumes in the Near East and North Africa. Eds., Dahan R., El Mourid M. Integrated management of orobanche in food legumes in the Near East and North Africa. Proceedings of the expert consultation on IPM for orobanche in food legumes systems in the Near East and North Africa, 7-9 April 2003, Rabat, Morocco. Icarda/Inra/Fao. International center for agricultural research in the dry areas (Icarda), pp 19-31.
2. **Afnor, 1984.** Qualité des sols méthodes d'analyses. AFNOR, Paris, 131p.
3. **Ait Yahia A., Ait Ouada M., 2002.** Identification des virus des légumineuses alimentaires : cas du pois chiche et de la lentille. Ennemis et parasites des légumineuses alimentaires. Séminaire national sur les légumineuses alimentaires, Hammam Bouhadjar du 10 au 12 mai 1998. Ministère de l'Agriculture, pp 191-200.
4. **Alkama N., 2010.** Adaptation de la symbiose rhizobienne chez le haricot à la déficience en phosphore: Détermination de la réponse de la plante en termes d'échange gazeux et de flux minéraux échangés avec la rhizosphère. Thèse doc. ENSA. El Harrach, Alger, 174p.
5. **Almi H., 2016.** Etude des myco-pathogènes de *Lens culinaris* et évaluation de l'effet de deux souches de *Trichoderma harzianum*: cas de la fusariose et de la cylindrosporiose. Thèse de doctorat, science en biotechnologie, biologie et environnement/option : bioprocédés et biotechnologies, application mycologique. Université des frères Mentouri. Faculté des sciences de la nature et de la vie. Département de microbiologie. 139p.
6. **Anonyme, 2015.** Statistiques Agricoles. Ed, Institut Technique des Grandes Culture (ITGC). 8p
7. **Anonyme, 2016.** Guide pratique pour le conseil agricole. Lentille, pois chiche, fève. [www.inra.org.ma](http://www.inra.org.ma). Edition INRA. 26p.
8. **Anonyme, 2017.** Statistiques Agricoles. Ed, FAO STAT. 12p.
9. **Anonyme, 2018.** Statistiques Agricoles. Ed, Ministère d'Agriculture et du Développement Rural (MADR).18p
10. **Anonyme, 2019.** Statistiques Agricoles. Ed. Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH), 7p.
11. **Asghar, M.J., Abbas, G., Shah, T.M. and Atta, B.M. 2010.** Study of genetic diversity in some local and exotic lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes. Pak. Journal Botany, 42(4): 2681-2690.

## Références bibliographiques

### B

12. **Bargaz A, Ghoulam C, Amenc L, Lazali M, Faghire M, Abadie 1 and J, Drevon JJ (2012)** Aphosphoenol pyruvate phosphatase transcript is induced in the root nodule cortex of *Phaseolus vulgaris* under conditions of phosphorus deficiency. *J. Exp Bot* 63(13): 4723-4730.
13. **Barrios A., Aparicio T., Rodriguez M.J., Préz de la Vega M., Caminero C., 2016.** Winter sowing of adapted lines as a potential yield increase strategy in lentil (*Lens culinaris* Medik). *Spanish Journal of Agricultural Research*. June 2016. Volume 14. Issue 2. 7p.
14. **Bejiga, G., 2006.** *Lens culinaris* Medik. In: Brink, M. & Belay, G. (Editors). *Prota (Plant Resources of Tropical Africa/Recursos végétales de l'Afrique tropicale)*, Wageningen, Netherlands. Consultation le 8 juillet 2016.
15. **Bernal L., Coello P., Martinez-Barajas E., 2005.** Possible role of R1 protein on starch accumulation in bean seedling (*Phaseolus vulgaris* L.) under phosphate deficiency. *Plant Physiol* 162, 970-976.
16. **Bonte J.B., 2010.** La rotation des cultures dans les systèmes céréaliers biologiques : peut-on combiner performances économiques, agronomiques et environnementales ? Première approche d'analyse multicritère. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de diplôme d'ingénieur. Spécialisation agriculture, filières et territoires, Institut supérieure d'agriculture. Arvalis-Institut du végétal. 60p.
17. **Boudiar R., 2013.** Etude comparative des effets de travail du sol conventionnel et le semis direct sur l'évolution du sol en région semi-aride. Thèse de magister. Département des sciences agronomiques, option : production végétale et agriculture de conservation. Université Ferhat Abbas de Sétif. Faculté des sciences de la nature et de la vie. 94p.
18. **Bouhaouchine L., Mebtouche K., Ait-Abdallah F., 1999.** Les contraintes de production des légumineuses alimentaires au niveau de l'exploitation. Les légumineuses alimentaires en Algérie : situation actuelle et perspectives. Chapitre 2. Itgc/Rémafève/Gtz. Direction des productions agricoles. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, pp85-96.
19. **Bousalhih B., Lazali M., Aoun O., Boughanem W., 2019.** Conduite de la culture de la lentille dans les conditions de Boumadfaa. Conférence sur le développement des légumineuses alimentaires dans la Wilaya de Ain Defla.

## Références bibliographiques

---

- 20. Bouznad Z., Maatougui M.E.H., Labdi M., 1996.** Importance et distribution géographique des maladies fongiques des légumineuses alimentaires en Algérie. Proceedings du symposium régional sur les maladies des céréales et de légumineuses alimentaires. Eds., Ezzahiri et al. Rabat. Maroc. 11-14 novembre. Projet maghrébin Pnud/Rab/91/007, pp13-19.
- 21. Bouznad Z., Maatougui M.E.H., Aouali S., Ait Abdellah F., Zermane N., Hamadache A., 2004.** Orobanche in Algeria : distribution, importance and control measures. Eds., Dahan R., El Mourid M. integrated management of orobanche in food legumes in the Near East and North Africa. Proceeding of the expert consultation on IPM for orobanche in food legumes systems in The Near East and North Africa, 7-9 april 2003, Rabat, Morocco. Icarda/Inra/Fao. International center for agricultural research in the dry areas (Icarda), pp 76-83.
- 22. Brink M, Belay G., 2006.** Céréales et légumes secs, ressources végétales de l'Afrique tropicale. Fondation Prota, wageningen, Pays-Bas.

### C

- 23. Cammarata M., 1997.** Production de semences des légumineuses alimentaires. Lentille (*Lens culinaris* Medik). Cours sur la production de semences. Florence 27-28 mars 1997. Projet de recherche appliquée : blé dur et lentille dans la région de Tiaret. Coopération algéro-italienne. Itgc/Iao. 6p.
- 24. Choudhury, R.U., Malek, M.A., Sultana, M., Sultana, M. And Ahmet, B. 2014.** Characterization of Lentil. Bangladesh Research Publications Journal, 10(1): 39-44.
- 25. Çokkızgın, A., Çölkesen, M., Kayhan, K., ve Aygan, M. 2005.** Kahramanmara ko ullarında de i ikki lık mercimek (*Lens culinaris* Medik.) çe itlerinde verim ve verim özellikleri üzerine bir ara tırma. Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(2): 285-290
- 26. Cokkizgin A., Shtaya M.J.Y., 2013.** Lentil: origin, cultivation techniques. Utilization and advances in transformation. Agricultural Science, volume 1, issue 1 (2013), 55-62. ISSN 2291-4471. E-ISSN 2291-448X. Published by Science and Education Center of North America.

## Références bibliographiques

### D

27. **Dahel-Mekhancha C.C., 2016.** Intérêts nutritionnels des légumineuses et leurs place dans l'alimentation des algéries. Communication lors du forum régional pour le développement des légumineuses alimentaires. Année internationale des légumineuses alimentaires. Mostaganem-28 au 30 novembre 2016.
28. **Djennadi-Ait-Abdellah F., Caou L., Benlakhhal Z., 2015.** Guide des mauvaises herbes de la région de Sétif. Projet d'adaptation de l'agriculture de conservation en vue d'une adoption rapide par les petits agriculteurs en Afrique du Nord (Cana). Itgc/Icarda/Aciar/Rs. Institut technique des grandes cultures. 143p.
29. **Dommergues Y, Duhoux E, Diem H, 1999 :** Les arbres fixateurs de l'azote, ed, CRAD, édition espace34, FAO, IRD, P 499.
30. **Drevon J.J., Ounane M.S., 2009.** Coopération sur le thème : Efficacité d'utilisation du phosphore et fixation symbiorhizobienne d'azote dans la culture du haricot. Rapport de mission. Relation 5nternational. INRA, Paris, 6p.
31. **Dreyfus, B., 1997.** *Sesbania rostrata* et *Medicago arborea* : des légumineuses fixatrices d'azote. IRD.
32. **Duchaufour, P. H., 1977.** Pédologie. Tome 1. Pédogenèse et classification des sols. Edition Masson, Paris. 477p.

### E

33. **Elmerich, C., (2004)**-Fixation de l'azote et interactions bactéries-plantes.
34. **Erskine, W., Adham, Y. and Holly, L. 1989.** Geographical Distribution of variation in quantitative traits in a world lentil collection Euphytica. 43(1-2):97-103. 13 Ref.
35. **Erskine W., Muehlbauer F.J., Short R.W., 1990.** Growth and development stages of the lentil plant. Descriptors adapted from the paper by stages of development in lentil. Exp. Agric. 26:297-302.

### F

36. **FAO, 2016.** Soils and pulses symbiosis for life. 2016, Année internationale des légumineuses. Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. 104 p.

## Références bibliographiques

---

37. **Feller C., (1995).** La matière organique du sol : un indicateur de la fertilité. Application aux Zones sahéliennes et soudaniennes. *Agriculture et développement*. **8**,35-41

### G

38. **Gagnard J., Huget C., et Roser J. P., 1988.** L'analyse du sol et du végétal dans la conduite de la fertilisation. *Le control de la qualité des fruits. OrganisationInternationale de Lutte Biologique et Intégrée*.83p.
39. **Grignac P., 1984.** Amélioration des plantes. Chaire de pyrotechnie. Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier (ENSA). 70 p.
40. **Gupta, R., Begum, S.N., Islam, M.M. and Alam, M.S. 2012.**Characterization of lentil (*Lens culinaris M.*) germplasm through phenotypic marker.*J. Bangladesh Agril. Uni.* 10(2): 197-204.

### H

41. **Halila M.H., Beniwal S.P.S., 1994.** Report of seven current discussion groups based on geography: Africa. Expanding the production and use of cool season food legumes.A global perspective of persistent constraints and of opportunities and strategies for further increasing the productivity and use of pea, lentil, faba bean, chickpea and grasspea in different farming systems.Proceeding of the second international food legumes research conference on pea, lentil, faba bean, chickpea and grasspea.Cairo, Egypt., 12-16 avril 1992. Edts.Muehlbauer F.J., Kaiser W.J., pp 951-955.
42. **Hamadache A., 2014.**Légumineuses alimentaires (pois chiche-fève-lentille). Grandes cultures : principaux itinéraires techniques des principales espèces de grandes cultures cultivées en Algérie et en Afrique du Nord (agricultures conventionnelles). Tome 2.Eléments de phytotechnie générale, pp 103-131.
43. **Hariri, G., 1981.**Insects and others pests.Lentils.Edts. Webb C., and Hawtin G. The international center for agricultural research in the dry areas. Cab/ICARDA, pp 173-190.
44. **Huignard J., Glitho I.A., Monge J.P., Regnault- Roger C., 2011.**Insectes ravageurs des grains de légumineuses: biologie des bruchinae et lute raisonnée en Afrique. Chapitre 4. L'infestation des champs puis des stocks de graines par les coléoptères bruchinae. Update Science & technologies. Edition Quae, pp 33-64.

## Références bibliographiques

### I

45. **IBPGR, ICARDA, 1985.**Lentil descriptors. International board for plant genetic resources and international center for agricultural research in the dry areas.15p.
46. **IRAD, 2013.** Contribution de la recherche à l'amélioration de la production et la consommation des légumineuses alimentaires au Cameroun. C2D/programme d'appui à la recherche agronomique. Projet 6 : légumineuses. Institut de la recherche agricole pour le développement. Ministère de la recherche scientifique et de l'Innovation. République de Cameroun. 57p.

### K

47. **Karadavut, U., Kavurmaci, Z, 2013.**Phenotypic and genotypic correlation for some characters in lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Research Journal of Agriculture and Environmental Management*, 2(1): 365-370.
48. **Kayan, N. 2008.** Variation for yield components in two winter sown lentil cultivars (*Lens culinaris* Medic.). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 14(5): 460-465.
49. **Khare M.N., 1981.**Diseases of lentils.Lentils.Chapter 4.Edts.Webb C., and Hawtin G.C. Cabi.The international center for agricultural research in the dry areas (Icarda).Pp0163-172.

### L

50. **Lambert C., 1975.** Influence de l'ATP sur le pH intralutoidique et sur la pénétration du citrate dans les lutoides du latex d'*Hevea Brasiliensis*. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Academie des Sciences. Serie D*.
51. **Laumont P., Chevassus A., 1960.** Notes sur l'amélioration de la lentille en Algérie. *Annales de l'école nationale d'agriculture d'Alger*. Tome 2. Fasc.3. juin 1960.35p.
52. **Lazali.M, Blavet.D, Pernot.C, Desclaux.D, and Drevon.J.J.,2016.** Efficiency of Phosphorus Use for Dinitrogen Fixation Varies between Common Bean Genotypes under Phosphorus Limitation,*agronomy journal* . Volume 109, issue 1 .2017.

### M

53. **Materne M., Siddique K.H.M., 2009.**Agro ecology and adaptation. In the lentil: Botany, production and uses. Chapter 5.Eds Erskine W, Muehlbauer F., Sarker A., Sharma B.First edition.Cabi 2009-Publishing, London, UX, pp 47-58.

## Références bibliographiques

---

54. **Mekonnen, F., Mekbib, F., Kumar, S., Ahmed, S. and Sharma, T.R. 2014.** Phenotypic variability and characteristics of lentil (*Lens culinaris* Medik.) germplasm of Ethiopia by multivariate analysis. *Journal of agricultural and Crop Research*, 2(6): 104-116.
55. **MellahChergui Z., BenchikhLehocineRedjimi M., Hermez F., MezianiBenabderrahmane S., Fillahi R., Khedtam M., 2016.** Utilisation des semences certifiées de Légumineuses alimentaires et fourragères en Algérie: situation actuelle et perspectives de développement. Actes du forum régional pour le développement des légumineuses alimentaires, du 28 au 30 novembre 2016. Année internationale des légumineuses (AIL 2016). Ministère de l'Agriculture, du Développement rural et de la pêche (Madrp)/Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (Fao)/université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem. (encours d'impression). 176 p.
56. **Moulin, L., Munive, A., Dreyfus, B., Boivin-Masson, C., (2001)**-Nodulation of legumes by members of the beta-subclass of proteobacteria. *Nature* 411, 948-950.
57. **Mortiza A., Rouhollah A., Adel –Dabbagh M., Jalil S., Ahmad A., Javad E, 2013.** Yield and yield components of lentil (*Lens culinaris* Medick.) affected by drought stress and mulch. 1, Dept. of Plant Eco-physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, 5166616471. Iran. 2, Dept. of Soil Microbiology, Soil and Water Research Institute of Karaj, 31785-311. Iran. 3, Dept. of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, 5166616471. Iran. *Intl J Agri Crop Sci.* Vol., 5 (11), 1228-1231
58. **Muehlbauer F.J., 2011.** *Lens sanain corpora sano.* The amazing lentil. Grain legumes. The magazine of the European association for grain legumes research. AEP. *Grain legumes* n° 57- July 2011, pp 4.

### O

59. **Oram P., Belaid A., 1990.** Legumes in farming systems. A joint Icarda/Ifpri report. International center for agricultural research in dry areas. 206p.

### P

60. **Patriarca EJ, Tatér, Ferraili S et Iaccarino M., 2004.** Organogenesis of legume root nodules. *Int Rev Cytol.* 234:201-262.

## Références bibliographiques

---

61. **Pavek, P.L.S., McGee R., 2016.** Plant Guide for lentil (*lens culinaris* Medik). Usda-Natural Resources Conservation Service, Pullman Plant Materials Center. Pullman, WA. Published January 2016.

### R

62. **Rasanen, L., 2002.** Biotic and abiotic factors influencing the development of N<sub>2</sub>-fixing symbioses between rhizobia and the woody legumes *Acacia* and *Prosopis*. Thèse de doctorat de l'université de Helsinki. Finlande.

### S

63. **Saleem A., Zahid M.A., Javed H.I., Ansar M., 2012.** Effect of seeding rate on lentil (*Lens culinaris* Medik). Seed yield under rainfed conditions. Pakistan J. Agric. Res. Vol. 25, 3, pp 181-185.
64. **Sarker A., Kumar S., 2011.** Lentils in production and food systems in West Asia and Africa. *Lens sana in corpora san.* The amazing lentil. Grain legumes. The magazine of the European association for grain legumes research. AEP. *Grain legumes* n° 57-July 2011, pp 45-47.
65. **Saxena M.C., 2009.** Plant morphology. Anatomy and growth patterns. In *Lentils*. Chapter 4. Edts. Webb C. and Hawtin G.C. Cabi. The international center for agricultural research in the dry areas (Icarda), pp 39-52.
66. **Saxena M.C., Hawtin G.C., 1981.** Morphology and growth patterns. In *lentils*. Chapter 4. Edts. Webb C. and Hawtin G.C. Cabi. The international center for agricultural research in dry areas (Icarda), pp 39-52.
67. **Schneider A., Huyghe C., Maleplate T., Labalette F., Peyonnet C., Carrouée B., 2015.** Les légumineuses pour ses Systems agricoles et alimentaires durables. Rôle des légumineuses dans l'agriculture française. Chapitre 1. Coordinateurs Schneider A., Huyghe C. Edition Quae, PP 11-77.
68. **Schwartz H.F., Langham M.A.C., 2016.** Growth stage of lentil (*Lens culinaris* L.). LegumesimPIPE. Diagnostic Pocket series. On-line. Consulté le 15 septembre 2016.
69. **Sebihi, F.Z, et Benguedouar. A., 2008.** Les Bactéries nodulant les Légumineuses (BNL) : caractérisation des bactéries associées aux nodules da légumineuse fourragère *Hedysarum perrauderianum*. Thèse de Magister. Université de Constantine. Algérie.

## Références bibliographiques

---

- 70. Sharar MS, Ayub M, MA Nadeem, Noori SA (2001)** Effet de différents espacements de rangs et densités d'ensemencement sur la croissance et le rendement en gramme (*Cicerarietinum* L.). Département d'agronomie, Université d'agriculture, Faisalabad, Pakistan. 38 (3-4): 51-53.
- 71. Sharma B., 2011.** *Lens sanaincorporasano*. Genes for traits of economic importance in lentil. Grain legumes. The magazine of the European association for grain legumes research. AEP. Grain legumes n° 57-July 2011, pp 15-17.
- 72. Sharma, V., Singh, V., Deepak, Ahamed, A., Meena, B.L. and Paswan S.K. 2014.** Genetic divergence analysis in lentil (*Lens culinaris* Medik.) Germplasm. Agricultural Science Research Journal 4(3): 59-62.
- 73. Singh ON, Sharma M, Dash R, 2003.** Effet du débit de semences, de l'application de phosphore et de FYM sur la croissance et le rendement en lentille à graine épaisse. Indian J. pulses Res. 16 (2): 116-128.
- 74. Stacey G, Libault M, Brechenmacher L, Wan J et May GD., 2006.** Genetic and functional genomic of legume nodulation. *Curr Opin Plant Biol.* 9:110-121
- 75. Summerfield R.J., 1981.** Adaptation to environments. In lentils. Chapter 7. Edts. Webb C. and Hawtin G.C. Cabi. The international center for agricultural research in the dry areas (Icarda), pp 91-110.

### V

- 76. Van Gastel A.J.G., 1994.** Legume seed technology. Formal and informal seed programs. Proceedings of train-the-trainer course on legume seed production. Eds. Syed Irfan Ahmad. 5-14 april 1994 - Sahiwal – Pakistan. Fscd/Icarda, pp 18-25.

### W

- 77. Wothorne-Materne, W., Davidson, M., Lindbeck, J. McMurray, K. and Brand L.J. 2011.** Lentil disease management strategy. Southern Pulse Bulletin, Pulse Australia, 8 pages.

### Z

- 78. Zaghouane O., 1995.** Lentil production in Algeria. Processing of the workshop on "Towards improved winter-sown lentil production for the West Asia and North African

## Références bibliographiques

---

highlands” 12-13 December, 1994, Antalya, Turkey. Eds Keating J.D.H., and Kusmenoglu I. Center research institute for field crops.

79. **Zaghouane O., 1997.** La situation actuelle et les perspectives de développement des légumineuses alimentaires en Algérie. Céréaliculture, 30. Institut technique des grandes cultures- Ministère de l’Agriculture, pp61-67.
80. **Zaghouane O., 2016.** La production semencière: un intrant stratégique pour l’amélioration de la productivité, de la qualité et de la sécurité alimentaire. Communication lors du forum régional pour le développement des légumineuses alimentaires. Années internationale des légumineuses alimentaires. Mostaganem, du 28 au 30 novembre 2016.
81. **Zaghouane O., Yousfi M., Boufenar-Zaghouane F, 2018.** La lentille : un atout stratégique pour la sécurité alimentaire et le développement durable. Ed. ITGC., EU-IFAD-ICARDA., Alger., 175p
82. **www.semencesdefrance.com**

### Annexe1 :

<b>Analyse granulométrique méthode à la pipette de Robinson</b>
---

### Mode opératoire :

#### 1. Destruction de la matière organique

- Pesez 20g du sol tamisé à 2mm, dans un bécher,
- Destruction de la matière organique : verser dans le même bécher 50 ml d'eau oxygénée (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), en laissant agir toute une nuit. Ajouter encore 20 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> tout en chauffant Jusqu'à la disparition de la mousse.
- Dispersion des éléments argileux dans l'eau distillée favorisée par adjonction d'un agent Dispersant : Ajouter 25 ml d'Hexametaphosphate de sodium.
- Agitation mécanique : transverse le tout de chaque bécher dans un flacon d'agitation. L'agitation doit être maintenue 2 heures avec une vitesse de 30 a 50 tours /mn.

#### 2. Prélèvement « Argiles + Limons fins »

- Nous mesurons la température de la solution et nous déterminants le temps de chute pour 10cm de profondeur pour les particules de diamètre inférieur à 0.05mm.
- Nous agitions de nouveau l'éprouvette par retournement a la main en bouchant son Extrémité pour homogénéiser la suspension, nous posons l'éprouvette et déclenchons-le Chronomètre. (4 min 48s pour une température de 20°C).
- Nous faisons descendre la pipette délicatement dans la suspension jusqu'a 10cm de Profondeur.
- Nous aspirons et recueillons le liquide dans une capsule tarée.
- Nous portons à l'étuve à 105°C environ 24 heures.

##### 2.1. Prélèvent des Argiles

Nous procédons de la même manière que le prélèvement précédent de chute sera Encore plus long : 6 heures à 20°C.

##### 2.2. Détermination des Sables Fins et grossiers

- Nous versons le contenu de l'éprouvette sur deux tamis superposes, le premier a 0.2mm Et le second de 0.05mm ; les sables retenus sur le tamis 0.2mm sont les sables grossiers, et

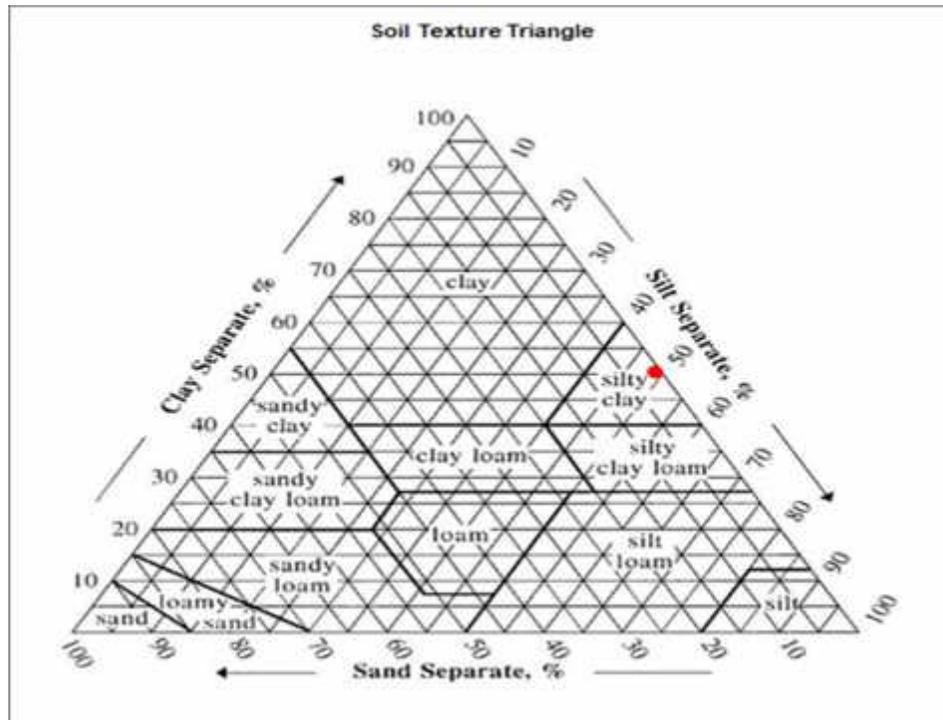
## Annexes

Les sables fins sur le tamis de 0.05mm.

- Nous l'avons par jets de pissette ses sables et les recueillir dans creuset.
- Nous mettons dans l'étuve à 105°C pendant 24heures.

### Le triangle de texture

Permet de classer les sols d'après leur composition granulométrique.



## Annexes 2

### Echelle de pH des sols selon (Fllore, 1995)

#### Norme d'interprétation de la réaction du sol (pH)

Valeur pH	Qualification
< à 4.5	Extrêmement acide
4.5 – 5.2	Très acide
5.3 – 5.5	Acide
5.6 – 6.0	Modérément acide

## Annexes

6.1 – 6.6	Légèrement acide
6.7 – 7.2	Neutre
7.3 – 7.9	Légèrement alcalin
8.0 – 8.5	Alcalin
>8.6	Très alcalin

### Annexes 3

#### Classification du degré de salinité (Feller, 1995)

<b>Conductivités électrique (<math>\mu\text{s}/\text{cm}</math>) Type de sol</b>	250	250 – 500	500 - 1000	1000 - 2000	> 2000
<b>Degré de salinité</b>	Non salin	Légèrement salin	salin	Très salin	Extrêmement salin

### Annexe 4

#### Dosage de la Matière Organique (méthode ANNE)

##### Pour l'échantillon

Dans un bécher mettre : 1 gramme de sol (0,2 mm) + 10 ml de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  + 20 ml  
D'acide sulfurique concentré. Mélanger et reposer 30 minutes.

##### Pour le témoin

Dans un bécher, on met 10 ml de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  + 20 ml d'acide sulfurique concentré,  
Laisser reposer 30 minutes.

Mettre chaque préparation dans des fioles de 250 ml et compléter avec l'eau distillée.  
Prélever 20 ml de chacun + 1 ml de  $\text{H}_3\text{PO}_4$  + 3 gouttes de Diphénylamine et laisser  
Agiter pendant 5 minutes dans un agitateur rotatif.

##### Titration

On titre avec sel de Mohr à 0,25 N.

## Annexes

Titrer jusqu'à ce qu'il y ait virage du bleu foncé vers le vert, prendre le volume descendu sur la burette pour le témoin et aussi pour l'échantillon.

$$\% C = (V \text{ témoin} - V \text{ échantillon}) \times 0,615 / P$$

P : poids du sol égale 1 gramme.

$$\% MO = \% C \times 1,72$$

Pour la préparation du sel de Mohr : 98,1 gramme de  $FeSO_4$  + eau distillée dans un Erlen de 500 ml (en début, on met 98 ; 1 gramme de  $FeSO_4$  + 400 ml de l'eau distillée + 20 ml d'acide sulfurique, on met dans un agitateur jusqu'à ce qu'il soit dissout total. Puis on complète avec l'eau distillée jusqu'à 500 ml.

### Normes d'interprétation de la matière organique

Teneur en MO%	Interprétation	
MO < 1,4	Sol très pauvre en matière organique	
1,4 MO < 2	Sol pauvre en matière organique	
2 MO < 3	2 MO < 3	Sol bien pourvu en matière organique
	22 % < Argile < 30%	Moyennement pourvu en matière organique
	Argile > 30 %	Sol pourvu en matière organique
3 MO < 4	Sol bien pourvu en matière organique	
MO > 4	Teneur élevée en matière organique	

### Annexe 5

#### Dosage du calcaire total

Déposer 1g de sol sèche à l'air, dans un flacon puis remplir l'appendice latérale du flacon avec 5 ml de HCl 0,5N, après avoir lié le flacon au Calcimètre de Bernard amener au

## Annexes

---

Zéro les niveaux de l'eau dans la colonne et dans l'ampoule, verser l'acide sur l'échantillon, ensuite à l'aide de l'ampoule, rétablir le niveau et lire le volume de CO<sub>2</sub> Dégagé (en cm<sup>3</sup>), une fois le dégagement du CO<sub>2</sub> termine, baisser l'ampoule du Calcimètre Jusqu'à ce que le niveau de cette dernière soit dans un même plan horizontal que celui dans La colonne, enfin déposer 1g de CaCO<sub>3</sub> pur pour l'étalonnage de l'appareil tel qu'il Provoque un dégagement gazeux. On détermine ainsi le taux de calcaire selon les normes Proposées par **(Baize, 1988)**.

### Dosage de calcaire actif (DROVINEAN)

On prend 2 gramme de sol (0.2 mm) + 250 ml d'Oxalate d'NH<sub>4</sub>, laissé agiter 2 heures dans un agitateur mécanique. Après l'agitation faire la filtration.

Prélever 20 ml de la solution et verser dans un Bécher de 400 ml, ajouté ensuite 100 ml d'eau distillée + 5 ml d'acide sulfurique concentré. Chauffer à 60 – 70 C°.

Pour le témoin : 20 ml d'Oxalate d'NH<sub>4</sub> + 100 ml d'eau distillée + 5ml d'acide sulfurique.

Titrer les deux solutions par permanganate (0.2N). Lorsqu'il y a virage vers le rose. On note le volume pour le témoin que ce de l'échantillon.

La différence entre les deux titrages (échantillon et témoin) correspond à la quantité du carbone réagi avec l'Oxalate (V-V).

**V** : Volume de permanganate descend lu sur la Burette qui correspond au Témoin

**V** : Volume de permanganate descend lu sur la Burette qui correspond à l'échantillon

### Norme d'appréciation du calcaire total du sol

CaCO <sub>3</sub> %	Qualification du sol
< 1 %	Non calcaire
1 à 5%	Peu calcaire
5 à 25%	Modérément calcaire
25 à 50 %	Fortement calcaire

## Annexes

50 à 80 %	Très Fortement calcaire
>80%	Excessivement calcaire

### Annexe 6

#### Dosage de l'Azote total (Kjedahl, 1882)

##### 1. Minéralisation

1 gramme de sol (0,2 mm) + 20 ml d'eau distillée : reposer 30 minutes (la préparation se fait dans un bécher).

Renverser ce contenu dans un Matra + 20 ml d'acide sulfurique + catalyseur (10 Gramme de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + gramme de CuSO<sub>4</sub>).

Dans le deuxième Matra qui est considéré comme témoin, on met 20 ml d'acide Sulfurique + catalyseur passer le tous au minéralisateur pendant 2 heures. Porter les deux Matras a la rampe d'attaque (régler la température à 6°C Pendant deux minutes puis à une Température de 10°C Pendant deux heures.

Mettre le contenue des deux Matras, chacun dans une fiole de 250 ml (rincer bien le fond des Matras, ajuster avec l'eau distillée jusqu'au 250 ml de la fiole.

##### 2. Distillation

On Prend 20 ml de l'échantillon de la fiole de 250 ml + 20 ml de NaOH, on la mettre Dans le Matra du distillateur. Dans l'autre cote on met dans un Becher de 10 ml de l'acide Borique (même chose pour le témoin : 20 ml de la fiole de 250 ml de témoin +20 ml de NaOH, dans l'autre côté on met dans un Becher on met 10 ml de l'acide borique).

On le Place le Matra et le Bécher dans le distillateur. On fait fonctionner l'appareil jusqu'au ce que le contenu du Becher arrive a 50 ml.

##### 3. Titration

Par pH mètre. On tout d'abord le pH de l'acide Borique, on titre avec l'acide Sulfurique (0,05N) qui est renversé dans la burette de Titration. On titre avec agitation rotative jusqu'au la solution arrive au pH de l'acide Borique.

$$\% N = V/V \times (T-B) \times N \times 1,4/S$$

Application numérique

$$= 250/20 \times (T-B) \times 0,05 \times 1,4/1 = (T-B) \times 0,875$$

V : volume de la fiole jugée égale 250 ml

## Annexes

**V** : volume prélevé de la fiole égale 20 ml

**S** : poids du sol égale 1gramme

**N** : Normalité de l'acide sulfurique égale 0,05 N lu titrage pour l'échantillon.

**T** : Volume de l'acide sulfurique lu sur la burette lors du titrage pour l'échantillon.

**B** : Volume de l'acide sulfurique lu sur la burette lors du titrage pour le témoin.

$$\% N = (T-B) \times 0,875$$

### Interprétation des résultats du dosage de l'azote total selon Kjeldahl, 1882

<b>La teneur en azote total (%)</b>	0,5 à 1	1 à 1,5	1,5 à 2,5	2,5
<b>interprétation</b>	Trop faible	Satisfaisant	Un peu fort	Trop fort

### Annexe 7

#### Dosage du phosphore assimilable (Olsen)

### Normed'interprétation du phosphoreassimilable

Phosphore assimilable (Olsen) en ppm	Qualification
0 – 5	Très basse
5 – 10	Basse
10 – 22	Moyen
> 22	Elevé

### Annexe 8

### Modélisation de la variable nombre de plant/m<sup>2</sup>

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	32913,24	32	1028,539				
VAR.FACTEUR 1	20653,74	10	2065,374	3,792	0,0055		
VAR.BLOCS	1366,377	2	683,189	1,254	0,30704		
VAR.RESIDUELLE 1	10893,12	20	544,656			23,338	16,79%

### Test de Newman-Keuls au seuil de signification de 5%

LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
Dahra	174,667	A

## Annexes

Idleb 3	171,833	A	
Syrie 229	167	A	B
Idleb roux	155,667	A	B
IblaTiaret	145,333	A	B
Métropole	139,167	A	B
Large blonde	129,333	A	B
Balkan	124,167	A	B
LVS	114,5	A	B
IblaGuelma	105,833		B
Djendel	101,333		B

### Annexe 9

#### Modélisation de la variable Nombre des ramifications I de la plante

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	9,501	32	0,297				
VAR.FACTEUR 1	3,946	10	0,395	1,433	0,23614		
VAR.BLOCS	0,047	2	0,024	0,086	0,91779		
VAR.RESIDUELLE 1	5,508	20	0,275			0,525	17,09%

### Annexe 10

#### Modélisation de la variable Nombre des ramifications II de la plante

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	169,805	32	5,306				
VAR.FACTEUR 1	31,434	10	3,143	0,597	0,79821		
VAR.BLOCS	33,138	2	16,569	3,149	0,06353		
VAR.RESIDUELLE 1	105,233	20	5,262			2,294	28,07%

### Annexe 11

#### Modélisation de la variable nombre de fleur par plant

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	4275,516	32	133,61				
VAR.FACTEUR 1	3007,516	10	300,752	5,944	0,00039		
VAR.BLOCS	256,061	2	128,031	2,53	0,10318		
VAR.RESIDUELLE 1	1011,939	20	50,597			7,113	13,74%

## Annexes

### Test de Newman-Keuls au seuil de signification de 5%

<b>LIBELLES</b>	<b>MOYENNES</b>	<b>GROUPES HOMOGENES</b>		
LVS	71	A		
Idleb roux	64,333	A	B	
Dahra	61,667	A	B	C
Djendel	56	A	B	C
Large blonde	49		B	C
Métropole	49		B	C
Balkan	47,667		B	C
IblaTiaret	43,667			C
IblaGuelma	42,667			C
Idleb 3	42,667			C
Syrie 229	42			C

### Annexe 12

### Modélisation de la variable nombre de gousses/ plant

	<b>S.C.E</b>	<b>DDL</b>	<b>C.M.</b>	<b>TEST F</b>	<b>PROBA</b>	<b>E.T.</b>	<b>C.V.</b>
VAR.TOTALE	4264,443	32	133,264				
VAR.FACTEUR 1	3120,668	10	312,067	6,184	0,0003		
VAR.BLOCS	134,548	2	67,274	1,333	0,28597		
VAR.RESIDUELLE 1	1009,227	20	50,461			7,104	19,38%

### Test de Newman-Keuls au seuil de signification de 5%

<b>LIBELLES</b>	<b>MOYENNES</b>	<b>GROUPES HOMOGENES</b>		
LVS	56	A		
Dahra	49,767	A		
Idleb roux	48,333	A	B	
Djendel	40	A	B	C
Large blonde	33,011		B	C
Balkan	31,667		B	C
Métropole	31,333		B	C
IblaGuelma	28,667			C
IblaTiaret	28,333			C
Syrie 229	28,167			C
Idleb 3	28			C

## Annexes

### Annexe 13

#### Modélisation de la variable nombre de grains/gousse

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	2,279	32	0,071				
VAR.FACTEUR 1	0,545	10	0,055	0,721	0,69688		
VAR.BLOCS	0,221	2	0,11	1,458	0,25571		
VAR.RESIDUELLE 1	1,513	20	0,076			0,275	19,56%

### Annexe 14

#### Modélisation de la variable grains/plant

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	9991,295	32	312,228				
VAR.FACTEUR 1	7761,147	10	776,115	7,032	0,00013		
VAR.BLOCS	22,675	2	11,337	0,103	0,90246		
VAR.RESIDUELLE 1	2207,473	20	110,374			10,506	20,64%

#### Test de Newman-Keuls au seuil de signification de 5%

LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
LVS	88,933	A		
Dahra	69,52		B	
Idleb roux	56,667		B	C
Djendel	55,667		B	C
Métropole	45,933		B	C
Idleb 3	43,8		B	C
IblaTiaret	42,733		B	C
Large blonde	42,62		B	C
Balkan	42,333		B	C
IblaGuelma	36,067			C
Syrie 229	35,6			C

## Annexes

---

### Annexe 15

#### Modélisation de la variable PCG

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	42,741	32	1,336				
VAR.FACTEUR 1	37,021	10	3,702	16,169	0		
VAR.BLOCS	1,141	2	0,57	2,491	0,10648		
VAR.RESIDUELLE 1	4,579	20	0,229			0,479	9,54%

#### Test de Newman-Keuls au seuil de signification de 5%

LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
IblaTiaret	6,66	A			
LVS	6,507	A			
Syrie 229	6,043	A			
Métropole	5,703	A	B		
Idleb roux	4,967		B		
Balkan	4,783		B		
IblaGuelma	4,69		B		
Large blonde	4,513		B	C	
Idleb 3	4,487		B	C	
Dahra	3,56			C	D
Djendel	3,263				D

### Annexe 16

#### Modélisation de la variable rendement réel en gramme par m<sup>2</sup>

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	145264,5	32	4539,517				
VAR.FACTEUR 1	64784,35	10	6478,435	2,451	0,04219		
VAR.BLOCS	27606,29	2	13803,14	5,221	0,01484		
VAR.RESIDUELLE 1	52873,89	20	2643,695			51,417	19,15%

## Annexes

### Test de Newman-Keuls au seuil de signification de 5%

<b>LIBELLES</b>	<b>MOYENNES</b>	<b>GROUPES HOMOGENES</b>	
Large blonde	352,923	A	
IblaTiaret	299,84	A	B
Djendel	296,507	A	B
Métropole	287,84	A	B
IblaGuelma	281,75	A	B
Balkan	271,757	A	B
Syrie 229	268,193	A	B
LVS	255,68	A	B
Idleb 3	255,273	A	B
Idleb roux	194,01		B
Dahra	189,427		B

### Annexe 17

#### Modélisation de la variable hauteur de la plante

	<b>S.C.E</b>	<b>DDL</b>	<b>C.M.</b>	<b>TEST F</b>	<b>PROBA</b>	<b>E.T.</b>	<b>C.V.</b>
VAR.TOTALE	246,889	32	7,715				
VAR.FACTEUR 1	179,186	10	17,919	5,574	0,00059		
VAR.BLOCS	3,414	2	1,707	0,531	0,60105		
VAR.RESIDUELLE 1	64,289	20	3,214			1,793	6,11%

### Test de Newman-Keuls au seuil de signification de 5%

<b>LIBELLES</b>	<b>MOYENNES</b>	<b>GROUPES HOMOGENES</b>		
Ibla Tiaret	32,778	A		
Balkan	32,444	A		
Idleb 3	31,667	A	B	
Ibla Guelma	30,667	A	B	
Large blonde	30,111	A	B	C
Idleb roux	29,333	A	B	C
Métropole	28,556	A	B	C
Djendel	28	A	B	C
Syrie 229	27		B	C
LVS	26,778		B	C
Dahra	25,333			C

## Annexes

### Annexe 18

#### Modélisation de la variable biomasse sèche aérienne

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	98,83	32	3,088				
VAR.FACTEUR 1	33,888	10	3,389	1,085	0,4177		
VAR.BLOCS	2,461	2	1,23	0,394	0,68424		
VAR.RESIDUELLE 1	62,481	20	3,124			1,768	28,79%

### Annexe 19

#### Modélisation de la variable biomasse sèche racinaire

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,624	32	0,019				
VAR.FACTEUR 1	0,164	10	0,016	0,79	0,6396		
VAR.BLOCS	0,044	2	0,022	1,07	0,36335		
VAR.RESIDUELLE 1	0,415	20	0,021			0,144	58,70%

### Annexe 20

#### Modélisation de la variable longueur des racines

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	36,116	32	1,129				
VAR.FACTEUR 1	13,672	10	1,367	1,261	0,31452		
VAR.BLOCS	0,763	2	0,381	0,352	0,71201		
VAR.RESIDUELLE 1	21,682	20	1,084			1,041	13,42%

### Annexe 21

#### Modélisation de la variable nombre de nodules

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1134,101	32	35,441				
VAR.FACTEUR 1	574,841	10	57,484	2,061	0,08079		
VAR.BLOCS	1,475	2	0,737	0,026	0,97449		
VAR.RESIDUELLE 1	557,785	20	27,889			5,281	38,81%

## Annexes

---

### Annexe 22

#### Modélisation de la variable biomasse sèche nodulaire

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,002	32	0				
VAR.FACTEUR 1	0,002	10	0	27,965	0		
VAR.BLOCS	0	2	0	0,465	0,63973		
VAR.RESIDUELLE 1	0	20	0			0,002	25,01%

#### Test de Newman-Keuls au seuil de signification de 5%

LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
Djendel	0,026	A		
Syrie 229	0,023	A		
Idleb roux	0,01		B	
Idleb 3	0,01		B	
Large blonde	0,01		B	
LVS	0,009		B	
Balkan	0,009		B	
Métropole	0,005		B	C
IblaTiaret	0,004		B	C
IblaGuelma	0,004		B	C
Dahra	0,001			C