

1. الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج
Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi - B.B.A.
كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers
قسم العلوم الفلاحية
Département des Sciences agronomiques



Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Amélioration des plantes

Intitulé

Sélection de variétés de lentilles adaptées aux conditions locales

Présenté par : Boukhemis Bouzid
Meradi Hichem

Soutenu le : 12/09/2019 ;

Devant le jury :

Président : M^r Guisous Mokhtar MCB Univ. Mohamed El Bachir El Ibrahimi-B.B.A

Encadrant : M^{me} Tabti Dahbia MAB Univ. Mohamed El Bachir El Ibrahimi-B.B.A

Examineur : M^{me} Klaleche Haizia MCB Univ. Mohamed El Bachir El Ibrahimi-B.B.A

Co-encadrant : M^{me} GAAD DJouher MAB centre de recherche en biotechnologie (CRBT)

Année universitaire : 2018/2019

Table des matières

Table des matières.....	i
Remerciements.....	ii
Résumé.....	iii
Liste des abréviations.....	iv
Liste des tableaux.....	v
Liste des figures.....	vi
Introduction.....	01
Chapitre 01: Synthèse bibliographique	
I - Généralités	
1- Origine géographique et génétique de la lentille.....	03
2-Classification et taxonomie.....	03
3-Morphologie de la plante.....	04
3.1-L'appareil végétatif.....	04
3.1.1-Les racines.....	04
3.1.2-La tige.....	04
3.1.3-Les feuilles.....	04
3.1.4-Les gousses.....	04
3.1.5-Les graines.....	04
3.2-L'appareil reproducteur.....	06
4-Génétique de la lentille.....	06
5-Cycle biologique de la lentille.....	07
5.1-Phase végétative.....	07
5.2-Phase reproductive.....	07
6-Les composantes du rendement de la lentille.....	07
6.1- Nombre de grains par plant.....	07
6.2-Nombre de graines par gousse.....	07
6.3-Le poids de 100grains.....	07
7-Exigences et besoins de la lentille.....	08
7.1-Exigences édapho-climatiques.....	08
7.1.1-Les types de sol.....	08
7.1.2-Le climat.....	08
7.1.3-Besoins en engrais.....	08
8-Intérêt de la lentille.....	08

8.1-Intérêt agronomique	08
8.2-Intérêt nutritionnel	09
9-Utilisations de la lentille.....	10
II - Situation de la culture de lentille.	
1-Dans le monde.....	11
2-En Algérie.....	11
2.1-Zones de culture de lentille en Algérie.....	12
2.2-Variétés de lentille cultivée en Algérie.....	13
2.3-Les stress biotiques et principaux problèmes phytosanitaires de la lentille en Algérie.....	14
3-Techniques culturales.....	15
3.1-Assolement et rotation.....	15
3.2-Préparation du sol.....	15
3.3-Fertilisation azotées.....	15
3.4-Semis.....	16
3.4.1-Date de semis.....	16
3.4.2-Profondeur de semis.....	16
3.4.3-Dose de semis.....	16
3.5-Entretien.....	16
3.6-La récolte.....	16
III – Problèmes de la verse chez la lentille.	
1. Définition de la verse.....	17
2-Les types de la verse.....	17
3-Les principales causes de la verse.....	18
3.1-La verse parasitaire.....	18
3.2-La verse physiologique.....	18
4-Impact de la gestion de la fertilisation azotée.....	19
5-Impact de la date et densité de semis.....	19
6-La lutte contre la verse.....	20
7-La verse chez lentille.....	20
7.1-Les conséquences de la verse sur le rendement de la lentille.....	20
7.2-Les mécanismes de résistance de lentille à la verse.....	21
7.2.1-L’effet des géotypes sur la verse.....	21
7.2.2- L’effet des caractères morphologiques sur la verse	21

7.2.3-L'effet des régulateurs de croissance.....	21
7.2.4-Impact des méthodes de récolte sur l'adaptation des lentilles.....	22
Chapitre 02 : Matériels et méthodes	
I. Matériels.....	23
1. Le matériel végétal étudié.....	23
II. Méthodes.....	23
1. Conditions expérimentales de site d'étude.....	23
2. Protocole expérimental.....	24
3. Suivi del'essai.....	24
4. Caractérisation morpho-agronomique.....	25
5. Analyses statistiques.....	25
Chapitre 03 : Résultats et discussion	
I- Résultats	
1-Le rendement.....	26
2-Hauteur à la maturité.....	27
3- Diamètre de la tige.....	30
4- La verse.....	32
5- Poids de cent graines.....	34
6- Date à la floraison.....	36
7- Date à la maturité.....	37
II- Discussion.....	39
Conclusion.....	41
Références Bibliographiques.....	42
Annexes.....	46

Remerciement

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

J'aimerais remercier le jury d'avoir accepté de discuter notre travail Mr. **Guissous Mokhtar**, Mme. **Kelaleche Haizia** et Mme. **Tabti Dahbia**.

Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance à notre encadreur de mémoire madame **TABTI DAHBIA** enseignante à l'université Mohamed El Bachir El Ibrahimi de BBA. On la remercie de nous avoir encadrée, orientée, aidée et conseillée au cours de projet de fin d'étude.

Nous tenons à remercier mon encadreur de mémoire au niveaux du Centre National de Recherche en Biotechnologie **Dr. GAAD DJOUHER**, pour son encadrement, sa disponibilité, son efficacité, son aide et la bonne réception pour nous qui nous a été grandement utiles au cours de notre travail et lors de la rédaction de ce mémoire.

Nous tenons à remercier **Dr. BELKACEM ZAROURI**, responsable du ce projet, d'avoir accepté cette formation, d'avoir bien exploité son travail et nous tenons remercier l'ensemble de l'équipe du Centre National de Recherche en Biotechnologie, et pour cela nous leur souhaite du succès dans ce travail.

Nous voudrions remercier tous les professeurs superviseurs de l'Université de Bordj Bou Arreridj, en particulier les professeurs du département des sciences agronomiques qui ont grandement contribué à notre formation et aux précieuses informations, conseils et orientations qui nous ont été fournis tout au long du cursus universitaire. On vous remercie beaucoup de la confiance que vous nous avez accordée.

A toutes personnes intervenant par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques qui ont guidé nos réflexions et ont accepté à répondre à nos questions durant notre recherche **ALILI DAHEMANE** notre prof, **GHADBANE BELKACEM** et **KEBAILI LAILA**

On remercie nos très chers parents qui ont toujours été là pour nous, ils nous ont donné un magnifique modèle de labeur et persévérance, nous sommes redevables d'une éducation dont nous sommes fiers

Dédicace

Je dédie ce travail à mes chers parents, à mon père **MD TAHER** qui m'a accompagné en tant que père et ami tout au long de mes études, et à ma mère **ZOHERA** qui a été toujours à mes côtés avec au cours de mes études.

Je dédie également mon travail à tous les amis que j'ai rencontrés au cours de mes études, en particulier ceux que j'ai rencontrés à l'université **RACHID, ABDELSLAM, CHAKIR, AYOUB, REDOUNE ET HICHEM**, sans oublier **NACEREDDINE ALI GHERIB, SABER GUENDOZ, et SALIM SEBIAA**, et tous mes *collègues en spécialité amélioration des plantes* qui étaient ma deuxième famille.

Pour rassembler ceux qui ont essayé de m'aider de près ou de loin **Dr. BELKACEM GHADBANE Dr. FAROUK KEBAILI ABDELAZIZ RIAH HAKOU BOUZID**, et à tous ceux qui me connaissent par mon nom et je les connais.

Boukhemis Bouzid

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Ma mère, à ma mère, à ma mère qui m'a donné l'espoir, à l'esprit de mon père, à ma petite sœur et à ma cher femme.

A ma grande famille **MERADI** et **MEBARKI**, a mes amis **BOUZID, CHAWKI, NABIL, RABAH, BRAHIM, YAZID** et **Omar** et bien sure à tous mes camarades de la spécialité amélioration des plantes et tous les agronomes.

A tous ceux qui m'ont aidé dans ce projet, et m'ont conseillé, consolé aux moments difficiles durant notre recherche pour que notre travail puisse voir le jour.

Meradi Hichem

Résumé

L'objectif de cette étude est d'identifier sur terrain des accessions de lentille (*Lens culinaris* Medik.) qui présentent des traits associés à la verse afin de permettre la sélection indirecte du matériel résistant à la verse plus tard dans le programme de sélection. Le géotype ayant un très bon rendement semé dans des dates bien déterminées à des doses régulières pourrait éviter le maximum la verse.

La sélection n'est possible que s'il y a suffisamment de semences pour un test de rendement. Le chercheur a besoin de caractères étroitement liés à la verse qui peuvent être mesurés sur les plantes tels qu'un bon rendement, une hauteur de 45 cm à 55 cm et diamètre de tige plus de 2,5 mm, afin de sélectionner des plantes résistantes à la verse.

Mots clés : *Lens culinaris* Medik, la verse, la résistance, la sélection, doses de semis.

Abstract

The objective of this study is to identify in the field accessions of the lentil that have traits associated with lodging in order to allow the indirect selection of lodging-resistant material later in the breeding program, the genotype that is a very good performance implanted in specific dates at regular, this avoids the maximum of lodging.

Selection is only possible if there are enough seeds for a yield test. The researcher needs traits closely related to lodging that can be measured on plants such as good yield, height of 45 cm to 55 cm and stem diameter over 2.5 mm, in order to select plants resistant to the lodging.

Key words: *Lens culinaris* Medik, lodging, resistance, Selection, sowing doses

الملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد في الملحقات العدس الميداني (*Lens culinaris* Medik.)

التي لها سمات مرتبطة بالرقاد عند النبات للسماح بالاختيار غير المباشر للمواد المقاومة للرقاد عند النبات في وقت لاحق في برنامج التربية. النمط الوراثي في أداء جيد للغاية مزروع في تواريخ محددة بجرعات منتظمة ، وهذا يتجنب الحد الأقصى للسكن الاختيار ممكن فقط إذا كان هناك ما يكفي من البذور لاختبار الغلة. يحتاج الباحث إلى سمات مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بالرقاد عند النبات والتي يمكن قياسها على نباتات مثل الغلة الجيدة ، ارتفاعها من 45 سم إلى 55 سم وقطر الساق فوق 2.5 مم ، من أجل اختيار نباتات مقاومة الرقاد عند النبات

الكلمات المفتاحية : *Lens culinaris* Med , المقاومة , الاختيار, الجرعة , الرقاد عند النبات

Liste des abréviations

DMT	: Diamètre de la tige
DTF	: Date de floraison
DTM	: Date de maturité
HTM	: Hauteur à la maturité
INRA	: Institut Nationale de la Recherche Agronomique
ICARDA	: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas
ITGC	: Institut technique des grandes cultures
MADR	: Ministère d'agriculture et du développement rural Algérie
MT	: millions de tonnes
PCG	: poids de cent graines
PH	: potentielle hydrique
Qx/ha	: Quintaux/hectare
RDT	: Rendement
VER	: La verse
%	: Pourcent
°C	: Degré Celsius

Liste des tableaux

Tableau	Page
Tableau I : Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de lentilles cuites	09
Tableau II : Superficie et production et rendement de lentille en Algérie	13
Tableau III : Listes des géotypes et origines du l'espèce <i>Lens culinaris</i> Medik	23
Tableau IV : La différence entre les dates de semis sur le rendement en grains	26
Tableau V : La différence entre les doses de semis sur la hauteur à la maturité	27
Tableau VI : La différence des interactions date/dose de semis sur la hauteur à maturité	28
Tableau VII : La différence des interactions date/ variétés de semis sur la hauteur à maturité	29
Tableau VIII : La différence entre les doses de semis sur le diamètre de la tige	30
Tableau IX : La différence des interactions date/dose de semis sur le diamètre de la tige	31
Tableau X : La différence des interactions date/ variétés et doses de semis/variétés de semis sur le diamètre de la tige	32
Tableau XI : La différence entre les dates de semis sur la verse	33
Tableau XII : La différence des interactions date/ variétés et doses de semis/variétés de semis sur poids de cent graines	35

Liste des figures

Figure	page
Figure 01 : Morphologie d'une plante de lentille	05
Figure 02 : Représentation des deux types de graines de lentille cultivée sous espèces <i>Microsperma</i> et <i>Macrosperma</i>	06
Figure 03 : Cycle biologique de lentilles	07
Figure 04 : La production mondiale de lentille	11
Figure 05 : Zones d'aptitude de la culture de la lentille en Algérie	12
Figure 06 : Evolution annuelle des superficies (million ha), productions (million tonnes) et rendement (Kg/ha) de la lentille en Algérie entre 1961 et 2016	13
Figure 07 : Quelques variétés cultivées de la lentille en Algérie	14
Figure 08 : Le piétin verse nécrose l'intérieur de la tige	18
Figure 09 : La verse dans un champ de lentille à la suite de pluies importante	18
Figure 10 : Le champ d'étude	24
Figure 11 : Effet de date de semis sur le rendement en grains	26
Figure 12 : Effet de dose de semis sur le rendement en grains	26
Figure 13 : Effet de dose de semis/date de semis sur le rendement en grains	26
Figure 14 : Effet de dose de semis/variété sur le rendement en grains	27
Figure 15 : Effet de date de semis/variété sur le rendement en grains	27
Figure 16 : Effet de date de semis sur l'hauteur à la maturité	28
Figure 17 : Effet de dose de semis sur l'hauteur à la maturité	28
Figure 18 : Effet de dose de semis/date de semis sur hauteur à la maturité	28
Figure 19 : Effet de date de semis/variété sur l'hauteur à la maturité	29
Figure 20 : Effet de dose de semis/variété sur l'hauteur à la maturité	29
Figure 21 : Effet de date de semis sur le diamètre de la tige	30
Figure 22 : Effet de dose de semis sur le diamètre de la tige	30
Figure 23 : Effet de dose de semis/date de semis sur le diamètre de la tige	30
Figure 24 : Effet de date de semis/variété sur le diamètre de la tige	31
Figure 25 : Effet de dose de semis/variété sur le diamètre de la tige	32
Figure 26 : Effet de date de semis sur la verse	33
Figure 27 : Effet de dose de semis sur la verse	33

Figure 28 : Effet de dose de semis/date de semis la verse	33
Figure 29 : Effet de date de semis/variété sur la verse.	34
Figure 30 : Effet de dose de semis/variété sur la verse.	34
Figure 31 : Effet de date de semis sur le poids de cent graines	34
Figure 32 : Effet de date de semis sur le poids de cent graines	34
Figure 33 : Effet de dose de semis/date de semis sur poids de cent graines	35
Figure 34 : Effet de dose de semis/variété sur le poids de cent graines	36
Figure 35 : Effet de date de semis/variété sur le poids de cent graines	36
Figure 36 : Effet de dose de semis sur la date à la floraison	36
Figure 37 : Effet de date de semis sur la date à la floraison	36
Figure 38 : Effet de dose de semis/date de semis la Date à la floraison	37
Figure 39 : Effet de dose de semis/variété sur la Date à la floraison	37
Figure 40 : Effet de date de semis/variété sur la Date à la floraison	37
Figure 41 : Effet de dose de semis sur la Date à la maturité	38
Figure 42 : Effet de date de semis sur la Date à la maturité	38
Figure 43 : Effet de dose de semis/date de semis la Date à la maturité	38
Figure 44 : L'effet de dose de semis/variété sur la Date à la maturité	39
Figure 45 : L'effet de date de semis/variété sur la Date à la maturité	39

Introduction

La famille des Légumineuses est l'une des plus importantes parmi les dicotylédones. C'est la famille végétale qui fournit le plus grand nombre d'espèces utiles à l'homme, qu'elles soient alimentaires, industrielles ou médicinales et qui prends la deuxième classe mondiale après les céréales (**Rizk, 1966**).

La lentille cultivée (*Lens culinaires* Medik.) est une légumineuse importante et populaire utilisée principalement pour l'alimentation humaine. La paille peut également être utilisée comme aliment de qualité supérieure pour le bétail ou en tant que source de matières organiques pour l'amélioration des sols (**Anonyme, 2000**).

La production mondiale des lentilles a augmenté de façon progressive à partir d'une moyenne de 917,000 tonnes durant la période 1961-1963 à 3.787,000 tonnes en 2004-2006, ensuite 444.3958, 273 tonnes entre 2006 et 2016. Le gain de la production provient, d'une part, de l'augmentation des superficies ensemencées et d'autre part, de l'accroissement du rendement par hectare. En effet, sur la période de dix ans (2006-2016) la superficie annuelle occupée par la lentille avait atteint 4155 569 ha et le rendement global moyen atteint 1059 kg/ha durant la même période.

L'Afrique ne représente que 4,4% de la production de lentilles au niveau mondial, les seuls importants pays producteurs sont l'Éthiopie avec une surface moyenne de récolte de 113 685 ha et le Maroc avec 9 581 ha (FAOSTAT, 2017). Durant les trois dernières décennies, la production de la lentille en Algérie et en Egypte jadis importante, est devenue insignifiante, les deux payes sont devenus des importateurs.

En Algérie, la lentille (*Lens culinaris*) est classée la troisième importante culture de légumineuse après le haricot (*Phaseolus vulgaris*) et le petit pois (*Pisum sativum*) et joue un rôle important dans l'amélioration de la fertilité des sols lors des rotations de cultures (**Ait Abdellah et al., 2011**). L'utilisation de la lentille occupe une ampleur considérable et rentre dans les principales préoccupations du plan de développement des cultures de légumineuses initié par le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (**MADR**). Cependant, sa culture n'occupe que 1,5% de la totalité des terres réservées aux légumineuses alimentaires (**Ait Abdellah et al., 2011**). Cela est due à de nombreuses contraintes qui limitent son potentiel de production, parmi lesquelles les maladies et la verse.

La verse est un problème de production majeur pour un bon nombre des principales cultures du monde, notamment la lentille. La verse des plantes entraîne une baisse du rendement et de la qualité des semences, une pression accrue de la maladie et une efficacité de la récolte réduite (**McPhee et Muehlbauer, 1999**), mais l'ampleur de ces pertes dépend du moment et de la gravité de la verse. Par conséquent, l'amélioration de la résistance à la verse

augmentera le potentiel de rendement et améliorera la qualité de la lentille lorsqu'elle est cultivée dans des conditions d'humidité élevée qui favorisent la verse (**Stanca et al., 1979**).

L'objectif de cette étude est d'identifier sur terrain des accessions de lentille qui présentent des traits associés à la verse afin de permettre la sélection indirecte de matériel résistant à la verse plus tard dans le programme de sélection.

I. Généralités

1. Origine géographique et génétique de la lentille

Le genre *Lens* comprend six espèces originaires de la Méditerranée de l'ouest, de l'Inde et de l'Afrique, parmi lesquelles l'espèce *Lens culinaris* qui est l'une des plus anciennes plantes vivrières (Ulmann, 2005). L'ancêtre du *Lens culinaris* est *Lens orientalis* (Ladizinsky et al., 1984). Le nom scientifique de la lentille lui a été attribué en 1787 par le botaniste Allemand Medikus (Cubero, 1981 ; Sehirali, 1988 ; Henelt, 2001).

Dans l'antiquité, la lentille faisait régulièrement partie de l'alimentation des Grecs, des Juifs et des Romains et c'était le plat de subsistance des pauvres en Egypte. Elle a été associée à de nombreuses légendes, contes et coutumes. Les plus anciens restes archéologiques de la lentille étaient retrouvés en Grèce et datés de 11 mille ans avant J.C, ainsi qu'en Syrie, datés de 8500 avant J.C., mais on ne savait pas bien s'il s'agissait de plantes sauvages ou cultivées. Ce n'est qu'à partir du 5^{ème} millénaire avant J.C., que l'on trouve des graines identifiées sans conteste comme domestiques (Yunnus et Jackson, 1991).

2. Classification et taxonomie

L'espèce *Lens culinaris* (lentille cultivée) appartient au genre *Lens*, classé dans la tribu des *Viciae*. Lors d'une révision récente du genre *Lens* (Brink et Belay, 2006), 4 espèces sont retenues :

- *Lens culinaris* : a été divisée en quatre sous espèces principales :
 - _ subsp. *culinaris* (la lentille cultivée),
 - _ subsp. *odemensis*,
 - _ subsp. *orientalis*,
 - _ subsp. *tomentosus*.
- *Lens ervoides*
- *Lens nigricans*
- *Lens lamottei*

Elle est classée comme suit (Cokkizgin et Shtaya, 2013) :

Règne:	Plantae
Sous règne :	<u>Tracheobionta</u>
Division :	<u>Magnoliophyta</u>
Classe :	<u>Magnoliopsida</u>
Sous classe :	<u>Rosidae</u>
Ordre :	<u>Fabales</u>
Famille :	Fabaceae
Genre :	<i>Lens</i>

Espèce : *Lens culinaris*

3. Morphologie de la plante

3.1.L'appareil végétatif

3.1.1. Les racines

La lentille a un système de racine pivotante mince avec une masse de racines latérales fibreuses. De grandes variations génotypiques ont été rapportées dans la croissance des racines en termes de longueur de la racine pivotante, nombre de racines latérales, longueur totale de la racine, poids de la racine (Sarker *et al.*, 2005) et le nombre de cheveux par unité de surface racinaire (Gahoonia *et al.*, 2005). Les lentilles possèdent un système racinaire restreint (Street *et al.*, 2008). Les racines latérales portent de gros nodules permettant la fixation de l'azote atmosphérique pour satisfaire 80 % des besoins de la plante en azote assimilable. Cette fixation symbiotique est à son optimum à la floraison et chute très rapidement par la suite (Slama, 1998).

3.1.2. La tige

La tige de lentille est herbacée. Cependant, la partie basale se lignifie au fur et à mesure de la croissance de la plante. Le degré de pubescence varie selon les génotypes, allant de presque glabre à très poilu. Les tiges sont généralement de couleur verte, mais chez certains génotypes, il y a la présence de pigments anthocyaniques. Selon les génotypes et l'environnement de croissance, la hauteur de la plante peut varier de 15 à 75 cm (Saxena, 2009).

3.1.3. Les feuilles

Les feuilles sont composées pennées et comportent jusqu'à 10 paires de folioles (Figure 01). La première fleur de la tige principale est située à l'aisselle du 11^{ème}, 12^{ème} ou 13^{ème} nœud (Slinkard, 1990, Street *et al.*, 2008).

3.1.4. Les gousses

Chaque gousse possède un court pédicelle et renferme une ou deux petites graines en forme de loupes. La couleur du tégument séminal est variable, allant du blanc (absence de tannins) au vert pâle, au gris, au brun et au noir, et porte souvent des mouchetures violacées de grandeur variable (Vandenberg et Slinkard, 1990).

3.1.5. Les graines

Les graines de lentilles ont généralement la forme d'une lentille. Leur diamètre varie de 2 à 9 mm (Barulina, 1930).



Figure 01: Morphologie d'une plante de lentille (1) plante, (2) feuille, (3) gousse, (4) graine, (Vandenberg et Slinkard, 1990).

La lentille cultivée est classée en deux groupes selon la taille de la graine (**Brink et Belay ,2006**) (**Figure 02**):

- ✓ **Les grosses lentilles (*Macrosperma*):** Prédominant principalement en Afrique du Nord, en Europe et en Amérique, (diamètre >6mm).
- ✓ **Les petites lentilles (*Microsperma*):** Domine en Asie, en Egypte et en Ethiopie (diamètre <6mm),

La couleur du testa peut être rose, jaune, vert, vert foncé, gris, marron ou noir. Dans certains génotypes, le testa présente des taches brunes ou noires, mouchetées ou marbrures (**Muehlbauer et al., 2002**). La surface de la graine est généralement lisse mais dans certains types à grosses graines, il peut être ridé. Le hile est étroit elliptique, et sa couleur est blanche ou brun terne.

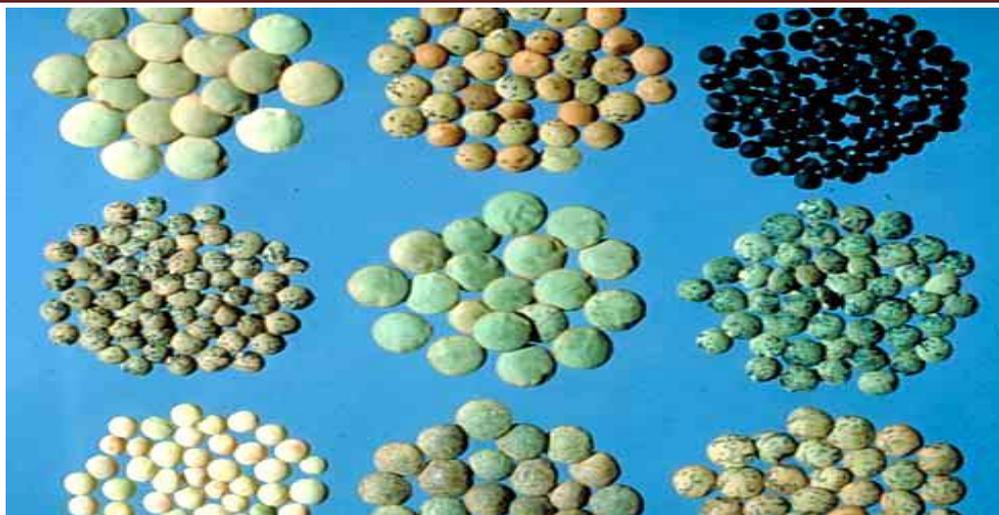


Figure 02 : représentation des deux types de graines de lentille cultivée sous espèces *Microsperma* et *Macrosperma*, (Brink et Belay ,2006).

3.2. L'appareil reproducteur

La lentille est une plante essentiellement autogame, le taux de pollinisation croisée étant inférieur à 1 % selon (Wilson et Law, 1972). L'androcée est constitué de dix étamines minuscules, dont neuf sont soudées entre elles. Le pistil est constitué d'un stigmate, d'un style et d'un ovaire, et ce dernier renferme habituellement deux ovules. La pollinisation a normalement lieu juste avant l'ouverture de la fleur (Muehlbauer *et al.*, 1980).

4. Génétique de la lentille

Lens culinaris est une plante diploïde avec 14 chromosomes ($2n=14$), avec un gros génome de plus de 4Gb (Arumuganathan et Earle, 1991). La plupart des génotypes du *L. orientalis* s'hybrident librement avec le *L. culinaris*. *L. culinaris* peut aussi s'hybrider avec les autres espèces du genre *Lens*, mais ces croisements se caractérisent par une fréquence élevée d'embryons avortés, d'embryons albinos, de plantules albinos et de réarrangements chromosomiques entraînant la stérilité des semis hybrides atteignant la maturité (Ladizinsky, 1993).

Aujourd'hui, les objectifs principaux des programmes d'amélioration de la lentille sont le rendement élevé et la résistance aux stress biotiques et abiotiques. L'ICARDA a été mandaté au niveau mondial pour effectuer les recherches sur l'amélioration de la lentille. Les programmes nationaux d'amélioration de la lentille dans les pays producteurs utilisent leurs propres collections de ressources génétiques ainsi que des introductions provenant d'autres instituts. Ces programmes nationaux de pays producteurs de lentilles ont mis sur le marché de nombreux cultivars (ICARDA, 2001).

5. Cycle biologique de la lentille

Lorsque les températures sont optimales, les graines de lentilles germent en 5 à 6 jours et la floraison débute entre la 6^{ème} et la 7^{ème} semaine après le semis. Le cycle de croissance est de 80 à 110 jours pour les cultivars à cycle court et de 125 à 130 jours pour les cultivars à cycle long (Begiga, 2006) (Figure 03). Celui-ci comprend deux phases (Schwartz et Langham, 2012) :

5.1.Phase végétative : cette phase comprend deux stades : la croissance et la production des feuilles.

5.2.Phase reproductive : elle est représentée par la floraison, la fructification et la production des graines.

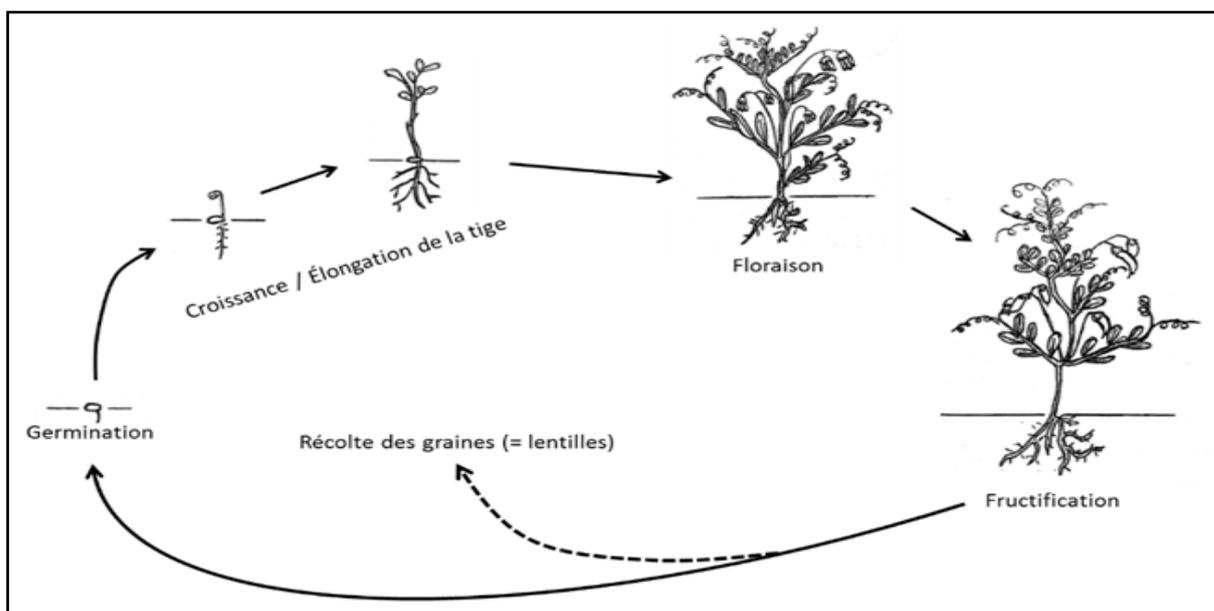


Figure 03 : Cycle biologique de lentille : Germination, Croissance, Élongation de la tige, Floraison, Fructification, (Schwartz et Langham, 2012).

6. Les composantes du rendement de la lentille

6.1.Nombre de grains par plant

Le nombre de graines par plante est étroitement lié au nombre de gousses par plante et constitue donc un attribut de rendement important. Muehlbauer (1974), dans son évaluation de 45 lignées de lentilles différentes a observé une plage allant de 17,6 à 139,6 gousses par plante, avec une moyenne de 62,6 gousses par plante.

6.2.Nombre de graines par gousse

Chaque gousse porte 1 à 2 graines fines, en forme de lentille (Street, 2008).

6.3.Le poids de 100 grains

Le poids de 100 graines peut varier de 1,07 à 8,55 g selon le génotype. L'effet environnemental sur le poids de la graine n'est généralement pas très visible. Le poids de 100

graines compris entre 1,1 et 4 g se trouve dans les types à petites graines, tandis que les types à grandes graines ont généralement une gamme de 4 à 8,2 g (**Barulina, 1930**).

7. Exigences et besoins de la lentille

7.1.Exigences édapho-climatiques

7.1.1 Les types de sol

La lentille s'adapte à une large gamme de types de sol, mais préfère généralement des sols ayant une meilleure capacité de drainage d'un éventuel excès d'eau et un pH légèrement acide (5,5 à 6,5) ou à alcalinité modérée (7,5 à 9). Les sols à salinité élevée sont à déconseiller. Dans les zones recevant des précipitations variant entre 250 et 400 mm, il est recommandé de cultiver la lentille dans des sols lourds pour atténuer l'effet d'un éventuel déficit hydrique (**Bamouh, 1999**).

7.1.2 Le climat

Compte tenu de ses faibles exigences en eau, la culture de lentille s'adapte à plusieurs aires de production, (zones semi-arides et zones de montagnes). Toutefois, l'intervention d'un déficit hydrique en plein floraison risque de provoquer la chute des fleurs, d'où la nécessité de semer précocement la culture et d'utiliser les variétés à cycle court en vue de permettre à la plante d'échapper aux fortes chaleurs de fin du cycle (**Bamouh, 1999**).

7.1.3 Besoins en engrais

La fertilisation azotée recommandée est de l'ordre de 10 à 20 kg d'N/ha au semis notamment pour les sols sableux à faible teneur en matière organique. Cette fertilisation pourra être absente ou réduite dans les sols présentant de bonnes conditions de fixation symbiotique de l'azote. En effet, 85% des besoins en azote sont fournis par les nodosités. La fertilisation phospho-potassique doit être apportée au moment de la préparation du sol en fonction de la rotation et de la richesse du sol (**Bamouh, 1999**).

Il est recommandé d'appliquer 40 à 60 kg/ha de Phosphore et 20 à 40 kg/ha de potassium. Dans tous les cas, le recours aux analyses du sol est vivement conseillé en vue de mieux raisonner la fertilisation de la culture.

8. Intérêt de la lentille

8.1.Intérêt agronomique

La culture de cette légumineuse enrichit le sol en azote, donc induit une diminution en apport en engrais et assure un assolement et une rotation (graminées et légumineuses) pour optimiser l'exploitation agricole et la diversification de la production agricole (**Hamadache, 2015**).

8.2.Intérêt nutritionnel

La lentille présente plusieurs intérêts nutritionnels (Tableau I), parmi ces intérêts on distingue :

- Un index glycémique faible favorisant ainsi la satiété et limitant la sécrétion d'insuline par l'organisme.
- Une forte teneur en protéines végétales (environ 24% crues et 8% cuites), qui en fait un plat complet pour un dîner végétarien, accompagné, par exemple, de légumes.
- Une richesse en fibres (près de 4%) permettant de favoriser la satiété tout en contribuant au faible index glycémique des lentilles.
- Une richesse en minéraux, notamment en Fer, Magnésium, Phosphore et Potassium, ce qui contribue à couvrir les besoins quotidiens.
- Une bonne source de vitamines.
- Une teneur en antioxydants (catéchines et procyanidines de la famille des flavonoïdes, saponines dont certaines études mettent en évidence leur intérêt dans le cadre de la réduction du taux de triglycérides sanguins) représente une raison supplémentaire de consommer fréquemment la lentille (Ciquel, 2008).

Tableau I : Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de lentilles cuites

<u>Energie</u>	<u>éléments minéraux</u>	<u>vitamines</u>
Protéine: 8,2 %	Sodium: 3,0 mg	Vitamine B1 0,12 mg
Glucides:12.6 %	Potassium: 309 mg	Vitamine B2 0,06 mg
Lipides : 0,5 %	Magnésium: 25 mg	Vitamine B3 0,66 mg
	Phosphor: 164 mg	Vitamine B5 0,47 mg
	Fer: 3 mg	Vitamine B6 0,17 mg
	Calcium: 27 mg	Vitamine B9 56,8 µg
	Cuivre: 0,24 mg	Vitamine C 1,75 mg
	Manganèse: 0,42 mg	Vitamine E 0,26 mg
	Sélénium: 2,8 µg	
	Zinc : 1,03 mg	

(ciquel, 2008).

9. Utilisations de la lentille

La lentille cultivée (*Lens culinaris*) est une légumineuse importante et populaire utilisée principalement pour l'alimentation humaine, la paille peut également être utilisée comme aliment de qualité supérieure pour le bétail ou en tant que source de matières organiques pour l'amélioration des sols (**Anonyme, 2000**). La lentille est surtout cultivée pour ses graines mûres qui sont consommées principalement en sauce et en soupe. Les jeunes gousses, les graines germées et les feuilles se consomment comme légume.

II. Situation de la culture de lentille

1. Dans le monde

Du point de vue production, l'Asie et plus particulièrement l'Inde produit plus de 60 % des lentilles du monde (Figure 04). Jusqu' aux années 2000, l'Inde produisait les deux tiers de la production mondiale de lentille (Figure 04) qui était de l'ordre de 8 Mt dans les années 1990. Le Canada est ensuite devenue le deuxième acteur majeur. Les autres producteurs sont la Turquie, les Etats-Unis, l'Australie, l'Ethiopie et le Népal. L'UE produit environ 60 000t produites principalement en Espagne et en France. (Schneider *et al.*, 2015).

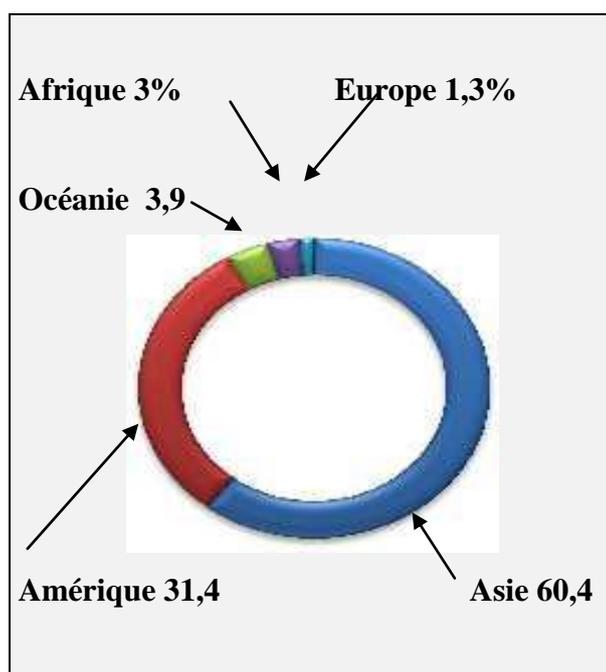


Figure 04 : la production mondiale de lentille, (FAO, 2016).

2. En Algérie

En Algérie, la lentille a été cultivée avant 1830 dans les jardins des fellahs (surtout en Kabylie). Jusqu'à 1940, une étude a révélé que les lentilles rencontrées en Afrique du Nord appartiennent aux deux variétés : la petite verte du puy et la lentille large blonde qui ont été les premières variétés européenne introduites en grandes cultures en Algérie. Ces deux variétés ont coexisté et des croisements naturels se sont produits qui ont donné naissance à la lentille large verte d'Algérie (Vandenberg et Slinkard, 1990).

2.1. Zones de culture de lentille en Algérie

En Algérie, la culture des lentilles n'occupe que 1,5% de la totalité des terres réservées aux légumineuses alimentaires (Ait Abdellah *et al.*, 2011). Elle s'étale sur de grandes surfaces dans les hautes plaines (Tiaret, Saida, Sétif) et les plaines intérieures (Bouira, Médéa, Mila), ainsi dans la région de Constantine. Les productions de lentilles ont progressivement

évaluées entre 2006 et 2013 où l'on a pu noter des collectes brutes maximales de l'ordre de 15523,04 qx. Cette évolution est liée à l'élargissement des superficies destinées à cette culture, ainsi qu'au nombre d'agriculteurs s'y intéressant (**Figure 05**).

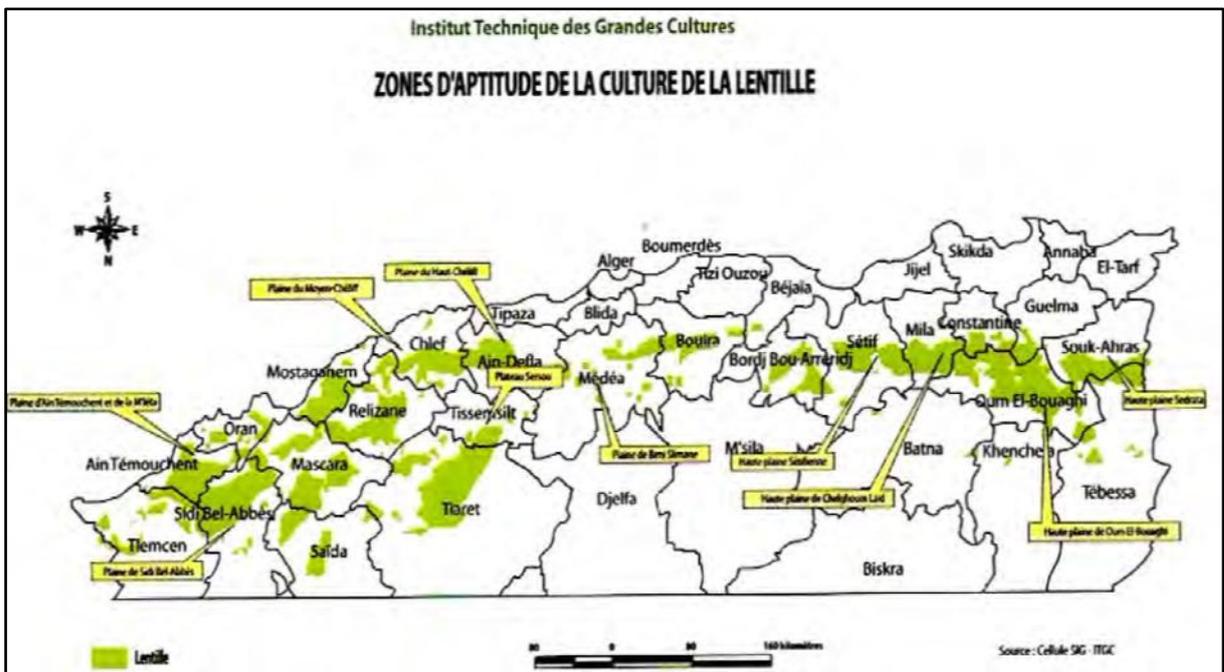


Figure 05 : Zones d'aptitude de la culture de la lentille en Algérie (ITGC, 2013).

Après l'indépendance, la politique d'intensification de la production céréalière adoptée était aussi un frein au développement de la lentille. À partir de l'année 2000, la culture de la lentille avait repris en partie sa place grâce à la politique incitative de l'Etat en faveur des légumineuses alimentaires. Mais une chute brusque des superficies de la culture de lentille a été enregistrée dès 2012 (Tableau II). Parmi les causes, le problème de la mécanisation de la récolte qui engendre beaucoup de perte du fait de la verse et de l'égrenage des gousses à la maturité. Aussi, le contrôle des mauvaises herbes est un facteur non encore maîtrisé par les agriculteurs. **La figure 6** décrit l'évolution des superficies cultivées et la production de la lentille depuis l'indépendance jusqu'au 2016, (FAOSTAT, 2017).

Tableau II : Superficie, production et rendement de lentille en Algérie (2012-2016) MADR., (2016).

Année	Superficie (ha)	Production d (qx)	Rendement t (qx/ha)
2012	6244	57380	9,2
2013	5543	63184	11,4
2014	6458	53409	8,3
2015	6330	49454	7,8
2016	8762	100713	11,5

MADR.,(2016).

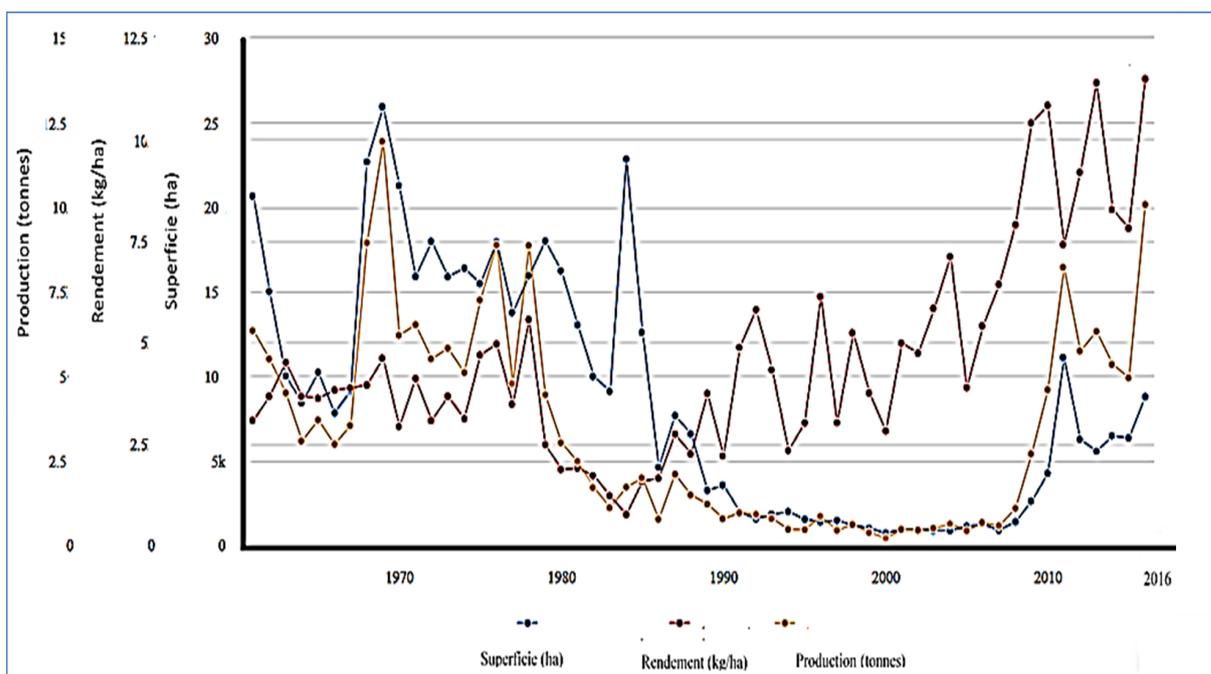


Figure 06: Evolution annuelle des superficies (ha), productions (tonnes) et rendement (Kg/ha) de la lentille en Algérie entre 1961 et 2016, (FAOSTAT, 2017).

2.2.Variétés de lentille cultivées en Algérie

En Algérie, on distingue les lentilles de culture locales et les lentilles de culture européenne. Les premières, cultivées depuis les temps ancestraux sont des mélanges variables de formes diverses. Beaucoup de variétés anciennement cultivées ont disparu.

Plusieurs variétés ont été introduites, et plusieurs nouvelles d'entre elles ont été sélectionnées en fonction de leur capacité d'adaptation aux différentes conditions agro climatiques rencontrées dans le pays (FAO, 2006 ; INRA., 2013).

Les principales variétés actuellement cultivées sont les suivantes (ITGC., 2013) (Figure 07):

- **La large blond Métropole** : isolée en 1942 en France, elle est de couleur verdâtre et de bonne qualité culinaire.
- **La large blond de Chili** : isolée en 1952 au Chili, les graines sont larges de couleur verdâtre et de bonne qualité culinaire.
- **La large vert d'Algérie** : isolée en 1950 à Tiaret, de bonne qualité culinaire.
- **Syrie 229** : issue d'une sélection locale sur population introduite de Syrie, les graines de cette variété sont arrondies de couleur vert-jaune, elle est de très bonne qualité culinaire.
- **Balkan 755** : issue d'une sélection locale sur population introduite dans la région de Sersou, ses graines sont larges de couleur marron, elle est aussi de bonne qualité culinaire.

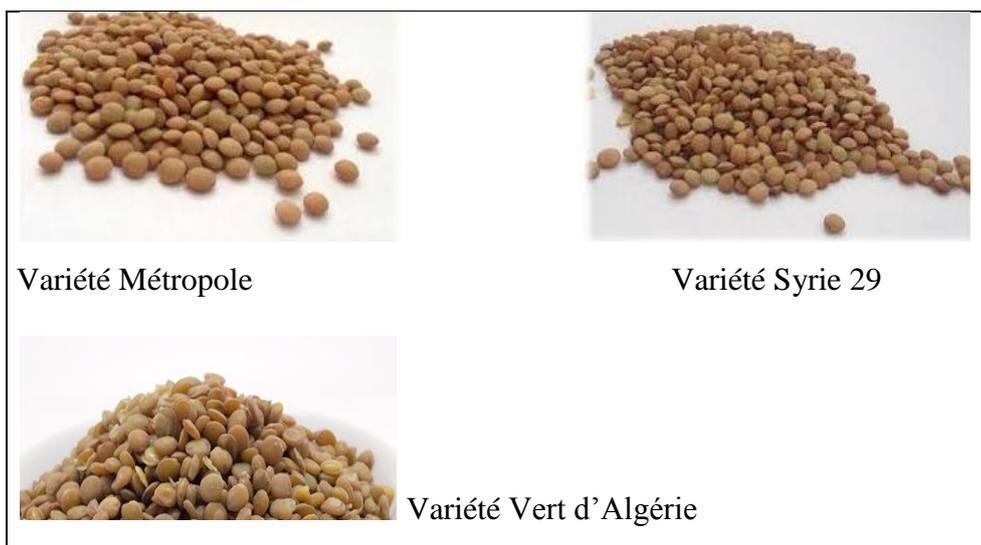


Figure 07 : Quelques variétés cultivées de la lentille en Algérie, (ITGC., 2013).

2.3. Les stress biotiques et principaux problèmes phytosanitaires de la lentille en Algérie

Durant la période végétative et de stockage des lentilles, plusieurs maladies peuvent survenir provoquant ainsi de graves dégâts et des pertes de rendement (Bayaa *et al.*, 1986). Ces maladies varient selon le type de pathogènes : virus, bactéries, nématodes, mycètes... (Muehlbauer *et al.*, 1995, Van Euden *et al.*, 1988).

Les maladies fongiques des lentilles sont les plus importantes d'un point de vue économique et phytosanitaire. Parmi les pathogènes les plus cités en littérature les genres : *Altarnaria*, *Drechslera*, *Fusarium*, *Phoma*, *Monilia*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Mucor* (Ahmed *et al.*, 1993), *Botrytis*, *Uromyces* (Richardson, 1979, Chen *et al.*, 2011), *Rhizoctonia*,

Sclerotium (Muhlbauer *et al.*, 2002), *Aspergillus*, *Chaetomium* et *Nigrospora* (Hussain *et al.*, 2007).

Plusieurs maladies d'origine virales affectent également la lentille tels que : le virus de la mosaïque du concombre (CMV), le virus de la jaunisse nécrotique de la fève (FBNYV), le virus de la mosaïque de la luzerne (AMV) (Muhlbauer *et al.*, 2002).

Les pucerons sont parmi les insectes ravageurs les plus importants de la lentille. Le puceron du pois (*Acrythosiphon pisum*) est le plus important, car il provoque jusqu'à 25% de perte de rendement. Les graines stockées attirent les bruches (*Callosobruchus* sp.). L'orobanche (*Orobanche* sp.) est un adventice parasite important de la lentille en Méditerranée et en Asie occidentale ; il est difficile de l'éliminer par des pratiques culturales ou des moyens génétiques.

La Fusariose, la rouille et le rhizoctone figure parmi les maladies les plus importantes signalées en Algérie (Belabid *et al.*, 2003). Aussi, bien qu'il n'existe pas encore de statistiques d'estimation de ces pertes, ces aspects sont certainement beaucoup plus prononcés.

3. Techniques culturales

3.1. Assolement /Rotation

La lentille est cultivée le plus souvent en rotation avec les céréales ; elle est conseillée en tête d'assolement. Parmi les rotations pratiquées, on cite (ITGC, 2013) :

- Rotation biennale : lentille /blé
- Rotation triennale : lentille /blé/fourrage.
- Rotation quadriennale : Lentille /blé/fourrage/blé, en zone des plaines d'altitudes et hautes plaines telliennes (400 à 600m).
- Lentille /blé/jachère /blé, en Zone des basse plaines telliennes (350 à 400mm).

3.2. Préparation du sol

Un labour de 20 à 30 cm avec une charrue a socs (en conditions humides) ou un chisel (en conditions sèches), favorise un bon enracinement de la plante et améliore la capacité d'emménagement de l'eau du sol. En sols profonds, lourds et humides, éviter le labour avec des outils a disque, car il crée un lit semences défavorable, entraînant une lente et hétérogène, (ITGC, 2013).

3.3. Fertilisation azotées

L'application de l'azote n'est pas requise, néanmoins, un apport de 20 unités peut être effectué au semis pour une bonne installation de la culture, (ITGC, 2013).

3.4.Semis

2.4.1 Date de semis

Les semis sont effectués entre novembre et décembre et peuvent être étalés jusqu'au mois de janvier ou début février dans les zones où les gels et les brouillards sont fréquents, (ITGC, 2013).

2.4.2 Profondeur de semis

Les semis doivent être effectués à des profondeurs faibles entre 2 et 4 cm en raison de la taille petite des semences de la lentille. Ainsi, dans les sols légers, il est recommandé de semer à une profondeur de 2 à 3 cm par contre dans les sols lourds ou pour les zones à faibles précipitations, une profondeur de semis de 3 à 4 cm est recommandée (Bamouh, 1999).

2.4.3 Dose de semis

La densité de semis recommandée en zone favorable (pluviométrie supérieure à 400 mm ou irrigation) est de 250 plantes/m². En zones semi-arides, il est conseillé d'utiliser une densité de semis variant de 150 à 200 plantes/m².

La dose de semis doit être calculée sur la base du poids des graines, du taux de germination de la semence utilisée et de la dose de peuplement escomptée. A titre d'exemple, pour un poids d'une graine de lentille de 0.03g et une densité de peuplement de 200 plantes/m², la dose de semis est de 60 kg/ha. La dose de semis doit varier entre 40 et 90 kg/ha compte tenu de la faculté germinative, de la pureté de la semence utilisée, du mode et de la date du semis (Bamouh., 1999).

3.5.Entretien

Les mauvaises herbes constituent un problème majeur pour la conduite de la lentille. En conduite mécanisée, (17 à 20 cm entre les rangs), le contrôle se fait avec des désherbants à application précoce. Il est conseillé d'utiliser les herbicides qui peuvent être appliqués avant le semis ou avant la levée. Cependant, la protection par les herbicides ne dure que deux à trois mois, les espèces adventices printanières doivent être contrôlées par un désherbage manuel. En conduite en lignes jumelées, le contrôle des mauvaises herbes se fait par deux binages mécaniques, (ITGC, 2013).

3.6.La récolte

La lentille doit être récoltée lorsque l'humidité du grain est voisine de 16% pour éviter la déhiscence des gousses et les pertes par égrenage. La durée idéale de récolte avec un minimum de pertes ne doit pas dépasser sept (07) jours, (ITGC, 2013)

III. Problème de la verse chez la lentille

Les rendements moyens en lentilles sont faibles ; en raison du potentiel de rendement limité des variétés locales, qui sont également vulnérables à toute une série de stress. Les facteurs limitant le rendement sont le manque de la vigueur des plantules, développement lent de la surface foliaire, chute rapide des fleurs, formation faible de gousses, faible teneur en matière sèche, faible indice de récolte, faible résistance à la verse, faible ou aucune réponse aux intrants, et divers stress biotiques et abiotiques. Les facteurs limitant la production de lentilles sont une faible teneur en eau disponible et stress dus aux températures élevées au printemps et à haute altitude, aux températures froides en hiver. Les déséquilibres minéraux tels que le bore, le fer, la salinité, bien que localisés, entraînent une perte de rendement substantielle (Arvalis, 2015).

1. Définition de la verse

La verse est un accident de végétation touchant certaines cultures, elle se produit lorsque les premiers entre-nœuds ne peuvent pas résister au mouvement de balancier de la tige ; il s'agit donc d'un équilibre entre une résistance mécanique de la tige et une force appliquée sur celle-ci (pluie, vent, poids de l'épi) (Arvalis, 2015). Chez les céréales, le risque de verse est déterminé principalement par quatre critères : sensibilité de la variété, rigidité de la tige, niveau de nutrition azotée en début de cycle et conditions météorologiques à la montaison (entre le stade épi 1 cm et le stade 1-2 nœuds) (Arvalis, 2015).

2. Les types de la verse

On distingue trois catégories de verse (Arvalis, 2015):

- **La verse radiculaire** : elle est consécutive à la rupture d'une partie des racines. La tige ne se courbe pas : la plante bascule et, dans les cas extrêmes, est complètement couchée sur le sol. La verse radiculaire survient lorsque les entrenœuds de la base sont lignifiés et ont perdu leur souplesse.
- **La verse des tiges** : les entrenœuds de la base des tiges sont trop faibles et sont totalement couchés sur le sol. Les nœuds de la strate supérieure de la végétation permettent par contre aux derniers entre-nœuds de se redresser.
- **La verse nodale** : affecte le nœud ou la base de l'entrenœud. Ce type de verse est plutôt rare et de faible gravité car elle n'affecte qu'une partie de la plante qui, de plus, peut se redresser.

3. Les principales causes de la verse

3.1. La verse parasitaire

Est la conséquence d'attaques de piétin-verse, de rhizoctone ou de fusarioses de la tige. Le risque piétin-verse est largement déterminé par les conditions agronomiques de la parcelle (Arvalis, 2015), (Figure 08).



Figure 08: Le piétin-verse nécrose l'intérieur de la tige, (Arvalis, 2015).

3.2. La verse physiologique

Elle est le plus souvent imputée à des **phénomènes climatiques exceptionnels** (pluies orageuses ou battantes, vents violents). Ces facteurs dits d'expression du phénomène sont en fait révélateurs d'une **culture fragilisée** par des conditions de végétation particulières et/ou une conduite inadaptée. La prédisposition à la verse s'acquiert bien plus tôt au cours du cycle de la plante en fonction des variétés, des techniques culturales et de certaines conditions climatiques favorisant l'étiollement des plantes (Arvalis, 2015) (Figure 09).



Figure 09 : La verse dans un champ de lentille à la suite de pluies importantes (Arvalis, 2015).

4. Impact de la gestion de la fertilisation azotée

Le risque de la verse s'accroît en situations d'excédent azoté (fournitures du sol et doses d'engrais). Outre l'adoption du bilan azoté pour raisonner la dose globale d'azote à apporter, de nombreuses expérimentations mettent en évidence l'impact de la date des apports d'azote et leur répartition au cours du cycle de la culture. Un premier apport d'azote excédentaire favorise le tallage et par conséquent un étiolement des tiges, en accentuant le déséquilibre C/N des tiges et ce d'autant plus que le couvert est en excès de densité. Il est conseillé de minimiser le premier apport d'azote. Par ailleurs, les techniques de fractionnement de l'azote limitent le risque de verse (Arvalis, 2015).

5. Impact de la date et densité de semis

Une densité élevée engendre une augmentation de l'étiolement (compétition du couvert pour le rayonnement intercepté) et une augmentation de la longueur des premiers entre-nœuds. La sensibilité à la verse des variétés dépend aussi de la densité de semis comme l'illustrent les essais couplant densités et variétés. Certaines variétés modifient peu leur bon comportement à la verse avec l'augmentation de la densité de semis. Contrairement, d'autres sur expriment leur sensibilité à la verse avec l'augmentation de la densité. En complément, chaque variété se caractérise par un niveau optimal de densité d'épis qu'il convient de rechercher.

Les semis précoces influencent également le risque de verse. Les tiges auront tendance à s'étiooler du fait de faibles rayonnements. Par ailleurs, une montaison précoce est fréquemment associée à des températures plus basses (moindre dominance apicale, donc davantage de maintien de nombreuses talles). Ces semis peuvent être également favorables au tallage excessif des cultures. Au final, une compétition et exubérance des tiges peuvent provoquer un allongement excessif des entre nœuds et un risque de verse accru. L'adaptation de la densité de semis à la date de semis et au type de sol permet de s'affranchir des peuplements excessifs en sortie d'hiver.

A la reprise de végétation, les conditions climatiques entre les stades épi 1 cm et 1-2 nœud sont également très importantes dans l'établissement du risque de verse. Lorsque les températures sont élevées, des changements physiologiques se produisent dans les plantes, induisant une moindre élongation des tiges ainsi qu'une régression des plus jeunes talles. Un important rayonnement lors de la montaison réduit l'étiolement des tiges en limitant la concurrence précoce pour la lumière : chaque tige ayant accès à une quantité suffisante de lumière, l'allongement excessif des premiers entre-nœuds est évité. A contrario, des précipitations autour du stade épi 1 cm conditionnent la valorisation des apports d'engrais minéraux, et donc la richesse en azote des tissus constituant la tige (Arvalis, 2015).

6. La lutte contre la verse

La rigidité de la tige s'acquiert au moment même de sa constitution. L'allongement des entre-nœuds dépend d'un déterminisme multiple : variété, conduite de culture (densité de semis, fertilisation azotée, qui conditionnent la densité de végétation et donc l'étiollement des tiges en concurrence pour la lumière), conditions climatiques (température, rayonnement, pluviométrie) et type de sol.

Le raisonnement de la **lutte contre la verse** doit donc, dans la mesure du possible, prendre en compte l'ensemble de ces paramètres. Les régulateurs de croissance agissent sur l'élongation des cellules de la tige, pour aboutir à des entre-nœuds plus courts ou à des parois plus épaisses et donc à des tiges plus solides (Arvalis, 2015).

7. La verse chez lentille

La verse chez la lentille se manifeste au niveau des tiges ou des branches durant la fin du remplissage des gousses. Elle est associée aux pluies tardives, aux vents forts et aux fissures dans les sols argileux. Le sens de la verse est principalement orienté par le vent dominant. Les semis précoces avec une densité de plantes élevée ont causé plus de verse que les semis tardifs avec une faible densité de plantes (Moes et Stobbe, 1991).

Une augmentation de la densité végétale entraîne une réduction du diamètre de la tige, ce qui augmente les chances à la verse (Erskine et Goodrich, 1988). Les effets de l'humidité accrue du sol sur le diamètre de la tige sont négligeables, mais une augmentation de l'humidité du sol entraîne une augmentation du rendement biologique, entraînant un rapport plus élevé du poids des branches à la surface de la tige basale, ce qui prédispose les plantes à la verse (Erskine et Goodrich, 1988).

7.1. Les conséquences de la verse sur le rendement de la lentille

Les plantes de la lentille tendent fréquemment à verser, ce qui entraîne des pertes élevées dues à une récolte mécanique. L'avantage du rendement en semences d'une variété tolérante à la verse par rapport à une variété sensible est passé de 9% avec une récolte manuelle à 39% avec une barre de coupe à double couteau, ce qui indique le rôle de la tolérance à la verse dans la réduction des pertes de récolte (Erskine et Goodrich, 1988). Afin d'aider le programme de sélection à mettre au point des cultivars tolérants à la verse, des informations de base sont nécessaires dans deux domaines principaux : premièrement, une analyse des variances génétiques, environnementales et l'interaction génotype x environnement pour la tolérance à la verse, et deuxièmement, les caractéristiques morphologiques associées à la verse. La tolérance doit être identifiée et l'impact de la sélection de ces caractéristiques sur le rendement en graines et en paille. Ces informations

devraient contribuer à améliorer l'efficacité d'un programme de sélection conçu pour accroître la tolérance à la verse de la lentille.

7.2. Les mécanismes de résistance à la verse

7.2.1 L'effet des génotypes sur la verse

Les génotypes offrant une bonne résistance à la verse sont souhaitables, car cette dernière entraîne des pertes de rendement si elle survient tôt dans le développement de la culture (Penaloza et Mera, 1988), ou si la culture est récoltée mécaniquement (Erskine et al., 1991). Les génotypes de lentilles présentent une résistance variable à la verse, ceux avec des tiges épaisses étant généralement les plus résistants (Erskine et Goodrich, 1988). Les pertes résultant de la récolte mécanique varient en fonction du génotype, du type de machine utilisé, de la topographie, de la maturité des cultures et de la gestion agronomique. Bien que les modifications des pratiques agronomiques requises pour produire une culture pouvant être récoltée mécaniquement aient été documentées (Saxena, 1987). L'effet direct des pratiques culturales sur la verse chez les lentilles n'a pas été étudié. Silim et al., (1989) ont constaté que les pertes dues à la récolte mécanique augmentaient avec la hauteur de la plante.

7.2.2. L'effet des caractères morphologiques sur la verse

La résistance à la verse de nombreuses cultures s'est améliorée grâce au développement de cultivars semi-nains, plus courts et moins susceptibles à la verse. Les cultivars semi-nains sont désavantagés en réduisant la biomasse sur pied, ce qui augmente le risque d'érosion du sol et réduit la concurrence contre les mauvaises herbes. Les plants de lentilles ont beaucoup moins de biomasse que la plupart des céréales et il existe moins d'herbicides pour lutter efficacement contre les mauvaises herbes. Par conséquent, des alternatives à la technologie semi-naine pour améliorer la résistance à la verse devraient être envisagées. Une méthode alternative a été la sélection de plantes présentant le caractère de tige rigide (McPhee et Muehlbauer, 1999).

7.2.3. L'effet des régulateurs de croissance

Les régulateurs de croissance des plantes, l'éthylène et l'acide gibbérellique, ont des effets opposés sur l'orientation des réseaux de microtubules et donc sur la direction de l'expansion cellulaire dans les cellules des jeunes pousses. L'acide gibbérellique favorise l'orientation nette du réseau de microtubules perpendiculairement à l'axe longitudinal de la cellule. Cela provoque un dépôt de cellulose correspondante qui permet uniquement aux cellules de s'allonger produisant de minces pousses allongées.

Mais si ces pousses sont traitées avec de l'éthylène, les réseaux de microtubules peuvent se réorienter en 1 heure vers une direction longitudinale nette. Les dépôts de cellulose dans cette

direction suivent, et maintenant les cellules ne se développent que latéralement, produisant des tiges épaisses résistantes à la verse (**Harms, 1986 ; Boutaraa, 1991 ; Brown, 1996**).

7.2.4 Impact des méthodes de récolte sur l'adaptation des lentilles

La production à grande échelle de la lentille dans les pays développés se fait avec des systèmes de récolte mécanisés, tandis que, dans des nombreux pays sous développés la récolte se fait à la main. Néanmoins, la récolte manuelle est considérée comme une contrainte majeure pour la production de lentilles et son coût élevé a provoqué une forte diminution de la production en Jordanie et en Syrie (**Erskine et al., 1991**).

La récolte mécanisée est un problème multidimensionnel qui peut être résolu en utilisant des cultivars appropriés, des méthodes telles que le laminage pour assurer un lit de semence lisse et une installation efficace pour les lentilles. La dessiccation ou l'enchevêtrement permet également une récolte en temps opportun, en particulier lorsque les températures baissent au moment de la récolte, comme au Canada (**Erskine et al., 1991**).

La sélection peut aider à la mécanisation de la récolte grâce à la mise au point des cultivars à hauteur élevée, qui mûrissent de manière uniforme et conservent leurs gousses et leurs graines à maturité. Dans ce contexte, des cultivars adaptés à la récolte mécanique ont été développés en Syrie, au Liban, en Irak et en Turquie et leur utilisation, combinée avec une récolte mécanisée, a permis d'accroître les revenus nets des producteurs (**Sarker et Erskine, 2002**). Cependant, aux États-Unis, les cultivars de grande taille, dressés, avaient un rendement inférieur et rivalisaient mal avec les mauvaises herbes par rapport aux types de ramification plus courts (**Muehlbauer et al., 1995**).

Erskine et Goodrich, (1988) ont constaté que la verse augmentait avec la hauteur de la plante et sa maturité tardive. Par conséquent, les génotypes grands ou tardifs devaient avoir une bonne résistance à la verse pour la récolte mécanisée. Les lignées de reproduction qui étaient dressées au moment de la récolte sont également plus susceptibles à l'égrenage à cause des vents violents, soulignant le besoin d'améliorer simultanément les deux caractères (**Materne et al, 2002**).

I. Matériels

1. Le matériel végétal étudié :

Deux accessions de lentille ont été utilisées dans cette étude. Les caractéristiques de ces génotypes sont mentionnées dans le tableau III.

Tableau III : Listes des génotypes et origines du l'espèce *Lens culinaris* Medik.

Espèce	Génotypes	Garniture Chromo	G	Origine	Source	Caractéristiques
<i>Lens culinaris</i> Medik	Syrie 229	2n=2x=14	F5	ICARDA	ITGC El Khroub	Semi-érigé. -Précoce. -Vigoureuse. -Très bonne qualité culinaire
	Idlep 1				ITGC (Mila)	-Couleur gris. -Taille microsperma. -très bonne rendement

II. Méthodes

1. Conditions expérimentales de site d'étude :

La géographie d'Ain Smara est la suivante (Figure 10):

➤ **Coordonnées géographiques:**

Latitude: 36.2674, Longitude: 6.50135

36° 16' 3" Nord, 6° 30' 5" Est

➤ **Superficie :**

17 500 hectares

175,00 km²

➤ **Altitude :**

Minimale 629 m, Maximale 629 m, Moyenne 629 m

➤ **Climat :**

Climat méditerranéen avec été chaud (Classification de Köppen: Csa)



Figure 10 : le champ d'étude (Maps, 2019).

2. Protocol expérimental :

L'essai a été conduit en parcelles divisées (split plot) à raison de 3 répétitions (blocs). Chaque bloc divisé en 3 grandes parcelles et chaque grande parcelle divisée en 3 micro parcelles, le micro parcelle contient le type de variétés, la date de semis et la dose de semis. Les Dimensions: Parcelles: 1/1 m, espaces entre les parcelles: 0.5/1 m, espaces entre les blocs: 3 m, diagonal: 20.5 m. Le dispositif expérimental a été généré par le logiciel Genstat version 12 (Genstat, 2015).

Les densités de semis appliquées dans l'essai sont: D1: 90 plants/m², D2: 120 plants/m² et D3: 150 plants/m². La dose de semis se calcul en fonction de la densité voulue et d'autres paramètres
 La dose = densité x PCG / faculté germinative.
 Unité de la dose de semis: gr/m²

3. Suivi de l'essai :

La préparation du sol a été faite en réalisant un travail minimal à l'aide d'une cover-crop (cultivateur à disque) et en appliquant un traitement phytosanitaire combiné fongicide/insecticide au moment de la floraison, l'AZOX : sa matière active est Azoxystrobine 250 g/l (dose de 250g/ha), BATON sa matière active est Bifenthrine 100g/l (dose de 100g/ha). Aucune fertilisation n'a été appliquée. Le contrôle des mauvaises herbes a été effectué en appliquant un désherbage manuel.

Le semis a été effectué manuellement passée au cours de 3 périodes la première le 31/10/2018, la deuxième le 11/12/2018 et la troisième le 10/01/2019.

La récolte a été faite à la main ; les gousses ont été récoltées et conservées dans des sachets.

4. Caractérisation morpho-agronomique

Les caractères étudiés sont les suivants:

- **Date à la floraison** : est un caractère basé sur l'observation au champ du stade de floraison de la plante.
- **Date à la maturité** : est un caractère basé sur l'observation au champ du stade de maturité de la plante.
- **Diamètre de la tige** : est un caractère mesuré par un appareil de mesure du diamètre de la tige
- **Hauteur de la première gousse fertile** : est la mesure de la hauteur de la plante entre la surface de la terre jusqu'à l'apparition de la première gousse fertile
- **Biomasse** : est la mesure de la masse de la matière vivante végétale présente à la fin de la récolte des graines.
- **Hauteur à la maturité** : est la mesure de la hauteur totale de la plante au stade maturité.
- **Poids de 100 graines** : est la mesure de poids de cent graines par la balance de poids à la fin de la récolte des graines
- **La verse** : est un caractère basé sur l'observation visuel au niveau de champ. Elle est mesurée entre 1 et 5 du haut en bas selon la courbure de la plante.
- **Poids totale de graines** : est la mesure de poids totale des graines par la balance de poids à la fin de la récolte des graines.

5. Analyses statistiques

Afin d'interpréter les résultats obtenus, nous avons réalisé une analyse de variance à un seul facteur. En cas d'effet significatif, les moyennes ont été comparées entre elles, par le test de p.p.d.s (au seuil de 5%).

Les données obtenues ont également fait l'objet d'une analyse en composantes principales (ACP). D'après Letourmy (1999), cette analyse descriptive a pour but la représentation sous forme de graphiques ou le classement des données contenues dans des tableaux populations x variables, de manière à en résumer l'information.

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide des logiciels suivant : Excel 2007, Gen Stat 2010 (Discovery Edition, version 03) et XI-STAT 2014 (version 6.1).

I. Résultats

1. Le rendement

Les résultats de l'analyse de la variance indiquent qu'il n'y a aucune différence significative entre les doses de semis sur le rendement en grains. Le rendement le plus élevé a été obtenu avec la dose 3 (26 kg) et le rendement le plus faible avec la dose 2 (28 kg) (Figure 11). Tandis que les dates de semis présentent une différence significative (Annexe 1). Le rendement le plus élevé a été obtenu avec la date 1 (35 kg) et le rendement le plus faible avec la date 3 (20 kg) (Figure 12). Les résultats de l'analyse par le test de la ppds (la plus petite différence significative) a fait ressortir deux groupes homogènes (Tableau IV).

Tableau IV : la différence entre les dates de semis sur le rendement en grains.

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
T1 vs T3	15,340	3,183	2,434	0,008	Oui a
T1 vs T2	10,044	2,084	2,434	0,106	Non b
T2 vs T3	5,297	1,099	2,434	0,520	Non b

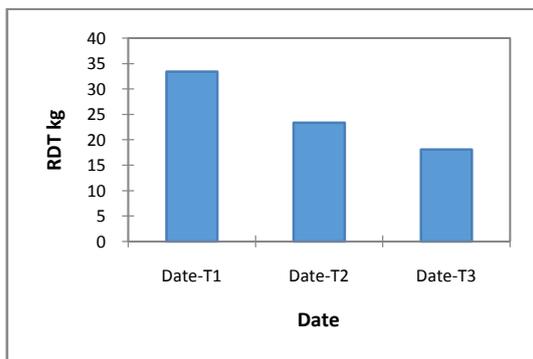


Figure 11 : effet de la date de semis sur le rendement en grains.

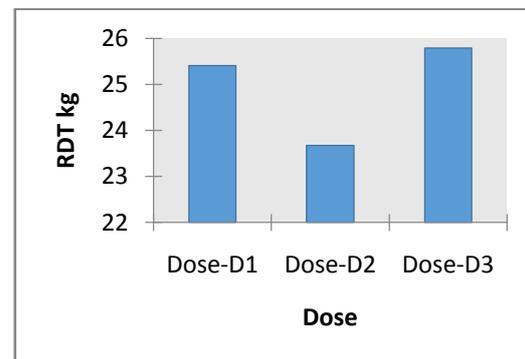


Figure 12 : effet de dose de semis sur le rendement en grains.

Les interactions date/dose de semis ne présentent aucune différence significative entre elles. Le rendement le plus élevé a été obtenu avec l'interaction date 1/dose 1 (35 kg) et le rendement le plus faible avec l'interaction date 3/dose 2 (15 kg) (Figure 13).

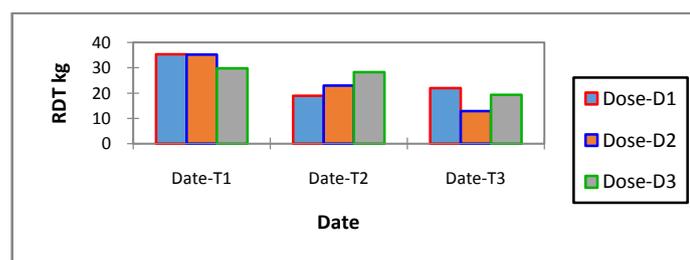


Figure 13 : effet de dose de semis/date de semis sur le rendement en grains.

Les interactions doses de semis/variétés et dates de semis/variétés ne présentent aucune différence significative. Les rendements les plus élevés ont été obtenu avec les interactions dose 3/var I (28kg) et date 1/var I (35kg) et les rendements les plus faibles avec les interactions dose 2/var I (20kg) et date 3/var S (15kg) (Figure 14 et15).

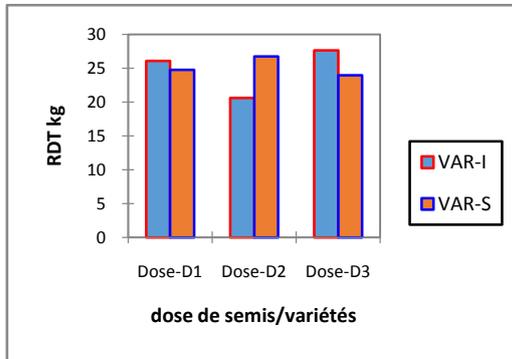


Figure 14 : Effet de dose de semis/variété sur le rendement

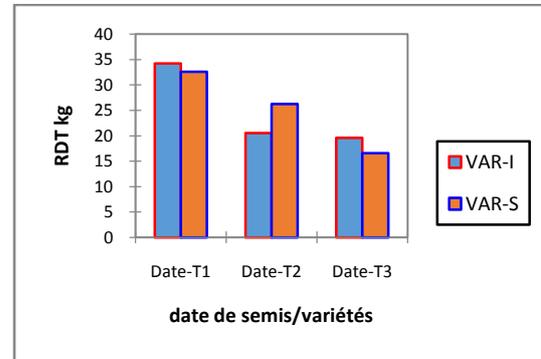


Figure 15 : Effet de date de semis/variété sur le rendement

2. Hauteur à la maturité

Les résultats de l’analyse de la variance indiquent que les dates de semis ne présentent pas une différence significative sur la hauteur à maturité de lentille. La hauteur la plus haute a été obtenu avec la date 2 (44cm), la hauteur la plus basse a été obtenu avec la date 1 (41,5cm) (figure 16). Tandis qu’il ya une signification entre les doses de semis sur la hauteur à maturité de lentille (Annexe 2). La hauteur la plus haute a été obtenu avec la dose 2 (45cm) et la hauteur la plus basse avec la dose 1(39,5cm) (figure 17). Les résultats de l’analyse par le test de la ppps a fait ressortir deux groupes homogènes (Tableau V).

Tableau V : la différence entre les doses de semis sur la hauteur à la maturité.

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
D2 vs D1	5,093	3,334	2,434	0,005	Oui a
D2 vs D3	0,593	0,388	2,434	0,921	Non b
D3 vs D1	4,500	2,946	2,434	0,014	Oui a

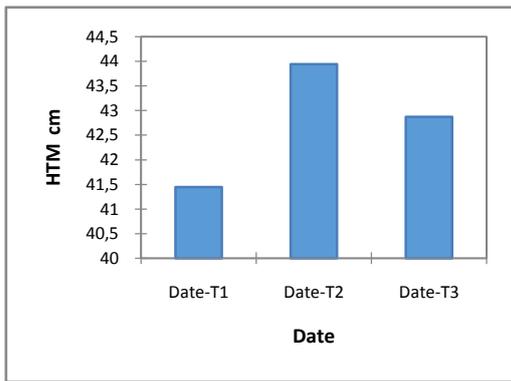


Figure 16 : Effet de date de semis sur la hauteur à la maturité.

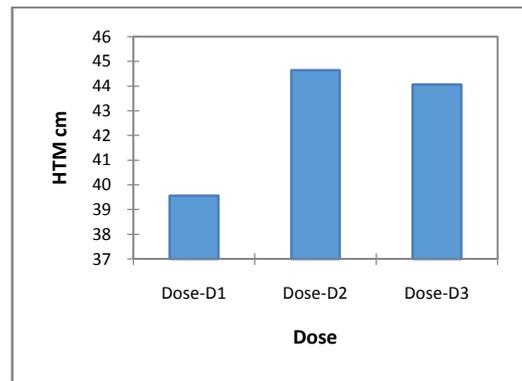


Figure 17 : Effet de dose de semis sur la hauteur à la maturité.

Les interactions date/dose de semis présentent une différence significative sur la hauteur à maturité (Annexe 3). La hauteur la plus haute a été obtenue avec l'interaction dose de semis 2/ la date de semis 2 (45cm), et la hauteur la plus basse a été obtenue avec la dose 1/ la date de semis 1 (35cm) (figure 18). Les résultats de l'analyse par le test de la ppsd a fait ressortir deux groupes homogènes (tableau VI).

Tableau VI : la différence des interactions date/dose de semis sur l'hauteur à la maturité.

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
D2*T2 vs D1*T1	10,611	4,010	3,277	0,007	Oui a
D2*T2 vs D1*T2	6,056	2,289	3,277	0,373	Non b
D2*T2 vs D1*T3	4,667	1,764	3,277	0,704	Non b
D2*T2 vs D3*T3	4,222	1,596	3,277	0,801	Non b
D2*T2 vs D2*T1	3,556	1,344	3,277	0,911	Non b
D2*T2 vs D2*T3	2,500	0,945	3,277	0,989	Non b
D2*T2 vs D3*T2	2,111	0,798	3,277	0,996	Non b
D2*T2 vs D3*T1	1,500	0,567	3,277	1,000	Non b
D3*T1 vs D1*T2	4,556	1,722	3,277	0,730	Non b

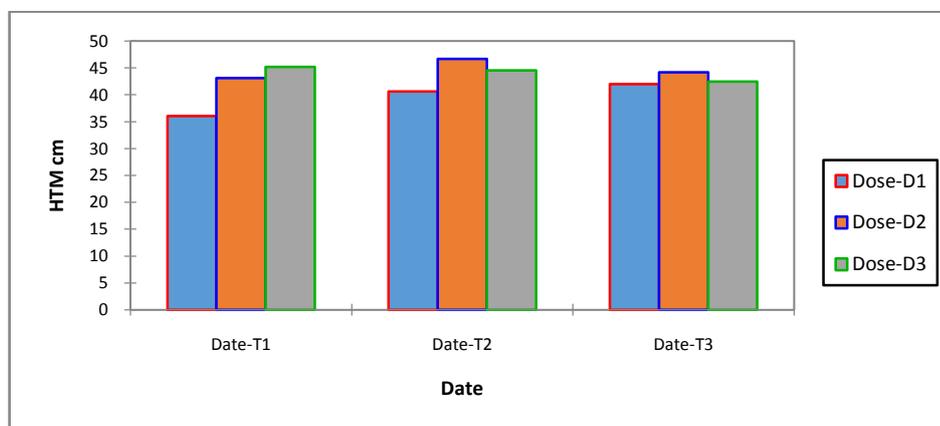


Figure 18 : Effet de dose de semis/date de semis sur hauteur à la maturité.

Les interactions date de semis/variété ne présentent aucune différence significative. La hauteur la plus haute a été obtenue avec la date de semis 2 chez la variété idleb 1 (45cm) et la hauteur la plus basse avec la date de semis 1(41,5cm) (figure 19). Les interactions doses de semis/variétés présentent une différence significative sur la hauteur à maturité de lentille chez la variété idleb 1. On trouve la hauteur la plus haute avec la dose de semis 3 (45cm), et la hauteur la plus basse avec la dose 1(38cm) (figure 20). Cependant qu'il n y pas de différence significative chez la variété Syrie 229. On trouve la hauteur la plus haute avec la dose de semis 2 (40cm), et la hauteur la plus basse avec la dose 1(40cm). Les résultats de l'analyse par le test de la pdds a fait ressortir deux groupes homogènes (tableau VII).

Tableau VII : la différence des interactions date/ variétés de semis sur l'hauteur à la maturité.

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
D3*I vs D1*I	6,630	3,069	2,992	0,042	Oui a
D3*I vs D1*S	4,852	2,246	2,992	0,240	Non b
D3*I vs D3*S	2,481	1,149	2,992	0,858	Non b
D3*I vs D2*S	1,037	0,480	2,992	0,997	Non b
D3*I vs D2*I	0,259	0,120	2,992	1,000	Non b
D2*I vs D1*I	6,370	2,949	2,992	0,055	Non b
D2*I vs D1*S	4,593	2,126	2,992	0,295	Non b
D2*I vs D3*S	2,222	1,029	2,992	0,905	Non b
D2*I vs D2*S	0,778	0,360	2,992	0,999	Non b
D2*S vs D1*I	5,593	2,589	2,992	0,124	Non b
D2*S vs D1*S	3,815	1,766	2,992	0,498	Non b
D2*S vs D3*S	1,444	0,669	2,992	0,984	Non b
D3*S vs D1*I	4,148	1,920	2,992	0,405	Non b
D3*S vs D1*S	2,370	1,097	2,992	0,880	Non b
D1*S vs D1*I	1,778	0,823	2,992	0,962	Non b

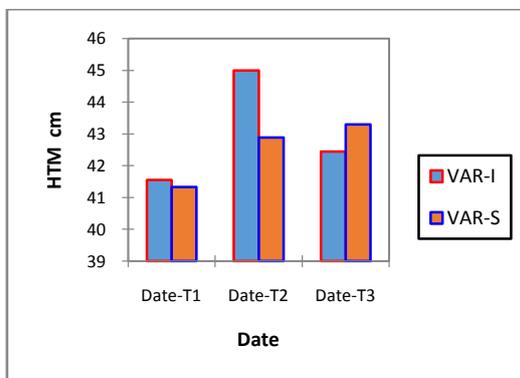


Figure 19 : Effet de date de semis/variété sur l'hauteur à la maturité.

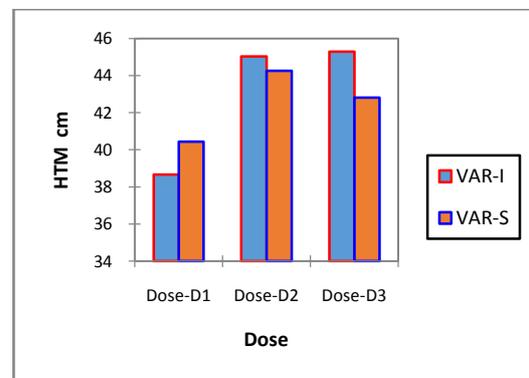


Figure 20 : Effet de dose de semis/variété sur l'hauteur à la maturité.

3. Diamètre de la tige

Les résultats de l'analyse de la variance indiquent qu'il y a une différence significative entre les dates de semis sur le diamètre de la tige. Le grand diamètre a été obtenu avec la date 1(3mm) et le petit diamètre a été obtenu avec la date 3(2,5mm) (Figure 21). Les résultats de l'analyse par le test de la pps a fait ressortir deux groupes homogènes (tableau VIII). Aussi qu'il y a une différence significative entre les doses de semis sur le diamètre de la tige. Le grand diamètre a été obtenu avec la dose 1(3mm) (figure 22), le petit diamètre a été obtenu avec la dose 3(2,5mm). Les résultats de l'analyse par le test de la pps a fait ressortir deux groupes homogènes (tableau VIII).

Tableau VIII : la différence entre les doses de semis sur le diamètre de la tige.

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
D1 vs D3	0,513	4,035	2,434	0,001	Oui
D1 vs D2	0,372	2,931	2,434	0,015	Oui
D2 vs D3	0,140	1,105	2,434	0,517	Non
T1 vs T3	0,711	5,596	2,434	< 0.0001	Oui
T1 vs T2	0,376	2,957	2,434	0,014	Oui
T2 vs T3	0,335	2,639	2,434	0,031	Oui

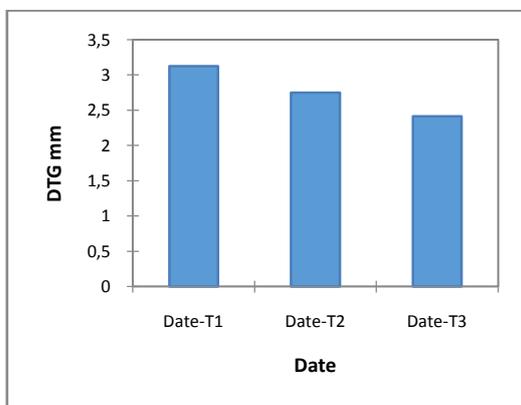


Figure 21 : Effet de date de semis sur le diamètre de la tige.

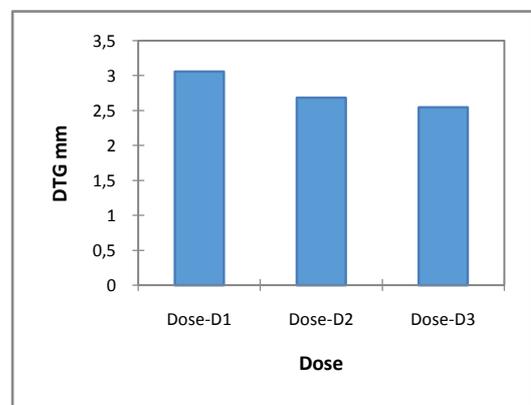


Figure 22 : Effet de dose de semis sur le diamètre de la tige.

Les interactions date/dose de semis présentent une différence significative (Annexe 4). Le grand diamètre a été obtenu avec l'interaction dose 1/date 1(3mm) (figure 23), le petit diamètre a été obtenu avec les interactions dose 3/date 3 (2,5mm). Les résultats de l'analyse par le test de la pps a fait ressortir deux groupes homogènes (Tableau IX)

Tableau IX : la différence des interactions date/dose de semis sur le diamètre de la tige.

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
D1*T1 vs D3*T3	1,284	5,833	3,277	< 0.0001	Oui a
D1*T1 vs D2*T3	1,117	5,074	3,277	0,000	Oui a
D1*T1 vs D3*T2	0,933	4,241	3,277	0,004	Oui a
D1*T1 vs D1*T3	0,762	3,461	3,277	0,032	Oui a
D1*T1 vs D2*T2	0,754	3,425	3,277	0,035	Oui a
D1*T1 vs D3*T1	0,552	2,506	3,277	0,259	Non b
D1*T1 vs D2*T1	0,477	2,168	3,277	0,445	Non b
D1*T1 vs D1*T2	0,469	2,130	3,277	0,468	Non b
D1*T2 vs D3*T3	0,815	3,703	3,277	0,017	Oui b
D1*T2 vs D2*T3	0,648	2,943	3,277	0,109	Non b

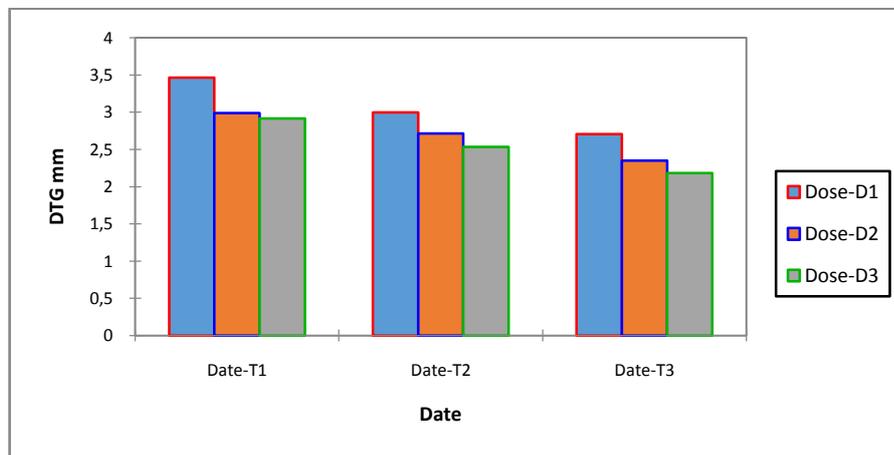


Figure 23 : Effet de dose de semis/date de semis sur le diamètre de la tige.

Les interactions doses de semis/variétés et dates de semis/variétés présentent une différence significative. Le grand diamètre a été obtenu avec les interactions dose 1/var I (3,4mm) et date 1/var I (3,3mm) et le petit diamètre avec les interactions dose 3/var S (2,5mm) et date 3/var S (2,5mm) (Figure 24 et 25). Les résultats de l'analyse par le test de la ppps a fait ressortir deux groupes homogènes (Tableau X).

Tableau X: la différence des interactions date/ variétés et doses de semis/variétés de semis sur le diamètre de la tige.

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
D1*I vs D3*S	0,674	3,751	2,992	0,007	Oui a
D1*I vs D3*I	0,611	3,399	2,992	0,018	Oui a
D1*I vs D2*S	0,519	2,885	2,992	0,064	Non b
D1*I vs D2*I	0,486	2,702	2,992	0,097	Non b
D1*I vs D1*S	0,259	1,443	2,992	0,701	Non b
D1*S vs D3*S	0,415	2,308	2,992	0,215	Non b
D1*S vs D3*I	0,351	1,956	2,992	0,385	Non b
D1*S vs D2*S	0,259	1,443	2,992	0,701	Non b
D1*S vs D2*I	0,226	1,259	2,992	0,805	Non b
D2*I vs D3*S	0,189	1,049	2,992	0,898	Non b
D2*I vs D3*I	0,125	0,697	2,992	0,981	Non b
D2*I vs D2*S	0,033	0,183	2,992	1,000	Non b
D2*S vs D3*S	0,156	0,866	2,992	0,952	Non b
D2*S vs D3*I	0,092	0,513	2,992	0,995	Non b
D3*I vs D3*S	0,063	0,352	2,992	0,999	Non b

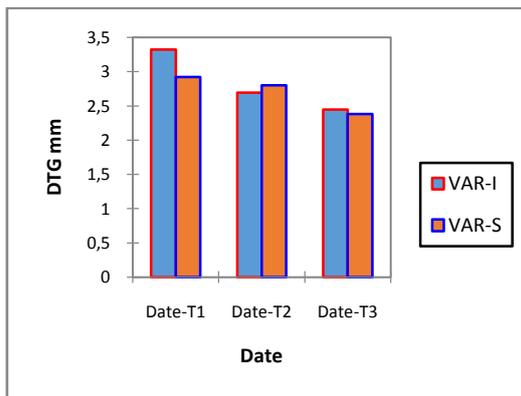


Figure 24 : Effet de date de semis/variété sur le diamètre de la tige.

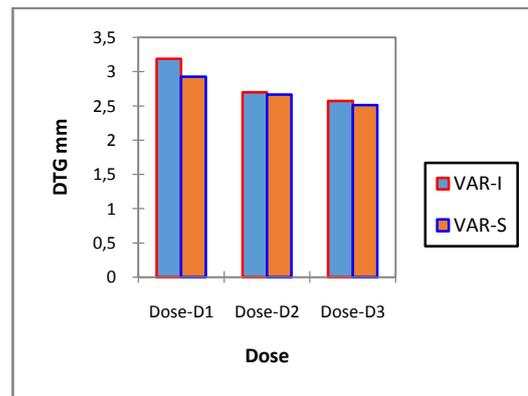


Figure 25 : Effet de dose de semis/variété sur le diamètre de la tige.

4. La verse

Les résultats de l'analyse de la variance indiquent que les dates de semis présentent une différence significative (Annexe 5). Le maximum de la verse a été obtenu avec la date 1 (3), le minimum de la verse a été obtenu avec la date 3 (2,5) (figure 26). qu'il n'y a aucune différence significative entre les doses de semis sur la verse (Annexe), le maximum de la verse a été obtenu avec la dose 3 (2,9) et le minimum de la verse a été obtenu avec la dose 2 (2,75) (figure 27). Tandis Les résultats de l'analyse par le test de la ppds a fait ressortir deux groupes homogènes (tableau XI).

Tableau XI: la différence entre les dates de semis sur la verse.

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
T1 vs T2	0,611	3,043	2,434	0,011	Oui a
T1 vs T3	0,333	1,660	2,434	0,233	Non b
T3 vs T2	0,278	1,383	2,434	0,359	Non b

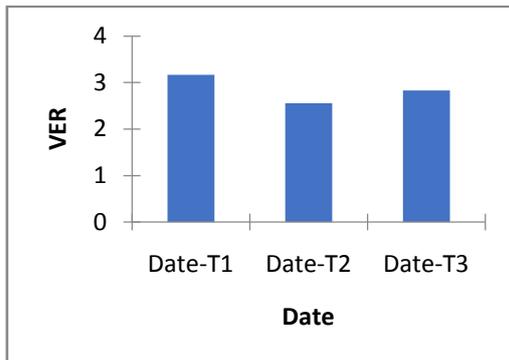


Figure 26 : Effet de date de semis sur la verse.

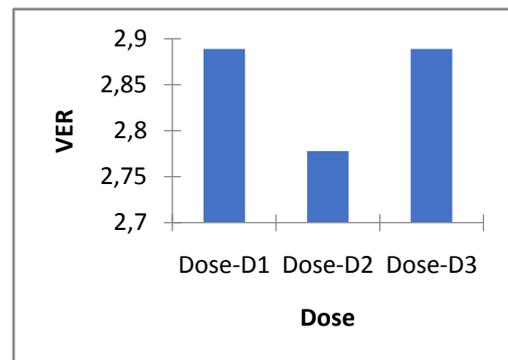


Figure 27 : Effet de dose de semis sur la verse.

Les interactions date/dose de semis ne présentent aucune différence significative entre elles, le maximum de la verse a été obtenu avec les interaction date 1/dose 1, date 1/dose 2, et date 1/dose 3 (3), le minimum de la verse a été obtenu avec les interaction date 2/dose 1 et date 2/dose 2 (2,75) (figure 28).

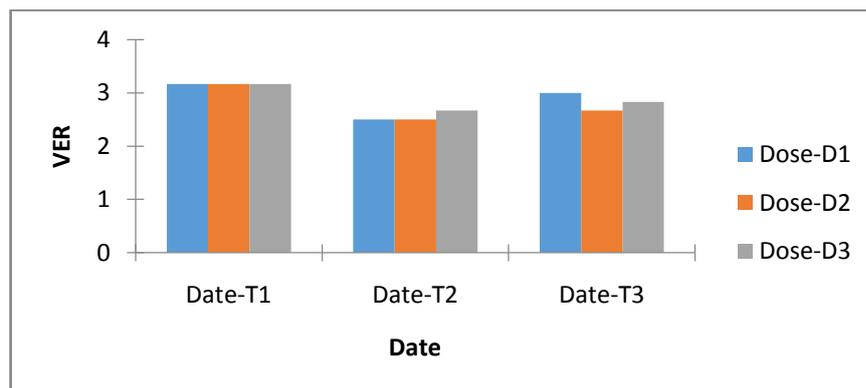


Figure 28 : Effet de dose de semis/date de semis la verse.

Les interactions doses de semis/varieties et dates de semis/varieties ne présentent aucune différence significative sur la verse, le maximum de la verse a été obtenu avec les interaction dose 1/var I, dose1/var S, dose 2/var S, dose 3/var I, dose3/var S (2,9) et date1/var

I (3,2) (figure et), le minimum de la verse a été obtenu avec les interaction dose 2/var I (2,6) et date 2/var I, (**figure 29 et 30**).

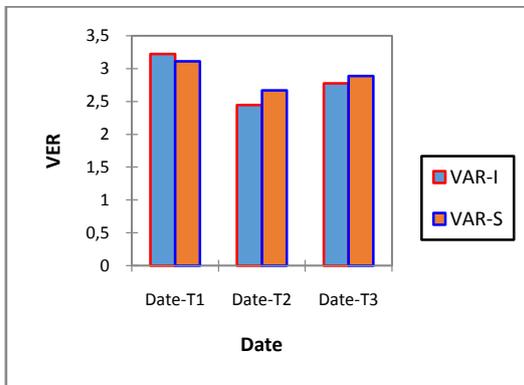


Figure 29 : Effet de date de semis/variété sur la verse.

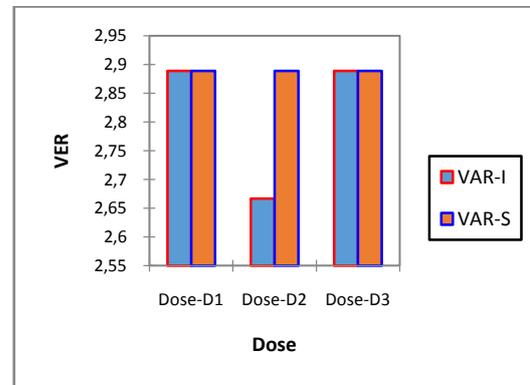


Figure 30 : Effet de dose de semis/variété sur la verse.

5. Poids de cent graines

Les résultats de l'analyse de la variance indiquent que la date de semis ne présente pas une différence significative sur poids de cent graines. Le poids le plus élevé a été obtenu avec la date 2 (3,95g) et le poids le plus faible avec la date 1 (3,91g) (**Figure 31**). Aussi il n'y pas une différence significative entre les doses de semis sur poids de cent graine. Le poids le plus élevé a été obtenu avec la dose 2 (3,98g) et le poids le plus faible avec la dose 1 (3,88g) (**Figure 32**).

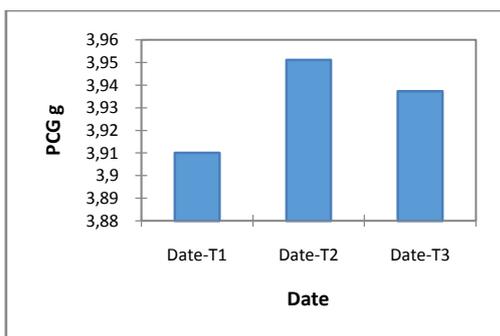


Figure 31 : Effet de date de semis sur le poids de cent graines.

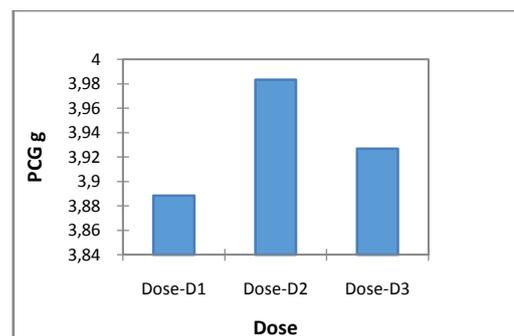


Figure 32 : Effet de dose de semis sur le poids de cent graines.

Les interactions date/dose de semis ne présentent aucune différence significative entre elles sur poids de cent graines, Le poids le plus élevé a été obtenu avec l'interaction dose 2/date 3 (4,1g) et le poids le plus faible avec l'interaction dose 1/date 3 (3,8g) (**Figure 33**).

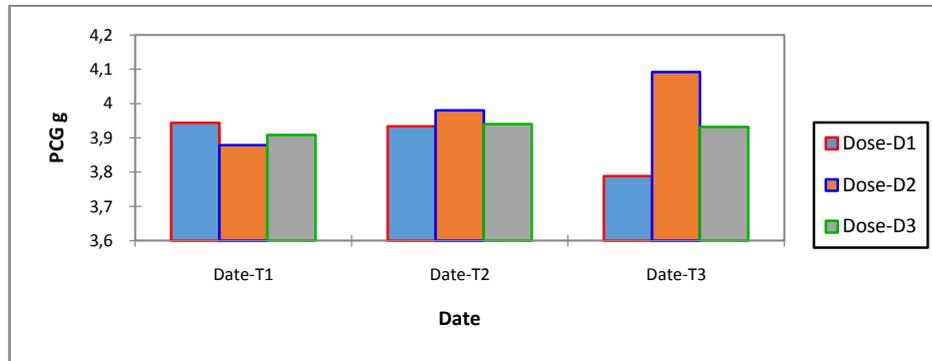


Figure 33 : Effet de dose de semis/date de semis sur poids de cent graines.

Les interactions doses de semis/variétés et dates de semis/variétés présentent une différence très hautement significative sur le poids de cent graines (Annexe 6). Le poids le plus élevé a été obtenu avec les interactions dose 3/var I (4,2) et date 2/var I (4,5g) et le poids le plus faible avec les interactions dose 2/var S (3,6g) et date 3/var S (3,8g) (**Figure 34et 35**). Tandis Les résultats de l'analyse par le test de la pdds a fait ressortir deux groupes homogènes (**Tableau XII**).

Tableau XII : la différence des interactions date/ variétés et doses de semis/variétés de semis sur poids de cent graines.

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
D3*I vs D1*S	0,617	5,887	2,992	< 0.0001	Oui a
D3*I vs D3*S	0,600	5,728	2,992	< 0.0001	Oui a
D3*I vs D2*S	0,468	4,466	2,992	0,001	Oui a
D1*I vs D1*S	0,557	5,314	2,992	< 0.0001	Oui a
D1*I vs D3*S	0,540	5,155	2,992	0,000	Oui a
D2*I vs D1*S	0,598	5,707	2,992	< 0.0001	Oui a
D2*I vs D3*S	0,581	5,548	2,992	< 0.0001	Oui a
D2*I vs D2*S	0,449	4,285	2,992	0,001	Oui a
D1*I vs D2*S	0,408	3,893	2,992	0,005	Oui a
D2*I vs D1*I	0,041	0,392	2,992	0,999	Non b
D3*I vs D1*I	0,060	0,573	2,992	0,992	Non b
D3*I vs D2*I	0,019	0,180	2,992	1,000	Non b
D2*S vs D1*S	0,149	1,421	2,992	0,714	Non b
D2*S vs D3*S	0,132	1,262	2,992	0,803	Non b
D3*S vs D1*S	0,017	0,159	2,992	1,000	Non b

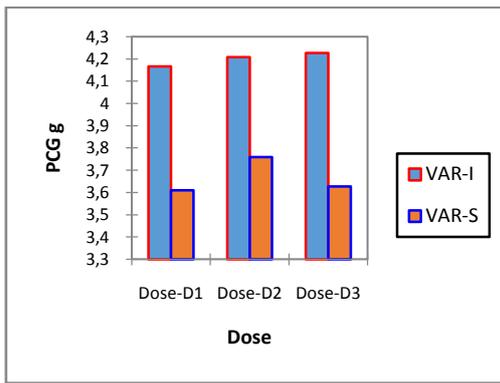


Figure 34 : Effet de dose de semis/variété sur le poids de cent graines.

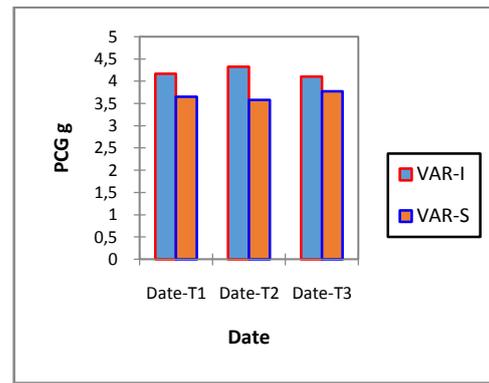


Figure 35 : Effet de date de semis/variété sur le poids de cent graines.

6. Date à la floraison

Les résultats de l'analyse de la variance indiquent qu'il n'y a aucune différence significative entre les doses de semis sur la date à la floraison, la première date de floraison était pendant 60 jours avec la dose 1 et la dernière date de floraison était pendant 80 jours avec la dose 2 (**Figure 36**). Aussi la date de semis et l'interaction des dates de semis ne présentent pas une différence significative sur la date à la floraison, la première date de floraison était pendant 67 jours avec la dose 1 et la dernière date de floraison était pendant 79 jours avec la dose 2 (**Figure 37**) (Annexe 7).

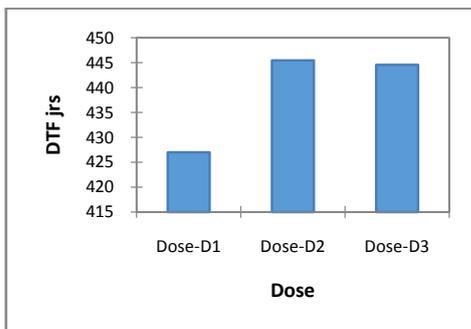


Figure 36 : Effet de dose de semis sur la date à la floraison.

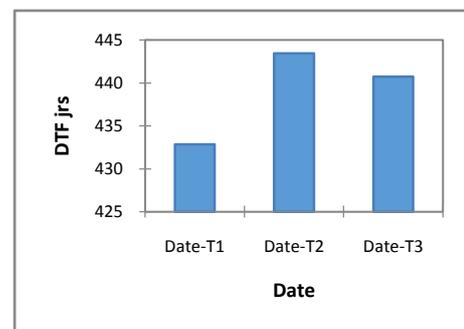


Figure 37 : Effet de date de semis sur la date à la floraison.

Les interactions date/dose de semis ne présentent aucune différence significative entre elles sur la date à la floraison, la première date de floraison était pendant 25 jours avec Les interactions dose 2/date1 et dose 3/date1 la dernière date de floraison était pendant 85 jours avec l'interaction dose 1/date 1 (**Figure 38**).

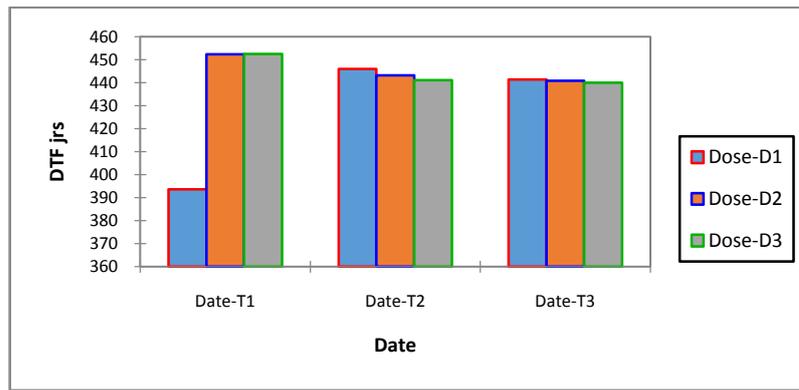


Figure 38 : Effet de dose de semis/date de semis la Date à la floraison.

Les interactions doses de semis/varieties et dates de semis/varieties ne présentent aucune différence significative sur la date à la floraison, la première date de floraison était pendant 35 jours et 45 jours avec dose 1/var I et date 1/var I successivement et la dernière date de floraison était pendant 85 jours et 90 jours avec l'interaction doses 1, 2, 3/var S et date 1 /var S successivement (**Figure 39 et 40**).

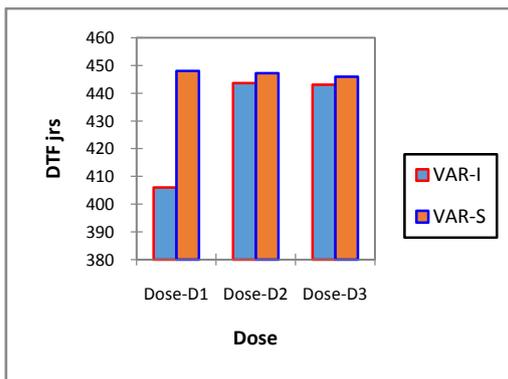


Figure 39 : Effet de dose de semis/varieté sur la Date à la floraison.

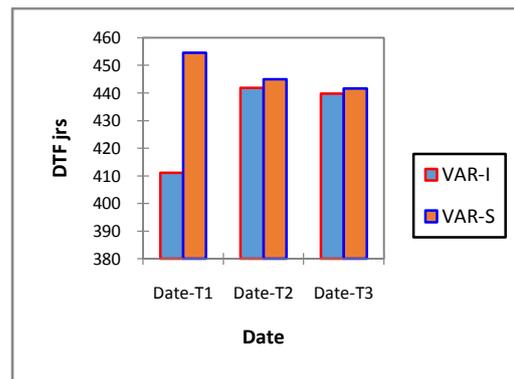


Figure 40 : Effet de date de semis/varieté sur la Date à la floraison.

7. Date à la maturité

Les résultats de l'analyse de la variance indiquent qu'il n'y a aucune différence significative entre les doses de semis sur la date à la maturité, la première date de maturité était pendant 120 jours avec la dose 1 et la dernière date de maturité était pendant 140 jours avec la dose 2 (**Figure 41**). Aussi la date de semis et l'interaction des dates de semis ne présentent pas une différence significative sur la date à la maturité, la première date de maturité était pendant 125 jours avec la dose 3 et la dernière date de maturité était pendant 139 jours avec la dose 2 (**Figure 42**) (Annexe 7).

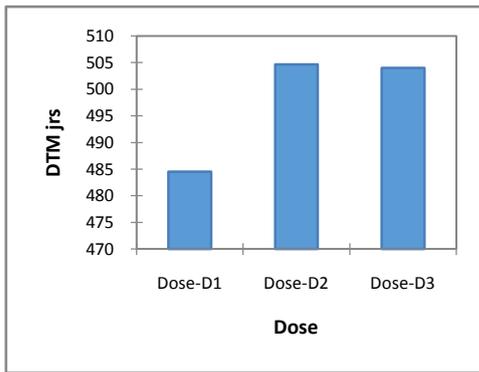


Figure 41: Effet de dose de semis sur la Date à la maturité.

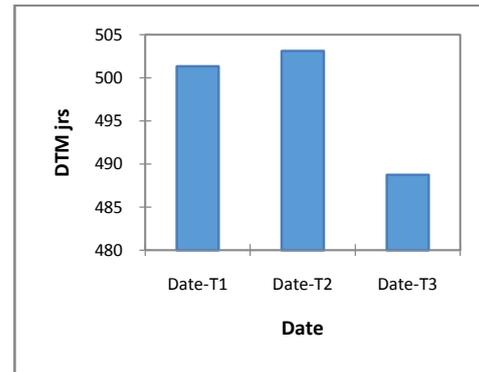


Figure 42 : Effet de date de semis sur la Date à la maturité.

Les interactions date/dose de semis ne présentent aucune différence significative entre elles sur la date à la maturité, la première date de maturité était pendant 95 jours avec Les interactions dose 1/date1 et la dernière date de maturité était pendant 155 jours avec l'interaction dose 3/date 1 (**Figure 43**).

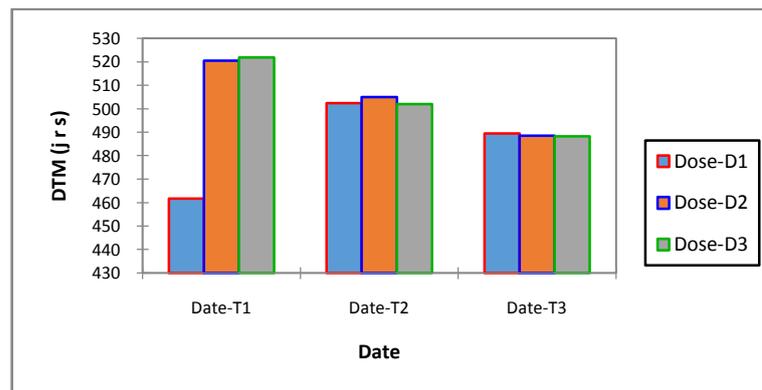


Figure 43 : Effet de dose de semis/date de semis la Date à la maturité.

Les interactions doses de semis/varieties et dates de semis/varieties ne présentent aucune différence significative sur la date à la maturité, la première date de maturité était pendant 95 jours et 115 jours avec dose 1/var S et date 1/var S successivement et la dernière date de maturité était pendant 145 jours et 155 jours avec l'interaction doses 2/var I et date1 /var I successivement (**Figure 44 et 45**).

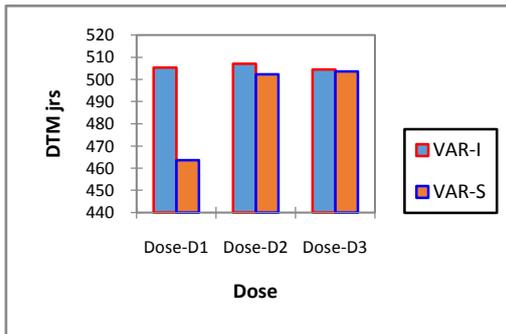


Figure 44 : l'effet de dose de semis/variété sur la Date à la maturité.

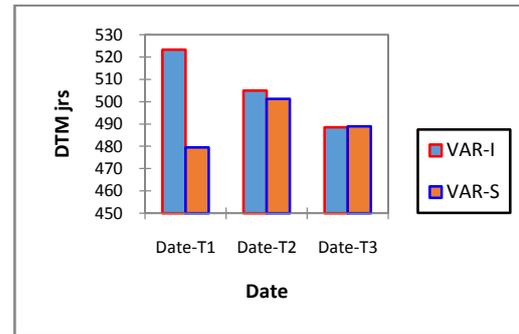


Figure 45 : l'effet de date de semis/variété sur la Date à la maturité.

II. Discussions

- **Le rendement**

Selon Erskine et Goodrich (1988), la récolte mécanique augmente les pertes de rendement biologique dues à la verse de 12% par rapport aux rendements obtenus par la récolte manuelle en conditions pluviales et de 24% au plus haut degré d'humidité du sol. Il est suggéré d'utiliser une irrigation supplémentaire pendant les saisons sèches lors d'essais visant à sélectionner des géotypes résistants à la verse.

- **Diamètre de la tige**

Selon Erskine et Goodrich (1988), une augmentation de la population végétale entraîne une réduction du diamètre de la tige, ce qui augmente les chances de la verse. Les effets de l'humidité accrue du sol sur le diamètre de la tige sont négligeables, mais une augmentation de l'humidité du sol entraîne une augmentation du rendement biologique, entraînant un rapport plus élevé du poids des gousses à la surface de la tige basale, ce qui prédispose les plantes à la verse.

- **Hauteur à la maturité**

Erskine et Goodrich (1988) ont constaté que la verse augmentait avec la hauteur de la plante et sa maturité tardive. Par conséquent, les géotypes grands ou tardifs devraient avoir une bonne résistance à la verse pour la récolte à la machine. Les lignées de reproduction dressées au moment de la récolte sont également plus sujettes à largage des gousses dû aux vents violents.

- **La verse**

Selon Mera, (1987), la verse ne peut être mesurée sur des plantes individuelles ou des rangées individuelles en raison d'effets voisins. Mais seulement sur des parcelles bordées.

Ainsi, la sélection n'est possible que s'il y a suffisamment de semences pour un test de rendement. Le sélectionneur a besoin de caractères étroitement liés à la verse qui peuvent être mesurés sur des plantes isolées afin de sélectionner des plantes isolées pour la résistance à la verse. L'analyse du coefficient de résistance a indiqué le potentiel de diamètre de la tige à cet égard. En moyenne, les lignées à tiges épaisses sont les moins logées. Cela peut être dû à une plus grande quantité de tissu vasculaire dans les tiges épaisses entraînant une lignification plus importante que dans les tiges plus minces. Il sera donc important de surveiller la qualité de la paille lors du choix de tiges plus épaisses.

Solon Moes et Stobbe, (1991), les moyens traditionnels de contrôle de la verse ont consisté à restreindre l'application d'engrais et à réduire la densité des plants.

Solon Moes et Stobbe, (1991), les semis précoces avec une densité de plantes élevée ont causé plus de verse que les semis tardifs avec une faible densité de plantes.

- **Date à la floraison**

Selon Erskine et Goodrich (1988), la croissance verticale élevée et la résistance à la verse sont un trait important à la sélection dans les pays développés. Le port dressé est essentiel pour l'adaptation à la récolte à la machine tout en réduisant le risque que les gousses entrent en contact avec la surface du sol, causant ainsi des taches, la pourriture des semences et une baisse de qualité du produit. L'indice de hauteur des plantes en tant qu'outil de sélection a été établi par le programme de sélection américain. Selon la procédure, le rapport hauteur de la canopée à maturité par rapport à la hauteur de la canopée au stade de la floraison complète est calculé et utilisé comme trait sélectionnable. Les sélections avec des ratios proches de 1,0 sont considérées comme ayant une bonne résistance à la verse, alors que des ratios plus faibles indiquent une résistance inférieure.

- **Biomasse**

Selon McPhee et Muehlbauer, (1999), la résistance à la verse de nombreuses cultures s'est améliorée grâce au développement de cultivars semi-nains, plus courts et moins susceptibles à la verse. Les cultivars semi-nains sont désavantagés en réduisant la biomasse sur pied, ce qui augmente le risque d'érosion du sol et réduit la concurrence contre les mauvaises herbes. Les plants de lentilles ont beaucoup moins de biomasse que la plupart des céréales et il existe moins d'herbicides pour lutter efficacement contre les mauvaises herbes. Par conséquent, des alternatives à la technologie semi-naine pour améliorer la résistance à la verse devraient être envisagées. Une méthode alternative serait la sélection de plantes présentant le caractère de tige rigide. La rigidité accrue de la tige permet aux plantes de

résister aux lourdes charges végétatives de la canopée aérienne sans réduire la hauteur des plantes

Conclusion

La lentille est l'une des cultures de légumineuses qui a besoin de techniques culturales plus en plus précises à cause de sa grande sensibilité. La production de lentille est toujours limitant parce qu'elle est liée à un certain nombre de facteurs tant abiotiques (irrégularité dans les précipitations pluviales, techniques agricoles, nature des sols), que biotiques (potentiel génétique, maladies, ravageurs), et autres différents problèmes. Parmi ces problèmes la verse qui est un accident végétatif causé soit par des phénomènes météorologiques soit par des maladies.

Les pertes de rendement à la récolte sont souvent dues à la difficulté de récolte mécanique avec une augmentation de la verse.

La verse apparaît au niveau des tiges ou des branches de la lentille durant la fin de la période du remplissage des graines. Les principales causes de la verse chez la lentille sont la date et la dose de semis, en effet l'augmentation de la population végétale entraîne une réduction du diamètre de la tige, aussi le semis précoce influe sur la hauteur de la tige ce qui expose la plante à des maladies. Pour améliorer la production de cette culture il faut utiliser le semis direct avec une faible densité.

Afin d'aider le programme de sélection à mettre au point des cultivars tolérants à la verse, des informations de base sont nécessaires dans deux domaines principaux: premièrement, un examen dans la lentille des variances génétique, environnementale et génotype x environnementale pour la tolérance à la verse, et deuxièmement, les caractéristiques morphologiques associées à la verse. La tolérance doit être identifiée et l'impact de la sélection de ces caractéristiques (la hauteur de la plante, diamètre de la tige, la biomasse, le poids des graines) sur le rendement en graines et en paille ainsi que sur la verse doit être quantifié. Ces informations devraient contribuer à améliorer l'efficacité d'un programme de sélection conçu pour accroître la tolérance à la verse de la lentille.

Références bibliographiques

1. **Ahmed I., Iftikar S. et Bhulta A.R(1993)**. Seed borne microorganism and their biocontrol by chilson. *Phytoparasitica*. 34(2):213-213.
2. **Ait Abdellah (2011)**. Culture et cout de production des grandes cultures. 84. ISBN:978-9961-881-18-7.
3. **Anonyme . (2000)**. Pulse production manual. Saskatchewan Pulse Growers.
4. **Anonyme . (2002)**. Lentil in Saskatchewan. Saskatchewan Agriculture and Food,
5. **Arvalis, 2015**. Terre-net Média disponible sur www.ARVALIS-infos.fr mar. 10 mars 2015 (visite le 06/03/2019).
6. **Arumuganathan, K. Earle, E. (1991)**. Nuclear DNA content of some important plante Species plant *Mol. Biol.* p208-218.
7. **Baljeet, S.Y. Ritika, B.Y et Reena, K. (2014)**. “Effect of incorporation of CaronPomace powder and germinated chickpea flour on the quality characteristics of biscuits. ” *International Food Research Journal*, (21), 217–222.
8. **Bamouh A.(1999)**. Fiche technique, la lentille amélioration de la culture des légumineuses alimentaires(ACLA), direction de la production végétale.
9. **Barulina, H. (1930)**. Lentils of the USSR and other countries. *Bulletin of Applied Botany, Genetics and Plant Breeding* Supplement 40. USSR Institute of Plant Industry of the Lenin Academy of Agricultural Science Leningrad, USSR, pp. 265.
10. **Bejiga. 2006**. *Lens culinaris* Medik. Fiche de Protabase. Brink, M. and Belay G.(Editeurs). PROTA (Plant Resources of Tropical African/ Ressources végétales de l’Afrique tropicale), Wageningen. Pays Bas.
11. **Belabid L. (2003)**. La fusariose vasculaire de la lentille (*Lens culinaris* Med) dans le nord ouest Algérien : morphologie et diversité génétique chez *Fusarium oxysporium* (Schlecht). Emend. Set H. F. sp. Lentis (Vasud. Et Sринi) en relation avec la répartition géographique et le pouvoir pathogène. Thèse de Doctorat. Université d'Oran.
12. **Boutaraa, T. (1991)**. Effect of drought and ethel on ultrastructure and some yield components of wheat varieties cultivated in Algeria. MSc Thesis, E.N.S.V. Kouba, Algiers, Algeria.
13. **Brink M, Belay G. (2006)**. Céréales et légumes secs, ressources végétales de l’Afrique tropicale. Fondation Prota, Wageningen, Pays-Bas. P:102
14. **Brink M. et Bellay G. K. P. (2006)**. *Vignasubterranea* (L.) Verdc.. Record from Protabase.
15. **Brown, B. (1996)**. Lodging. The Cereal Sentinel. Cooperative Extension System No. 10, pp. 2—4. University of Idaho, USA.
16. **Chahota 2007**. Predicting Transgressive segregants in early generation using single seed descent method-derived macrosperma genepool of lentil (*Lens culinaris*Medikus). *Euphytica*156: 305–310.
17. **Chahota, R.K. Kishore, N. Dhiman K.C. Sharma T.R. Sharma, S.K. 2007**. Predicting transgressive segregants in early generation using single seed descent method-derived micromacrosperma genepool of lentil (*Lens culinaris* Medikus). *Euphytica* 156: 305–310.
18. **Chen W., Sharma H.C., Muehlbauer, F.J. (2011)**. Compendium of Chickpea and Lentil Diseases and Pests. APS Press, St. Paul, Minnesota.
19. **Ciqual, 2008**. Table de composition nutritionnelle des aliments.

20. Cokkizgin A. et Shtaya M.J.Y. (2013). Lentil: Origin, Cultivation Techniques, Utilization and Advances in Transformation. *Agricultural Sciences* 1 (1):55-62.
21. Cubero, J.I. (1981). Origin, domestication and evolution. In: Webb, C. and Hawtin, G.C. (eds) *Lentils*. Commonwealth Agricultural Bureau, Slough, UK, pp. 15–38.
22. Duke, J.A. (1981). *Handbook of Legumes of World Economic Importance*. Plenum
23. Erskine, W., Chandra, S., Chaudhury, M., Malik, I.A., Sarker, A., Sharma, B., Tufail, M. and Tyagi, M.C. (1998). A bottleneck in lentil: widening the genetic base in South Asia. *Euphytica* 101, 207–211.
24. Erskine, W., Diekmann, J., Jegatheeswaran, P., Salkini, A., Saxena, M.C., Ghanaim, A. and Ashkar, F.E.L. (1991). Evaluation of lentil harvest systems for different sowing methods and cultivars in Syria. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 117, 333–338.
25. Erskine, W. et Goodrich, W. J. (1988). Lodging in lentil and its relationship with other characters. *Canadian Journal of Plant Science* 68:929-934.
et alimentaires durables“. Edition Quae, 21-23,3.
26. FAO. (2006). Deuxième rapport national sur l'état des ressources phylogénétiques, INRAA. FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture).
27. FAO. (2016). “Légumineuses Des graines nutritives pour un avenir durable“. 13-22,36-37, 51-52.
28. FAOSTAT (2011). *Food and agricultural commodities production*. Food and agriculture organization. Rome.
29. FAOSTAT, (2014). Retrieved from <http://www.fao.org>
30. FAOSTAT, 2017. *Food and Agriculture Organization of the United Nations. Production: crops: 2016*, Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#country/4>. Accessed 10 Mars 2017.
31. Gahoonia, T.S. Ali, O. Sarker, A. Rahman, M.M. and Erskine, W. (2005). Root traits, nutrient uptake, multi-location grain yield and benefit-cost ratio of two lentil (*Lens culinaris*, Medik.) varieties. *Plant and Soil* 272, 153–161.
32. Harms, C. L. (1986). Lodging Control in Wheat and Barley with a Plant Growth Regulator. *Agronomy Guide AY-261*. Purdue University Cooperative Extension Service, Indiana, US.
<http://legume.ipmpipe.org>.
33. Hussein, M. A.T. Mukhtar, M. Irfan Al Haqueet M. Z. K. (2007). Mycoflora associated with lentil (*lens culinaris* Moench) seeds from five localities of Punjab. Pakistan. *Pack. J. bot.* 39(3) : 903-996.
34. ICARDA, (2001). *Annual Report of International Center for Agricultural Research in the Dry Areas*, Aleppo, Syria. 112 pp.
35. Idriss, O. Houasli, C. et Nasserlhaq, N. (2013). Comparaison de lignées avancées de lentille sous stress hydrique durant la phase de floraison et formation des gousses. *Nature & Technologie. B-Sciences Agronomiques et Biologiques*, N° 08. P : 53- 61.
36. ITGC (2013). *Culture de lentille*. Disponible sur le web : www.itgc.dz.
37. Kay, D. (1979). *Food Legumes*. Tropical Products Institute Crop and Products Digest
38. Ladizinsky G. (1979). The origin of lentil and its wild gene pool. *Euphytica* 28: 179–187.
39. Ladizinsky, G. (1993). Wild lentils *Critical Reviews in plant Science* 12, 169-184.
40. Ladizinsky, G. (2003). Document de biologie BIO. La biologie de *Lens culinaris* Medikus (Lentille). Agence canadienne d'inspection des aliments.

41. **Materne, M., McMurray, L., Nitschke, S., Regan, K., Heuke, L., Dean, G. and Carpenter, D. (2002).** The future of Australian lentil production. In: Brouwer, J.B. 62 *M. Materne and K.H.M. Siddique* (ed.) *Proceedings of Lentil Focus 2002*, Horsham, Victoria, Australia. Pulse Australia, Sydney, pp. 14–18. Available at: admin@pulseaus.com.au (accessed 2 December 2008).
42. **Materne, M., McMurray, L., Nitschke, S., Regan, K., Heuke, L., Dean, G. and Carpenter, D. (2002).** The future of Australian lentil production. In: Brouwer, J.B. (ed.) *Proceedings of Lentil Focus 2002*, Horsham, Victoria, Australia. Pulse Australia, Sydney, pp. 14–18. Available at: admin@pulseaus.com.au (accessed 2 December 2008).
43. **McPhee, K. E. and Muehlbauer, F. J. (1999).** Evaluation of stem strength in the core collection of *Pisum* germplasm. *Pisum Genetics* **31**: 21–23.
44. **Mera, M. F. (1987).** Selection for improved standing ability in lentils (*lens culinaris* Medic.) M.S. Thesis, Washington State University, Pullman, Wash.
45. **Moes, J., and E. J. Stobbe, (1991).** Barley treated with ethephon. II. Tillering pattern and its impact on yield. *Agron. J.* **83**, 90–94.
46. **Muehlbauer, F. J., Slinkard, A. E. and Wilson, V. E. (1980).** Lentils. Pages 417-426 in *Hybridization of crop plants*. Amer. Soc. Agron., Madison WI.
47. **Muehlbauer, F.J. (1974).** Seed yield components in lentils. *Crop Science* **14**, 403–406. Production and breeding of lentil. *Advances in Agronomy*, **54**: 283-332.
48. **Muehlbauer, F.J., Cubero, J.I. and Summerfield, R.J. (1985).** Lentil (*Lens culinaris* Medik.). In: Summerfield, R.J. and Roberts, E.I.I. (eds) *Grain Legume Crops*. Collins, London, UK, pp. 266–311.
49. **Muehlbauer, F.J., Kaiser, W.J. Clement, S.L. and Summerfield, R.J. (1995).** Production and breeding of lentil. *Advances in Agronomy* **54**, 283–332. No. 3. Tropical Products Institute, London, UK, pp. 48–71.
50. **Penaloza, E. et Mera, M. K. (1988).** Effect of artificial lodging on lentil yield and its components at four plant population levels. *Agriculture Technica* **48(2)** :93–9. Press, New York, pp. 52–57. *Production*. United States Department of Agriculture (USDA) Agriculture Research
51. **Rachwa-Rosiak, D. Nebesny, E et Budryn, G. (2015).** "Chickpeas-composition, nutritional value, health benefits, application to bread and snacks: a review." *Critical Review in Food Science and Nutrition*, **55(8)**, 1137-45.
52. **Richardson, M.J. (1979).** An annotated list of seed-borne diseases in the Seed test. Assoc. Zurich, Switzerland. P : 320.
53. **Rizk, S.G. (1966).** Atmospheric nitrogen fixation by legumes under Egyptian conditions. II. Grain Legumes. *Journal of Microbiology*, U.A.R. **1**:33-45.
54. **Sabena, M, (1991).** Status and scope for production of faba bean in Mediterranean an countries. *Options Méditerranées .Série Séminaires* ;**10**:15-20.
55. **Sarker, A. and Erskine, W. (2002).** Lentil production in the traditional lentil world. In: Brouwer, J.B. (ed.) *Proceedings of Lentil Focus 2002*, Horsham, Victoria, Australia. Pulse Australia, Sydney, pp. 35–40. Available at: admin@pulseaus.com.au (accessed 2 December 2008).

56. Sarker, A., Erskine, W. and Singh, M. (2005). Variation in shoot and root characteristics and their association with drought tolerance in lentil landraces. *Genetic Resources and Crop Evolution* 52(1), 87–95.
57. Saxena, M. C, Diekmann, J., Erskine, W. & Singh, K. B. (1987). Mechanization of harvest in lentil and chickpea in semiarid areas. In *Proceedings of Mechanization of Field Experiments*, 211-228. Syria: ICARDA.
58. Schneider, A. et Huyghe, C. (2015). “Les légumineuses pour des systèmes agricoles
59. Schwartz, D. and Langham. (2012). Grows stage of lentil. Disponible sur internet : Service (ARS). Available at: <http://www.ars.usda.gov/is/np/lentils/lentils.htm> (accessed on 28 February 2008).
60. Shah, Z., Shah S. H., Peoples M. B., Schwenke G. D. & Herridge D. F.(2003). Crop residue and fertiliser N effects on nitrogen fixation and yields of legume-cereal rotations and soil organic fertility. *Field Crops Research*, 83, 1-11.
61. Silim, S.N., Saxena, M.C. and Erskine, W. (1989). Effect of cutting height on the yield and straw quality of lentil and on a succeeding wheat crop. *Field Crops Research* 21, 49–58.
62. Singh, D.P. (2001). Genetics and Breeding of Pulse Crops. Kalyani Publishers, New Delhi.
63. Slama F., 1998.Cultures industrielles et légumineuses à graines. Ed. Centre de diffusion Universitaire Tunisie, en Arabe; 300 p.
64. Stanca, A. M., Jenkins, G. and Hanson, P. R. (1979). Varietal responses in spring barley to natural and artificial lodging and to a growth regulator. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 93: 449–456.
65. Street, K. (2008). Directives pour la régénération : lentille. In: Dulloo M.E., Thormann I., Jorge M.A. and Hanson J., editors. Crop specific regeneration guidelines [CD-ROM]. CGIAR System-wide Genetic Resource Programme (SGRP), Rome, Italy. P: 10.
66. Toklu F, Tuba BB et Karaköy T (2009) Agro-morphological characterization of the Turkish lentil landraces. *African Journal of Biotechnology* 8(17):4121-4127.
67. Tullu, A., Kusmenoglu, I., McPhee, K.E. and Muehlbauer, F.J. (2001). Characterization of core collection of lentil germplasm for phenology, morphology, seed and straw yields. *Genetic Resources and Crop Evolution* 48, 143–152.
68. Ulmman, 2005. Botanica. ISBN/ 978-3-8480-0286-3.
69. Van Emden, H. F., Ball, S. L. & Rao, M. R.(1988). Pest disease and weed problems in pea lentil and faba bean and chickpea. In R. J. Summerfield (Ed.), *World Crops: Cool Season Food Legumes*. ISBN 90-247-3641-2. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.P: 519-534.
70. Vandenberg, Slinkard, (1990). Genetics of seed coats color and pattern in lentil. *Journal of Heredity*. 81: 484–488.
71. Welsh-Maddux, M.M. and Short, R.W. (2002). *Principles and Practices of Lentil*
72. Wilson, V.E. and Law, A.G. (1972). Natural crossing in *Lens esculenta* Moench *J. Am. Soc. Hort.Sci.* 97:142-143.
73. Zohary, D. (1972). The wild progenitor and the place of origin of the cultivated lentil *Lens culinaris*. *Economic Botany*. 26: 326–332.
74. Zohary, D. (1978). The Wild Progenitor and the Place of Origin of the Cultivated Lentil: *Lens culinaris*. *Economic botany*: 326-332.

Annexes

Annexe 1 : analyse de variance de rendement (RDT).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Date	5	2383,712	476,742	2,474	0,045*
Erreur	48	9249,593	192,700		
Total corrigé	53	11633,305			

Annexe 2 : analyse de variance de hauteur à la maturité (HTM).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Dose	5	80,165	16,033	0,599	0,01*
Erreur	48	1284,543	26,761		
Total corrigé	53	1364,708			

Annexe 3 : analyse de variance de hauteur à la maturité (HTM).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	5	50,706	10,141	1,864	0,118
Erreur	48	261,191	5,441		
Total corrigé	53	311,898			

Annexe 4 : analyse de variance de diamètre de tige(DTG).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	5	5,357	1,071	6,025	0,000
Erreur	48	8,536	0,178		
Total corrigé	53	13,893			

Annexe 5 : analyse de variance de la verse (VER)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Date	5	4,296	0,330	0,911	0,450
Erreur	48	14,519	0,363		
Total corrigé	53	18,815			

Annexe 6 : analyse de variance de poids de cent grains (PCG).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	5	4,270	0,854	17,622	0.0001***
Erreur	48	2,326	0,048		
Total corrigé	53	6,596			

Annexe 8 : (Photos de 1 à 6): Suivi de l'essai sur terrain dans la région d'étude.

