



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLICUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET  
POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et  
de la Recherche Scientifique



جامعة الأخوة منتوري - قسنطينة -  
Université des frères Mentouri  
Constantine 1

كلية العلوم الطبيعية و الحياة  
Faculté des Science de la  
Nature et de la Vie

قسم الكيمياء الحيوية والبيولوجيا الخلوية والجزيئية

Département de Biochimie et Biologie Cellulaire et Moléculaire

### MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie de la nutrition

*Intitulé :*

---

## Variabilité de quelques propriétés physiques des graines chez *Medicago truncatula*

---

*Présenté et soutenu par :*

- Khalfaoui Roumeissa
- Ghelbi Selma

*Jury d'évaluation :*

- **Président du jury :** Mme MOUSSAOUI Samira (MCB-UFM Constantine).
- **Rapporteur :** Mme MEDOUKALI Imane (MCB-UFM Constantine).
- **Examineurs :** Mme GUENDOUZE Assia (MCB-UFM Constantine).

*Année universitaire :*

2020-2021

## REMERCIEMENTS :

*Je tiens à remercier tout d'abord ALLAH le tout puissant qui m'a donné, durant toutes ces années, la patience, la volonté et la force nécessaires pour achever ce travail.*

*Nous adressons nos sincères remerciements et à exprimer toute notre Gratitude à Mme MEDOUKALI I. Maître de conférences au département de biochimie et biologie cellulaire et moléculaire à l'université Constantine 1 d'avoir accepté de rapporter notre mémoire. Merci pour vos conseils votre disponibilité et soutien dans les moments délicats.*

*Nos vifs remerciements vont également au président pour avoir accepté de juger ce travail, et les membres du jury qui ont pris de leurs temps pour lire, juger ce travail et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Enfin , nous tenons à remercier nos familles et nos amis que nous aimons énormément et que nous remercions chaleureusement du fond du cœur, d'avoir nous soutenu à chaque moment difficile de notre vie. Nous espérons être à la hauteur de votre confiance .*

Par Roumeïssa et Selma .

## *Dédicace*

*je dédie ce modeste travail*

*A mon héros, mon précieux offre de dieux, qui doit ma vie, ma réussite, et tout mon respect : mon meilleur père **Hafid***

*A celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : la prunelle de mes yeux, ma mère, **Wahiba***

*A mes très chères sœurs **Mariam, Zienbet Sara***

*A mon cher frère **Abd El Malek** ainsi qu'à mes chers petits neveux **Iyed, Zarine, Oueisse et Sadine***

*Merci pour leur présence, leur amour, leur confiance, leur gentillesse et leur aide .je vous souhaite tout le bonheur .*

*A mes meilleurs amis **Youcef, Ibtissem, Aya et dounia, chaïma***

*Merci pour leur amitié chaleureuse, leur encouragement et supports dans les moments difficiles*

*A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce travail soit possible*

*Et enfin pour mon binôme **Selma** pour son soutien morale, son entente, sa sympathie, sa patient et sa compréhension tout au long de ce projet*

***Roumeïssa Khalfaoui***

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail*

*en signe de respect, de reconnaissance et de gratitude à Dieu de tout puissant de m'avoir donné le courage, la santé, et m'a accordé son soutien durant les périodes les plus difficiles.*

*L'homme de ma vie qui m'a aimé sans but et qui m'a enseigné des valeurs, des principes et une morale, à la source de soutien et de don, et la source d'espoir, bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir : mon très cher père **Ammar** , que Dieu le préserve et lui accorde la paix, une couronne sur ma tête toujours et pour toujours.*

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ,Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles maman que j'adore **Bahria***

*A ma famille "**GHELBI**", elle qui m'a doté d'une éducation digne, son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui*

*A mes frères **Omar, Fateh, Bibou***

*A mes sœurs **Souad, Zahra, Amina** pour leurs tendresse et leurs permanentes présence à mes cotés.*

*A la meilleure sœur **Imen** peut vous faire sourire même dans les moments les plus tristes de votre vie .*

*A mon adorable petite sœur **Melek** qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille*

*A l'innocence d' **Inas** et d' **Abd el Wadoud**, que dieu vous protège .*

*A mon grand-père décédé je t'aime et je ne veux jamais*

*A ma chère grand-mère c'est la personne la plus idéalé dans ce monde.*

*Sans oublier mon binôme **Romaïssa** pour son soutien moralé, sa patient et sa compréhension tout au long de ce projet*

*Selma Ghelbi*

# *Sommaire*

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction.....	01

## CHAPITRE 1 : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1.Généralités sur les léguminees .....	03
2. Présentation du genre <i>Medicago</i> .....	05
2.1. Taxonomie et génétique.....	06
2.2. Morphologie du genre <i>Medicago L</i> .....	07
2.3. Aire de répartition du genre <i>Medicago</i> .....	07
2.4. Espèces du genre <i>Medicago</i> rencontrées en Algérie .....	10
2.5 . Importance du genre <i>Medicago</i> .....	11
3. Présentation de l'espèce d'étude <i>M. truncatula</i> .....	11
3.1.Description botanique .....	12
3.2. Position systématique .....	13
3.3. Aire de répartition .....	13
3.4. <i>M. truncatula</i> plante modèle .....	15
3.5. Intérêt biologique .....	16
3.6. Intérêt agronomique .....	16
3.7. Intérêt économique ... ..	17
3.8. Intérêt génétique .....	17
3.9. Intérêt phytochimique ... ..	18
3.10. Intérêt thérapeutique .....	18
4. Diversité naturelle Chez <i>M. truncatula</i> .....	19
5. Diversité génétique Chez <i>M. truncatula</i> .. ..	20
6. Les marqueurs génétiques .....	20
6.1 Les marqueurs morphologiques .....	21
6.2.Les marqueurs moléculaires.....	21
6.3.Les marqueurs biochimiques .....	22
6.3.1. Les marqueurs enzymatiques .....	22
6.3.2. Les marqueurs protéiques .....	22
7. Biologie de la graine chez <i>Medicago truncatula</i> .....	23
8. Travaux sur <i>Medicago troncatula</i> .....	25

## CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

1. Matériel végétale .....	26
2. Analyse propriété physique des graines .....	28
3. Analyses statistiques .....	29

## CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

1. Analyse des propriétés physique des graines .....	30
2. Analyse en composantes principales (ACP) .....	31
3. Analyse des liaisons inter-caractères .....	32
4. Analyse en composantes principales des accessions étudiées .....	33
5. Alassification ascendante hierarchique (CAH).....	34
6. Discussion .....	36
Conclusion et perspectives .....	38
Références	
Résumés	

## ABREVIATIONS

- ACP** : Analyse En Composante Principale
- ADN** : Acide Désoxyribonucléique
- AFLP** : Amplified Fragment Length Polymorphism
- ALT** : Altitude
- Da** : Le Diamètre Moyen Arithmétique
- Dg** : Le Diamètre Des Géométrie
- ISSR** : Inter Simple Sequence Repeat
- HH** : Hyper-Humide
- H** : Humide
- L** : Longueur
- LAT** : Latitude
- LON** : Longitude
- PC** : Principal Component
- PCR** : Polyacrylamid Gel Electrophoresis
- Pm** : La Pluviométrie Moyenne
- Tm** : La Température Minimale Du Mois Le Plus Froid
- TM** : La Température Maximale
- RAPD** : Random Amplification Of Polymorphic Dna
- RELP** : Restriction Fragment Length Polymorphism
- S** : Surface
- SH** : Subhumide
- SS** : Semi Sec
- SSR** : Simple Sequence Repeats

**T** :L'épaisseur

**UPGMA** : Unweighted Pair Group Method Arithmec Average

**V** : Volume

**W** :Largeur

**WTS** : Poids De Mille Graines

**$\Phi$**  :La Sphéricité

## Liste des tableaux

### PARTIE 1 : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

- Tableau 01 :** Composition des réserves de quelques graines d'espèces cultivées.....05
- Tableau 02 :** Espèces annuelles et pérennes du genre *Medicago* rencontrées en Algérie.....10
- Tableau 03 :** Distribution des populations de *M. truncatula* collectées dans différents pays et composant les collections mondiales existantes..... 15

### PARTIE 2 : MATERIEL ET METHODES

- Tableau 04 :** Origine géographique des 24 accessions étudiées, avec les paramètres éco géographiques correspondants. ....27

### PARTIE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

- Tableau 05 :** Données descriptives des propriétés physique et des graines de 24 accessions de *M. truncatula* .....30
- Tableau 06 :** Moyenne, gamme, écart type et coefficient de variation des propriétés analysées pour les 24 accessions de *M. truncatul*.....31
- Tableau 07 :** matrice de corrélations entre les différents caractères physique des 24 accessions étudiés.....33

## TABLE DES FIGURES

### PARTIE 1 : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

<b>Figure 01 :</b> Classification de la famille des <i>Papilionoideae</i> .....	04
<b>Figure02 :</b> Taxonomie du genre <i>Medicago</i> .....	06
<b>Figure03 :</b> Distribution géographique du genre <i>Medicago</i> dans le monde.....	09
<b>Figure04 :</b> La Luzerne tronquée <i>M. truncatula</i> .....	12
<b>Figure05 :</b> Caractéristiques morphologiques de <i>M. truncatula</i> .....	13
<b>Figure06 :</b> Structure de la graine de <i>M. truncatula</i> .....	24

### PARTIE 2 : MATERIEL ET METHODES

<b>Figure07 :</b> La localisation géographiques des 24 accessions de l'espèce <i>M.truncatula</i> dans le nord Algérien .....	26
---	----

### PARTIE 3 :RESULTATS ET DISCUSSION

<b>Figure08 :</b> L'analyse en composantes principales des caractères physique et leur relation avec les facteurs1 et 2.....	32
<b>Figure 09 :</b> Répartition des 24 accessions étudiées sur les plans 1/2 de l'ACP.....	34
<b>Figure 10 :</b> Dendrogramme (UPGMA, coefficient de Jaccard) basé sur les données des propriétés physiques de 24 accessions de <i>M. truncatula</i> . .....	35

# *INTRODUCTION*

La flore d'Algérie est particulièrement riche en espèces, la diversité de l'Algérie en climats et sols lui donne une place privilégiée pour la culture et l'exploitation des plantes. Un très grand nombre de ces espèces poussent à l'état naturel et endémique, et certaines se révèlent d'une grande valeur agronomique, car elles sont utilisées comme fourrage pour le bétail ou sous forme de plantes alimentaires, d'autres ont une application médicinale (**Amrani, 2006**).

Les légumineuses (famille des *Fabacées*) sont juste derrière les graminées (*Gramineae*) en importance pour l'homme en tant que source de nourriture, aliments pour bétail et matières premières pour l'industrie (**Graham et Vance, 2003**). Et aussi constituent un taxon végétal très important d'un point de vue biologique et écologique mais également agronomique et environnemental. En effet, leur culture fournit depuis les débuts de l'agriculture une source essentielle de protéines pour l'alimentation humaine et animale. Leur capacité à fixer l'azote atmosphérique génère un double intérêt, économique par une moindre utilisation d'engrais azotés de synthèse, et écologique par une limitation des fuites azotées.

La diversité génétique à différents niveaux hiérarchiques d'organisations peut grandement bénéficier à la biologie des populations et de l'évolution. Cette discipline contribue à un concept intégré de la conservation de la biodiversité. Ainsi, l'information génétique est devenue un outil important pour l'étude de la variabilité génétique, et aussi pour la biologie de la conservation, au même titre que les considérations écologiques et économiques. Et pour maintenir cette diversité génétique (intra et interspécifique) il est nécessaire de décrire la diversité actuelle à l'intérieur et entre les populations des différentes espèces de plantes.

Le présent travail porte sur une espèce annuelle diploïde ( $2n = 16$ ) du genre *Medicago* : *Medicago truncatula*. Cette espèce, préférentiellement autogame (**Lesins et Lesins, 1979**), pousse spontanément en Algérie, dans des étages bioclimatiques allant de l'humide à l'aride supérieur. Elles constituent d'excellentes plantes de pâture, et semblent tolérer la salinité (**Rouz, 1991**). En plus cette espèce est utilisée en tant que modèle pour les études de génétique et biologie moléculaire. Le cadre d'analyse apporté par un modèle de prévision des levées doit fournir un ensemble de paramètres pertinents sur le plan agronomique, pour décrire cette espèce et sa variabilité génétique, ainsi que l'impact de cette diversité sur le résultat des levées dans différentes conditions de semis.

La connaissance des propriétés physiques des grains des produits agricoles, est importante dans la fourniture de données techniques essentielles pour la conception et le développement des machines, des structures et de l'équipement pour la manutention, le décorticage, le traitement, le transport et le stockage des produits agricoles.

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est d'évaluer la variabilité génétique entre des accessions de *M. truncatula*, collectées dans différentes régions écogéographiques représentant le Nord Algérien, et cela en se basant sur les propriétés physiques de leurs grains.

Le présent travail est structuré en trois parties. A partir d'une revue bibliographique, une première partie fait tout d'abord le point sur la présentation de la famille des légumineuses, avec une présentation de genres *Medicago* et l'espèce *M. truncatula* et. Ensuite, un aperçu sur la diversité génétique, son intérêt et son étude par les marqueurs génétiques est développé.

La deuxième partie décrit le matériel végétal ainsi que les méthodes utilisées pour la réalisation de notre objectif.

La troisième partie décrit les étapes suivies dans l'exploitation des résultats ainsi que leurs discussions. Une conclusion générale et des perspectives sont données à la fin du mémoire.

*REVUE*

*BIBLIOGRAPHIQUE*

## 1. Généralités sur les légumineuses

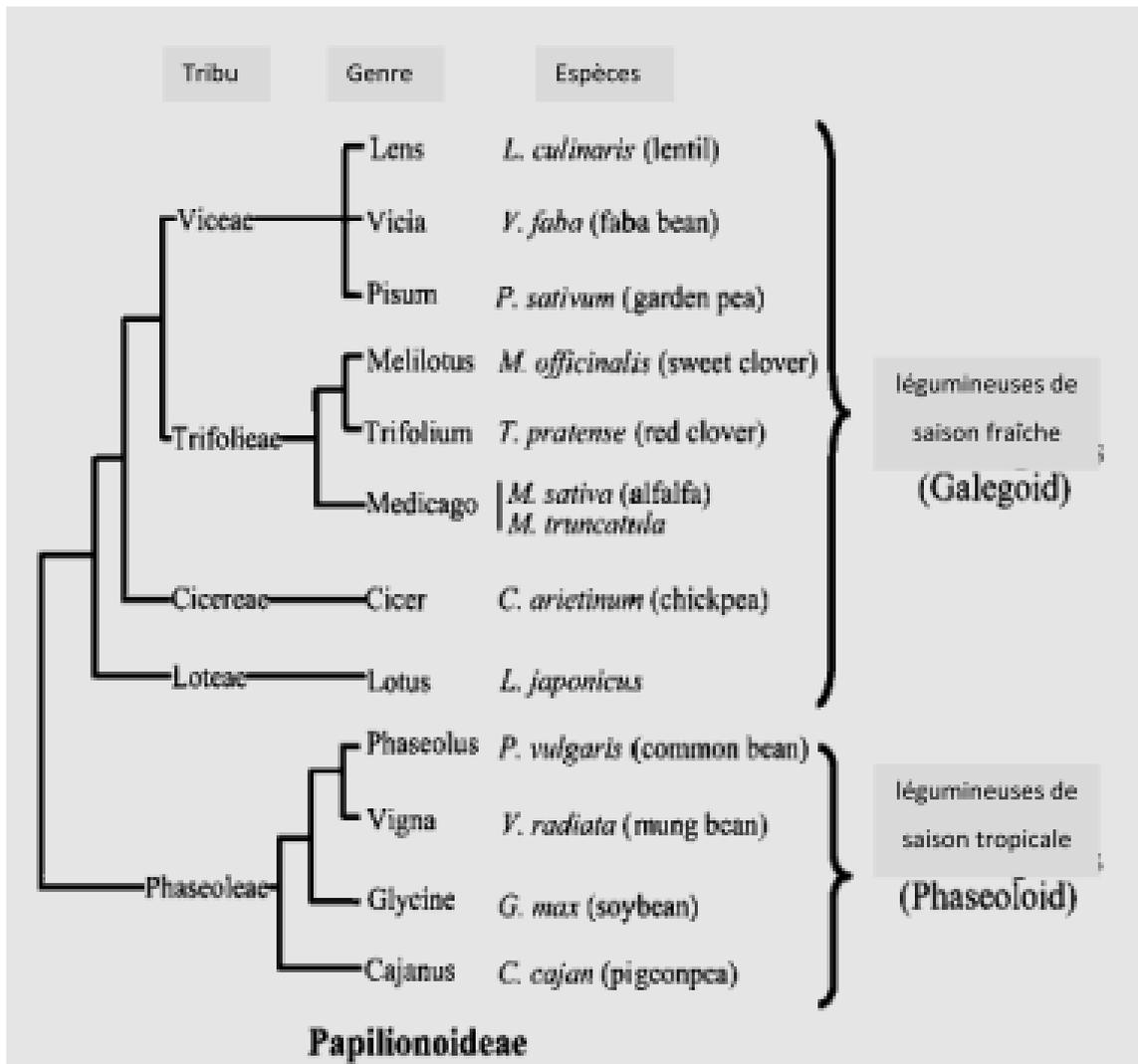
Les légumineuses (*Fabacées*) représentent un groupe de plantes à fleurs dicotylédones, est la troisième superfamille par ordre d'importance chez les angiospermes, sont les plantes dont les fruits et contenu dans une gousse.

Elles comprennent plus de 750 genres et 17 000 à 20000 espèces, des plantes herbacées annuelles que des plantes ligneuses, elles colonisent aussi bien les régions tempérées ou arctique du globe terrestre. Cette famille présente une importance économique majeure, Elles sont aussi considérées comme une excellente source de fourrages, d'engrais verts (luzerne, trèfle, sainfoin), bois (palissandres), aliments (soja, haricot, arachides) , Elles produisent un grand nombre de substances toxiques et médicales en raison de la présence de certains alcaloïdes (Unesco, 1960), horticoles (mimosas) ou de colorants (indigo). Caractérisés par une large diversité, et dominés par les espèces ligneuses et vivaces.

Cette famille est répartie en 3 sous-familles en se basant, principalement, sur les différences morphologiques de leurs fleurs (Allen et Allen, 1981) :

- Sous-famille *Caesalpinioideae* avec une fleur pseudo-papillonacée.
- Sous-famille *mimosoideae* avec une fleur régulière.
- Sous-familles *fabiodeae* ou *papilionoideae* (Figure 01) avec une fleur typique en papillon.

Toutes ces familles peuvent contracter une symbiose avec une bactérie du genre rhizobium, pour permettre un accès privilégié à l'azote de l'air.



**Figure 1:** Classification de la famille des *Papilionoideae* (Zhu et al. 2005)

Par cette symbiose, les plantes de ces familles s'affranchissent de la teneur en azote dans le sol. Ainsi ces plantes sont capables de s'adapter à des sols très pauvres, et très dégradés, ces plantes ont donc un rôle améliorateur des sols, en plus d'un intérêt alimentaire (Singh et Jauhar ; 2005)

Les graines de légumineuses sont plus riches en protéines mais moins en glucides que les graines de céréales (Tableau 01) : on distingue les espèces à graines riches en protéines et en huile, sans amidon, classées comme oléagineux (soja, arachide) et les espèces à graines riches en protéines, classées comme protéagineux (pois, féverole) ou légumes secs (haricot, lentille, pois chiche) (Lazrek-Ben Friha, 2008). Graham et Vance (2003) estiment que les légumineuses fournissent pour l'Homme environ le 1/3 des protéines alimentaires.

**Tableau 01** : Composition des réserves de quelques graines d'espèces cultivées. D'après Bewley et Black (1994).

	<b>Composition moyenne en %</b>		
	<b>Protéines</b>	<b>Huiles</b>	<b>Carbohydrates (amidon)</b>
<b>Céréales</b>			
Orge	12	3	76
Maïs	10	5	80
Avoine	13	8	66
Seigle	12	2	76
Blé	12	2	75
<b>Légumineuses</b>			
Haricot	23	1	56
Petit pois	25	6	52
Arachide	31	48	12
Soja	37	17	26

## 2. Présentation générale du genre *Medicago*

*Medicago* (les luzernes) est un genre de plantes dicotylédones de la famille des *fabaceae* (légumineuses), sous-famille des *fabioideae*, originaire de l'ancien monde, qui comprend une centaine d'espèces acceptées.

Ce sont des plantes proches des trèfles, annuelles ou vivaces, le plus souvent herbacées (parfois aussi de petits arbustes comme *Medicago arborea*), à feuilles trifoliolées, dont plusieurs espèces sont cultivées comme plantes fourragères. La plus connue est la luzerne cultivée (*M. sativa*), mais on trouve, notamment en région méditerranéenne, beaucoup d'autres luzernes. Elles sont le plus souvent à fleurs jaunes et de petite taille, très proches les unes des autres ; elles se distinguent par la forme de leurs fruits ou de leurs stipules. Les fleurs sont groupées en racèmes à l'apparence de capitules.

Les fruits sont des gousses se présentant souvent sous une forme spiralée.

Le nom scientifique du genre n'est pas lié à ses propriétés médicales, mais au fait que, selon théophraste, la luzerne serait originaire de Médie (région allant du Nord-Ouest de l'Iran à l'Azerbaïdjan) cela remonterait à plus de 9000 ans (Théophraste, 1989). Quant au nom vernaculaire, il est emprunté à l'occitan *luserna*, qui désigne aussi une petite lumière ou le ver luisant, en raison de l'aspect brillant des graines de la plante.

Elle portait alors le nom de Medica herb à « l'herbe de Médie », devenu plus tard le nom du genre : *Medicago* (Messioughi, 2010). Le nom anglais et espagnol alfalfa proviendrait du nom arabe al-fac-façah, qui signifie « le père des aliments » car il servait de fourrage aux chevaux. Quant au nom vernaculaire, il est emprunté à l'occitan luserna, en raison de l'aspect brillant des graines de la plante (Pierre, 2008)

## 2.1. Taxonomie et génétique

Le genre *Medicago* regroupe de nombreuses espèces de plantes proches des genres *Trifolium*, *Melilotus* et *Trigonella* appartient à l'ordre des Fabales, superfamille des légumineuses, famille des Fabacées et sous-famille des *papilionoideae*, Cette dernière famille est de loin la plus abondante, avec plus de 1200 espèces (Négre, 1959 ; Heyn, 1963 ; Lesin, 1979 ; Small et Jomph, 1989). Il représente 56 espèces annuelles et pérennes, plus une seule espèce arbustive répertoriée *Medicago arborea*.

Le genre *Medicago* a été classé en 4 sous-genres par Lesins et Lesins (1979) sur la base de la morphologie des gousses et des graines : *Lupularia*, *Orbicularia*, *Spirocarpos* et *Medicago* (Figure 02)

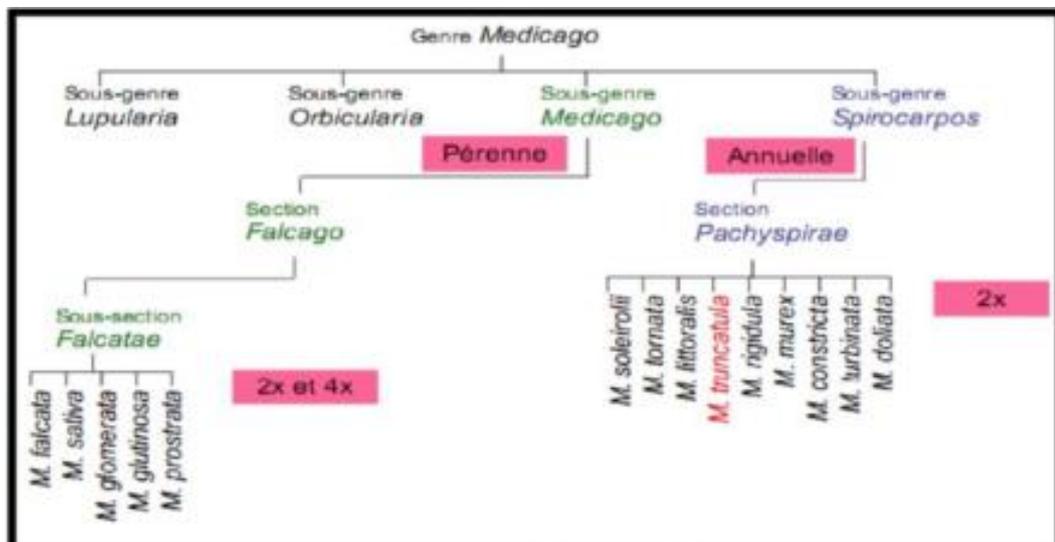


Figure 02 : Taxonomie du genre *Medicago* (Small et Jomphe, 1989).

Quatre nombres chromosomique existent dans ce genre :  $2n = 2x = 14, 16, 32$  et  $48$  ; Deux nombre de base  $x = 7, x = 8$  et trois niveaux de ploïdie : diploïdes ( $2n = 2x = 14$  et  $2n = 2x = 16$ ) qui représentent la majorité des espèces tétraploïdes ( $2n = 4x = 32$ ) et hexaploïdes

( $2n = 6x = 48$ ) (Quiros and Bauchan 1988). Les formes annuelles étant autogames, tandis que les tétraploïdes sont allogames (Abdelkafi et Marrakchi, 1998).

## **2.2. Morphologie du genre *Medicago* L**

Selon Heyn (1963) toutes les espèces du genre *Medicago* présentent des feuilles trifoliées composées de trois folioles et un pétiole inséré à la tige en un point où se trouvent deux stipules incisées. Les folioles sont sous différentes formes : rondes, obovées, largement ou étroitement obovées, elliptiques ou obcordées et ovées. Les folioles portent des dents qui peuvent être émoussées ou pointues selon les espèces. Elles présentent ou non des poils sur les faces inférieures et des taches sur les faces supérieures.

La fleur se compose d'un calice, une corolle, 10 étamines (9+1) et d'un pistil dont le tube a la forme d'une cloche avec 5 dents subégales. La corolle est papilionacée avec un étendard de différentes formes (arrondie, obovée, ovée ...) dont l'extrémité peut être jaune ou violette et deux pétales sous forme d'ailes de longueur supérieure, inférieure ou égale à la carène, sa couleur est généralement jaune (foncé ou clair) sauf chez *M. sativa* et *M. daghestanica* ou elle est violette. Selon les espèces, le pédoncule est soit inférieur soit égal au pétiole et la présence ou l'absence de l'arête dépend aussi de l'espèce (Lesins et Lesins, 1979).

L'inflorescence chez *Medicago* d'après Heyn (1963) est une grappe avec un grand nombre de fleurs, ce nombre peut être réduit jusqu'à 1 ou 2 fleurs. Les fleurs dont la couleur varie du mauve au jaune sont portées sur un long racème qui contient jusqu'à 20 fleurs (Lapeyronie, 1982; Mathieu, 2003).

Le fruit est une gousse plus ou moins enroulée, soit en forme de Faucille, soit spiralée (de 1 à 4 spires) parfois épineuse. La graine plus ou moins réniforme est longue d'environ 10 mm (Mathieu, 2003; Hireche, 2006), présentent une couleur variable allant du jaune paille au noir; Ses gousses peuvent être lâches, dures ou moyennes, et de diverses formes (ronde, ovale, cylindrique, en tonneau, discoïde, oblongue elles sont soit poilues (poils simples ou glanduleux), soit glabres. Les gousses sont enroulées en spires d'un nombre variable et présentent un réseau d'anastomoses de nervures ; Chaque spire porte des épines de nombre variable et insérées selon des angles différents. Dans chaque tour de spire on trouve des graines d'un nombre, de taille et de couleur variables (Heyen; 1963).

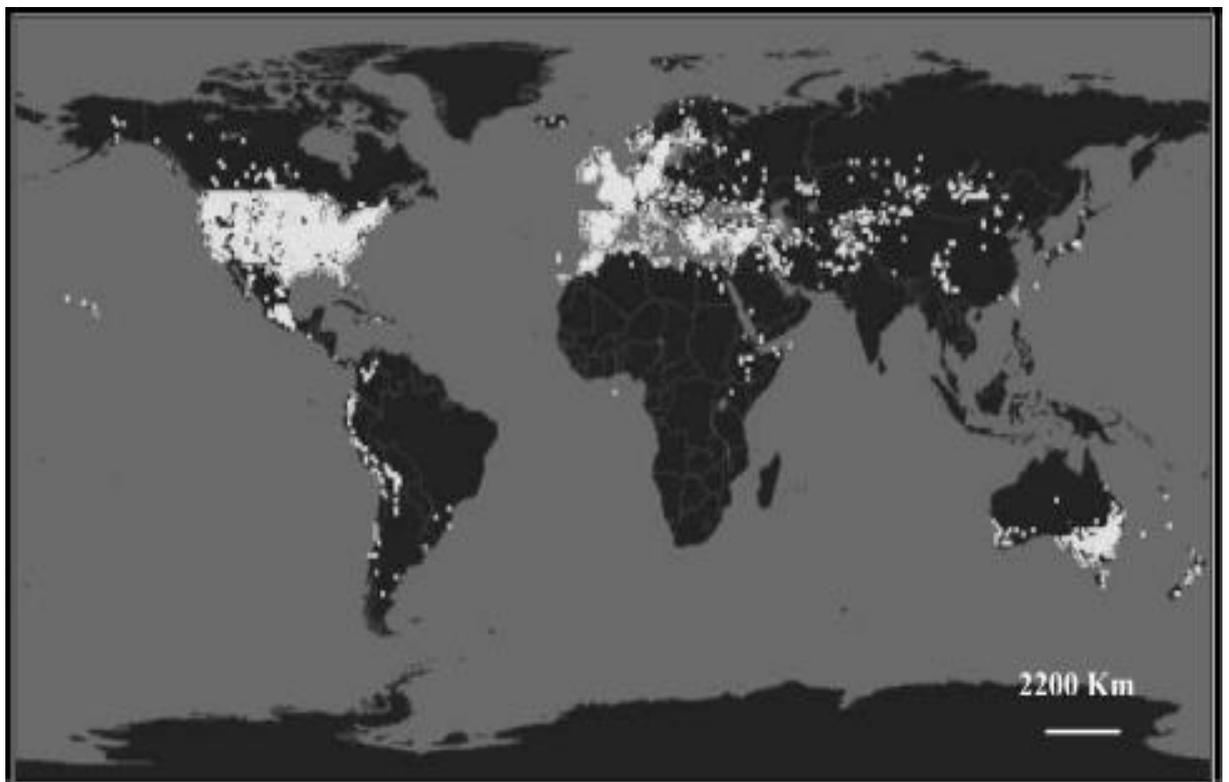
### **2.3. Aire de répartition du genre *Medicago* :**

Les luzernes annuelles ont parfois des distributions très limitées. Certaines espèces étant endémiques, lors que d'autres sont colonisatrices. Une étude plus précise de la distribution des espèces a été faite à partir des prospections de matériel spontané entreprise depuis de nombreuses années sur l'ensemble du bassin méditerranéen(Prosperi et al., 1993)

Selon (Lapeyronie 1982),La plupart des espèces de *Medicago* sont originaires du bassin méditerranéen (le sud de l'Europe, l ' Afrique du Nord, le proche Orient), certaines ont été introduites en Amérique du Nord, en Australie et en Europe du Nord . D'après Derek et Ernest (1997) elles sont originaires d' Europe, d' Asie et d' Afrique et se sont répandues dans d'autres continents sous forme de mauvaises herbes (Halmi, 2010).

XIX siècle, les luzernes (les espèces du genre *Medicago*) ont conquis l ' ensemble de la zone méditerranéenne, ensuite elles ont envahi d ' autres parties du monde, en particulier les continents américain et australien à l ' occasion des différents courants de la colonisation humaine (Halmi, 2010).

Les luzernes s'accroissent des sécheresses périodiques, elles sont adaptées à tous les types de sols qui ne sont pas trop humides (Halmi, 2010).



**Figure 03 :** Distribution géographique du genre *Medicago* dans le monde  
(Prolea, 2002).

## 2.4. Espèces du genre *Medicago* rencontrées en Algérie

Le genre *Medicago* est représenté en Algérie par de nombreuses espèces annuelles et pérennes (Hireche, 2006).

**Tableau 02 :** Espèces annuelles et pérennes du genre *Medicago* rencontrées en Algérie (Hireche ,2006)

<b>Espèce</b>	<b>Caractéristique et aire de répartition en Algérie</b>
<i>M. sativa</i>	Plante vivace rencontré un peu partout
<i>M. falcata</i>	Plante vivace très résistante au froid
<i>M. lupulina</i>	Dite lupuline ou minette : plante annuelle ou bisannuelle
<i>M. scundiflora</i>	Plante annuelle ou bisannuelle
<i>M. marina</i>	Plante vivace, elle pousse sur les sables maritimes
<i>M. scutellata</i>	Dite luzerne a écusson : plante annuelle, se rencontre sur les sols argileux du tell
<i>M. orbicularis</i>	Plante annuelle du pâturage de tell
<i>M. echuris</i>	Rencontré surtout dans les pâturage et prairies du tell à sol semi salin
<i>M. ciliaris</i>	Plante annuelle très commune dans le tell
<i>M. truncatula</i>	Plante annuelle, elle est abonde sur les dunes et les littoral et de l'intérieur elles constituent des pâturage de bonne qualité
<i>M. littoralis</i>	Plante annuelle comme dans tout le territoire algérien
<i>M. murex</i>	Plante annuelle, est souvent rencontré sur les sols pauvres
<i>M. minima</i>	Plante annuelle
<i>M. arabica</i>	Plante annuelle
<i>M. lanciniata</i>	Plante annuelle
<i>M. hispida</i>	Plante annuelle

En Algérie, parmi les espèces les plus connues du genre : *Medicago ciliaris* et *Medicago intertexta*. Constituent les principales ressources en légumineuses fourragères (André et Hubert, 1992; Laouar et Abdelguerfi, 2003; Hireche, 2006). Leur classification n'est pas claire. En effet, selon la littérature ancienne et récente, quatre différentes classifications attribuées aux deux taxa existent et sont rapportées par Laouar et Abdelguerfi (2003) :

1-*M. intertexta* et *M. ciliaris* considérées chacune comme espèce ( Battandier et Trabut, 1890; Julien, 1894; Quézel et Santa, 1962; Lesin et Lesins, 1979; Small et Jomphe, 1989).

2-*M. ciliaris* est considérée comme une sous-espèce de *M. intertexta* (Bonnier 1927).

3-*M. intertexta* est considérée comme une sous-espèce de *M. ciliaris* (Jauzien, 1995)

## **2.5. Importance du genre *Medicago***

Etant une source très riche en protéines végétales pour l'alimentation animale et humaine et ne nécessitant pas d'engrais azotés, la luzerne est l'une des plantes les plus cultivées au monde avec 32 millions d'hectares (Michaud et al., 1988). L'utilisation la plus ingénieuse s'illustre dans le modèle australien où l'ensemble des espèces annuelles du genre *Medicago* cultivées constituent la base du système de production du mouton. Ces espèces repérées empiriquement, les agriculteurs se sont dirigés vers la rotation céréales luzernes afin de remplacer la jachère classique moins productive (Prosperi et al., 1995).

## **3. Présentation de l'espèce d'étude *M. truncatula***

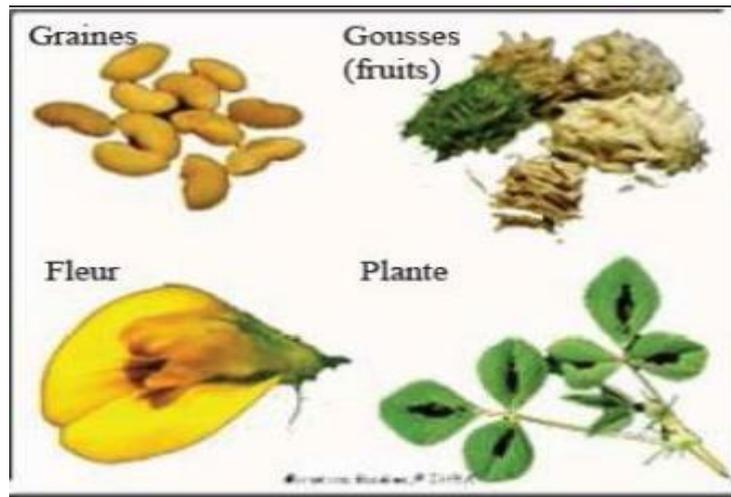
La luzerne tronquée (*Medicago truncatula*) est une espèce végétale herbacée des régions méditerranéennes. Elle appartient à la famille botanique des Fabacées, plus couramment nommées Légumineuses ou Papilionacées. (Doyle and Luckow, 2003).



**Figure 04 :** La Luzerne tronquée *Medicago truncatula*.

### **3.1. Description botanique**

La Luzerne tronquée (*Medicago truncatula*) est une plante annuelle herbacée ou arbustive avec de fortes racines pivotantes pouvant atteindre 15 à 80 cm de long. Ses petites fleurs jaunes de 5 à 8 mm portées sur un long racème qui contient jusqu'à 20 fleurs (Lapeyronie, 1982; Mathieu, 2003), donnent après autofécondation des gousses cylindriques très dures, en forme de vrilles renfermant 4 à 6 graines. Les spires jointives de la gousse portent des épines recourbées perpendiculaires au plan des spires. Les graines de cette plante ont une durée de vie importante supérieure à 40 ans, et une dormance qui peut être levée facilement (Lesins et Lesins, 1979). Selon ces mêmes auteurs, *M truncatula* a un cycle de vie court qui varie de 2 à 3 mois.



**Figure 05** : Caractéristiques morphologiques de *M. truncatula*

Des feuilles, fleurs, gousses et graines (Gervais, 2010)

### 3.2. Position systématique

Règne : *plantae*

Division : *Magnoliophyta*

Classe : *Magnoliopsida*

Ordre : *Fabales*

Famille : *Fabaceae*

Sous-famille : *Papilionoideae*

Tribu : *Trifolieae*

Genre : *Medicago*

Espèce : *Medicago truncatula*

### 3.3. Aire de répartition

Cette espèce est localisée dans la flore du pourtour méditerranéen et principalement dans les zones de moyennes altitudes (relativement froides)(Abdelguerfi, 1978). *Medicago truncatula* est utilisée internationalement comme modèle pour l'étude génomique des légumineuses d'intérêt agronomique.

Au cours de XIX siècle, Les luzernes ont conquit l'ensemble de la zone méditerranéenne, ensuite elles ont envahi d'autres parties du monde, en particulier les continents américain et australien. La culture de cette espèce est très marginale dans le pourtour méditerranéen. A l'opposé, dans les systèmes prairiaux australiens *M. truncatula* occupe une place prépondérante avec plus de 4.5 millions d'hectares cultivés et représente ainsi l'espèce la plus cultivée parmi les médics (Nair *et al.*, 2006).

La principale particularité des cultivars sélectionnés en Australie réside dans leurs précocités et leurs adaptations aux conditions pédoclimatiques.

Les luzernes annuelles, ont fait l'objet de nombreuses collections dans le monde. Un total de 5700 populations naturelles de *M. truncatula* existe dans les collections mondiales on remarque que l'Algérie est le troisième pays, d'où proviennent 14% des ressources collectées.

**Tableau 03 :** Distribution des populations de *M. truncatula* collectées dans différents pays et composant les collections mondiales existantes. (Source : *Medicago truncatula* handbook, version Novembre 2006).

Pays	<i>M.truncatula</i>
Algérie	755
Tunisie	951
Maroc	909
Lybie	413
Egypte	2
Jordanie	38
Israël	296
Iran	3
Syrie	3
Türk	50
Cyprès	424
Malta	6
Grèce	355
Italie	292
France	142
Spain	226
Portugal	110
Canarie & Médira	13
Turkménistan et Azerbaïdjan	3
Russie	1
Est de l'Europe	7
Ethiopie	1
Amérique	3
Australie	612
Sud Afrique	17
Total	5632

### 3.4. *M. truncatula* plante modèle

*Medicago truncatula* a été choisie comme espèce modèle par de nombreux laboratoires. Au contraire de majorité des légumineuses, *M. truncatula* est bien accessible aux outils moléculaires et aux analyses génétique (taille et complexité du génome) et biologiques (difficulté à la transformation par *Agrobacterium*). Elle est donc adaptée à l'étude des mécanismes biologique des grandes fonctions spécifiques aux légumineuses (Fatma et al, 2008).

La capacité de *Medicago truncatula* former des nodosités à croissance indéterminée fait d'ailleurs de cette plante un modèle de la biologie du développement végétal, notamment pour l'étude des fonction méristématiques (Holmes et al, 2008)

De plus, elle présente une grande syngénie avec beaucoup de légumineuses cultivées tels que le pois et la luzerne pérenne (Zhu et al., 2005), Permettant ainsi le transfert des acquis sur cette plante modèle vers ces légumineuses

En raison de ces caractéristiques génétiques, de sa grande biodiversité naturelle, de la facilité de sa transformation et de sa interaction avec des microorganismes symbiotiques et pathogènes, *Medicago truncatula* a été choisie comme plante modèle au sein de la famille des papilionacés (Djebali, 2008).

### **3.5. Intérêt biologique**

Dans cette plante on a des fleurs elle porte des feuilles trifoliolées. Ses petites fleurs jaunes de 5 à 8 mm donnent après autofécondation des gousses cylindriques très dures, en forme de vrilles renfermant 4 à 6 graines. Les spires jointives de la gousse portent des épines recourbées perpendiculaires au plan des spires. Les graines de cette plante ont une durée de vie importante supérieure à 40 ans, et une dormance qui peut être levée facilement (Lesins et Lesins, 1979). Selon ses mêmes auteurs, *M truncatula* a un cycle de vie court qui varie de 2 à 3 mois. C'est une espèce prolifique puisque chaque plante produit 500 à 1000 graines. Elle peut être également multipliée aisément par bouturage. Cette espèce possède un habitat variable. Elle prédomine au niveau des stations sèches, des sols lourds, marneux ou argileux. Comme toutes légumineuses sa principale caractéristique biologique est la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique.

Récemment, l'intérêt fut focalisé sur *M. truncatula* comme système pour examiner la grande richesse de production de métabolites secondaires par les légumineuses (Gepts et al, 2005). Et la résistance aux maladies (Frugoli et Harris 2001).

Cette plante est aussi largement étudiée pour analyser le déterminisme des symbioses endomycorhiziennes lui permettant de prélever le phosphore du sol (Journet et al. 2001).

### **3.6. Intérêt agronomique**

Selon Prospero et al. (1993). La plus part des espèces annuelles de *Medicago* sont originaires du bassin méditerranéen. Elle possède un intérêt agronomique majeur pour la

production fourragère en zone sèche et pour la suppression ou la diminution de l'épandage d'engrais azotés. Leur intérêt est étroitement lié à leur capacité à se ressemer naturellement d'une année à une autre. Cette propriété peut aboutir à une installation pérenne adaptée aux aléas climatiques des zones méditerranéennes diminuant ainsi le phénomène d'érosion des sols par ailleurs, de nombreuses espèces et sous-espèces de *Medicago* présentent aussi caractères d'intérêt agronomique qu'il serait souhaitable d'introduire dans la luzerne cultivée, tels que la tolérance au pâturage (capacité d'enracinement et de repousse), la résistance à la sécheresse, à la salinité et aux maladies

### **3.7. Intérêt économique**

Les espèces annuelles du genre *Medicago* présentent un intérêt économique très important. Ces plantes fourragères sont souvent utilisées dans les systèmes de rotation. L'Algérie se trouve parmi les pays qui présentent un besoin réel en fourrage. Le remplacement de la jachère par une culture fourragère sans doute assurera une meilleure intégration de l'élevage à l'agriculture. Hormis le rôle de fixation d'azote atmosphérique, ces espèces possèdent un système racinaire très puissant qui permet l'utilisation des éléments fertilisants sur une profondeur rarement atteinte par d'autres cultures. La luzerne est considérée comme une culture améliorante de la structure et de la texture du sol

### **3.8. Intérêt génétique**

*M. truncatula* présente plusieurs avantages qui la prédisposent aux études génétiques. selon Blondon et al (1994) C'est une plante annuelle, diploïde ( $2n=16$ ), autogame, et elle possède un génome faible taille de 5108 Pb, soit environ 4 x celui d'*Arabidopsis*. C'est également une plante apte à la régénération par embryogenèse somatique (Thomas et al, 1992 ; Chabaud et al, 1996) et à la transformation par *Agrobacterium tumefaciens* (Chabaud et al, 2003).

Elle forme de petites graines permettant leur culture dans des tubes à essais. Le partenaire bactérien de cette plante modèle est le plus étudié parmi les bactéries rhizobiales et le séquençage du génome de la souche de référence de *S. meliloti* 1021 a été achevé (Capela et al 2001).

*M. truncatula* permis d'identifier un grand nombre de gènes reliés à la symbiose dont certaines ont déjà été isolés, séquencés et leur expression étudiée (Gamas et al. 1996 ; Ane et al. 2002 ; Amor et al. 2003 ; Lévy et al. 2004).

### **3.9. Intérêt phytochimique**

En plus de sa valeur en tant que système modèle pour les études sur la fixation symbiotique de l'azote, *M. truncatula* est récemment devenue un organisme de choix pour la dissection de voies complexes du métabolisme secondaire. (Chenggang et al., 2018). *M. truncatula* produit de nombreux métabolites secondaires qui sont principalement distribués dans les légumineuses, ce qui en fait une indispensable usine modèle pour des études sur ces métabolites. En plus à leur rôle de composés antimicrobiens (Tanaka et al., 2002 ; Mukneetal., 2011), et d'inducteurs de gènes de nodulation rhizobiale (Kosslak et al., 1987 ; Pueppke et al., 1998), il y a une longue histoire d'intérêt pour la biosynthèse des isoflavonoïdes répandus dans les légumineuses mais manquant dans les plantes modèles *Arabidopsis* et riz (Dixon et al., 1999).

### **3.10. Intérêt thérapeutique**

Les isoflavonoïdes ayant des rôles fonctionnels dans la maladie et les interactions de défense dans les plantes (Dixon., 1986 ; Dixon, L.W., 2003 ; Weisskopf et al., 2006). Ils ont également pertinence pour la santé humaine avec les isoflavonoïdes décrits comme présentant des propriétés œstrogéniques, anti-angiogéniques, antioxydantes et anti-cancérigènes (Dixon *et al.*, 2002). Ainsi qu'être impliqué dans la prévention des troubles Post-ménopausiques et les maladies cardiovasculaires (Cornwell *et al.*, 2004).

Les saponines d'origine végétale sont considérées faire partie des systèmes de défense contre les agents pathogènes et les herbivores. Les saponines ont également des avantages potentiels pour la santé humaine, et les plantes contenant des saponines sont utilisées depuis longtemps en médecine traditionnelle (Chenggang *et al.*, 2018). Ils ont été documentés comme possédant des propriétés antifongiques, antibactériennes, anti-nutritionnelles et anti-insectes et contribuent au développement des plantes et la défense contre les agents pathogènes (Moses *et al.*, 2014). Les saponines ont été signalé comme causant des ballonnements, réduisant ainsi la digestibilité des protéines (Francis *et al.*, 2002).

#### 4. Diversité naturelle Chez *M. truncatula*

Il existe une forte diversité génétique rendue accessible pour l'expérimentation grâce, principalement, à une collection de plusieurs centaines de populations naturelles (principalement issues de France, Espagne, Portugal, Grèce, Maroc et Algérie) constituée à l'INRA de Montpellier (Ronfort *et al.* 2006). En 2005, la collection de l'INRA (<http://bioweb.ensam.inra.fr/multicrop>) comprenait 833 populations et 944 lignées fixées. Sur le long terme, la collection s'enrichira de 1 500 populations et de plus de 3 000 lignées fixées (Nair *et al.* 2006). Une autre collection de 5 120 accessions de *M. truncatula* est disponible en Australie, au centre de ressources génétiques SARDI (South Australian Research and Development Institut) (<http://www.sardi.sa.gov.au>) (Ellwood *et al.* 2006). De telles collections d'accessions permettent de conserver et mettre à la disposition de la communauté scientifique une ressource génétique considérable bien que le nombre de collectes pour certains pays méditerranéens soit faible (Ronfort *et al.* 2006).

Le criblage de ces ressources génétiques a révélé une large diversité génétique et une grande variation allélique au sein de cette espèce autogame entre populations mais aussi à l'intérieur de certaines populations (Bonnin *et al.* 1996; Bonnin *et al.* 2001). L'étude des flux génétiques permet de comprendre les mécanismes évolutifs qui expliquent le maintien de la diversité au sein de populations très autogames, et de déterminer comment cette diversité génétique est organisée à l'intérieur d'une population spécifique, mais aussi entre populations (Jenczewski *et al.* 2003).

Certaines de ces populations ont été analysées pour des caractères phénotypiques liés à des composantes agronomiques chez les Légumineuses cultivées. Des variantes naturels ont été mis en évidence pour la reconnaissance symbiotique plante-Sinorhizobium ainsi que pour des lignées présentant divers degrés de résistance ou de sensibilité à des champignons pathogènes (*Phytophthora medicaginis*, *Colletotrichum trifolii*) et des nématodes (*Meloidogyne incognita*, *Ditylenchus dipsaci*) (Tirichine *et al.* 2000; Moussart *et al.* 2007). Une grande variation a été mise en évidence chez cinq accessions de *M. littoralis*, 24 accessions de *M. truncatula* et dans une population de lignées recombinantes pour les caractères de date de floraison, de morphologie (poids sec, nombre de tiges primaires et secondaires) et de dynamique d'élongation des tiges (longueur, diamètre, vitesse d'élongation,...). Il est également intéressant de noter que lors de cette étude, la date de floraison fut trouvée négativement corrélée au diamètre et à la longueur des tiges (Julier *et al.* 2007). Une autre étude portant sur 700 lignées issues de 560 populations a montré une grande diversité pour la

date de floraison (Delalande *et al.* 2004) Enfin, du matériel scientifique a été créé à l'INRA de Montpellier, l'INRA de Rennes, l'ENSAT et le CBBC de Tunis à partir de la diversité naturelle : plus de 500 descendances F2, F3 et générations suivantes, et trois populations de 200 lignées recombinantes chacune, en génération F6 à F8. Trois grands thèmes de recherche sont abordés : la résistance à l'aphanomyces, la résistance à différents stress et l'étude de la floraison.

### **5. Diversité génétique**

La diversité génétique repose sur les variations de séquences d'ADN codantes (gènes) ou non codantes. Le changement de la séquence d'un gène peut éventuellement entraîner une modification qualitative ou quantitative de son expression, et par conséquent de son produit, la protéine, et in fine du phénotype de l'individu. La diversité génétique résulte donc de l'ensemble des phénomènes de modification de l'ADN (mutations, recombinaison sexuée) associé aux effets de la sélection naturelle ainsi qu'à l'action de l'homme. Certains facteurs notamment ceux liés à la reproduction ont fortement influencé la diversification génétique en favorisant ou en limitant les flux de gènes. Parmi les 3 genres botaniques des agrumes : *Poncirus*, *Fortunella* et *Citrus*, ce dernier est le plus diversifié. Cette diversité relativement importante trouve sa source dans la compatibilité sexuelle interspécifique et la polyembryonie.

La biodiversité de l'espèce *M. truncatula* est caractérisée par une forte variabilité morphologique et génétique intra- et interpopulations et par une importante homozygotie au niveau individuel. (Bonnin, 1996)

### **6. Les marqueurs génétiques :**

Selon De vienne (1998) un marqueur génétique est un marqueur polymorphe qui renseigne sur : le génotype de l'individu qui le porte(en génétique des populations), le génotype d'un (de) locus voisin(s)(les applications vont ici du clonage positionnel à la sélection assistée par marqueurs).

Les plus courants de ces marqueurs génétiques sont, selon une terminologie consacrée, les marqueurs morphologiques, les marqueurs moléculaires (au niveau de l'ADN) et les marqueurs biochimiques (isozymes, protéines). Toutefois, le terme de marqueur biochimique peut également désigner selon le contexte un stade de différenciation ou un état physiologique.

### **6.1. Les marqueurs morphologiques**

Dans les programmes de sélection des plantes, les caractères morphologiques sont les premiers à être observés. Ces caractères intéressent diverses parties de la plante, par exemple longueur des tiges, surface foliaire, initiation de la floraison (Cui et al. 2001 ; Gomez et al. 2004). Ces caractères sont utilisés de même pour estimer la variation intra- et inter-populations. Ils sont généralement limités en nombre de caractères relevés et directement influencés par l'environnement. Néanmoins, ils fournissent des informations utiles pour décrire et identifier le matériel biologique (Andersson et al. 2006).

### **6.2. Les marqueurs moléculaires**

Les marqueurs moléculaires sont largement utilisés dans le génotypage du matériel végétal pour des divers objectifs. Les généticiens les utilisent pour marquer des gènes majeurs, cartographier des QTLs (quantitative traits loci) et étudier la génétique des populations. Les sélectionneurs les appliquent pour caractériser et gérer les ressources génétiques avec plusieurs espèces de plantes par exemple longueur des tiges, surface foliaire, initiation de la floraison, suivre des caractères d'intérêt dans des programmes d'hybridation, et identifier les variétés pour la certification et la protection des obtentions.

En général, deux classes de marqueurs ont été identifiées :

- Les marqueurs co-dominants : de ce fait l'hétérozygote est distingué des deux homozygotes, parmi ces marqueurs : RFLP, CAPS et SSRs .
- les marqueurs dominants : de ce fait l'hétérozygote est identique à l'homozygote, parmi ces marqueurs plusieurs sont basés sur la PCR: RAPDs, ISSRs et AFLPs.

Chaque type de marqueur repose sur une méthodologie qui va conditionner la nature de l'information obtenue. Pour cela les marqueurs ont aussi été classés selon ceux dits multialléliques (RFLP, SSRs), qui permettent de révéler une série de plusieurs allèles pour chaque locus étudié, et ceux de type (RAPD, AFLP) qui permettent de révéler la présence ou l'absence d'un seul allèle pour chaque locus, et cela simultanément pour un grand nombre de locus, ce sont les marqueurs de type empreinte génétique, ou fingerprinting (Grivet et Noyer, 1999, Cui et al., 2001; Gomez et al. 2004).

### **6.3. Les marqueurs biochimiques**

Les marqueurs biochimiques ont été les premiers marqueurs utilisés pour étudier la variabilité génétique en œuvre (Harry, 2001). En 1966 deux avancées, l'une conceptuelle et l'autre technologique, ont permis d'appréhender pour la première fois la variabilité génétique. En effet l'étude des gènes pouvait être faite de façon indirecte au travers de l'étude de la séquence des acides aminés codés par ces gènes, en partant du principe que toute variation de la séquence d'acide aminé reflète une variation au niveau du gène codant pour cette protéine. L'avancée technologique repose sur la mise au point de l'électrophorèse des protéines (Harry, 2001).

Et aussi Les marqueurs biochimiques (protéines, iso enzymes...) sont des éléments génétiques issus de l'expression biochimique des gènes, apparus vers 1970, et sont déterminés non seulement par les gènes mais souvent par l'état de développement physiologique ainsi que par l'organe et le milieu où il se trouve .Les marqueurs biochimiques sont donc des moyens d'étude de facteurs génétiques et non génétiques parce qu'ils permettent de détecter l'influence de l'environnement et du milieu sur le génotype et aident donc à mieux différencier les populations.(medoukali, 2016)

#### **6.3.1. Les marqueurs enzymatiques**

Les marqueurs iso enzymatiques (nommés ainsi par market et moller, 1959) définissent un polymorphisme de nature biochimique associée aux différentes formes alléliques d'une même enzyme. Chez plusieurs espèces cultivées, plusieurs marqueurs iso enzymatiques ont contribué à l'élaboration des cartes génétiques (Marchand, 1999). Le terme iso enzyme englobe les multiples formes moléculaires d'une enzyme donnée, catalysant toutes la même réaction. Ces protéines des formes, des masses moléculaires ou de points isoélectriques différents, résultent des variations dans la composition en acides aminés qui dépend elle-même de la séquence des nucléotides de leurs gènes respectifs. Par conséquent leur mobilité électrophorétique est différente (Al Aoufir, 2001).

#### **6.3.2. Les marqueurs protéiques**

Les protéines consistent en un mélange complexe des protéines extractibles (variable selon le protocole suivi) présente au moment du prélèvement dans les tissus analysés (Prat et al., 2006). La séparation électrophorétique des protéines solubles est largement exploitée pour mettre en évidence les polypeptides caractéristiques d'un individu (Riousset, 2001)

l'analyse de leur polymorphisme a constitué une nouvelle approche dans la classification des individus et par là dans l'identification et la différenciation des organismes (Prat et al., 2006).

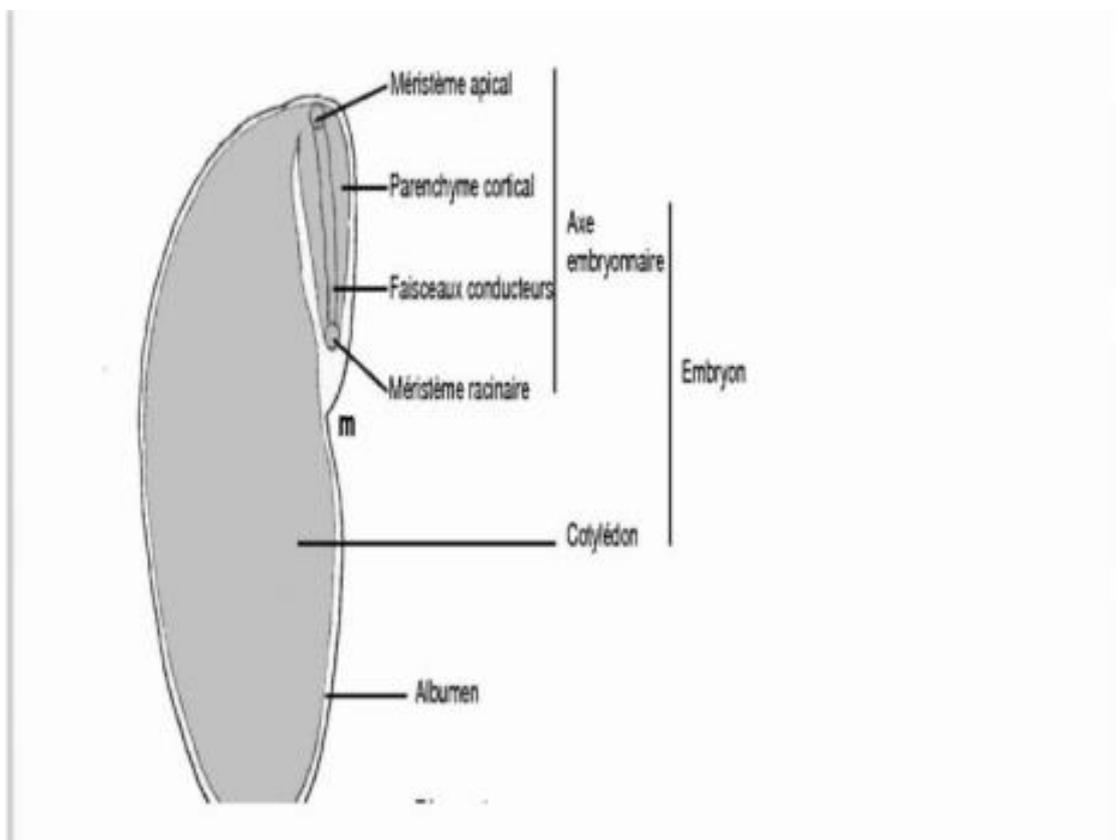
Les protéines de réserve représentent un outil macromoléculaire d'une haute importance, en effet sont utilisées comme marqueurs biochimiques, en biotechnologie végétale permettant ainsi : l'identification des variétés et des espèces végétales, l'étude de la variabilité et du polymorphisme génétique inter et intra spécifique, l'étude des protéines donne un accès directe vers la génomique, ce qui permet de cibler les molécules et les gènes d'intérêt.

### **7. Biologie de la graine chez *Medicago truncatula***

La graine est un des facteurs de dissémination des espèces végétales. Elle est issu de reproduction sexuée allogame (fécondation croisée entre deux individus) ou autogame (autofécondation). L'individu formé est donc différent de la plante mère. Chez beaucoup d'espèces, la reproduction végétative complète voire supplante la reproduction sexuée. Elle se fait alors à partir de tiges spécialisées (stolons de fraisier, rhizomes de bégonia, tubercules de pomme de terre), ou bien de bulbilles, qui se développent sur les côté des bulbes (ail, oignon, tulipe...), ou enfin à partir de racines drageonnantes, racine horizontales sur lesquelles se développent des tiges dressées (framboisier, prunellier). En revanche, pour de nombreuses espèces annuelles, la graine est l'unique vecteur de propagation. C'est le cas notamment pour les plantes cultivées que sont le blé, le maïs, le soja... etc. La graine est constituée de plusieurs types de tissus d'origines différentes : l'embryon, l'albumen et les téguments (Figure6). L'embryon et l'albumen sont issus de la fécondation. L'embryon, qui représente l'élément principal de la graine, est totalement recouvert de l'albumen. Ce dernier constitue, chez les céréales, la zone de stockage des réserves nécessaires au développement de la plantule avant l'acquisition de l'autotrophie. C'est le cas également pour certaines espèces dicotylédones (graines albuminées, ex : ricin) mais pour les autres, ce sont les cotylédons de l'embryon qui assument ce rôle (graines exalbuminées).

A la périphérie de la graine, on retrouve les téguments, enveloppes protectrices plus ou moins résistantes. Elles sont d'origine maternelle et dérivent des tissus de l'ovaire .

La nature des réserves énergétiques varie selon les espèces. Elles peuvent-être glucidiques du type amidon, chez le riz par exemple, lipidiques (colza, tournesol...), protéiques (luzerne), oléo-protéiques (arachide) ou gluco-protéiques (pois). L'intérêt nutritionnel ou industriel des plantes cultivées pour leurs graines réside dans leur capacité à produire des substances de réserve. Beaucoup de travaux de recherche ont pour objectif l'amélioration de la qualité et de la quantité de ces réserves. La graine est alors considérée comme un produit final et non comme une semence, point de départ crucial dans le développement d'une nouvelle plante.



**Figure 06 :** Structure de la graine de *Medicago truncatula*.

## **8. Travaux sur *Medicago truncatula***

Dans le domaine de la recherche fondamentale *M. truncatula* a déjà fait l'objet de nombreux travaux de biologie moléculaire, qui ont permis d'identifier et d'étudier plusieurs dizaines de gènes impliqués entre autre dans l'interaction symbiotique avec Sino rhizobium ou dans la symbiose endomycorhizienne. Beaucoup de travaux de recherches ont été réalisés sur *Medicago truncatula*. Nous présentons quelques uns d'entres eu :

- Le chercheur Toby Kiers de l'Université VU d'Amsterdam et ses associés ont utilisé *M. truncatula* pour étudier les symbioses entre les plantes et les champignons. En utilisant du carbone étiqueté pour suivre la source de nutriments circulant dans le système mycorhize arbusculaire, les chercheurs ont prouvé que les plantes avaient en effet donné plus de carbone aux espèces de champignons plus généreuses. En restreignant la quantité de carbone que les plantes ont donnée au champignon, les chercheurs ont également démontré que les champignons transmettaient plus de leur phosphore aux plantes plus généreuses.

- Une étude portant sur 54 populations de *M. truncatula* mises en essai dans une région sub-humide et une région semi-aride a été faite par Siziani et Abdelguerfi (2001) elle a permis d'étudier les liens entre la floraison et le développement végétatif d'une part, entre la floraison et l'altitude et la pluviométrie du milieu d'origine des populations d'autre part. Les résultats montrent que les liens entre la précocité de floraison et l'altitude et la pluviométrie du milieu d'origine des populations diffèrent d'une zone d'essai à une autre. En zone sub-humide les liens ont été bien établis. En zone semi-aride seule la pluviométrie semble déterminer la précocité, il est donc intéressant d'associer en plus de l'altitude, d'autres facteurs comme la température, la répartition annuelle de la pluviométrie, la latitude, la longitude pour mieux distinguer les populations selon leur provenance.

- L'étude de l'effet du déficit hydrique sur le développement et le rendement fourrager chez quatre populations de *Medicago truncatula* (L.) Gaertn a été réalisé par Chebouti et Abdelguerfi (2002). Les résultats obtenus montrent que le déficit hydrique a causé des réductions importantes des différents paramètres étudiés chez toutes les populations de *M. truncatula*.

*Matériel et  
méthodes*

Cette partie est consacrée à la description du matériel végétal utilisé dans la présente étude ainsi que les techniques adoptées.

### 1. Matériel végétale

Notre recherche vise à estimer le niveau de la diversité génétique qui existe au sein de *M.truncatula* appartient au genre *Medicago.L.* pour cela nous avons analysé des graines matures de 24 accessions de cette espèce, collectées dans différentes zones éco-géographiques du Nord Algérien (figure 07).

L'avantage de cette collection est que les sites de collecte ont des climats différents et sont soumis à diverses contraintes abiotiques (tableau 04).



**Figure 07 :** Localisations géographiques des 24 accessions de *M.truncatula* dans le nord Algérien.

**Tableau04:** Origines géographiques des 24 accessions étudiées, avec les paramètres éco géographiques correspondants

N°	REGION	PROVENANCE	ALT	LAT	LON	Pm	Tm	TM	CLIMAT
Mt1	Mila	Oued Athmenia	757	36°16'17,87"N	6°16'36,31"E	568	2,5	31,3	HH
Mt2	Mila	Bab Trouche	831	36°21'31,41"N	6°19'27,41"E	742	4,4	31,1	HH
Mt3	Constantine	Beni hemiden	429	36°31'04,89"N	6°33'52,68"E	704	3,2	31,4	SH
Mt5	Constantine	Chaabet ersas	584	36°20'20,08"N	6°37'27,04"E	624	3,3	32	SH
Mt6	Oum Bouaghi	-	883	35°51'27,30"N	7°06'45,04"E	462	0,4	31,3	HH
Mt8	Oum Bouaghi	Ain fakron	1010	35°56'14,58"N	6°56'45,32"E	494	0,4	30,8	HH
Mt9	Tipaza	-	196	36°35'53,73"N	2°38'20,83"E	626	8,4	30,1	HH
Mt10	Bourdj bouarriridj	-	907	36°04'00,12"N	4°41'18,44"E	368	1,6	33,4	SH
Mt11	Bourdj bouarriridj	Mansoura	504	36°11'48,42"N	4°27'00,50"E	409	3,1	32,6	SH
Mt12	Bourdj bouarriridj	air lac ain zada 2000 m	997	36°02'57,40"N	4°51'29,75"E	495	0,2	31,1	SH
Mt13	Bourdj bouarriridj	-	984	36°04'21,92"N	4°38'52,93"E	420	1,2	33,1	SH
Mt14	Bouira	-	537	36°22'09,18"N	3°51'33,64"E	506	0,2	30,9	H
Mt15	Bouira	Akhdaria	144	36°34'38,26"N	3°33'16,25"E	711	5,9	31,9	H
Mt16	Alger	Mohamadia	3	36°44'21,62"N	3°08'50,41"E	670	7,6	29,8	H
Mt17	Alger	Ben Aknoun	172	36°44'00,09"N	3°01'33,28"E	762	6,9	28,4	HH
Mt18	Blida	-	70	36°32'48,32"N	2°48'23,72"E	791	7	30,9	HH
Mt20	Ain Defla	2	257	36°09'57,25"N	1°43'25,04"E	593	6	33,5	H
Mt21	Chlef	-	135	36°14'45,30"N	1°14'17,86"E	405	6,6	32,6	H
Mt22	Mascara	-	281	35°30'09,15"N	0°05'30,19"O	368	7,5	29	SS
Mt23	Medea	-	385	36°20'33,96"N	2°46'04,83"E	736	2,5	30,6	SH
Mt24	Tissemsilt	-	575	36°00'36,95"N	2°09'11,39"E	609	1,1	30,1	SH
Mt25	Guelma	-	798	36°22'08,93"N	7°13'59,93"E	564	1,9	32,1	H
Mt26	Sétif	Eulma	1022	36°10'34,10"N	5°45'27,03"E	482	1	31,3	H
Mt27	Sétif	Centre-ville	1089	36°11'41,65"N	5°24'25,79"E	473	0,3	31,7	H

Les caractéristiques de chaque site : **ALT** : Altitude, **LAT** : Latitude, **LON** : Longitude, **Pm** : La pluviométrie moyenne ; **Tm** : La température minimale du mois le plus froid ; **TM** : La température maximale, **HH** : Hyper-humide, **H** : Humide, **SH** : Subhumide, **SS** : Semi sec.

## 2. Analyse propriété physique des graines

Les propriétés des graines sont généralement déterminées par la teneur en eau (Dursun et Dursun , 2005 ; Yalcine et ozarslan 2004). Dans cette étude, les variations de la teneur en eau par rapport aux propriétés des semences n'ont pas été étudiées.

Neuf propriétés physiques des graines ont été étudiées sur 24 accessions de *M.truncatula* Pour déterminer la taille moyenne, 10 graines ont été choisies au hasard pour chaque accession, et trois dimensions linéaires à savoir : Longueur (L), Larguer (W), et l'épaisseur (T) ont été mesurés à l'aide d'un micromètre à cadran avec une précision de 0.01 mm.

Le diamètre moyen des graines a été calculé à l'aide de la moyenne arithmétique et moyenne géométrique des trois dimensions axiales.

Le diamètre moyen arithmétique (Da) et le diamètre moyen géométrique (Dg) des graines ont été calculés en utilisant les relations suivantes (Mohsenin, 1970) :

$$Da = \frac{L + W + T}{3}$$

$$Dg = (LWT)^{1/3}$$

La sphéricité ( $\phi$ ) des graines de *M. truncatula* a été calculée en utilisant l'équation suivante (Mohsenin, 1970) :

$$\phi = \left[ \frac{(LWT)^{1/3}}{L} \right] \times 100$$

La surface (S) des graines a été trouvée par analogie avec une sphère du diamètre géométrique moyen, en utilisant la relation suivante (Sacilik et al, 2003; Tunde–Akintunde et Akintunde, 2004; Altuntaş et al, 2005):

$$S = \pi Dg^2$$

Le volume unitaire (V) a été déterminé à l'aide de l'équation suivante (Mohsenin 1986):

$$V = (\pi LWT)/6$$

Où L est la longueur, W est la largeur et T est l'épaisseur, le tout en mm.

La masse de mille graines (WTS) a été déterminée à l'aide d'une balance électronique ayant une précision de 0,001 g. Pour évaluer la masse de mille graines, 100 graines ont été choisies au hasard à partir de l'échantillon global et ont été moyennées.

### **3. Analyses statistiques**

Les propriétés physiques ont été analysées par ANOVA à l'aide de MS-Excel 2013 et une analyse des composantes principales (ACP) des neuf propriétés des graines a été élaborée. Les relations phénétiques entre les accessions ont été évaluées par UPGMA (Unweighted Pair-Group Méthode utilisant les moyennes arithmétiques) en se basant sur l'indice de jaccard. ACP et Le dendrogramme UPGMA ont été réalisés à l'aide du programme XLSTAT 2014.

*Résultats et  
discussion*

Notre travail vise à évaluer la variabilité génétique au sein de 24 accessions de l'espèce *M. truncatula*, en se basant sur neuf propriétés physiques des graines. Les mesures et les calculs réalisés sont présentés dans le tableau (05).

**Tableau 05 :** Données descriptives des propriétés physiques des graines de 24 accessions de *M. truncatula*.

N	Accessions	(L) = mm	(W) = mm	(T) = mm	(L+W+T)/3 (Da)	(LWT)1/3 (Dge)	( $\phi$ ) : (LWT)1/3/ L x 100 = %	$\pi$ .Dg2 = mm2	( $\pi$ .LWT)/6 = mm3	WTS (g)
		L	W	T	Da	Dg	$\phi$	S	V	WTS
1	Mt1	3,41	1,76	<b>1,00</b>	2,06	1,82	53,29	10,37	3,14	4,04
2	Mt2	3,53	1,78	<b>0,92</b>	2,08	1,79	50,84	10,11	3,03	3,76
3	Mt3	2,82	1,51	<b>0,82</b>	1,72	1,52	53,72	7,21	1,82	2,18
4	Mt5	3,48	1,81	<b>0,85</b>	2,05	1,75	50,34	9,63	2,81	4,56
5	Mt6	3,32	1,93	<b>0,82</b>	2,02	1,74	52,29	9,46	2,74	3,71
6	Mt8	2,80	1,44	<b>0,88</b>	1,71	1,52	54,52	7,30	1,85	3,19
7	Mt9	3,68	1,83	<b>1,03</b>	2,18	1,91	51,82	11,42	3,63	4,96
8	Mt10	3,25	1,63	<b>0,80</b>	1,89	1,62	49,79	8,22	2,22	3,26
9	Mt11	3,39	1,77	<b>0,89</b>	2,02	1,75	51,50	9,57	2,78	3,98
10	Mt12	3,55	1,96	<b>1,03</b>	2,18	1,93	54,37	11,70	3,76	4,99
11	Mt13	3,61	1,85	<b>0,99</b>	2,15	1,87	51,93	11,04	3,45	4,78
12	Mt14	3,08	1,62	<b>0,84</b>	1,85	1,61	52,28	8,14	2,18	3,34
13	Mt15	3,24	1,66	<b>1,00</b>	1,97	1,75	54,08	9,64	2,81	3,80
14	Mt16	3,27	1,68	<b>0,96</b>	1,97	1,74	53,29	9,54	2,77	4,27
15	Mt17	3,24	1,65	<b>1,04</b>	1,98	1,77	54,74	9,88	2,92	3,68
16	Mt18	4,04	1,99	<b>1,04</b>	2,36	2,03	50,29	12,96	4,39	5,66
17	Mt20	3,70	2,03	<b>0,96</b>	2,23	1,93	52,21	11,72	3,77	5,29
18	Mt21	3,75	2,03	<b>0,96</b>	2,25	1,94	51,75	11,82	3,82	4,94
19	Mt22	3,80	2,06	<b>1,08</b>	2,31	2,04	53,66	13,06	4,44	5,02
20	Mt23	4,14	2,14	<b>1,02</b>	2,43	2,08	50,26	13,59	4,71	6,53
21	Mt24	3,34	1,61	<b>0,99</b>	1,98	1,74	52,22	9,55	2,78	3,90
22	Mt25	3,79	1,97	<b>1,05</b>	2,27	1,99	52,42	12,39	4,10	5,11
23	Mt26	3,68	1,97	<b>0,98</b>	2,21	1,92	52,30	11,63	3,73	4,52
24	Mt27	3,31	1,68	<b>0,83</b>	1,94	1,66	50,30	8,70	2,42	3,91

### 1. Analyse de variance des propriétés physiques des graines

Les valeurs de la moyenne, de l'écart-type(S.D) et du coefficient de variation (CV) des propriétés des graines étudiées sont présentées dans le (tableau 6). La surface de la graine (S) s'est avérée la plus variable dans toute la collection (cv=3.16%), allant de 7.21mm<sup>2</sup> à 13.59mm<sup>2</sup> avec une moyenne de 10.36mm<sup>2</sup>. Suivie par le diamètre ( $\phi$ ) des graines avec un CV de 2.1% et une moyenne de 22.26 mm ; et le poids de mille grains (WTS) avec un CV de 0.88%, fluctuant entre 2.18g et 6.53g avec une moyenne de 4.31g.

Le plus faible CV(0.01%) a été enregistré pour l'épaisseur des graines (T), suivi par le (Dg) avec un CV de 0.02%, et 0.04% pour (da) et (w) respectivement. Les autres propriétés ont montré une variation marginale à travers toutes les accessions (tableau 06).

**Tableau 06** : Moyenne, gamme, écart type et coefficient de variation des propriétés analysées pour les 24 accessions de *M.truncatula*

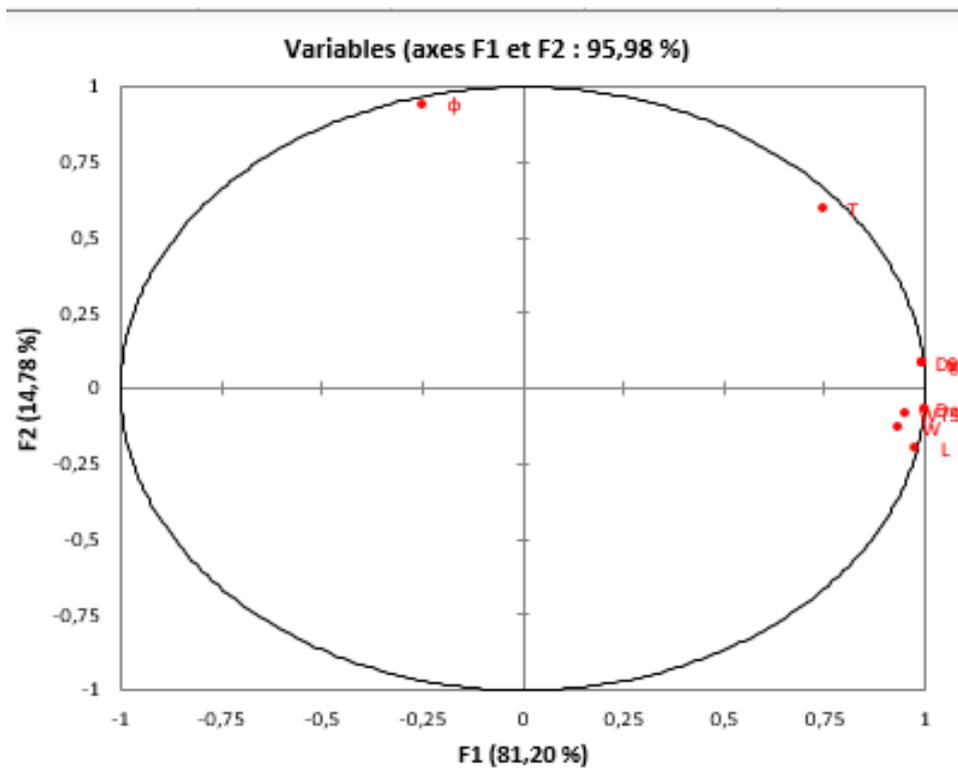
Propriétés physiques	Min	Max	Mean	S.D	CV(%)
L (mm)	2.80	4.14	3.47	0.33	0.11
W (mm)	1.44	2.14	1.81	0.19	0.04
T (mm)	0.80	1.08	0.95	0.09	0.01
Da (mm)	1.71	2.43	2.07	0.19	0.04
Dg (mm)	1.52	2.08	1.81	0.16	0.02
$\phi$ (%)	49.79	54.74	58.26	1.47	2.17
S (mm <sup>2</sup> )	7.21	13.59	10.36	1.78	3.19
V (mm <sup>2</sup> )	1.82	4.71	3.17	0.81	0.66
WTS (g)	2.18	6.53	4.31	0.94	0.88

## 2. Analyse en composantes principales (ACP)

Afin de vérifier la relation entre les variables étudiées et les facteurs, une ACP (figure 08) a été réalisée en considérant les propriétés physiques et huit facteurs (F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8). La conception bidimensionnelle (2D) a été préparée en utilisant les deux premiers axes qui représentent 95,98% de la variance totale, avec 81,1% et 14,88% pour les axes 1 et 2, respectivement.

Les sept propriétés physiques :L, W, T, Dg, Da, S et V ont fortement contribué à la formation de PC1 et ont montré des corrélations relativement fortes entre elles, en particulier entre Da, Dg, S et V.

La sphéricité ( $\phi$ ) de la graine a contribué principalement à la formation du PC2 et a montré des corrélations négatives avec les autres propriétés de la graine, sauf avec la deuxième et troisième dimension axiale de la graine (W et T), qui ont montré des relations faibles.



**Figure 08 :** L'analyse en composante principale des caractères physiques et leur relation avec les facteurs 1 et 2.

### 3. Analyse des liaisons inter-caractères

La matrice de corrélations (tableau 07) a révélé des corrélations significatives entre les différents caractères quantitatifs étudiés, à l'exception de  $\phi$ , qui a été négativement corrélée avec toutes les autres caractéristiques. A titre d'exemple, la longueur des gousses (L) a présenté une corrélation positive hautement significative avec la largeur (W) des gousses ( $r=0,916$ ), la moyenne géométrique (Dg) ( $r=0,958$ ), le poids d'un millier de graines (WTS) ( $r=0,937$ ), la surface (S) et le volume (V) des graines ( $r=0,957$  et  $0,955$  respectivement). Mais négativement corrélée à la sphéricité ( $\phi$ ) ( $r=-0,444$ ).

De plus, la corrélation positive la plus forte ( $r=0,999$ ) a été observée entre le diamètre géométrique (Dg) et la surface de la graine (S) et entre cette dernière et le volume (V). Tandis que la corrélation négative la plus forte ( $r= -0,444$ ) a été enregistrée entre la sphéricité ( $\phi$ ) et la longueur de la graine (L).

**Tableau 07:** Matrice de corrélations entre les différents caractères physiques des 24 accessions étudiées

Variables	L	W	T	Da	Dg	$\phi$	S	v	WTS
L	<b>1</b>	<b>0,916</b>	<b>0,634</b>	<b>0,987</b>	<b>0,958</b>	<b>-0,444</b>	<b>0,957</b>	<b>0,955</b>	<b>0,937</b>
W		<b>1</b>	<b>0,520</b>	<b>0,948</b>	<b>0,919</b>	-0,284	<b>0,919</b>	<b>0,918</b>	<b>0,869</b>
T			<b>1</b>	<b>0,698</b>	<b>0,794</b>	0,309	<b>0,791</b>	<b>0,786</b>	<b>0,666</b>
Da				<b>1</b>	<b>0,988</b>	-0,306	<b>0,988</b>	<b>0,985</b>	<b>0,940</b>
Dg					<b>1</b>	-0,169	<b>0,999</b>	<b>0,996</b>	<b>0,927</b>
$\phi$						<b>1</b>	-0,168	-0,168	-0,312
S							<b>1</b>	<b>0,999</b>	<b>0,929</b>
V								<b>1</b>	<b>0,929</b>
WTS									<b>1</b>

#### **4. Analyse en composantes principales des accessions étudiées**

La répartition des variables selon les deux axes permet de réaliser des groupages des individus qui se ressemblent plus au moins sur la base d'une ou de plusieurs des variables mesurées. L'ACP (figure 9) se basant sur les propriétés physiques, montre un regroupement des populations autour d'un centre d'inertie qui dans notre cas : Mt1 (Mila/Oued Athmenia), Mt2 (Mila/Bab Trouche), Mt4 (Chettaba), Mt13 (Achir), Mt14 (Sidi Bel Abbes), Mt15 (Bouira) et Mt21 (Sidi Fredj) sont les plus proches de l'origine des deux axes. Cela veut dire qu'elles ont les propriétés les plus communes avec l'ensemble des populations. Mt6 (Oum El Bouaghi), Mt10 (Bordj Bouariridje), Mt16 (Akhdaria), Mt17 (Bou Merdas), Mt18 (Tizi Ouzou), Mt19 (El Madania), Mt20 (Mohamadia), Mt22 (Ben Aknoun) et Mt23 (Blida) qui se caractérisent par un  $\phi$  élevé, une grande taille des gousses et des graines, un poids d'un millier des graines (WTS) important. Ces populations se situent au coté positif de la première composantes principales (PC1). Tandis que Mt3 (Beni Hmiden), Mt8 (Ain Fakroun), Mt12 (Lac Ain Zada), Mt24 (Mostaganem), se caractérisent par une surface (S) importante et une longueur (L) diminuée.

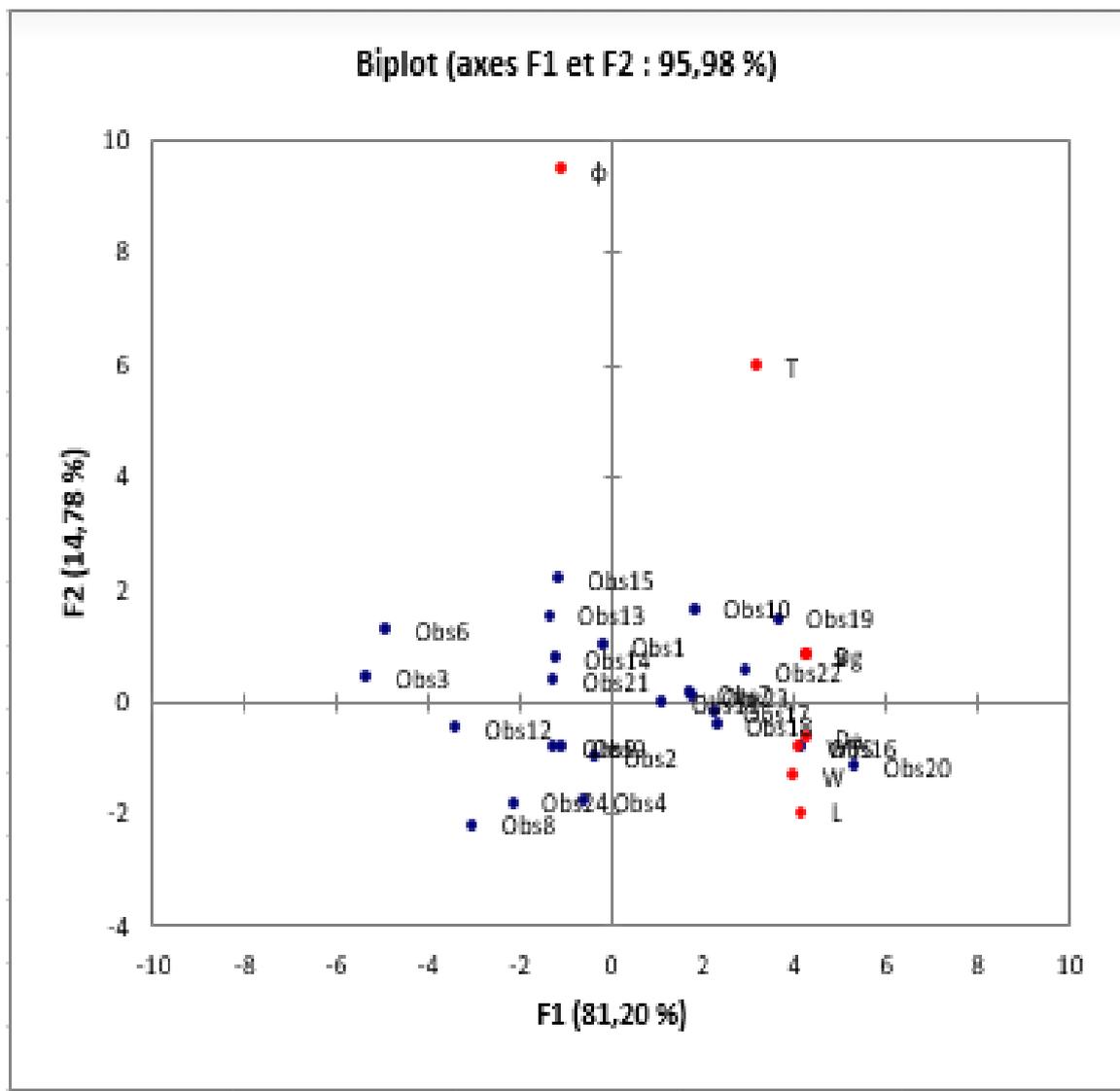


Figure 09 : Répartition des 24 accessions étudiées sur les plans 1 et 2 de l'ACP

### 5. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

La classification CAH permet le regroupement des objets ou autres dans des groupes homogènes, sur la base de leur similarité. Cette méthode statistique permet d'effectuer des typologies empiriques.

Le dendrogramme présenté en figure (10) montre la présence de six clusters majeurs (définis par une coupure tracée « en pointillés » pour séparer les différents niveaux d'agrégation). A une distance  $d=1$ , le premier groupe renferme six accessions (Mt12, Mt11, Mt10, Mt8, Mt2, Mt5,) appartenant à des régions de l'Est du pays (Constantine, Mila, Bourdj Bouarridj...) avec une gamme de stades bioclimatiques variant de l'hyper-humide au Subhumide.

Le deuxième groupe comprend deux accessions à un degré de distance  $d=0.9$  (Mt20 et Mt21) sont à l'origine du centre de l'Algérie (Alger) avec un climat hyper-humide au humide.

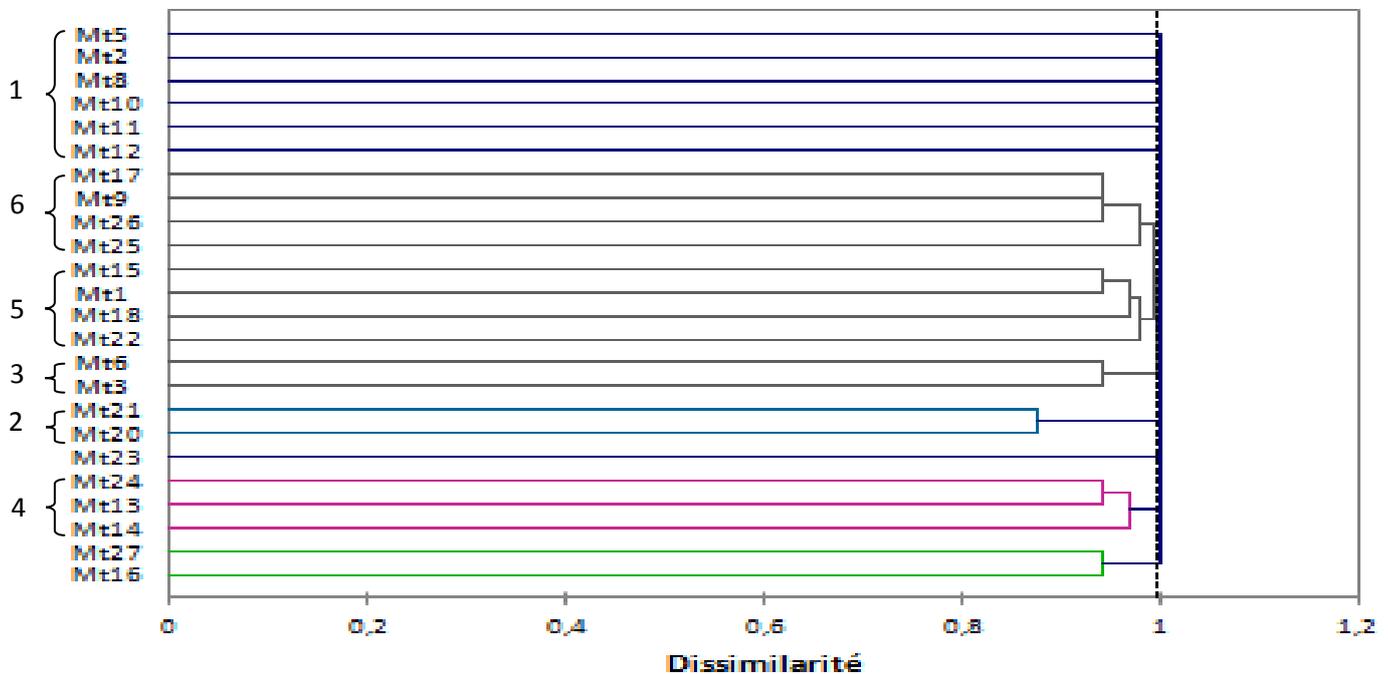
Le troisième cluster regroupe sept accessions à un degré de distance  $d=0.96$ , appartenant à des régions relativement éloignées de l'Est Algérien (Oum Bouaghi, Constantine...) avec des étages bioclimatiques varient du hyper-humide au subhumide.

Le quatrième groupe ( $d=0.97$ ) est constitué de trois accessions collectées dans des régions de l'Ouest algérien représentant un climat humide (Sidi bel abbès, Achir, Mostaganem).

Le cinquième est constitué de six accessions collectées dans des régions allant du centre jusqu'à l'Ouest du Nord algérien appartenant à un climat humide, à l'exception de Mila (Mt1) qui représente le côté Est, avec un climat qui varie de l'hyper-humide à l'humide. Ils présentent un degré de distance  $d=0.98$ .

L'accession (Mt9) prélevée dans une région du Nord du pays (Tipaza) avec un climat hyper-humide, forme le sixième groupe avec trois autres accessions de l'Ouest algérien appartenant à un climat humide, au niveau de distance  $d=0.99$ .

**Dendrogramme**



**Figure 10 :** Dendrogramme (UPGMA, coefficient de Jaccard) basé sur les données des propriétés physiques de 24 accessions de *M. truncatula*

## **6. Discussion**

L'objectif de cette étude est la détermination de la diversité génétique dans les populations de l'espèce *M. truncatula*, pour cela nous avons utilisé les propriétés physiques des graines, comparés entre 24 accessions recueillies dans un large éventail des étages climatiques dans le nord Algérien.

La connaissance des propriétés physiques des produits agricoles est importante pour fournir les données techniques essentielles requises pour la conception et le développement de machines, de structures et d'équipements pour la manipulation, le décorticage, le traitement, le transport et le stockage des produits agricoles. La forme et la taille sont importantes pour la conception équipements de classement, de tri, de nettoyage, de décorticage et d'emballage. La densité et la gravité spécifique sont utilisées pour calculer la diffusivité thermique dans le transfert de chaleur, la vitesse terminale, la masse, la densité apparente et la porosité sont utilisées dans le stockage, le transport et le système de séparation (Oh et al., 2001 ; Urena et al., 2002). Au fur et à mesure que l'on met l'accent sur la qualité des semences, le besoin d'identification et/ou de classification variétale deviendra plus important. Par conséquent, l'objectif de cette étude était d'identifier les propriétés physiques sélectionnées pour distinguer les accessions, et d'étudier les relations entre les propriétés des graines de *M. truncatula*.

Les propriétés physiques de genre *Medicago* diffèrent d'une espèce à l'autre. Selon Lesins et Lesins (1979) étudié l'espèce *M. orbicularis* : cette espèce produit des graines plus ou moins sphériques ce qui a un effet important sur la formation de PC2 en comparaison avec les autres espèces, est caractérisée par un nombre élevé de graines par gousse. Une autre caractéristique avec une grande contribution à la formation de la troisième composante principale était le poids de 1000 grains par rapport à *Medicago truncatula* leurs grains cylindriques en forme de tronc, glabre, très dures, ces caractéristiques ont contribué à la formation de PC1. Selon Yousfi et al., (2006) signalent que le cultivar australien Jemalong (*M. truncatula*), classé parmi les populations tardives, produit un nombre faible de gousses, mais contient un nombre élevé de graines par gousse.

L'importance de la variation des propriétés des graines parmi les accessions examinées est démontrée par l'Analyse ACP sur neuf caractéristiques physiques. Les graines de tous les accessions examinés diffèrent considérablement en termes de forme, de taille et de poids de milliers de graines (WTS), Lesins et Lesins (1979) ont noté la relation entre ces caractères en rapportant que le poids de 1000 grains donne une idée sur la taille des graines. L'importance

de ces propriétés est mise en évidence par ses charges élevées dans le premier et le troisième (WTS) composant principal.

La structuration de populations naturelles de *M.truncatula* selon des facteurs écogéographiques traduit l'existence de structures génotypiques bien adaptées à des conditions écologiques locales. Le faible taux d'allogamie que représente cette espèce permettrait de maintenir des recombinaisons génétiques contribuant à des adaptations particulières aux différentes conditions du milieu (Baatout et al., 1990). Cette structuration des populations naturelles de *M. truncatula*, selon certains facteurs écologiques du milieu d'origine, rappelle celle observée chez les populations algériennes (Si Ziani & Abdelguerfi, 1995)

L'analyse du polymorphisme morphologique est souvent accompagnée de l'étude du polymorphisme isoenzymatique ou moléculaire (Ballve et al., 1997 ; Moore, 2001). Les marqueurs microsatellites sont connus pour présenter des taux de mutation élevés, et devraient donc révéler des quantités de polymorphismes, en particulier lorsqu'ils sont utilisés au niveau des espèces. Ils permettent de sélectionner les caractères souhaités en fonction du génotype et peuvent donc compléter et accélérer les programmes de sélection végétale. De plus, les marqueurs avec un grand nombre d'allèles sont informatifs pour les études de population (Ronfort *et al.*, 2006).

Les marqueurs biochimiques, dont les isoenzymes, ont été utilisés pour caractériser la diversité génétique de plusieurs plantes. Les isoenzymes constituent de multiples formes moléculaires de la même enzyme qui catalysent la même réaction dans la cellule. Elles se distinguent les unes des autres par des propriétés de détail, notamment par leurs coefficients cinétiques, leur spécificité, parfois par leur stabilité ou leur sensibilité à certains inhibiteurs (Pelmont 1995).

Les marqueurs protéiques permettent de mieux cibler les caractères recherchés tels que le rendement ou la qualité (Tam et al., 2006). Chaque être vivant présente des différences dans son génome, donc dans sa constitution protéique, c'est ainsi que l'absence, la présence ou l'abondance d'une protéine donnée, crée un profil spécifique pour chaque individu et chaque population et qui peut être la source d'une grande variabilité génétique.

*Conclusion générale  
et perspectives*

## *Conclusion générale et perspectives*

Ce travail de recherche avait pour objectif, d'apprécier la variabilité existante au sein de l'espèce *M. truncatula* par les propriétés physiques des grains, sur 24 échantillons recueillis dans diverses conditions éco-géographiques dans le nord de l'Algérie.

L'analyse des données des propriétés physiques des graines de *M. truncatula*, nous a permis de :

- Réaliser une analyse en composantes principales des caractères physiques des graines (ACP), une grande dispersion des individus dans le plan défini par les deux composantes principales montre que la majorité des propriétés ont contribué à la discrimination des 24 accessions de *M. truncatula* étudiées. Ces caractères ont subdivisé les populations en deux groupes : un groupe incluant les populations avec des valeurs élevées de caractéristiques physiques et un second groupe incluant les populations caractérisées par des valeurs de caractéristiques physiques intermédiaires à faible.
- Noter des corrélations hautement significatives entre les neuf propriétés physiques analysés. Ces caractères utilisés sont essentiellement polygéniques et concernent des niveaux phénotypiques complexes accessibles aux influences du milieu, ainsi qu'à la sélection.
- Conclure une diversification génétique observable entre populations de *M. truncatula* échantillonnées dans des conditions éco-géographiques très diverses.
- Effectuer une caractérisation phylogénétique des différentes accessions étudiées par une classification hiérarchique en UPGMA, ça nous a conduit à constater la présence d'une corrélation entre les facteurs physiques des grains et les paramètres éco-géographiques des régions d'origine de chaque accession.

Nous avons pu démontrer que les populations Algériennes de *M. truncatula* sont un matériel de choix pour faire de la biologie intégrative, c'est à dire mettre en parallèle la biologie de la plante, son environnement, sa génétique et sa génomique afin de comprendre comment les plantes fonctionnent et permettre d'identifier les propriétés d'intérêt.

- Essayer de comparer ces propriétés physiques de *M. truncatula* avec d'autres espèces du genre *Medicago* et les corrélés avec les marqueurs morphologiques et d'autres marqueurs.
- Comparer les résultats d'analyse génétique de *M. truncatula* en Algérie à ceux des autres pays méditerranéens afin de construire un arbre phylogénétique global permettant d'élucider les relations généalogiques et de découvrir les processus évolutifs de cette espèce.

*Références  
bibliographiques*

- Abdeguerfi A.(1978). Contribution à l'étude écologique des luzernes annuelles en algérie. These magister algérie.116p.
- Abdelkafi A, Marrakchi M. (1998). Les ressources phytogénétiques fourragères et pastorales : de l'érosion à la conservation. Opt Medit. 15-27.
- Al-Faifi SA, Migdadi HM, Al-Doss A, Ammar MH, El-Harty EH, Khan MA, Muhammad JM, Alghamdi SS. (2013). Morphological and molecular genetic variability analyses of Saudi lucerne (*Medicago sativa* L.) landraces. *Crop & Pasture Science* 64:137-146.
- Allen ON, Allen EK. (1981). *The Leguminosae, a Source Book of Characteristics, Uses and Nodulation*. 1st Edn., Wisconsin, University of Wisconsin Press.
- Amor BB, Shaw SL, Oldroyd GE, Maillet F, Penmetsa RV, Cook D, Long SR, Denarie J, Gough C (2003). The NFP locus of *Medicago truncatula* controls an early step of Nod factor signal transduction upstream of a rapid calcium flux and root hair de formation. *Plant J* 34: 495-506
- Amrani O. (2006). Valeur nutritive du chardon marie. Université Al hadj lakhdar. Thèse de Magistère. Batna.
- Andersson M.S, Schultze-Kraft R, Peters M, Hincapie B, Lascano C.E. (2006).Morphological, agronomic and forage quality diversity of the *Flemingia macrophylla* world collection. *Field Crops Research* 96: 387-406
- André G., Hubert B (1992). Amélioration des espèces végétales cultivées. Quae. Paris. 271 p
- Ane JM, Levy J, Thoquet P, Kulikova O, de Billy F, Penmetsa V, Kim DJ, Debelle F, Rosenberg C, Cook DR, Bisseling T, Huguet T, Denarie J (2002). Genetic and cytogenetic mapping of DMI1, DMI2, and DMI3 genes of *Medicago truncatula* involved in Nod factor transduction, nodulation, and mycorrhization. *Mol Plant Microbe Interact* 15: 1108-18
- Baatout H, Marrakchi M, Pernes J. (1990). Electrophoretic studies of genetic variation in natural populations of allogamous *Hedysarum capitatum* and autogamous *Hedysarum eupinosissimum*. *Plant Sci.*, 69, 49-64.
- Ballve R.M.L, Medina-Felho H.P, Braz J, Bordignon R. (1997). Identification of reciprocal hybrids in citrus by the broadness of the leaf petiole wing, *Genet* 20 (4)
- Barker DG, Bianchi S, London F, et al. (1990). *Medicago truncatula*, a model plant for studying the molecular genetics of the *Rhizobium*-legume symbiosis. *Plant Mol Biol Rep*, 8 : 40-9.
- Battandier J.A., Trabut L. (1890). Flore de l'Algérie, Dicotylédones. Alger. 292-295 p
- Bewley JD, Black M. (1994). *Seeds : Physiology of development and germination*, Plenum Press, New York.
- Blondon F, Marie D, Brown S, Kondorosi A (1994). Genome size and base composition in *Medicago sativa* and *M. truncatula* species. *Genome*, 37 : 264-70.
- Boisson-Dernier A, Chabaud M, Garcia F, Becard G, Rosenberg C, Barker Dg (2001). *Agrobacterium rhizogenes*-transformed roots of *Medicago truncatula* for the study of

nitrogen-fixing and endomycorrhizal symbiotic associations. *Mol Plant Microbe Interact*, 14 : 693-700.

Bonnier G. (1927). *Flore complète portative de la France, de la Suisse et de la Belgique*. Paris. 425 p

Bonnin I, Huguet T, GHérardi M, Prospéri JM, Oliviéri I (1996). High level of polymorphism and spatial structure in a selfing plant species *Medicago truncatula* Gaertn. using RAPDs markers. *Am J Bot*, 83 : 843-55.

Capela D, Barloy-Hubler F, Gouzy J, Bothe G, Ampe F, Batut J, Boistard P, Becker A, Boutry M, Cadieu E, Dreano S, Gloux S, Godrie T, Goffeau A, Kahn D, Kiss E, Lelaure V, Masuy D, Pohl T, Portetelle D, Puhler A, Purnelle B, Ramsperger U, Renard C, Thebault P, Vandebol M, Weidner S, Galibert F (2001) Analysis of the chromosome sequence of the legume symbiont *Sinorhizobium meliloti*. *Proc Natl Acad Sci USA* 98: 9877-9882

Chabaud M, de Carvalho-Niebel F, Barker DG (2003). Efficient transformation of *Medicago truncatula* cv. Jemalong using the hypervirulent *Agrobacterium tumefaciens* strain AGL1. *Plant Cell Rep* 22: 46-51

Chabaud M, Larssonneau C, Marmouget C, Huguet T (1996) .Transformation of barrel medic (*Medicago truncatula* Gaertn.) by *Agrobacterium tumefaciens* and regeneration via somatic embryogenesis of transgenic plants with the MtENOD12 nodulin promoter fused to the gus reporter gene. *Plant Cell Rep*. 15: 305-310

Chenggang Liu., Chan Man Ha., Richard A., Dixon. (2018). Functional genomics in the study of Metabolic Pathways in *Medicago truncatula*: An overview. *Methods and Protocols Methods in Molecular Biology*, vol. 1822: 315-337p. *Methods in Molecular Biology*, vol. 1822

Cherifi K, Boussaid M, Marrakchi M. (1993). Diversité génétique de quelques populations naturelles de *Medicago ciliaris* (L) Krock et de *Medicago intertexta* (L) Mill. I. Analyse de la variabilité morphologique. [Genetic diversity of some natural populations of *Medicago ciliaris* (L.) Krock and *Medicago intertexta* (L.) Mill. I. Morphological variability analysis]. *Agronomie* 13:895-908.

Cornwel T I W., Cohick I., Raskin. (2004). Dietary phytoestrogens and health, *Phytochemistry* 65: 995–1016p.

Cui Z, Carter TE, Jr, Burton JW, Wells R. (2001). Phenotypic Diversity of Modern Chinese and North American Soybean Cultivars. *Crop Sci*. 41: 1954-1967

Dixon R A. (1986). The phytoalexin response: eliciting, signaling and control of host gene expression, *Biol. Rev.* 61 239–291p.

Dixon R A., Ferreira D. (2002). Genistein, *Phytochemistry* 60 205–211p.

Dixon R A., Sumner L W. (2003). Legume natural products: understanding and 131:878–885p.

DJEBALI . N (2008) : Etude des mécanismes de résistance de la plante modèle *Medicago truncatula* vis-à-vis de deux agents pathogènes majeurs des légumineuses cultivées : *Phoma medicaginis* et *Aphanomyces euteiches* . Université Toulouse. These de doctorat

- Doyle J.J., Luckow M.A., (2003). The rest of the iceberg. Legume diversity and evolution in a Phylogenetic context. *Plant Physiol.* 131:900-910.
- Dursun, E., Dursun, I., (2005). Some physical properties of caper seed. *Biosyst. Eng.* 92 (2), 237-245.
- El-Hansali M, Zinelabidine LH, Haddioui A. (2007) Variabilité des caractères morphologiques des populations naturelles de *Medicago truncatula* Gaertn. au Maroc. [Morphological characters variability of some natural populations of *Medicago truncatula* Gaertn. in Morocco]. *Acta Botanica Gallica* 154:643-649.
- Fatma LAZREK - BEN FRIHA (2008) ; Analyse de la diversité génétique et symbiotique des populations naturelles tunisiennes de *Medicago truncatula* et recherche de QTL liés au stress salin ; En vue de l'obtention du DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE.
- Frugoli J, Harris J (2001) *Medicago truncatula* on the move! *Plant Cell* 13: 458-63
- Galibert F, et al. (2001). The composite genome of the legume symbiont *Sinorhizobium meliloti*. *Science*, 293 : 668-72.
- Gamas P, Niebel FDC, Lescure N, Cullimore JV (1996) Use of a subtractive hybridization approach to identify new *Medicago truncatula* genes induced during root nodule development. *Mol Plant Microbe Interact* 9: 233–242
- Gepts P, Beavis W.D, Brummer E.C, Shoemaker R.C, Stalker H.T, Weeden N.F, Young N.D. (2005). legumes as a model plant family. Genomics for food and report of the Cross-Legume Advances Through Genomics Conference. *Plant Physiol* 137: 1228-1235.
- Gervais ML., (2010) .Etude des interactions protéine-protéine par double hybride bactérien : applications en agro-alimentaire et en santé .Thèse de doctorat : Université d'Angers.72.
- Gomez O.J, Blair M.W, Frankow-Lindberg B.E, Gullberg U. (2004). Molecular and Phenotypic Diversity of Common Bean Landraces from Nicaragua. *Crop Sci.* 44: 1412-1418.
- Graham, P.H. and Vance, C.P. (2003) Legumes: importance and constraints to greater use. *Plant Physiol.* 131, 872–877.
- Grivet L. & Noyer J.L. (1999) . Les méthodes de marquage biochimique et moléculaire. In: Hamon P., Seguin M., Perrier X. & Glaszmann J.C. (eds.) Diversité génétique des plantes tropicales cultivées. CIRAD, pp. 13-42.
- Halmi S. (2010). Contribution à l'étude cytogénétique de quelques espèces du genre *Medicago* (L). Mémoire de magistère en biotechnologie végétales. Université Mentouri Constantine., 97p
- Harrison Mj (1999). Molecular and cellular aspects of the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol*, 50 : 361-89.
- Harry. (2001) . Génétique moléculaire et évolutive. Editions Maloine, Paris.
- Heyn C.C. (1963). The annual species of *Medicago*. *Scripta Hierosolymitana*. Publications of the Hebrew University. Jerusalem. 154p.
- Hireche Y. (2006). Réponse de la luzerne (*Medicago sativa* L) au stress hydrique et à la profondeur de semis. Université al hadj lakhdar. Thèse de magistère. Batna

- chromosomique chez 35 populations de 17 espèces. Annales de l'institut National Agronomique. El-Harrach. 12 (1) : 342-354 p
- Holmes P, GoVard N, Weiller GF, Rolfe BG, Imin N. (2008). Transcriptional proWling of *Medicago truncatula* meristematic root cells. BMC Plant Biology, 8, 21. doi: 10.1186/1471-2229-8-21
- Jauzien Ph., (1995). Flore des champs cultivés. INRA éditions. Paris. 232 p.
- Journet EP, Carreau V, Gouzy J, Thoquet P, Rosenberg C, Barker D, Huguet T, Denarie J, Gamas P (2001). La légumineuse modèle *Medicago truncatula* : approches génomiques et perspectives. Ecole thématique Biologie végétale.
- Julien A. (1894). Flore de la région de Constantine. Soc. Agric. Constantine. 1-90p.
- Kosslak R M., Bookland R., Barkei J., Paaren H E., Appelbaum E R. 1987. Induction of Bradyrhizobium japonicum common nod genes by isoflavones isolated from Glycine max. Proc Natl Acad Sci U S A 84:7428–7432p.
- La peyronie A. (1982). Les productions fourragères méditerranéennes - technique agricole et Production méditerranéenne. Maisonneuve et Larose. Paris. 8: 307-315.
- Laouar M, Abdelguerfi A. (2003).variabilité morphologique et phénologique chez deux taxa très proches.*Medicago ciliaris* et *Medicago intertexta*. INRAA. 263- 264.
- Lazrek-Ben friha F. (2008). Analyse de la diversité génétique et symbiotique des populations naturelles tunisiennes de *Medicago truncatula* et recherche de QTL liés au stress salin. Thèse De Doctorat. L'université de Toulouse. France
- Lesins KA, Lesins I. (1979). Genus *Medicago* (Leguminosae): A taxogenetic study. Dr. W. Junk bv Publishers, The Hague-Boston-London
- Lévy J, Bres C, Geurts R, Chalhoub B, Kulikova O, Duc G, Journet EP, Ané JM, Lauber E, Bisseling T, Dénarié J, Rosenberg C, Debelle F. (2004). A Putative Ca<sup>2+</sup> and Calmodulin-Dependent Protein Kinase Required for Bacterial and Fungal Symbioses. Science, 303: 1361–1364.
- Mathieu M., (2003). Luzerne: culture, récolte, conservation, utilisation. France agricole.11-16
- Medoukali I. (2016). Les genres *Medicago* L. et *Trifolium* L. en Algérie : diversité morphologique, biochimique et moléculaire. Thèse de Doctorat. Université des Frères Mentouri, Constantine .
- Messioughi , (2010). Analyse des substances active " les flavonoides " et action antibactérienne d'une fabacée à à intérêt médicinal "*Medicago sativa* .L." cultivée sur des sols du Nord-Est algérien . Mémoire en biologie .Université badji Mokthar-Annaba ; 123 p.
- Michaud R., Lehman W.F., Rumbaugh M.D. (1988) World distribution and Historical Development. In Alfalfa and alfalfa improvement. Agronomy monograph n°29. USA, 25-89.
- Mohsenin N N (1986) Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach Science Publishers. New York.
- Mohsenin, N.N. (1970). Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach Science Publishers, New York.

- Moore G.A. (2001). Oranges and lemons : clues of the taxonomy of Citrus from molecular markers. *Trends Genet.*17(9) 536-540
- Mukne AP., Viswanathan V., Phadataré AG. (2011). Structure pre-requisites for isoflavones as effective antibacterial agents. *Pharmacogn Rev* 5:13–18p
- Nair RM., Hughes SJ., Ellwood S., Olivier R., Greene SL., Delalande M., Wen J., Oldroyd GE., (2006). *Medicago truncatula* Stock centres. *Medicago truncatula Handbook*.
- Nègre R. 1959 Révision des *Medicago* d’Afrique du Nord. *Bull. Soc. Hist. Nat. De L’Afrique du Nord* 50,267-3 14.
- Oh I.H., S. H. Jo, and K. S. Rhim (2001). A new method of determining apparent density and void fraction in a tobacco column, *Trans. of the ASAE*, 44(3), 651-654.
- Pawlowski K (1997). Nodule-specific gene expression. *Physiol Plantarum*, 99 : 617-31.
- Pelmont J (1995) *Enzymes catalyseurs du monde vivant*. Press universitaire de Grenoble, France
- Pierre JB (2008) Recherche de déterminants génétiques de la date de floraison chez la Légumineuse modèle, *Medicago truncatula*. Thèse. 143 pages.
- Prolea D (2002) Espèces et utilisations, des ressources en protéines à redécouvrir : les plantes fourragères prairiales – la luzerne. Institut du Végétal et de l’Institut de l’Élevage. GNIS, Paris. pp. 4-7.
- Prosperi J. M., Isabelle O., Angevain M., Génier G., Nansat P. (1993) Diversité génétique, Conservation et utilisation des ressources génétiques des luzernes méditerranéennes. Laboratoire de Ressources génétiques et d’Amélioration des luzernes méditerranéennes. INRA. Mauguio. N°4 : 1-5.
- Prosperi JM., Guy P., Genier G., Angervian. M. (1995) Ressources génétiques des plantes fourragères et à gazon (paris : INRA).
- Pueppke S G., Bolaños-Vásquez M C., Werner D., Bec-Ferté M P., Promé J C., krishnan H B. (1998). Release of flavonoids by the soybean cultivars McCall and peking and their perception as signals by the nitrogen-fixing symbiont *Sinorhizobium fredii*. *Plant Physiol* 117:599–606p.
- Quézel P., Santa S. (1962). Nouvelle flore de l’Algérie et des régions désertiques Méridionales. CNRS. 1 : 133-137 p.
- Quiros CF, Bauchan GR. (1988). The genus *Medicago* and the origin of the *Medicago sativa* complex. In : Hanson AA, Barnes DK, Hill RR (eds) *Alfalfa and Alfalfa Improvement*. pp 93-124.
- Radwan MS, Alfakhry AK, Al-Hasan AM. (1980). Variation between and within species of annual medics from northern Iraq. *Egyptian Journal of Agronomy* 5 :153-159.
- Ronfort J, Bataillon T, Santoni S, Delalande M. (2006). Microsatellite diversity and broad scale geographic structure in a model legume : building a set of nested core collection for studying naturally occurring variation in *Medicago truncatula*. *BMC Plant Biol.* 6, 28.
- Schultze M, Kondorosi A (1998). Regulation of symbiotic root nodule development. *Annu Rev Genet*, 32 : 33-57.

- Si Ziani Y, Abdelguerfi A. (1995). Comportement de populations de *Medicago truncatula* Gaertn. dans deux zones différentes ; relation avec les facteurs du milieu d'origine. Cahiers Options méditerranéennes, 12, 29-32
- Small E, Jomphe M. (1989). A synopsis of the genus *Medicago* (Leguminosae). Canadian Journal of Botany 67:3260-3294.
- Tam S-M et al; (2006). Caractérisation de la diversité génétique chez la tomate. Les actes du BRG. 6 : 81-96 p.
- Tanaka H., Sato M., Fujiwara S., Hirata M., Etoh H., Takeuchi H. (2002). Antibacterial activity of isoflavonoids isolated from *Erythrina 57ariegate* against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. Lett Appl Microbiol 35:494–498p.
- Théophraste traduit par Amigues S., (1989). Recherches sur les plantes .Tome II, Livres III-IV. Paris.304.
- Thomas MR, Rose RJ, Nolan KE (1992) Genetic transformation of *Medicago truncatula* using *Agrobacterium* with genetically modified Ri and Ti plasmids. Plant Cell Rep. 11: 113-117
- Trinh Th, Ratet P, Kondorosi E, Durand P, Kamate K, Bauer P, Kondorosi A (1998). Rapid and efficient transformation of diploid *Medicago truncatula* and *Medicago sativa* ssp. *falcata* germ lines improved for somatic embryogenesis. Plant Cell Rep, 17 : 345-55.
- Unesco.(1960). Recherches sur la zone aride - XIII-Les plantes médicinales des régions arides. Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture. place de Fontenoy, Paris-7e Imprimeries Oberthur, Rennes © Unesco 1960 NS.59/III.17/99p.
- Urena M.O., M. G. Galvin and A. A. Teixeira (2002).Measurement of aggregate true particle density to estimate grain moisture composition. Trans. of the ASAE, 45(6), 1925-1928.
- Vienne. (1998). Les marqueurs moléculaires en génétique et biotechnologies végétales. INRA, Paris.
- Weisskopf L., Abou-Mansour E., Fromin N., Tomasi N., Santelia D., Edelkott I., Neumann G., Aragno M., Tabacchi R., Martinoia E. (2006). White lupin has developed a complex strategy to limit microbial degradation of secreted citrate required for phosphate acquisition, Plant Cell Environ. 29: 919–927p
- Yalcin, I., Ozarslan, C., (2004). Physical properties of vetch seed. Biosyst. Eng. 88 (4), 507-512.
- Zhu H, Choi HK, Cook DR, Shoemaker RC. (2005). Bridging model and crop legumes through comparative genomics. Plant Physiol. 137: 1189–1196.
- Zivković B, Radović J, Sokolović D, Xiler B, Banjanac T, Strbanović R. (2012). Assessment of genetic diversity among alfalfa (*Medicago sativa* L.) genotypes by morphometry, seed storage proteins and RAPD analysis. Industrial Crops and Products 40 :285-291.

## *Références bibliographiques*

# *Résumé*

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de l'évaluation et de la valorisation des ressources phytogénétiques d'intérêt agronomique en Algérie. Notre étude a pour objectif la mise en évidence la variabilité de quelques propriétés physiques des graines pour déterminer la diversité génétique chez l'espèce *Medicago truncatula*, collectés dans différentes régions du nord de l'Algérie.

Neuf propriétés physiques des grains ont été mesurées et calculées sur un ensemble de 24 accessions de *M. truncatula*, soient : Longueur, largeur, épaisseur, surface, sphéricité, Volume, diamètre géométrique, diamètre arithmétique et poids de mille grains. Les propriétés physiques ont été analysées par ANOVA et une analyse des composantes principales (ACP) des neuf propriétés des graines a été élaborée. Les distances de Jaccard ont été calculées et des dendrogrammes ont été construit selon la méthode agrégative UPGMA. Des matrices de distances génétiques entre les 24 accessions ont été élaborées également.

La surface de la graine (S) s'est avérée la plus variable dans toute la collection (cv=3.16%). Le plus faible coefficient de variation (0.01%) a été enregistré pour l'épaisseur des graines (T). L'ACP a montré une forte contribution à la formation de PC1 par la majorité des caractères étudiés avec des corrélations relativement fortes entre eux, en particulier entre Da, Dg, S et V ; le PC2 a été représenté principalement par la sphéricité de la graine, négativement corrélée avec les autres caractères.

Le dendrogramme UPGMA a révélé une moyenne diversité génétique entre les accessions étudiées et marque une certaine corrélation écogéographique.

**Mots-clés :** propriétés physiques, diversité génétique, Algérie, *Medicago truncatula*, ACP, UPGMA.

The present work is part of the evaluation and development of plant genetic resources of agronomic interest in Algeria. Our study aims to highlight the variability of some physical properties of seeds to determine the genetic diversity in the species *Medicago truncatula*, collected in different regions of northern Algeria.

Nine physical properties of grains were measured and calculated on a set of 24 accessions of *M. truncatula*, namely: Length, width, thickness, surface area, sphericity, Volume, geometric diameter, arithmetic diameter and thousand kernel weight. Physical properties were analyzed by ANOVA and a principal component analysis (PCA) of the nine seed properties was developed. Jaccard distances were calculated and dendrograms were constructed using the UPGMA aggregative method. Genetic distance matrices between the 24 accessions were also developed.

Seed area (S) was found to be the most variable in the entire collection (cv=3.16%). The lowest coefficient of variation (0.01%) was recorded for seed thickness (T). PCA showed a strong contribution to PC1 formation by the majority of the studied traits with relatively strong correlations between eu, especially between Da, Dg, S and V; PC2 was represented mainly by seed sphericity, negatively correlated with the other traits.

The UPGMA dendrogram revealed a medium genetic diversity among the studied accessions and marks some eco-geographic correlation.

**Keywords:** physical properties, genetic diversity, Algeria, *Medicago truncatula*, PCA, UPGMA.

هذا العمل هو جزء من تقييم وتعزيز الموارد الوراثية النباتية ذات الأهمية الزراعية في الجزائر. تهدف دراستنا إلى تسليط الضوء على تنوع بعض الخصائص الفيزيائية للبذور لتحديد التنوع الجيني في الأنواع *M. truncatula*، التي تم جمعها في مناطق مختلفة من شمال الجزائر.

تم قياس تسعة خواص فيزيائية للحبوب وحسابها على مجموعة مكونة من 24 مدخلاً من

*M. truncatula* وهي: الطول والعرض والسّمك والمساحة والكروية والحجم والقطر الهندسي والقطر الحسابي ووزن ألف حبة. تم تحليل الخصائص الفيزيائية بواسطة ANOVA وتم تطوير تحليل المكونات الرئيسية (PCA) للخصائص التسعة للبذور. تم حساب مسافات JACCARD وتم إنشاء مخططات dendrogrammes وفقاً لطريقة UPGMA التجميعية. كما تم تطوير مصفوفات المسافات الجينية بين المدخلات الـ 24.

وجد أن مساحة سطح البذرة (S) هي الأكثر تغيراً في المجموعة الكاملة (cv=3.16%). أقل معامل تباين (0.01%) سجل لسّمك البذرة (T). أظهر تفاعل البوليميراز المتسلسل مساهمة قوية في تكوين PC1 من قبل غالبية الصفات التي تمت دراستها مع وجود ارتباطات قوية نسبياً بين eu، ولا سيما بين Da و Dg و S و V؛ تم تمثيل PC2 بشكل أساسي بواسطة كروية البذور، مرتبطة سلباً مع الصفات الأخرى.

كشفت مخطط شجر الأسنان UPGMA عن تنوع وراثي متوسط بين المدخلات المدروسة ويظهر ارتباطاً بيئياً جغرافياً معيناً.

**الكلمات المفتاحية:** الخصائص الفيزيائية، التنوع الجيني، الجزائر، *Medicago truncatula*

.ACP, UPGMA

Nom : KHALFAOUI Roumeïssa Prénom : GHELBI Selma	Date de soutenance :
Thème : variabilité de quelques propriétés physiques des graines chez <i>Medicago truncatula</i>	
Diplôme : Master en sciences biologiques spécialité Biochimie de la nutrition	
<p>Résumé :</p> <p>Le présent travail s'inscrit dans le cadre de l'évaluation et de la valorisation des ressources phytogénétiques d'intérêt agronomique en Algérie. Notre étude a pour objectif la mise en évidence la variabilité de quelques propriétés physiques des graines pour déterminer la diversité génétique chez l'espèce <i>Medicago truncatula</i>, collectés dans différentes régions du nord de l'Algérie.</p> <p>Neuf propriétés physiques des grains ont été mesurées et calculées sur un ensemble de 24 accessions de <i>M. truncatula</i>, soient : Longueur, largeur, épaisseur, surface, sphéricité, Volume, diamètre géométrique, diamètre arithmétique et poids de mille grains. Les propriétés physiques ont été analysées par ANOVA et une analyse des composantes principales (ACP) des neuf propriétés des graines a été élaborée. Les distances de Jaccard ont été calculées et des dendrogrammes ont été construit selon la méthode agrégative UPGMA. Des matrices de distances génétiques entre les 24 accessions ont été élaborées également.</p> <p>La surface de la graine (S) s'est avérée la plus variable dans toute la collection (cv=3.16%). Le plus faible coefficient de variation (0.01%) a été enregistré pour l'épaisseur des graines (T). L'ACP a montré une forte contribution à la formation de PC1 par la majorité des caractères étudiés avec des corrélations relativement fortes entre eux, en particulier entre Da, Dg, S et V ; le PC2 a été représenté principalement par la sphéricité de la graine, négativement corrélée avec les autres caractères.</p> <p>Le dendrogramme UPGMA a révélé une moyenne diversité génétique entre les accessions étudiées et marque une certaine corrélation éco-géographique</p>	
<b>Mots clés :</b> propriétés physiques, diversité génétique, Algérie, <i>Medicago truncatula</i> ., ACP, UPGMA.	
Laboratoire de Génétique Biochimie et Biotechnologies Végétales, Département de Biochimie et Biologie Moléculaire et Cellulaire, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Frères Mentouri –Constantine	
Jury de soutenance Président : Mme MOUSSAOUI Samira Maitre de Conférences. UFM – Constantine. Rapporteur : Mme MEDOUKALI Imane Maitre de Conférences. UFM – Constantine. Examinatrice : Mme GUENDOZ Asia Maitre-assistant. UFM - Constantine.	