

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Ghardaïa

جامعة غرداية



Faculté des sciences de lanature
et de la vie et des sciences de la terre

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض

Département des sciences agronomiques

قسم العلوم الفلاحية

Projet de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de
Licence académique en sciences agronomiques
Spécialité : Production des végétaux

THEME

**Caractérisation agro-morphologiques d'une légumineuse alimentaire
(*Vicia faba* L.) sous différentes modalités du phosphore.**

Présenté par:

- BENKABOUYA Belkacem
- BELLAOUAR Chaouki

Membres de jury

KHENE Bachir
KRAIMAT Mohamed

Cadre

Maitre de conférence B.
Maitre-assistant B.

Examineur
Encadreur

JUIN 2014

Remerciements

Dieu Merci

C'est avec l'aide de Dieu tout Puissant, que nous avons fait ce modeste projet de fin d'étude, Dieu qui nous a donné le pouvoir, Connaissance et lucidité.

Mes Cordiale et sincères remerciements sont exprimés agréablement à notre encadreur **Mr.KRAIMAT Mohamed** pour avoir accepté de nous encadrer et d'avoir été patient et compréhensif. Ses conseils, ses orientations ainsi que son soutien moral et scientifique qui nous ont permis de mener à terme ce modeste projet.

Nous tenons également à exprimer notre gratitude et remerciements à notre enseignant **Dr. KHENE Bachir** d'avoir accepté d'être membre du jury de ce travail.

Nous tenons également à exprimer notre gratitude à nos enseignants **M^{elle}. MOUFFOK Ahlem, Mr Ben Brahim Faouzi, et Mr. SADINE Salah Eddine** pour l'encouragement.

Nous remercions vivement nos chers parents pour l'encouragement.

Toute notre gratitude revient aussi aux enseignants du département des sciences naturels et de la vie et l'agriculture en particulier et tous les employés de département.

Nous remercions l'agriculteur, Bellaouar Mohamed, qui nous a permis l'accès à son exploitation.

Merci

Dédicaces

Ce travail est dédié

Mes chers parents

Je ne trouverai jamais de mots pour vous remercier et exprimer mon profond attachement et ma reconnaissance pour l'amour, qui sont ma raison de vivre, en reconnaissance de leur encouragement, de leur aide.

A mes frères : Khaled, Makhlouf, Tarek, Larbi, Sofiane, Samir.

A mes sœurs: Sabiha et Hanane, en reconnaissance de leur aide.

A toute la famille Bellaouar.

A toute la famille Ben kabouya.

A toute mes amis.

Enfin, je le dédie à mes collègues de promotion 2013/2014.

Chaouki

Dédicaces

Ce travail est dédié

Mes chers parents

Je ne trouverai jamais de mots pour vous remercier et exprimer mon profond attachement et ma reconnaissance pour l'amour, qui sont ma raison de vivre, en reconnaissance de leur encouragement, de leur aide.

A mes frères et mes sœurs en reconnaissance de leur aide.

A toute la famille ben kabouya.

A toute la famille Bellaouar.

A toute mes amis.

Enfin, je le dédié à mes collègues de promotion 2013/2014.

Belkacem

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction01

Chapitre I : La symbiose fève-rhizobia

1.1-La fève.....03

1.1.1 -Origine et classification03

1.1.2-Morphologie et développement de la plante.....04

1.1.3-Exigences de la plante06

1.1.3.1- Exigences climatiques.....06

1.1.3.2- Exigences édaphiques.....	06
1.1.4-Situation de la culture de la fève en Algérie	07
1.2-Le micro symbiote (<i>Rhizobium</i>).....	08
1.2.1-Définition	08
1.2.2-Taxonomie	09
1.2.3- Mise en place de la modulation chez les légumineuses.....	11

Chapitre II : Le phosphore

1. Le phosphore dans le système sol – plante (cycle de P).....	14
1.1. Le phosphore dans le sol	14
1.1.1. Le phosphore total	14
1.1.2. Le phosphore minéral	15
1.1.3. Le phosphore organique	15
1.1.4. Le phosphore « assimilable »	15
1.2. Le phosphore dans la plante	16
2. Prélèvement du phosphore par la plante.....	17
3. Déficience en phosphore et stratégies du prélèvement par la plante	18

Chapitre III : Matériel et méthodes

1. Dosage du P assimilable.....	20
2. Test de germination	20
3. Présentation de la parcelle cultivée.....	20
4. Installation de la culture.....	21

5. Mesure des caractères biométriques	21
5.1. La hauteur de la tige principale	21
5.2. La longueur de la racine principale	21
5.3. Biomasses aérienne et racinaire	22
6. Analyses statistiques	22

Chapitre IV : Résultat et discussion

1. Concentration du sol en phosphore assimilable.....	23
2. Effet de la disponibilité du phosphore sur l'accumulation des biomasses aériennes	23
3. Effet de la disponibilité du phosphore sur l'accumulation des biomasses racinaires	24
4. Effet de la disponibilité du phosphore sur le développement de la tige principale	24
5. Effet de la disponibilité du phosphore sur l'élongation racinaire	25
6. Discussion	26

Conclusion.....	28
------------------------	-----------

Références bibliographiques

Annexes

Liste des figure

N⁰	Titres	Pages
Figure01	Morphologie de la fève.	05
Figure02	Evolution de la superficie cultivée de la fève et féverole en Algérie.	07
Figure03	Evolution de la production de la fève et féverole en Algérie.	08
Figure04	Evolution du rendement de la fève et féverole en Algérie.	08
Figure05	Etapas de la formation d'un nodule dans une racine latérale.	12
Figure06	Effet du pH de la solution du sol sur les formes solubles du phosphore.	16
Figure07	Effet de la disponibilité en P sur les biomasses aériennes.	23
Figure08	Effet de la disponibilité en P sur les biomasses aériennes.	24
Figure09	Effet de la disponibilité en P sur le développement de la tige principale.	25
Figure10	Effet de la disponibilité en P sur de l'élongation racinaire.	26

Liste des tableaux

N°	Titres	Pages
Tableau01	Classification des rhizobia.	09-10
Tableau02	Données climatiques durant la période d'essai.	20

Liste des abréviations

% : pourcent

°C : degré Celsius

µM : Micromètre.

ADNr : acide désoxyribonucléique recombinant

ANOVA : analyse de la variance aléatoire

ATP ase : Adénosine-triphosphate (enzyme).

ATP : Adénosine-triphosphate.

C : carbone.

Ca : calcium.

CM : centimètre

G : gramme

H : hydrogène.

Ha : hectare

Kg : kilo gramme.

M : mètre

M/V : masse/volume

M2 : mètre carrée.

Mg : Milligramme.

Mm : Millimètre.

MS : masse spectrométrique.

N⁰ : Nombre

ND : non daté.

NM : nanomètre

Nod : nodulation

O.N.M : office national de météologie.

O₂ : oxygène.

P : phosphore

pH : potentiel d'hydrogène

Pht : Phosphate transport

Pi : Phosphore sous forme d'ion ortho phosphate.

ppm : Partie par million

Ql/ha : Quintal par hectare.

TSP : triple super phosphate

α: alpha

β : beta

Introduction

La famille des légumineuses est l'une des familles les plus importantes parmi les Dicotylédones. C'est la famille végétale qui fournit le plus grand nombre d'espèces utiles à l'homme, qu'elles soient alimentaires, industrielles ou médicinales (**Chen et Col, 1995 in Mezani, 2011**).

En Algérie, la culture des légumineuses alimentaires a un intérêt national car leurs grains constituent une source protéique de qualité et à bas prix pour une large couche de la population, L'Etat souhaite développer la production afin de mieux satisfaire les besoins, de réduire les importations et de limiter la dépendance économique vis-à-vis de l'étranger. La libéralisation de l'agriculture a probablement des effets importants, dans la mesure où elle laisse la décision de l'assolement aux agriculteurs. (**Boudjenouia et al., 2003**). En effet, leur richesse en protéines, permettent, dans une certaine mesure, de corriger les carences en protéines animales d'une population dont l'alimentation est exclusivement à base de céréales. (**Hadjout, 2010**).

Parmi ces légumineuses, la fève représente une importante source de protéines pour l'alimentation humaine surtout et animale. Sa culture est pratiquée surtout dans les plaines côtières et de l'intérieur. Une superficie de 58 000 ha est réservée à cette culture et dont 50 % de celle-ci est répartie entre Tlemcen, Chlef, Skikda, Ain T'émouchent et Biskra (**Maatougui, 1996**).

Cependant, la production agricole et les rendements de ces cultures sont largement dépendant de la disponibilité en eau et en éléments minéraux au moment opportun. Parmi ces éléments minéraux, le phosphore limite la production végétale dans de nombreux sols. C'est le cas de la plupart des sols méditerranéens, carbonatés en particulier. La fève est une légumineuse qui peut compter sur la fixation symbiotique de l'azote pour satisfaire ses besoins en azote. Cependant, la faible disponibilité du phosphore dans les sols méditerranéens réduit fortement les rendements de cette culture. (**Kraimat, 2012**).

Le problème de la faible disponibilité du P peut être résolu par l'application des fertilisants phosphatés inorganiques. Néanmoins, environ 80% du phosphate apporté au sol est rapidement complexé par le calcium et devient donc non disponible pour les plantes (**Matar et al., 1992; Hoffland, 1989**).

Dans ce contexte, l'étude des comportements des espèces des légumineuses en différents niveaux de disponibilité en P s'avère importante, dans le but de caractériser les génotypes qui se comporteraient non seulement mieux en l'absence de la fertilisation, mais qui devraient en outre être plus efficaces aux engrais phosphatés quand la fixation des engrais pose un problème et quand les formes de phosphate insoluble doivent être utilisées (**Bekele *et al.*, 1983**).

C'est dans cette thématique que s'inscrit le présent travail et qui a pour objet l'étude de quelques caractères agro-morphologiques de la fève en différentes modalités de fertilisation phosphatée.

La première partie de ce travail est consacrée à une synthèse bibliographique décrivant à travers laquelle, l'espèce légumineuse et ses mécanismes d'adaptation à la faible disponibilité en P. Une deuxième partie relate la démarche expérimentale suivie, ainsi que la discussion des résultats obtenus durant ce travail.

Chapitre I : La symbiose fève-*rhizobia*

1.1-La fève

1.1.1 -Origine et classification

La famille des légumineuses est très diverse avec trois sous familles: *Mimosoideae*, *Caesalpinioideae*, et *Papilionoideae* (Doyle et Luckow 2003). Elle compte environ 20.000 espèces (Gepts *et al.* 2005). La sous famille des *Papilionoideae* regroupe les espèces les plus cultivées pour des raisons économiques: le soja (*Glycine max*), le haricot (*Phaseolus vulgaris*), le pois (*Pisum sativum*), la luzerne (*Medicago sativa*), l'arachide (*Arachis hypogaea*), le pois chiche (*Cicer arietinum*), et la fève (*Vicia faba*) (Lazrek-ben friha, 2008).

Ces légumineuses cultivées forment deux groupes appelés *Galegoïdes* et *Phaseoloïdes*, à l'exception de l'arachide qui appartient au groupe des *Aeschynomeneae* (Broughton *et al.* 2003).

Les légumineuses sont cultivées principalement comme source de protéines pour la consommation humaine (haricot, pois, fève,...) ou l'alimentation animale (soja, luzerne,...) grâce à la fixation symbiotique de l'azote. Elle représentait aussi une source importante d'huiles végétales (arachide) et de bois de qualité (bois de rose, ébène). Les graines de légumineuses sont plus riches en protéines et moins riches en glucides que celles de céréales. La fève (*Vicia faba*) appartient à l'ordre des léguminales et à la famille des Papilionacées, elle est la légumineuse la plus facile à cultiver comme engrais vert. Elle est, tout comme la fève, consommée tout particulièrement dans les pays circumméditerranéens ; en Italie par exemple elle est cultivée principalement pour la consommation humaine (Nozzolillo *et al.*, 1989).

Le genre *Vicia* regroupe environ 120 espèces réparties dans l'hémisphère Nord tempéré et l'Amérique du Sud. Sa culture a commencé entre l'Afghanistan et l'Est méditerranéen. Elle s'est ensuite développée en direction de l'Afrique du Nord, de l'Asie Centrale, de l'Europe Centrale et Occidentale (Duc, 1997).

Il existe plusieurs sous espèces et variétés de *Vicia faba*. On reconnaît essentiellement trois groupes définis par la taille des graines, qui peuvent être petites (variété minor), moyennes (variété équina) ou grosses (variété major). Le terme major désigne les graines que

l'on appelle communément « fèves » dont la longueur est supérieure à deux cm, alors que minor correspond au terme « féverole », ce sont des graines de 0.5 à 1,5 cm de long (**Atik, 1999**).

1.1.2-Morphologie et développement de la plante

La fève est une plante annuelle, à tige rugueuse et dressée, non ramifiée, de 20 à 60 cm de hauteur, elle produit une ou plusieurs tiges creuses à partir de la base. Les feuilles alternées et pennées sont constituées d'une à trois paires de folioles très grandes mesurant chacune jusqu'à 8 cm sans vrilles. Les fleurs sont généralement blanches avec des ailes noires, regroupé en deux à cinq petites grappes pédonculées. Les gousses sont longues de 8 à 20 cm (**Heywood et Richardson, 1964 ; Guinochet et De Vilmorin, 1984**).

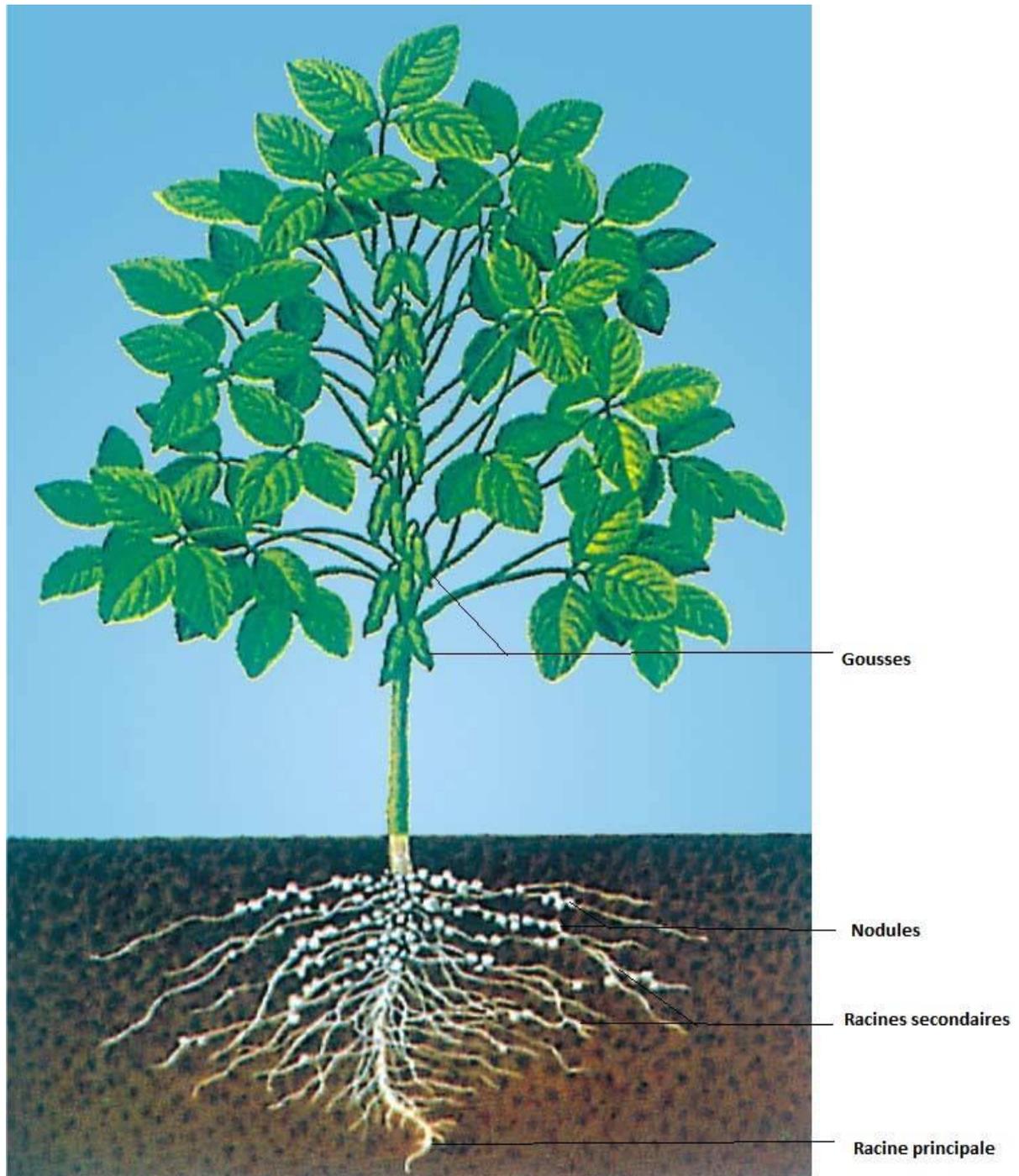


Figure 01 : Morphologie de la fève

1.1.3-Exigences de la plante

1.1.3.1- Exigences climatiques

Selon **Mouhouche (2001)**, le genre *Vicia* est bien adapté au climat méditerranéen. Il est particulièrement sensible à la sécheresse et aux températures élevées durant la période de reproduction. Le genre *Vicia* est relativement résistant au froid, ce qui le rend plus apte à être semé en automne.

Abdalla et Fischbeck (1978) montrent que sur fève et féverole, il y a les effets néfastes des températures élevées sur les composantes du rendement et sur la durée du cycle. Ceci qui peut diminuer le rendement par la moitié. Ainsi, selon **Laumonnier (1979)**, la fève peut être cultivée dans les climats les plus divers, elle tolère les basses températures (jusqu'à - 4 °C), mais elle craint les fortes chaleurs, surtout lorsqu'elles sont accompagnées de sécheresse. **Mouhouche (1996)** arrive aux mêmes conclusions que **WERY (1986)** sur l'intérêt du semis précoce, pour éviter le stress hydrique.

En effet, d'après **Karamanos et Gimenez (1991)** la sensibilité au stress hydrique de la fève est toujours aggravée par les autres stress abiotiques environnementaux, tels que les températures élevées, le manque d'assimilation de CO₂ par manque d'activité photosynthétique, les fortes densités de semis. A cela, peut s'ajouter la concurrence entre les organes fructifères et les organes de croissance de la plante, particulièrement le bourgeon apical, qui se développe, souvent aux dépens des organes fructifères. Le procédé du pincement apical peut être un bon moyen pour atténuer ce phénomène de concurrence.

La fève se comporte comme une plante de jour long, cela se traduit par une exigence importante en luminosité, la durée de la phase semis-initiation florale passe de 60 à 120 jours quand la photopériode passe de 6 à 24 heures (**Moule, 1982**).

1.1.3.2- Exigences édaphiques

La fève s'adapte à une large gamme de types de sols, mais préfère les sols argilo - limoneux, profonds à bonne capacité de rétention, dont le pH se situe entre 6 et 8. Cependant, une rétention d'eau trop importante entraîne un risque d'avortement des fleurs et des jeunes gousses. Il faut donc éviter les sols présentant un faible pouvoir de drainage ou excessivement humides. La fève est sensible aux sols compactes (**Anonyme, 1998**). Il faut rappeler aussi que la plante résiste à une salinité de l'ordre de 3,2 à 5,10 g / l (5 à 8 mmhos/cm⁻¹).

1.1.4-Situation de la culture de la fève en Algérie

En Algérie la fève est semée en automne et fleuri entre février et avril (**Benachour et al., 2007**). **Feliachi (2002)** rapporte qu'elle est cultivée sur l'ensemble des zones agroécologiques d'Algérie : les plaines côtières, les plaines intérieures, les hauts plateaux, et dans la région de Biskra.

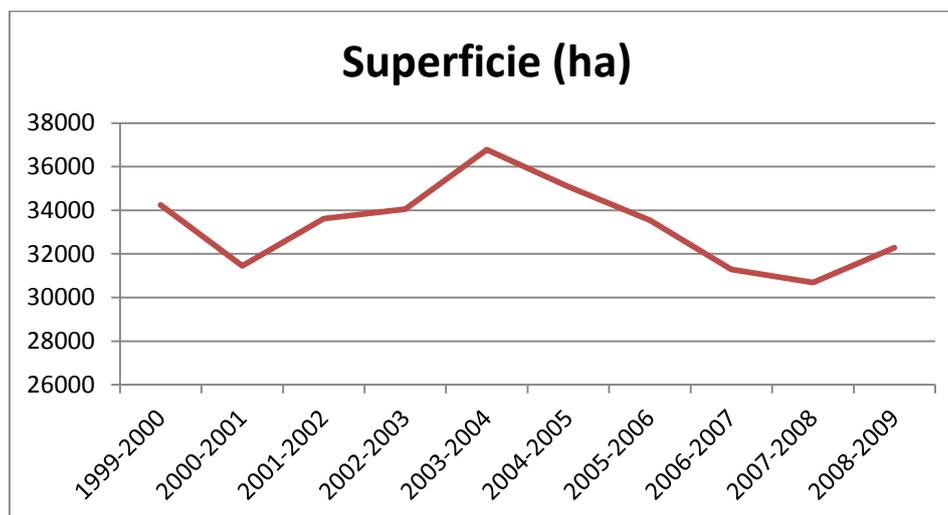


Figure 02 : Evolution de la superficie cultivée de la fève et féverole en Algérie (Anonyme, 2009)

On remarque que il y a une progression dans l'évolution de la superficie cultivé de la fève pendant la saison 1999-2000 Nous avons plus de 34 000 hectares et augmenté au maximum dans les années 2003-2004 avec plus 36000 hectares et diminue au maximum dans 2007-2008 avec moins de 32000 hectares (figures 03 et 04).

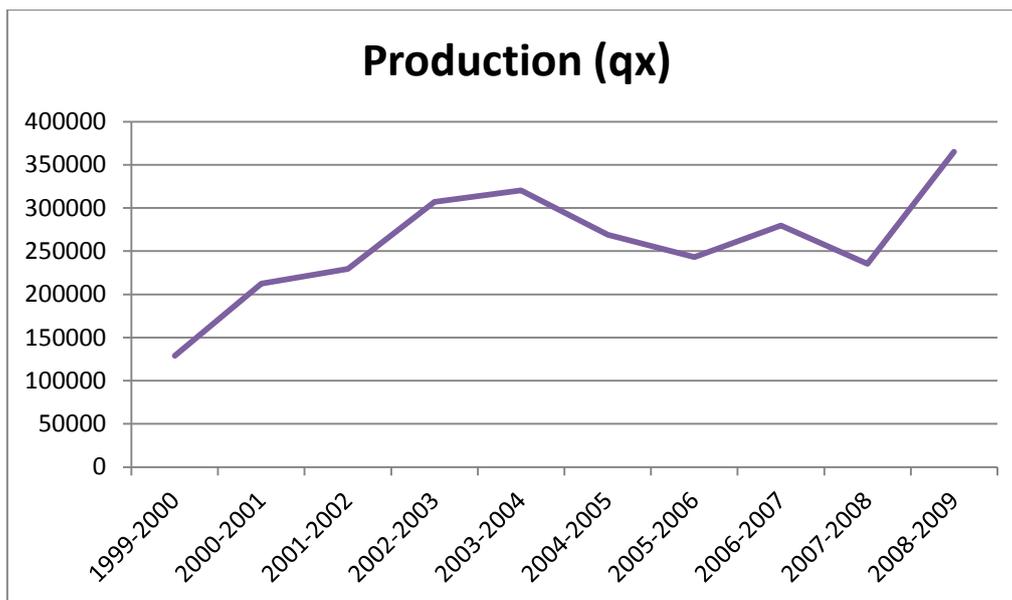


Figure 03 : Evolution de la production de la fève et féverole en Algérie (Anonyme, 2009)

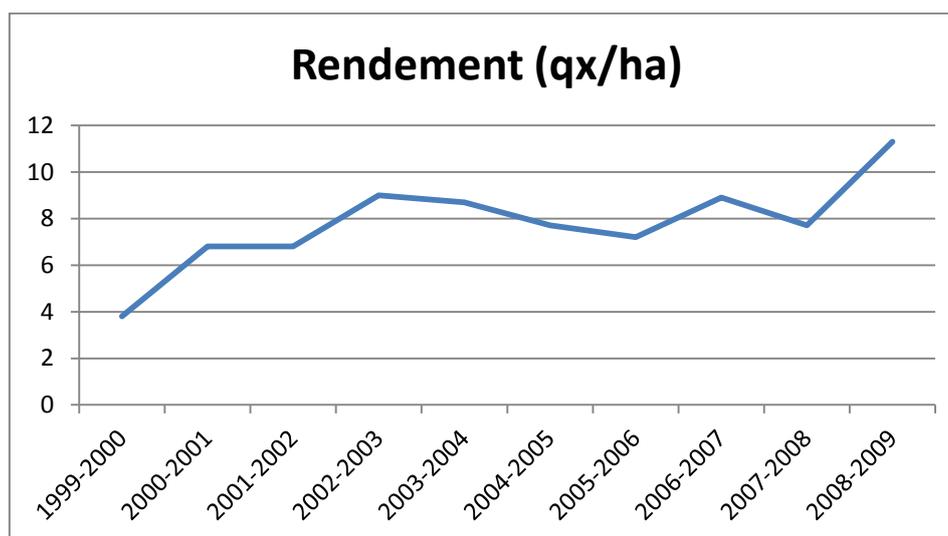


Figure 04 : Evolution des rendements moyens de la fève et féverole en Algérie (Anonyme, 2009)

1.2-Le micro symbiote (*Rhizobium*)

1.2.1-Définition

Rhizobium est le nom communément attribué aux bactéries fixatrices d'azote associées aux légumineuses, alors que "Rhizobium" est un genre bactérien. L'histoire des *Rhizobia* commence au XIX^{ème} siècle, quand **Beijerinck (1888)** et **Frank (1889)** regroupent toutes les

bactéries isolées de nodosités de racines de légumineuses dans le genre *Rhizobium*. Caractérisées ensuite par leur vitesse de croissance, des souches à croissance rapide du genre *Rhizobium* sont différenciées de souches à croissance lente du genre *Bradyrhizobium*. Plus tard, le genre *Rhizobium* sera subdivisé en 3 genres : *Rhizobium*, *Sinorhizobium* et *Mesorhizobium*.

L'introduction de la taxonomie numérique et de techniques moléculaires, a permis de décrire de nouveaux genres et de nouvelles espèces de bactéries capables de noduler les Légumineuses (**Zakhia et de Lajudie, 2001**). Actuellement, 14 genres et 50 espèces sont répertoriés, sur la base de données de séquences de l'ADN ribosomique 16S (ADNr 16S), se répartissent dans cinq branches phylogénétiques des α -Protéobactéries et dans deux branches des β -Protéobactéries.

En effet, les *Rhizobia* sont des bâtonnets à Gram négatif et à extrémités arrondies, asporogènes d'une longueur de 1,2 à 3,0 μm et une largeur de 0,5 à 0,9 μm , contiennent souvent des granules de poly- β -hydrox butyrate, oxydase et catalase positive, mobiles par un flagelle polaire ou subpolaire ou bien 2 à 6 flagelles péritriches.

1.2.2-Taxonomie

La forme primitive des *Rhizobia* pour, **Norris (1965)**, est la forme à croissance lente alcalinisant le milieu, associée aux légumineuses d'origines tropicales où les sols sont généralement acides. A cet effet, Il a pu classé des souches de *Rhizobium* selon leur capacité à acidifier ou alcaliniser. Par contre les *Rhizobia* à croissance rapide acidifiant le milieu de culture, représentaient une forme plus évoluée qui est adaptée aux sols fertiles et à pH plus élevés des zones tempérées (tableau 01).

Tableau 01 : Classification des *rhizobia*

Protéobactéries	Genre	Nombre	Espèces	Hôtes représentatives
Alpha	<i>Rhizobium</i>	16	<i>R.leguminosarum</i> <i>R. etli</i>	<i>Psivum, Trifolium etc.</i> <i>Phaseolus</i> <i>Phaseolus,</i>

			<i>R. tropici</i>	leucaena
	<i>Bradyrhizobium</i>	7	<i>B. japonicum</i>	<i>Glycine, Vigna</i>
	<i>Sinorhizobium</i> (<i>Ensifer</i>)	11	<i>B. elkanii</i>	<i>Glycine</i>
			<i>S. eliloti</i>	<i>Medicago</i>
			<i>S. fredii</i>	<i>Glycine, Vigna</i>
	<i>Azorhizobium</i>	2	<i>A. caulinodans</i>	<i>Sesbania</i>
	<i>Mesorhizobium</i>	11	<i>M. loti</i>	<i>Lotus spp.</i>
	(<i>Allorhizobium</i>)	1	<i>A. undicola</i>	<i>Neptunia</i>
	<i>Methylobacterium</i>	1	<i>M. Nodulans</i>	<i>Crotalaria spp.</i>
	<i>Devosia</i>	1	<i>D. neptuniae</i>	<i>Neptunia</i>
	<i>Ochrobacterium</i>	1	<i>O. lupinus</i>	<i>Lupinus</i>
	<i>Phyllobacterium</i>	1	<i>P. lupinii</i>	<i>Trifolium et Lupinus</i>
Beta	<i>Burkholderia</i>	5	<i>B. phymatum</i>	<i>Mimosa</i>
	<i>Cupriavidus</i> (<i>Ralstonia</i>)	2	<i>C. taiwanensis</i>	<i>Mimosa</i>

(NOEL, 2009)

Elles ont été identifiées depuis 2006 au total, 59 espèces de *rhizobia* réparties en 12 genres et appartenant aux sous-classes alpha (10 genres) et beta (2 genres) des Protéobactéries (Noel, 2009).

Il est intéressant de noter que certaines espèces de *Rhizobia* sont très proches de bactéries pathogènes comme *Agrobacterium tumefaciens* (α -protéobactérie) ou *Ralstonia solanacearum* (β -protéobactérie). Bien que les *Rhizobia* soient étudiés depuis plus de 100 ans, des symbiontes ont été identifiés pour moins de 10 % des 720 genres de légumineuses. Il est donc probable que de nouveaux genres de *rhizobia* soient découverts parmi les sous-classes α et β protéobactéries et peut-être même parmi d'autres taxons (Vernie *et al.*, 2008).

1.2.3- Mise en place de la modulation chez les légumineuses

Le nodule est un nouvel organe produit par la plante hôte au sein duquel les bactéries, différenciées en bactéroïdes, fixent l'azote atmosphérique. Pour permettre une activité optimale de la nitrogénase, enzyme irréversiblement inactivée par l'oxygène. A cet effet, la plante maintient les nodules en condition de micro-oxie grâce au parenchyme nodulaire pendant que la leghémoglobine transporte et tamponne la concentration d'oxygène indispensable à la respiration (Ott *et al.*, 2005).

Les nodules sont majoritairement racinaires comme c'est le cas chez les deux légumineuses modèles *Medicago truncatula* et *Lotus japonicus* mais peuvent parfois être caulinaires comme dans le cas de l'interaction *Sesbania rostrata* - *Azorhizobium caulinodans* (Fernandez-Lopez *et al.*, 1998).

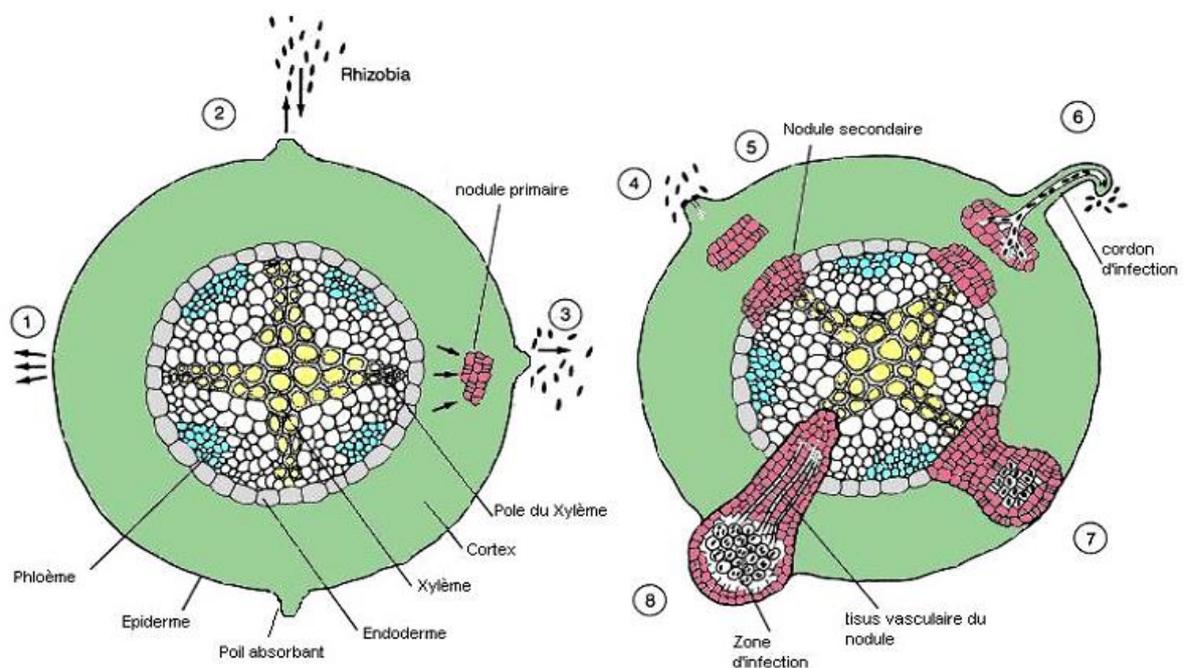
La formation d'un nodule fonctionnel peut être divisée en deux principales étapes : l'infection et l'organogénèse :

- L'infection :

Chez la majorité des légumineuses, l'étape de l'infection commence quand les *rhizobia* contenus dans la rhizosphère sont attirés de manière non spécifique par un chimiotactisme grâce à de nombreux composés exsudés par les plantes dans leur rhizosphère. Néanmoins, cette attraction n'est pas spécifique d'un couple de partenaires donné (Gaworzewska *et Carlile*, 1982; Kape *et al.*, 1991).

- L'organogénèse:

En parallèle de l'évènement de l'infection et de la progression du cordon dans le poil absorbant, les cellules corticales différenciées situées sous le poil en cours d'infection montrent une réactivation de leur cycle cellulaire (**Brewin, 1991**). Les cordons d'infection atteignent en premier les cellules en division du cortex interne d'une manière croisée pendant que, les cellules du cortex moyen forment le méristème nodulaire engendrant par la suite, la formation d'un nouvel organe, le nodule, dans lequel les bactéries, enfermées dans symbiosomes se différencient pour fixer l'azote atmosphérique (**Figure 05**).



**Figure 05 : Etapes de la formation d'un nodule dans une racine latérale
(Chatagné, 2007)**

Les étapes de la mise en place de la symbiose peuvent être énumérées dans un ordre chronologique :

(1) la racine exsude des flavonoïdes; (2) les *Rhizobia*, en réponse secrètent des facteurs Nod; (3) sous l'action des facteurs Nod, les cellules du cortex se mettent en mitose pour former le primordium nodulaire dans le méristème; (4) la bactérie s'attache à l'épiderme du poil absorbant et le poil (par croissance polaire) se recourbe sur lui-même; (5) les cellules du péri-cycle près des pôles du xylème se mettent en mitose; (6) il y a formation du cordon d'infection amenant la bactérie au nodule primaire; (7) les deux masses de cellules fondent en un bloc unique tandis que le cordon d'infection continue à se développer; (8) le nodule se prolonge, le raccordement vasculaire avec le stèle de la

racine est mis en place. Ces lipochitooligomères sont sécrétés dans le milieu externe et vont déclencher une série de modifications chez la plante. Ils sont impliqués dans les stades les plus précoces de la reconnaissance entre les deux partenaires et induisent les modifications du poil absorbant, débutant ainsi l'organogenèse du nodule.

Chapitre III : Matériel et méthodes

1. Dosage du P assimilable

Un échantillon du sol prélevé à partir de la couche superficielle (20 cm) de la parcelle d'étude (située dans la zone de Numérat), a fait l'objet d'un dosage du P assimilable suivant la méthode Joret-Hébert, décrite par **Mathieu et Pielain (2003)**. L'extraction des formes de phosphore soluble est réalisée dans une solution d'oxalate d'ammonium à pH= 7 dans un rapport prise d'essai/volume d'extraction (m/v = 1/25). Le complexe phospho-molybdique, sous l'effet de la chaleur et en présence d'acide ascorbique développe une coloration bleue dont l'absorbance est mesurée au spectrophotomètre à 825 nm, après avoir préparé une gamme étalon à base d'une solution de potassium dihydrogénophosphate (KH₂PO₄) en diverses concentrations.

2. Test de germination

Avant l'installation de la culture, nous avons opté à une germination des semences de la fève dont l'objectif est d'évaluer leur faculté de germination en conditions contrôlées. A cet effet, des échantillons aléatoires de semences ont été testés dans des petits pots remplis du sable.

3. Présentation de la parcelle cultivée

La parcelle cultivée est située dans la zone de Numérat dans les coordonnées géographique : 32°47'11.41'' Nord, 3°47'11.89''Est et une latitude de 441 m. Durant la période de l'essai, nous avons pu récapituler les données climatiques relatives à la parcelle d'étude dans le tableau ci-dessous :

Tableau 02 : Données climatiques durant la période d'essai

Mois	T (°C)	TM (°C)	Tm (°C)	P (mm)	H (%)	V (km/h)
Janvier	12.3	18	7.4	1.52	47.1	13.3
Février	14.5	20.5	9	8.13	36.3	15.4
Mars	15.9	21.4	10.6	0.25	32.2	18.8
Avril	22.8	29.2	15.8	0	21.1	13.5

O.N.M. (2014)

T : température moyenne mensuelle ;

P : précipitation moyenne mensuelle

TM : température maximale mensuelle ;

H : humidité moyenne mensuelle

Tm : température minimale mensuelle ;

V : vent moyen mensuel

4. Installation de la culture

La culture est conduite suivant un dispositif en blocs aléatoires complets avec deux principaux blocs séparés entre eux par une distance de 2 m. Pour tester l'efficacité des plantes de la fève à la disponibilité du phosphore, on a connue dans 1h on a posé 150kg de phosphores nous avons utilisé le Triple Super Phosphate (TSP) à 46% avec quatre doses : 0 g, 100 g, 150 g et 200 g de TSP apportées, à chaque fois, dans des sous parcelles de 2 m² et séparées entre elles par une bordure de 10 cm.

Le semis est effectuée le 05/03/2014 d'une manière manuelle à raison de 03 graines par trou et dans des lignes de 08 plants pour chaque sous parcelle. Après la levée, les plants de la fève sont soumis à une opération d'éclaircissage en éliminant les plants chétifs et en gardant pour chaque trou le plant le plus performant. Notant que à ce stade là, on a minimisé la variation du au phosphore contenu dans les cotylédons, en éliminant les feuilles cotylédonaires pour la totalité de la parcelle. L'irrigation est assurée manuellement à l'aide d'un tuyau de 15 mm de diamètre et d'une manière régulière.

Après 56 jours de semis (en pleine floraison), les échantillons ont été prélevés pour servir aux différentes mesures biométriques.

5. Mesure des caractères biométriques :

5.1. La hauteur de la tige principale :

La hauteur de la tige principale, du collet au bourgeon terminal, a été mesurée à l'aide d'un décimètre gradué pour chaque plant.

5.2. La longueur de la racine principale :

Au stade d'échantillonnage, les parties aériennes sont séparées des systèmes racinaires. Ces derniers ont fait l'objet d'une mesure de la longueur de la racine du collet à l'extrémité racinaire en utilisant un décimètre gradué.

5.3. Biomasses aérienne et racinaire

Les différentes parties de la plante (parties aériennes et racinaires) ont été séparées, séchées à l'étuve à 75 °C pendant 48 h environ puis pesées à l'aide d'une balance de précision pour déterminer le poids de matière sèche pour chaque partie.

6. Analyses statistiques

Les résultats quantitatifs recueillis pour l'ensemble des caractères étudiés ont fait objet d'une analyse de la variance aléatoire (ANOVA) à l'aide du programme XLSTAT 2009. L'ANOVA permet de détecter les différences entre les traitements par comparaison des moyennes à un seuil de significativité de 5%.

Chapitre IV : Résultat et discussion

1. Concentration du sol en phosphore assimilable

L'analyse de la fraction du phosphore assimilable en utilisant la méthode d'extraction à base d'oxalate d'ammonium, souvent utilisée dans ce type de sols calcaires, montre une forte déficience du sol d'étude (des concentrations de l'ordre de 2.7 ppm). Néanmoins, c'est en fonction des exigences des cultures qu'on peut juger cette quantité d'être suffisante ou non. Pour la fève, le sol est considéré comme déficient en P si les quantités de P_2O_5 sont moins de 15 ppm et pour cela, il est recommandé d'apporter entre 130 et 160 unités de P_2O_5 / ha pour pallier à cette insuffisance phosphatée (Sadiki *et al.*, 1998)

2. Effet de la disponibilité du phosphore sur l'accumulation des biomasses aériennes

En termes d'accumulation des biomasses aériennes, l'ANOVA a révélée une différence significative entre les différents traitements du phosphore au seuil de 5% d'erreur. Cependant, la biomasse aérienne maximale (0.55 g de MS) est notée chez le traitement dose 0 g, où nous n'avons apporté aucune dose du P. De plus en plus le phosphore devient disponible, nous avons noté bizarrement une diminution dans l'accumulation des biomasses aériennes mais avec un rythme plus ou moins fluctuant. En effet, on estime des biomasses de l'ordre de 0.50 g (taux de 9% de diminution), 0.22 g (57% de diminution) et 0.45 g (18% de diminution) pour les doses 100, 150 et 200 g respectivement (figure07).

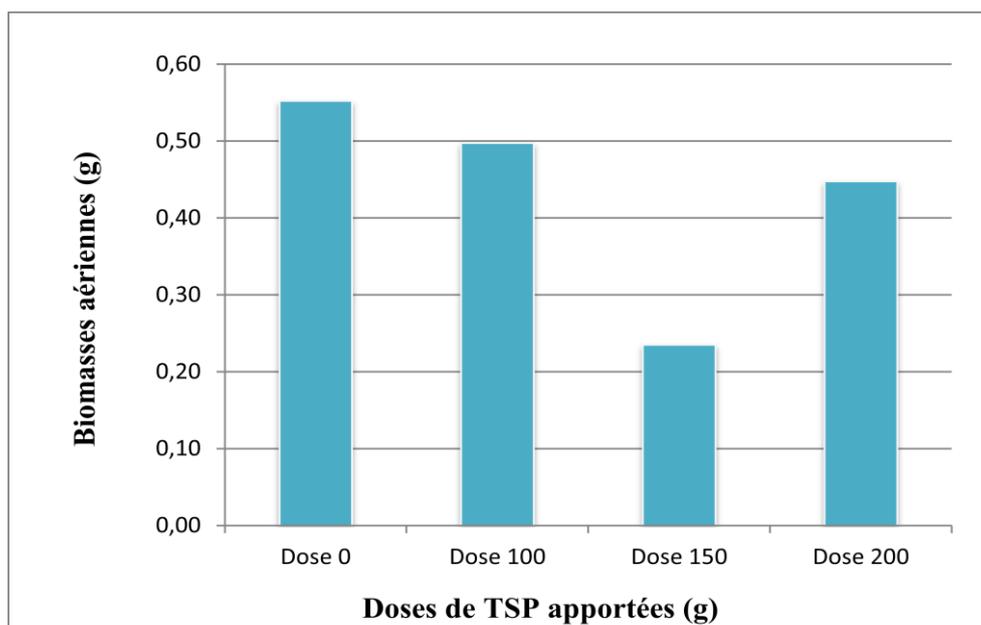


Figure 07 : Effet de la disponibilité en P sur les biomasses aériennes

3. Effet de la disponibilité du phosphore sur l'accumulation des biomasses racinaires

Pour les matières sèches racinaires, l'ANOVA a montré une différence qui n'est pas significative au seuil de 5%. La dose 0 g est celle dédiée de la plus grande valeur de biomasse racinaire, estimée de 0.65 g. Plus le P devient disponible, plus la biomasse racinaire diminue. Il faut noter le taux de diminution la plus élevée (33%) est enregistré chez le traitement 150 g, alors que pour le traitement 100 g cette diminution est aux alentours de 18% par rapport au témoin. Par contre, la diminution la plus faible (4%) est enregistrée chez le traitement 200 g, avec une biomasse racinaire de 0.61 g environ (figure08).

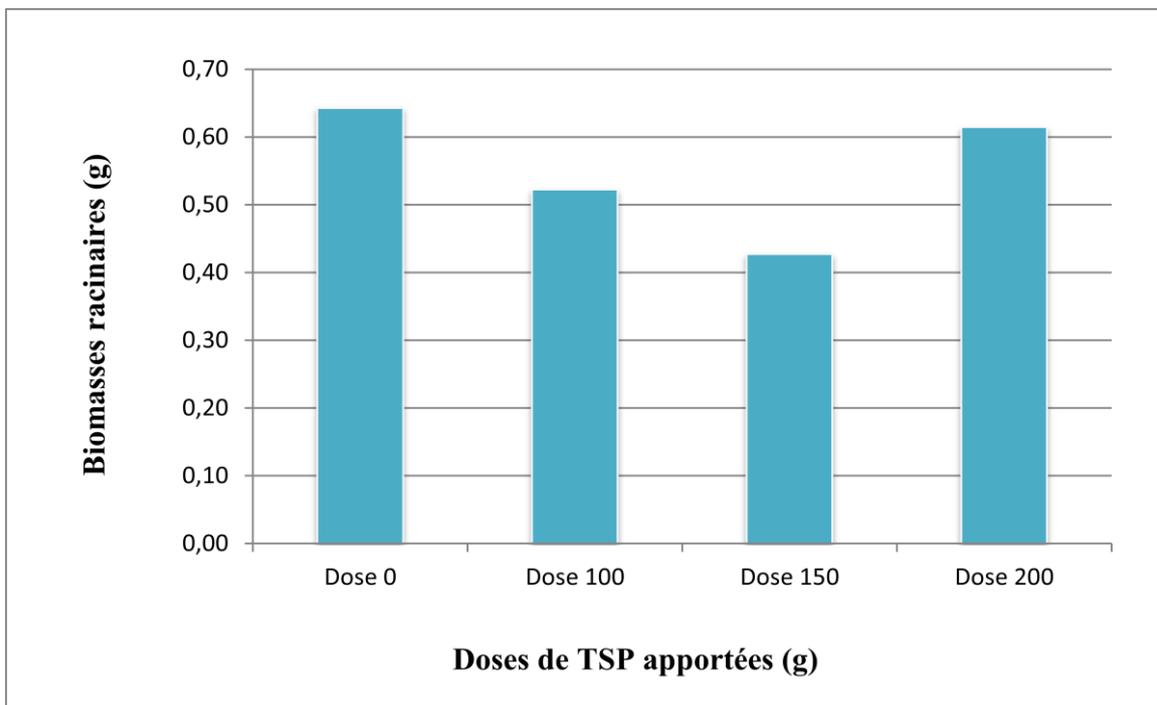


Figure 08 : Effet de la disponibilité en P sur les biomasses aériennes

4. Effet de la disponibilité du phosphore sur le développement de la tige principale

Les résultats relatifs à l'effet de la disponibilité du P sur le développement de la tige principale montrent un effet fluctuant mais n'est pas significatif au seuil de 0.05. La disponibilité en P, cette fois-ci, engendre une augmentation dans les valeurs de la tige principale de l'ordre de 10% (19 cm) et 22 % (20 cm) chez les traitements 100 et 200 g de TSP respectivement. En revanche, nous avons remarqué une diminution de 6% chez la dose 150 g comparativement au témoin.

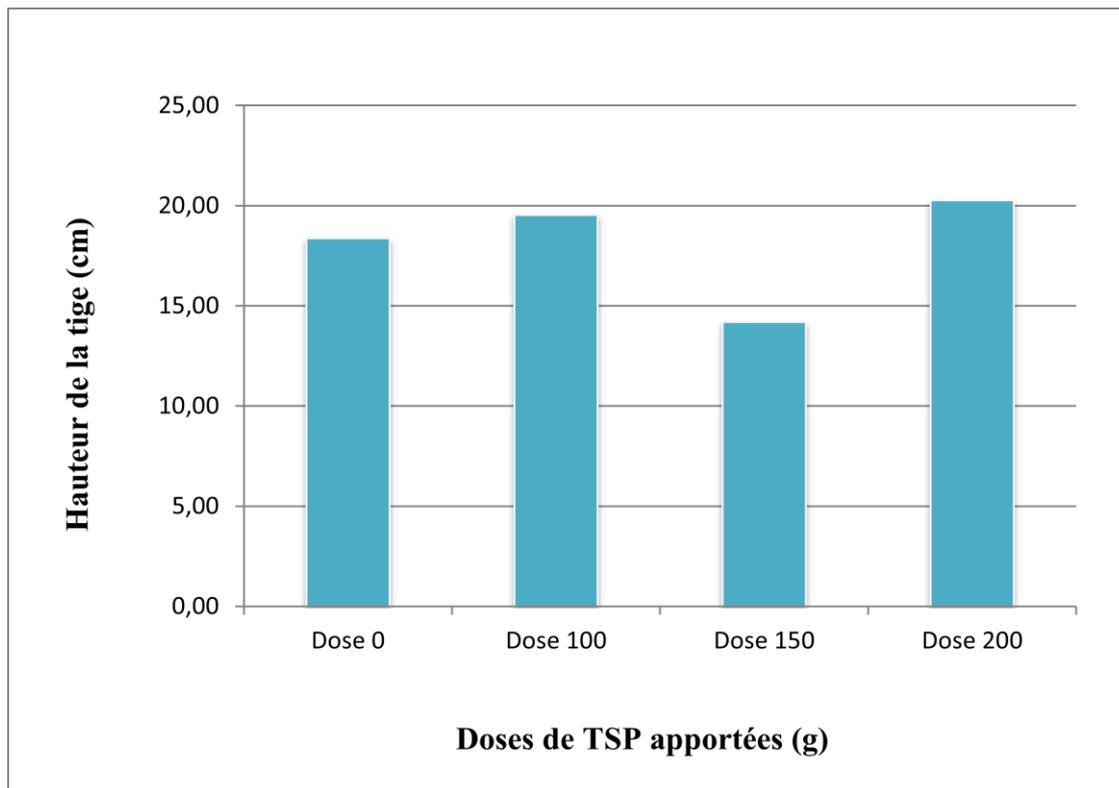


Figure 09: Effet de la disponibilité en P sur le développement de la tige principale

5. Effet de la disponibilité du phosphore sur l'élongation racinaire :

En matière d'élongation racinaire, l'ANOVA a montré une différence qui n'est pas significative au seuil de 5% chez les différentes doses de TSP apportées aux plants de fève. Par rapport à la dose 0 g, on constate qu'il existe une augmentation dans l'élongation racinaire en fonction de la disponibilité du P. En effet, c'est chez traitement 100 g que nous avons noté l'augmentation la plus importante, estimée à 9% soit une longueur de 13.8 cm. En revanche, le taux d'augmentation minimal (1%), est ce enregistré chez le traitement 150 g, soit 12 cm de longueur (figure 10).

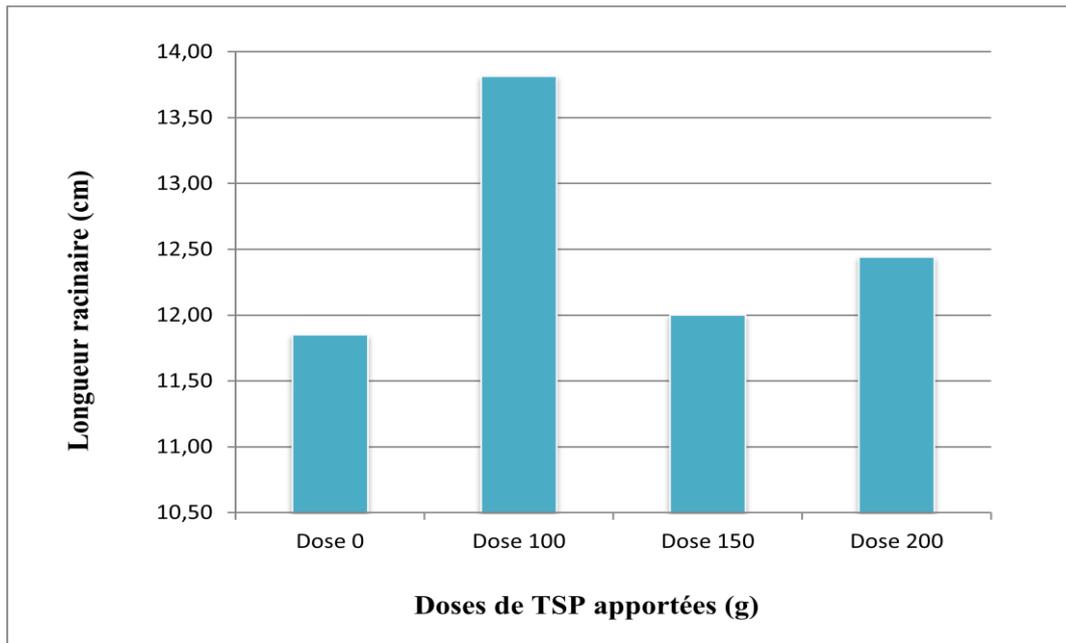


Figure 10: Effet de la disponibilité en P sur de l'élongation racinaire

6. Discussion

Dans la présente étude, les réponses des plantes de fève en matière de production de biomasse aérienne à l'ajout du TSP sont négatives et variables entre les différentes doses expérimentées. Notons que ces résultats sont en désaccord avec ceux acquis par **Taurian *et al.* (2010)** et **Kraïmat (2012)** et qui ont travaillé sur divers génotypes d'arachide (*Arachis hypogaea* L.).

Par ailleurs, nos résultats montrent une réduction de la production de la biomasse racinaire en présence de TSP. Ils sont en désaccord avec ceux obtenus sur le pin maritime (**Mollier, 1999**), le haricot (**Rychter et Randall, 1994**), l'orge (**Stryker *et al.*, 1974**), le maïs (**Drew et Saker, 1978**), et le soja (**Tang *et al.*, 2009**) où une diminution de la production de la biomasse racinaire en situation de suffisance en P est rapportée. Néanmoins, les effets absolus de la disponibilité en P sur l'allongement des racines et l'accumulation de biomasse racinaire sont controversés. En effet, il existe de nombreux travaux qui relatent une augmentation de la longueur et la biomasse racinaire avec une augmentation de l'offre en P. Cela a été démontré aussi bien *in situ* qu'en hydroponie sur un grand nombre d'espèces végétales (**Rosolem *et al.*, 1994** ; **Vadez et Drevon, 2001** ; **Alkama *et al.*, 2010** ; **Kraïmat, 2012**).

En matière de croissance de la tige principale, nous avons constaté qu'il existe une fluctuation dans la croissance de la tige, en réponse à la disponibilité du P. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par **Aouamer (2009)** et **Hadjout (2010)** qui ont testé des variétés de

fève sous différents traitements phosphatés. En revanche, **Kraïmat (2012)** a noté que pour les populations d'arachide locales, il y avait une augmentation de la hauteur de la tige principale suite à l'augmentation dans la disponibilité en P.

Conclusion

Dans ce présent travail, nous avons essayé d'aborder quelques mécanismes biométriques liés au comportement de la fève en différentes modalités de disponibilité en phosphore, dans le but d'améliorer l'efficacité des légumineuses aux fertilisants inorganiques apportés à nos sols carbonatés et vu l'importance socio-économique et écologique que présentent les légumineuses dans le système de production agricole nationale.

Au terme des résultats obtenus durant ce modeste travail, nous avons constaté qu'il existe une variation dans les caractères de croissance de la fève en réponse aux différentes modalités de phosphore utilisées dans notre étude. Les effets de la biodisponibilité du P sur les caractères agro-morphologies des légumineuses ont fait l'objet de pas mal d'études, amenant à des résultats variables et parfois même controversés.

Notons qu'à ces caractères agro-morphologiques s'ajoutent d'autres mécanismes physiologiques et biochimiques à la biodisponibilité en P non étudiés dans ce travail, à savoir, l'efficacité de prélèvement et d'absorption du P par les plantes, les microorganismes rhizosphériques et leur rôle dans la modification des caractères rhizosphériques, la variabilité génétique variétale, la capacité de quelques cultivars de la fève de s'adapter aux conditions limitantes de disponibilité en P et la mobilisation chimique du P provoquée par l'activité enzymatique des plantes (phosphatases), et les interférences d'autres éléments minéraux du sol dans l'absorption du P (antagonismes/synergie).

L'étude de ces mécanismes dans des travaux complémentaires s'avère nécessaire pour mieux comprendre les mécanismes impliqués dans l'adaptation de la fève à la biodisponibilité en P. De même, l'amélioration de la fixation symbiotique de P peut s'avérer une approche efficace entrant dans le contexte d'amélioration génétique de ce patrimoine variétal ainsi que les rendements des cultures.

Les Références bibliographiques

Atik F., 1999: Etude des signaux chimiques impliqués dans la symbiose entre *Vicia faba* et *Rhizobium le guminosarum*. Thèse de doctorat, Univ. de Tlemcen. Algérie.

Abdala M.M.F. and Fischbeck., 1978 : Growth and fertility of five stocks of field beans grown under three temperatures regimes, and the effect of natural water stress on seed index of a collection of *Vicia faba* L. J. Agronomy and Crop Science, 147, 81-91

Anonyme., 1998. La fève et la féverole. Fiche technique. Institut Agronomique et Vétérinaire, Hassan II, Maroc. 31 p.

Anonyme., 2009. Ministère de l'agriculture. Direction des statistiques agricoles et des enquêtes économiques. Analyse statistique de l'évolution de la culture des principaux produits agricoles durant la période 1999– 2009, 60p.

Alkama N., 2010. Adaptation de la symbiose rhizobienne chez le haricot à la déficience en phosphore : détermination de la réponse de la plante en termes d'échanges gazeux et de flux minéraux échangés avec la rhizosphère. Thèse de doctorat, ENSA, El-Harrach, Alger, 169 p.

Abdelmalekalek Bo., ANDRE FLEURY., ABDELMALEK TACHERIFTE., 2003.,

Les légumineuses alimentaires dans les zones periurbaines de Setif (Algérie): analyse d'une marginalisation NEW MEDiT N. 4/2003.page23

Allissar Ch., 2006., Effets de la limitation croisée en phosphore et en lumière sur la croissance et la morphogénèse aérienne et racinaire de jeunes plants de pin maritime. These doctorale L'université bordeaux 1.2006

Aouamer 2009., La fertilisation phosphatée de la fève (apport au sol et foliaire) en Mitidja. Mémoire d'ingénieur. ENSA. El-Harrach, Alger, 61 p.

Brewin, N.J.,1991. Development of the legume root nodule. Annu Rev Cell Biol 7, 191-226.

Bekele T., Cino B.J., Ehlert P.A.I., Van Der Maas A.A., Van Diest A., 1983. An evaluation of plant-borne factors promoting the solubilization of alkaline rock phosphates. Plant and Soil 75, 361–378.

Broughton WJ, Hernandez G, Blair M, Beebe S, Gepts P, Vanderleyden J.,2003

Beans (*Phaseolus* spp.) . model food legumes. Plant and Soil 252: 55–128.

- **Beijerinck, MW.,1888** Die Bacterien der papilionaceenknöllchen. Botanische Zeitung, 46,

Benachour K., Louadi K. et Terzo M., 2007. Rôle des abeilles sauvages et domestiques (Hymenoptera ; Apoidea) dans la pollinisation de la fève (*Vicia faba* L. var *major*) (Fabaceae) en région de Constantine (Algérie). *Ann. Soc. Entomol. Fr. (n.s)*, 43 (2) : 213-219.

Boudjenouia A., Fleury A. & Tacherift A., 2003. Les légumineuses alimentaires dans les zones periurbaines de Sétif (Algérie) : analyse d'une marginalisation. *New Medit.*, 7(4), 23-27.

Brady and Weil., 1996 in Kedi A .B. B., FONCTIONNEMENT DES PHOSPHATASES DANS LES SOLS TROPICAUX : INFLUENCE DE LA COMPOSITION ORGANO-MINERALE SUR L'EXPRESSION DE L'ACTIVITE ENZYMATIQUE THESE DOCTORAT UNIVERSITE DE COCODY- ABIDJAN .149p

Barber., S. A. et Silberbusch, M., 1984. Plant root morphology and nutrient uptake. In:Roots, nutrient and water influx and plant growth. S. A. Barber & D. R. Bouldin. (eds). SSA, CSSA, ASA, Madison USA.

Chen, Q., Fischer, A., Reagan, J. D., Yan, L. J., and Ames, B. N. (1995). "Oxidative DNA damage and senescence of human diploid fibroblast cells." *Proc Natl Acad Sci U S A* 92(10):4337-4341, in **Mezani s.,2011.** Bioécologie de la bruche de la fève *bruchus rufimanus* Boh.(Coleoptera : Bruchidae) dans des parcelles de variétés de fèves différentes et de féverole dans la région de Tizi-Rached (Tizi-Ouzou). Thèse de magister. Université El-Hadj Lakhdar,Batna.70p

Chatagné G., 2007: Détermination structurale des lipopolysaccharides de surface chez *Sinorhizobium*. Thèse de doctorat, université Paul Sabatier, France.

Drew et Saker., 1978., Drew M.C. et Saker L.R., 1978. Nutrient supply and the growth of the seminal root system in barley. III. Compensatory increases in growth of lateral roots and in rates of phosphorus uptake in response to a localized supply of phosphate. *Journal of Experimental Botany* 29, 435-451

Daoui, khaled., 2007. "Recherche de stratégies d'amélioration de l'effcience d'utilisation du phosphore chez la fève (*Vicia faba* L.) dans les conditions d'agriculture pluviale au Maroc /

Research of stratégies for improving phosphorus use efficiency in *Vicia faba* L. conducted in pluvial conditions in Morocco" Prom. : Ledent, Jean-François (2007)

Doyle J.J. et Luckow., 2003. The rest of the iceberg. Legume diversity and evolution in a phylogenetic context. *Plant Physiol* 131:900-910.

Duc G., 1997:Faba bean (*Vicia faba* L.).*Field Crops Research*. Volume 53, Number 1, July. Elsevier. pp. 99-109(11).

Fardeau J. C., 1993. Le devenir du phosphore dans le sol et dans les systèmes sol plante. *Perspectives agricoles n°* :181-juin, pp :17-22.

Frank B., 1889. Über die Pilzsymbiose der Leguminosen. *Berichte Der Deutschen Botanischen Gesellschaft*.

7, 332-346.797-804.

Fardeau J.C. et Morel R., 2002. Le phosphore (Agricole et environnemental), ses relations avec le vivant. *Agronomie*. INRA. 13p

Fernandez-Lopez, M., Goormachtig, S., Gao, M., D'Haese, W., Van Montagu, M., et Holsters, M., 1998. Ethylene-mediated phenotypic plasticity in root nodule development on *Sesbania rostrata*. *Proc Natl Acad Sci U S A* 95, 12724-12728.

Gepts., Beavis W.D., Brummer E.C., Shoemaker R.C., Stalker H.T., Weeden N.F. et Young N.D., 2005. Legumes as a Model Plant Family. *Genomics for Food and Feed Report of the Cross-Legume Advances through Genomics Conference*. *Plant Physiology* 137: 1228–1235.

Guinochet. M. et De Vilmorin. R., 1984. *Flore de France*, Editions du CNRS. Paris.

Gaworzewska, E.T., and Carlile, M.J.,1982. POSITIVE CHEMOTAXIS OF RHIZOBIUM-LEGUMINOSARUM AND OTHER BACTERIA TOWARDS ROOT EXUDATES FROM LEGUMES AND OTHER PLANTS. *Journal of General Microbiology* 128, 1179-1188.

GIOVE.R.M et ABIS.S., 2007,place de la Méditerranée dans la production mondiale de fruits et légumes. *Les notes d'analyse du CIHEAM23* :1-21p.

Gaume., A., Machler, F., Deleon, C., Narro., L. et Frossard., E., 2001. Low-P tolerance by maize (*Zea mays* L.) genotypes: Significance of root growth, and organic acids and acid phosphatase root exudation. *Plant and Soil* 228, 253-264.

Heywood V. H. et Richardson I. B. K., 1964:The genera of flowering plants. Clarendon press, Oxford.

Hadjout Salah., 2010. Effet de différents modes de fertilisation phosphatée (apport au sol et apport foliaire) sur le rendement de la fève (*Vicia faba major* L.) Mitidja, Mémoire Ecole Nationale Supérieure Agronomique El Harrach – Alger.2010.

Kraimat M., 2012. Caractérisation de la variabilité génétique associée à la fixation Symbiotique de l'azote et à la biodisponibilité du phosphore chez l'arachide (*Arachishypogaea* L.) Mémoire Magister. Ecole Doctorale de Biotechnologies Végétales.2012.

Karamanos A. J. et Gimenez C., 1991. Physiological Factors Limiting Growth and Yield of FabaBeans. *Option Méditerranée: Séries Séminaires* n° 10.

Kape, R., Parniske, M., et Werner, D., 1991. Chemotaxis and nod Gene Activity of *Bradyrhizobium japonicum* in Response to Hydroxycinnamic Acids and Isoflavonoids. *Appl Environ Microbiol* 57, 316-319.

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. Thèse de doctorat. Sciences biologiques. Université de Toulouse. 255p.

Laumonnier R., 1979.Culture des légumineuses. In *Cultures légumières et maraichères*, tome III, 121-171.

Mathieu C. et Pieltain F., 2003. Analyse chimique des sols – Méthodes choisies. Editions Lavoisier, Tec et Doc, Paris, 389 p.

Matar A, Torrent J and Ryan J 1992., Hoffland E, Findenegg G R and Nelemans J A 1989. Solubilization of rock phosphate by rape. II. Local root exudation of organic acids as a response to P-starvation. *Plant Soil* 113, 161–165., *Soil and fertilizer phosphorus and crop responses in the dryland mediterranean zone. Adv. SoilSci.* 18, 81–146

Mollier A., 1999. Croissance racinaire du maïs (*Zea mays* L.) sous déficience en phosphore : étude expérimentale et modélisation. Thèse de doctorat en sciences, Université Paris XI Orsay, France, 200 p.

Maatougui, M.E.H., 1996. Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance, in réhabilitation of faba bean. Ed. actes, Rabat(Maroc) 202p

Mezani S., 2011. bioécologie de la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* boh.(Coleptera :Bruchidae)dans parcelles de variétés de fève dans la région de Tizi-Rached(Tizi-Ouzou).Mémoire. Université. Mouloud Mammeri. Tizi- Ouzou.125p.

Mouhouche B., 2001. Effets du stress hydrique appliqué à différentes phases phénologiques sur les composantes du rendement de quatre légumineuses alimentaires à grosses graines. Diplome de Doctorat d'Etat en Sciences Agronomiques, El Harrach Alger, Institut National Agronomique, 165 p.

Mouhouche B., 1996. Effets du stress hydrique sur les composantes du rendement de la culture de fève (*Vicia faba*L.). In :Rehabilitation of Fababean.. Premier Séminaire du Réseau Maghrébin de Recherche sur Fève (REMAFEVE), Rabat, Maroc, 24-27 mai, 81-88.

Moule C., 1982.Plantes sarclées et divers. Ed. ITCFL. Paris, 399 P.

Mollier, A. et Pellerin., A. 1999. Maize root system growth and development as influenced by phosphorus deficiency. *Journal of Experimental Botany* 50, 487-497.

Norris N. O., 1965. Acid production by *Rhizobium*.A unifying concept. *Plant and Soil*. pp. 22; 143-166.

Noel, 2009 in Kouakou R. F., 2011. Diversité génétique des *Rhizobia* associés à un champ de pois d'Angole (*Cajanus cajan* l.) à Yamoussoukro (centre de la Côte d'Ivoire) Ecole supérieure d'agronomie de l'institut national polytechnique Félix Houphouët Boigny de Yamoussoukro - Diplôme d'agronomie approfondie 2011.

Nozzolillo C., Ricciardi L. andLattanzio V., 1989. Flavonoïds constituents of seed coat of *Vicia faba*(Fabaceae) in relation to genetic control of their color, *Can. J. bot.* pp. 67; 1600-1604.

ONM., 2014. Les données climatiques de la région de Ghardaïa, Bulletin météorologique.ONM.

Ott., T., van Dongen, J.T., Gunther,C., Krusell, L., Desbrosses, G., Vigeolas, H., Bock, V., Czechowski, T., Geigenberger, P., and Udvardi, M.K., 2005. Symbiotic leghemoglobins are crucial for nitrogen fixation in legume root nodules but not for general plant growth and development. *Curr Biol* 15, 531-535.

Plénet, D., Mollier, A. et Pellerin, A., 2000b. Growth analysis of maize field crops under phosphorus deficiency. II. Radiation use efficiency, biomass accumulation and yield components. *Plant and Soil* 224, 259-272.

Plénet, D.; Etchebest, S., Millier, A. et Pellerin, S., 2000a. Growth analysis of maize field crops under phosphorus deficiency. I. Leaf growth. *Plant and Soil* 223, 117-130.

Raghothama K.G., 1999. Phosphate acquisition. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 50, 665-693.

Rausch C . et Bucher, M., 2002. Molecular mechanisms of phosphate transport in plants. *Planta* 216, 23-37.

Rausch, C.; Daram, P.; Brunner, S.; Jansa, J.; Laloi, M.; Leggewie, G.; Amrhein, N. et Bucher, M., 2001. A phosphate transporter expressed in arbusculecontaining cells in potato. *Nature* 414, 462-470.

Rychter et Randall, 1994 ., Rychter A.M., Randall D.D., 1994. The effect of phosphate deficiency on carbohydrate metabolism in bean roots. *Physiologia Plantarum* 91, 383-388.

Stryker et al., 1974 Stryker R.B., Gilliam J.W. and Jackson W.A., 1974. Nonuniform transport of phosphorus from single roots to the leaves of *Zea mays*. *Physiologia Plantarum*, 30:231–239.

Sadiki M., A. Lazrak,W. Kasten, et H. Betz., 1998., Sadiki M., A. Lazrak, W. Kasten, et H. Betz., 1998. La fève et la féverole. Fiche technique. Projet amélioration de la culture des légumineuses alimentaires.31 pages

Alaoui Si Ben., ND. Référentiel pour la Conduite Technique de la fève (*Vicia faba*).

Stade-Miller, S.; Liu,J.; Allan, D. L.; Menhuber, C. J.; Fedorova, M. et Vance, C. P., 2001. Molecular control of acid phosphatase secretion into the rhizosphere of

proteoid roots from phosphorus stressed white lupin. *Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 127, 594-606.

Taurian *et al.* 2010 et Kraïmat 2012 ., Taurian T., Soledad A.M., Angelini J.G, Tonelli M.L., Ludueña L., Pena D., Ibáñez F. and Fabra A., 2010. Phosphate-solubilizing peanut associated bacteria: screening for plant growth-promoting activities. *Plant Soil* 329, 421-431.

Tang *et al.*, 2009 Tang C., Han X.Z., Qiao Y.F. and Zheng S.J., 2009. Phosphorus deficiency does not enhance proton release by roots of soybean (*Glycine max* (L.) Murr.). *Environmental and Experimental Botany* 67, 228-234.

Vernié T., 2008. Analyse fonctionnelle d'EFD, Un régulateur transcriptionnel de la nodulation au cours de l'interaction symbiotique entre *Medicago truncatula* et *Sinorhizobium meliloti*. Thèse de doctorat. Université Toulouse III-Paul Sabatier, Toulouse, 264 p.

Vincent M., 2005. Evaluation expérimentale d'un modèle de prélèvement du phosphore par une culture de maïs irriguée sur un sol sableux landais. Rap. Stag. Rech., INRA, France, 43p.

Wery J., 1986. Un pois pas si chiche que cela! Bulletin FNAMSsemences n° 97.

Zakhia F, de Lajudie P., 2001. Taxonomy of Rhizobia, mini-review. *Agronomie*, 21, 569-576.

Zapata E. et Roy R.N., 2004. Utilisation des phosphates naturels pour une agriculture durable. Bulletin FAO : engrais et nutrition végétale 13, 25-29.

Annexe:

Tableau 01.ANOVA pour la variable BA

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Phosphore	3	0.508	0.169	3.467	0.024
Bloc	1	0.152	0.152	3.121	0.084
Erreur	45	2.196	0.049		
Total corrigé	49	2.856			

Tableau 02.ANOVA pour la variable BR

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Phosphore	3	0.281	0.094	1.248	0.304
Bloc	1	0.319	0.319	4.250	0.045
Erreur	45	3.374	0.075		
Total corrigé	49	3.973			

Tableau 03.ANOVA pour la variable HT

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Phosphore	3	216.026	72.009	2.559	0.067
Bloc	1	1.082	1.082	0.038	0.845
Erreur	45	1266.200	28.138		
Total corrigé	49	1483.308			

Tableau 04.ANOVA pour la variable LR

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Phosphore	3	30.812	10.271	0.571	0.637
Bloc	1	4.769	4.769	0.265	0.609
Erreur	45	809.615	17.991		
Total corrigé	49	845.195			

Tableau 05. Test de germination

N°des jours	1j	2j	3j	4j	5j	6j	7j	8j	9j	10j
N°des plantes	0	0	0	4	2	1	2	1	0	0

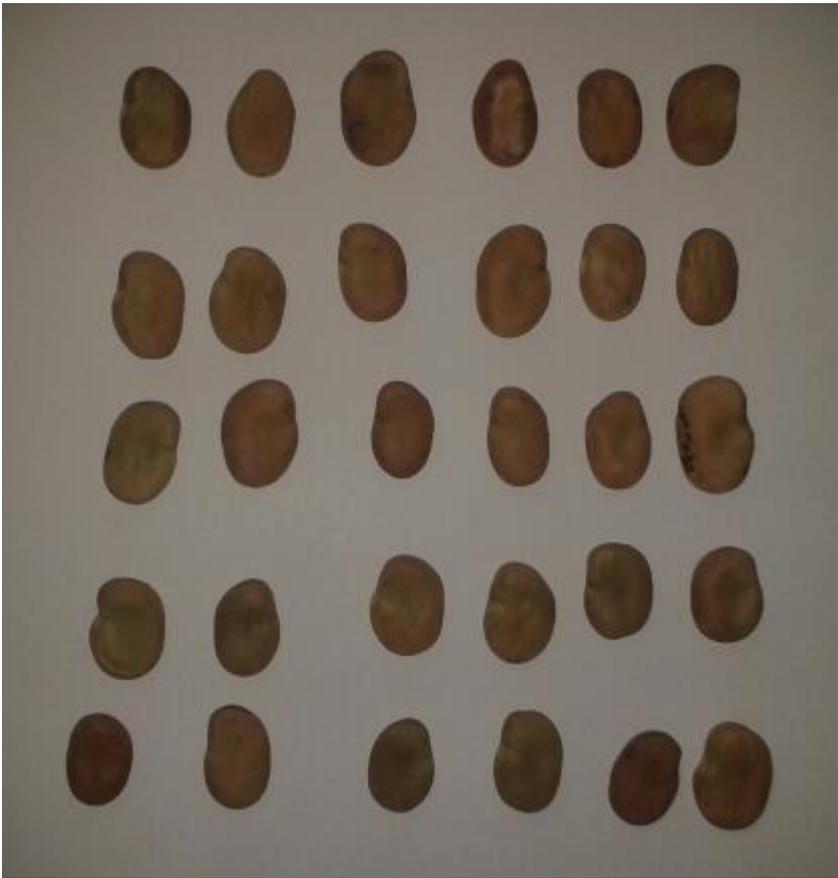


Photo 01. semences de la variété de féve cultivée

Résumé

La disponibilité en phosphore dans le sol constitue un facteur limitant de la croissance d'une large gamme de cultures dans les zones méditerranéennes. Parmi lesquelles, les légumineuses constituent une culture stratégique, vu leurs intérêts agronomiques, écologiques et économiques. Dans les zones arides et semi-arides, la culture de la fève représente une alternative appréciable lors que la gestion de la fertilisation phosphatée inorganique devient difficile. Au terme des résultats obtenus durant ce modeste travail, nous avons constaté que les réponses des plantes de fève en matière de production de biomasse aérienne à l'ajout du TSP sont négatives et variables entre les différentes doses expérimentées. De même pour les biomasses racinaires, dont a noté une réduction dans la production de la biomasse racinaire en présence de la disponibilité en phosphore. Cependant, en matière de croissance de la tige principale, nous avons pu constater qu'il existe une fluctuation dans la croissance de la tige. Cette variation dans les caractères morphologiques de la culture de la fève en réponse aux différentes modalités de phosphore est, sans doute, expliqué par le fait que le processus de prélèvement du phosphore par les plantes fait intervenir un nombre important de facteurs impliqués d'une façon directe ou indirecte dans le mécanisme d'adaptation de ces cultures à la faible disponibilité en phosphore.

Les mots clés: biodisponibilité en phosphore, légumineuse, fève, caractères morphologiques, symbiose.

ملخص

إن توافر الفوسفور في التربة يعد عاملاً يحد من نمو مجموعة واسعة من المحاصيل في مناطق البحر الأبيض المتوسط. بما في ذلك، البقوليات والتي هي زراعة إستراتيجية، نرى فوائدها الزراعية والبيئية والاقتصادية. في المناطق القاحلة و شبه القاحلة، تمثل زراعة الفول بديلاً هاماً لموسم في التسميد الفسفوري الغير العضوي الصعب. بعد النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة المتواضعة، وجدنا أن مردود نباتات الفول في إنتاج الكتلة الحيوية الهوائية بإضافة الفوسفات الفعال الثلاثي سلبية وتختلف بين جرعات مختلفة مجربة. و على نحو مماثل في الكتلة الحيوية، و التي انخفضت في إنتاج الكتلة الحيوية الجذرية في وجود الفوسفور. ومع ذلك، لنمو الساق الرئيسي، وجدنا تذبذباً في نموه. ربما يفسر هذا الاختلاف في الصفات المورفولوجية لزراعة الفول ترجع إلى الجرعات المختلفة من الفوسفور ربما حقيقة أن عملية إزالة الفوسفور من النباتات تنطوي على عدد كبير من العوامل التي تدخل في اتجاه واحد بشكل مباشر أو غير مباشر في آلية التكيف مع هذه الزراعات إلى قلة توافر الفوسفور.

الكلمات الرئيسية: التوافر البيولوجي من الفوسفور ، البقوليات، الفول، الخصائص المورفولوجية، التعايش.