

## Effect of the pre-crop and the mineral fertilization on the agronomic parameters and the nodulation of pea

## Effet du précédent cultural et la fertilisation minérale sur les paramètres agronomiques et la nodulation du petit pois

M. Mechri <sup>1,2\*</sup>, R. Khanfir Ben Jenana <sup>3</sup>, K. Bouajila <sup>1</sup>, Y. Hidri <sup>4</sup>, W. Saidi <sup>2,3</sup>, R. Hajri <sup>3,5</sup>, H. Ayeb <sup>6</sup>, A. Elmokh <sup>1</sup>, N. Haloui <sup>1</sup>, A. Gharbi <sup>2</sup>

<sup>1</sup> National Institute of Agronomy Tunis (University of Tunis Carthage)

<sup>2</sup> High School of Agriculture of Kef Tunisia (University of Jendouba)

<sup>3</sup> Higher Agronomic Institute of Chott Mariem (University of Sousse)

<sup>4</sup> Water Researches and Technologies Ecopark of Borj Cedria

<sup>5</sup> Regional Pole of Research and Agricultural Development of the Semi-dry North West

<sup>6</sup> Faculty of Mathematical, Physical and Natural Sciences of Tunis (University of Tunis El Manar)

\*Corresponding author: mouna.mechri@hotmail.fr

**Abstract** – A study is assessing the impact of pre-crop (Fallow, cereal) and mineral fertilization on the agronomic and yield parameters of a pea crop. Indeed, by fixing the pre-crop, we varied the amount of mineral fertilization, treatments were combinations of two rates of ammonium nitrate (0 et 20 kg/ha) with three rates of superphosphate (0, 100 et 150 kg/ha) and two rates of potassium sulfate (0 et 150 kg/ha). Pre-crop affected significantly the yield ( $p=0,01$ ) and the most agronomic parameters. Significant difference on the pea yield (0.03) was observed in the case of the nitrogen fertilizer applied alone and of (0.04) if it's combined with the phospho-potassium fertilizer. Nitrogen fertilization also affected the root nodulation ( $p=0.01$ ). The nitrogen fertilization inhibit the root nodulation, however it's stimulated by applying phospho-potassium fertilization. Contrary to the phosphorus, the addition of potassium only in a heavy clay soil did not showed a significant difference on the most of the parameters.

**Keywords:** mineral fertilization ; Pre-crop ; Pea ; Tunisian semi-arid.

**Résumé** - Ce travail a pour objectif d'étudier l'effet du précédent cultural et de la fertilisation minérale de démarrage (azotée, phosphatée et potassique) sur la culture du petit pois (Fabacées) dans un sol lourd pour mieux augmenter la production. En effet, en fixant le précédent cultural, nous avons varié la fertilisation minérale pour chaque site expérimental dans le but d'obtenir toutes les combinaisons possibles entre les facteurs de variation à des doses bien fixes (20 kg/ha de nitrate d'ammonium, 100 et 150 kg/ha de super 45 et 150 kg/ha de sulfate de potassium). Les résultats ont montré que le précédent cultural a induit une différence hautement significative sur le rendement ( $p=0,01$ ) et sur la plupart des paramètres agronomiques. L'application de la fertilisation azotée de démarrage (dose starter N) a montré une différence hautement significative ( $p=0,03$ ) si elle est seule et de (0,04) si elle est combinée avec l'engrais phospho-potassique, sur le rendement. Le nombre de nodules pour chaque plante dépend de la fertilisation azotée, cette dernière a eu un effet hautement significatif ( $p=0,01$ ). L'ajout de dose d'azote initiale (dose starter N) inhibe la nodulation de la plante qui est par contre stimulée en appliquant une fertilisation phospho-potassique. Contrairement au phosphore, l'ajout de potassium uniquement dans un sol lourd n'a montré aucune différence significative sur la plupart des paramètres.

**Mots clés :** Fertilisation minérale; Prédécent cultural; Petit pois; Semi-aride tunisien

## 1. Introduction

En Tunisie, les *Fabacées* alimentaires constituent une composante de base dans les systèmes agronomiques traditionnels. Elles interviennent directement dans la ration alimentaire ou indirectement dans la nourriture du cheptel. Dans la région du Kef, le système agricole est basé sur la production céréalière en pluvial au sein d'un assolement biennal céréale-jachère. Les emblavures des *Fabacées* ont régressé pendant ces dernières années pour plusieurs raisons, notamment le coût élevé de la main d'œuvre. Le rendement des *Fabacées* à graines n'a guère dépassé les 4.5 quintaux par hectare (Lazrek - Ben Friha, 2008). La production des *Fabacées* dans la région méditerranéenne est largement dépendante de la disponibilité en eau et en azote. Dans ces régions le climat est caractérisé par une faible pluviométrie et une minéralisation rapide de la matière organique.

Les souches de *Rhizobia* possèdent des propriétés physiologiques leur permettant de se développer dans les milieux arides et semi-arides. Les principaux facteurs limitant l'activité biologique dans les sols sont le déficit hydrique, la salinité, les températures élevées, les pH extrêmes et les carences en éléments nutritionnels (Bahareh et al., 2011). Les interactions fréquentes entre ces différentes contraintes affectent la croissance et la capacité de survie des microorganismes dans les sols arides (Cacciari, et al., 1995). Les effets négatifs provoqués par le nitrate sur l'établissement de la symbiose et sur son fonctionnement sont amplement documentés (Stephens & Neyra, 1983; Streeter, 1988). Plusieurs hypothèses ont été formulées pour expliquer les effets négatifs du nitrate sur les mécanismes biochimiques de fixation de l'azote lorsque la nodosité est active. D'autre part, la sécheresse peut aussi influencer la survie des *Rhizobia* pendant leur vie saprophytique (Chao & Alexander, 1982). Le potentiel hydrique du sol peut influencer la symbiose entre les *Fabacées* et les *Rhizobia* et, dans des conditions de sécheresse élevée, la nodulation peut être faible et/ou inefficace. En outre, l'aridité peut inhiber la fixation d'azote, la nitrogénase étant très sensible à des variations, même faibles, du potentiel osmotique du sol (Sinclair et al., 1987).

Le rôle génétique du potassium dans l'acide ribonucléique et sa fonction dans le transfert d'énergie via l'adénosine triphosphate sont indispensables pour toutes les formes de vie (Ozanne, 1980). Cependant, cet élément n'est pas facilement libéré ni recyclé. Le sol accumule une grande quantité de phosphate organique (Po) dans la matière organique qui peut contenir jusqu'à 50-80% du phosphore total dans le sol (Dalal, 1977). Les besoins en potassium sont d'autant plus grands que la fertilisation azotée est plus importante, en effet, l'action de l'azote est renforcée par le potassium et réciproquement: c'est le phénomène d'interaction positive (UNIFA, 2000). Le potassium prépare l'élaboration des lipides en réduisant la transpiration, il diminue les besoins des plantes en eau, augmente leur résistance à la sécheresse et assure une meilleure efficacité de l'irrigation et il permet une meilleure résistance au froid, aux maladies et aux insectes. Avec l'anhydride phosphorique, il accroît le développement des racines et la rigidité des tissus végétaux, d'où une meilleure résistance des plantes à la verse (UNIFA, 2001). Certains travaux ont également révélé que l'interaction entre le phosphore et la salinité a été significative sur le rendement en graines: L'application des engrais phosphoriques a entraîné une réduction des effets de la salinité et une augmentation du rendement (Motlagh et al., 2011). Les plantes avec faible niveau de fécondité qui ont reçu suffisamment d'engrais phosphatés, ont montré une résistance contre la salinité (Feigin et al., 1987). Le phosphore est connu par son amélioration de la fixation symbiotique de l'azote dans le métabolisme de la plante (Bhatnagar et al., 1979).

Au cours du XX<sup>ème</sup> siècle, les surfaces relatives en jachères et en parcours ont diminué au profit des surfaces labourables (Mhiri et al., 1998). D'après Staple (1959), le principal avantage de la jachère est de retenir l'humidité du sol dans les régions arides et semi-arides, elle favorise en outre l'accumulation des nitrates et contribue à la lutte contre les mauvaises herbes. Cependant, si la jachère de courte durée améliore le rendement en agriculture traditionnelle sans engrais, il n'en est plus de même en culture plus artificialisée (Charreau & Nicou, 1971). Pour que l'accumulation des nitrates se fasse, il faut que le sol reçoive des matières organiques convenables, que sa teneur en eau soit suffisante, et qu'il satisfasse à certaines conditions de température et d'aération (Sebillotte et al., 1973). L'efficacité de la jachère dépend notamment du système de culture et des méthodes de travail du sol, ainsi que de la nature de terrain. D'après Zancarini et al., (2012), l'efficacité de la nutrition azotée en utilisant une céréale comme précédent cultural implique la régulation de différents processus de développement des structures racinaires et nodulaires ainsi que celle du fonctionnement des voies de nutrition azotée associées

L'objectif du présent travail est d'étudier l'effet de précédents culturaux et de la fertilisation azotée et phospho-potassique sur les paramètres agronomiques et sur la nodulation.

## 2. Matériel et méthodes

L'essai a été installé en plein air sur un sol argilo-sablo-limoneux dans la station expérimentale de l'Ecole Supérieure d'Agriculture du Kef au cours de la campagne agricole 2012-2013. Le climat du Kef appartient à l'étage bioclimatique semi-aride supérieur à hiver froid et humide et à été sec et chaud. La pluviométrie annuelle de cette région varie entre 200 et 600 mm, mais pendant l'année de l'exécution de l'essai la quantité de pluies tombée entre septembre et avril était de l'ordre 256 mm. Les propriétés physico-chimiques du sol sont présentées dans le tableau 1.

**Tableau 1 :** Propriétés physico-chimiques des sols étudiés

Sol	CaCO <sub>3</sub> (%)	pH	K(ppm)	P(ppm)	N(ppm)	NO <sub>3</sub> (ppm)	NH <sub>4</sub> (ppm)	MO(%)
Céréale	9	8.72	624	6.23	525	111.6	7.2	1.53
Jachère	8	8.52	608	6.23	945	62	7.2	1.45

Un essai de fertilisation tri-factorielle (N, P et K) et de précédents de cultures est conduit en pots sur une culture de petit pois. Le protocole expérimental a été disposé en blocs aléatoires complets à quatre répétitions. Chaque pot a été rempli avec 5 Kg de substrat (2/3 sol + 1/3 sable). Les traitements imposés aux différents pots sont des combinaisons de deux précédents de cultures (PC<sub>1</sub>: Céréales et PC<sub>2</sub>: jachère) avec deux doses de nitrate d'ammonium (N<sub>1</sub>:0 et N<sub>2</sub>:20 kg d'azote ha<sup>-1</sup>), trois doses de superphosphate triple (P<sub>1</sub>:0; P<sub>2</sub>:50 et P<sub>3</sub>:100 kg ha<sup>-1</sup>) et deux doses de sulfate de potassium (K<sub>1</sub>:0 et K<sub>2</sub>:150kg ha<sup>-1</sup>). Les engrais ont été appliqués juste avant le semis.

Six graines de pois (*Pisum sativum*, CV. Douce Provence) ont été semées à la main par pot. Pendant la montaison, une plante a été conservée dans chaque pot, les autres ont servi d'échantillons pour l'analyse foliaire. Les irrigations ont été réalisées avec des doses homogènes d'eau chaque fois que le sol commençait à se dessécher. Les mauvaises herbes étaient supprimées manuellement à leur apparition. La récolte a eu lieu 60 jours après le semis.

### Caractérisation du sol

Les analyses du sol ont porté sur les paramètres suivants: L'analyse granulométrique a été faite par la méthode densimétrique, le pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre du type Mettler-Toledo MP 225, l'azote minéral a été quantifié par la méthode de Kjeldahl, le phosphore assimilable par la technique d'Olsen et le potassium échangeable par photométrie à flamme, le calcaire total a été mesuré à l'aide d'un calcimètre de Bernard et la matière organique par la Méthode de Walky and Black.

### Analyses des plantes

Concernant les plantes, les analyses suivantes ont été effectuées : L'azote total par la méthode de Kjeldhal, le phosphore total par spectrophotométrie. La surface foliaire : planimètre-Delta-T Devices LTD, Cambridge, England, associé à une caméra de télévision standard, un moniteur et une table lumineuse. Le principe d'Aronon (1919) modifié à été utilisé pour déterminer la quantité de chlorophylle a, b et totale. En outre, des paramètres morphologiques (hauteur des plantes, nombre de nœuds, de ramifications et de nodules par plante, masse de la partie aérienne et racinaire) et des paramètres de rendement (nombre des fleurs et de gousses par plante, nombre de graines par gousse et poids de 1000 graines) ont été mesurés.

### Statistiques

L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel SAS (SAS Institute 2001). Elle s'est basée sur l'analyse de la variance (ANOVA) à quatre facteurs : le précédent cultural (Céréale et jachère), la fertilisation azotée ((N<sub>1</sub>= 0, N<sub>2</sub>=20 kg d'azote ha<sup>-1</sup>), la fertilisation phosphatée (P<sub>1</sub>=0 ; P<sub>2</sub>= 50 et P<sub>3</sub>=100 kg ha<sup>-1</sup>) et la fertilisation potassique (K<sub>1</sub>=0 et K<sub>2</sub>= 150kg ha<sup>-1</sup>). Cette analyse a été réalisée sur les paramètres la plante. Une autre analyse a été faite en combinant les trois facteurs de la fertilisation minérale en évaluant l'effet du précédent cultural. Au terme de cette analyse, pour tout effet principal significatif, les moyennes de 3 répétitions ont été comparées en utilisant le test de Student-Newman-Keuls (SNK) avec un seuil de 5%.

### 3. Résultats et discussion

#### 3.1. Paramètres de croissance

Le tableau 2 montre que l'apport de la fertilisation azotée en tant que starter a augmenté significativement la hauteur de la plante ( $P < 0,05$ ) cultivée après céréale. Ceci confirme les résultats de Mahon (1977). L'apport d'engrais phosphaté seul ou mutuellement avec l'engrais potassique semble avoir accru significativement la hauteur de la plante après céréale ( $P < 0,05$ ) mais non pas après jachère ce qui confirme les conclusions de Cassman et al. (1981) qui stipulent que la croissance des légumineuses exige une importante quantité de phosphore car les phosphorylations oxydatives fournissent l'énergie nécessaire à la fixation. L'application mutuelle de N, P et K a augmenté significativement la hauteur de la plante après céréale ( $P < 0,05$ ). Les plantes cultivées après jachère ont donné un nombre de tiges significativement supérieur à celui des plantes cultivées après céréale et ce, indépendamment des doses de fertilisation appliquées ( $P < 0,05$ ). L'application de l'azote (starter) ainsi que l'apport de K seul à la plante cultivée après céréale ont permis d'augmenter significativement le nombre de tiges ( $P < 0,05$ ), alors que l'application de P seul, ou l'apport combiné de P et de K n'a montré aucun effet sur le nombre de tiges de la plante ( $P < 0,05$ ), ce qui est en désaccord avec les conclusions de Ouertatani et al. (2011) qui ont trouvé une réponse positive de la plante vis-à-vis de la fertilisation phospho-potassique. D'autre part, le nombre de fleurs par plante n'a pas été significativement influencé par le précédent cultural et ce, indépendamment de la fertilisation minérale imposée ( $P < 0,05$ ).

**Tableau 2:** Effet du précédent cultural et de la fertilisation minérale sur la hauteur, le nombre de tiges et le nombre de fleurs par plante. N<sub>1</sub>: 0 Kg/ha d'azote, N<sub>2</sub>: 20 Kg/ha d'azote, P<sub>1</sub>: 0 Kg/ha de Super 45, P<sub>2</sub>:50 Kg/ha de Super 45, P<sub>3</sub>:100 Kg/ha de Super 45, K<sub>1</sub>: 0 Kg de sulfate de potassium, K<sub>2</sub>: 150/ha Kg de sulfate de potassium

Paramètres Précédent cultural	Hauteur (cm)*		Nombre de tiges		Nombre de fleurs	
	Céréale	Jachère	Céréale	Jachère	Céréale	Jachère
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	28,00b	32,25a	6,00b	9,25a	3,00a	2,50b
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	27,00b	29,50a	8,50b	9,50a	2,25b	3,25a
N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub>	35,00a	31,75b	7,75b	10,25a	2,75a	3,00a
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	30,00a	30,00a	8,00b	9,00a	2,50a	2,75a
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	34,50a	26,00b	9,25a	8,75b	4,50a	2,75b
N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	29,00a	30,25a	8,50b	9,25a	4,00a	2,00b
N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	32,25a	25,75b	9,75a	10,25a	2,50a	2,50a
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	33,25a	27,75b	10,00a	9,75a	3,00a	3,25a
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub>	27,50a	27,00a	8,25a	8,00a	2,75a	2,25a
N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	33,00a	24,75b	9,00a	8,25b	2,75a	2,25a
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	34,00a	26,75b	9,00a	9,25a	2,25a	2,25a
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	30,25a	31,75a	9,25a	8,50b	2,75a	3,0a

\* Sur la même colonne, les valeurs suivies par des lettres différentes sont significativement différentes à  $P < 0,05$ . Les moyennes de 3 répétitions sont considérées.

#### 3.2. Paramètres agronomiques

##### Surface foliaire (mm<sup>2</sup>)

Le tableau 3 montre qu'en l'absence de fertilisation minérale, la surface foliaire des plantes cultivées après jachère a été significativement supérieure à celle des plantes qui ont succédé la céréale ( $P < 0,05$ ). L'application de l'azote seul (starter) a permis d'augmenter significativement la surface foliaire des plantes de petit pois aussi bien après jachère qu'après céréale ( $P < 0,05$ ). L'apport de P seul ou de K seul

ou de P et de K combinés a accru significativement la surface foliaire des plantes après céréale ( $P < 0,05$ ) et n'a pas montré d'effet significatif sur la surface foliaire des plantes qui ont succédé à la jachère ( $P < 0,05$ )

### Teneur en chlorophylle totale

Les données du tableau 3 révèlent que le précédent cultural n'a pas d'effet significatif sur la teneur en chlorophylle totale ( $P < 0,05$ ). L'apport individuel ou combiné de tous les engrais a entraîné une diminution significative de la teneur en chlorophylle totale des plantes et ce, indépendamment du précédent cultural ( $P < 0,05$ ).

### Nombre de nodules

Après céréale le petit pois sans fertilisation minérale a donné le nombre de nodules le plus élevé. (tableau 3) Après jachère le petit pois a donné sans fertilisation minérale un nombre de nodules relativement inférieur. L'application de la dose d'azote (dose starter N) réduit significativement la nodulation de la plante ce qui confirme les résultats trouvés par Minchin *et al.* (1986) et Moudiongui & Rinandou (1987) qui expliquent que l'application de nitrate au démarrage déprime très fortement la nodulation. L'application du phosphore seul, ou du potassium seul réduit significativement le nombre de nodules ( $P < 0,05$ ). De plus, l'application du phosphore combiné avec le potassium réduit le nombre des nodules d'une manière significative ( $P < 0,05$ ).

**Tableau 3 :** Variation de la surface foliaire ( $\text{mm}^2$ ), de la teneur en chlorophylle totale ( $\text{mg/l}$ ) et du nombre de nodules en fonction du précédent cultural et de la fertilisation minérale. N<sub>1</sub> : 0 Kg/ha d'azote, N<sub>2</sub> : 20 Kg/ha d'azote, P<sub>1</sub> : 0 Kg/ha de Super 45, P<sub>2</sub>:50 Kg/ha de Super 45, P<sub>3</sub>:100 Kg/ha de Super 45, K<sub>1</sub>: 0 Kg de sulfate de potassium, K<sub>2</sub>: 150/ha Kg de sulfate de potassium

Traitement	Surface foliaire ( $\text{mm}^2$ )*		Teneur en chlorophylle Totale ( $\text{mg/l}$ )		Nombre de nodules par plante	
	Céréale	Jachère	Céréale	Jachère	Céréale	Jachère
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	802,00b	882,75a	30,24a	29,51a	48,00a	32,50b
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	750,41b	895,50a	31,54a	33,99a	39,25b	43,25a
N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub>	932,25a	964,75a	27,65a	23,65b	30,00a	27,00a
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	917,00a	856,50b	25,41a	27,11a	24,50a	25,75a
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	816,25b	877,00a	26,95a	27,31a	29,50a	23,75b
N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	805,5a	660,50b	25,13a	26,56a	32,00a	27,25b
N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	981,00a	926,00b	27,69a	28,26a	29,50a	24,00b
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	854,75b	930,50a	28,78a	28,16a	28,75a	26,75b
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub>	1072,25a	672,50b	29,67a	26,97b	22,25a	24,00a
N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	975,00a	698,25b	28,91a	23,05b	34,75a	24,50b
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	952,00a	647,75b	29,50a	25,17b	34,00b	45,50a
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	846,25a	710,25b	31,06a	28,75b	34,50a	23,50b

\* Sur la même colonne, les valeurs suivies par des lettres différentes sont significativement différentes à  $P < 0,05$ . Les moyennes de 3 répétitions sont considérées.

### 3.3. Composition minérale de la plante

#### Teneur en azote total

Les résultats présentés dans le tableau 4 révèlent que la teneur en azote total des plantes est affectée par le précédent cultural. En effet, la teneur en azote du petit pois non fertilisé et planté après céréale est supérieure à celle du petit pois planté après jachère. Après jachère l'apport de l'engrais azoté a permis d'augmenter significativement le taux de N dans la plante. Par contre, après céréale cet engrais n'a pas

affecté significativement ce paramètre ( $P < 0,05$ ). L'apport de P seul ou de K seul a engendré une diminution du taux de N dans la plante cultivée après céréale. Par contre, il a augmenté le taux de N dans la plante cultivée après jachère. L'application de P combiné avec K ou l'application de P combiné avec K et N a augmenté significativement le taux de N dans la plante ( $P < 0,05$ ).

### Teneur en phosphore total

D'après le tableau 4, la teneur en phosphore total de la plante n'est pas significativement affectée par le précédent cultural ( $P > 0,05$ ). L'apport d'engrais azote comme démarreur n'a pas influencé significativement la teneur en phosphore total ( $P > 0,05$ ) et ce, indépendamment du précédent cultural. L'ajout de l'engrais phosphaté seul influence ce paramètre d'une manière significative ( $p < 0,05$ ). De même, l'application d'une fertilisation combinée à la fois de phosphore et de potassium influe sur ce paramètre d'une manière significative ( $P < 0,05$ )

**Tableau 4** : Variation de la teneur en Azote (%) et de la teneur en phosphore (%) dans la partie aérienne de la plante en fonction du précédent cultural et de la fertilisation minérale. N<sub>1</sub> : 0 Kg/ha d'azote, N<sub>2</sub> : 20 Kg/ha d'azote, P<sub>1</sub> : 0 Kg/ha de Super 45, P<sub>2</sub>:50 Kg/ha de Super 45, P<sub>3</sub>:100 Kg/ha de Super 45, K<sub>1</sub>: 0 Kg de sulfate de potassium, K<sub>2</sub>: 150/ha Kg de sulfate de potassium

Traitement	Teneur en azote dans la partie aérienne de la plante (%)*		Teneur en phosphore dans la partie aérienne de la plante (%)	
	Céréale	Jachère	Céréale	Jachère
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	2,22a	1,99b	0,40a	0,29b
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	1,74a	1,09b	0,38a	0,35a
N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub>	1,92b	2,33a	0,47a	0,29b
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	1,95b	2,54a	0,23b	0,32a
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	1,93a	1,90a	0,17b	0,49a
N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	2,21a	2,32a	0,23a	0,28a
N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	2,16b	3,01a	0,48a	0,33b
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	4,16a	3,04b	0,34a	0,34a
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub>	2,74b	3,41a	0,39a	0,38a
N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	2,65b	3,08a	0,37a	0,38a
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	2,72a	2,62a	0,26b	0,36a
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	2,45a	2,52a	0,35b	0,48a

\* Sur la même colonne, les valeurs suivies par des lettres différentes sont significativement différentes à  $P < 0,05$ . Les moyennes de 3 répétitions sont considérées.

### 3.4. Biomasses aérienne et racinaire

La masse aérienne sèche est significativement plus faible après céréale qu'après jachère. ( $P < 0,05$ ). L'apport d'engrais azoté a permis d'accroître significativement la masse aérienne sèche de la plante cultivée sur céréale ( $P < 0,05$ ). Aucun effet n'a été signalé chez la plante cultivée sur jachère. L'apport exclusif de P ou de K a fait augmenter significativement la masse aérienne sèche de la plante aussi bien sur céréale que sur jachère. L'apport combiné de P et de K ou de N, de P et de K a, de sa part, fait augmenter significativement la masse aérienne sèche de la plante sur céréale ( $P < 0,05$ ). Aucun effet n'a été signalé chez la plante cultivée sur jachère. Les résultats montrent que la masse racinaire sèche de la plante est plus élevée après jachère qu'après céréale. L'apport de N comme démarreur a permis d'augmenter la masse racinaire sèche des plantes cultivées aussi bien sur céréale que sur jachère. L'apport exclusif de P ou de K ou l'apport combiné de P et de K a engendré une augmentation significative de la masse racinaire de la plante cultivée aussi bien sur céréale que sur jachère ( $P < 0,05$ ).

L'apport combiné de N, P et de K a engendré un accroissement significatif de la masse racinaire de la plante cultivée aussi bien sur céréale que sur jachère (Tableau 5).

**Tableau 5** : Variation de la masse aérienne et de la masse racinaire en fonction du précédent cultural et de la fertilisation minérale. N<sub>1</sub> : 0 Kg/ha d'azote, N<sub>2</sub> : 20 Kg/ha d'azote, P<sub>1</sub> : 0 Kg/ha de Super 45, P<sub>2</sub>:50 Kg/ha de Super 45, P<sub>3</sub>:100 Kg/ha de Super 45, K<sub>1</sub>: 0 Kg de sulfate de potassium, K<sub>2</sub>: 150/ha Kg de sulfate de potassium

Traitement	Biomasse aérienne (g)*		Biomasse racinaire (g)	
	Céréale	Jachère	Céréale	Jachère
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	0,5b	2,57a	0,10a	0,12a
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	1,5b	2,45a	0,15a	0,17a
N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub>	2,02b	2,82a	0,15a	0,12a
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	1,55b	2,85a	0,17a	0,20a
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	2,05b	3,77a	0,20a	0,12b
N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	1,80a	1,65a	0,22a	0,15b
N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	2,72a	2,35a	0,17a	0,15a
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	2,62a	2,32a	0,15a	0,17a
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub>	2,42a	2,00b	0,22a	0,20a
N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	2,37a	2,15a	0,12a	0,12a
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	1,95b	2,20a	0,20a	0,20a
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	3,47a	1,92a	0,17a	0,12b

\* Sur la même colonne, les valeurs suivies par des lettres différentes sont significativement différentes à P<0,05. Les moyennes de 3 répétitions sont considérées.

### 3.5. Paramètres de rendement

#### Nombre de gousses, nombre de grains par gousse et rendement en grains secs

A quelques exceptions près, le nombre de gousses des plantes cultivées sur jachère est plus élevé que celui des plantes cultivées sur céréale (Tableau 6). L'application exclusive de P ou de K et l'application de P et K combinés ou l'application de N, P, et k combinés n'ont pas affecté significativement le nombre de gousses par plante (P>0,05). (Tableau 7). Le nombre de grains par gousse des plantes cultivées sur jachère et qui n'ont pas reçu de dose d'azote comme démarreur est globalement significativement supérieur à celui des plantes cultivées sur céréale (P<0,05). Par contre, les plantes cultivées sur céréale et qui ont reçu l'azote au préalable ont montré un nombre de grains supérieur à celui des plantes cultivées sur jachère. L'application exclusive de P ou de K et l'application de P et K combinés ou l'application de N, P, et k combinés n'ont pas affecté significativement le nombre de gousses par plante (P>0,05) ce qui confirme les résultats trouvés par (Bolland et al., 2001). Le rendement en grains est influencé significativement par le précédent cultural (P< 0,01). En effet, ce paramètre est plus élevé chez les plantes cultivées sur jachère que chez les plantes cultivées sur céréale et ce, indépendamment de la fertilisation minérale imposée. La fertilisation azotée seule a permis d'augmenter significativement le rendement en grains secs et ce, indépendamment du précédent cultural (P<0,05). Ces conclusions confirment les résultats trouvés par Daba et Haile (2008) qui ont démontré que l'utilisation d'engrais azoté de démarrage pourrait être un moyen d'augmenter le rendement des plantes et de maintenir la fertilité de sol. L'apport exclusif de P ou l'apport combiné de P et de K n'a pas influencé le rendement par contre l'apport exclusif de K ou l'apport combiné de N, P et K engendre une augmentation significative du rendement (P<0,05).

**Tableau 7:** Variation des paramètres de rendement en fonction du précédent cultural et de la fertilisation minérale. N<sub>1</sub> : 0 Kg/ha d'azote, N<sub>2</sub> : 20 Kg/ha d'azote, P<sub>1</sub> : 0 Kg/ha de Super 45, P<sub>2</sub>:50 Kg/ha de Super 45, P<sub>3</sub>:100 Kg/ha de Super 45, K<sub>1</sub>: 0 Kg de sulfate de potassium, K<sub>2</sub>: 150/ha Kg de sulfate de potassium

Traitement	Nombre de gousses par plante*		Nombre de grains par gousse		Rendement en grains secs (g/plante)	
	Céréale	Jachère	Céréale	Jachère	Céréale	Jachère
<b>Précédent cultural</b>						
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	2,50a	2,25a	3,50b	5,25a	1,95b	3,30a
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	1,50b	3,00a	3,25b	4,25a	1,65b	2,90a
N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub>	2,75a	2,75a	3,75a	3,75a	2,35	2,94
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	1,50a	1,75a	3,50b	6,00a	3,20b	4,20a
N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	2,00a	2,25a	3,75a	3,75a	2,25a	2,30a
N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	1,25a	1,50a	4,00a	4,00a	1,90a	1,90a
N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	1,50b	2,00b	4,25a	2,75b	5,40a	5,42a
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	2,00a	2,25a	5,25a	3,00b	3,00b	5,51a
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub>	2,50a	2,00a	3,75a	3,00b	2,30b	4,00a
N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	2,25a	1,25ab	3,50a	3,00a	3,98b	5,57a
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	2,50a	2,00b	3,50a	3,00a	3,95b	4,75a
N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>2</sub>	1,75b	2,25a	4,00a	3,00b	3,96a	3,27b

\* Sur la même colonne, les valeurs suivies par des lettres différentes sont significativement différentes à P<0,05. Les moyennes de 3 répétitions sont considérées.

#### 4. Conclusion

La jachère, généralement contestée par les agronomes à cause du manque à gagner qu'elle accuse, semble avoir quelques avantages par rapport à la monoculture si on se réfère aux résultats de cette étude. Cultivé après jachère, le petit pois a accusé une meilleure croissance et un meilleur rendement comparé au petit pois qui a succédé à une céréale. En effet, le rendement en grains des plantes cultivées après jachère est supérieur à celui des plantes cultivées après céréale et ce, indépendamment de la fertilisation minérale imposée.

L'introduction de la jachère dans la rotation des cultures des régions semi-arides permet de reposer le sol, de conserver son humidité, de le protéger contre l'érosion et d'améliorer son niveau de fertilité. Toutefois, sa substitution par une légumineuse en tête d'assolement est certes intéressante en raison de la capacité de cette espèce de développer une symbiose avec une bactérie capable de valoriser l'azote atmosphérique réduisant l'apport d'engrais minéraux tout en protégeant l'environnement contre la pollution chimique. L'apport de l'azote avant semis comme démarreur de la croissance a été pour longtemps discuté entre scientifiques et chercheurs. Les travaux de recherches sur ce sujet sont abondants mais les résultats sont contradictoires. La présente étude a montré que l'application de l'azote au préalable a inhibé ou réduit la nodulation et par conséquent la fixation symbiotique de l'azote. Elle a montré également que l'apport d'azote comme starter a permis d'augmenter significativement le rendement en grains secs et ce, indépendamment du précédent cultural adopté. L'exigence de la légumineuse aux engrais phosphaté et potassique, longuement discutés par les chercheurs, est incontestable. La présente étude a révélé l'importance de ces engrais pour la croissance du petit pois et leur impact positif sur le rendement. L'étude a montré que l'apport exclusif de P ou l'apport combiné de P et de K n'a pas influencé le rendement par contre l'apport exclusif de K ou l'apport combiné de N, P et K a engendré une augmentation significative du rendement. Cette étude est une modeste contribution à la recherche sur les Fabacées et leur importance dans la rotation des cultures. Les résultats



trouvés méritent d'être confirmés ou d'être explicités par des travaux de recherches plus diversifiés impliquant d'autres espèces de Fabacées et couvrant d'autres conditions agro-pédo-climatiques.

## 5. Références

- Bolland, M.D.A., G.P. Riethmuller, K.H.M. Siddique and S.P. Loss, (2001).** Method of Phosphorus Fertilizer Application and Row Spacing on Grain Yield of Faba (*Vicia faba* L.). *Australian Journal Experimental Agriculture*, 41(2): 224-234.
- Bahareh P.M., S. Mahmoodi, M.H. Sayyari-Zahan and M. Naghizadeh, (2011).** Interaction Effect of Saline Irrigation Water, Mycorrhiza Fungi and Phosphorus Fertilizer on Yield and Yield Components of Common Bean (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Advances in Environmental Biology*, 5(8): 2269-2276, 2011 ISSN 1995-0756.
- Cacciari I., D. Lippi, T. Pietrosanti and Pietrosanti W. (1995).** Effect of Previous Growth Conditions on Starvation Survival and Endogenous Metabolism Rate of *Arthrobacter fluorescens*. *Basic. Microbiol.* (35) : 359-366.
- Cassman K.G., A.S. Whitney and R.L. Fox (1981).** Phosphorus Requirements of Soybean and Cowpea as affected by Mode of N Nutrition. *Agron J.* 73: 17-22.
- Chao W.L. and M. Alexander (1982).** Influence of Soil Characteristics on the Survival of Rhizobium in Soils Undergoing Drying. *Soil Science Society of America Journal* 46, 949-952.
- Charreau C. and R. Nicou (1971).** L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche Ouest-africaine et ses incidences agronomiques. *Bulletin Agronomique* N° 23 *Agronomie Tropicale*.
- Dalal, R.C. (1977).** Soil Organic Phosphorus. *Biogeochemistry* 4:41-60.
- Feigin A., I. Rylski, A. Meriri and J. Shalhevet (1987).** Response of Melon and Tomato Plants to Chloride-Nitrate Ratio in Saline Nutrition Solution. *J. Plant. Nutr.*, 10: 1787-1794.
- 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. Université Toulouse III. 255p
- Mahon J.D. (1977).** Respiration and The Energy Requirement For Nitrogen Fixation in Nodulated Pea Roots. *Plant Physiol.* 60 (6):817-821.
- Sebillotte M., Allain S., and Meynard J.M. (1973).** La jachère et ses fonctions agronomiques, économiques et environnementales diagnostic actuel. *Courrier de l'Environnement de l'INRA* n° 20.
- Minchin F.R., J.E. Sheehy and J.F. Witty (1986).** Further Errors in the Acetylene Reduction Assay: Effects of Plant Disturbance. *Journal of Experimental Botany* 37(183): 1581-1591.
- Daba S. and M. Haile (2008).** Effects of Rhizobial Inoculant and Nitrogen Fertilizer on Yield and Nodulation of Common Bean. *Journal of Plant Nutrition* 23 (5): 581-591.
- Ouertatani S., K. Regaya, J. Ryan, and A. Gharbi (2011).** Soil Liming and Mineral Fertilization for Root Nodulation and Growth of Faba Beans in an Acid Soil in Tunisia. *Journal of Plant Nutrition*, 34(6): 850-860.
- Ozanne P.G. (1980).** Phosphate Nutrition of Plants - A General Treatise. In: Khasawneh, F.H., E.C. Sample and E.J. Kamprath, (Eds.), *The Role of Phosphorus in Agriculture*. Am. Soc. Agronomy, Madison, 559-590.
- Sinclair, W.A., H.H. Lyon, and W.T. Johnson (1987).** *Diseases of trees and shrubs*. Cornell University Press, Ithaca, New York. 574p.
- Staple W.J. (1959).** The Significance of Fallow as a Management Technique in Continental and Winter Rainfall Climates. *Communication* N°10, Paris (29/4/1960). UNESCO Document.
- Stephens, B.D and C.A. Neyra, (1983).** Nitrate and Nitrite Reduction in Relation to Nitrogen Activity in Soybean Nodules and *Rhizobium Japonicum* Bacteroids. *Plant Physiol.* 71: 731-735.
- Streeter J.G. (1988).** Inhibition of Legumes Nodules Formation and N<sub>2</sub> Fixation by Nitrate. *CRC. Critical Reviews in Plant Sciences* 7:1-23.
- UNIFA (union des industries pour la fertilisation) (2000).** Eléments pour la réalisation d'une étude de danger d'un stockage d'engrais à base de nitrates : Fiche technique mai 2000. 8p.
- Zancarini, A., Mougel, C., Voisin, A. S., Prudent, M., Salon, C., and Munier-Jolain, N. (2012).** Soil Nitrogen Availability and Plant Genotype Modify the Nutrition Strategies of *M. Truncatula* and the Associated Rhizosphere Microbial Communities. *PLoS One*, 7(10), e47096.