



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA VIE

Projet de Fin d'Etudes

Licence Sciences & Techniques

«Biotechnologie et Valorisation des PhytoRessources»

**Effet du Précédent cultural sur la production
de Blé et Féverole : Effet du Phosphore
résiduel sur la production de Blé et Féverole**

Présenté par :

Néhémie NZOYIKORERA

Encadré par :

- Pr. Meryem BENJELLOUN FST, Fès
- Dr Khalid DAOUI INRA, Meknès

Soutenu le 15 Juin 2015 devant le Jury composé de :

- Pr. Zain El Abidine FATEMI INRA, Meknès ; FST ,Fès
- Pr. Jamila AL FIGUIGUI FST, Fès
- Pr. Majid ATMANI FST, Fès
- Pr. Meryem BENJELLOUN FST, Fès
- Dr Khalid DAOUI INRA, Meknès

Faculté des Sciences et Techniques Fès

B.P. 2202, Route d'Imouzzer FES

☎ 212 (35) 60 80 14 – 212 (35) 60 96 35 📠 212 (35) 60 82 14

www.fst-usmba.ac.ma

A ma Mère que j'ai perdue au cours de cette aventure

REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie Dieu, Le Tout Puissant, de m'avoir guidé toutes ces années d'études et de m'avoir donné la volonté, la patience, le courage pour ce travail.

Je tiens en premier lieu à remercier Mr Khalid DAOUI, lui qui a accepté de me guider tout au long du stage malgré ses occupations, pour ses encouragements et conseils.

Je tiens également à remercier Mme Meryem BENJELLOUN pour m'avoir fait confiance, sa disponibilité, son sens de la pédagogie et pour avoir su m'orienter avec justesse tout au long de mon cheminement.

Je tiens à présenter mes sincères remerciements à M. Zain El Abidine FATEMI pour tout ce qu'il a fait pour le déroulement de ce projet, pour les informations qu'il nous a transmises et avoir été là pour nous malgré d'autres occupations.

Je porte toute ma gratitude à M. Majid ATMANI et Mme Jamila AL FIGUIGUI pour avoir bien voulu faire partie du Jury pour évaluer mon travail.

Je remercie également tous les enseignants de la LT BVPR d'avoir enrichi mes connaissances.

Je profite ainsi pour cette occasion pour remercier le personnel du CRRA Meknès et l'équipe du Domaine Expérimental de Douyet, particulièrement M. Abdelaziz TAYEBI et M. Driss DKHIDSSI pour leurs conseils et leur disponibilité.

Mes sincères remerciements à ma famille : Mes Parents, mon frère et mes sœurs, tous mes proches et amis, qui m'ont accompagné, aidé, soutenu et encouragé tout au long de ma formation et ce projet.

Liste des Figures

Figure 1: Mode d'action d'un élément nutritif	10
Figure 2: Dispositif en blocs aléatoires complets avec les différentes concentrations de P2O5	12
Figure 3: Rendement en biomasse en fonction de la concentration de P2O5 chez le blé et féverole.....	13
Figure 4 : Rendement en grains en fonction de la concentration de P2O5 chez le blé et féverole.....	14
Figure 5: Rendement en paille en fonction de la concentration de P2O5 chez le blé et la féverole.....	14
Figure 6: Indice de récolte en fonction de la concentration de P2O5 chez le blé et la féverole	15
Figure 7: Poids de 1000 Graines en fonction de la concentration de P2O5 chez le blé.....	16
Figure 8: Nombre d'épis par m ² en fonction de la concentration de P2O5.....	16
Figure 9: Poids de 100 graines en fonction de la concentration de P2O5.....	17
Figure 10: Nombre de rameaux par plante en fonction de la concentration de P2O5.....	18
Figure 11: Nombre de gousses par plante en fonction de la concentration de P2O5.....	18
Figure 12: Nombre de graines par gousse en fonction de la concentration de P2O5.....	19

Liste des Tableaux

Tableau 1: Concentrations de P2O5	11
--	----

Liste des Annexes

Annexe 1: Relevés météorologiques dans le domaine expérimental de Douyet pour la campagne 2014/2015.....	23
Annexe 2: Moyennes des résultats des différents paramètres étudiés chez le blé en fonction de la dose apportée l'année précédente pour les 4 blocs de blé	24
Annexe 3: Moyennes des résultats des différents paramètres étudiés chez le blé en fonction de la dose apportée l'année précédente pour les 4 blocs de Féverole	24

Liste des Abréviations

Bio : Biomasse

CRRA : Centre Régional de la Recherche Agronomique

D.E : Domaine Expérimental

g : grammes

Go : Gousses

Gr : Graines

ha : hectares

IR : Indice de Récolte

Mo : Moyenne

Nb : Nombre

PMG : Poids de 1000 graines

P : Phosphore

qha : quintaux par hectare

Rd : Rendement

U.R : Unité de Recherche

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL : Centre Régional De la Recherche Agronomique De Meknès (CRRAMeknès).....	2
II. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
1. PRESENTATION DES ESPECES ETUDIEES	3
A. Blé	3
a. Introduction.....	3
b. Systématique.....	3
c. Description botanique.....	4
d. Culture.....	4
B. Féverole	5
a. Introduction.....	5
b. Systématique.....	5
c. Description botanique.....	6
d. Culture.....	7
2. PHOSPHORE DANS LE SOL.....	8
A. Formes du Phosphore dans le sol	8
B. Disponibilité du Phosphore dans le sol	8
3. RELATION PHOSPHORE-PLANTE	9
A. Assimilation du Phosphore par les plantes	9
B. Rôle physiologique du Phosphore	9
C. Effets de l'excès ou carence du Phosphore	10
III. MATERIEL ET METHODE	11
A. Matériel végétal.....	11
B. Méthode.....	11
a. Dispositif expérimental.....	11
b. Mesures effectuées.....	12

IV. RESULTATS ET DISCUSSION.....	13
EFFET DU PHOSPHORE RESIDUEL SUR LES PARAMETRES DE RENDEMENT	13
a. Rendement en Biomasse (qha).....	13
b. Rendement en grains (qha).....	13
c. Rendement en paille (qha/ha).....	14
d. Indice de Récolte (IR en %).....	15
e. Poids de 1000 graines (PMG) de blé.....	15
f. Nombre d'épis par m ²	16
g. Poids de 100 graines (g) de féverole.....	17
h. Nombre de rameaux fructifères par plante de féverole.....	17
i. Nombre de gousses par plante de féverole.....	18
j. Nombre de graines par gousse.....	19
CONCLUSION GENERALE	20
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	21

INTRODUCTION GENERALE

Le Blé et la Féverole sont respectivement parmi les céréales et les légumineuses tant cultivées au niveau mondial. Elles permettent à l'être humain à satisfaire ses besoins nutritionnels ainsi qu'à nourrir son bétail. C'est dans cette optique que l'homme cherche depuis des années à améliorer la production pour ces grandes cultures. Les recherches actuelles se penchent à trouver des méthodes culturales pouvant donner le meilleur rendement, ce dernier étant le plus souvent fonction des nutriments dont le Phosphore, élément considéré comme facteur limitant dans de nombreux sols. Parmi ces techniques culturales figure la rotation des cultures. Il a été prouvé que la rotation des cultures permet d'augmenter la productivité. La rotation céréale-légumineuse est le modèle le plus connu dans la mesure où elle augmente les capacités d'acquisition de l'azote rendu possible grâce aux légumineuses. Mais, dès 2007, l'année où des effets similaires à ceux observés au moment de l'association précédente pour l'azote ont été prouvés pour le P, malgré le manque de connaissances jusque-là des mécanismes impliqués dans l'acquisition du P contrairement à l'azote ((Li et al., 2007 in Elodie, 2012), il y a la nécessité de trouver de nouvelles stratégies afin qu'on puisse améliorer l'utilisation des ressources en P dans le but d'augmenter la productivité. Tout nécessite l'augmentation des capacités d'acquisition de la ressource et son utilisation.

L'objectif de ce travail est l'évaluation de l'effet du précédent cultural et plus précisément l'effet du P résiduel dans le cas d'une rotation Blé-Féverole d'une part et Féverole-Blé d'autre part. Pour ce faire, dans un premier temps, nous avons fait une étude bibliographique à laquelle on a fait suivre la partie matériel et méthode dans laquelle nous avons précisé la méthodologie adoptée pour la réalisation de ce travail. Enfin, on a fini par une conclusion générale.

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL : Centre Régional De la Recherche Agronomique De Meknès (CRRA Meknès)

Le CRRA Meknès est une entité régionale de l'Institut National de la Recherche Agronomique du Maroc dont la mission est d'entreprendre, étudier et transférer les technologies qui répondent aux besoins de sa zone d'action qui couvre les Directions Provinciales d'Agriculture (DPA) de Boulemane, El Hajeb, Fès, Ifrane, Khénifra, Meknès, Taounate, Taza et Sefrou. et possède 3 domaines expérimentaux (D.E) que sont :

- D.E d'Ain Taoujdate à spécialité arboriculture et fruitière,
- D.E de Douyet à spécialité des grandes cultures,
- D.E d'Annoeur à vocation montagne.

Ces activités de recherche s'articulent autour de 5 points stratégiques de développement dont:

- Intensification de la culture de l'Olivier par l'introduction de nouvelles variétés et par l'amélioration de la qualité d'huile d'olive à travers la maîtrise de la récolte, des conditions, de transport et de stockage des olives;
- Intensification durable des grandes cultures et diversification des systèmes de culture,
- Amélioration de la productivité de la filière des PAM;
- Amélioration et Valorisation de la filière maraîchère ;
- Intensification de la culture du câprier.

Son équipe de recherche est constitué de :

- 30 Chercheurs et Chercheuses, spécialisés dans différentes disciplines des sciences agronomiques et humaines,
- 19 Techniciens de recherche,
- un Administrateur,
- 51 Agents de support,

Cette équipe est répartie dans 4 unités de recherche (U.R) dont:

- U.R Amélioration des Plantes et Conservation des Ressources Phyto- Génétiques,
- U.R Agronomie et Physiologie Végétale,
- U.R Gestion durable des Ressources Naturelles et de Sociologie et d'Economie Rurales,
- U.R Protection des Plantes.

II. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. PRESENTATION DES ESPECES ETUDIEES

A. Blé

a. Introduction

Le blé est la céréale la plus cultivée actuellement sur le plan mondial et totalise une production de près de 680 M de tonnes par an (Simões Larraz Ferreira, 2011). Son origine se situe en Proche-Orient et plus précisément dans le croissant fertile de la Mésopotamie dont Irak et Iran actuel. Selon Mouellef (2010), en Europe, il constitue pour l'humanité la très importante source de glucides. De plus, sa couche d'aleurone est très riche en vitamines, acides aminés essentiels, minéraux, composants antioxydants ainsi que d'autres nutriments (Antoine et *al.*, 2013).

b. Systématique

Le blé est une céréale de la famille des graminées. D'après Feillet (2000 in Mouellef, 2010), la classification du blé est la suivante :

Règne	: Plantae
Embranchement	: Spermaphytes
Sous/Embranchement	: Angiospermes
Classe	: Monocotylédones
Ordre	: Poales
Famille	: Poaceae
Tribu	: Triticées
Genre	: Triticum

Quant à l'espèce, le blé se présente sous deux formes dont *aestivum* communément appelé blé tendre qui est le plus cultivé au monde avec 90% de la production mondiale et *turgidum*, le blé dur, qui est traditionnellement cultivé dans le bassin méditerranéen. Les deux espèces se distinguent sur le plan moléculaire, le blé dur étant tétraploïde ($2n=4x=28$), le blé tendre est hexaploïde ($2n=6x=42$) (Mouellef, 2010).

c. Description botanique

Le blé est une graminée annuelle dont la hauteur moyenne de la plante adulte est de 1 mètre. Sa feuille est simple avec des nervures parallèles. Le limbe est aplati et se termine par une extrémité pointue.

La tige est cylindrique, dressée, creuse et subdivisée en entrenœuds.

Quant à l'inflorescence, c'est un épi portant un rachis d'épillets comptant deux glumes chacun. Ces dernières contiennent à leur tour 2 à 5 fleurs par glume. La fleur est parfaite avec l'appareil reproducteur mâle formé de 3 étamines et l'appareil reproducteur femelle ne comptant qu'un pistil à 2 styles et stigmates plumeux.

Du côté de la partie souterraine du blé, le système racinaire est constitué de racines séminales produites par la plantule et des racines adventives offrant au blé le système racinaire persistant.

La graine de blé est un fruit sec indéhiscent appelé caryopse. Elle est de forme ovoïdale avec un sillon le long de la face ventrale. Sa taille (5 à 7 mm de long ; 2,5 à 4mm de large ; 2,5 à 3,5 mm d'épaisseur) ainsi que son poids (20 à 50 mg) varient en fonction de la position sur l'épi et le climat (Simões Larraz Ferreira ,2011).

d. Culture

Le blé est une culture céréalière qui occupe la première place mondiale pour l'homme comme source de nourriture (Mouellef, 2010). Il est cultivable sur toute sorte de sols mais préfère des sols argilo-calcaires assurant une bonne réserve en eau et riche en matière organique (Justes et *al.*,2009). Le semis se fait en mi-Mars pour le blé du printemps et entre 20 Octobre-15 Novembre pour le blé d'hiver, les deux à une profondeur de 1 à 2 cm (De Reycke,2005).

Les besoins en eau sont variables selon le stade de développement. En effet, jusqu'à la fin du tallage, les besoins sont faibles ; au cours de la montaison jusqu'à la fin de la floraison, ils sont considérables et après la floraison, le blé devient très résistant à la sécheresse.

La culture de blé exige un apport de fertilisants riches en azote. Ainsi, c'est un facteur limitant de la production et la qualité de cette noble céréale. La carence en ce nutriment conduit au mitadinage qui se traduit par une texture non vitreuse en raison de la réduction de la synthèse des protéines, celle des glucides restant normale. C'est d'ailleurs dans cette optique qu'il est

recommandé d'introduire les légumineuses comme intermédiaire ou précédent cultural (E. Justes et *al.*, 2009).

Le blé, tout comme les autres céréales est sensible à certaines maladies fongiques comme l'oïdium, la fusariose, la rouille jaune et brune. Afin de faire face à ces maladies, l'utilisation des fongicides est acceptable mais le choix des variétés résistantes reste la meilleure option dans la mesure où d'après Charles (2011), la tolérance variétale constitue un des facteurs essentiels et stables qui contrôlent ces maladies.

B. Féverole

a. Introduction.

La féverole (*Vicia fabae*) est une des légumineuses les plus cultivées au niveau mondial avec près de 3.2 10⁶ ha en 1991 (Duc, 1997). Son origine n'est pas connue avec précision car on n'a trouvé aucun ancêtre de cette culture.

Elle présente, tout comme les autres légumineuses (haricots, lentilles, pois chiche, petits pois, fèves) des avantages alimentaires pour les humains et les animaux en raison de sa richesse en protéines, fibres alimentaires, oligosaccharides et d'autres éléments nutritifs (Daoui, 2007 ; Tripp, 2011) ainsi que des intérêts agronomiques pour sa contribution à la qualité du sol grâce à la fixation biologique de l'azote atmosphérique par les Rhizobiums des nodosités (Daoui, 2007), ainsi qu'au contrôle de l'érosion et des mauvaises herbes (Tripp, 2011).

b. Systématique

La féverole est une légumineuse faisant partie des différentes variétés de *Vicia fabae*. C'est une espèce diploïde dont la classification selon Dajoz en 2000 (in Mbida, 2014) est la suivante :

Règne	: Plantae
Embranchement	: Spermaphytes
Sous/Embranchement	: Angiospermes
Classe	: Dicotylédones
Sous/Classe	: Dialypétales
Série	: Caliciflores
Ordre	: Rosales
Famille	: Fabaceae

Sous/Famille : Papilionacées

Genre : *Vicia*

Espèce : *faba L*

En 1931, Muratova a montré deux sous/espèces : paucijuga et eu-faba .Cette dernière est subdivisée en 3 variétés dont major (fève), minor (fêverole) et équina (févette) dont leur distinction est basée sur la taille et la forme des grains et des gousses ainsi que le port des gousses sur les tiges (EL BAKKHALI, 2014).

c. Description botanique

La féverole est une plante annuelle herbacée à croissance indéterminée (Duc, 1997).

Ses feuilles sont composées et possèdent 2 à 8 folioles.

La tige est creuse, rigide, avec une section carrée. Selon les conditions de culture et les génotypes (Le Guen et Duc ,1992 in Souidi, 2013), le nombre de nœuds est compris entre 10 et 40 à partir desquels prennent naissance les feuilles.

Quant à l'inflorescence, c'est une grappe de 2 à 12 fleurs axillaires qui peuvent être blanches, brunes ou violettes, mais les ailes présentent une coloration noire. Les fleurs sont hermaphrodites et présentent une structure papilionacée typique (Duc, 1997) : la corolle est constituée de 5 pétales inégaux dont 1 étendard ,2 ailes latérales et 2 inférieures (la carène) qui sont soudés sur leur bords extrêmes (Mbida ,2014).La calice est gamosépale avec 5 sépales. Les étamines sont au nombre de 10 dont 9 sont unies dans une gaine renfermant l'ovaire et la plus haute est libre. L'appareil reproducteur femelle possède un ovaire contenant des ovules allant de 1 à 9 parfois à 10(El Bakkali, 2011).Le fruit est une gousse érigée et cylindrique avec 2 à 8 petites graines ovoïdes, régulières et lisses (Souidi, 2013)

Le système racinaire est constitué d'une racine pivotante possédant des racines secondaires. Ces dernières présentent des nodosités blanchâtres assez nombreuses avec en symbiose des bactéries du sol du genre *Rhizobium* assurant la fixation de l'azote atmosphérique (Duc, 1997 ; Tripp, 2011).

La reproduction est partiellement allogame contrairement aux autres légumineuses qui sont essentiellement autogames. La pollinisation est entomophile et est assurée par les insectes dont les abeilles pour la plupart des cas. Toutefois, on peut remarquer un croisement naturel

(pollinisation naturelle allant de l'ordre de 2 à 84% en fonction de la géographie, de l'espèce de l'activité des insectes pendant la floraison (Duc, 1997).

d. Culture

La culture de la féverole commence par le travail du sol. Elle est peu exigeante en ce qui concerne la qualité du sol dans la mesure où elle s'adapte à plusieurs types de sol, mais elle a des préférences pour des sols argileux et caillouteux avec une bonne rétention en eau en raison de ses besoins assez importants en eau. La féverole n'aime pas les sols humides et asphyxiants qui affectent le développement et le fonctionnement des nodosités, ni les sols secs et peu profonds, ni les pH trop faibles ($\text{pH} < 6$) (Chaillet, 2014).

La féverole se présente sous deux variétés (féverole de printemps dont le semis s'effectue de fin Janvier à fin Février et féverole d'hiver dont le semis se fait à partir du 10 Octobre à fin Novembre. Le faible besoin en engrais, pesticides et fongicides font la culture de la féverole acceptable pour l'agriculture et l'environnement (Duc, 1997). L'apport d'azote n'est pas nécessaire car les besoins en azote sont satisfaits par la symbiose avec les bactéries du sol d'après Daoui (2007).

La féverole est plus sensible à la sécheresse au cours de la croissance et surtout pendant la floraison (Duc, 1997) que d'autres légumineuses, ce qui affecte le rendement en diminuant sa biomasse. Pour remédier à ce problème, la féverole procède au maintien de la turgescence par ajustement osmotique en accumulant des sucres et des acides aminés et la croissance des racines plus profonde permet l'absorption de l'eau qui est indisponible (Khan et al., 2010). Elle est aussi sensible à plusieurs maladies causées par des champignons (Ascomycètes, rouille, tâche de chocolats) dont le développement est fonction des conditions climatiques (El Bakkhali, 2011). Le moyen le plus efficace de contrôle et de lutte est l'usage des fongicides (Khan et al., 2010).

2. PHOSPHORE DANS LE SOL

A. Formes du Phosphore dans le sol

Le Phosphore, élément indispensable à la vie d'un végétal, est présent dans le sol à la fois sous forme organique et minérale et cette dernière existe sous une grande diversité. On distingue les formes dissoutes (solubles) et les formes particulières qui regroupent toutes les formes de Phosphore lié aux minéraux, à des débris divers ou incorporé dans les organismes (Aubert, 2007).

Selon Reid (2013), le Phosphore se trouve sous 3 formes que sont :

- ✓ P soluble dont le P dihydrogène (H_2PO_4^-), le plus préféré par les végétaux, et le P monohydrogène (HPO_4^{2-}), les deux formes présentes dans la solution du sol les plus assimilables par les plantes,
- ✓ P labile qui est la fraction du P retenu à la surface des particules argileuses. Il sert de réserve. Ainsi, il remplace celui de la solution une fois prélevé à travers les racines de la plante,
- ✓ P non labile qui constitue la grande perte de P assimilable par lessivage. C'est du P lié aux ions comme aluminium, fer et calcium, ce qui conduit à la formation des composés peu solubles, l'autre partie est adsorbée sur l'argile et par conséquent non assimilable par la plante.

B. Disponibilité du Phosphore dans le sol

Un sol agricole contient dans ses 20 premiers centimètres de son profil de 1 à 3 tonnes de P par ha, quantité de loin supérieure aux besoins d'une culture tournant autour de quelques dizaines de kg de P par ha (Frossard et al., 2004). Malgré cette énorme quantité, seul 5% du P total sont assimilables ou lentement assimilables par la plante (Reid et al., 2013). Généralement, la disponibilité pour la racine, et donc pour la plante du P est très dépendante des mécanismes physico-chimiques, biochimiques et biologiques qui contrôlent sa concentration dans la solution du sol dont l'adsorption, la précipitation ainsi que sa conservation sous forme organique d'après Daoui (2007). En outre, le P est peu mobile dans le sol, ce qui amplifie son inaccessibilité pour les plantes. Toutefois, les facteurs comme le pH, eau et température, engrais, moment de la fertilisation et mise en place de l'engrais, les résidus culturaux ainsi que la teneur en argile du sol influencent la biodisponibilité du P (Reid et al., 2013).

3. RELATION PHOSPHORE-PLANTE

A. Assimilation du Phosphore par les plantes

Le P est présent dans le sol sous plusieurs formes, mais il n'est prélevé majoritairement par la plante que sous la forme orthophosphate (H_2PO_4^-) par deux moyens : soit directement à travers les racines, soit par intermédiaire des champignons mycorhiziens même s'il est présent à de très faibles concentrations dans la solution du sol. Les microorganismes du sol (champignons et bactéries) jouent un rôle indéniable dans l'augmentation de la quantité de P pouvant être absorbé par les plantes. En effet, ils libèrent des exo-enzymes qui hydrolysent le P sous forme organique non absorbable, le rendant assimilable (Valé, 2010).

Etant donné que c'est par voie racinaire que le prélèvement du P de la solution est assuré, cette action dépend de la morphologie et de l'activité du système racinaire. En effet, les racines fines et ramifiées des graminées (blé), avec beaucoup de poils absorbants prélèvent une quantité beaucoup plus importante que les légumineuses dont les racines sont moins fines et courtes (Frossard et al., 2004).

B. Rôle physiologique du Phosphore

Le P est un élément vital de tout organisme vivant qu'il soit animal ou végétal. Pour les végétaux, c'est l'un des macroéléments les plus indispensables à leur survie et à leur croissance. Il intervient en grande quantité. Sous forme de fonctions métaboliques, c'est un constituant majeur de l'ATP, source incontournable de l'énergie nécessaire pour toutes les réactions métaboliques de la cellule végétale mais aussi il entre dans la constitution des acides nucléiques (ADN et ARN), patrimoine de l'information génétique (Frossard et al., 2004). Le P a un autre atout plastique. Il entre dans la constitution de la matière vivante. En effet, il est incorporé dans les phospholipides, constituants majeurs des membranes des cellules ; les phosphoprotéines, intermédiaires dans la synthèse des protéines, des sucres (Glucose 6-P) du fameux processus, la Photosynthèse. Il fait également partie de la Phytine participant à la formation des graines, sans oublier le NADP, le potentiel réducteur (Valé, 2010).

A l'échelle de la plante entière, le P présente beaucoup d'effets très bénéfiques à la plante. Ainsi il contribue à la rigidité des tissus ainsi qu'à la résistance au froid et aux maladies. Pour les céréales, il favorise l'enracinement et l'accroissement des racinelles, ce qui offre par conséquent une meilleure précocité.

C. Effets de l'excès ou carence du Phosphore

Chaque élément nutritif, microélément ou macroélément présente le même mode d'action sur la vie de la plante et donc la même courbe d'action. Dans le cas du P, son mode d'action suit la même courbe dressée dans la Figure 1. La carence en ce nutriment entraîne une diminution de la Photosynthèse et une augmentation de la teneur de l'amidon dans les chloroplastes, phénomène lié à la diminution du transfert de triose Phosphate des chloroplastes vers le cytoplasme, suivie de la formation d'anthocyanes (Frossard et *al.*, 2004), responsable de la teinte violacée en général sur les feuilles.

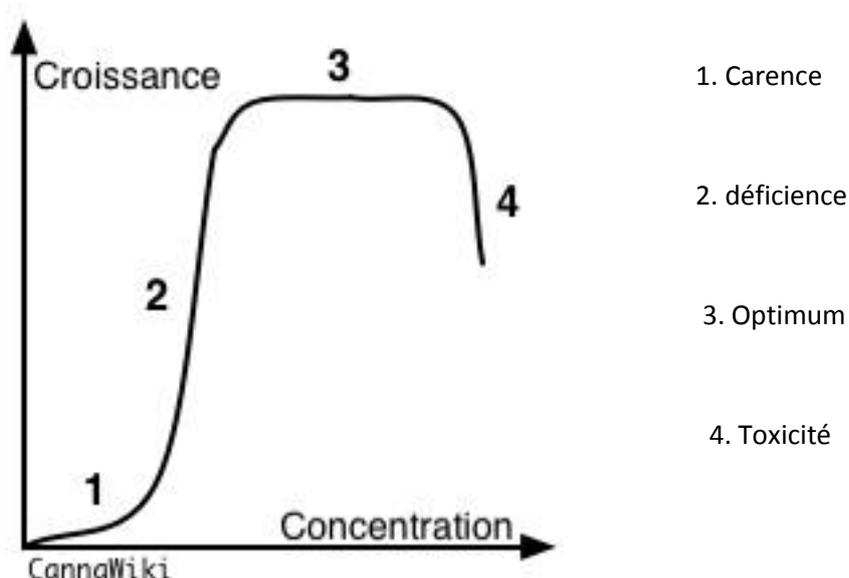


Figure 1: Mode d'action d'un élément nutritif

Les symptômes d'une carence en P changent d'une culture à une autre. Chez les légumineuses dont la féverole, ils se traduisent par un retard de croissance, des folioles fileuses et réduites ainsi que des feuilles sombres tandis que pour les céréales dont le blé, ils se manifestent par des plants vert-sombres à croissance lente et un retard de maturité (Manuel, 2007).

L'excès d'un élément nutritif conduit à une toxicité. Le P fait exception à cette propriété. Elle est rare et habituellement protégée par les limitations du pH. Mais, l'excès du P peut interférer dans certains cas sur la disponibilité du cuivre et du zinc.

III. MATERIEL ET METHODE

A. Matériel végétal

Notre étude a porté sur deux espèces végétales. La première est la variété de féverole Alfia 5 d'origine marocaine, avec anthocyane au niveau de la tige et des tâches de mélanine au niveau des fleurs. Les gousses sont courtes avec un port dressé. Le rendement est généralement de 20 à 25 qha par an. Quant au blé, on a utilisé la variété Amal du blé tendre dont le rendement varie en général de 60 à 70 qha

B. Méthode

Deux essais féverole et blé ont été installés séparément sur des parcelles ayant été cultivées en blé (pour la féverole) et en féverole (pour le blé) et ayant reçu différents traitements phosphatés l'année précédente.

a. Dispositif expérimental

Le dispositif adopté est un dispositif en blocs aléatoires complets composés de 4 blocs avec 4 parcelles chacun dont le traitement de P₂O₅ diffère d'une parcelle à une autre par la concentration comme le montre le figure 2.

Tableau 1:Concentrations de P₂O₅

Symbole	P (kg/ha)
P0	0
P1	20
P2	80
P3	160

Chaque parcelle élémentaire a une superficie de 10*8 m² et est séparée d'une autre de 2m. Elle comporte 10 lignes. Deux blocs sont équidistants de 2 m l'un de l'autre. Le dispositif est reporté dans la figure 2.

Moulayyacoub



Fès

Essai féverole sur blé**Essai blé sur féverole**

P1	P0	P2	P3		P3	P2	P1	P0
----	----	----	----	--	----	----	----	----

P2	P1	P0	P3		P3	P1	P0	P2
----	----	----	----	--	----	----	----	----

P3	P2	P1	P0		P2	P1	P0	P3
----	----	----	----	--	----	----	----	----

P1	P3	P2	P0		P3	P2	P1	P0
----	----	----	----	--	----	----	----	----

Station météo

Figure 2: Dispositif en blocs aléatoires complets avec les différentes concentrations de P205

b. Mesures effectuées

A la maturité physiologique des féveroles, 8 lignes internes (à l'exception des 2 extrêmes) des 10 lignes de chaque parcelle ont été choisies pour mesurer quelques paramètres du rendement dont le nombre de rameaux fructifères, de gousses par plante ainsi que le nombre de graines par gousses. Après la récolte sur ces lignes, on a effectué la pesée de la biomasse total. Après le battage à l'aide de la moissonneuse batteuse, on a mesuré le rendement en graines et en paille. A la fin on a pesé le poids de 100 graines d'Alfia 5 à l'aide d'une balance.

Pour le blé, on a effectué le comptage du nombre d'épis par m², mesuré le rendement en biomasse, en graines et en paille par m². On a par la suite pesé le poids de 1000 graines de blé tendre. Les données collectées de l'expérimentation ont été soumises à une analyse de la variance par le logiciel SPSS Statistics.

Les relevés météorologiques pour la campagne 2014/2015 dans le domaine expérimental de Douyet sont donnés dans l'annexe 1.

IV. RESULTATS ET DISCUSSION

EFFET DU PHOSPHORE RESIDUEL SUR LES PARAMETRES DE RENDEMENT

a. Rendement en Biomasse (qha)

Les résultats se rapportant au rendement en biomasse selon les concentrations de P2O5 apportées l'année précédente chez le blé et la féverole sont représentés par l'histogramme de la figure 3. L'analyse de la variance montre que le P résiduel n'a pas d'effets sur le rendement en biomasse pour les deux cultures après la rotation entre ces dernières. Pour l'histogramme, on remarque qu'il y a une faible augmentation de rendement en biomasse pour les différentes concentrations par rapport au témoin (0 kg/ha de P2O5)

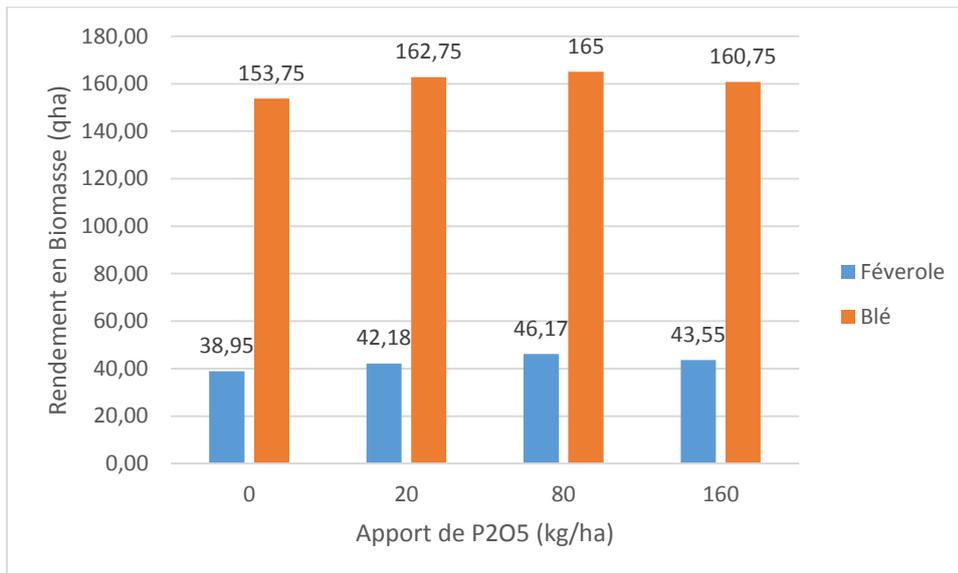


Figure 3: Rendement en biomasse en fonction de la concentration de P2O5 chez le blé et féverole

b. Rendement en grains (qha)

La figure 4 représente l'effet du P résiduel pour les différentes concentrations de P2O5 apportées l'année d'avant sur le rendement en graines chez le blé et la féverole. L'analyse de la variance montre que les différentes doses de P2O5 apportées précédemment n'ont pas d'influence sur le rendement en graines chez ces deux grandes cultures en appliquant la rotation entre ces dernières. Avec l'histogramme, on constate qu'avec l'augmentation de la dose de

P2O5, il y a eu une légère augmentation de rendement par rapport au témoin sans apport de P2O5.

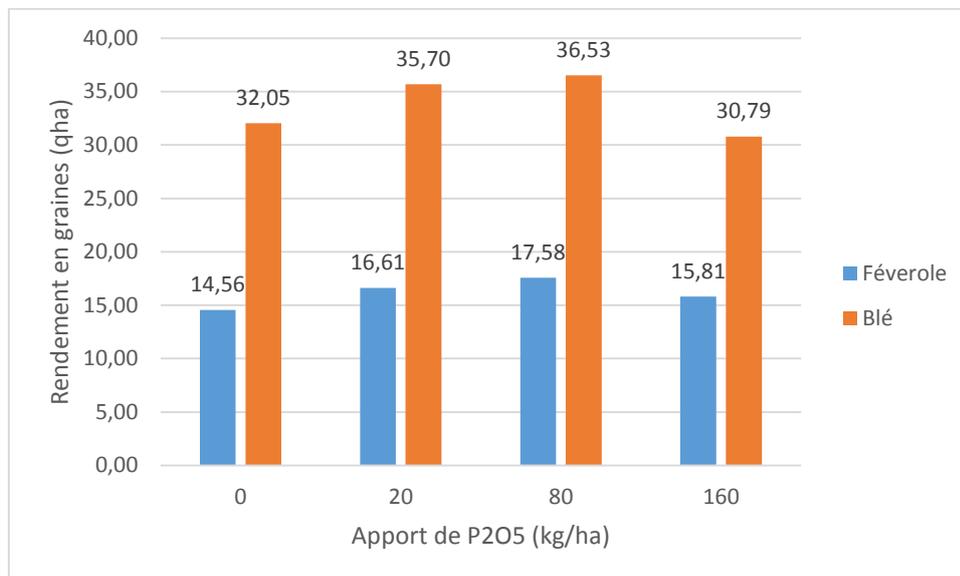


Figure 4 : Rendement en grains en fonction de la concentration de P2O5 chez le blé et féverole

c. Rendement en paille (qha/ha)

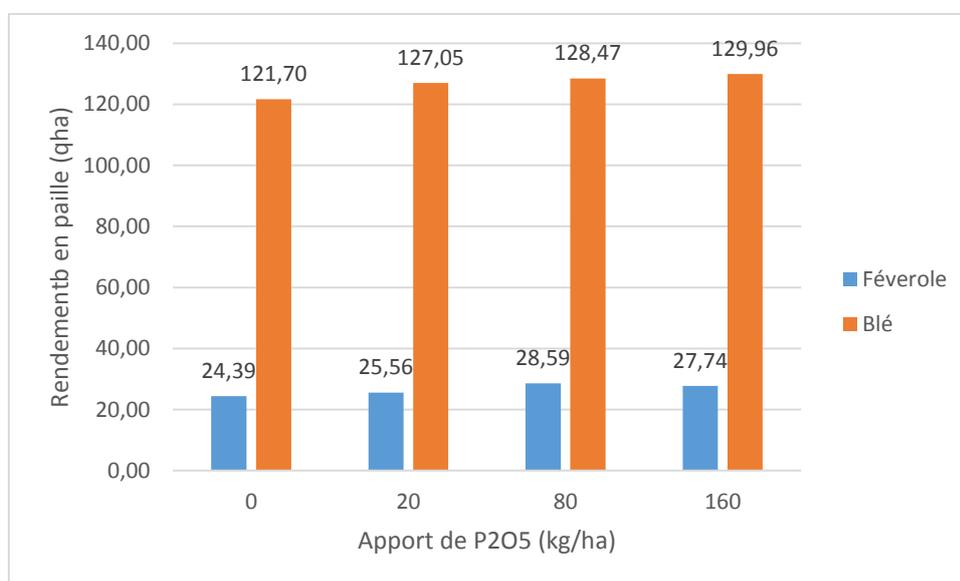


Figure 5: Rendement en paille en fonction de la concentration de P2O5 chez le blé et la féverole

Les résultats du rendement en paille du blé et de la féverole en fonction des différentes concentrations de P2O5 de l'année précédente sont illustrés dans la figure 5. L'analyse de la variance montre que le P résiduel des différentes doses de P2O5 apportées précédemment n'a pas d'effets sur le rendement en paille des deux cultures. Tout comme pour le rendement en

biomasse et en graines, on remarque une très faible augmentation du rendement pour les différentes concentrations par rapport au témoin là où il n'y a pas eu d'apport P2O5.

d. Indice de Récolte (IR en %)

La figure 6 représente l'effet du P résiduel des différentes doses de P2O5 sur l'IR du blé et féverole avec rotation entre ces derniers. L'analyse de la variance montre que l'IR varie d'une façon non significative pour les différentes concentrations de P2O5 apportées l'année passée chez les deux cultures. L'histogramme montre quelques variations pour les différents traitements de P2O5 par rapport au témoin. En effet, on constate que l'IR est faiblement pour les doses 20 et 80 kg/ha et est légèrement inférieur pour 160 kg/ha à celui du témoin.

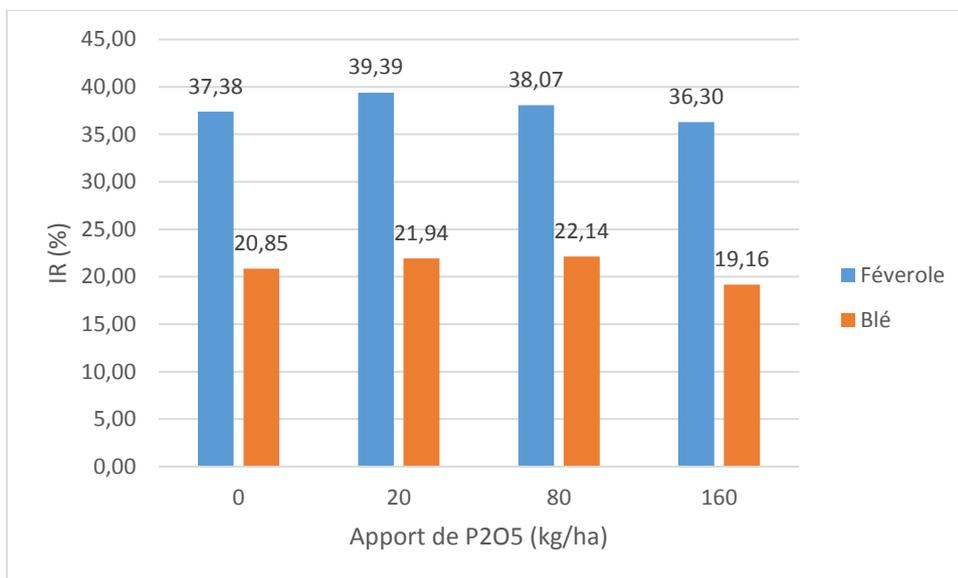


Figure 6: Indice de récolte en fonction de la concentration de P2O5 chez le blé et la féverole

e. Poids de 1000 graines (PMG) de blé

Les résultats du PMG de blé selon le P résiduel des différentes concentrations de P2O5 de l'année dernière sont illustrés par l'histogramme de la figure 7. L'analyse de la variance montre que le P résiduel n'exerce pas d'effet sur le PMG de cette céréale. Avec l'histogramme, on remarque que le PMG varie très faiblement pour les différentes doses en comparaison avec le témoin et reste presque le même en comparaison avec le témoin.

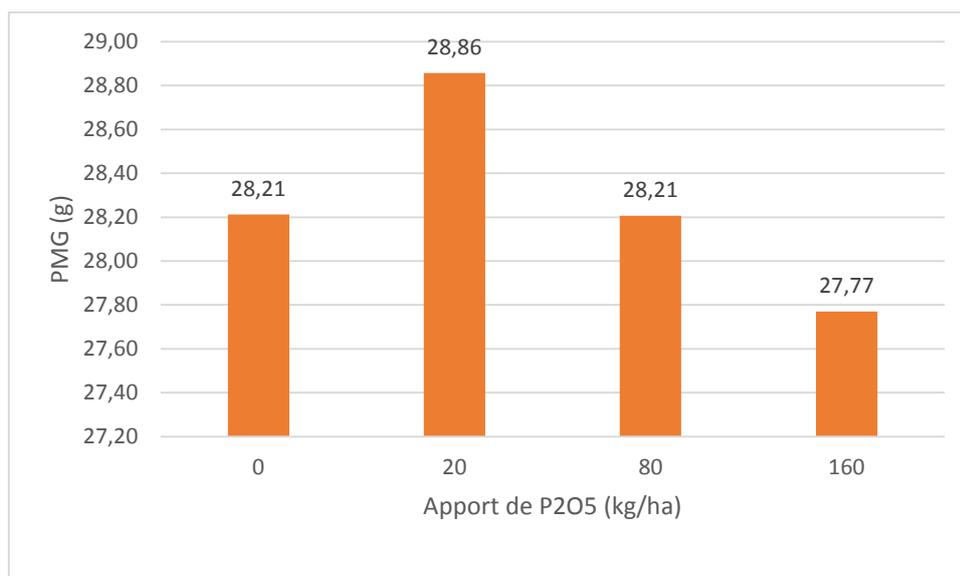


Figure 7: Poids de 1000 Graines en fonction de la concentration de P2O5 chez le blé

f. Nombre d'épis par m²

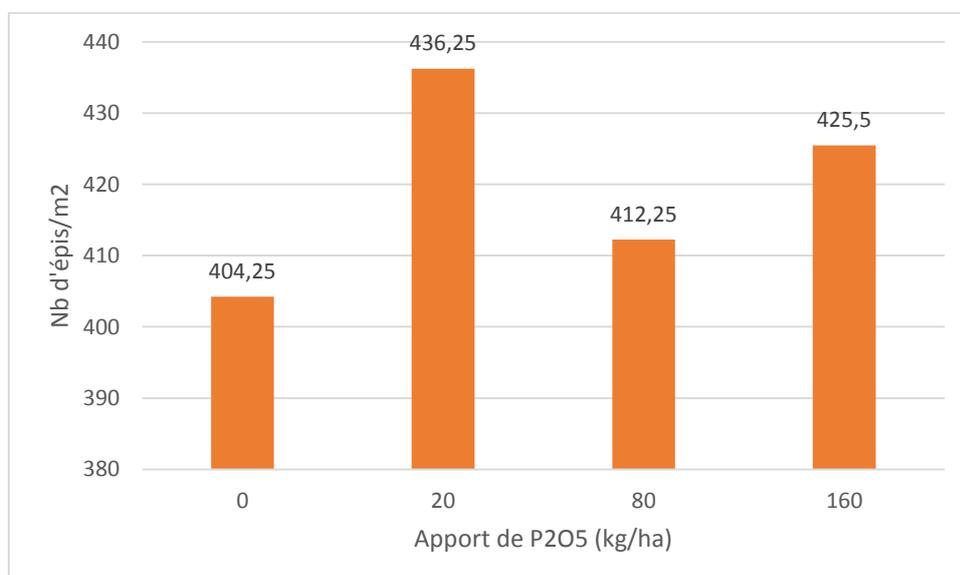


Figure 8: Nombre d'épis par m² en fonction de la concentration de P2O5

Les résultats montrant le nombre d'épis par m² en fonction des différentes doses de P2O5 l'année précédente sont représentés dans la figure 8. L'analyse de la variance montre que le nombre d'épis par m² varie de manière non significative en fonction du P résiduel provenant des différentes concentrations de P2O5 apportées l'an dernier. En comparant les différents

résultats, on remarque une très légère augmentation du nombre d'épis/m² par rapport au témoin pour les différentes concentrations de P2O5 de l'année précédente.

g. Poids de 100 graines (g) de féverole

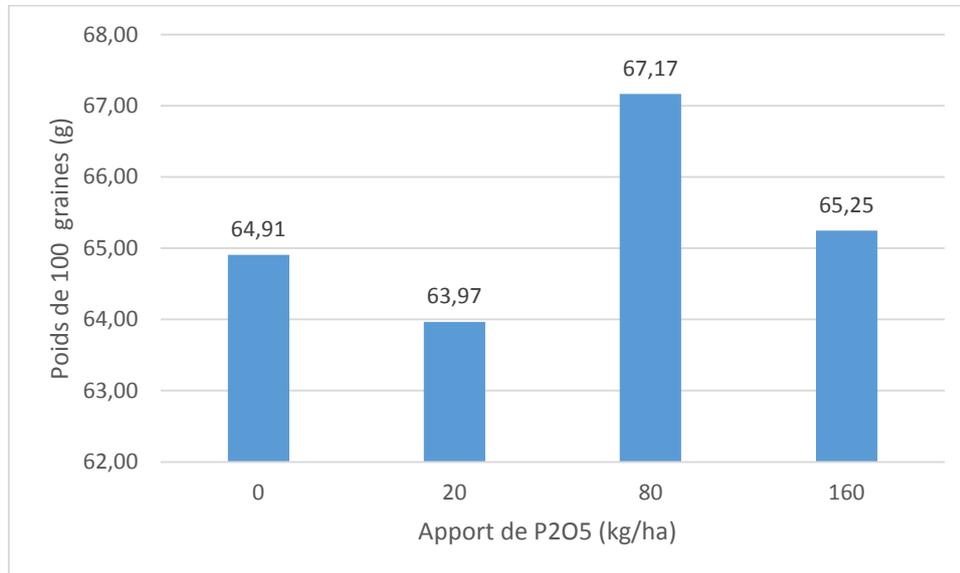


Figure 9: Poids de 100 graines en fonction de la concentration de P2O5

Les résultats du poids de 100 graines sont représentés dans la figure 9. L'analyse de la variance montre que P résiduel provenant de l'apport des différentes concentrations de P2O5 l'an dernier n'a pas d'effet significatif sur le poids de 100 graines de féverole après la rotation avec le blé. Le poids de 100 graines reste presque le même pour les différentes doses de P2O5 et presque égal à celui obtenu pour le témoin.

h. Nombre de rameaux fructifères par plante de féverole.

Les résultats se rapportant sur le nombre de rameaux par plante en fonction de la concentration de P2O5 sont représentés sur l'histogramme de la figure 8. L'analyse la variance montre qu'il n'y a pas d'effet significatif du P résiduel sur la ramification de la féverole. En comparant les résultats obtenus pour les différentes doses apportées l'année passée avec le témoin (sans apport de P2O5), on remarque une très légère augmentation du nombre de rameaux par plante.

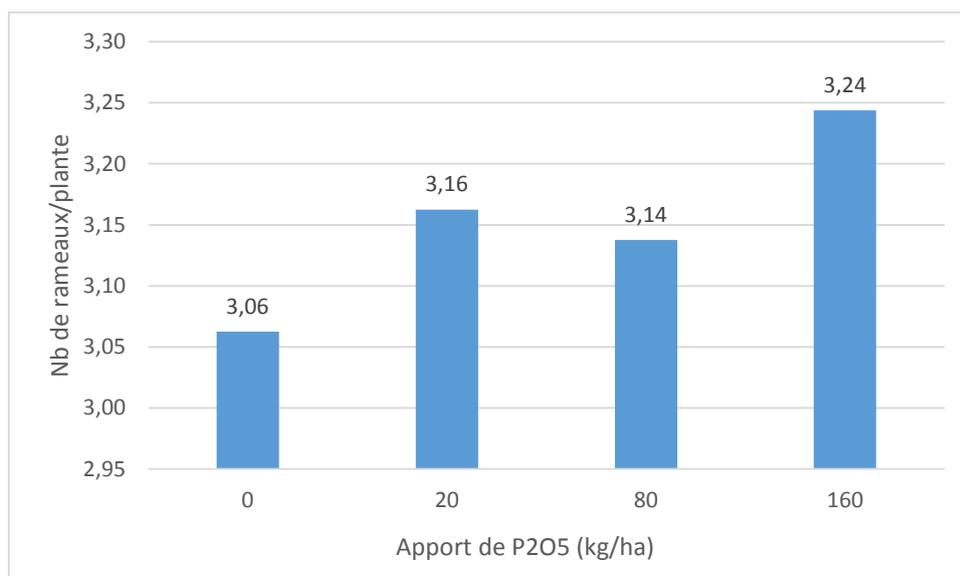


Figure 10: Nombre de rameaux par plante en fonction de la concentration de P2O5

i. Nombre de gousses par plante de féverole

Les résultats se rapportant sur le nombre de gousses par plante après la rotation avec le blé en fonction des différentes concentrations de P2O5 apportées l'année passée sont illustrés sous forme d'histogramme de la figure 11. L'analyse de la variance effectuée a montré que le P résiduel n'a pas d'influence sur le nombre de gousses par plante de féverole. Par rapport au témoin (0 kg/ha de P2O5), on trouve une faible augmentation du nombre de gousses par plante de 6,36%, 14,73% et 14,73% respectivement pour des concentrations de 80, 160 et 20 kg/ha.

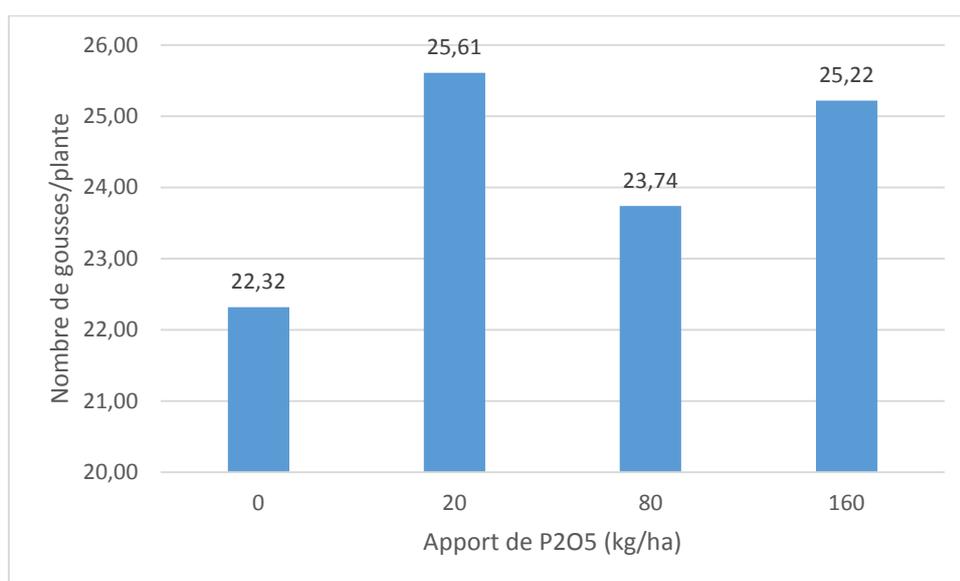


Figure 11: Nombre de gousses par plante en fonction de la concentration de P2O5

j. Nombre de graines par gousse

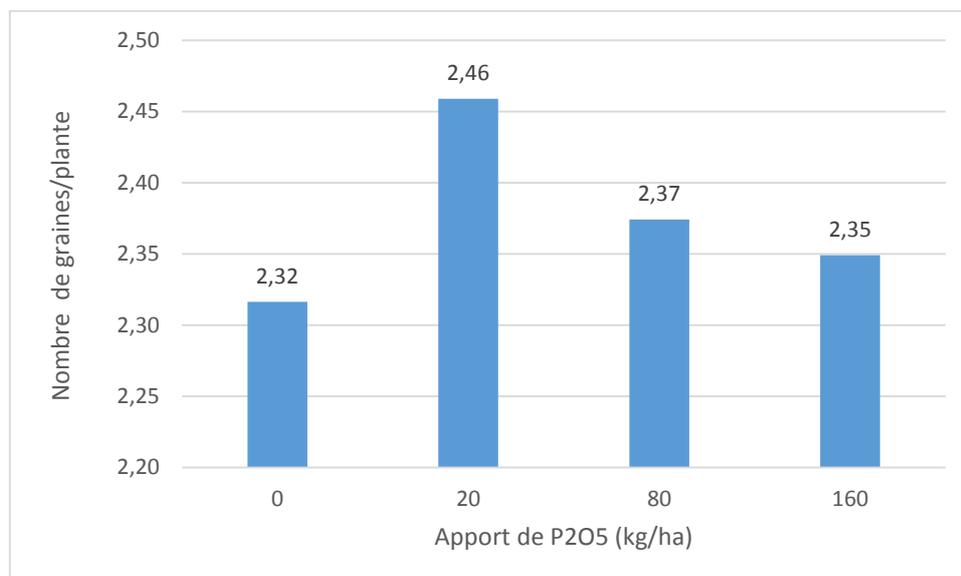


Figure 12: Nombre de graines par gousse en fonction de la concentration de P2O5

La figure 12 représente l'effet de la concentration de P2O5, notamment le P résiduel après la rotation avec le blé, sur le nombre de graines par gousse. L'analyse de la variance effectuée a montré que le P résiduel n'a pas d'effet significatif sur le nombre de graines par gousse. Avec le graphe, on remarque une faible variation du nombre de graines pour les différentes doses par rapport au témoin.

CONCLUSION GENERALE

Notre étude a été réalisée dans le but d'évaluer l'effet du précédent cultural sur la production de Blé et Féverole, notamment l'effet du P résiduel sur la production de ces cultures tout en effectuant une rotation entre ces dernières.

L'analyse des différents résultats obtenus n'a pas montré d'effets significatifs du P résiduel sur la production de Blé et Féverole. Mais, on remarque que les différentes doses de P₂O₅ apportées l'année précédente ont permis d'assurer la culture suivante. On peut en conclure qu'en effectuant la fertilisation du sol en P l'année d'avant, la culture des deux plantes est possible l'année d'après sans recourir à l'apport d'engrais phosphatés.

On remarque aussi que pour toutes les concentrations de P₂O₅ apportées l'année précédente, on a obtenu de bons rendements de blé et féverole pour les doses de 20 et 80 kg/ha par rapport à 160 kg/ha. On en déduit que les doses comprises entre 20 et 80kg/ha peuvent assurer la production de ces deux grandes cultures une année après leur application.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Antoine C., Lullien-Pellerin V., Abecassis J., Rouau X., 2003. Intérêt nutritionnel de la couche à aleurone du grain de blé. Communications Scientifiques & Technologiques. Industries des céréales n° 133.

Aubert C., 2007. Le phosphore : élément essentiel à la vie mais avec un impact sur l'environnement lié aux activités humaines. 12 p

Betencourt E., 2012. Interactions entre céréale et légumineuse en association et acquisition de phosphore du sol : processus rhizosphériques sous-jacents. Thèse doctorale. Centre International d'Etudes Supérieures en Sciences Agronomiques (Montpellier Supagro).

Chaillet I., Biarnès V., Fontaine L. et Chataignon M., 2014. La culture de la féverole .Fiche Technique. Institut Technique de l'Agriculture Biologique. Réactualisation de l'édition 2009 dans le cadre du programme Casdar ProtéAB.

Charles R., Cholley E., Frei P. et Mascher F., 2011.Maladies et rendement du blé d'automne: Influence du système de culture. Recherche Agronomique Suisse 2 (6) 264 :271.

Daoui K., 2007. Recherche de stratégies d'amélioration de l'efficacité d'utilisation du phosphore chez la fève (*Vicia faba* L.) dans les conditions d'agriculture pluviale au Maroc. Thèse. Université Catholique de Louvain.

De Reycke C., Kharoubi A. et Duquesne G., 2005. Guide des pratiques de l'agriculture biologique en grandes cultures – VETAB.44 p.

Duc G., 1997.Faba bean (*Vicia faba* L).Field Crops Research 53.99-109.

El Bakkali N., 2011.Amélioration génétique de la fève et de la féverole : Mesure des différents paramètres morphologiques. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah.

Frossard E., Julien P., Neyroud J-A Et Sinaj S., 2004. Le phosphore dans les sols. État de la situation en Suisse. Cahier de l'environnement no 368. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne. 180 p.

Justes E., L. Bedoussac, L. Prieur, 2009. Est-il possible d'améliorer le rendement et la teneur en protéines du blé en Agriculture Biologique au moyen de cultures intermédiaires ou de cultures associées? . *Innovations Agronomiques* 4, 165-176.

Khan H.R., Paul J.G., Siddique K.H.M., Stoddard F.L., 2010. Faba bean breeding for drought-affected environments: A physiological and agronomic perspective. *Field Crops Research* 115. 279–286.

Mbida F., 2014. Evaluation de populations locales de fèves et féveroles vis-à-vis du stress hydrique. Mémoire. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah.

Mouellef A., 2010. Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum Desf.*) au stress hydrique. Mémoire. Université Mentouri, Constantine. p93

Reid K., Bruulsema T., Cowan D., Christoph K. D. P., Verhallen A., 2003. Manuel sur la fertilité du sol. Ouvrage. 236 p

Simões Larraz Ferreira M., 2011. Dynamique d'assemblage des protéines de réserve et du remplissage du grain de blé dur. Thèse doctorale. Sup Agro, Montpellier.

SOUDI G., 2013. Caractérisation et évaluation agronomique des populations locales de *Vicia faba* L. Mémoire. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah.

Tripp R., 2011. The Impacts of Food Legume Research in the CGIAR: A Scoping Study.

Valé M., 2010. Perspectives d'évolution pour le raisonnement de la fertilisation phosphatée. Conférence Phosphore.

Annexes

Annexe 1: Relevés météorologiques dans le domaine expérimental de Douyet pour la campagne 2014/2015

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
1												
2		15,50										
3				29,00								
4			22,00	15,50		12,50						
5				2,00								
6						1,00						
7												
8			19,50					1,00				
9			20,00									
10								6,50				
11		2,50	31,00			2,50						
12		7,00										
13		2,00		1,50	1,50							
14			7,50	3,00								
15				8,50	0,50							
16					9,50							
17						8,00						
18					29,00		1,00					
19					7,50	2,00						
20					16,00							
21					3,50	2,00	3,50					
22					8,50		3,00					
23			13,00				10,50		2,50			
24	2,00						12,50		7,50			
25							13,00					
26			1,50									
27			4,00									
28			0,50									
29			4,00									
30			3,00									
31												
Total	2,00	27,00	126,00	59,50	76,00	28,00	43,50	7,50	10,00			
Cum	2,00	29,00	155,00	214,50	290,50	318,50	362,00	369,50	379,50			

Annexe 2: Moyennes des résultats des différents paramètres étudiés chez le blé en fonction de la dose apportée l'année précédente pour les 4 blocs de blé

P2O5(kg/ha)	Bio (qha)	Nb épis/m2	Rd en Gr (qha)	Rd en paille qha	PMG (g)	IR (%)
0	137	322	23,20	113,80	28,53	16,94
20	169	375	24,54	144,46	25,91	14,52
80	161	325	27,87	133,14	25,98	17,31
160	150	361	19,51	130,50	27,37	13,00
0	148	303	19,51	128,49	25,21	13,18
20	132	332	24,51	107,49	28,19	18,57
80	141	329	30,86	110,14	28,13	21,89
160	150	306	21,64	128,36	26,3	14,43
0	169	508	45,89	123,11	30,14	27,16
20	169	526	48,83	120,17	31,9	28,89
80	165	467	41,55	123,45	28,73	25,18
160	170	530	39,61	130,39	29,37	23,30
0	161	484	39,62	121,39	28,97	24,61
20	181	512	44,92	136,09	29,43	24,81
80	193	528	45,85	147,15	29,99	23,76
160	173	505	42,41	130,59	28,04	24,51

Annexe 3: Moyennes des résultats des différents paramètres étudiés chez le blé en fonction de la dose apportée l'année précédente pour les 4 blocs de Féverole

P2O5(kg/ha)	Bio(qha)	Rd			Mo Ra/pied	Mo Go/pied	Nbr Gr /Go	Mo Gr /pieds	P 100 Gr
		Rd Gr (qha)	Rd Paille (qha)	IR (%)					
0	40,97	14,51	26,46	35,42	2,75	19,7	2,251269036	44,35	64,13
20	51,54	22,40	29,14	43,46	3,025	26,925	2,490250696	67,05	64,7
80	58,12	21,25	36,87	36,56	3,075	23,825	2,373557188	56,55	66,25
160	52,65	16,91	35,73	32,12	2,975	21,875	2,409142857	52,7	65,17
0	39,27	11,47	27,80	29,20	3,1	20,75	2,237349398	46,425	63,65
20	41,47	16,74	24,73	40,37	3,025	21,575	2,515643105	54,275	62,51
80	50,84	16,69	34,15	32,83	3,2	21,45	2,351981352	50,45	67,94
160	51,14	18,54	32,60	36,25	3,175	25,875	2,404830918	62,225	65,15
0	37,63	15,93	21,70	42,33	3,225	24,5	2,514285714	61,6	64,04
20	37,98	15,05	22,93	39,62	3,3	25,425	2,347099312	59,675	60,1
80	38,99	15,61	23,38	40,03	2,975	23,55	2,347133758	55,275	62,56
160	35,83	14,68	21,15	40,97	3,5	26,725	2,260056127	60,4	62,5
0	37,92	16,32	21,60	43,04	3,175	24,325	2,262076053	55,025	67,81
20	37,71	12,27	25,45	32,53	3,35	28,5	2,48245614	70,75	68,56
80	36,73	16,76	19,97	45,62	3,3	26,125	2,423923445	63,325	71,92
160	34,57	13,09	21,47	37,88	3,325	26,4	2,321969697	61,3	68,17

RESUME

Notre projet de Fin d'Etudes s'est réalisé au sein de l'INRA de Meknès dans l'objectif d'évaluer l'effet du Précédent cultural sur la production de Blé et Féverole, notamment l'effet du Phosphore résiduel sur la production de Blé et Féverole en effectuant une rotation entre ces dernières. Il a porté sur deux cultures qui sont le blé tendre (variété Amal) et la féverole (Variété Alfia 5). Pour mener cette étude, on a installé séparément deux essais, féverole et blé, sur des parcelles cultivées l'année précédente en blé pour la féverole et en féverole pour le blé. Ces parcelles ont été traitées par différentes concentrations de P₂O₅ (0, 20, 80, 160 kg/ha). L'apport du Phosphore a eu lieu seulement l'année précédente, cette année il n'y a pas eu d'apport. Le plan adopté est un dispositif en blocs aléatoires complets avec quatre répétitions pour chaque essai. A la maturité physiologique, les résultats obtenus pour quelques paramètres du rendement étudiés ont été soumis à une analyse statistique de la variance à l'aide du logiciel SPSS afin de savoir l'effet du Phosphore résiduel sur ces paramètres. Après cette analyse, il s'est avéré que le Phosphore résiduel n'exerce aucun effet significatif sur la production de blé et féverole.

MOTS CLES

Blé, Féverole, Rotation, Phosphore résiduel, Maturité physiologique