



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم الفلاحية

Département des Sciences Biologiques

# Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences agronomie

Spécialité : Amélioration des plantes

## Thème

**Amélioration de la nutrition phosphatée par les cultures associées .Cas de l'association céréales légumineuses: perspectives et recommandations**

Présenté par:

- Ghebouli Khayra
- Hamimid barkahoum anissa

Devant le jury :

**Président** : M<sup>er</sup> Bahlouli Fayçal Professeur(Université de Bordj Bou Arreridj)

**Encadrant** : M<sup>me</sup> Messaoud Hanane MAB(Université de Bordj Bou Arreridj)

**Examineur**: M<sup>er</sup>Ould Kiar Riédha MAA (Université de Bordj Bou Arreridj)

Année universitaire : 2020/2021

# Remerciements



*Avant toutes choses, on remercie Allah, le tout puissant, pour nous avoir donné la force, la volonté, la santé et la patience pour réaliser et finaliser ce travail.*

*On exprime notre profonde gratitude à Mme **Messaoudi Hanane**, qui a tout d'abord accepté la conduite et la direction de notre mémoire, pour ses conseils pertinents, ses orientations et ses encouragements qui nous ont permis de mener à terminer un remarquable travail.*

*A M<sup>re</sup> **Bahlouli** qui nous a fait l'honneur de présider le jury de cette soutenance. Nous lui adressons nos respectueux remerciements.*

*A M<sup>re</sup> **OuldKiar** qui a bien voulu accepter d'examiner ce travail et de participer au jury de ce travail. Nous lui exprimons nos profondes reconnaissances et nos sincères remerciements.*

# DEDICACES



*C'est avec l'aide et la grâce du Dieu qu'on a achevé ce modeste travail.*

*A l'âme de mon père et mon beau père qui nous ont quitter*

*A celle qui ma arrose de tendresse et d'espoir ; a la source d'Amour ; à ma*

*mère*

*a ma belle mère*

*A mon support dans ma vie qui ma encourager à mon marie*

*A ma petite famille ; Lina. Maya. Mohammed. Nassim. eta mon bébé Imad*

*A mes chères sœurs et mes chers frères son oublier Soumia..... pour leurs encouragements permanents, leurs soutiens moral, et leurs sources de bonheur*

*Merci d'être toujours là pour moi.*

*Ghebouli khaira*

# DEDICACES



*C'est avec l'aide et la grâce du Dieu qu'on a*

*achevé ce modeste travail.*

*A ceux qui m'ont arrosé de tendresse et d'espoir; à la source d'Amour ; à*

*mes parents*

*à ma belle mère*

*A ma petite famille ; à mon mari et à mon bébé Mohammed Amir*

*A mes chères sœurs et mes chers frères ..... pour leurs encouragements*

*permanents, leurs soutiens moral, et leurs sources de bonheur*

*Merci d'être toujours là pour moi.*

*Hamimid barkahoum anissa*

## Amélioration de la nutrition phosphatée par les cultures associées

### SOMMAIRE

LISTE DES ABREVIATION .....	
Introduction .....	1
1. Chapitre 1 : généralités sur la céréaliculture et la culture des légumineuses	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.1. Généralité sur les céréalicultures.....	3
1.1.1. Importance de la céréaliculture .....	3
1.1.2. La production des céréales dans le monde et en Algérie .....	3
1.1.3. Les contraintes des céréalicultures .....	4
1.2 .Généralité sur les cultures des légumineuses .....	4
1.2.1 Importance de la légumineuse dans le monde et en Algérie.....	4
1.2.2 La production de la légumineuse dans le monde et en Algérie .....	5
1.2.3. Contraintes de la culture des légumineuses .....	5
Chapitre 2 : Association légumineuses-céréales.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2 .1 . Définition de l'association de cultures .....	8
2 .2.Les types de l'association des cultures .....	8
2.3. Intérêts de l'association des cultures.....	8
2.3.1. Fixation symbiotique de l'azote .....	9
2.3.2. Solubilisation de phosphore.....	9
2.3.3 Amélioration du rendement en grain .....	9
2.3.4. Effets sur les mauvaises herbes, maladies et ravageurs .....	11
2.3.5. La gestion des adventices.....	11
2.3.3 La gestion des ravageurs .....	11
Chapitre 3 : Effet de l'association légumineuse-céréales sur la biodisponibilité du phosphore .....	15
3.1. La disponibilité et la biodisponibilité des éléments nutritifs .....	15
3.1.1.L'état du phosphore du sol .....	15
3.2.le phosphores dans la plante :forme et fonction.....	16
3.3. La biodisponibilité de phosphore et son prélèvement par la plante .....	16
3 .4. Conséquence de la déficience en phosphore sur la plante.....	17
3.4.1. Modification morphologique .....	17
3.4.2Modification physiologique.....	17
3.4.3 .Modification biochimique .....	17
3.4.4. Modification moléculaire .....	18

3.5. Fixation symbiotique sous déficience en phosphore .....	18
3.6 Effet de la l'association légumineuses-céréales sur la biodisponibilité du phosphore .....	19
3.7 Effet de la production d'anions organique.....	20
3.8 Effet sur la minéralisation de P organique par l'activité enzymatique des phosphatases .....	20
Conclusion générale .....	23
Références.....	
Résumé.....	

## **LISTE DES ABREVIATION**

**NUE :efficiencie d'utilisation de l'azote.**

**PUE : efficiencie d'utilisation de phosphore.**

**SAU : superficie agricole utile.**

**FAO : food agriculture organisation.**

**LER : Len d'équivalent ration.**

**MT : millions de tonnes.**





# **INTRODUCTION**

## **Introduction**

L'agriculture productiviste de l'après-guerres s'est développée autour d'un paradigme reposant sur l'utilisation de l'agrochimie (Griffon, 2010) favorable au « génie génétique» au détriment du « génie agro écologique» (Vanloqueren et Baret,2009). Ce mode de production se caractérise par l'usage important d'intrants, et qui a pour mission d'amplifier le taux de production par rapport aux facteurs de production, qu'il s'agisse de la main d'œuvre, du sol ou des autres moyens de production. Ce mode de production fragilise, voire met en péril l'environnement, il engendre également la disparition d'insectes utiles à l'écosystème, contribuant ainsi à la perte de biodiversité. Il affecte la santé des êtres humains et comporte de réels risques pour la santé due à l'utilisation massive des engrais.

Les cultures associées (la culture simultanée d'au moins deux espèces sur une même parcelle pendant une période significative de leur croissance mais sans nécessairement être semées et récoltées simultanément), constitueraient l'une de ces voies susceptibles de contribuer à une plus grande durabilité des systèmes. En effet, les associations céréale-légumineuse présentent de nombreux avantages, tout particulièrement dans les systèmes biologiques où l'azote est souvent limitant à travers :i) l'accroissement et la stabilisation des rendements , ii) l'accroissement de la teneur en protéines des céréales et de leur qualité technologique, iii) le contrôle des adventices ou encoreiv) la réduction de certains ravageurs et maladies (**Trenbath, 1993 ; Bedoussac et Justes, 2010 ; Naudin et al., 2010**).

La culture des légumineuses en association avec des céréales est une pratique agro écologique qui permet d'augmenter la productivité des surfaces et la stabilité de la production tout en limitant le recours aux intrants.

L'association d'espèces peut améliorer l'acquisition de P et de l'N dans la rhizosphère de la légumineuse et de la céréale. Cette étude a pour but d'évaluer l'effet bénéfique du système de culture « association légumineuses-céréales » sur l'amélioration de la biodisponibilité du phosphore (P) afin de stimuler la croissance de la plante.

# **Chapitre 1**

## **Généralités sur la céréaliculture et la culture des légumineuses**

# **Chapitre I: généralités sur la céréaliculture et la culture des légumineuses**

---

## **1.1. Généralité sur les céréalicultures**

Les céréales sont des espèces généralement cultivées pour leur grain, dont l'albumen amylicé, réduit en farine ou en semoule, est consommable par l'homme ou par les animaux domestiques.

La plupart des céréales appartiennent à la famille des Graminées (ou Poacées).

Ce sont : le blé, l'orge, l'avoine, le seigle, le maïs, le riz, le millet, le sorgho. Les unes appartiennent à la sous-famille des Festucoïdées : blé, orge, avoine, seigle; Les autres à la sous-famille des Panicoïdées : maïs, riz, sorgho, millet ( **c. moule 1971**).

### **1.1.1. Importance de la céréaliculture**

La culture des céréales représente un secteur économique important. En effet, c'est un aliment de base d'une très grande partie de la population mondiale. Les pays importateurs et exportateurs de céréales dépendent les uns des autres et ont intérêt à garantir l'approvisionnement de cette denrée alimentaire et à maintenir des prix stables au niveau mondial. ( **c. moule 1971**).

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Cette caractéristique est perçue d'une manière claire à travers toutes les phases de la filière. (**Revue Nature et Technologie. n° 01/Juin 2009**).

### **1.1.2. La production des céréales dans le monde et en Algérie**

La production des céréales, jachère comprise, occupe environ 80% de la superficie agricole utile (SAU) du pays, La superficie emblavée annuellement en céréales se situe entre 3 et 3,5 million d'ha. Les superficies annuellement récoltées représentent 63% des emblavures. Elle apparaît donc comme une spéculation dominante. (**Revue Nature et Technologie. n° 01/Juin 2009** )

Spéculation pratiquée par la majorité des exploitations (60% de l'effectif global, associé à la jachère dans la majorité des exploitations, Spéculation présente dans tous les étages bioclimatiques, y compris dans les zones sahariennes. En matière d'emploi, plus de 500 000 emplois permanents et saisonniers sont procurés par le système céréalier. (**Revue Nature et Technologie. n° 01/Juin 2009** )

## **Chapitre I: généralités sur la céréaliculture et la culture des légumineuses**

---

En Algérie, durant les deux périodes 2000\_2009 et 2010\_2017, la superficie des céréales occupe en moyenne annuelle 40 % de la superficie agricole utile (SAU).

### **1.1.3. Les contraintes des céréalicultures**

La production céréalière en Algérie est fortement dépendante des conditions climatiques. Cela se traduit d'une année à l'autre par des variations importantes de la SAU, de la production et du rendement. Ainsi, le manque de précipitations, mais aussi la mauvaise répartition des pluies pendant l'année expliquent en grande partie la forte variation de la production céréalière.

#### **A. Les contraintes biotiques :**

- Les maladies
- Les ravageurs
- Les mauvaises herbes

#### **B. Les contraintes abiotiques :**

- La température
- La sécheresse
- La fertilisation azotée
- Les changements climatiques
- Précipitation

## **1.2 .Généralité sur les cultures des légumineuses**

Les légumineuses sont des engrais verts : elles fertilisent naturellement les sols et sont très utilisées dans la rotation des cultures. La culture des légumineuses ne nécessitent pas d'apport azoté et fixent l'azote dans le sol, ce qui permet de réduire les apports en engrais pour la culture suivante( **Mealkhessuo 2007**).

### **1.2.1 Importance de la légumineuse dans le monde et en Algérie**

En Algérie, les légumineuses alimentaires occupent une place importante dans les systèmes de Cultures et dans l'alimentation de la population. La production reste assez faible et les importations Sont en pleine croissance.En Algérie, le pois chiche occupe une place importante dans le domaine agricole. En termes de surface cultivée, cette espèce occupe la deuxième place après la fève et la féverole. L'évolution de la culture de pois chiche au cours de ces dix dernières années mérite d'être étudiée et analysée. (**Mealkhessuo 2007**).

## **Chapitre I: généralités sur la céréaliculture et la culture des légumineuses**

---

En Europe, les légumineuses à graines représentent actuellement moins De 2 % des surfaces de grandes cultures alors que les autres continents en comptent 10 à 25 % (avec notamment soja, pois, haricot, arachide). **(Mealkhessuo 2007)**.

### **1.2.2 La production de la légumineuse dans le monde et en Algérie**

Quelles que soient les années, la fève et féverole occupent la meilleure place en production comparativement aux autres espèces de légumineuses alimentaires. La haricot sec, la lentille et le pois sec présentent de faible production. La production en pois chiche occupe la deuxième place après la fève et féverole. **(Mealkhessuo 2007)**.

L'Algérie produit en moyenne 800 000 à 900 000 quintaux de légumineuses ce qui répond aux besoins de 30 à 35% .

La production mondiale de légumineuse, atteindrait 80 millions de tonnes par an, avec comme principaux producteurs l'Inde (22 millions de tonnes), le Canada (8 MT), la Birmanie (6 MT). **(Mealkhessuo 2007)**.

### **1.2.3. Contraintes de la culture des légumineuses**

#### A. Contraintes techniques

- Faible productivité du matériel végétal utilisé.
- Régression des superficies.
- Manque de semences certifiées.
- Conduite traditionnelle des cultures.
- Contrôle insuffisant des adventices.
- Absence de mécanisation.
- Acquis de recherche existants mal transférés.

#### B. Contraintes socio-économiques

- Faible marge bénéficiaire (faible productivité et forte charge).
- Difficultés dans le financement.
- Cultures considérées comme familiales (auto – consommation).
- Concurrence des produits importés souvent de meilleure qualité et bien emballé.
- Industrie de transformation de faible capacité (conserves de pois et haricot) ou absente (fève , pois chiche, féverole).

## **Chapitre I: généralités sur la céréaliculture et la culture des légumineuses**

---

- Promotion faible lors de la commercialisation (emballage et présentation des produits de qualité médiocre) (**Mealkhessuo 2007**).

# **Chapitre II**

## **Association légumineuses-céréales**

### **2.1 . Définition de l'association de cultures**

L'association de cultures se définit comme le mélange d'au moins deux espèces différentes sur une même surface, pendant une période significative de leur développement (WILLEY, 1979). De nombreux travaux ont montré que ces cultures présentaient des intérêts agronomiques et économiques importants : niveaux de productivités élevés et stables (en terme de quantité et de qualité), diminution du recours aux pesticides, préservation de la biodiversité, diminution de l'érosion du sol (Malezieux et al, 2009).

### **2.2.Les types de l'association des cultures**

L'association des cultures inclut : des plantes annuelles avec des plantes annuelles, des plantes annuelles avec des plantes pérennes et des plantes pérennes avec des plantes pérennes Elle comprend quatre groupes:

➤ Cultures associées en sillon : il s'agit de planter simultanément deux ou plusieurs cultures dans des rangées régulières, cependant, une ou plusieurs cultures peuvent être plantées simultanément dans la même rangée ou en alternance avec la première culture.

➤ Cultures associées en vrac : pour ce type d'association deux ou plusieurs cultures sont semées simultanément mais sans ordre défini. ce type est pratiqué en plus pour les associations des légumineuses avec les cultures fourragères.

➤ Cultures associées en bandes : elle consiste à cultiver deux espèces ou plus suivant différentes bandes suffisamment larges pour permettre une culture indépendante, mais suffisamment étroites pour que les cultures puissent se favoriser mutuellement.

➤ Culture associée en relais : la deuxième culture est installée après que la première ait atteint le stade floraison mais avant qu'elle atteigne le stade maturité.( Malezieux et al, 2009).)

### **2.3. Intérêts de l'association des cultures**

L'association céréales-légumineuses est un système productif et durable par sa capacité à faciliter l'acquisition des éléments nutritifs, et aussi par son effet élévateur de l'absorption d'azote pour les céréales en culture associée par l'intermédiaire de la fixation symbiotique, elle permet également de réduire les risques de verse (rôle de tuteur joué par la céréale), de développement des adventices et également de maladies sous certaines conditions.

L'association céréales-légumineuses est un système productif et durable par sa capacité à faciliter l'acquisition des éléments nutritifs (NPK, Mg). (FAO, 2012)

**2.3.1. Fixation symbiotique de l'azote**

L'interaction Rhizobium-Légumineuse est caractérisée par la spécificité avec laquelle elle s'établit. En général, chaque légumineuse ne peut être infectée que par un nombre restreint de Souches de Rhizobium et réciproquement, chaque souche de Rhizobia ne peut infecter qu'un Nombre limité de genres de légumineuses , La fixation symbiotique de l'azote est un processus qui permet de produire des substances protéiques à partir de l'azote gazeux présent dans l'atmosphère et l'environnement (FAO, 2012)

C'est le processus de réduction enzymatique de  $N_2$  en  $NH_3$  (azote ammoniacal, ou ammoniac). Comme la plupart des besoins en N de la légumineuse proviennent de l'N atmosphérique, il n'est pas compétitif pour l'N du sol avec la céréale .La forte compétitivité de la céréale (en culture associée) pour l'azote minéral du sol entraîne une réduction plus rapide et plus forte du pool d'azote minéral du sol par rapport à la culture pure. Ainsi une complémentarité de niche s'opère avec un prélèvement plus compétitif de l'azote du sol par la céréale qui stimule la fixation de l'azote de l'air par la symbiose rhizobienne de la légumineuse. (FAO, 2012)

La performance de ces systèmes s'explique en grande partie par la complémentarité et la facilitation entre céréale et légumineuse pour l'utilisation de l'azote.

**2.3.2. Solubilisation de phosphore**

Dans une culture d'association céréale-légumineuse, il est admis qu'il y a une absorption plus élevée du phosphore qu'en culture pure. Ceci peut être expliqué par une augmentation de l'exsudation d'acides organiques par les fabacées qui augmentent la disponibilité du phosphore du sol puis facilitent l'acquisition de cet élément par les céréales.

La légumineuse, en fixant l'azote atmosphérique, acidifie sa rhizosphère et provoque ainsi une augmentation de la taille du pool de P disponible (en mobilisant une part de P initialement non disponible). Cette augmentation est d'autant plus importante quand le sol est déficient en P. (FAO, 2012)

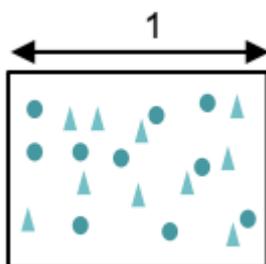
**2.3.3 Amélioration du rendement en grain**

Pour les agriculteurs qui ont des ressources limitées, le revenu et la stabilité du rendement des systèmes agricoles sont très importants. Quand plusieurs cultures peuvent être menées ensembles, l'échec de la production d'une culture pourrait être compensé par d'autres récoltes, ce qui réduit les risques. Le risque d'échec dans les systèmes d'association des

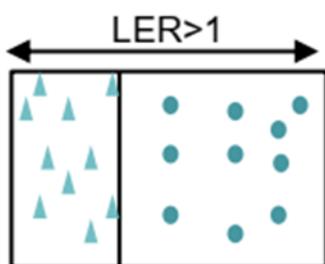
cultures est inférieur aux systèmes des cultures . Chez les céréales, la teneur en protéines est significativement plus élevée et le taux de mitadin (céréale) est nettement plus faible en cultures associées par rapport aux cultures pures, permettant ainsi une nette amélioration de la qualité technologique des grains De même une telle amélioration des rendements en grain a été confirmée dans les systèmes d'association niébé-mais, fève-blé et blé-soja, par rapport aux monocultures(Hauggard-Neilsen et al. 2001 ; Jensen et al. 2006; Bedoussac et al, 2011).

- ❖ La performance des associations de cultures est généralement évaluée par :
  - Le rendement, la biomasse
  - La qualité (taux protéique,...)
  - Le LER = Lend Equivalent Ratio

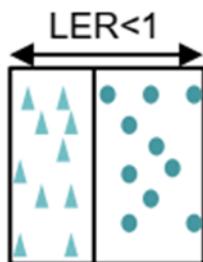
$$LER = \frac{\text{rendement céréale associée}}{\text{rendement céréale seule}} + \frac{\text{rendement légumineuse associée}}{\text{rendement légumineuse seule}}$$



Si LER=1, il n'y a aucune différence entre les deux modes de culture



Si LER >1, il y a un avantage productif des associations



Si LER<1, il y a une perte de rendement en association

**2.3.4. Effets sur les mauvaises herbes**

Dans les systèmes d'association, la diminution des mauvaises herbes se fait naturellement, en raison de la forte compétition sur les ressources disponibles avec les espèces cultivées (**Olorunmaiye, 2010**). Cet effet est observé chez le maïs en association avec des légumineuses, qui réduit considérablement la densité des mauvaises herbes comparé au maïs pure et ce grâce à la diminution de la lumière disponible pour les mauvaises herbes (**Bilalis et al., 2010**). Enfin, les cultures associées ont un effet positif sur le contrôle des populations d'adventices (BANIK et al., 2006), elles présentent un enherbement réduit par rapport aux cultures pures de légumineuses mais comparable à celui des céréales pures (**Bedoussac et al., 2011**). ( **FAO, 2012**)

L'association des cultures peut réduire l'apparition des parasites et des maladies. En comparaison avec les monocultures, les cultures en associations sont souvent moins endommagées par les ennemis de cultures, retardé également l'apparition des maladies en réduisant la diffusion des spores et en modifiant les conditions environnementales de sorte qu'elles soient moins favorables à la diffusion des agents pathogènes. (**Anil et al., 1998**).

Enfin, les cultures associées ont un effet positif sur le contrôle des populations d'adventices, elles présentent un enherbement réduit par rapport aux cultures pures de légumineuses mais comparable à celui des céréales pures. ( **FAO, 2012**)

**2.3.5. La gestion des adventices**

Est une des premières motivations évoquées par des agriculteurs pour la pratique des associations d'espèces (**Intercrop, 2006 ; Pelzer et al., 2014**). La réduction des dommages causés par les insectes ravageurs dans des association végétales en comparaison de cultures pures est mentionnée depuis longtemps dans la littérature (**Langer et al., 2007**). Par exemple, Raros (1973) mentionne un effet positif de l'association de l'arachide avec dumaïs pour limiter les attaques de pyrale. ( **FAO, 2012**)

**2.3.6. La gestion des ravageurs**

Par ailleurs, **Liebman et Dyck (1993)** ont montré à partir d'une analyse bibliographique que l'usage des associations d'espèces réduisait la densité et la biomasse d'adventices dans de très nombreuses situations par rapport aux cultures pures. Des travaux plus récents pointent aussi des interactions avec les organismes du sol qui ont des effets importants sur le fonctionnement de l'association végétale (**Mantelin et Touraine, 2004 ; Coulis, 2014**).

Après avoir été menés surtout dans les pays tropicaux, les travaux de recherche sur les associations se sont développés en Europe depuis une dizaine d'années, particulièrement dans le cas de systèmes biologiques ou à faible niveau d'intrants pour lesquels la gestion des bio agresseurs est plus complexe. En agriculture conventionnelle, la gestion des bio agresseurs devient aussi délicate (volonté politique de réduction de l'usage des phytosanitaires, suppression d'autorisation de mise sur le marché de matières actives jugées toxiques, apparition de résistance aux herbicides, réduction du nombre de produits phytosanitaires homologués pour des espèces dites mineures...) tout en maintenant la productivité et la rentabilité économique des productions. (Mantelin et Touraine, 2004 ; Coulis, 2014).

Diversifier les cultures dans le temps et dans l'espace a été mis en avant comme le levier phare pour répondre aux objectifs de diminution d'intrants dans le cadre de l'étude Ecophyto R&D de l'INRA (Butault et al., 2010). Ainsi, des systèmes innovants reposant sur des associations végétales voient le jour pour accroître la durabilité et, peut-être aussi, la

résilience des systèmes actuels. Plusieurs études et témoignages (Malézieux, 2009 ; Thomas, 2010 ; Pelzer, 2014) sur des systèmes diversifiés font part d'effets positifs d'associations sur la gestion des bio agresseurs par rapport aux cultures pures. Toutefois, les mécanismes en jeu ne sont pas toujours identifiés. Un état des lieux de ces processus pour diverses formes d'associations est essentiel pour mieux comprendre les résultats d'associations déjà testées mais également pour aider à la conception de nouvelles associations pour différents objectifs. (Mantelin et Touraine, 2004 ; Coulis, 2014).

#### - **Ravageurs et contrôle biologiquement**

Concernant les ravageurs, Tahvanainen et Root (1972) ont décrit l'existence d'une résistance des associations aux insectes liée à la complexité des interactions entre facteurs biologiques, physiques et climatiques qu'on rencontre dans les associations d'espèces végétales en comparaison des cultures mono spécifiques. Pour expliquer ce phénomène, ces auteurs ont proposé i) l'hypothèse des ennemis naturels (« natural enemy » hypothesis) et ii) l'hypothèse de la concentration en ressources (« resource concentration » hypothesis) (Root, 1973). Ainsi, en raison de la diversité végétale au sein de la même parcelle, les populations d'insectes prédateurs et de parasitoïdes de phytophages seraient plus importantes que dans les cultures monospécifiques, d'où une meilleure régulation naturelle des populations de ravageurs. Altieri et Liebman (1986) ont montré que la diversité des micro-habitats au sein des couverts plurispécifiques est souvent favorable à la persistance des prédateurs. A

contrario, l'uniformité des cultures monospécifiques offre une zone de concentration d'une même ressource trophique pour les insectes, ce qui aura tendance à favoriser une espèce de phytophage en particulier. In fine, dans les associations de culture, non seulement les ressources sont plus diversifiées, mais les stimuli visuels et chimiques potentiellement attractifs pour les phytophages sont masqués ; ainsi, un ravageur pourra avoir plus de difficultés à repérer sa plante hôte (Finch et Collier, 2000) mais il peut en être de même pour les auxiliaires vis-à-vis de leurs proies ou insectes- hôtes.

La complexité de la structure de l'association d'espèces dépend de l'architecture des espèces et variétés en présence et de la productivité des plantes (biomasse aérienne, Figure 1). En plus d'avoir une influence sur le microclimat régnant au sein de la communauté végétale, ces facteurs ont des répercussions directes sur les ressources trophiques dont dépendent non seulement les phytophages (Tilman et al., 1997 ; Southwood et al., 1979 ; Winkler et al., 2009), mais aussi les auxiliaires. Dans certains cas, l'introduction d'une espèce associée non-

hôte peut même offrir des ressources nutritives aux auxiliaires de culture dans la parcelle et ainsi, favoriser le contrôle biologique, les femelles de certaines espèces de parasitoïdes ayant besoin de glucides pour leur reproduction (Röse et al., 2006 ; Tylianakis et al., 2004). Ainsi, Jamont et al. (2014) ont montré que l'association d'une variété de féverole, dont les stipules produisent du nectar extrafloral, avec un colza, pouvait fournir au sein de la parcelle, des ressources sucrées augmentant la longévité et la période d'oviposition des femelles d'un parasitoïde du puceron cendré colonisant le colza (*Diaretellarae*, parasitoïde de *Brevicorynebrassicae*). Les résultats expérimentaux montrent un nombre de momies de pucerons cendrés significativement plus élevé dans les associations de colza avec des féveroles productrices de nectar extrafloral que dans les microparcelles de colza pur ou de colza associé à une féverole ne produisant pas de nectar extrafloral.

## *Chapitre III*

### *Effet de l'association légumineuse- céréales sur la biodisponibilité du phosphore*

## **Chapitre III: Effet de l'association légumineuse-céréales sur la biodisponibilité du phosphore**

---

### **3.1. La disponibilité et la biodisponibilité des éléments nutritifs**

Les éléments majeurs, secondaires et mineurs ont tous des rôles essentiels à jouer à l'intérieur de la plante. Une carence au niveau d'un seul élément peut entraîner une baisse du rendement ou de la qualité du produit qui peut même aller jusqu'à perte complète de la récolte.

#### **3.1.1. L'état du phosphore du sol**

Dans le sol, le phosphore se présente généralement sous deux états bien distincts : l'un représente la quantité globale donc c'est le phosphore total et l'autre la quantité que la plante peut utiliser, c'est le phosphore dit assimilable (**Pierzynski et al., 2000**). Le phosphore totale représente toutes les formes de phosphore présentes dans un échantillon de sol, qu'elles soient minérales ou organiques (**Baize, 2000**). Il comprend donc une fraction minérale et une fraction organique avec des pourcentages de 5 à 95% du phosphore total, une faible quantité est présente dans la solution du sol (0.002 à 2 mg/l) (**Tarafdar et Claassen, 2004**). Le phosphore dit assimilable est défini pour caractériser la fraction du phosphore susceptible d'être absorbé par les racines, il est devenu nécessaire de corrélérer la production agricole à une quantité de phosphore dite « assimilable » ou « labile » extraite par des procédures analytiques (**Pierzynski et al., 2000**).

Dans le sol, les ions phosphates subissent des transformations par des réactions chimiques, physiques et biologiques comme l'adsorption, la minéralisation, la précipitation, l'altération et la réorganisation microbienne. Ainsi, le cycle comprend le processus de prélèvement du phosphore par la plante, les transformations des formes organiques et les réactions chimiques de fixation et d'immobilisation dans le sol (**Demers, 2008**).

D'après Drouet (2010), dans le sol un cycle actif du phosphore peut être distingué : ce cycle est très semblable à celui de l'azote et les micro-organismes jouent également un rôle important dans le processus de minéralisation et d'immobilisation.

Généralement le phosphore se retrouve dans le sol associé à des cations, à des oxydes ou des hydroxydes métalliques. Certains se retrouveront rapidement en solution, d'autres migreront plus lentement de la phase solide vers la solution et d'autres encore ne se solubiliseront qu'avec l'activité d'organismes vivants (**Beaudin, 2008**). De nombreuses études ont démontré l'influence des propriétés chimiques, physiques et biologiques du sol sur

## **Chapitre III: Effet de l'association légumineuse-céréales sur la biodisponibilité du phosphore**

---

Le comportement du phosphore (GIROUX et TRAN, 1994). Le pH, la concentration en Fe, Al et Ca, la texture et le contenu en matière organique sont autant de propriétés du sol qui affectent la disponibilité du phosphore (MKHABELAA et WARMAN, 2005).

### **3.2.le phosphores dans la plante :forme et fonction**

Le phosphore est, tout comme l'azote, un élément indispensable au bon fonctionnement des végétaux (Morel et al., 2006).

Le phosphore joue des rôles primordiaux dans le fonctionnement biologique des plantes puisqu'il participe à de nombreux processus physico-chimiques, biologiques et enzymatiques. Il est l'un des principaux constituants des acides nucléiques en joignant les nucléotides (Balemi, 2009). Il est aussi un des constituants des phospholipides des membranes végétales (Lerot, 2006 ; Sanchez Chavez et al., 2009).

Il participe aussi au système de transport d'énergie dans les cellules étant donné qu'il entre dans la composition des adénosines di- et triphosphates lesquelles sont les principales sources d'énergie du métabolisme (Stroia, 2007). Du point de vue métabolique, le phosphore catalyse la synthèse des glucides à partir de CO<sub>2</sub> et de H<sub>2</sub>O (Johnston et Steen, 2000) et il fait aussi partie du complexe ADN-ARN, ces derniers étant responsables de la transcription des informations génétiques et de la synthèse des protéines (Sanchez Chavez et al., 2009). Enfin, le phosphore active la croissance des bourgeons et des racines et joue aussi le rôle d'activateur dans la mise en réserve des glucides. Le P est mis en réserve dans les grains/graines sous forme de phytate (Lerot, 2006).

### **3.3. La biodisponibilité de phosphore et son prélèvement par la plante**

La biodisponibilité d'un nutriment correspond à la quantité effectivement prélevée par un organisme. Cette quantité par définition varie, selon le sol considéré, le temps d'exposition à ce sol et selon l'organisme considéré (i.e. génotype) (Harmsen, 2007).

Dans le cas des plantes elle correspond à la zone affectée par l'activité des racines ou « rhizosphère » (HINSINGER, 1998). Le sol non affecté par les racines sera par la suite désigné comme sol non rhizosphérique ou « bulksoil » (Betencourt, 2012).

La biodisponibilité a longtemps été attribuée uniquement à l'absorption par la racine et à la capacité du sol à réalimenter la solution du sol par différents processus biogéochimiques. Il est actuellement admis qu'en plus de l'absorption, les plantes ont la capacité d'influencer la

## **Chapitre III: Effet de l'association légumineuse-céréales sur la biodisponibilité du phosphore**

---

disponibilité d'un nutriment par la modification des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol environnant les racines (**Hinsinger et al., 2005**).

### **3.4. Conséquence de la déficience en phosphore sur la plante**

Au sein de la plante, une quantité limitant en Pi peut avoir des conséquences majeures sur le métabolisme et le développement. La réponse des cultures à une carence en Pi est complexe. On assiste à des modifications moléculaires, biochimiques, physiologiques et morphologiques qui permettent à la plante de s'adapter à une disponibilité sub-optimale du Pi dans le sol et d'augmenter son efficacité d'utilisation et/ou d'acquisition (**Raghothama, 1999**).

#### **3.4.1. Modification morphologique**

En général, en condition de carence en P, l'architecture racinaire est modifiée pour augmenter la surface d'échange et explorer le sol au-delà de la zone d'épuisement présente autour des racines (**Hammond et al., 2004**), l'augmentation de la production de la biomasse racinaire et de l'allongement total des racines est une adaptation connue pour les plantes. Ainsi, sous limitation en P, un allongement du système racinaire des plantules et la formation des protéides racinaire ont été observé (**Bernal et al., 2005**).

#### **3.4.2 Modification physiologique**

Des études ont montré que le fait de priver les racines de P affecte la division cellulaire et provoque des changements dans l'ultrastructure des cellules méristématiques, ces changements sont limités dans les cellules corticales (**Wang et al., 1997**). En effet, dans les cellules méristématiques racinaires le développement d'un réseau de grandes vacuoles de formes complexes, l'apparition d'invaginations au niveau du plasmalemme et des mitochondries de formes condensées sont des réponses typiques à la déficience en P (**Wang et al., 1997**).

#### **3.4.3 .Modification biochimique**

Les phosphatases ont pour rôle de libérer le phosphore à partir de matériaux organiques (**DUFF et al., 1994**). L'induction des phosphatases acides sous la déficience en phosphore est une réponse universelle pour les plantes supérieures (**DUFF et al., 1994**).

## **Chapitre III: Effet de l'association légumineuse-céréales sur la biodisponibilité du phosphore**

---

Cependant, la limitation en P a également comme conséquence l'activation d'une voie respiratoire alternative provoquant ainsi une diminution du taux de la photosynthèse et de la conductivité stomatique.

### **3.4.4. Modification moléculaire**

Les végétaux et les microorganismes ont développé des mécanismes à plusieurs facettes de réponse pour acquérir le P dans leur environnement (**Raghothama et al., 1998**). Ces mécanismes de réponse sont beaucoup plus complexes chez la plante que dans le cas des micro-organismes unicellulaires tels que les bactéries et les levures (**Raghothama, 1999**).

Plus de 100 gènes sont impliqués dans l'adaptation des plantes à la déficience en P. Plusieurs de ces gènes peuvent avoir des rôles spécifiques en permettant aux plantes d'acquérir et d'utiliser le P efficacement, tandis que d'autres peuvent être impliqués en réglant l'expression des gènes induits par la déficience en P (**Bariola et al., 1994**).

### **3.5. Fixation symbiotique sous déficience en phosphore**

La disponibilité du P dans le sol et surtout sa mobilisation par la plante a un effet direct sur l'aptitude à fixer l'azote atmosphérique (**Raghothama, 1999, Pereira et Bliss (1993)**), suggèrent qu'il est possible d'améliorer en même temps la fixation du N<sub>2</sub> et l'efficacité d'utilisation du P.

Il est admis que les faibles disponibilités en P affectent la fixation symbiotique de l'azote (**Betencourt, 2012**).

Lorsque diverses espèces de dicotylédones sont soumises à une carence en Pi, on observe une double réponse, avec (i) une diminution, voire un arrêt de croissance de la racine primaire et donc un raccourcissement général de la longueur du système racinaire et (ii) une apparition de nombreux primordia de racines latérales et donc une ramification intense du système racinaire (**Peret et al., 2014**).

Les monocotylédones semblent présenter des modifications architecturales moins marquées par rapport à celles observées chez les dicotylédones.

## **Chapitre III: Effet de l'association légumineuse-céréales sur la biodisponibilité du phosphore**

---

### **3.6. Effet de l'association légumineuses-céréales sur la biodisponibilité du phosphore**

Les plantes, en interagissant avec les microorganismes du sol, peuvent largement modifier l'environnement au voisinage des racines, c'est-à-dire la rhizosphère qui est une zone « bio-influencée » par la plante, à la base du concept de « biodisponibilité » (**Harmsen, 2007**). La biodisponibilité du P dans le sol peut ainsi varier considérablement d'une espèce végétale à l'autre selon ses capacités à modifier elle-même la disponibilité de Pi ou via les organismes naturellement présents dans sa rhizosphère.

Les légumineuses qui dépendent généralement de la fixation azotée, peuvent contribuer à l'augmentation du P et du N dans la rhizosphère des céréales en association à travers les mécanismes d'acidification de la rhizosphère qui résulte d'une augmentation de la libération des protons par les racines de légumineuses, des acides organiques ou des phosphatases (**Betencourt et al., 2012. LI et al., 2014**).

#### **3.6.1. Effet des variations de pH rhizosphérique( acidification de la rhizosphère)**

les variations de pH dans la rhizosphère engendrées par les racines ou les microorganismes peuvent fortement modifier le potentiel d'adsorption des minéraux, et donc la disponibilité de Pi, conduisant finalement à la libération de Pi au profit de compartiments plus disponibles pour la plante (**Geelhoed et al., 1999**).

Une forte acidification de la rhizosphère des légumineuses alimentées par la fixation symbiotique de l'azote est également observée, en particulier autour des nodosités (**Blossfeld et al., 2013**).

Dans le cas des légumineuses à graines, il est prévu que l'acidification se produit lors de la fixation du N<sub>2</sub>, et la quantité de protons libérés par les légumineuses est en fonction du taux de fixation de N<sub>2</sub> (**Tang et al., 1999, 2004 ; Alkama et al., 2012**).

Latati, (2015) a constaté une augmentation de la biodisponibilité du P dans la rhizosphère du niébé en culture pure et en association. La plus forte acidification de la rhizosphère a été constatée en association avec (-0.73 unités) que dans la monoculture (-0.42 unités) ;(ii) une augmentation significative (+0.49 unités) du pH dans la rhizosphère du maïs en association comparativement à celui du sol en jachère (iii) ; une augmentation de la respiration du sol (CCO<sub>2</sub> de l'activité racinaire et microbienne ) dans le système d'association

## **Chapitre III: Effet de l'association légumineuse-céréales sur la biodisponibilité du phosphore**

---

comparativement à la monoculture et à la jachère ; (iv) une meilleure efficacité d'utilisation de la symbiose rhizobienne chez le haricot et le niébé lorsqu'ils sont cultivés en association avec le maïs.

### **3.7 Effet de la production d'anions organique**

Les carboxylates et les acides carboxyliques correspondants, également appelés anions organiques à faible poids moléculaire (LMWOA, pour Low Molecular Weight Organic Acid), sont d'une importance majeure pour la mobilisation de P du sol. Les carboxylates sont capables de favoriser la libération de  $P_i$  par (i) échange de ligands des sites d'adsorption du P et (ii) la complexation d'ions métalliques tels que Ca, Al ou Fe impliqués dans l'immobilisation du P (C. Plassard et al., 2015).

La capacité des plantes à libérer des carboxylates a été étudiée chez de nombreuses espèces au cours des dernières décennies, et les résultats montrent des variations considérables entre espèces et des flux plutôt faibles pour de nombreuses espèces d'intérêt agronomique.

Les légumineuses semblent avoir une plus grande capacité pour libérer des carboxylates que les autres espèces, en particulier le lupin blanc au niveau de ses racines protéoïdes (Lambers et al., 2013). Le lupin blanc a donc été utilisé comme espèce modèle pour étudier les mécanismes de synthèse et les facteurs qui régulent la libération des carboxylates. Parmi les facteurs, une faible disponibilité en  $P_i$  augmente le nombre et la biomasse des racines protéoïdes ainsi que le flux de citrate (Shen et al., 2005).

### **3.8 Effet sur la minéralisation de P organique par l'activité enzymatique des phosphatases**

Le phosphore organique se trouve essentiellement sous forme combinée dans les organismes végétaux et bactériens qui en contiennent. Une ressource très importante de phosphore organique se trouve sous forme d'humophosphates dans les fumiers et autres restitutions organiques.

Le P organique du sol se trouve sous diverses formes chimiques, mais principalement sous forme d'inositol-6-phosphate (phytate) et secondairement sous forme de sucres phosphatés, d'acides nucléiques et de phospholipides (Quiquampoix et Mousain, 2005). Pour être utilisé par les plantes et les micro-organismes, le P organique doit être minéralisé

### **Chapitre III: Effet de l'association légumineuse-céréales sur la biodisponibilité du phosphore**

---

par des phosphatases qui sont des enzymes qui peuvent être d'origine animale, végétale ou microbienne (**Richardson et Simpson, 2011**).

L'activité enzymatique est souvent plus élevée dans les zones bio-influencées comme la rhizosphère que dans le sol non-rhizosphérique.

On recense différents types de phosphatases, comprenant des phosphomonoestérases, des phosphodiesterases, et des hydrolases capables d'hydrolyser les fonctions anhydride d'acide ou les liaisons P-N (**Nannipieri et al., 2011**). Les phosphomonoestérases (incluant les phytases) ont été les plus étudiées, en particulier chez les micro-organismes solubilisant le P (**Jones et Oburger, 2011**). Les phosphatases sont souvent classées en fonction du pH optimal pour leur activité (**Hoffmann, 1968**). Bien que les micro-organismes soient capables de produire à la fois des phosphatases dites acides et alcalines, les plantes ne produisent que des phosphatases acides (**Nannipieri et al., 2011**).

Les enzymes PAP sont des phytases végétales et sont principalement présentes chez les légumineuses, comme le soja.

En plus des phytases végétales, la rhizosphère des légumineuses abrite des bactéries et champignons) capables de minéraliser rapidement le P de la matière organique du sol. La densité et les propriétés de ces populations ont été établies à partir de sols rhizosphériques prélevés chez des haricots (**Jorquera et al., 2008**).

L'utilisation des phytases apparaît donc comme une option prometteuse pour mobiliser les réserves de phytate dans les sols pauvres en  $P_i$ . Pour améliorer l'acquisition de P par les plantes (**Plassard et al., 2015**)

# **Conclusion générale**

## **Conclusion générale**

---

L'introduction des légumineuses dans ce système de culture, offre des avantages substantiels dans la production agricole. En symbiose avec des rhizobia, elles sont capables de fixer l'azote atmosphérique et de solubiliser le phosphore précipité du sol. Ainsi, on peut économiser dans une large mesure, les fertilisants chimiques qui posent actuellement de graves problèmes de pollution de l'eau, du sol, et des végétaux.

Tout processus impliquant une régulation biologique pouvant contribué à la libération de P dans le sol mérite une attention particulière et peut constituer ainsi une alternative à l'utilisation de fertilisants phosphatés. Les symbioses rhizobiennes solubilisatrices de phytate suscitent un intérêt particulier.

Les associations légumineuses céréales ouvrent des perspectives de recherche qui permettent de mieux comprendre les processus limitant la disponibilité du P pour les cultures.

Ces pistes incluent l'amélioration végétale et la valorisation des différentes formes de phosphore du sol via la stimulation des activités biologiques du sol .

# **Références Bibliographiques**

## Références:

1. Abdelguerfi-Laouar M.1, Hamdi N.2, Bouzid H.2, Zidouni F.2 Laib M.1, Bouzid L1 et Zine F.1", Les legumineuses alimentaires en algerie: situation, etat des ressources phytogenetiques et cas du pois chiche a bejaia ;2012.
2. Bedoussac L., Justes E., 2011. A comparison of commonly used indices for evaluating facilitation,
3. Belagrouz Abdenour, Analyse du Comportement du Blé Tendre, Variété El WIFAK (*Triticumaestivum* L.) Conduite en Labour Conventionnel, Travail Minimum et Semis Direct sur Les Hautes Plaines Sétifiennes.
4. Betencourt E., Duputel M., Colomb B., Desclaux D., Hinsinger P., 2012. Intercropping promotes the Complementarity and competition within intercropped species in durum wheat-winter pea intercrops.
5. Moule . 1971 Phytotechnie spéciale T.2 Cereales .
6. Corre-Hellou G., Fustec J., Crozat Y., 2006. Interspecific competition for soil N and its interaction with N<sub>2</sub> fixation, leaf expansion and crop growth in pea-barley intercrops. *Plant and Soil* 282, 195-208.
7. Durum et pois chiche (*Cicer arietinum*) sur la facilitation de l'acquisition de etude comparative de l'effet de la rotation et de l'association blé dur (*Triticum* *Field Crops Research* 124, 25-36. Doi:10.1016/j.fcr.2011.05.025
8. Elodie betencourt ,philippe Hinsinger. , marche 2012 .*Soil Biology and biochemistry* Intcroppi promotes the ability of durum wheat and chickpea to increase rhizosphère phosorus availability in a low.
9. Gaetan vanloqueren et phillpev baret catholic university of louvaim 2009 page 38
10. Interconnected by an arbuscular mycorrhizal fungus. *Soil Biol. Biochem.* 28, 73-81
11. Johansen A., Jensen E., 1996. Transfer of N and P from intact or decomposing roots of pea to barley l'azote et du phosphore ;Présenté par : Mr TAKOUACHET Riadh Soutenu le : 05/06 / 2016.
12. Malézieux E., Crozat Y., Dupraz C., Laurans M., Makowski D., Ozier Lafontaine H., Rapidel B., De Tourdonnet S., Valantin-Morison M., 2009. Mixing plant species in cropping systems: Concepts, tools and models. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29 (1) 43-62,

13. Melakhessou Zohra 2007. Etude de la nuisibilité directe des adventices sur la culture de pois- chiche d'hiver (*Cicer arietinum* L) variété ILC 3279, cas de sinapisarvensis .
14. Michel griffon, 2011, les nouveaux equilibers agroalimentaire mondiaux presses universitaire de France
15. Nannipieri P., Giagnoni L., Landi L. Et Renella G. 2011. Role of phosphatase enzymes in soil. In Phosphorus in action. Springer Berlin Heidelberg, pp. 215-243
16. Ofori et Stern, 1987 ; Snaydon et Satorre, 1989 ; Jensen, 1996 ; Hauggaard-Nielsen et al., 2001a,b).
17. Plassard C., Robin A., Le Cadre E., Marsden C., Trap J., Herrmann L. Et Hinsinger P. 2015. Améliorer la biodisponibilité du phosphore: comment valoriser les compétences des plantes et les mécanismes biologiques du sol?. *Innovations Agronomiques*, 43, 115-138.
18. Quiquampoix H. Et Mousain D. 2005. Enzymatic hydrolysis of organic phosphorus. In B.L. Turner, F.E., B.D.S. (eds). *Organic Phosphorus in the Environment*. CABI Publishing, Wallingford , UK, pp. 89-112.
19. Richardson A.E. et Simpson R.J. 2011. Soil microorganisms mediating phosphorus availability update on microbial phosphorus. *Plant physiology*, 156(3), 989-996, *Soil Biol. Biochem.* 46, 181-190.
20. Séminaire nationale sur les légumineuse aliénataire , ITGC/ ENSA/ , hammam bohadjar (Ain- Temouchent ) 10-12 Mai 1998.P51-64.
21. Trenbath, B.R. (1993) Intercropping for the Management of Pests and Diseases. *Field Crop Research*, 34, 381-405.
22. Willey, R.W. (1979) Intercropping—It's Important and Research Needs. Part 1. Competition and Yield Advantages. *Field Crop Abstracts*, 32, 1-10
23. Zine zikara F . , Bouzid L. et Abdelguerfi. Laouar M 2005.
24. ZineF. Et laouar M.,1998. Collecte et caractristiion préliminaire de quelques cultivars de pois chiche de kabyke.
25. Article: c.Moule les culture associees cereale / legumineuse enogiculture bas intrants dans le sud de la France project perfcom desember ; 1971.

## ملخص:

ان الزراعات المختلطة (حبوب بقوليات) تعمل بنسبة كبيرة في توفير الفسفور و الازوت في التربة، حيث ان البقوليات تعمل على تثبيت الازوت الحيوي في التربة و كذلك تسهيل امتصاص الفسفور من طرف النبات و بهذه الطريقة نقلل من استعمال الأسمدة و بالتالي المحافظة على البيئة.

**الكلمات المفتاحية:** الزراعات المختلطة، الازوت ، الفوسفور، الأسمدة .

---

## Résumé

Les cultures associées (céréales, légumineuses) contribuent de manière significative à l'apport de phosphore et d'azote dans le sol, car les légumineuses agissent pour fixer l'azote atmosphérique dans le sol, ainsi qu'en facilitant l'absorption du phosphore par la plante, et dans ce cas nous réduisons l'utilisation d'engrais et donc protéger l'environnement.

**Mots-clés:** cultures associées, azote, phosphore, engrais.

---

## Abstract

The associated agriculture (cereals, legumes) contribute significantly to the supply of phosphorus and nitrogen to the soil, as legumes act to fix atmospheric nitrogen in the soil, as well as by facilitating absorption of phosphorus by the plant, and in this way we reduce the use of fertilizers and therefore protect the environment.

**Keywords:** associated agriculture, nitrogen, phosphorus, fertilizers.