

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA –Bejaia.

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologiques de l'Environnement
Spécialité Biodiversité et Sécurité Alimentaire



Mémoire de fin de cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**La recherche bibliographique sur le rôle des
légumineuses comme plante de couverture
(Cas des fabacées)**

Présenté par :

KHEMSINE LINA & MAZOUZ KAHINA

Soutenu le :09/07/2024.

Devant le jury compose de :

M _{mc} . MANKOU-HADDADI Nadia	MCB	Encadreur
M.SIDI HachemiMCA	Examineur	
M _{mc} .AYOUNI Zahra	MAA	Présidente

Année universitaire : 2023 / 2024.

Remerciements

Nous remercions tout d'abord Allahle tout puissant de nous avoir illuminé et ouvert les portes du savoir et de nous avoir donné la volonté et le courage pour accomplir ce travail.

La réalisation de ce mémoire n'a été possible que grâce à la participation de plusieurs personnes à qui nous voudrions témoigner de toute notre gratitude.

*Par la même volonté et la même chaleur, nous tenons à remercier **Mme. MANKOU-HADDADI Nadia**, notre Encadreur, qui a suivi ce travail dans tous ses détails avec une rigueur scientifique exceptionnelle. Pour sa patience, sa disponibilité, ses conseils durant la préparation de ce mémoire.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à **Mme AYOUNI Zahra** pour avoir présidé le jury de ce mémoire, et pour ses conseils avisés tout au long de cette démarche.*

*Je remercie également **Mr. SIDI Hachemi** pour avoir pris le temps d'évaluer mon travail et pour ses remarques constructives. Son regard critique m'a permis de prendre du recul et d'enrichir ce mémoire.*

Et enfin, toute notre reconnaissance est adressée à tous nos enseignants qui nous ont soutenus durant notre parcours universitaire, et toute personne qui a participé, de près ou de loin, afin de mener à bien ce travail.

Dédicaces

*Tout d'abord, je tiens à remercier **DIEU**, le tout puissant qui m'a ouvert les Portes du savoir et m'a permis de réaliser ce travail.*

*Je dédié ce travail à **MOI**,*

A mes très chers parents, qui ont toujours été là pour moi et qui m'ont guidé

*durant les moments les plus pénibles de ce long chemin. A mon seul cher frère **Wassim**, ma sœur **Kenza**, sans oublier mon ami proche **Messaouden Bilal** qui m'a soutenu pendant cette période difficile.*

Et A tous ceux qui m'aiment et que j'aime.

LINA

Dédicaces

*Je tiens à remercier **DIEU**, le tout puissant qui m'a ouvert les Portes du savoir et m'a permis de réaliser ce travail.*

Je dédie ce travail à :

*A mon **père** Pour son amour inconditionnel, son sacrifice désintéressé et son soutien indéfectible tout au long de ma vie. Ma chère **mère**, bougie de ma vie et source de courage et de bonheur pour ses sacrifices, que dieu la protège et la garde.*

*A mes très chers frères **GHILAS, YOUNES, ISLEM**, pour tous leurs efforts.*

*Et à **DJAMEL**, mon partenaire de vie, mon soutien constant et mon plus grand encouragement.*

A tous mes amis qui m'aiment et que j'aime.

Liste des abréviations

- **N₂O** : Protoxyde d'azote
- **GES** : Émission de gaz à effet de serre.
- **N_{tot}** : Azotes accumulés par les légumineuses
- **N_{da}** : Fixation symbiotique.
- **N_{ds}** : Prélèvement d'azote de sol.
- **SE**: Efficacité de stockage.
- **CC** : Culture de couverture.
- **SWS** : Teneur en eau de sol.
- **DJC** : Degrés jours de croissance.
- **CO₂** : Dioxyde de carbone.

Liste des figures

Figure1 : Lotus faux pied-d'oiseau (Lotus ornithopodioides) image code ; LTSO.	21
Figure2 : La morphologie de Lotus.....	22
Figure3 : Deux illustrations représentant les graines et le fruit de lotus.	22
Figure4 : Les légumineuses à grains d'hiver recouvrent le sol au printemps plus rapidement que les légumineuses à grains de printemps	38

Liste des tableaux

TableauI: Directives pour l'Établissement et les Soins des Plantes de Couverture Alimentaires et Non Alimentaires	5
TableauII: La Principale caractéristique des légumineuses testées (biomasse aérienne).....	27
TableauIII : La principale caractéristique des légumineuses testées : temps nécessaire pour atteindre 50% de couverture du sol (t50).....	27
TableauIV : La Principale caractéristique des légumineuses testées : azote total dans la biomasse aérienne (Ntot), azote dérivé de l'air en quantité (Nda) et en part de l'azote total (pNda).....	28
TableauV: La principale caractéristique des légumineuses testées : part de la légumineuse en mélange avec avoine et la phacélie.....	30
TableauVI : Teneur en azote dans le rendement de l'herbe soudanaise aérienne	33
TableauVII : Teneur en eau du sol (SWC) et efficacité de stockage (SE) avant et après des cultures de couverture d'hiver et du maïs d'ensilage.	35
TableauVIII : Résultats d'analyses des trois sols différents.	42

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction	1
Chapitre I : Généralités sur les plantes de couverture	3
I.1. La définition des plantes de couverture.	4
I.2. Les différents types des plantes de couverture.	4
I.3. La culture des plantes de couverture.	5
I.4. Les avantages liés aux plantes de couverture et leurs inconvénients.	6
I.4.1. Avantages des Fabacées (légumineuses) comme plantes de couverture	6
I.4.2. Les inconvénients des plantes de couverture.....	6
Chapitre II : Généralité sur les légumineuses	8
II.1. La définition des légumineuses.	9
II.2. Classification des légumineuses.	9
II.2.1. Sous-famille des Mimosoideae.	10
II.2.2. Sous-famille des Caesalpinioideae.	10
II.2.3. Sous-famille des Papilionoideae (Faboideae).	10
II.3. Gestion des légumineuses en agriculture	10
II.4. Utilisation des légumineuses	11

II.4.1.Utilisation animale	11
II.4.2. Utilisation humaine.	12
II.4.3.Utilisation industrielle.	13
II.5.Impact des légumineuses	13
II.5.1. Impact des légumineuses dans l'agriculture	13
II.5.2.Impact de l'introduction des légumineuses dans les systèmes de culture sur les émissions de N ₂ O.....	13
II.5.3. Impact des légumineuses sur la sécurité alimentaire	14
Chapitre III : Généralités sur les Fabacées	15
III.1.Définition	16
III.2. Description botanique	16
III.3. Principales espèces de Fabacées utilisées comme plantes de couverture	18
III.4.Proposition de Lotus Ornithopodioides comme exemple de notre plante de couverture.	20
III.4.1.Lotus Ornithopodioides.	20
III.4.2.Présentations de la plante.....	20
III.4.3. Classification Lotus ornithopodioides APG (2009).....	21
III.4.4.Description de Lotus ornithopodioides.....	22
III.4.5.Les caractéristiques de Lotus ornithopodioides.....	23
Chapitre IV : Les dernières recherches faites sur les légumineuses (Fabacées) comme plantes de couverture	25
IV.1.Etude menée par Claude-Alain et ses collaborateurs en 2013	26
IV.2. Etude menée par Svetlana et ses collaborateurs en 2021	31
IV.3. Etude menée par Ksenija et ses collaborateurs en 2021	34
IV.4. Etude menée par Bojan et ses collaborateurs en 2021	39
IV.5. Etude menée par Roderbourg et ses collaborateurs en 1968.....	41
IV.6. Etude menée par le groupe de recherche ECHO (2017)	43

Conclusion44

Références bibliographiques44

Résumé

Introduction

L'agriculture moderne est confrontée à des défis croissants, allant de la dégradation des sols à la dépendance excessive aux intrants chimiques. Dans ce contexte, l'intégration de pratiques agricoles durables devient impérative pour assurer la sécurité alimentaire mondiale tout en préservant l'environnement. Les plantes de couverture, en particulier les légumineuses, émergent comme des acteurs clés dans cette transition vers une agriculture plus respectueuse de la planète (Stagnari,2017).

Les légumineuses, appartenant à la famille des Fabacées, sont une des familles végétales les plus importantes parmi les dicotylédones, avec plus de 20 000 espèces réparties en 700 genres. Connues pour leur capacité à fixer l'azote atmosphérique grâce à leur interaction symbiotique avec les bactéries rhizobiales, offrent de nombreux avantages écologiques et agronomiques. Leurs racines profondes et étendues améliorent la structure du sol, réduisent l'érosion et augmentent la rétention d'eau, ce qui est essentiel pour maintenir la fertilité et l'état de vitalité et de fonctionnalité du sol. De plus, les légumineuses, en tant que plantes de couverture, contribuent à la gestion des mauvaises herbes et à la réduction de l'utilisation des herbicides. (FAO, 2016).

Le cas des Fabacées est particulièrement intéressant en raison de leur diversité et de leur adaptabilité à différents climats et types de sols. Les espèces telles que le pois chiche, la luzerne et le trèfle sont couramment utilisées dans les systèmes de rotation des cultures et comme cultures intermédiaires pour maximiser les avantages agronomiques. Ces plantes améliorent non seulement la disponibilité des nutriments pour les cultures suivantes, mais elles favorisent également la biodiversité du sol, créant ainsi un écosystème plus résilient (vertes *et al.*,2010).

La capacité des Fabacées à s'écouler du phosphore assimilable et à le partager avec d'autres plantes dans le même sol est un phénomène qui mérite une attention particulière. Cette interaction symbiotique améliore l'efficacité de l'utilisation des nutriments et réduit la nécessité d'engrais chimiques, contribuant ainsi à une agriculture plus écologique et économique.

Dans cette étude, nous explorerons en détail le rôle des Fabacées en tant que plantes de couverture, en mettant en lumière leurs avantages spécifiques, les mécanismes sous-jacents et les pratiques agronomiques qui optimisent leur utilisation biologique dans les systèmes agricoles durables.

Le premier chapitre de ce travail explore les connaissances sur les plantes de couverture ses différents types, leurs rôles et on termine par la clarification de ses avantages et leurs inconvénients.

Le deuxième chapitre porte sur les légumineuses ont précisent leurs Sous-famille, l'importance et les domaines dans lesquels on les utilise sans oublier leurs Impacts.

Le troisième chapitre on a discuté sur les fabacées en général, en présentant les principales espèces de fabacées utilisées comme plante de couverture en donnant l'exemple de Lotus Ornithopodioides.

Dans le dernier chapitre est consacré à l'étalement de quelques études de recherches effectués pour révéler l'importance de l'utilisation des légumineuses en précisant tous les avantages auxquels chaque étude est parvenue.

Chapitre I

**Généralités sur les plantes
de couverture**

Les couverts végétaux sont des plantes de différentes familles végétales, qui se cultivent entre deux cultures ou en association. Très utiles en agriculture de conservation, ils permettent de nombreux avantages, notamment limiter l'érosion du sol et la lixiviation des nitrates, fertiliser les parcelles, lutter contre les bio agresseurs et protéger la biodiversité. Ils peuvent être installés en mélange d'espèces ou en espèce seule, et chaque espèce a des propriétés spécifiques : système racinaire structurant, fixation de l'azote atmosphérique, abri pour les pollinisateurs... Il s'agit d'associer les espèces afin de mettre leurs particularités au service de l'exploitation (**Clémence, 2022**).

Le choix d'une légumineuse comme plante de couverture permet à la fois une réduction de l'érosion et une meilleure conservation de l'eau dans le profil du sol, mais aussi une amélioration des propriétés physico-chimiques et des stocks organiques du sol (**Waring et al, 1994**).

I.1. La définition des plantes de couverture.

Une plante de couverture est une espèce végétale qui au cours de son cycle de vie produit de la biomasse qui couvre la surface du sol. On la désigne aussi sous l'appellation d'engrais vert. Leur utilisation dans les systèmes de culture comme source de nutriments et de matière organique est diversement appréciée (**Van, 1998**).

I.2. Les différents types des plantes de couverture.

Les couverts végétaux sont des plantes qui sont cultivées pour protéger le sol, améliorer sa qualité et prévenir l'érosion. Certaines plantes alimentaires peuvent servir de plantes de couverture. La culture multiple, qui consiste à faire pousser ensemble différents plantes alimentaires (**Rome, 2002**).

Tableau I: Directives pour l'Établissement et les Soins des Plantes de Couverture Alimentaires et Non Alimentaires (**Rome, 2002**).

La culture	L'établissement et soins
Les plantes alimentaires.	
<ul style="list-style-type: none"> • Citrouille • Le concombre • Le melon 	La majorité de ces plantes peuvent être cultivées conjointement avec d'autres cultures alimentaires.
<ul style="list-style-type: none"> • Niébé. • La patate douce. 	Mettre en compost pour stimuler la croissance des plantes alimentaires de couverture.
Les plantes non alimentaires	
<ul style="list-style-type: none"> • Centrosema sp. • Calopogonium mucunoides. • Mucuna sp (La durée de vie : 4-5 mois).	Semez à la volée les graines de légumineuses ou enfoncez les dans le sol à une profondeur de 2cm, en les séparant de 30 à 50 cm.
<ul style="list-style-type: none"> • Pueraria sp. • Vétiver. 	Déracinez une poignée d'herbes et divisez-les en petits bouquets qui comprennent des racines et des feuilles. Puis les plantez à environ 30 cm les uns des autres.

I.3. La culture des plantes de couverture.

La culture des plantes de couverture est une pratique agricole qui consiste à cultiver des plantes spécifiques pour couvrir et protéger le sol entre les périodes de culture principale.

Les plantes de couverture peuvent être utilisées dans divers contextes, tels que l'agriculture biologique, la permaculture et la conservation des sols. Elles sont semées avant ou

après la culture principale et peuvent être des légumineuses, des graminées, des plantes à racines profondes ou des mélanges de différentes espèces pour maximiser les bénéfices.

En semis direct, l'installation d'une culture de couverture à pour but d'entretenir, le plus longtemps possible, un système racinaire vivant dans le sol. La culture de couverture sera soit détruite par l'hiver et se couchera d'elle-même, formant un paillis, soit éliminée au printemps par roulage ou brûlage, avant ou après le semis de la culture principale (**Graaq,2022**).

I.4. Les avantages liés aux plantes de couverture et leurs inconvénients.

Les plantes de couverture, y compris les Fabacées (légumineuses), présentent des avantages significatifs, mais elles peuvent également être associées à certains inconvénients. Voici un aperçu :

I.4.1. Avantages des Fabacées (légumineuses) comme plantes de couverture

- Les légumineuses ont la capacité unique de fixer l'azote atmosphérique dans le sol en symbiose avec des bactéries rhizobiennes, présentes dans les nodosités du système racinaire.
- Les racines vivantes des plantes de couverture, telles que les Fabacées, fournissent du carbone aux mycorhizes, qui à leur tour leur restituent des substances azotées assimilables. Cela entraîne une concentration élevée en azote dans ces plantes.
- Les couverts végétaux dominés par les légumineuses ont un rapport carbone/azote plus bas que d'autres espèces, ce qui accélère leur minéralisation pour la culture suivante. En conséquence, la dégradation des résidus est plus rapide, libérant ainsi plus rapidement les éléments nutritifs essentiels pour les cultures suivantes. Cela peut être particulièrement avantageux pour la rotation des cultures et la santé globale du sol.

La famille des légumineuses offre une grande diversité d'espèces avec des cycles de croissance plus ou moins longs. Cette diversité permet de choisir l'espèce adaptée aux conditions pédoclimatiques locales, ce qui est un avantage majeur dans la sélection des plantes de couverture pour maximiser leurs bénéfices (**Clémence, 2022**).

I.4.2. Les inconvénients des plantes de couverture.

Malgré les nombreux avantages qu'elles présentent, les plantes de couverture présentent aussi quelques inconvénients qu'il faut prendre en compte lors de leur installation:

La condition indispensable de la mycorhization est une bonne capacité d'échanges gazeux entre la racine et le sol. Cela signifie que si les conditions du sol ne permettent pas une bonne aération, la symbiose entre les bactéries rhizobiums peut être compromise, réduisant ainsi leur capacité à fixer l'azote et à bénéficier pleinement de cette association symbiotique.

Un autre inconvénient des légumineuses en tant que plantes de couverture est que dans les sols présentant une structure tassée ou dans les sols hydro morphes, la mauvaise circulation de l'air peut affecter le développement des nodosités. Les nodosités sont des structures spéciales sur les racines des légumineuses. Si la circulation de l'air est insuffisante, cela peut compromettre la formation et le fonctionnement optimal des nodosités, limitant ainsi la capacité des légumineuses à fixer efficacement l'azote atmosphérique (**Clémence, 2022**).

Chapitre II

Généralité sur les légumineuses

Les légumineuses, qui comprennent une grande variété de plantes, sont depuis longtemps reconnues comme une composante essentielle de l'alimentation humaine à travers le monde. Leur histoire remonte à des millénaires, où elles ont été cultivées et consommées dans de nombreuses cultures en raison de leur valeur nutritionnelle, de leur polyvalence culinaire, En outre, Tout à fait, les légumineuses non alimentaires peuvent également jouer un rôle crucial en tant que plantes de couverture (**Ducet *al.*, 2010**).

II.1.La définition des légumineuses.

Les légumineuses sont des engrais verts qui fertilisent naturellement les sols et très utilisées dans la rotation des cultures.(**Tekdal, 2021**).

Selon l'organisation des nations unis pour l'alimentation et l'agriculture, on désigne par les légumineuses une espèce de plantes riches en nutriments qui existe depuis des millions d'années et qui pousse dans n'importe quelle condition(absence ou présence de l'eau) et dans tous les climats, dont les gousses produisent entre 1 à 12 graines de différentes tailles, formes et couleurs (**Magrini, 2017**).

Les légumineuses désignent des plantes dont le fruit est une gousse. Ces plantes possèdent beaucoup des bactéries sur leurs racines qui fixent l'azote atmosphérique, ce qui permet de ne pas apporter d'engrais azotés pour leur culture. De plus, leur insertion dans les systèmes de culture améliore la fertilité des sols et permet de réduire les apports d'engrais également sur les cultures suivantes. Cette réduction d'utilisation des engrais azotés se traduit par une réduction des émissions de gaz à effet de serre (**Birlouez, 2022**)

On distingue trois types des légumineuses qui sont les suivants

- Les légumineuses fourragères.
- Les légumineuses à grains.
- Légumineuses de Couverture.

II.2. Classification des légumineuses.

Les Fabacées sont divisées en trois sous-familles : deux monophylétiques (Papilionoideae et Mimosoideae) et l'autre paraphylétique (Caesalpinoideae) (**Botineau, 2010**). La majorité des légumineuses appartient aux papilionacées comme : le pois, les lentilles, le trèfle, les haricots, le soja et la luzerne (**Cronk *et al.*, 2006**).

- Sous-famille Mimosoideae avec une fleur régulière.

- Sous-famille Caesalpinioideae avec une fleur pseudo-papilionacée.
- s-familles Faboideae ou papilionoideae avec une fleur typique en papillon (Sebihi, 2008)

II.2.1. Sous-famille des Mimosoideae.

Sous-famille des Mimosoideae est une des trois sous-familles de la famille Fabaceae ou légumineuses. Elle comprend environ 2500 espèces regroupées dans quelques 40 genres, et produit des fleurs régulières (actinomorphes) rassemblées en inflorescences denses. Cette Sous-famille n'existe pas en classification classique en (1981), qui élève ce groupe pour devenir la famille des Mimosoideae (Karakish et al., 2013)

Les plantes de cette Sous-famille sont représentées principalement par des arbres et des arbustes distribués dans les régions tropicales et subtropicales. Par la quel l'Acacia est le genre le plus nombreux (Bottonet al.,1957).

II.2.2. Sous-famille des Caesalpinioideae

Sous-famille des Caesalpinioideae est considérée comme la plus primitive, regroupe environ 4200 espèces dans quelques 135 genres. Elles sont la seule Sous-famille où le pollen est organisé on polyades (Bruneauet al., 2024).

Les espèces possèdent des fleurs aux corolles irrégulières (zygomorphes) sont représentées par des arbres, arbustes et herbacées vivaces, Ex (arbre de Judée) distribuées des régions tropicales aux régions tempérées(Halle, 2002).

II.2.3. Sous-famille des Papilionoideae (Faboideae)

Les Faboideae sont une des principales Sous-famille de la famille des Fabacées qui comprend environ 9500 espèces aux fleurs irrégulières, regroupées dans environ 375 genres qui sont représentés majoritairement par des espèces herbacées vivaces et annuelles, Cette elle à une répartition cosmopolite et ses espèces sont adaptées à une très grande variété d'environnements. (Rzedowskiet al.,2016)

II.3. Gestion des légumineuses en agriculture

La gestion des légumineuses en agriculture implique plusieurs aspects pour optimiser leur rendement et leurs avantages pour les sols et l'environnement. Voici quelques points clés :

- **Le Choix des espèces et des variétés** : Il est essentiel de sélectionner les espèces et les variétés de légumineuses les mieux adaptées aux conditions climatiques, aux types

de sols et aux objectifs de production. Bien que les légumineuses soient capables de s'adapter à diverses conditions, il est important de choisir celles qui optimiseront les rendements et la qualité de la production.

- **Rotation des cultures** : Intégrer les légumineuses dans des rotations culturales pour améliorer la santé du sol, réduire les maladies et les ravageurs, et optimiser l'utilisation des nutriments.
- **Gestion de la fertilité du sol** : Les légumineuses fixent l'azote atmosphérique, mais une gestion appropriée des autres nutriments, comme le phosphore et le potassium, est également important pour maximiser le rendement des cultures suivantes.
- **Gestion de l'eau** : Adapter les pratiques d'irrigation et de drainage pour répondre aux besoins spécifiques des légumineuses en fonction des conditions climatiques et des caractéristiques du sol.
- **Gestion des mauvaises herbes, des maladies et des ravageurs** : Mettre en place des pratiques de lutte intégrée pour contrôler les mauvaises herbes, les maladies et les ravageurs tout en minimisant l'utilisation de pesticides.
- **Récolte et post-récolte** : Planifier et exécuter la récolte des légumineuses de manière efficace pour maximiser le rendement et minimiser les pertes. Assurer un stockage approprié pour maintenir la qualité des grains.
- **Utilisation des légumineuses** : Intégrer les légumineuses dans l'alimentation humaine et animale, ainsi que dans les systèmes agroforestiers et agrosylvicoles, pour diversifier les sources de revenus et promouvoir la durabilité à long term(Carsky *et al.*, 2003).

II.4. Utilisation des légumineuses

Les légumineuses sont des aliments polyvalents et nutritifs qui peuvent être utilisés de différentes manières dans l'alimentation. Alors en distingue 3 domaines :

II.4.1. Utilisation animale

Les légumineuses sont également utilisées dans l'alimentation animale pour diverses raisons, principalement en tant que source de protéines et d'autres éléments nutritifs. Voici quelques utilisations courantes des légumineuses dans l'alimentation animale :

- **Alimentation pour animaux d'élevage** : Les légumineuses comme le soja, les pois et les haricots peuvent être inclus dans l'alimentation des animaux d'élevage tels que les vaches, les porcs et les volailles pour fournir des protéines de haute qualité.

- **Suppléments protéinés** : Les farines de légumineuses peuvent être transformées en suppléments protéinés pour les animaux qui nécessitent un apport protéique spécifique dans leur alimentation.
- **Enrichissement nutritionnel** : Les légumineuses sont également utilisées pour enrichir nutritionnellement les aliments pour animaux, car elles contiennent des vitamines, des minéraux et des acides aminés essentiels.
- **Alimentation durable** : L'utilisation de légumineuses dans l'alimentation animale est souvent encouragée dans le cadre de pratiques agricoles durables, car elles ont un impact moindre sur l'environnement que certaines autres sources de protéines comme la viande (**Boukemouche,2021**).

La graine de soja est une excellente source de protéines et d'huile, ce qui en fait un aliment idéal pour fournir simultanément les acides aminés essentiels et l'énergie nécessaire aux animaux. Sa teneur élevée en protéines assure un apport suffisant en acides aminés, tandis que ses huiles fournissent l'énergie requise pour leur croissance et leur santé (**Prolea, 2010**).

II.4.2. Utilisation humaine.

Les légumineuses sont largement utilisées dans l'alimentation humaine en raison de leur valeur nutritive et de leur polyvalence.

- **Source de protéines végétales** : Les légumineuses telles que les lentilles, les pois chiches, les haricots et les pois sont riches en protéines végétales, ce qui en fait une alternative saine aux protéines animales pour les végétariens et les végétaliens. Les légumineuses fournissent des graines sèches pour la consommation humaine, certaines de ces graines se mangent principalement cuites ou comme légume sec et parfois sont moulues en farines pour la préparation de différents plats, d'autres fournissent une huile comme l'arachide et le soja (source oléagineux).
- **Aliments de substitution** : Elles peuvent être utilisées comme substitut de viande dans les hamburgers végétariens, les boulettes de viande végétaliennes, les sauces à la viande, etc.
- **Alimentation saine et durable** : Les légumineuses sont reconnues pour leurs nombreux bienfaits pour la santé, notamment leur teneur élevée en fibres, en fer, en folates et en autres nutriments. Leur culture est également considérée comme plus durable que celle de certaines autres cultures agricoles (**Arkoyldet Daughty, 1982**).

II.4.3. Utilisation industrielle.

L'utilisation des légumineuses dans l'industrie ont pour préparer les plastiques biodégradables, les huiles (fournissent plus de 35% d'huile végétale transformée du monde), sont aussi utilisées pour la fabrication des encres, les gommes, ainsi que les colorants et dans le dimensionnement des textiles et du papier (**Graham et al., 2003**).

II.5. Impact des légumineuses**II.5.1. Impact des légumineuses dans l'agriculture**

Les légumineuses fourragères et à graines ont joué un rôle historique important dans la naissance de l'agriculture. 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 nécessite pas d'apport azoté et fixent l'azote dans le sol, ce qui permet de réduire les apports en engrais pour la culture suivante. Cela permet de réduire la consommation globale d'azote, donc d'alléger la consommation d'énergie fossile et d'émission de gaz à effet de serre (**Vértes, 2010**).

Les légumineuses fourragères peuvent aussi être utilisées dans l'alimentation animale. La culture des légumineuses fourragères riches en protéines permet d'équilibrer les rations alimentaires et de réduire en contrepartie l'achat d'aliments concentrés en protéines (tourteaux) et les surfaces en maïs ensilage (**Guinet, 2019**).

II.5.2. Impact de l'introduction des légumineuses dans les systèmes de culture sur les émissions de N₂O.

La réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) dans les systèmes de grande culture est essentielle pour l'environnement et l'économie. L'utilisation d'engrais azotés contribue significativement aux émissions de protoxyde d'azote (N₂O), d'où la nécessité de revoir les pratiques agricoles. L'introduction de légumineuses dans les cultures peut diminuer ces émissions, car elles fixent l'azote atmosphérique grâce à des bactéries symbiotiques, réduisant ainsi le besoin d'engrais azotés synthétiques. En améliorant la structure du sol et en augmentant sa matière organique, les légumineuses favorisent des conditions de croissance propices à d'autres cultures, contribuant également à la réduction des émissions de N₂O. Toutefois, l'impact net sur ces émissions dépendra de divers facteurs, tels que les pratiques agricoles, les conditions environnementales et les interactions entre cultures. Une gestion

adéquate de l'intégration des légumineuses est cruciale pour maximiser les bénéfices environnementaux et réduire les émissions de gaz à effet de serre (*Grégory et al., 2018*).

II.5.3. Impact des légumineuses sur la sécurité alimentaire

Dans de nombreux pays, la viande, les produits laitiers et le poisson sont coûteux, rendant leur accessibilité difficile pour de nombreuses personnes, en particulier les plus démunies. Ces populations dépendent alors des aliments d'origine végétale pour répondre à leurs besoins en protéines. La malnutrition, qui se manifeste souvent par un retard de croissance ou une émaciation, est largement due à une carence en protéines et en fer, particulièrement répandue parmi les populations n'ayant pas accès à une alimentation équilibrée. La croissance démographique mondiale et l'intensification de la production agricole exacerbent ces phénomènes. Cependant, pour garantir une sécurité alimentaire durable, il est essentiel d'augmenter la production agricole de manière responsable. Les légumineuses, en tant que source importante de protéines abordables, offrent une alternative précieuse, surtout pour les petits agriculteurs qui en cultivent une partie pour leur propre consommation. De plus, leur faible empreinte de gaspillage alimentaire en fait une option prometteuse pour assurer la sécurité alimentaire des ménages. (**FAO, 2016**).

- Les légumineuses sont une source de protéines et de sels minéraux peu onéreuse pour un large pan de l'humanité vivant en zone rurale.
- On peut le stocker très longtemps sans qu'elles perdent de leur valeur nutritive.
- Beaucoup de légumineuses s'adaptent aux sécheresses et aux environnements marginaux (**FAO,2016**).

Chapitre III

Généralités sur les Fabacées

Les Fabacées, également connues sous le nom de légumineuse ou papilionacées, forment une famille botanique vaste et diversifiée, scientifiquement nommée fabaceae. Cette famille est l'une des plus importantes parmi les plantes à fleurs (angiospermes) (**Wojciechowski, 2004**).

Les fabacées sont largement utilisées comme plantes de couverture dans les pratiques agricoles modernes. Leur capacité unique à fixer l'azote atmosphérique en symbiose avec des bactéries du sol en fait des alliées précieuses pour améliorer la fertilité du sol et réduire la dépendance aux engrais chimiques. Leur présence dans les champs agricoles contribue ainsi à promouvoir un équilibre écologique et à maintenir la santé globale de l'écosystème agricole.

Ce chapitre a pour but de fournir une analyse approfondie du rôle des fabacées en tant que plantes de couverture et de proposer des recommandations pratiques pour leur intégration réussie dans les pratiques agricoles (**Vertés et al., 2010**).

III.1. Définition

Les Fabacées, ou Légumineuse (Légumineuses), sont une famille de plantes dicotylédones de l'ordre des Fabales. C'est l'une des plus importantes familles de plantes à fleurs, la troisième après les Orchidaceae et les Asteraceae par le nombre d'espèces. Sur le plan économique, les Fabaceae sont la deuxième famille en importance après les Poaceae et constituent une source de protéines végétales indispensable pour l'alimentation humaine et animale. C'est notamment la famille des haricots, des pois, des pois chiches, des lentilles, des fèves, des lupins, des gesses, des sojas, des arachides, des tamarins, des caroubes, des fenugrecs, de la luzerne, du trèfle, des acacias, des mimosas (**Gérard et al., 2010**).

III.2. Description botanique

La famille des Fabacées, est une famille de plantes à fleurs caractérisée par plusieurs traits botaniques distinctifs.

- **Appareil végétatif :**

Les racines sont généralement pivotantes et laissent apparaître des nodosités à *Rhizobium* qui se forment si le sol est pauvre en azote (**dupont, 2011**).

- **Feuilles :**

Les feuilles des Fabaceae sont typiquement alternes, pennées ou trifoliolées, et stipulées. Cependant, il existe plusieurs modifications notables :

- ✓ Absence de la foliole terminale : Dans certaines espèces comme la fève, la foliole terminale peut être absente.
- ✓ Vrilles : Dans des espèces comme la vesce, la foliole terminale peut être modifiée en vrille, permettant à la plante de s'accrocher et grimper.
- ✓ Épines : Les folioles peuvent être remplacées par des épines, comme chez l'ajonc.
- ✓ Les stipules peuvent également être modifiées en épines, comme chez le robinier faux acacia
- ✓ Réduction du nombre de folioles : Dans certaines espèces, le nombre de folioles est -réduit, comme chez le trèfle et le genêt.
- ✓ Nervation palmée : Certaines espèces, comme le lupin (**Dupont, 2011**).

- **Appareil reproducteur :**

Les fleurs sont groupées en inflorescences de formes variées : grappe souvent allongée, épi, glomérule sphérique ou cylindrique (parfois pendant: *Mimosoideae*) (**Michel,2010**).

Les types d'inflorescences varient selon le degré d'évolution au sein de la famille Fabacées .

Fabacées primitives (Mimosoidées) : Possèdent un périanthe régulier et réduit, avec des étamines très nombreuses.

Fabaceae évoluées : Présentent une réduction du nombre d'étamines à 10 et la fleur devient zygomorphe.

Préfloraison : Imbriquée, descendante ou vexillaire.

- **Structure Florale :**

Toutes les fabaceae partagent une structure florale caractéristique :

Ovaire : Formé d'un seul carpelle, supère (situé au-dessus de l'insert des autres pièces florales).

Style et Stigmate : Surmontent l'ovaire (**moral, 2011**).

- **Fruit :**

Le fruit des Fabaceae, appelé gousse ou légume, est un des éléments les plus constants et caractérise cette famille. Il s'ouvre généralement à maturité grâce à une double ouverture : ventrale et dorsale.

- **Graines :**

Le nombre d'ovules dans les gousses est variable et évolue pour former des graines souvent riches en composés à haute valeur alimentaire (Amidon, Lipides, Protéines) (**kaliche et al., 2013**).

III.3. Principales espèces de Fabacées utilisées comme plantes de couverture

Pois fourrager : semble être une option polyvalente pour la couverture du sol, adaptée à différentes saisons. Sa rusticité, sa capacité à produire de la biomasse et à fixer l'azote, ainsi que sa résistance aux maladies en font un complément idéal pour les mélanges de couverture. De plus, sa qualité en tant que fourrage le rend apprécié dans les mélanges céréaliers.

Vesce commune : est une plante grimpante qui prend du temps à s'installer mais peut devenir agressive une fois établie, émergeant même parmi d'autres végétaux. Elle est efficace pour fixer l'azote et se marie bien avec les associations de couverts et les mélanges fourragers.

Vesce velue: Son installation initiale plus lente est compensée par son potentiel agressif une fois établie, ce qui peut étouffer la croissance d'autres plantes. Le risque de contamination par quelques graines dormantes est atténué par des pratiques agricoles telles que les techniques de culture simplifiée et le semis direct.

Vesce pourpre (du Bengale) : semble être une option prometteuse pour les associations de couverts, offrant jusqu'à 25 à 40 % de biomasse supplémentaire en été et en automne par rapport à la vesce commune. Son cycle plus court et son effet azote important en font un choix intéressant pour améliorer la fertilité du sol.

Lentille: La lentille est en effet une légumineuse bien adaptée aux sols calcaires et basiques. Bien qu'elle soit de petite taille et concurrentielle malgré sa faible biomasse.

Féverole : La féverole présente une série d'avantages et de particularités intéressants. Elle est une plante polyvalente, capable de produire une biomasse intéressante avec un pivot structurant. Elle est également efficace pour fixer rapidement une grande quantité d'azote dans le sol. (**Julier et al., 2010**)

Gesse : La gesse est une légumineuse adaptée aux sols basiques, où elle peut produire des biomasses intéressantes et agir comme un bon fixateur d'azote.

Fenugrec : Le fenugrec, également connu sous le nom de "foin des Grecs", est une légumineuse reconnaissable à son odeur de curry distinctive, émanant de la plante et de ses graines. Adapté aux sols argilo-calcaires et aux conditions chaudes et sèches, le fenugrec n'est pas une plante agressive, ce qui signifie que ses biomasses produites ne sont pas très importantes, mais il offre un fourrage de qualité.

Trèfle d'Alexandrie : Le trèfle d'Alexandrie est une plante bisannuelle qui se développe rapidement en été et en automne lorsque les conditions lui sont favorables. Il préfère les sols fertiles, profonds et humides, et est moins performant dans des situations plus arides. En tant que gros fixateur d'azote, il peut produire jusqu'à 3 à 4 tonnes de matière sèche par hectare entre deux cultures céréalières. Il est utilisé comme source de fourrage de qualité ou comme complément de culture fourragère dérobée. De plus, il constitue un excellent couvert entre deux pailles, et il n'est souvent pas nécessaire de l'éliminer complètement lors du semis, car l'hiver ou le programme classique de désherbage de la culture s'en chargera.

Trèfle de perse : Le trèfle de Perse est une variété de trèfle annuel qui pousse généralement en montagne. Il est assez résistant au froid et à la sécheresse, ce qui en fait une option adaptée pour des conditions environnementales difficiles. De plus, il s'adapte bien aux sols calcaires, ce qui le rend approprié pour les sols de craie. **(Gebhard *et al*, 2013)**

Trèfle incarnat: Le trèfle incarnat est une plante bisannuelle qui s'installe assez lentement à l'automne, mais contrairement au trèfle d'Alexandrie, il peut prospérer dans des conditions climatiques plus difficiles et sur des sols plus pauvres. Il résiste bien à l'hiver et repart rapidement au printemps, période pendant laquelle il produit réellement de la biomasse et de l'azote. Il constitue une bonne source de fourrage et un complément de couvert pour ceux qui recherchent une reprise de végétation précoce au printemps. Cependant, il n'est pas un gros fixateur d'azote.

Trèfle de Micheli : Le trèfle de Micheli, qui se trouve naturellement dans les prairies humides, présente un comportement similaire à celui du trèfle incarnat, mais avec une efficacité légèrement moindre. Cependant, il a une meilleure tolérance aux excès d'eau et aux périodes de sécheresse.

Trèfle souterrain : Le trèfle souterrain est une petite plante méditerranéenne qui rampe sur le sol et enterre sa fleur pour former ses fruits, similairement à l'arachide. Bien qu'elle

s'implante facilement, pousse à l'automne et au printemps, et se ressème spontanément, elle ne produit pas beaucoup de biomasse. Cependant, elle est efficace pour la fixation de l'azote atmosphérique. (Frédéric et Matthieu ,2015).

III.4. Proposition de Lotus Ornithopodioides comme exemple de notre plante de couverture.

III.4.1.Lotus Ornithopodioides.

Vue l'importance des Lotus en Algérie, et le peu d'intérêt qui a été accordé jusqu'ici à leur statut, nous nous sommes intéressés par cette étude en vue de mettre en évidence le pouvoir de protection des sols contre l'érosion par cette plante (Lotus ornithopodioides), Alors que l'efficacité des légumineuses à la contribution de la fertilité des sols et aux rendements, l'influence des légumineuses à savoir le Lotus ornithopodioides comme plante de couverture sur les propriétés physiques et chimiques des sols pour la durabilité des systèmes de culture ont fait l'objet de moins d'attention dans la région de Bejaia, une comparaison au recherches effectués sur les effets positifs des légumineuses est établie ainsi que de la plante sélectionnée.

III.4.2.Présentations de la plante

Le Lotus ornithopodioides, également connu sous les noms de Lotier pied d'oiseau (**Fig 1.**) est une plante appartenant à la famille des fabacées (légumineuses), est une espèce de plantes herbacées méditerranéennes, il pousse souvent dans les prairies, les pâturages et sur terrains sableux ou rocheux. Cette plante est appréciée pour sa capacité à s'adapter à divers types de sols et pour son rôle bénéfique dans les écosystèmes naturels et agricoles (**Mifsud, 2002**).



Figure 1: Lotus faux pied-d'oiseau (*Lotus ornithopodioides*) image code ; LTSO(2005).

III.4.3. Classification *Lotus ornithopodioides* APG (2009)

Règne : Plantae

Clade : Angiospermes

Clade : Dicotylédones vraies

Clade : Rosidées

Clade : Fabidée

Ordre : Fabales

Famille : Fabaceae

Sous-famille : Papilionoideae

Tribu : Loteae

Genre : Lotus

Espèce : *Lotus ornithopodioides* (Mifsud, 2002)

III.4.4. Description de *Lotus ornithopodioides*

Espèce de plantes herbacées méditerranéennes de la famille des Fabacées. Espèce : Lotus.

Plante annuelle de 10-40 cm de hauteur, type végétatif annuel, pubescente, dressée ou ascendante, folioles larges, rhomboïdales en coin, stipules largement ovales-rhomboïdales,

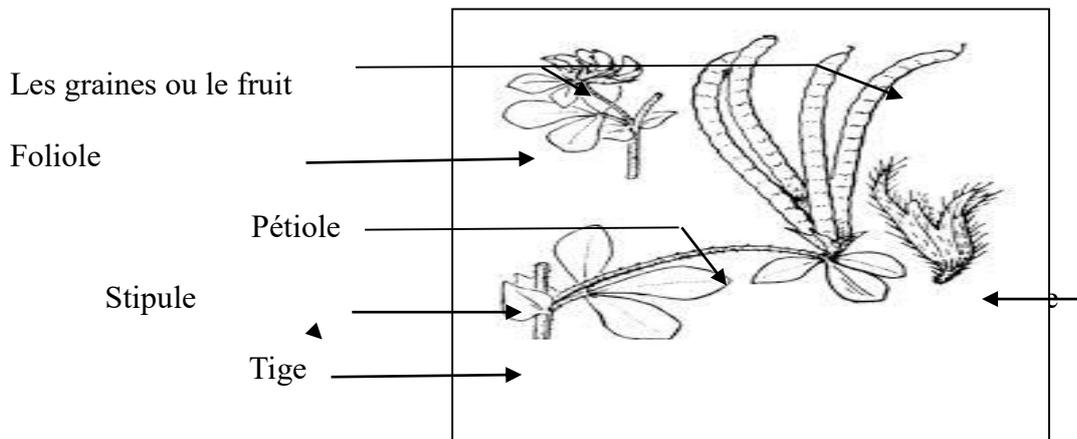


Figure 2: la morphologie de la plante.

Dépassant un peu le pétiole. La couleur de l'inflorescence est jaunes, assez petites, 2-5 sur des pédoncules dépassant peu la feuille le calice à 2 lèvres, à dents inégales, non carénées au sommet, les latérales de la lèvre inférieure bien plus courtes et obtuses ; étendard orbiculaire ; carène courbée en angle droit ; gousses fascées, longues de 30-50 mm, largement linéaires, comprimées, bosselées, arquées, d'un brun rougeâtre, à graines nombreuses (**fig 3**)



Figure 3: Les graines et le fruit de lotus (Allen, 1981).

Le genre *Lotus* comprend plus de 180 espèces et se trouve dans le monde entier à l'exception de certaines régions très froides et tropicales d'Asie du Sud et d'Amérique du Sud et centrale (Allen,1981).

III.4.5. Les caractéristiques de *Lotus ornithopodioides*

L'utilisation est relativement mineure et limitée aux zones à fortes précipitations, où l'engorgement est fréquent et les pâturages sont en rotation pâturé (Blumenthal et al., 1993). L'importance écologique et agronomique pertinente de plusieurs espèces de *Lotus* et leur grand potentiel pour l'adaptation à plusieurs stress abiotiques ont été revue par (Escaray et al.,2012). Cependant, général problèmes liés à la floraison indéterminée, mature déhiscence des gousses et éclatement des gousses qui réduisent le rendement en graines récoltables sont les principales contraintes à une exploitation plus large des espèces de lotus (Fairey et al.,1999).

- Elles ont un fort potentiel d'être domestiquées et profitent aux systèmes agricoles méditerranéens (Howieson et al.,1994). L'une d'entre eux est *Lotus ornithopodioides* L.(lotier) une espèce annuelle de lotus qui a été trouvée dans de nombreux sites de collecte des zones méditerranéennes poussant sur différents types de sols, du sable au loam argileux, et différentes roches mères qui comprenaient du granit, du calcaire, du schiste et basalte (Loi et al., 1995 ; Nutt et al., 1996).
- Selon (Pignatti,1982), *L. ornithopodioides* est l'un des plus espèces de lotus communes et largement répandues en méditerranéen. D'autres auteurs ont indiqué que *L. ornithopodioides* comme composant spontané commun dans les pâturages méditerranéens (Bullitta et Caredda 1982 ; Bennani et al., 2010) et dans la flore de l'olivier anciens bosquets du sud de l'Italie (Perrino et al., 2014). Cette espèce a un certain nombre de traits souhaitables tels qu'une racine profonde système, production de graines prolifique, tolérance aux insectes, excellente rétention des gousses sur les tiges et gousse minimale éclatant par rapport aux autres espèces du même genre (Loi et al., 2002).
- *L. ornithopodioides* a le potentiel d'être utilisé comme culture fourragère (Pelikan et Zapletalova 1994), culture de couverture dans les vergers d'arbres et comme culture de rupture générale dans systèmes céréalières (Flohrova, 1998). Il a été rapporté qu'une variété commerciale (Junak) de *L. ornithopodioides* a été enregistré par l'Institut de recherche pour le fourrage Cultures à Troubsko (République tchèque) à partir de matériel obtenu des jardins botaniques (RIFC, 2010).

- **L. ornithopodioides** est également signalé pour la première fois comme espèces exotiques introduites en République tchèque, de plus en plus à partir de graines provenant très probablement de l'Institut du fourrage susmentionné à Troubsko (**Pysěk et al., 2012**).
- Des informations supplémentaires indiquent un intérêt pour cette espèce pour la réhabilitation des terres (**Bullitta et al., 2009 ; Safronova et al., 2012 ; Porqueddu et al., 2013**), en tant que source de métabolites végétaux secondaires utiles pour améliorer santé ou à utiliser comme herbicides naturels (**Tava et al., 2005 ; Piluzza et Bullitta 2010 ; Araniti et al., 2014**).
- **Lotus ornithopodioides** a été incluse dans le programme annuel australien d'amélioration des légumineuses de pâturage au cours des 20 dernières années (**Loi et al., 2002 ; Sula 2005**). Par conséquent, un programme de domestication de l'espèce pour son fourrage potentiel utiliser dans des textures fines modérément acides et alcalines sols a été lancé au sein de NAPLIP en Australie occidentale. Ou le rendement en graines donne une production de matière sèche de 2,8 à 4,3 t ha⁻¹ et rendement en graines de 284 à 684 kg ha⁻¹.
- **Lotus ornithopodioides** constitue une source alternative pour l'alimentation du bétail (**Hammadache et al., 1998**), riche en matière azoté totale ce qui leur confère une place de choix parmi les sources protéiques et énergétiques utilisable par le cheptel en générales et les ruminants en particulier du fait de leur digestibilité qui s'élève à 70% (**Nacef et al., 2008**) elle est riche en cellulose brute.
- En Algérie, le genre **Lotus** est représenté par 26 taxons qui se rencontrent en majorité et fréquemment au niveau de la frange littorale et les hauts-plateaux du pays sous des régimes climatiques allant du semi-aride à l'humide en allant d'ouest en est (**Quezel et Santa 1962 ; Ozenda 1983, 2004**).

En raison de leur capacité à former une symbiose fixatrice d'azote avec les rhizobia, les représentants du genre **Lotus** sont des plantes pionnières et une source de biomasse riche en protéines, ce qui leur confère un intérêt écologique et agropastoral (**Abdelguerfi et., al2004**).

Elles sont cultivées pour la fabrication d'huiles alimentaires et non alimentaires, comme plantes ornementales.

Chapitre IV

Les dernières recherches faites sur les légumineuses (Fabacées) comme plantes de couverture

Les légumineuses comme plantes de couverture jouent un rôle crucial grâce à leurs multiples bénéfices écologiques et agronomiques. L'auteur dans cette étude illustre leur importance et leur efficacité. 27 légumineuses sélectionnées (Pois chiche, Soja, Gesse cultivée, Lentille comestible, Lentille canadienne, Lotier corniculé, Lupin blanc, Lupin à folioles étroites, Luzerne lupuline, Luzerne cultivée, Mélilot blanc, Esparcette, Pois fourrager, Pois protéagineux, Trèfle d'Alexandrie, Trèfle hybride, Trèfle incarnat, Trèfle violet, Trèfle blanc, Trèfle de Perse, Trèfle souterrain, Trigonelle bleue, Fenugrec, Féverole, Vesce de Hongrie, Vesce commune, Vesce velue) et deux non-légumineuses (Avoine de printemps, Phacélie) servant de référence.

Trois expérimentations de plein champ ont été mises en place en 2010 et 2011 sur le domaine expérimental de Changins et en 2011 sur le domaine de l'école d'agriculteur à Changins. Cette étude a évalué les 27 légumineuses comme couverts végétaux en pur et en association, pour vérifier la complémentarité des légumineuses avec d'autres espèces de couverts végétaux dans le but d'offrir une large gamme de services agro-écosystémiques. Les résultats montrent des variations de comportement importantes entre les différentes espèces testées, soulignant l'importance de ces légumineuses pour l'agriculture.

IV.1. Etude menée par Claude-Alain et ses collaborateurs en 2013

Selon (Claude-Allain *et al.*, 2013), Biomasse Aérienne En trois mois de végétation, la biomasse aérienne des légumineuses varie considérablement entre les espèces, avec des rendements de 0,5 t MS/ha à 5,9 t MS/ha. La production de biomasse est restée relativement stable entre les années et les sites d'expérimentation, avec une croissance généralement moins importante pour les espèces pluriannuelles par rapport aux annuelles. Dix légumineuses ont atteint un rendement supérieur à 3,0 t MS/ha. Parmi elles, le lupin blanc, le pois et la féverole se développent en hauteur, tandis que la gesse cultivée, la lentille, les trèfles de Perse et incarnat, et les vesces présentent une végétation plus basse et dense (**Tableau II**). Le pois fourrager et la gesse cultivée sont sensibles à la verse et leur biomasse affaissée peut pourrir en conditions humides, comme observé en 2011. Certaines espèces ont montré une faible croissance due à des carences en azote causées par l'absence de bactéries symbiotiques (par exemple, le soja, le pois chiche et la trigonelle bleue) ou ont été partiellement détruites par des ravageurs, comme les attaques de lièvre sur le soja (Claude-Allain *et al.*, 2013).

Tableau II: Biomasse aérienne des légumineuses cultivées (en tonnes de matière sèche par hectare)

Le nom de légumineuse	Gesse cultivée	Lentille comestible	Lupin blanc	Pois fourrager	Pois	Trèfle d'Alexandrie	Trèglein-carnat	Féverole	Vesce commune	Vesce velue
Biomasse t MS/ha	3.5	3.2	4.1	4.2	5.1	3.2	3.2	5.9	4.4	3.8

- **Dynamique de Croissance**

Plusieurs espèces de légumineuses ont démontré une croissance plus rapide que la phacélie et l'avoine, en couvrant 50 % du sol plus rapidement. Ces espèces incluent la gesse cultivée, la lentille, le pois fourrager, le trèfle de Perse, et les vesces commune et velue (**tableau III**). Les différences de dynamique de croissance durant la phase d'implantation ont été particulièrement marquées la même année (dans l'étude en 2010 à Changins), où les conditions étaient relativement sèches. Cela a mis en évidence les espèces les plus rapides pour une implantation estivale, telles que la lentille, le pois fourrager, le trèfle de Perse, les vesces, et même le trèfle d'Alexandrie.

Tableau III: La principale caractéristique des légumineuses testées : temps nécessaire pour atteindre 50% de couverture du sol (t50).

Le nom de Légumineuses	Gesse cultivée	Lentille	Pois fourrager	Trèfle de Perse	Vesce commune	Vesce velue	Féverole
T50 degrés-jours	423	440	414	423	420	377	541

- **Absorption et fixation d'azote**

L'azote accumulé par les légumineuses (Ntot) provient principalement de la fixation symbiotique (Nda), avec des variations significatives allant de quelques kilos à 150 kg N/ha en trois mois de végétation, et varie fortement d'une espèce à l'autre. Le prélèvement d'azote du sol (Nds) dépend à la fois de la disponibilité d'azote dans le sol et de la capacité d'absorption de la plante. Le prélèvement d'azote du sol (Nds) atteint un maximum de 50 kg N/ha, notamment pour la vesce commune et le pois. Cette même quantité de prélèvement d'azote du sol (Nds)

est accumulée par la phacélie et l'avoine, pour lesquelles $N_{ds} = N_{tot}$, mais aussi par le soja dont la fixation symbiotique (N_{da}) est restée négligeable en raison de l'absence de symbiose. Par contre, la féverole n'absorbe que 27 kg N/ha du sol, alors qu'elle est très productive (5,9 t MS/ha), pour l'azote accumulé par les légumineuses (N_{tot}) de 163 kg N/ha (tabl.3). Une bonne relation est observée entre l'azote accumulé par les légumineuses (N_{tot}) et la quantité de biomasse ($R^2 = 0,75$) (**Tab03**). Performances des sites d'expérimentation sont comparables avec quelques légères différences. La sécheresse de 2010 à Changins a eu un impact négatif sur la couverture du sol, et la biomasse et l'accumulation d'azote, mais n'a pas réduit la contribution de la fixation symbiotique (N_{da}). En revanche, les légumineuses ont mieux performé en 2011 à Changins en termes d'accumulation d'azote (**Claude-Allain et al.,2013**).

Tableau IV: La Principale caractéristique des légumineuses testées : azote total dans la biomasse aérienne (N_{tot}), azote dérivé de l'air en quantité (N_{da}) et en part de l'azote total (pN_{da}).

	Ntot kg/ha	Nda kg/ha	pNda %
Vicia sativa	171	127	75
Pois	150	108	72
Phacélie	93	0	0
L'avoine	49	0	0
Soja	69	16	23
Féverole	163	136	84

- **Effet sur les adventices**

La présence d'adventices à Changins en 2010 était principalement composée d'amaranthe (*Amaranthus retroflexus*) et de chénopode (*Chenopodium album*), avec quelques espèces secondaires telles que la renouée persicaire (*Polygonum persicaria*), le lamier rouge (*Lamium purpureum*), la capselle (*Capsella bursa-pastoris*), et le laiteron rude (*Sonchus asper*). En 2011, on a également observé une forte présence de colza (*Brassica napus*) dans les deux

essais. La biomasse des adventices dans les parcelles non semées était en moyenne de 0,98 t MS/ha. Il existe une relation inversement proportionnelle entre la biomasse des légumineuses et la proportion d'adventices ($R^2 = 0,93$). Une couverture végétale des légumineuses de plus de 3,5 t MS/ha est nécessaire pour maintenir une compétition élevée avec les adventices (<15%). Le nombre de jours nécessaires pour que les légumineuses couvrent 35% du sol est le meilleur indicateur de la relation entre la dynamique de croissance des légumineuses et la présence des adventices, avec un coefficient de détermination ($R^2=0.6$).

Les mélanges de légumineuses avec la phacélie et l'avoine révèlent leur capacité d'association différente (**tableau V**). Cinq espèces (gesse cultivée, féverole, vesce velue et commune, pois) dominent largement, représentant plus de 80% de la biomasse en mélange avec la phacélie et environ 70% avec l'avoine. Le pois fourrager se montre particulièrement compétitif, constituant plus de 90% de la biomasse dans les deux mélanges. D'autre part, un groupe d'espèces se révèle plus complémentaire, représentant 40 à 50% des mélanges (fenugrec, soja, lupin blanc, trèfle d'Alexandrie, vesce de Hongrie, trèfle de Perse, trèfle incarnat, lentille). L'avoine semble être légèrement plus compétitive que la phacélie vis-à-vis des légumineuses. En 2010, la phacélie a bénéficié davantage de l'association avec les légumineuses pour augmenter sa biomasse par rapport à l'avoine. La proportion des légumineuses dans les associations montre une forte corrélation avec la capacité de compétition contre les adventices ($R^2= 0,89$) (**Claude-Alain *et al.*, 2013**).

Tableau V: Effet des légumineuses et mélanges sur le control des adventices en pourcentage.

	Gesse cultivée	Féverole	Vesce velue	Vesce commune	Pois	Fenugrec	Soja	Lupin blanc	Trèfle	Lentille
Mélange avoine %	67	71	73	77	94	33	41	50	43	48
Mélange phacélie %	93	86	85	87	96	52	52	56	46	44
Effet sur adventices%	05	06	04	03	40	16	29	08	11	13

Les résultats obtenus par (Claude-Alain *et al.*,2013), montrent une variabilité importante dans le développement de la biomasse aérienne des différentes espèces, allant de 0,5 t MS/ha à 5,9 t MS/ha en trois mois de végétation. Les espèces annuelles ont généralement une croissance plus importante que les espèces pluriannuelles.

-Certaines légumineuses, comme la lentille, le pois fourrager et le trèfle de Perse, présentent une croissance plus rapide que la phacélie et l'avoine.

-La fixation symbiotique de l'azote par les légumineuses varie considérablement d'une espèce à l'autre, allant de quelques kilos à 150 kg N/ha en trois mois de végétation.

-La biomasse des légumineuses montre une corrélation significative avec leur capacité à concurrencer les adventices.

-Les mélanges de légumineuses avec la phacélie et l'avoine mettent en évidence leur capacité d'association différenciée, avec certaines espèces dominant largement la biomasse et d'autres agissant de manière plus complémentaire.

Les avantages obtenus grâce à cet étude.

Production de Biomasse : Les légumineuses peuvent produire une biomasse aérienne importante en trois mois, avec des rendements allant de 0,5 à 5,9 t MS/ha. Dix espèces de légumineuses testées ont atteint des rendements supérieurs à 3,0 t MS/ha, offrant une bonne couverture végétale.

Fixation de l'Azote : Elles fixent l'azote atmosphérique grâce à la symbiose avec des bactéries, ce qui réduit la dépendance aux engrais azotés. Certaines espèces peuvent accumuler jusqu'à 150 kg N/ha en trois mois, avec une forte proportion provenant de la fixation symbiotique (Nda). Par exemple, la féverole et la vesce velue ont montré des performances élevées en fixation d'azote, avec des N_{tot} de 163 kg N/ha et 171 kg N/ha respectivement.

Amélioration de la Fertilité du Sol : Les légumineuses enrichissent le sol en azote, bénéfique pour les cultures suivantes. La bonne relation entre la quantité de biomasse produite et l'azote total accumulé ($R^2 = 0,75$) souligne l'impact positif sur la fertilité du sol.

Contrôle des Adventices : Une couverture dense de légumineuses peut efficacement concurrencer les adventices, réduisant ainsi leur présence. Une biomasse de plus de 3,5 t MS/ha est nécessaire pour assurer une concurrence élevée contre les adventices.

Dynamique de Croissance : Certaines légumineuses, comme la gesse cultivée, la lentille, le pois fourrager, et le trèfle de Perse, ont une croissance rapide et peuvent couvrir le sol plus rapidement que des plantes comme la phacélie et l'avoine. Cela les rend particulièrement efficaces pour une implantation estivale rapide.

Performance en Mélanges : Les légumineuses peuvent être efficacement utilisées en mélanges avec d'autres plantes comme la phacélie et l'avoine, augmentant la diversité et des cultures de couverture. Certaines espèces dominent les mélanges, tandis que d'autres apportent une complémentarité, ce qui peut améliorer la structure et la fertilité du sol.

IV.2. Etude menée par Svetlana et ses collaborateurs en 2021

Les cultures de couverture sont des plantes cultivées entre les cycles des cultures principales, principalement dans le but de protéger, améliorer et enrichir le sol. Elles ne sont généralement pas récoltées pour être vendues ou consommées, mais servent à prévenir l'érosion, augmenter la fertilité du sol, améliorer sa structure, fixer l'azote.... Elles jouent un rôle essentiel dans les pratiques agricoles durables et la gestion des sols.

Selon Svetlana et ses collaborateurs en 2021, à l'université de Novi Sad, faculté d'Agriculture, ont mené plusieurs essais sur le terrain pour analyser les effets de différentes cultures de couverture hivernales utilisées comme engrais vert sur le bilan azoté du sol et le rendement des cultures. Les essais incluaient des légumineuses annuelles, des céréales, des mélanges de légumineuses et céréales, des traitements avec fertilisation azotée, et un témoin (sol nu). Les cultures de couverture ont été utilisées sur un sol chernozem carbonaté, puis incorporées dans le sol avant le semis des cultures principales au printemps.

Les légumineuses apportaient de l'azote au sol, soit par leur incorporation comme engrais vert, soit en laissant des résidus après utilisation comme fourrage. Cependant, il existe des différences entre la quantité d'azote incorporée dans le sol et celle absorbée par la culture, mesurée par l'azote apparent restant dans le sol (ARNS) après la culture principale (Kramberger, 2009).

Les essais ont révélé que les valeurs ARNS étaient positives pour toutes les cultures de couverture, mais négatives pour les traitements de contrôle et N1 (40 kg N ha⁻¹), en raison de l'utilisation des ressources en azote du sol par les graminées du Soudan. Le traitement avec les pois de grande culture a montré le plus haut ARNS (165,26 kg N ha⁻¹), suivi du mélange légumineuses/céréales (94,0 kg N ha⁻¹). La décomposition de la biomasse et la libération d'azote étaient plus intenses pour les pois que pour le mélange, en raison d'un rapport C/N plus élevé pour les céréales, ralentissant la minéralisation et réduisant l'azote disponible pour la culture (tableau V) (Pang xp et al., 2000).

Les essais avec le maïs ensilage ont montré que, sous des conditions d'humidité limitée du sol, la minéralisation de la matière organique des cultures de couverture enfouie était faible, avec peu de lessivage d'azote dans les couches inférieures. Les valeurs ARNS après la récolte du maïs ensilage étaient plus élevées dans les trois traitements de cultures de couverture (tableau VI), la fluctuation des conditions météorologiques étaient plus favorables à entraîner des valeurs ARNS et de rendement en N différentes. (Kramberger, 2009).

Les résultats suggèrent que, malgré les conditions variables, les légumineuses et les mélanges légumineuses/céréales offrent un bon équilibre entre le rendement en azote et l'azote restant dans le sol. Les chercheurs soulignent que les avantages des cultures de couverture surpassent les inconvénients potentiels.

Tableau VI : Teneur en azote dans le rendement de l'herbe soudanaise aérienne (Rendement en N) et N apparent restant dans le sol (ARNS) après la récolte de l'herbe au Soudan affecté par les cultures de couverture et la fertilisation minérale traitements dans la localité de Rimski Šančevi (moyenne 2005-2006).

Traitement	Rendement N en surface Biomasse herbacée du Soudan (kg N ha-1)	ARNS après la culture de l'herbe du Soudan (kg N ha-1)
Pois de grande culture	123.91	165.26
Blé	106.65	41.55
Pois de grand culture/blé	108.10	94.03
Colza	112.61	0.37
N1 - 40 kg Nha-1	110.27	-25.40
N2 - 80 kg N ha-1	132.52	29.00
Contrôle (sol nu)	113.48	-59.48

Les résultats obtenus par (Svetlana Vujić *et al.*, 2021), montrent que les cultures de couverture ont un impact significatif sur le bilan azoté du sol et le rendement des cultures suivantes dans la province de Voïvodine.

Impact des Légumineuses : Les légumineuses, comme la vesce commune et le poids des champs, ont montré une capacité notable à enrichir le sol en azote. Le traitement avec les pois de grande culture a atteint l'ARNS le plus élevé (165,26 kg N ha-1), suivi par le mélange légumineuses/céréales (94,0 kg N ha-1). Cela démontre que ces cultures de couverture sont efficaces pour augmenter l'azote disponible dans le sol, ce qui peut être bénéfique pour les cultures suivantes.

Comparaison avec les Céréales et les Mélanges : Les mélanges de légumineuses et de céréales ont également apporté des bénéfices, bien que la décomposition de la biomasse et la libération d'azote soient plus lentes en raison d'un rapport C/N plus élevé des céréales.

Les conditions hydrologiques influencent fortement la minéralisation de l'azote. Les résultats obtenus affiche une faible humidité du sol a conduit à une minéralisation réduite

de la matière organique des cultures de couverture, ce qui a entraîné des valeurs ARNS inférieures. L'année d'après, des conditions météorologiques plus favorables ont permis une meilleure minéralisation et des valeurs ARNS plus élevées.

Les résultats suggèrent que les légumineuses et les mélanges légumineuses/céréales devraient être privilégiés comme cultures de couverture en raison de leur capacité à enrichir le sol en azote et à améliorer le rendement des cultures. Cependant, il est crucial de tenir compte des conditions climatiques locales pour optimiser les bénéfices.

Les avantages révélés par cette étude

Les cultures de couverture, notamment les légumineuses, sont une pratique agricole bénéfique pour améliorer le bilan azoté du sol et augmenter les rendements des cultures.

IV.3. Etude menée par Ksenija et ses collaborateurs en 2021

Les cultures de couverture de légumineuses ont un impact significatif sur le statut de l'eau du sol, modifiant à la fois ses propriétés et sa disponibilité en eau (**Sindelar,2019**). La présence de couverture végétale réduit l'impact des gouttes de pluie et la vitesse de ruissellement, protégeant ainsi le sol contre l'érosion. De plus, la végétation couvre le sol, réduisant ainsi l'évaporation et maintenant une température plus stable. L'étude suivante rapporte quelques avancées de recherche récentes dans ce domaine, illustrant leur importance et leur efficacité (**Frye ,1988**).

Selon Ksenija et ses collaborateurs en 2021

Pour déterminer quelle culture de couverture est la plus efficace pour économiser l'eau, des recherches ont été menées dans la province de Voïvodine. La vesce commune, le triticale et leur mélange ont été semés comme cultures de couverture fourragères d'hiver. Les cultures ont été semées à des taux spécifiques et après la récolte, le sol a été labouré et préparé pour la culture principale, le maïs ensilage les points principaux tiré de cette étude démontre :

Les recherches ont révélé que les cultures de couverture (CC), en particulier les légumineuses, ont entraîné des niveaux d'eau du sol inférieurs et une efficacité de stockage (SE) réduite par rapport aux parcelles en jachère. Cette diminution peut être attribuée à l'utilisation par les cultures de couverture (CC) de l'eau facilement disponible dans le sol, laissant ainsi moins d'eau disponible pour la culture principale, surtout en périodes de sécheresse lorsque le sol n'est pas rechargé par les précipitations. (**Blanco,2019**).

Les différences entre les traitements de cultures de couverture (CC) sont plus influencées par les conditions météorologiques que par les espèces de couverture cultivées. Les légumineuses et les graminées cultures de couverture CC n'ont pas montré d'amélioration significative des niveaux d'eau disponibles. Cependant, les mélanges de légumineuses et de céréales ont démontré une efficacité de stockage plus faible, probablement en raison de l'augmentation de l'azote disponible favorisant le développement racinaire des céréales, permettant ainsi un accès plus profond à l'eau du sol (Dabney,2001).

L'effet des cultures de couverture (CC) sur le stockage de l'eau du sol dépend également des précipitations et du rapport entre les revenus d'infiltration et les pertes d'évapotranspiration. L'utilisation de cultures de couverture (CC) a généralement entraîné un stockage de l'eau (SE) plus élevée sur le sol nu que sur les cultures de couverture (CC), indiquant des effets négatifs sur l'humidité du sol. Cependant, ces effets pourraient être contrebalancés par l'amélioration de la qualité du sol au fil du temps (Frye,1988)

Tableau VII: Teneur en eau du sol (SWC) et efficacité de stockage (SE) avant et après des cultures de couverture d'hiver et du maïs d'ensilage.

Avant le semis du maïs ensilage	Année	Légumineuse	Céréale	Légumineuses +Céréales	Sol nu
SWC (mm)	2012	243.6	251.4	218.3	344.6
	2013	255.4	234.0	236.4	299.7
SE	2012	70	72	63	99
	2013	59	62	65	93

L'année 2012 a connu des périodes de sécheresse grave et mineure, tandis que 2013 a été caractérisée comme une année avec de l'humidité normale modérément augmentée.

Efficacité de stockage % = (teneur moyenne en eau du sol de 120 cm avant le maïs ensilé semis ÷ teneur moyenne en eau du sol de 120 cm après l'hiver) x 100

Après la récolte du maïs ensilage	Année	Légumineuse	Céréale	Légumineuses +Céréales	Sol nu
SWC (mm)	2012	149.1	141.1	154.6	157.4
	2013	206.4	197.2	197.7	220.1
SE	2012	61	56	71	46
	2013	81	84	84	67

Efficacité de stockage % = (teneur moyenne en eau du sol de 120 cm après la récolte du maïs ensilage ÷ teneur moyenne en eau du sol de 120 cm avant le semis du maïs ensilage) x 100.

$$SWH = \frac{M_{\text{humide}} - M_{\text{sec}}}{M_{\text{sec}}}$$

- M_{humide} : masse de l'échantillon de sol humide
- M_{sec} : masse de l'échantillon de sol sec

Les résultats obtenus par (**Ksenija et al.,2021**) indiquent que les cultures de couverture (CC) réduisent les niveaux d'eau du sol et l'efficacité de stockage (SE) par rapport à la jachère. En utilisant l'eau disponible dans le sol, les CC laissent moins d'eau disponible pour la culture principale, ce qui peut avoir un effet négatif sur les cultures pendant les années sèches si le sol n'est pas rechargé par les précipitations.

Les légumineuses hivernales en tant que cultures de couverture (CC) ont un stockage de l'eau SE comparable à celle des céréales, tandis que les mélanges de légumineuses et de céréales présentent la SE la plus basse. Cela est attribuable à une augmentation de la disponibilité de l'azote dans le mélange, favorisant un développement racinaire plus profond des céréales et un accès accru à l'eau et aux nutriments du sol.

L'utilisation de mélanges de légumineuses et de graminées comme cultures de couverture (CC) peut être justifiée par les avantages combinés des différentes espèces. Les légumineuses, en particulier, avec leurs racines profondes, contribuent à augmenter la matière organique du sol, ce qui améliore la capacité d'absorption d'eau du sol et favorise un enracinement plus profond des cultures principales.

Plusieurs avantages confirmer à travers cette étude ont site

- **Avantages pendant les Années Humides** : Pendant les années humides, les cultures de couverture de légumineuses peuvent assécher les champs.

- La mise en place de cultures de couverture hivernales de légumineuses, offrent des avantages potentiels en améliorant la qualité du sol et en permettant une gestion plus efficace de l'eau, surtout pendant les années humides.

- Les légumineuses, en tant que cultures de couverture à racines profondes, augmentent la matière organique du sol avec le temps, améliorant ainsi la rétention d'eau et permettant un accès plus profond aux nutriments.

Selon Reinhard et ses collaborateurs en 2021

Les légumineuses à grains d'hiver, telles que les pois et les féveroles, jouent un rôle crucial dans l'agriculture, particulièrement dans le contexte du changement climatique. Cette étude se concentre sur une comparaison entre les variétés de légumineuses à grains d'hiver et de printemps, menée sur une période de deux ans dans l'est de l'Autriche.

L'étude entrepris par Reinhard et ses collaborateurs en 2021 révèle

- Les pois d'hiver et la féverole d'hiver ont été comparés à leurs formes de printemps dans une expérience de deux ans en Autriche orientale.
- Les légumineuses à grains d'hiver ont montré une période de croissance plus longue par rapport à leurs équivalents de printemps, ce qui leur permet de couvrir le sol plus rapidement et de fleurir plus tôt (**Figure 4**).

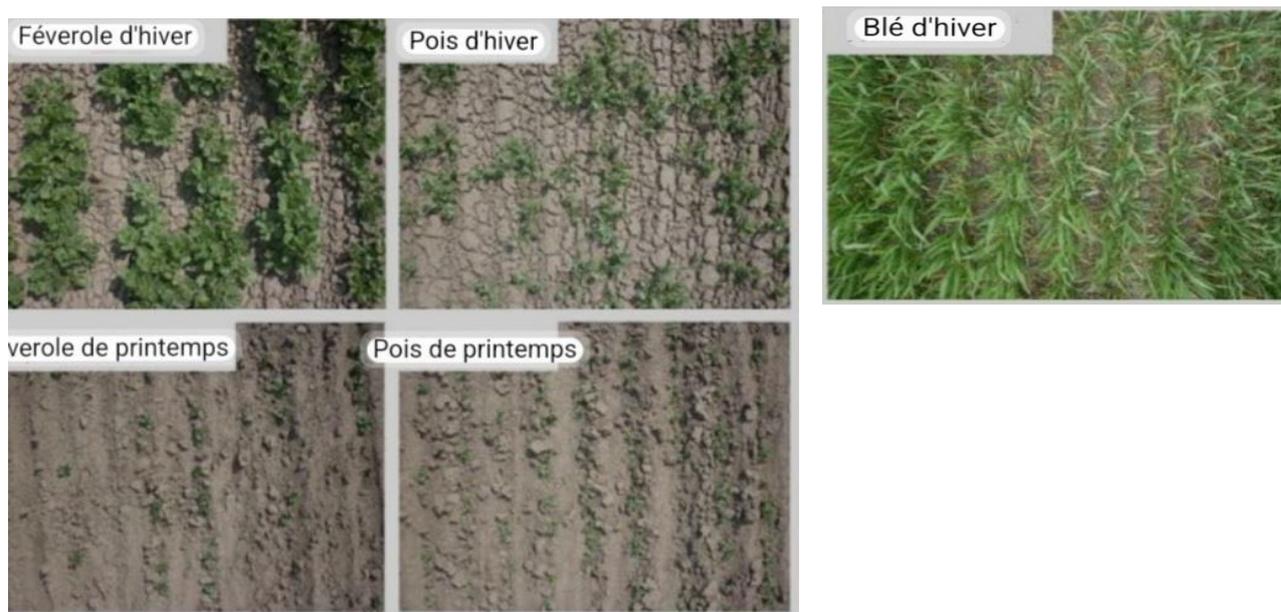


Figure 4 : Les légumineuses à grains d'hiver recouvrent le sol au printemps plus rapidement que les légumineuses à grains de printemps (Reinhard *et al.*, 2021).

- Les photos qui sont au-dessus expliquent que les légumineuses à grains qui sont semées en hiver ont une capacité à couvrir le sol au printemps plus rapidement que celle qui sont semées au printemps.
- Les rendements en grains étaient significativement plus élevés pour les pois d'hiver, environ le double, et pour la féverole d'hiver, environ 50 % de plus, par rapport à leurs formes de printemps respectives.
- La fixation du diazote était également considérablement plus élevée pour les légumineuses à grains d'hiver, jusqu'à quatre à cinq fois plus élevée que pour les formes de printemps.
- Les légumineuses à grains d'hiver sont principalement cultivées dans les régions avec des hivers doux, comme dans le bassin méditerranéen, alors que les formes de printemps sont traditionnellement cultivées en Europe centrale.
- En raison des prévisions de changement climatique en Europe centrale, avec des hivers plus doux et des changements dans les schémas de précipitations, les légumineuses à grains d'hiver pourraient devenir plus importantes car elles peuvent mieux utiliser les précipitations hivernales et sont prêtes pour la récolte avant le début de la sécheresse estivale.
- Les résultats obtenus par (Reinhard *et al.*, 2021) indiquent que les légumineuses à grains d'hiver présentent une période de croissance plus longue par rapport aux

légumineuses de printemps. Elles peuvent couvrir le sol plus rapidement, fleurir plus tôt et sont prêtes pour la récolte plus précocement.

- Les résultats obtenus concernant la fixation du diazote par les légumineuses à grains d'hiver étaient quatre à cinq fois plus élevée que celle des légumineuses de printemps. Cela suggère une meilleure capacité des légumineuses à grains d'hiver à enrichir le sol en azote, un avantage significatif pour la fertilité du sol.

Les avantages révélés par cette étude

Les avantages des légumineuses à grains d'hiver comme plantes de couverture, selon cette étude, sont les suivants :

- Grains d'hiver Elles couvrent plus rapidement le sol.
- Période de croissance plus longue et utilisation efficace de l'eau : Les légumineuses à grains d'hiver ont une période de croissance plus longue par rapport à leurs équivalents de printemps. Elles couvrent plus rapidement le sol.
- Elles peuvent ainsi exploiter plus efficacement les précipitations hivernales et être prêtes pour la récolte avant le début de la sécheresse estivale.
- Meilleurs rendements agricoles : Les pois d'hiver ont montré un rendement en grains deux fois plus élevé que les pois de printemps.
- Fixation élevée de l'azote.
- Résilience face aux conditions climatiques.
- Suppression des mauvaises herbes et amélioration de la santé des sols

IV.4. Etude menée par Bojan et ses collaborateurs en 2021

L'introduction des légumineuses en tant que cultures de couverture dans le système de culture permet de bénéficier d'effets positifs qui peuvent mener à la protection des sols. Elle apporte divers avantages au sol et la culture. Les effets positifs dépendent du choix des espèces végétales. Dans cette recherche, nous avons constaté des effets positifs des légumineuses en tant que cultures de couverture sur le sol. Ces recherches récentes soulignent l'importance et l'efficacité des légumineuses comme cultures de couverture, démontrant leur rôle crucial dans l'amélioration et la protection des sols, ainsi que dans la durabilité des systèmes agricoles.

Selon Bojan et ses collaborateurs en 2021 l'étude révèle au cours des dernières décennies, l'impact anthropique intense sur le sol a entraîné des perturbations physiques, chimiques et biologiques dues à une production agricole intensive. Cette dégradation continue

a conduit à une perte des caractéristiques naturelles et de la qualité du sol. En 2015, la FAO a officiellement déclaré le sol comme une ressource non renouvelable, soulignant son importance inestimable et lançant une campagne mondiale pour la conservation des sols. Des préoccupations croissantes concernant la durabilité de la production alimentaire ont mis en lumière la nécessité urgente de préserver et d'améliorer la qualité du sol.

Parallèlement au développement de l'agriculture conventionnelle, de nouvelles approches agricoles plus durables ont émergé, basées sur un ensemble croissant d'études. Dans de nombreux pays, en raison du sous-développement de la production animale et du manque subséquent de fumier, il existe une demande croissante pour des alternatives organiques bénéfiques tant sur le plan économique qu'environnemental. L'absence d'engrais organiques contribue également à perturber les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol.

De nombreux experts préconisent l'introduction de légumineuses comme cultures de couverture pour profiter des effets bénéfiques potentiels sur la protection du sol. Ces cultures sont cultivées entre deux cultures commerciales principales dans le but de couvrir le sol pendant des périodes spécifiques, particulièrement en hiver, et d'apporter divers avantages à la ferme. Les avantages incluent la réduction du compactage et de la densité apparente du sol, la prévention de l'érosion, l'augmentation du carbone organique labile, ainsi que la réduction de l'utilisation des engrais minéraux. Les légumineuses comme cultures de couverture représentent une méthode efficace pour réduire l'application d'engrais minéraux dans certains systèmes de production agricole durable, et peuvent même remplacer parfois les engrais organiques en raison de leur capacité de fixation d'azote et de leur rapport C/N favorable en tant qu'engrais verts. L'utilisation continue de légumineuses comme engrais vert augmente la biogénicité des sols et favorise la préservation de la matière organique.

Le succès de cette approche dépend de la sélection appropriée des espèces végétales pour les cultures de couverture. La présente recherche confirme les effets positifs des légumineuses comme cultures de couverture sur la qualité du sol. Par conséquent, il est crucial d'adapter les technologies de production et de choisir soigneusement les combinaisons d'espèces afin de préserver efficacement le sol pour les générations futures.

Les résultats obtenus par **(Bojan *et al.*,2021)** indiquent que l'utilisation des légumineuses comme cultures de couverture contribue significativement à l'amélioration des propriétés physique, chimiques et biologiques. D'un point de vue physiques les racines des

légumineuses aèrent le sol, améliorant sa structure et facilitant l'infiltration de l'eau. Cela réduit le risque d'érosion et de compactage.

Sur le plan chimique les légumineuses ont la capacité unique de fixer l'azote atmosphérique grâce à des bactéries symbiotiques. Cela enrichit naturellement le sol en azote, un élément essentiel à la fertilité du sol et à la croissance des plantes, réduisant ainsi le besoin d'engrais chimiques.

Enfin, sur le plan Et biologiques en augmentant la matière organique dans le sol, les légumineuses esstimulent l'activité microbienne et biologique. Cela favorise une biodiversité plus riche dans le sol, ce qui améliore la décomposition des matières organiques et le recyclage des nutriments. Rendant ainsi les systèmes agricoles plus durables et résilients face aux défis environnementaux et économiques.

Plusieurs avantages confirmer à travers cette étude ont site :

- **Prévention de l'érosion** : En couvrant le sol, les légumineuses réduisent l'érosion par l'eau et le vent.
- **Augmentation du carbone organique** : Les légumineuses augmentent la teneur en carbone organique facilement décomposable dans le sol, améliorant ainsi sa fertilité.
- **Fixation d'azote**
- **Rapport (carbone/azote) (C)favorable** : En tant qu'engrais verts, les légumineuses ont un rapport carbone/azote favorable

IV.5. Etude menée par Roderbourg et ses collaborateurs en 1968

Les légumineuses ont la capacité d'exsuder du phosphore assimilable par leur système racinaire, ce qui bénéficie aux autres plantes cohabitantes. Ce phénomène n'est pas exclusif aux légumineuses il a été observé chez d'autres familles de plantes. Pour démontrer cela, une expérience comparative entre un clémentinier cultivé sur un sol nu et un autre sur un sol couvert de luzerne devrait révéler une différence significative dans leur teneur en phosphore.

La migration dépend beaucoup de la nature du sol pour cela une expérience a été menée en introduisant trois types de sols : Dess lourd - Tirs gris – Sable d'El Menzeh.

Selon les résultats d'analyses mené par Roderbourg et ses collaborateurs en 1968, montre que la luzerne qui a grandi sur le sable accuse nettement un effet bénéfique de la fumure phosphatée. Ceci montre bien que le sable ne retient pas le phosphore et le laisse à la disposition

de la plante bien qu'il ne soit pas riche en cet élément (Voir le Tableau VIII). Concernant le dess et le tirs, ceux-ci, plus riches que le sable, mettent à la disposition de la luzerne une quantité plus élevée de phosphore. Cependant, l'engrais phosphaté a peu d'effet sur la teneur en phosphore de la luzerne dans ces sols, car une partie du phosphore de l'engrais est retenue et n'est pas rapidement accessible aux racines de la plante.

Tableau VIII: Résultats d'analyses des trois sols différents.

Type de sols	PH	P2 O5 0/00 Assimilable	Ça CO3 %
Sol de la Mamora (El Menzeh)	6,1	0,12	Traces
Tirs gris (Région Sidi Allal Tazi)	7,5	1,48	18,7
Dess lourd (Région Sudi Allal Tizi)	8,2	0,75	19,2

Les résultats obtenus sur l'échantillonnage des feuilles Awamia (1968), révèle la présence de luzerne entraîne une augmentation significative de la teneur en phosphore des feuilles de clémentiniers, surtout avec un traitement d'engrais, indépendamment du type de sol. L'ajout d'engrais phosphaté montre une plus grande différence de teneur en phosphore, notamment pour le sable et le dess, par rapport aux tirs où le taux d'accroissement reste similaire avec ou sans engrais. La luzerne favorise donc l'assimilation du phosphore par les clémentiniers, surtout notable sur le sable et le dess avec l'utilisation d'engrais.

Les résultats de teneur en phosphore des clémentiniers en présence ou nonde luzerne (1968), montrent que les clémentiniers cultivés avec de la luzerne sont plus riches en phosphore que ceux cultivés sur sol nu, sauf dans le cas du sable sans engrais. Les analyses de phosphore chimique et l'application de phosphore radioactif confirment ce résultat. Le phosphore radioactif appliqué à la luzerne a été transféré aux clémentiniers via le système racinaire de la luzerne. Ce qui démontré l'effet bénéfique de la luzerne par le taux d'accroissement du phosphore dans les clémentiniers. Cependant, en présence de luzerne sans

engrais, le phosphore est plus bas dans le sable, indiquant une concurrence entre la luzerne et les clémentiniers dans des sols pauvres en phosphore. Le taux de phosphore dans la luzerne reste constant dans les trois types de sol sans engrais, suggérant qu'elle absorbe tout le phosphore disponible dans le sable.

Le bilan montre également une variation du taux de phosphore en fonction de la période de végétation et des traitements du sol. Le sol "tirs" à un effet tampon plus marqué, avec un taux de phosphore similaire avec ou sans luzerne sur la période étudiée, mais pourrait montrer une amélioration avec une période de végétation plus longue.

L'expérience l'explique que la couverture végétale du sol influence l'assimilation du phosphore par les racines des clémentiniers. Les plantes adventives peuvent rivaliser avec les cultures si le phosphore est insuffisamment disponible dans le sol. En revanche, la luzerne favorise l'assimilation du phosphore du sol et des engrais, surtout dans les sols argileux, grâce à son système racinaire puissant et à son exsudation de phosphore assimilable. Ces observations suggèrent l'intérêt de maintenir une couverture végétale dans les plantations d'agrumes, tout en assurant un niveau adéquat d'engrais pour éviter la compétition, en particulier sur les sols sableux et pauvres en phosphore.

IV.6. Etude menée par le groupe de recherche ECHO (2017)

Les plantes de couvertures sont cultivées pour améliorer la qualité du sol on le protégeant contre l'érosion les légumineuses ont la capacité unique, grâce à une symbiose avec certaines bactéries du sol (notamment les rhizobia), de convertir l'azote atmosphérique en une forme d'azote "fixé" assimilable par les plantes, un processus connu sous le nom de fixation biologique de l'azote.

Selon l'étude menée par le groupe de recherche ECHO (2017) ils ressortent que ;

Le nombre de jours jusqu'à la formation des gousses illustre la rapidité de croissance des légumineuses. Les niébés sont les plus rapides à mûrir, prenant environ 45 jours après l'ensemencement au Bangladesh, où les degrés-jours de croissance (DJC) s'accumulent rapidement.

En revanche, le haricot sabre, le dolique d'Égypte et le haricot riz nécessitent environ trois mois pour commencer à produire des gousses. Ces légumineuses, avec une durée de vie plus longue, fournissent une couverture du sol en fin de saison et diverses options alimentaires

ou de fourrage, augmentant ainsi la productivité en saison sèche, à condition que la saison des pluies soit suffisamment longue pour leur établissement.

La quantité de matière sèche en surface révèle la productivité des légumineuses selon les sites. Le haricot sabre a produit le plus de biomasse, avec 12 t/ha au Bangladesh et aux Philippines, et 9 t/ha en Thaïlande. Le haricot riz a généré près de 9 t/ha au Bangladesh et 6 t/ha en Thaïlande. Le niébé a atteint 5 t/ha ou plus au Bangladesh et aux Philippines.

Globalement, les légumineuses ont mieux poussé au Bangladesh et en Thaïlande, grâce à une texture de sol moyenne (limon), une accumulation rapide des DJC, et des précipitations abondantes. Malgré les bonnes performances du niébé et du haricot sabre aux Philippines, le dolique d'Égypte et le haricot riz y ont moins bien poussé. Les Philippines, étant le site le plus sec, n'ont peut-être pas fourni assez de pluie pour l'établissement de ces légumineuses, en particulier le dolique d'Égypte, qui bien que résistant à la sécheresse et doté de racines profondes, nécessite plus d'humidité durant sa phase d'établissement.

Une expérience réalisée par les agriculteurs dans différents territoires de différent pays explique que les niébés ont mûri plus rapidement que les autres légumineuses, en environ 45 jours après l'ensemencement, ce qui est cohérent avec une accumulation rapide d'unités de chaleur (DJC) au Bangladesh.

Les résultats soulignent l'importance de choisir des légumineuses adaptées aux conditions spécifiques du site pour maximiser la production et les avantages agronomiques.

Les niébés et le haricot sabre, en raison de leur rapide maturation, leur adaptation à des climats variés, et leur capacité à produire une couverture de sol efficace et de la biomasse, présentent des avantages significatifs pour divers systèmes agricoles. Ils permettent non seulement d'optimiser les rendements dans des environnements spécifiques, mais aussi de diversifier les usages agricoles, contribuant ainsi à la durabilité et à la résilience des exploitations agricoles.

Elles ajoutent du paillis biologique au système la conservation des sols est essentielle pour permettre la production des aliments de manière durable à travers le temps elle repose en grande partie sur le maintien de la matière organique dans le sol qui est cruciales pour la croissance des cultures est d'autres bénéfique telles que l'aération, le drainage, la rétention des nutriments et leur recyclage par les microbes (**Palm et al., 2014**).

L'adoption de l'agriculture de conservation repose sur le principe fondamental que le sol doit être constamment recouvert de paillis végétal, car il apporte de la matière organique au sol, réduit la croissance des mauvaises herbes et protège le sol contre l'érosion (**Palm et al., 2014**).

Elles améliorent la fertilité du sol par le développement des légumineuses s'accompagne par l'accumulation de l'azote dans leurs tiges, feuilles et racines assuré par la fixation biologique. Dans les essais réalisés en Afrique du Sud, des légumineuses comme le niébé, le grain de cheval, le crotalidé et le pois Mascate ont accumulé plus de 100 kg d'azote par hectare dans leur biomasse au-dessus du sol (**Vertes, 2010**).

Les légumineuses ont des systèmes racinaires que puissent efficacement les nutriments du sol. Ainsi, leur biomasse est riche non seulement en azote, mais aussi en d'autres nutriments comme le phosphore et le potassium. Lorsque les résidus de légumineuse sont laissés en champ, les nutriments qu'elles ont accumulés retournent au sol. Lorsque le paillis des légumineuses est combiné à des pratiques qui préviennent l'érosion du sol, la matière organique ajoutée aide à maintenir et même à améliorer la fertilité du sol. L'une des expériences menées sur le sol sud-africain a examiné l'effet des légumineuses sur l'azote quatre mois après leur ensemencement. Notons que les taux de minéralisation de l'azote conversion par des microorganismes de l'azote organique en azote inorganique dans le sol étaient les plus rapides dans la couche de sol située immédiatement en dessous des résidus de légumineuse.

Capacité de produire suffisamment de biomasse les légumineuses qui produisent de grandes quantités de biomasse fournissent plus de paillis, ce qui est bénéfique pour la couverture du sol ainsi que l'ajout de matière organique, les légumineuses petites et compactes, comme certaines variétés de niébé à croissance rapide, offrent des avantages tels que :

Une maturation précoce, Une facilité de culture et de récolte mécanique, Moins de concurrence avec les plantes de céréales voisines

En revanche, elles produisent généralement moins de biomasse.

De même, les variétés précoces de pois d'Angole produisent des gousses plus rapidement que les variétés à longue durée, mais ces dernières génèrent beaucoup plus de biomasse (**Coulibaly, 2017**).

Parmi les avantages tirés à travers cette étude , on pourra dire que :

Les légumineuses ont la capacité de pousser dans des sols pauvres en nutriments, notamment en azote. Cela est possible grâce à leur capacité unique de fixer l'azote atmosphérique. En d'autres termes, les légumineuses peuvent utiliser l'azote de l'air grâce à des bactéries symbiotiques présentes dans leurs racines, ce qui leur permet de croître même dans des sols où l'azote est déficient. Cette caractéristique rend les légumineuses particulièrement adaptées aux conditions de culture difficiles, où d'autres cultures auraient du mal à se développer en raison du manque d'azote dans le sol.

Doit choisir des légumineuses adaptées aux sols et conditions locales. Les sols argileux retiennent bien l'eau et les nutriments, mais limitent la croissance des racines. Les sols sableux ont une fertilité réduite et retiennent mal l'humidité. Les conditions climatiques saisonnières doivent aussi être prises en compte. Par exemple, le dolique d'Égypte pousse bien en Floride pendant les périodes fraîches et sèches.

Le nombre de jours jusqu'à la formation des gousses illustre la rapidité de croissance des légumineuses. Les niébés sont les plus rapides à mûrir, prenant environ 45 jours après l'ensemencement au Bangladesh, où les degrés-jours de croissance (DJC) s'accumulent rapidement.

En revanche, le haricot sabre, le dolique d'Égypte et le haricot riz nécessitent environ trois mois pour commencer à produire des gousses. Ces légumineuses, avec une durée de vie plus longue, fournissent une couverture du sol en fin de saison et diverses options alimentaires ou de fourrage, augmentant ainsi la productivité en saison sèche, à condition que la saison des pluies soit suffisamment longue pour leur établissement.

La quantité de matière sèche en surface révèle la productivité des légumineuses selon les sites. Le haricot sabre a produit le plus de biomasse, avec 12 t/ha au Bangladesh et aux Philippines, et 9 t/ha en Thaïlande. Le haricot riz a généré près de 9 t/ha au Bangladesh et 6 t/ha en Thaïlande. Le niébé a atteint 5 t/ha ou plus au Bangladesh et aux Philippines.

Globalement, les légumineuses ont mieux poussé au Bangladesh et en Thaïlande, grâce à une texture de sol moyenne (limon), une accumulation rapide des DJC, et des précipitations abondantes. Malgré les bonnes performances du niébé et du haricot sabre aux Philippines, le dolique d'Égypte et le haricot riz y ont moins bien poussé. Les Philippines, étant le site le plus sec, n'ont peut-être pas fourni assez de pluie pour l'établissement de ces légumineuses, en

particulier le dolique d'Égypte, qui bien que résistant à la sécheresse et doté de racines profondes, nécessite plus d'humidité durant sa phase d'établissement.

Conclusion

L'étude de la famille des légumineuses montre qu'elles occupent un rôle central en agriculture en tant que plantes de couverture. Ce travail explore les recherches sur leur rôle. Ces études mettent en lumière les principaux avantages des légumineuses en tant que plantes de couverture, issus de la bibliographie que nous avons consultée.

Les légumineuses produisent une biomasse aérienne importante et fixent l'azote atmosphérique grâce à une symbiose bactérienne, enrichissant ainsi le sol en azote et améliorant la fertilité pour les cultures suivantes. Leur couverture dense contrôle efficacement les adventices. De plus, elles peuvent être utilisées en mélanges avec d'autres plantes comme la phacélie et l'avoine, augmentant la diversité des cultures de couverture et améliorant la structure et la fertilité du sol (**Claude-Alain *et al*, 2013**).

Les cultures de couverture, notamment les légumineuses, sont une pratique agricole bénéfique pour améliorer le bilan azoté du sol et augmenter les rendements des cultures (**Svetlana *Vet al.*, 2021**).

Pendant les années humides, les légumineuses utilisées comme cultures de couverture offrent plusieurs avantages : elles peuvent assécher les champs et améliorer la qualité du sol. En tant que cultures hivernales, elles permettent une gestion plus efficace de l'eau. Grâce à leurs racines profondes, les légumineuses augmentent la matière organique du sol, améliorant ainsi la rétention d'eau et l'accès aux nutriments en profondeur (**Ksenija *et al.*, 2021**).

Les légumineuses à grains d'hiver comme plantes de couverture, couvrent le sol plus rapidement grâce à une période de croissance plus longue par rapport à leurs équivalents de printemps, ce qui leur permet d'utiliser plus efficacement les précipitations hivernales et d'être prêtes pour la récolte avant la sécheresse estivale. Ces légumineuses fixent également de grandes quantités d'azote, sont résilientes face aux conditions climatiques, et contribuent à la suppression des mauvaises herbes et à l'amélioration de la santé des sols (**Reinhard *et al.*, 2021**).

Les légumineuses préviennent l'érosion en couvrant le sol, réduisant ainsi l'érosion par l'eau et le vent. Elles augmentent également la teneur en carbone organique facilement décomposable dans le sol, améliorant ainsi sa fertilité. De plus, elles fixent de grandes quantités d'azote et possèdent un rapport carbone/azote favorable en tant qu'engrais verts, ce qui contribue à la santé et à la productivité des sols (**Bojanet *et al.*, 2021**).

La luzerne cultivée sur différents types de sol, notamment le sable, le dess, et les tirs, bénéficie significativement de la fumure phosphatée, malgré la faible rétention de phosphore

dans le sable. Les analyses montrent que la présence de luzerne favorise une augmentation notable du phosphore dans les feuilles des clémentiniers, surtout avec l'ajout d'engrais, indépendamment du type de sol. Cependant, la compétition pour le phosphore est observée dans les sols pauvres en cet élément, soulignant l'importance d'une gestion appropriée de la fertilisation pour maximiser l'assimilation du phosphore par les cultures, particulièrement en présence de couvertures végétales comme la luzerne (**Roderbourg *et al.*, 1968**)

Les légumineuses sont remarquables pour leur capacité à prospérer dans des sols pauvres en nutriments, notamment en azote, grâce à leur capacité unique de fixer l'azote atmosphérique (**le groupe de recherche ECHO 2017**).

Une espèce particulièrement notable, Lotus Ornithopodioides, a démontré des capacités exceptionnelles, il présente plusieurs avantages écologiques et agronomiques, ce qui en fait une plante précieuse pour diverses applications agricoles. Grâce à sa capacité de fixation de l'azote atmosphérique, cette légumineuse enrichit le sol en azote, réduisant ainsi le besoin d'engrais chimiques et favorisant la croissance des cultures voisines. Sa tolérance à des conditions de sécheresse et de sols pauvres permet de l'utiliser efficacement pour la réhabilitation des terres dégradées. En tant que plante couvre-sol, le Lotus ornithopodioides aide à prévenir l'érosion du sol tout en améliorant sa structure et sa capacité de rétention d'eau. De plus, il contribue à la biodiversité en offrant un habitat pour divers insectes et petits animaux. Enfin, en tant que source de fourrage de qualité riche en protéines, il soutient l'élevage de bétail, tout en nécessitant peu d'entretien, ce qui en fait une option économique et durable pour les agriculteurs.

En termes de perspective concernant l'exemple abordé il est souhaitable de développer des recherches approfondies sur certains paramètres de la plante elle-même et de son rendement selon les différents types de sol.

Références bibliographiques

1. **Abdelguerfi, A. et Abdelguerfi-Laouar, M. (2004).** Les ressources génétiques d'intérêt fourrager et/ou pastoral: Diversité, collecte et valorisation au niveau méditerranéen. Cahiers Options Méditerranéennes, 62: 29–41.
2. **Afzal, M., Khan, Q.M., and Sessitsch, A. (2014).** Endophytic bacteria: Prospects and applications for the phytoremediation of organic pollutants. *Chemosphere* 117, 232–242.
3. **AgroLeague. (2024).**<https://www.agro-league.com/blog/les-couverts-vegetaux-quels-melanges> .
4. **AndyClark.(2007).**<https://www.sare.org/publications/managing-cover-cropsprofitably/legume-cover-crops>. Archambeaud et Stéphane de Tourdonnet.
5. **Arkoyld, W. R. et Daughy, G.(1982).**LES grains de légumineuses dans l'alimentation humaine.Edition: FAO. Pp: 152.
6. **Aymonin G., Pelt, J.-M., (1999).**Dictionnaire de la botanique. Paris : Albin Michel, 1999. 1510 p., Encyclopaedia Universalis.
7. **Azontonde, A(1993).**Dégradation et restauration des terres de barre (sols ferrallitiques faiblement désaturés argilo-sableux) au Bénin. Cahier Orstom, série Pédologie, 28 : 2 17-226.
8. **Birlouez E. (2022).** Petite et grande histoire des céréales et légumes secs. Editions Quae, Carnets de sciences . 192p. ISBN 9782759234769.
9. **Blanco-Canqui, H., Jasa, P.J., (2019).**Do grass and legume cover crops improve soil properties in the long term? *Soil Sci Soc Am J* 83:1181-1187.
10. **Bodson, B., and Vandenberghe, C. (2013).**Gestion durable de l'azote au-delà de la seule problématique «nitrate». *17*, 297–300.
11. **Bojan,V., Djordje, K ., Srđan, Š. (2021).**Les cultures de couverture de légumineuses comme clé secrète d'un trésor, *The journal of the International Legume Society*.
12. **Botton, H., Hallé, Nicolas. (1959).**Les plantes de couverture. Guide pratique de reconnaissance et d'utilisation des légumineuses en Côte d'Ivoire. In: *Journal d'agriculture tropicale et de Botanique appliquée*, vol 4 n°12, décembre 1957.pp.(581-596).
13. **Boukemouche, F. (2021),** Mémoire de fin cycle représente une étude de la date limite de consommation de pois chiche en conserve et de concentré de tomates. P (2-5).
14. **Bruneau, A., de Queiroz, J. J., Borges, L., Botoluzzi, R., Brown, G. K., Cardoso, D., Clark, R., Conceição, A S., Cota, M., Demeulenaere, E., Duno de Stefano, R., Ebinger,**

- J., Ferm, J., Fonsesa-Cortés, A., Gagnon, E., Haston, E., ... Terra, V. (2024).** Advances in legume systematics 14. classification of Caesalpinioideae. part 2: Higher-level classification.
15. **Brunel, B., Domergue, O., Maure, L., Brahic, P., Galiana, A., Josa, R., Lajudie, P.D., Attallah, T., Risk, H., El-Hajj, S., (2007).** Potentialité des associations symbiotiques plantes-micro-organismes pour réhabiliter des sites fortement dégradés en milieu méditerranéen. *Cah. Agric. 16*, 324–329 (1).
16. **Carsky, R.J., Becher, M., Hauser, S., Chikoy, D., Tian, G., Sanginga, N. (2003).** Contribution of early season leguminous cover crops to maize production in the moist savanna of west Africa. *Journal of Agriculture and Environmental Management*, 47(3)
17. **Claude-Alain, G., Lucie, B., Frank, L., Sokrat, S., Hans, R. et Raphaël, C., (2013),** Screening de légumineuses pour couverts végétaux: azote et adventices, *Recherche Agronomique Suisse* 4 (9): 384–393.
18. **Clémence Lesquen (2022),** Quels sont les avantages et inconvénients des couverts végétaux?
19. **Coulibaly, D., Ba, A., Dembélé, B., & Sissoko, F. (2017).** Développement des systèmes de production innovants d'association maïs/légumineuses dans la zone subhumide du Mali (p. 3).
20. **Dabney, SM., Delgado, JA., Reeves, DW., (2001).** Using winter cover crops to improve soil and water quality. *Commun Soil Sci Plant Anal* 32(7&8):1221-1250.
21. **Djouadi, Samir . (2017).** Nature des rhizobia associées à 15 espèces du genre *Lotus* en Algérie. *Botany*, 95,
22. **Duc, G., Mignolet, C., Carrouée, B., et Huyghe, C (2010).** Importance économique passée et présente des légumineuses : rôle historique dans les assolements et facteurs d'évolution. *cahiers agricultures*.
23. **Dupont F., Guignard J.-L., (2007).** Botanique : systématique moléculaire. 14^e édition révisée. Paris : Masson, 2007.
24. **Escaray, F., Menéndez, A., Gárriz, A., Pieckenstein, F., Estrella, M. J., Castagno, L. N., Carrasco, P., Sanjuán, J., & Ruiz, O. (2012).** Ecological and agronomic importance of the plant genus *Lotus*. Its application in grassland sustainability and the amelioration of constrained and contaminated soils. *Plant Science*, 131.

25. **Estrella, M.J., Muñoz, S., Soto, M.J., Ruiz, O. et Sanjuán, J. (2009).** Genetic diversity and host range of rhizobia nodulating *Lotus tenuis* in typical soils of the Salado River Basin (Argentina). *Appl. Environ. Microbiol.* 75(4): 1088–1098. doi:10.1128/AEM. 02405-08. PMID:19074602.
26. **Fabrizio Araniti, Francesco Sunseri, Maria Rosa Abenavoli (2013)** Phytotoxic activity and phytochemical characterization of *Lotusornithopodioides* L., a spontaneous species of Mediterranean.
27. **Fairey et Smith 1999 ; McGraw et Beuselink 1983 ; Subvention 1996 ; Repkova et Hofbauer 2009).**
28. **FAO, (2013).** Food wastage footprint: Impacts on natural resources. Résumé du rapport. Rome.
29. **FAO, (2016).** légumineuses contribuent à la sécurité alimentaire.
30. **FAO, (2024).** Les légumineuses et les sols un duo dynamique
31. **Feller C, Lavelle P, Albrecht A, Nicolardot B. (1993).** La jachère et le fonctionnement des sols tropicaux. Rôle de l'activité biologique et des matières organiques. Quelques éléments de réflexion. In : Atelier international. La jachère en Afrique de l'Ouest, Floret C, Serpantier G. (Ed.), Montpellier, Orstom, Paris, France, p. 14-32.
32. **Ferguson, B.J., Indrasumunar, A., Hayashi, S., Lin, M.-H., Lin, Y.-H., Reid, D.E., and Gresshoff, P.M. (2010).** Molecular Analysis of Legume Nodule Development and Autoregulation. *J. Integr. Plant Biol.* 52, 61–76.
33. **Frédéric, T., Matthieu, A., (2015).** Couverts végétaux d'interculture : Quelques espèces vues, testées et mélangées par ces deux auteurs du magazine « TCS » (2015) p.7- 9.
34. **Frye, WW., Blevins, RL., Smith, MS., (1988)** .Role of annual legume cover crops in efficient use of water and nitrogen. In: Hargrove WL (Ed) *Cropping strategies for efficient use of water and nitrogen.* ASA Special Publications, Madison, WI, pp. 129-154.
35. **Gebhard, C., Buchi, L., Liebich, F., Sinaj, S., Ramseier, H., Charles, R. (2013).** Screening de légumineuses pour couverts végétaux: azote et adventices.
36. **Ghiloufi, M., Picard, D., Saulas, P., Tourdonnet, S. D. (2010).** Y a-t-il un intérêt agronomique à associer une culture commerciale et une plante de couverture?

37. **Graham, P.H., Vance, C.P. (2003).** Legumes importance and constraints to greater use .American society of plant biologists 131:872-877.
38. **Grégory Vericel, S., Dubois, Romain, D., Francis, F., Laurence, F.L., Fourrié, B.L., Eric Justes, B.M., Raia Silva, M. (2018).** Impact de l'introduction des légumineuses dans les systèmes de culture sur les émissions de protoxyde d'azote.
39. **Guinet, M. (2019).** Quantification des flux d'azote induits par les cultures de légumineuses et étude de leurs déterminants : comparaison de 10 espèces de légumineuses à graines.
40. **Hamadache A., (1998).** Les fourrages verts : un impératif au développement de la production laitière : résultats de recherche sur le trèfle d'Alexandrie (bersim). Céréaliculture ITGC. N30.PP113.
41. <https://cooperateur.coop/fr/grandes-cultures/capsule/cultures-de-couverture-vous-de-choisir>.
42. **Jarvis, B.D.W., Pankhurst, C.E. et Patel, J.J. (1982).** Rhizobium loti, a new species of legume root nodule bacteria. Int. J. Syst. Bacteriol. 32(3): 378–380. doi:10.1099/00207713-32-3-378 Jordan, D.C. 1982. Transfer of Rhizobium japonicum Buchanan 1980 to Bradyrhizobium gen. nov., a genus of slow-growing, root nodule bacteria from leguminous plants. Int. J. Syst. Bacteriol. 32(1): 136–139. doi:10.1099/00207713-32-1-136.
43. **Julier, B., Huyghe, C. (2010).** Quelle légumineuses fourragères (espèces et variétés) et quelles conduites pour améliorer l'autonomie protéique des élevages herbivores.
44. **Kaliche, F.Z., Djemoui, F., (2013).** Projet de Fin d'Etudes En vue de l'obtention du diplôme de Licence . Expression phytochimique des plantes (cas Fabaceae) face aux stress écologiques.p.03-04.
45. **Kaneko, T., Nakamura, Y., Sato, S., Asamizu, E., Kato, T., Sasamoto, S., Watanabe, A., Idesawa, K., Ishikawa, A., Kawashima, K., Kimura, T., Kishida, Y., Kiyokawa, C., Kohara, M., Matsumoto, M., Matsuno, A., Mochizuki, Y., Nakayama, S., Nakazaki, N., Shimpo, S., Sugimoto, M., Takeuchi, C., Yamada, M. et Tabata, S. (2000).** Complete genome structure of the nitrogen-fixing symbiotic bacterium Mesorhizobium loti. DNA Res. 7(6): 331–338. doi:10.1093/dnares/7.6.331. PMID:11214968.
46. **Karakish, H., Fadl, M., Barakat, H., Khalifa, S. (2013).** Acacia: Taxonomy, distribution and economic importance. International journal of botany,9(4),198-210.

47. **Kramberger, B., Gselman, A., Janzekovic, M . (2009)** .Effects of cover crops on soil mineral.
48. **Ksenija, M., Borivoj, P., Đorđe, K., Svetlana, V., Branko, Č. (2021)** Les légumineuses comme cultures de couverture hivernales en climat tempéré : l'état hydrique du sol, The journal of the International Légume Society.
49. **Lorite, M.J., Castro, I.V., Muñoz, S. et Sanjuán, J. (2012)**. Phylogenetic relationship of *Lotus uliginosus* symbionts with *Bradyrhizobia* nodulating genistoid legumes. *FEMS Microbiol. Ecol.* 79(2): 454–464. doi:10.1111/j.1574-6941.2011.01230.x. PMID:22092879.
50. **Lorite, M.J., Muñoz, S., Olivares, J., Soto, M.J. et Sanjuán, J. (2010)**. Characterization of strains unlike *Mesorhizobium loti* that nodulate *Lotus* spp. in saline soils of Granada, Spain. *Appl. Environ. Microbiol.* 76(12): 4019–4026. doi:10.1128/AEM.02555-09. PMID: 20435777.
51. **Maëva, B., Élise, C., Morgan, C., (2006)**. Claire Fassino. Superviseurs : Matthieu
52. **Magrini, M.-B., Anton, M., Cholez, C., Duc, G., Corre Hellou, G., Jeuffroy, M., Meynard, J., Pelzer, E., Voisin, A., & Walrand, S. (2017)**.
53. **Martin, S., Malenfant, N ., Hoorman, J.J et Ménard, O., (2011)**. Culture des couverture .PDF (www.agrireseau.net).
54. **Michel, B., (2010)**. *Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs*, Lavoisier, p. 602.
55. **Mifsud, S. (2022)**. *Lotus ornithopodioides* - datasheet created on Nov-2007. Retrieved from MaltaWildPlants.com.
56. **Mifsud, Stephen (2002)**. "Lotus ornithopodioides (Clustered Birdsfoot Trefoil) : MaltaWildPlants.com - the online Flora of the Maltese Islands
57. **Morale, S. (2011)**, étude phytochimique et évaluation biologique de derris ferruginea benth, Fabaceae.
58. **Nacef M., Ait Lounis Y., (2009)**. Etude de quelques espèces légumineuses spontanées ; Evaluation de enherbement et biométrie, évaluation de la digestibilité ; Département d'agronomie. Blida. P103.
59. **Nacro S, Ouedraogo S, Traore K, Sankara E, Kabore C, Ouattara B. (2010)**. Effets comparés des pratiques paysannes et des bonnes pratiques agricoles de gestion de la fertilité des sols sur les propriétés des sols et les rendements des cultures dans la zone sud soudanienne

du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4(4): 1044-1055. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v4i4.63042>.

60. **Ndayishimiye, J., Bigendako, M., Canniere, C. D. (2011).** Diversité, endémisme, géographie et conservation des fabaceae de l’Afrique Centrale.
61. **Ozenda, P. (1983).** Flore du Sahara. CNRS, Paris, France.
62. **Ozenda, P. (2004).** Flore et végétation du Sahara. CNRS, Paris, France.
63. **Pang, X.P., Letey, J. (2000).** Organic farming: challenge of timing nitrogen availability to cropland nitrogen requirements. *Soil Sci Soc Am J* 64:247-253
64. **Personnel d’ECHO, (2017).** La sélection de légumineuses comme engrais verts/cultures de couverture . ECHO pratique exemplaire.
65. **Prolea. (2010).** La filière française des Huiles et Protéines Végétales .[www. Proléa.com](http://www.Proléa.com).
66. **Quézel, P. et Santa, L. (1962).** Nouvelle flore de l’Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS, Paris, France.
67. **Reinhard W.N., Helmut, W., Hans-Peter, K. (2021).** Les légumineuses à grains d’hiver sont des cultures d’avenir en Europe centrale, *The journal of the International Legume Society*.
68. **Rome, (2002).** Amélioration la Nutrition grâce aux jardins potagers. Module de formation à l’intention des agents de terrain en Afrique p 231-232.
69. **Rzedowski, J., Calderon de Rzedowski, G., Torres Colin, L., Grether, R. (2016).** Familia Leguminosae, Subfamilia Papilionoideae: (Aeschynomene-Diphysa). *Flora del bajío y de regions adyacentes*.
70. **Sánchez, M., Ramírez-Bahena, M.H., Peix, A., Lorite, M.J., Sanjuán, J., Velázquez, E. et Monza, J. (2014).** *Phyllobacterium loti* sp. nov. isolated from nodules of *Lotus corniculatus*. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 64(3): 781–786. doi:10.1099/ijms.0.052993-0. PMID:24271211.
71. **Santoso, D., Adiningsih, S., Mutert, E., Fairhurst, T., Van Noordwijk, M., (1997).** Soil fertility management for reclamation of Imperata grasslands by smallholder agroforestry. *Agroforestry Systems*, 36: 181-202.
72. **Sindelar, M., Blanco-Canqui, H., Jin, V.L . (2019)** Cover crops and residue removal: impacts on soil hydraulic properties and their relationships with carbon. *Soil Sci Soc Am J* 83:221-231.

73. **Sprent, J. (2009).** Legume Nodulation (John Wiley & Sons).
74. **Sprent, J.I., and James, E.K. (2007).** Legume Evolution: Where Do Nodules and Mycorrhizas Fit In? *Plant Physiol.* 144, 575–581.
75. **Stagnari, F., Maggio, A., Galieni, A., & Pisante, M. (2017).** Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: an overview.
76. **Svetlana, Vujić., Branko, Ćupina. Djordje, Krstić., Nedeljko, Tica. (2021).** Gérer l'azote avec des cultures de couverture de légumineuses dans les cultures rotation, *The journal of the International Legume Society.*
77. **Toure A. 2001.** Etude comparée de l'influence de quatre plantes de couverture sur la flore et la végétation d'une parcelle de jachère de la station de coton du CNRA (Bouaké, Côte d'Ivoire) DEA de Botanique, Université Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire) U.F.R. Biosciences, 93 p.
78. **Traoré M, Nacro HB, Tabo R, Nikiéma A, Ousmane H. (2012).** Potential for agronomical enhancement of millet yield via *Jatropha curcas* oilcake fertilizer amendment using placed application technique. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6(2): 808-819. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i2.23>.
79. **Triomphe, B., (1996).** Un système de culture original et performant dans une zone de montagne du tropique humide : la rotation maïs/mucuna au Nord-Honduras. Actes Séminaires du 13 au 17- 11 –1995, Montpellier. CIRAD, Ministère de la Coopération : 3 18-328, Montpellier.
80. **Van, S, L.,(1998).** Agrodok 2 : Gérer la fertilité du sol. Agromisa, Wageningen Pays Bas. 88p
81. **Vandenberghe, C., Lambert, R., and Marie Marcoen, J. (2009).** Evaluation de l'efficacité des cultures Intermédiaires pièges à nitrate (CIPAN) en novembre. Actes Atelier Nitrate-Eau 2 Au 5 Juin 2009 Peyresq Fr.
82. **Vertes, F., Jeuffroy, M., Justes, E., Thiebeau, P., & Corson, M. S. (2010).** connaître et maximiser les bénéfices environnementaux liés à l'azote chez les légumineuses, à l'échelle de la culture, de la rotation et de l'exploitation.
83. **Vertes, F., Jeuffroy, M., Justes, E., Thiébeau, P., & Corson, M. S. (2010).** Connaître et maximiser les bénéfices environnementaux liés à l'azote chez les légumineuses, à l'échelle de la culture, de la rotation et de l'exploitation.

84. **Vértes, F., Jeuffroy, M., Justes, E., Thiébeau, P., & Corson, M. S. (2010).** Connaître et maximiser les bénéfices environnementaux liés à l'azote chez les légumineuses, à l'échelle de la culture, de la rotation et de l'exploitation (p. 11).
85. **Waring, S.A., Gibson, T.A., (1994),** the soil fertility effects of leguminous ley pastures in nord-east Thailand. II. Effects on soil physical and chemical parameters. *Field Crops Research*, 39: 129-137.
86. **Yahara, T., Javadi, F., Onoda, Y., de Queiroz L.P, Faith DP, Prado D.E., Akasaka M.,Kadoya, T., Ishihama, F. & Davies, S. (2013).**Global legume diversity assessment: Concepts, key indicators, and strategies, 62: 249–266.

Résumé

L'objectif principal de ce travail est d'examiner et de synthétiser les connaissances existantes sur les avantages et les fonctions des légumineuses lorsqu'elles sont utilisées en tant que plantes de couverture. Cette recherche vise à comprendre comment les légumineuses contribuent à améliorer la fertilité et la structure des sols, à réduire l'érosion, à gérer les mauvaises herbes, et à fournir des nutriments pour les cultures suivantes. En outre, elle explore les mécanismes biologiques et écologiques par lesquels les légumineuses interagissent avec leur environnement, y compris leur capacité à fixer l'azote atmosphérique et à améliorer la disponibilité du phosphore pour d'autres plantes. Le but ultime est de fournir des recommandations pratiques pour les agriculteurs et les gestionnaires de terres afin de maximiser les bénéfices agronomiques et environnementaux des légumineuses en tant que plantes de couverture.

Ces résultats sont issus d'une compilation de nombreuses études et expériences réalisées par différents chercheurs sur divers types de légumineuses. Nous avons notamment pris le Lotus Ornithopodioides comme exemple pour notre recherche.

Mots clés : Légumineuse, Plante de couverture, Lotus Ornithopodioides, Sol.

Abstract

The main objective of this work is to examine and synthesize existing knowledge on the benefits and functions of legumes when used as cover plant. This research aims to understand how legumes contribute to improving soil fertility and structure by reducing erosion, to manage weeds, and providing nutrients for subsequent crops. Additionally, it explores the biological and ecological mechanisms by which legumes interact with their environment, including their ability to fix atmospheric nitrogen and improve phosphorus availability for other plants. The ultimate objective is to provide practical recommendations for farmers and land managers to maximize the agronomic and environmental benefits of legumes as cover crops.

These results are based on a compilation of numerous studies and experiments conducted by different researchers on various types of legumes. We specifically focused on Lotus Ornithopodioides as an example for our research.

Keywords: Leguminous, Cover plant, Lotus Ornithopodioides, Soil.

ملخص

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو فحص وتوليف المعرفة الحالية حول فوائد ووظائف البقوليات عندما تستخدم كغطاء نباتي. تهدف هذه الدراسة إلى فهم كيف تساهم البقوليات في تحسين خصوبة وهيكلة التربة من خلال تقليل التعرية، وإدارة الأعشاب الضارة، وتوفير المغذيات للمحاصيل. بالإضافة إلى ذلك، تستكشف الآليات البيولوجية والبيئية التي تتفاعل بها البقوليات مع بيئتها، بما في ذلك قدرتها على تثبيت النيتروجين الجوي وتحسين توفر الفوسفور للنباتات الأخرى. الهدف النهائي هو تقديم توصيات للمزارعين ومديري الأراضي لتعظيم الفوائد الزراعية والبيئية للبقوليات كغطاء نباتي.

تم الوصول إلى هذه النتائج من تجميع العديد من الدراسات والتجارب التي أجراها باحثون مختلفون حول أنواع البقوليات. لقد ركزنا بشكل خاص على نبات اللوتس (Lotus Ornithopodioides) كمثال لأبحاثنا

الكلمات المفتاحية: البقوليات، غطاء نباتي، نبات اللوتس، التربة.