



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
scientifique

جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي

Université Echahid Hamma Lakhdar- EL OUED

كلية العلوم الطبيعية والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم التنوع الحيوي والمحيط

Département d'Ecologie et Environnement

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Biodiversité et Environnement



**Recherche des nodosités des espèces spontanées saharienne
(région Oued Souf) de la famille de fabaceae.**

Présenté par :

- KHENNAB Ammar
- DJABALLAH Kaoutar
- MEBARKI Djouhara

Devant le jury :

Promoteur	Bouafiane M	MCB
Co-promoteur	Mehda S	MCB
Président	Mouane A	MCA
Examineur	Chenna A	MAA

Année universitaire : 2022/ 2023

الاهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

أهدي عملي إلى ماما الغالية بالدرجة الأولى سعاد التي كانت واقفة بجانبني طيلة مشواري الدراسي وأشكر تضحياتها من أجلي مع تمنياتي لها بالطول العمر وتمام الصحة والعافية.

وأهدي عملي إلى بابا الغالي سعد الذي كان عنصر محفز ومشجع لي راجية من المولى عزوجل أن يدوم عافيته ويمد في عمره.

وإلى اخوتي الأعزاء (زينب. عبد الغني. شيماء. عبد الباري. محمد. وزوجة أخي اشراق) حفظهم الله جميعا.

وحبيبات خالتهم (اريام. تالين. دعاء).

وإلى جدودي وأقاربي وأصدقائي.

وإلى صديقتي الغاليات جوهرة وكريمة.

وإلى كل من قرأ هذا العمل.

كوثر

الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

أهدي هذا العمل المتواضع إلى قرة عيني أُمي وإلى من أحمل إسمه أبي ~العربي~
ولروح جدي الطاهرة ~محمد الحبيب~

عائلتي

إخوتي

أحبائي

أساتذتي

أصدقائي

إلى من تحملت معي مشواري الجامعي بكل ظروف صديقتي ~كوثر~

ولجميع الأشخاص الذين ساعدوني في تطوير هذا العمل

جوهرة

Dédicace

Merci mon dieu de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir

La force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve

Et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire" Ya Karim"

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie,

Le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite,

A ma mère...

A mon père, école de mon enfance,

A tous mes enseignants

Dr.Bouafiane Dr Mahda Ismail . Dr Chamssa Khalifa. Dr Djoudi abed elhak que
dieu les gardes et les protégé

A mes soeurs et mes frères : Madani ali, Abd allah . houssine . Djilani, Hayat ,
Djemaa

A mes fils et filles : Aya, Aridj, Kaouther, Adem, OTHMAN .

A ma chère Bico sans oublier

A mes amies : A ELali Rehouma , Ammara lekhouimess, Bachir Laamamra, Mouad,
Ben Amer El hadi,Mouhamed Bouafia ,

A tous ceux qui me sont chers, A tous ceux qui m'aiment, A tous ceux que j'aime.

Je dédie ce travail

تشكرات

الحمد لله حمدا يليق بسلطانه العظيم وبوجهه الكريم حمدا كثيرا طيبا مباركا فيه اللهم
لك الحمد حتى ترضى ولك الحمد إذا رضيت ولك الحمد بعد الرضى والصلاة
والسلام على أشرف المرسلين وخاتمي النبيين سيدنا محمد وعلى آله وصحبه
أجمعين

يجدر بنا في هذا المقام أن نتقدم بالشكر الجزيل إلى أستاذتنا المحترمة بوعفيان
ناريما على تأطيرها لهاته المذكرة وعلى رحابة صدرها وتوجيهاتها القيمة التي كانت
عوناً لنا في إتمام هذا العمل

ولايفوتنا شكر عمال المخابر بجامعة الشهيد محمد لخضر

ونختم بأسمى عبارات الشكر لعائلتين الكريمتين لتشجيعهم وتحفيزهم لنا طيلة المشوار
الدراسي

والى الزملاء والزميلات في دفعة ماستر 2023

والحمد لله

المخلص

يهدف هذا العمل الى البحث عن الأنواع التلقائية الصحراوية من البقوليات التي تمتاز بوجود العقد الجذرية للبكتيريا المتعايشة على مستوى الجذور , ومن أجل ذلك تم جرد 5 محطات من ولاية الوادي وهي الدبيلة, وادي العلندة ,شط الذيبة ,المقرن ,والواد وجدنا ثلاث أنواع من عائلة البقوليات وهي (الرتم .المرخ. فولة الأبل) من بينها نوعين بها عقد جذرية وهي (الرتم.فولة الأبل).

النتائج أظهرت أن المظهر المورفولوجي (لون و حجم و شكل) للعقد المدروسة قابلة للمقارنة ,تحاليل التربة للمنطقة الجذرية تشير أن درجة الحموضة والناقلية ليست بعوامل محددة لتشكيل واطهار العقد .

الكلمات المفتاحية: البقوليات العفوية . العقد. الوادي. التعايش.البكتريا.

Résumé

L'objectif de notre travail est la recherche des espèces spontanées sahariennes appartenant de la famille des fabaceae qui peuvent contenir des nodules de symbiose bactérienne au niveau des racines. Pour cela, un inventaire a été réalisé sur 5 stations dans la région de Eloued dont : Debila, Oued alanda, Chott diba, Elmagran et Eloued. Nous avons trouvé trois espèces de la famille des fabaceae (*Retama reatam* ; *Astragalus gombiformis* et *Genista saharae*). Parmi ces espèces deux espèces avec nodosité racinaire ont été trouvées dont *Retama reatam* et *Astragalus gombiformis*. Les résultats montrent que l'aspect morphologiques (couleurs, forme, taille) des nodules étudiés a été comparable. Les analyses des sols rhizosphériques indiquent que le pH et la conductivité électrique ne montrent pas des facteurs limitant pour la nodulation.

Mots Clés: fabaceae spontanées. Eloued. Spontanées. Symbiose. Bactérienne.

ABSTRACT

The objective of our work is the search for spontaneous Saharan species belonging to the fabaceae family which may contain nodules of bacterial symbiosis at the roots. For this, an inventory was carried out on 5 stations in the Eloued region including: Debila, Oued alanda, Chott diba, Elmagran and Eloued. We found three species of the fabaceae family (*Retama reatam*; *Astragalus gombiformis* and *Genista saharae*). Among these species two species with root nodosity have been found including *Retama reatam* and *Astragalus gombiformis*. The results show that the morphological aspect (colors, shape, size) of the nodules studied was comparable. The analyses of the rhizospheric soils indicate that the pH and the electrical conductivity do not show limiting factors for the nodulation.

Key Words: fabaceae spontaneous. Nodules. Eloued. Bacterial. symbiosis

SOMMAIRE

الاهداء	.I
الاهداء	.II
DEDICACES.....	.III
REMERCIEMENTS.....	.IV
ABSTRACT.....	.V
RESUME.....	.VI
الملخص.....	.VII
LISTE DES TABLEAUX.....	.VIII
LISTE DES FIGURES.....	.IX
INTRODUCTION.....	.X

Partie I : Partie bibliographique

1. Famille des Fabaceae.....	4
a. Historique de la famille des Fabaceae.....	4
b. Classification.....	4
• Les Papilionoideae (Faboideae)	4
• Les Caesalpinoideae.....	5
• Les Mimosoideae.....	5
C. Caractéristiques botanique.....	5
• Appareil végétatif.....	5
• Appareil reproducteur.....	5
➤ Appareil végétatif des « mimosoides ».....	6

➤ Appareil végétatif des « Caesalpinoideae ».....	6
➤ Faboideae.....	7
d. Répartition géographique de la famille des Fabaceae.....	7
E. Principales connaissances actuelles sur la.....	8
Taxonomie des Fabaceae.....	8
2. La fixation biologique de l'azote.....	9
A. Généralités	9
B. Le cycle d'azote.....	10
i. L'ammonification.....	10
ii. La nitrification.....	10
iii. La dénitrification.....	11
C. Les microorganismes fixateurs d'azote.....	11
1. Les fixateurs libres.....	12
2. Les fixateurs symbiotiques.....	12
3. La nodulation.....	13
A. Généralités la symbiose.....	13
B. Mécanisme de la nodulation.....	13
i. Formation des bactéroïde	13
ii. Les étapes de la nodulation.....	14
- Préinfection.....	14
- L'infection.....	15
- Développement du nodule.....	15

Partie II : Matériel et Méthodes

1. Présentation de la région d'étude.....	18
a. Situation géographique.....	18

B.	Conditions climatiques.....	18
•	La température.....	18
•	Les précipitations.....	19
•	L'humidité.....	19
•	L'évaporation.....	19
•	Le vent.....	19
•	L'insolation.....	19
C	Flore.....	19
d.	Pédologie de région de Souf.....	20
2.	Description des sites d'échantillonnage.....	20
3.	La collecte des nodules.....	21
4.	La conservation des nodules.....	22
5.	Classification morphologique des nodules.....	23
6.	Analyse des sols.....	23
•	Potentiel hydrogène (pH)	23
•	La conductivité électrique (CE).....	24
7.	Présentation de la méthodologie de travail.....	24

Partie III : Résultats et discussion

I.	Résultats	26
1.	Inventaire bibliographique sur les espèces de la famille des fabacées spontanée dans la région de Eloued.....	26
2.	Représentation photographique des Fabaceae spontanées de la région de l'Oued Souf.....	27
3.	Inventaire des espèces fabacées avec / sans nodosité.....	28
4.	Description morphologique des nodules.....	29
5.	PH de sol de rhizosphère des espèces échantillonnés.....	31
6.	Salinité du sol de rhizosphère des espèces échantillonnés.....	32
II.	Discussion.....	34
1.	Adaptation des Fabaceae avec les conditions de milieu	34
2.	Facteurs de milieu causant non nodosité des fabaceae (relation site d'échantillonnage _nature de sol _nodosité).....	34
3.	Adaptation des fabaceae nodulante (discussion).....	35
	CONCLUSION.....	37
	BIBLIOGRAPHIE.....	38

Liste des figures

N°	TITRE	PAGE
1	Appareil végétatif des Fabaceae.	5
2	Les mimosoides:(a) feuilles composées, b) les fleurs individuelles.	6
3	Les césalpinoïdes : (a) feuilles composées et fleurs (b) le fruit est une légumineuse, et (c) la fleur a cinq pétales.	7
4	Les papilionoïdes en un coup d'œil .	8
5	Carte de répartition géographique des Fabaceae	8
6	Schéma des agents participants au cycle de l'azote.	12
7	Schéma La symbiose Rhizobium-légumineuse.	14
8	Déformation des poils racinaires chez le haricot.	15
9	Infection intracellulaire et différenciation du Symbiosome chez les Légumineuses	17
10	Situation géographique de la région d'étude	18
11	Collecte des nodules.	22
12	Conservation des nodules sous gel de silice.	23
13	La classification morphologique des nodules	24
14	Mesure de la Ph et CE.	25
15	Schéma présentatif de la méthodologie du travail	26
16	Les Nodule des <i>Retama retam</i>	33

17	Les Nodule des <i>Astragalus gombiformis</i>	33
18	Valeur des pH du sol présenté selon les stations d'échantillonnage	34
19	Valeur des pH du sol présenté selon les rhizosphères des espèces.	34
20	Valeur des CE du sol présenté selon les stations d'échantillonnage	35
21	Valeur des CE du sol présenté selon les stations d'échantillonnage	36

LISTE DES TABLEAUX

No	Titre	Page
I	Nombre de genres, d'espèces de fabacée recensés au niveau mondial. Les données indiquées par le signe (+) concernent les statistiques des fabacées pour l'Afrique. (NDAYISHIMIYE,2011)	9
II	Description des sites d'échantillonnage	21
III	Espèces des Fabaceae spontanées dans la région de Eloued (Halis, 2007)	28
IV	représentation photographique des espèces	30
V	inventaire des espèces avec et sans nodule	31
VI	description morphologique des nodules trouvés	32

INTRODUCTION

INTRODUCTION

La région désertique en Algérie est considérée comme assez vaste, et alors qu'elle était auparavant des terres désertiques non cultivées, elle est devenue, grâce aux efforts consentis par l'Etat et des projets existants, des terres arables et de production agricole. Parmi elles, on citera les régions de l'Atlas saharien, le désert central (Ouargla et Ghardaia) et le bas désert (Biskra et El Oued).

La région désertique en Algérie est une zone productive qui contribue à la production agricole nationale, car les taux de production y s'élevaient à environ 21,6% de la production nationale, car elle contribue à environ 755 milliards de DZD. L'Algérie s'est par la suite efforcée d'orienter ses efforts vers les régions désertiques dans un objectif d'autosuffisance en ressources alimentaires. Le gouvernement a également misé sur les zones désertiques pour les faire contribuer clairement au développement de la roue de la croissance économique.

La région de El-oued, qui à son tour exporte de nombreux produits vers le marché local, comme les pommes de terre, dans la mesure où ils exportent le surplus vers les pays européens ([Khater.2019](#)).

La fertilisation chimique minérale est l'apport de sol avec des éléments (N; P;K) qui augmentent ses composants chimiques et biologiques pour lui permettre d'atteindre un meilleur rendement dans la production agricole, mais l'utilisation fréquente et irrationnelle affecte des effets négatifs sur les cycles agricoles et leurs cultures et transgresse la santé humaine et l'environnement, parmi les problèmes de l'utilisation excessive de la fertilisation chimique on cite :

- Infection par des maladies cancéreuses : Cela est dû à l'utilisation d'engrais chimiques qui contiennent des substances azotées, car les nitrates dans l'intestin humain se transforment en nitrites, qui provoquent un cancer du sang dans l'estomac et les intestins.

- Faible rendement : en raison de l'augmentation de la croissance végétative des plantes au détriment de la croissance des fruits et des cultures lors d'une fertilisation excessive avec des engrais chimiques, en particulier ceux riches en nitrates, ce qui conduit à l'infection des cultures par des maladies et des insectes.
- Accumulation d'éléments lourds nocifs dans le sol : Elle est due à l'utilisation d'engrais phosphatés, qui entraînent l'accumulation de cadmium, nocif pour la santé humaine, que ce soit par son apport végétal ou animal.

Tout cela a conduit à la recherche de nouvelles méthodes et stratégies agricoles respectueuses de l'environnement dans lesquelles l'utilisation d'engrais chimiques est réduite en trouvant d'autres types d'engrais, tels que organiques et biologiques, qui visent tous à produire des aliments sains et sûrs pour les humains et préserver l'environnement pour les générations futures ([Ayad. 2021](#)) .

L'agriculture biologique c'est un système de gestion et de production agricole alliant un niveau de biodiversité à des pratiques environnementales qui préservent les ressources naturelles, notamment en interdisant l'usage des pesticides de synthèse au profit de pesticides d'origine naturelle. Elle intègre également des normes rigoureuses en faveur du bien-être animal. Elle répond à une demande croissante de produits naturels par les consommateurs, tout en contribuant à la préservation de l'environnement dans le cadre d'un développement durable.

Rhizobia est un genre de bactéries aérobies du sol, qui fixent l'azote atmosphérique. Elles forment une symbiose avec des plantes de la famille des légumineuses, dont les représentants les plus connus sont : pois, haricot, soja, arachide, trèfle, luzerne.

Les rhizobiums vivent en symbiose avec des plantes supérieures à système racinaire et fixent l'azote de l'air pour ces plantes, ce qui signifie qu'elles peuvent pousser sur un sol pauvre en azote. Au niveau des racines se forment des nodules dans lesquelles vivent les bactéries.

Cette symbiose à bénéfice réciproque va permettre aux bactéries de bénéficier d'un microhabitat exceptionnellement favorable ; les Fabacées leur procurant un

apport en substrats carbonés issus de la photosynthèse. En échange, les bactéries vont fixer et réduire l'azote atmosphérique en ammonium, directement assimilable par les plantes hôtes (Gros 2013) .

Afin d'obtenir des souches bactériennes symbiotiques qui sont fixées l'azote aux nodosités des plantes légumineuses sans utilisation de la fertilisation chimique et ses effets secondaires négatifs.

L'objectif de notre travail est de trouver des espèces végétale appartiennent à la famille de Fabaceae avec des nodules de symbiose bactérienne endophytes adapter avec les conditions pedoclimatique saharienne de la région de Eloued. Qui servent comme des biofertilisant.

Notre mémoire est divisé en 3 parties, la 1ere est une revue bibliographique sur les espèces de la famille des Fabacées et la vie symbiotique des bactéries endophytiques. La deuxième partie « Matériel et méthodes » contient une représentation de la région d'étude et une représentation des méthodes adoptées lors de la réalisation du travail. La dernière partie une présentation des résultats suivie par une discussion des principaux résultats.

Partie I

Partie bibliographique

1. Famille des Fabaceae

La famille des *Fabaceae* (de faba, la fève) doit son unité à son fruit, appelé gousse ou légume, d'où l'autre dénomination de Légumineuses sous laquelle cette famille est plus connue. Les *Fabaceae* constituent une des plus grandes familles des plantes à fleurs, avec plus de 770 genres et 19500 espèces, réparties aussi bien en milieu tempéré que tropical (Yahara et al., 2013) (Azani et al., 2017).

La prédilection des plantes de cette famille pour les habitats arides ou semi arides est reliée à leur métabolisme dépendant de l'azote, qui est considérée comme une adaptation aux variations climatiques. En effet, la fixation de l'azote via la symbiose légumineuses-*rhizobium* permet aux plantes de cette famille d'obtenir des taux élevés en azote ammoniacal au niveau de leurs racines en fonction de la demande de leur métabolisme (Wojciechowski et al., 2004).

a. Historique de la famille des Fabaceae

Les fabaceae au sens large sont apparues il y a 70 millions d'années (Konate, 2010). L'origine de cette famille se trouve chez les Rosacées à gousse appelées par les premiers botanistes « légumes » d'où le nom donné à la famille (Boumaza, S.d.). C'est une famille de plantes dicotylédones, dialypétales, superovariées, herbacées ou arborescentes annuelles, bisannuelles ou pérennes (Marouf et Reynaud, 2007).

b. Classification

Les fabacées appelées aussi légumineuses, représentent une des grandes familles des Angiospermes (Lewis et al., 2005), divisées en trois sous-familles : les *Caesalpinoideae*, les *Mimosoideae* et les *Papilionoideae*. (Doyle et Luckow, 2003).

• Les Papilionoideae (Faboideae)

Cette sous famille est très cosmopolite et compte environ 14000 espèces divisées en 476 genres de légumineuses tropicales et tempérées. Les *Papilionoideae*

sont réparties en deux grands groupes de plantes cultivées : les légumineuses tempérées (ou Galegoides) comme les genres *Pisum* (pois),). Les légumineuses tropicales (ou Phaseoloides) comme notamment les genres *Cajanus*, *Phaseolus* (haricot) et *Glycine* (soja) (Doyle et Luckow, 2003).

- **Les Caesalpinoideae :**

Des arbres ou des arbustes tropicaux ou subtropicaux, comptent 162 genres et près de 3000 espèces.

- **Les Mimosoideae :**

Composés surtout des arbres ou des arbustes tropicaux ou subtropicaux, cette sous-famille renferme 77 genres et 3000 espèces (Doyle et Luckow ,2003).

C. Caractéristiques botanique

Les plantes de la famille de Fabaceae possèdent plusieurs caractères morphologiques :

- **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 et al., 2007). Les feuilles sont généralement alternes, pennées ou trifoliolées et stipulées.

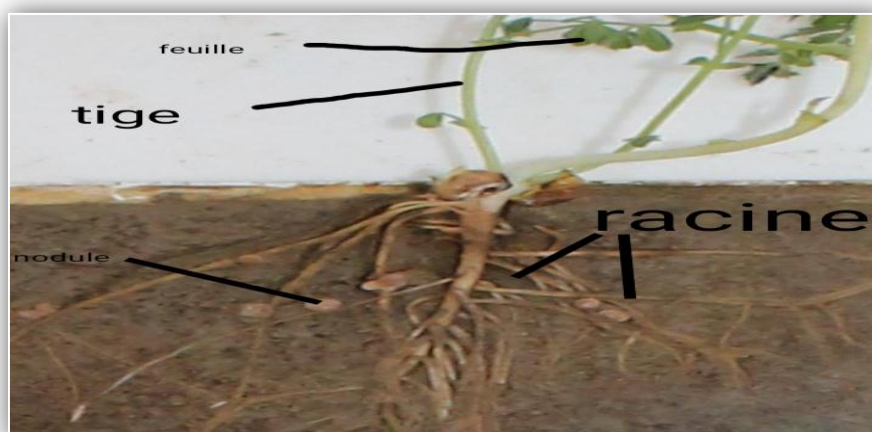


Figure 01- Appareil végétatif des Fabaceae

- **Appareil reproducteur :** Les inflorescences sont des grappes plus ou moins allongées. Toutes les *Fabacées* possèdent un ovaire formé d'un seul carpelle. Celui-ci est surmonté d'un style et d'un stigmate. Le fruit, est appelé gousse ou légume. Il s'agit d'un fruit qui s'ouvre en général à maturité grâce à une double ouverture ventrale et dorsale.

Chaque sous - famille possède un motif floral unique et distinctif qui les rend facilement reconnaissables :

➤ **Appareil végétatif des « mimosoides »**

Les légumineuses mimosoides ont de petites fleurs jaunes, roses ou blanches, regroupées en têtes ou en épis denses. Les fleurs sont régulières ou actinomorphes (un trait distinctif de cette sous-famille) avec cinq sépales séparés, cinq minuscules pétales séparés, de taille très réduite et discrets, cinq à plusieurs longues étamines colorées, et un seul pistil avec un ovaire supérieur à carapace unique. Les feuilles sont composées de pennes. Composées de pennes.

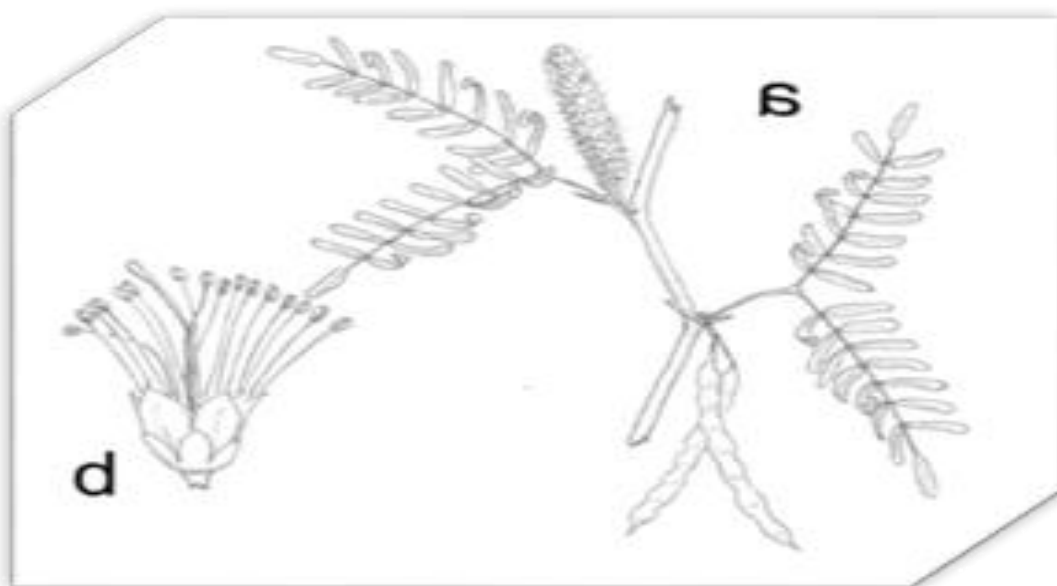


Figure 02- *Les mimosoides*:(a) feuilles composées, b) les fleurs individuelles

➤ **Appareil végétatif des « Caesalpinoideae »**

Chez les *caesalpinoïdes*, les fleurs sont bilatérales (zygomorphes), bien que parfois peu, le calice et la corolle sont bien visibles, cinq pétales le plus souvent libres

(les deux plus bas peuvent être partiellement soudés), les pétales latéraux (ailes) sont plus grands que le pétale central (bannière). Les fleurs sont voyantes et s'ouvrent largement, les feuilles sont pennées, bipennées ou bilobées.

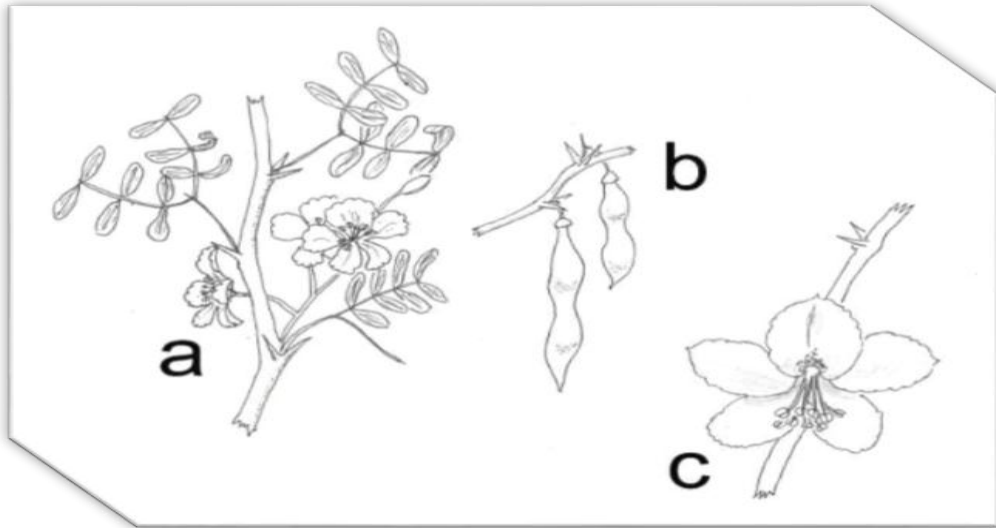


Figure 03- Les césalpinoïdes : (a) feuilles composées et fleurs (b) le fruit est une légumineuse, et (c) la fleur a cinq pétales.

Faboideae :

Le trait le plus distinctif de la sous-famille est la fleur *papiliononoidale* voyante et fortement zygomorphe, avec cinq sépales partiellement joints, parfois bilatéraux, cinq pétales avec une bannière supérieure voyante, deux ailes latérales, et deux pétales centraux joints en une quille en forme de bateau contenant 5 ou 10 étamines, dont 9 sont souvent jointes en un tube .la forme des pétales est dite *papilionacée*" (du latin papilio, papillon).

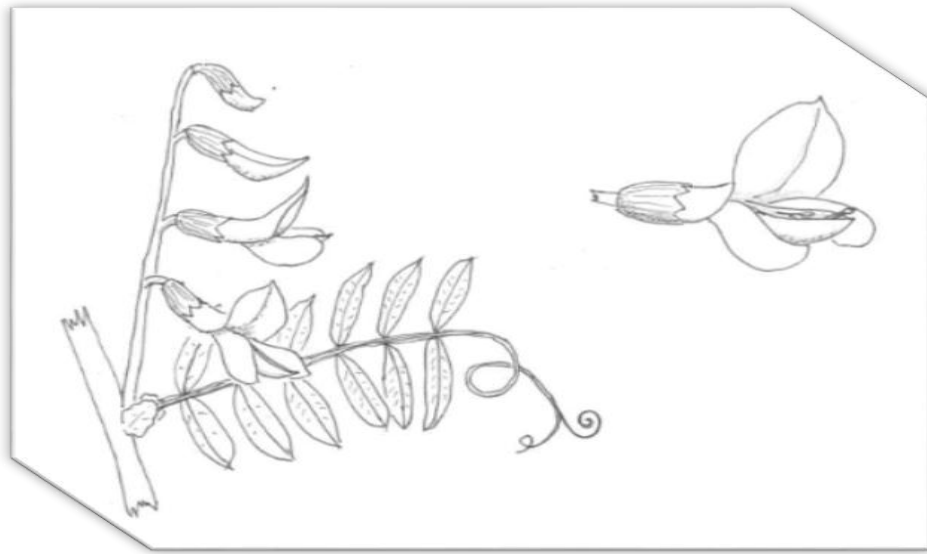


Figure04 - *Les papilionoides en un coup d'œil.*

d. Répartition géographique de la famille des Fabaceae :

Le principal site de diversité des *Fabaceae* est situé en Amérique du centre et du sud et Afrique et en Asie ([Ndayishimiye, 2011](#)). Les *Fabaceae* sont distribuées dans tous les biomes terrestres. Leur répartition est cependant variable selon la sous-famille. *Les Faboideae* sont cosmopolites et se retrouvent presque dans tous les milieux du globe terrestre. *Les Caesalpinioideae* occupant surtout les régions tropicales et subtropicales de l'Amérique, de l'Afrique et de l'Asie. *Les Mimosoideae* dominent les régions tropicales et subtropicales, colonisent aussi les zones arides et semi-arides de l'Afrique, de l'Amérique et de l'Australie ([Ndayishimiye, 2011](#)).



Figure 05- Carte de répartition géographique des Fabaceae (Boutaghane, 2013).

E. Principales connaissances actuelles sur la taxonomie des Fabacée :

Les plus importantes études concernent les révisions de (Lock ,1989) dans son inventaire des *Fabaceae* de l’Afrique, Estrella et al. (2005, 2007) sur les *Caesalpinioideae* et *Mimosoideae* de Guinée Equatoriale, Du Puy et al. (2002) sur les *Fabaceae* de Madagascar, Lewis et al. (2005) sur les *Fabaceae* à l’échelle du monde. De nombreuses collections, abondantes quoiqu'irrégulièrement réparties au niveau du monde sont accessibles grâce aux bases de données ILDIS (International Legume Database & Information Service). Le tableau (I) présente le bilan actuel de la famille sur la base des travaux de révisions taxonomiques.

Tableau1- Nombre de genres, d'espèces de fabacée recensés au niveau mondial. Les données indiquées par le signe (+) concernent les statistiques des fabacées pour l'Afrique. (Ndayishimiye,2011).

Sous-familles	Allen et Allen(1981)		Mabberley (1997)		Lewis et al(2005)		Lebrunet stork(2008)+	
	Genr es	Espèc es	Genr es	Espèc es	Genr es	Espèc es	Genr es	Espèc es
Caesalpinoid eae	177	2800	153	2175	171	2251	84	501
Papilionoidea e	505	14000	426	12150	478	13805	138	2111
Mimosoideae	66	2900	64	2950	82	3271	25	236
TOTAL	748	19700	643	17275	731	19327	247	2848

Les données présentées dans le tableau 1. Permettent d’affirmer que la systématique des *Fabaceae* est connue car le nombre de genres ou espèces n’a pas subi une augmentation significative depuis plus de 20 ans. Des différences sont observées cependant chez la sousfamille des *Mimosoideae* où on a connu une

découverte de nouvelles espèces ou genres, contrairement aux deux autres sous-familles. (Ndyishi;iye,2011)

2. La fixation biologique de l'azote

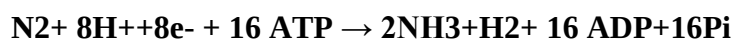
A. Généralités :

L'azote est l'élément constitutif des végétaux le plus important après le carbone. Ce gaz est le premier en importance dans l'atmosphère terrestre (78%). Il s'y trouve sous sa forme moléculaire diatomique (N₂), un gaz relativement inerte, mais il n'est pas directement accessible sous cette forme aux végétaux,

Ces derniers puisent cet élément dans le sol sous forme minérale ou dans l'air pour le cas des légumineuses.

La fixation biologique de N₂ est un processus microbien très important, seules quelques espèces bactériennes peuvent fixer l'azote de l'air, elles synthétisent un complexe enzymatique, la nitrogénase, qui catalyse la réduction de l'azote moléculaire (N₂) en ammoniac (NH₃).

La réaction globale de fixation d'azote catalysée par la nitrogénase est la suivante :



Cette réaction enzymatique, est un phénomène écologique d'importance qui représente environ 170 millions de tonnes d'azote fixées par an (Roger et al., 1996).

Certaines bactéries photosynthétiques utilisent directement l'énergie solaire pour fixer l'azote. D'autres ne peuvent atteindre cet objectif qu'en vivant en symbiose avec les plantes, on parle de la fixation symbiotique :

Dans ce cas, l'énergie est fournie par la plante hôte. Cette dernière option permet une grande entrée d'énergie, et donc une fixation d'azote très accélérée par rapport à celle des organismes non symbiotiques. L'association symbiotique la mieux connue est la symbiose rhizobienne chez les légumineuses (Roger et al., 1996).

B. Le cycle d'azote :

Le cycle de l'azote est un cycle biogéochimique qui décrit les processus de transformation et la manière dont l'azote circule dans l'environnement (Figure 1). Les processus en jeu, décrits ci-après, produisent de l'azote sous différentes formes et concourent à rendre cet élément mobilisable par la plante ou au contraire à le rendre indisponible.

i. L'ammonification :

L'ammonification est la production d'ammonium (NH₄⁺) ou d'ammoniac (NH₃) à partir de la matière organique en décomposition d'origine végétale ou animale présente dans le sol, elle est réalisée par divers microorganismes des sols et des eaux (Figure 1) ([Machefert et al., 2002](#)).

ii. La nitrification :

La nitrification est un processus aérobie strict se réalise en deux étapes par deux populations bactériennes différentes, la nitrosation par les bactéries nitrosantes qui transforment l'ammoniac en nitrites, et la nitratisation par les bactéries nitratantes qui transforment les nitrites en nitrates (Figure 6).

Les microorganismes responsables de la nitrification sont les Nitrosomonas et Nitrobacter. Cette réaction d'oxydation est influencée par plusieurs facteurs environnementaux (température, eau, pH) ([Machefert et al., 2002](#)).

Equation simplifiée de la nitrosation : $\text{NH}_4^+ + 3/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2^- + 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$

Equation de la réaction chimique d'a nitratisation : $2 \text{NO}_2^- + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO}_3^-$

iii. La dénitrification :

La dénitrification est un processus anaérobie, il s'agit d'une transformation des nitrates en diazote par les bactéries dénitrifiantes qui emploient les nitrates comme source d'oxygène pour produire l'énergie dont elles ont besoin (Figure 6).

Ensuite, l'azote se volatilise et retourne dans l'atmosphère. Cette réaction dégage également des produits secondaires comme du CO₂ et de l'oxyde d'azote N₂O, un gaz à effet de serre qui contribue à détruire la couche d'ozone dans la stratosphère. L'activité humaine contribue à l'augmentation de la dénitrification, surtout par l'utilisation des engrais azotés sous forme ammoniacale (NH₄⁺, NH₃) et des nitrates (NO₃⁻) ([Barton et al., 1999](#)).

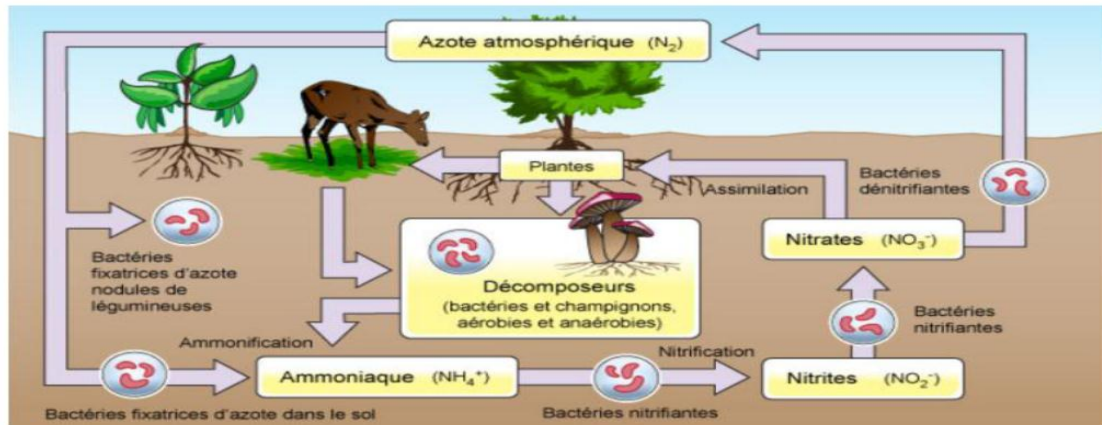


Figure 6- Schéma des agents participants au cycle de l'azote (Pujic, 2009).

C. Les microorganismes fixateurs d'azote :

Les microorganismes fixateurs d'azote appartiennent à deux des trois règnes primaires, archaebactéries et eubactéries d'après l'arbre phylogénétique basé sur la séquence de l'ADN codant pour l'ARN ribosomique 16S (Young, 1992). La fonction principale de ces bactéries fixatrices d'azote est de capter l'azote de l'atmosphère et du sol et de le restituer de manière naturelle aux plantes sous une forme utilisable et facilement absorbable sous formes de nitrate (NO_3^-) et d'ammonium (NH_4^+) par leurs racines.

Il existe deux types de bactéries capables de fixer l'azote atmosphérique et de réaliser ces transformations.

1. Les fixateurs libres :

Les fixateurs libres du sol sont des bactéries qui vivent dans la rhizosphère, cette zone constitue l'interface entre le sol et les racines des plantes.

Ces bactéries se nourrissent des molécules secrétées par ces racines et en contrepartie, elles fixent l'azote atmosphérique sous forme d'ammonium assimilable par les plantes. On trouve des bactéries anaérobies strictes (*Clostridium*), aérobies (*Acetobacter*, *Azotobacter*, *Azospirillum*), aérobies facultatifs (*Klebsiella*, *Pseudomonas*, *Bacillus*), des bactéries phototrophes (*Rhodobacte*, *Rhodospirillum*) (Franche et al., 2009).

2. Les fixateurs symbiotiques :

Les fixateurs symbiotiques sont des bactéries qui entrent en symbiose avec les légumineuses. Dans ce cas, la fixation de l'azote atmosphérique se produit dans des

organes appelés nodules. Les nodules se situent sur les racines de la plante, dans lesquels se produit un échange symbiotique entre les racines et ces bactéries.

Les plantes fournissent aux bactéries une niche écologique et des sources de carbone nécessaires à leur développement.

En retour les bactéries fixent l'azote atmosphérique et le transfèrent à la plante sous une forme assimilable, l'ammoniac. Au sein du nodule, les rhizobia se différencient en bactéroïdes capables de fixer l'azote. Cette réaction est possible grâce à la nitrogénase.

Certaines bactéries diazotrophes forment des symbioses mutualistes avec deux groupes de végétaux :

- Les plantes actinorhiziennes, dont les partenaires symbiotiques sont des bactéries filamenteuses Gram positif du genre *Frankia* (Franche et al., 2009).
- les légumineuses qui s'associent aux rhizobiums (bactéries unicellulaires gram négatif),

Dans les deux cas, la symbiose avec les bactéries aboutit à la formation de nodules fixateurs d'azote sur les racines, parfois sur les tiges.

La capacité des bactéries du genre *Rhizobium* à fixer l'azote au cours de cette symbiose présente un réel intérêt économique et écologique. Les cyanobactéries sont d'autres bactéries à Gram négatif, photosynthétiques, aussi appelée algue bleu, responsable de la réduction d'une quantité énorme d'azote atmosphérique. Elles vivent libres ou en symbiose avec des végétaux, comme le cas de la cyanobactérie *Anabaena* associée à *Azolla* (une fougère aquatique) ; ces bactéries sont principalement utilisées comme engrais vert en riziculture (Franche et al., 2009).

3. La nodulation :

A. Généralités la symbiose :

La symbiose Rhizobium-légumineuse est un processus bénéfique et réciproque permet pour les légumineuses (macrosymbiontes) de fixer l'azote atmosphérique par

l'intermédiaire des bactéries appelées rhizobiums (microsymbiontes). Les légumineuses sécrètent des composés phénoliques qui attirent ces bactéries. Cette association aboutit à la formation d'un petit organe particulier au niveau des racines, le nodule, au sein duquel les bactéries, grâce à leur activité nitrogénase, fixent l'azote atmosphérique et transfèrent celui-ci à la plante sous une forme combinée assimilable.

En contrepartie, la plante fournit les éléments nutritifs assurant le développement de la bactérie. C'est donc une véritable symbiose avec un échange bénéfique pour les deux partenaires (Gibson et al., 2008)

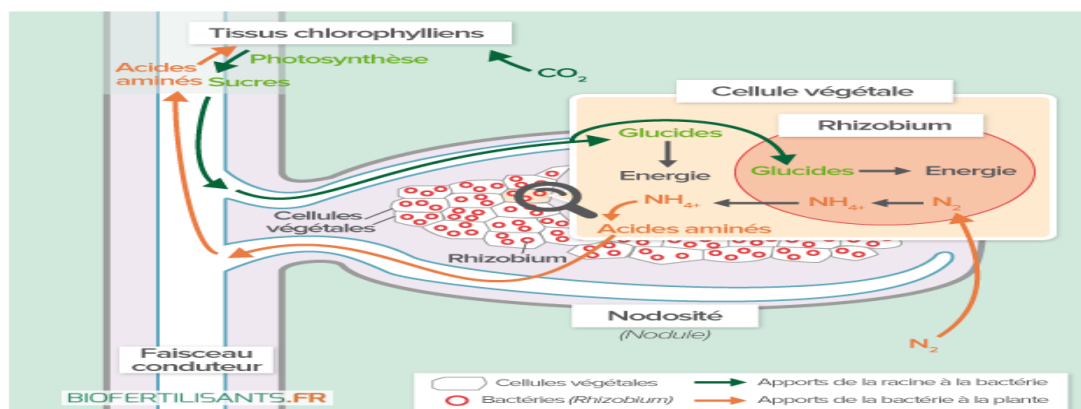


Figure 7 - Schéma La symbiose Rhizobium-légumineuse

B. Mécanisme de la nodulation :

i. Formation des bactéroïde :

L'envahissement des bactéries dans des cellules de la plante hôte est débuté par la formation d'une gouttelette d'infection. Les gouttelettes d'infection peuvent former au bout des fils intracellulaires courts d'infection (par exemple dans haricots de Phaseolus ou, plus habituellement, aux positions dans l'infection filète où la paroi des cellules devient abrupte et les cellules bactériennes entrent en contact direct avec la membrane de plasma de centre-cellule. Les bacteroides mûrs de membrane de cellules de la plante continuent à accumuler de grandes quantités de PHB ou polyhydroxybutyrate (Juergen et col. 2006).

ii. Les étapes de la nodulation

- Préinfection

L'interaction entre la plante et la bactérie débute dans la rhizosphère, la croissance des bactéries se fait de manière sélective par la plante (Savka et col, 2002). Les rhizobia sont attirés vers les poils racinaires par une large gamme de substances de type flavonoides et isoflavonoides, principalement par les phénylpropanoïdes exsudés par la racine (Kape et col., 1991). Une production plus importante de ces composés est observée en condition de carence azotée (Coronado et col., 1995).

Les flavonoïdes présents dans les exsudats racinaires induisent l'expression des gènes nod bactériens qui gouvernent la production des facteurs Nod, des lipochitooligosaccharides (Perret et col, 2000).

Les facteurs Nod induisent des événements morphologiques, physiologiques et moléculaires chez la plante hôte ;

La déformation du poil racinaire est observée environ 12 à 24 heures ; les poils absorbants changent leur direction de croissance et forment une structure en crosse de berger, courbés, renflés, entrelacés, déformés, branchés ou joints qui enferme les *Rhizobium* (Wais et col, 2002). Elle fait intervenir des changements dans l'arrangement des microtubules (Timmers et col, 2007) ; plus précisément, les poils racinaires peuvent adopter différentes formes en fonction de leur stade de développement (Wood et Newcomb, 1989).

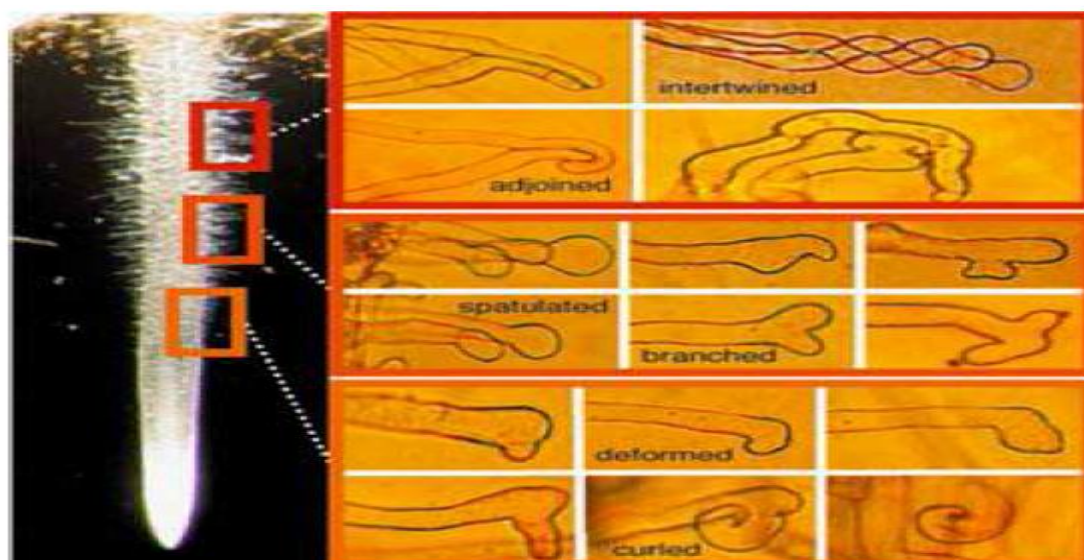


Figure 8- Déformation des poils racinaires chez le haricot.

Différents types de déformation des poils racinaires sont observés chez le haricot (*Phaseolus vulgaris*) après contact avec la bactérie *Rhizobium etli*. Gauche : différentes zones correspondant aux différents stades de différenciation des poils racinaires. Droite : types de déformations couramment observées en réponse à la bactérie symbiotique (Patriarca et col., 2004).

- L'infection :

L'infection des racines peut avoir lieu à travers les poils absorbants ou des blessures, ou à travers l'espace intercellulaire (Rasanen, 2002).

Au cours de l'infection, la pénétration de la bactérie est facilitée par la courbure du poil racinaire et par conséquent la bactérie est entourée par la paroi végétale dans une zone confinée. La croissance des nodosités se poursuit dans les régions infectées de l'écorce et du péricycle, jusqu'à ce que ces deux masses de cellules fusionnent et forment la nodosité.

- Développement du nodule

L'infection de la plante par les rhizobia induit la dédifférenciation et la division des cellules du cortex (Foucher et Kondorosi., 2000). Les nodules de type indéterminé (*Medicago truncatula*, *Pisum sativum*) sont formés à partir du cortex interne alors que les nodules de type déterminé (*Glycine max*, *Phaseolus vulgaris*) sont formés à partir du cortex externe.

La persistance du méristème chez les espèces à nodules de type déterminé est très éphémère et la croissance en longueur du nodule est limitée. Une croissance en épaisseur a lieu par hypertrophie des cellules corticales et par des divisions de cellules contenant déjà des rhizobia. Ce processus de formation se traduit par une forme sphérique et un état de différenciation identique pour toutes les cellules.

Dans le cas des espèces à nodules de type indéterminé, la zone méristématique est persistante ce qui se traduit par une forme allongée. Dans les deux cas, les cellules du cortex se divisent de manière anticline puis péricline (Timmers et col, 1999).

Toutes les cellules du cortex ne se divisent pas, ce qui semble indiquer que la susceptibilité de ces cellules pourrait être liée à un statut particulier, notamment une modification de la concentration en hormones (Mathesius et col, 2000a).

De manière concomitante, les cellules voisines développent des cordons de préinfection, constitués de ponts cytoplasmiques alignés de façon radiale (Van et col, 1992). Ces structures guident la croissance des cordons d'infection en direction du primordium nodulaire en formation. L'utilisation d'inhibiteurs du transport d'efflux d'auxine entraîne la formation de « pseudonodules » (Fang et Hirsch, 1998) suggérant un rôle de l'auxine dans la formation du nodule. De plus, les facteurs Nod produits par *Rhizobium* avant l'infection entraînent une modification de la balance hormonale de la plante.

Les mécanismes moléculaires responsables de ces changements sont inconnus mais il semble que les facteurs Nod agissent sur les flux d'auxine à deux niveaux : une inhibition du transport de l'auxine (Mathesius et col, 1998 ; Boot et col, 1999) et l'induction de la synthèse de flavonoïdes (Mathesius et col, 2000). Les flavonoïdes sont susceptibles de provoquer l'accumulation de l'auxine en réduisant son oxydation de manière directe (substrats de l'enzyme) ou indirecte (en réagissant avec H₂O₂) (Mathesius, 2001). Leur rôle dans l'inhibition du transport de l'auxine est également supposé (Brown et col, 2001).

Des travaux récents montrent que l'extinction par la technique d'ARN interférent de l'expression du gène de la chalcone synthase (CHS) chez *M. truncatula* entraîne une augmentation du transport de l'auxine associée à une inhibition de la nodulation (Wasson et col, 2006)

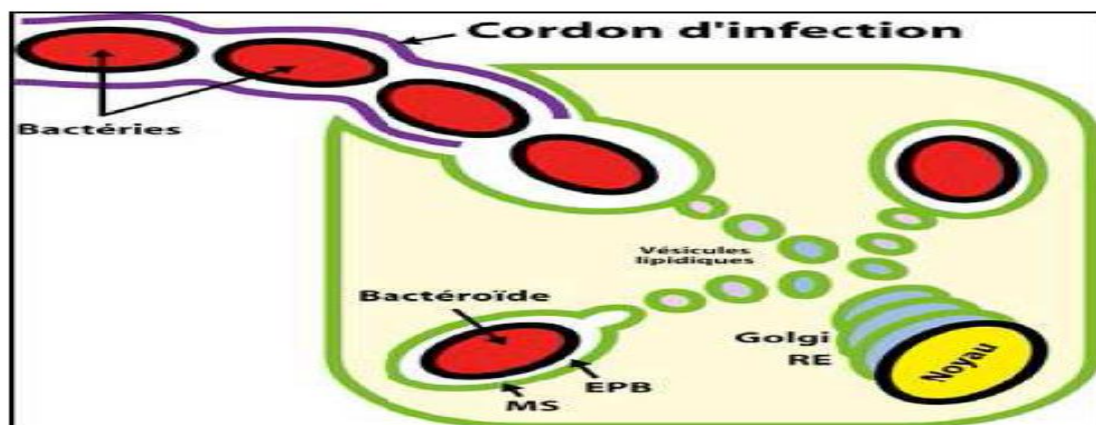


Figure 9- Infection intracellulaire et différenciation du Symbiosome chez les Fabaceae.

Les bactéries sont déversées dans la cellule végétale par fusion des vésicules lipidiques avec l'extrémité du cordon d'infection. La différenciation en bactéroïdes commence alors. EPB, espace pér bactéroïdien ; MS, membrane du symbiosome ; RE, réticulum endoplasmique (Patriarca et col, 2004).

Partie II :
Matériel et Méthodes

1. Présentation de la région d'étude

a. Situation géographique :

La Wilaya d'El Oued (Oued Souf) est située au Sud-Est de l'Algérie, à environ 700 Km d'Alger. Elle occupe une superficie de 44586.80Km². Elle est couverte par le grand Erg Oriental sur les 2/3 de son territoire. La région de Oued Souf est comprise entre 33° et 34° de latitude Nord, et 6° et 8° de longitude, est limitée au Nord par les wilayas de Biskra, de Khenchela et de Tébessa, à l'Est par la frontière tunisienne, à l'Ouest par les wilayas Touggourt et El M'Ghier et au Sud par la wilaya de Ouargla (Figure 10) .

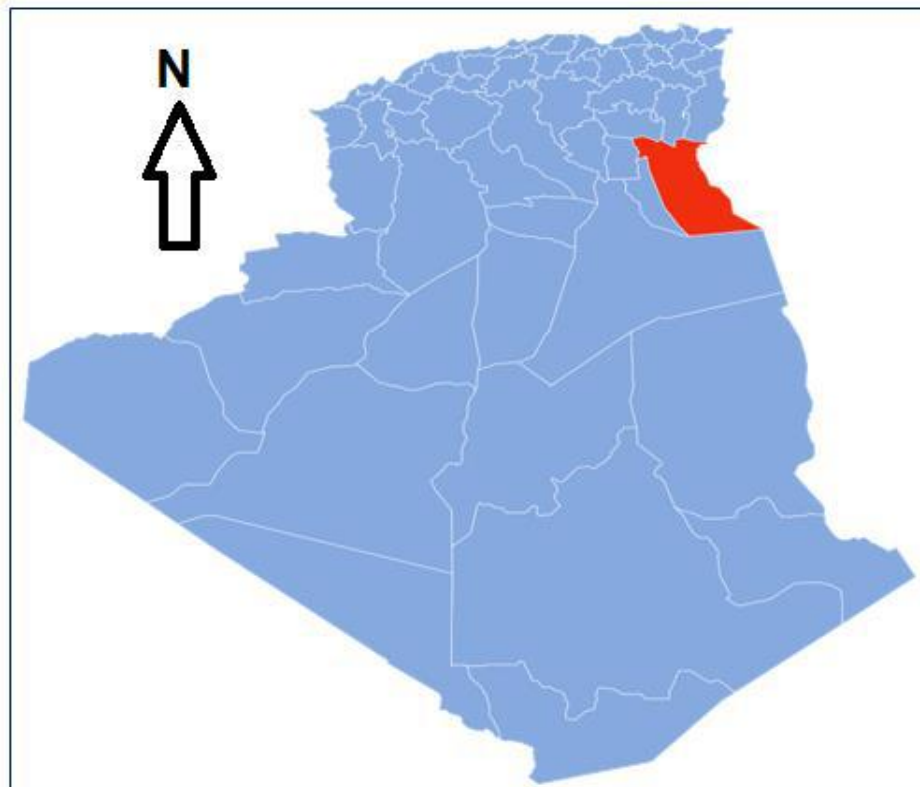


Figure 10- Situation géographique de la région d'étude

b. Conditions climatiques

Le climat joue un rôle fondamental dans la distribution et la vie des végétaux, il dépend de nombre de facteur : la Température, les précipitations, l'humidité, l'évaporation, le vent, l'insolation (Andi, 2014).

- **La température** : est un facteur climatique important (Remain,1997 Et Laifaoui,2005). il a une action majeure sur le développement, le fonctionnement et la multiplication des végétaux (Dajoz,1971). et comme elle varie selon un schéma géographique net, les espèces animales et végétales se distribuent selon des aires de répartition souvent définissables à partir des isothermes.
- **Les précipitations** : Le climat de la région d'Oued Souf, désertique et se caractérise par des variations très importantes des faibles précipitations (Nadgah, 1971), et elles ont un effet notable sur la répartition et les types d'organismes présents (Raven et al, 2009). Ils constituent un facteur écologique d'importance fondamentale pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres.
- **L'humidité** : dans la région d'El-Oued, l'humidité de l'air est faible ; la moyenne annuelle de l'humidité relative est de 47.39%. Cette humidité varie sensiblement en fonction des saisons (Khechal,2001). En effet pendant l'été elle chute jusqu'à 33,48% au mois de Juillet, sous l'action d'une forte évaporation et des vents chauds ; alors qu'en hiver elle s'élève et atteint une moyenne maximale de 63,25% au mois de Décembre.
- **L'évaporation** : c'est un phénomène physique qui augmente avec la température, la sécheresse de l'air et le vent (Ozenda ,1991 et FAO 2000). Surtout quand elle se trouve renforcée les vents chauds comme le siroco (Haicher et L'aifaoui,2005).
- **Le vent** : constituent dans certains biotopes un facteur limitant, s'ils sont violents, ils ralentissent le développement des végétaux et limitent leur croissance. Ils ont d'abord une action indirecte :
 - En abaissant ou augmentant la température, suivant les cas.
 - En augmentant la vitesse d'évaporation, ils ont donc un pouvoir desséchant (Bella,2005).
 - En générale les vents jouent un rôle primordial dans la formation des reliefs et des sols, dans la dégradation des végétaux et la destruction des sols (Hallitim,1988).

- **L'insolation** : Dans la région d'El-Oued, le rayonnement solaire est excessif durant l'année avec une moyenne de 3328,17 heures ce qui se traduit par un pouvoir évaporant très élevé (Toutain, 1979)

c. La Flore

Selon HELISSE (2007), le couvert végétal du Souf présente une faible diversité et densité. La flore spéciale est caractérisée par un certain nombre de traits déterminés qui sont : la rapidité d'évolution, l'adaptation au sol et au climat, le petit nombre des espèces et le caractère discontinu du matériel végétal (Ozenda, 1977).

Les plantes spontanées et les mauvaises herbes ont été étudiées par GHEMAM AMARA (2013) et MEDJBER-TEGUIG (2014). Les plantes cultivées ont été étudiées par NADJAH (1971) et VOISIN (2004). Elle est représentée le plus par des Poaceae, des Fabaceae, des Cyperaceae, des Asteraceae et des Liliaceae (Ozenda, 1983).

d. Pédologie de la région de Eloued

La région du Souf est pauvre en matière organique, à texture sableuse et à structure caractérisée par une perméabilité très. L'autre aspect est appelé localement « Shounes » (plusieurs Sahane), où la surface du sol est parfois caillouteuse avec des croûtes gypseuses entourées par de hautes dunes qui leur donnent ainsi une forme de cratères (Achour, 1995).

Nadjah, (1971) signale que la région du Souf est une région sablonneuse avec des dunes peut atteindre cent mètres d'hauteur. Ce relief est assez accentué et se présente sous un double aspect. L'un est un Erg c'est-à-dire région où le sable s'accumule en dunes et c'est la partie la plus importante, elle occupe 3/4 de la surface totale. L'autre est le Sahara ou région plate et déprimée, formant les dépressions fermées, entourées par les dunes, qui forme des dépressions entourées des dunes telle que : les Chottes et les Sahane.

2. Description des sites d'échantillonnage :

Au cours des mois de mars et avril, nous avons visité cinq sites dans la vallée de région d' Oued souf partir de Commandez des échantillons pour notre étude, et nous avons pris des photos des zones, où nous avons visité une zone Chott Ediba, qui était

un Chott, et les régions de Oued alanda et El-Magran et Oued centre et debila , qui étaient un Erg.

Tableau II- Description des sites déchintions

Stations	Description	Date	Photos
chott Ediba	Chott	14/03/2023	
Oued Elanda	Erg	15/03/2023	
El-Magran	Erg	09/04/2023	
Oued centre	Erg	12/04/2023	
Debila	Erg	18/04/2023	

3. La collecte des nodules :

La collecte des nodules est effectuée en printemps dans les débuts du mois d'Avril selon les techniques préconisées par Vincent, J.M. (1970) et Somasegaran, P. et b Beck et al., (1993). Selon les étapes suivantes :

- Creuser environ 15 cm autour de la plante dans le sol pour extraire la plante et son appareil racinaire sans l'abimer (Figure11).
- Se débarrasser de la terre manuellement au niveau des racines sans endommager les nodules.
- Récupérer la plante et la mettre dans un sachet en plastique.
- Répéter l'opération sur plusieurs pieds pour avoir le maximum de nodules.
- Au laboratoire, enlever la partie aérienne, et laver la partie racinaire soigneusement à l'eau courante.
- Couper les nodules à 2mm du site d'attache et sécher les avec du papier absorbant.



Figure11 - Collecte des nodules

4. Conservation des nodules

Les nodules prélevés sont mis au réfrigérateur à 4°C Jusqu'à 48heures pour un usage immédiat. Mais pour une durée de conservation (de 6 à 12 mois). la dessiccation est vivement recommandée. La méthode utilisée est celle décrite par

Vincent (1970) et Somasegaran et Hoben (1994)., qui consiste à remplir la moitié des flacons stériles par du gel de silice (pour une meilleure absorption de l'humidité). Ensuite mettre une quantité de coton sur lequel les nodules sont déposés (Figure 12).

Sur chaque flacon, on doit mentionner le nom de la plante, le lieu et la date de prélèvement (Vincent, 1970).



Figure 12-Conservation des nodules sous gel de silice (Vincent, 1970).

5. Classification morphologique des nodules

La classification morphologique des nodules a été réalisée selon la figure suivante :

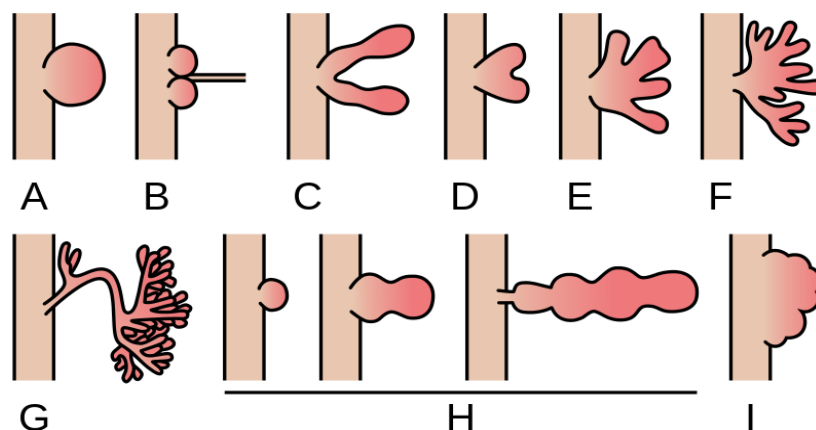


Figure1 3 : La classification morphologique des nodules

6. Analyses du sol

6.1. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH est l'abréviation du potentiel hydrogène. Il sert à mesurer l'activité des ions hydrogènes nommés aussi protons. Le pH peut ainsi mesurer l'acidité ou la basicité d'une solution aqueuse.

6.2. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. Cette notion est inversement proportionnelle à celle de résistivité électrique. L'unité de mesure utilisée est le Siemens par mètre (S/m). La conductivité d'une solution dépend de la nature des ions présents et de leurs concentrations. Plus la concentration en ions dans la solution sera importante, plus la conductivité sera élevée.



Figure 14-Mesure de pH et CE

6. Présentation de la méthodologie du travail

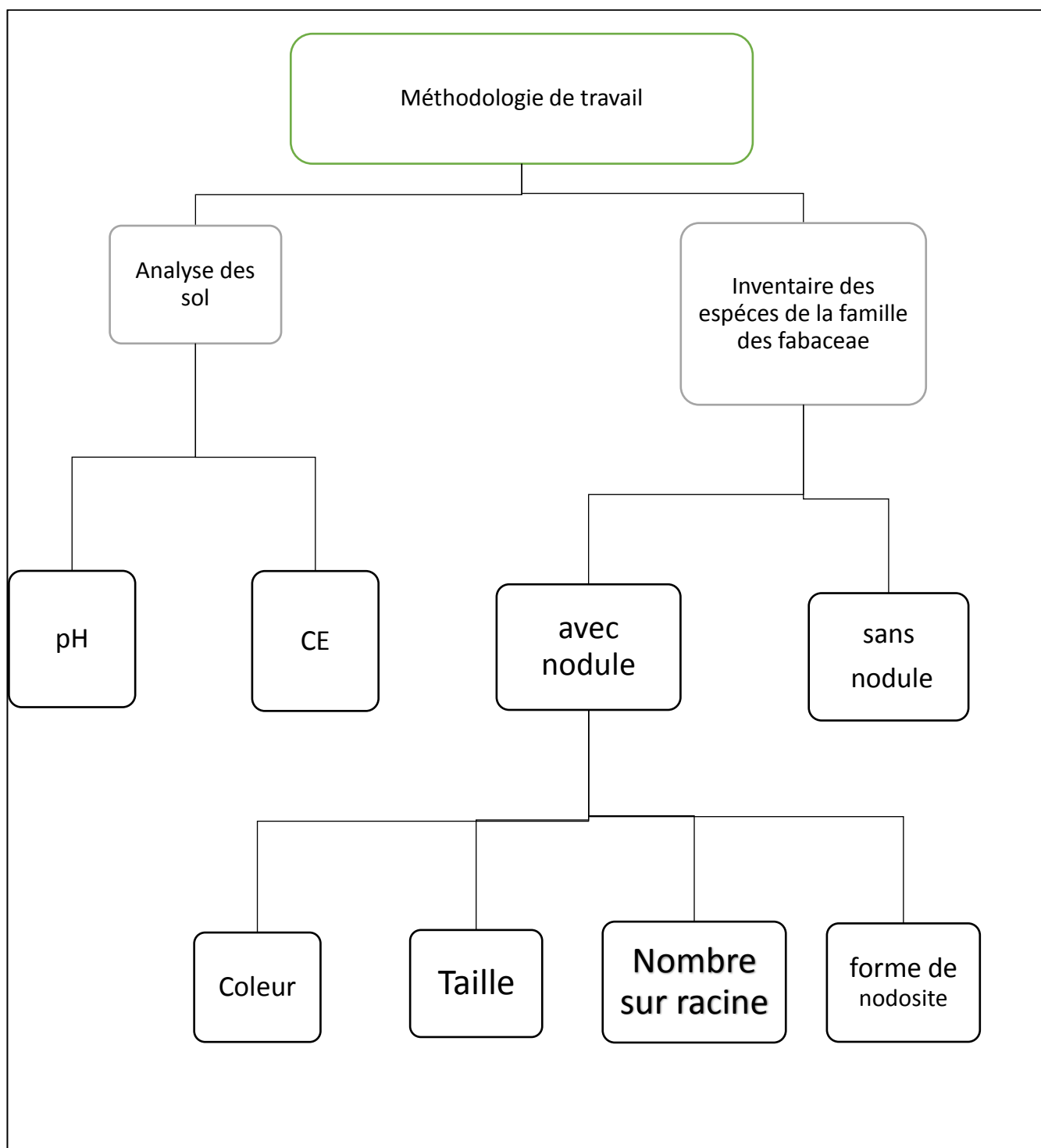


Figure15- Schéma présentatif de la méthodologie du travail

Partie III :
Résultats et discussion

I. Résultats

1. Recherche bibliographique sur les espèces de la famille des Fabaceae spontanée dans la région de Eloued :

Selon l'encyclopédie des plantes spontanées de la région de l'Oued Souf (Halis, 2007), il existe 06 espèces de la famille de Fabaceae dont : *Astragalus gyzensis*, *Retama retam*, *Lotus halophylus*, *Astragalus cruciatus*, *Astragalus gombiformis*, *Genista saharae* (Tableau III).

Les espèces *Astragalus gyzensis*, *Retama reatam* et *Lotus halophylus* ont généralement peuplé les zones de « Erg » et « Sahen » ; ou l'Erg est un champ de dunes de sable à surface fixe qui sont constamment remodelées par le vent, et le Sahen est un large terrain sablonneux avec un sol plat.

L'*Astragalus cruciatus* pousse dans la plupart des endroits et des zones entourant les fermes, en particulier les endroits les plus humides, alors que l'*Astragalus gombiformis* est répandu dans les dunes de sable.

Genista saharae est largement répandu dans la totalité de la région de Eloued .

Tableau III - Espèces des Fabaceae spontanées dans la région de Eloued (Halis, 2007)

Espèce	Description de la zone	Description de l'espèce
<i>Astragalus gyzensis</i> دليلعة	Zones de Erg et Sahen.	Petites plantes herbacées ces plantes ont des fleurs blanc-violet composées de sept folioles vertes.
<i>Retama retam</i> الرتم	Zones de Erg et de sahen, Et les terrains plats avec Peu de sable au nord de La région.	Arbustes de 1 à 2mètres de haut, à petites fleurs blanches (plante étalée).

<i>Lotus halophylus</i> ضعيفة	Présent dans divers environnements, et zones d'Erg et de sahen.	Les plantes herbacées poussent en rampant sur le sol, les fleurs de cette plante sont de couleur jaune.
<i>Astraglus cruciatus</i> عقيفة	Il pousse dans la plupart des endroits et des zones des hautes terres et des buttes entourant les fermes.	Plante de couleur vert pâle, ses tiges rampantes sur le sol, les feuilles sont composées d'environ 11 paires de folioles.
<i>Astragalus gombiformis</i> فول الإبل	La principale aire de répartition de cette espèce est les environnements de dunes de sable	Cette plante se caractérise par une patte épaisse et haute, de couleur blanche, et porte des poils denses. Les feuilles sont longues et composées de nombreuses petites folioles.
<i>Genista saharae</i> مرخ	Il est largement répandu dans la région de Eloued	Les buissons de Markh sont très proches des buissons de Rétam, et ils distinguent que par leurs fleurs jaunes et leurs longs fruits. Leurs feuilles sont simples, constituées d'une seule feuille, et elles tombent rapidement.

2. Représentation photographique des Fabaceae spontanées de la région de l'Oued Souf

Le tableau (IV) montre une représentation photographique des espèces Fabaceae dans la région de Eloued.

Tableau IV - représentation photographique des espèces

	
<i>Astragalus gyzensis</i>	<i>Retama retam</i>
	
<i>Lotus halophylus</i>	<i>Astragalus cruciatus</i>
	
<i>Astragalus gombiformis</i>	<i>Genista saharae</i>

3. Inventaire des espèces Fabaceae avec / sans nodosité

Cinq espèces de la famille fabaceae ont été inventorié lors des compagnies d'échantillonnage à travers les stations suivantes (Chott Ediba, Oued Elanda, El-Magran, El-Ogla, Debila). Seulement deux espèces avec nodosité ont été trouvées dont : *Retama reatam* et *Astragalus gomboformis* dans les stations El-Magran et Debila. Les autres individus inventoriés ont été trouvé non nodulaire.

Tableau V - inventaire des espèces avec et sans nodule

Site d'échantillonnage	Espèces	Individu	Nodosité
Chott Ediba	<i>Retama reatam</i>	1	Non
		2	Non
Oued Elanda	<i>Astragalus gomboformis</i>	1	Non
		2	Non
		3	Non
	<i>Genista saharae</i>	1	Non
		2	Non
		3	Non
El-Magran	<i>Retama reatam</i>	1	Oui
El-Ogla	<i>Astragalus gomboformis</i>	1	Non
Debila	<i>Astragalus gomboformis</i>	1	Oui
	<i>Genista saharae</i>	1	non

4. Description morphologique des nodules

Pour l'espèce *R.reatam* les nodules sont disposés sur les racines secondaires. La moyenne de nombre des nodules sur la racine est (Entre 8et 18). Le taille de nodule oscille entre (0.3 - 1.6 mm), alors que leurs couleurs à l'état frais ont été jaune orangé et marron à l'état sec. Les nodules de *R.reatam* ont la forme "Perennial globose _apical". Ces nodules sont distribués individuellement et collectif sur les racines.

Sur les racines secondaires de l'espèce *Astragalus gomboformis* en moyenne (Entre3et5) nodules sur la racine. Leur taille est mesurée entre (1.4 - 3 mm). La couleur des nodules observé à l'état frais a été jaune clair et à l'état sec jaune foncé. La forme des nodules est "lupinoid ", et ont été trouvé en collection.

Tableau VI - description morphologique des nodules trouvés

Espèce	Nombre des nodules sur la racine	Taille de nodule (mm)	Couleur		Forme	Position
			Fraiche	Sec		
<i>R. reatam</i>	Entre 8et18	Entre 0.3 et 1.6	Jaune orangé	Marron	Perennial globose _apical	*Individuel le *Collectif
<i>A.gombiformis</i>	Entre3et 5	Entre 1.4 et 3	Jaune clair	Jaune Foncé	lupinoid	*Collectif



Figure16- Les Nodule des *Retama retam*



Figure17- Les Nodule des *Astragalus gombiformis*

5. pH de sol de rhizosphère des espèces échantillonnés

Les valeurs de pH du sol rhizosphérique des espèces échantillonnées sont presque identiques. La valeur la plus élevée a été mesurée dans la rhizosphère de *A.gombiformis* échantillonné dans la station de Oued Alanda (pH=8.583333333). Et

le moins mesuré dans la rhizosphère de l'espèce (*A. gombiformis*) échantillonnée dans la station (Debila.) (PH= 6.61666667).

Le pH de rhizosphère de l'espèce *R.reatam* nodulaire est mesuré de (pH=7.953333333). Alors que le pH de rhizosphère de *A.gombiformis* nodulaire est de (pH=6.61666667).

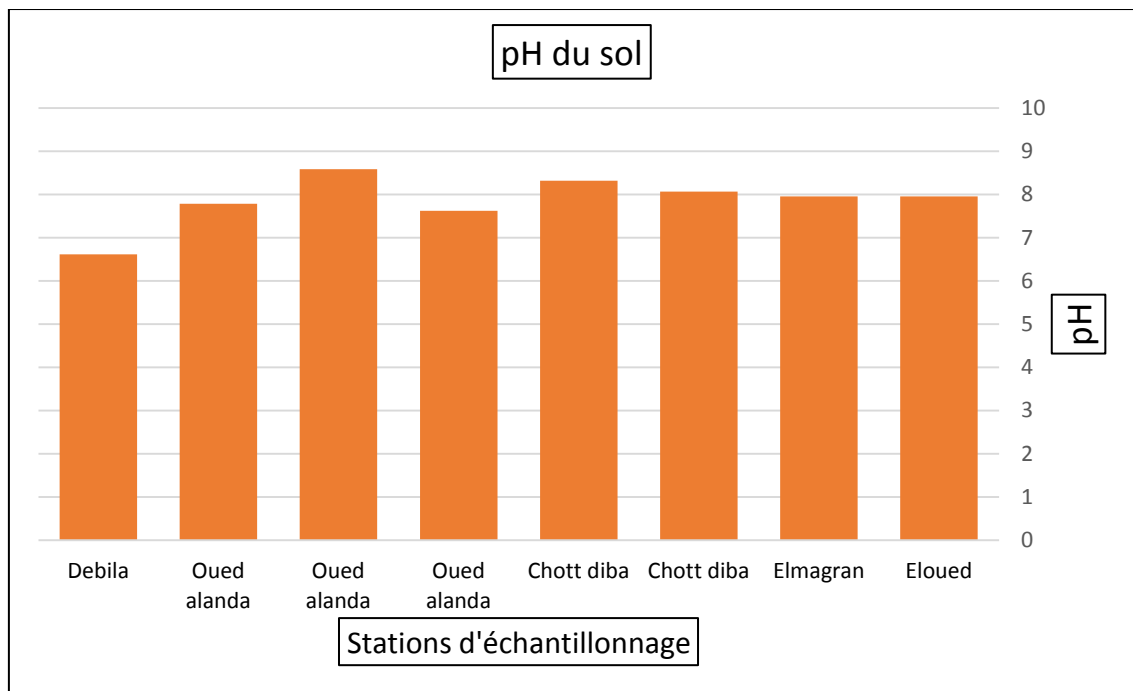


Figure118- Valeur des pH du sol présenté selon les stations déchintions

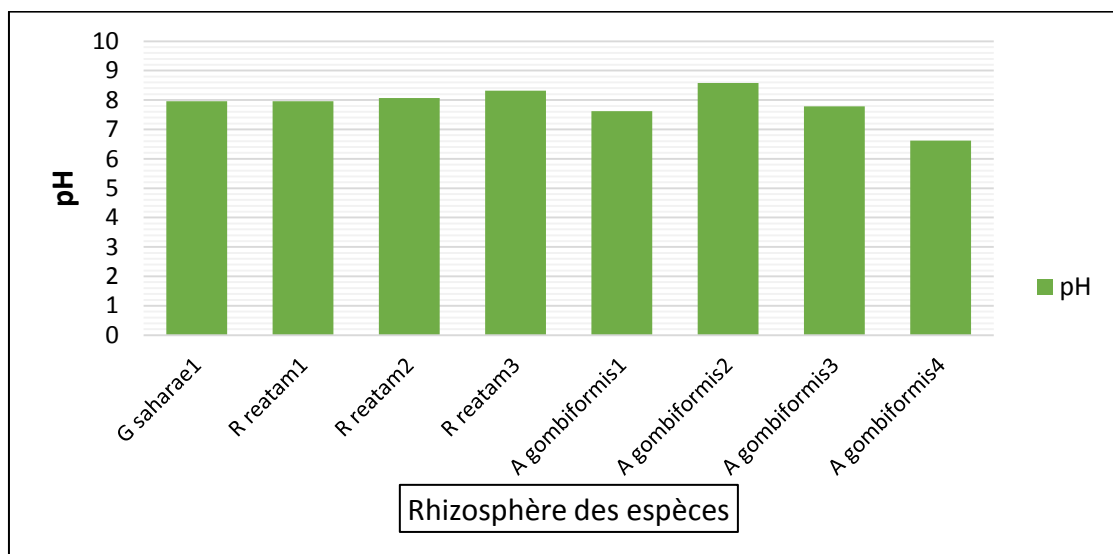
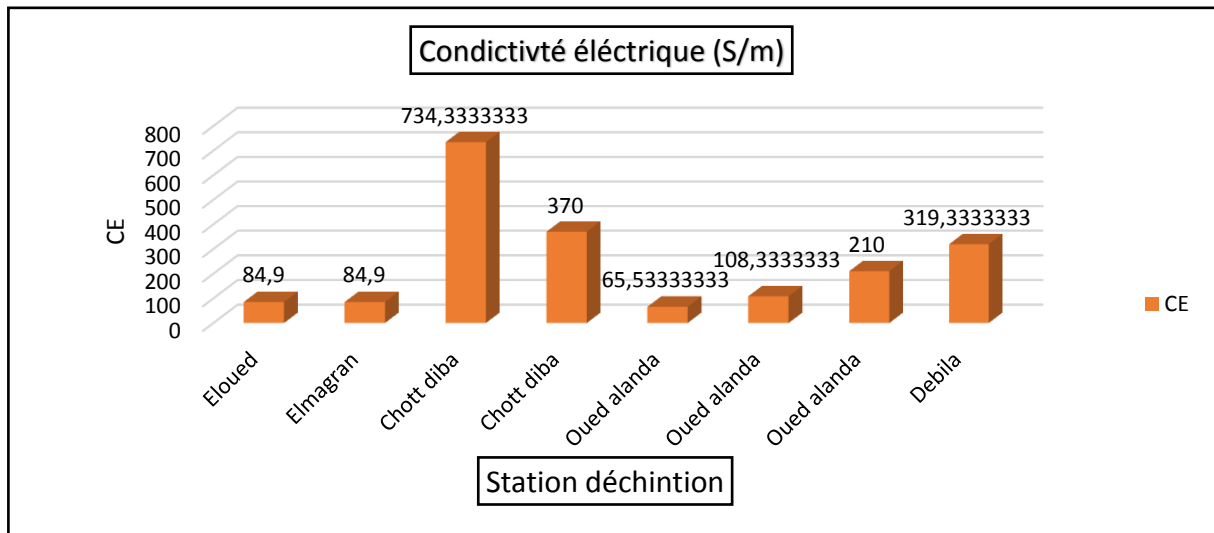


Figure19- Valeur des pH du sol présenté selon les rhizosphères des espèces.

6. Conductivité électrique du sol de rhizosphère des espèces échantillonnées

La conductivité électrique des extraits des sols des rhizosphères des espèces fabaceae échantillonnées dans la station inventoriée a été évalué par des valeurs oscille entre (65à 734 s/m).

La valeur la plus élevé est mesuré dans la rhizosphère de *R.reatam* trouvé dans la station de chott ediba (CE=734.3333333 s/m). Et le moins élevé dans la station



(Oued alanda) de la rhizosphère de l'espèce *A globiformes* (CE=65.33333333).

La conductivité électrique de la rhizosphère des individus nodulaires a été évalué de : (CE=84.9) pour l'espèce *R.reatam* de la station (Elmagran) et (CE=319.3333333) pour l'espèce *A.gombiformis* de la station (Debila).

Figure20- Valeur des CE du sol présenté selon les stations déchintions

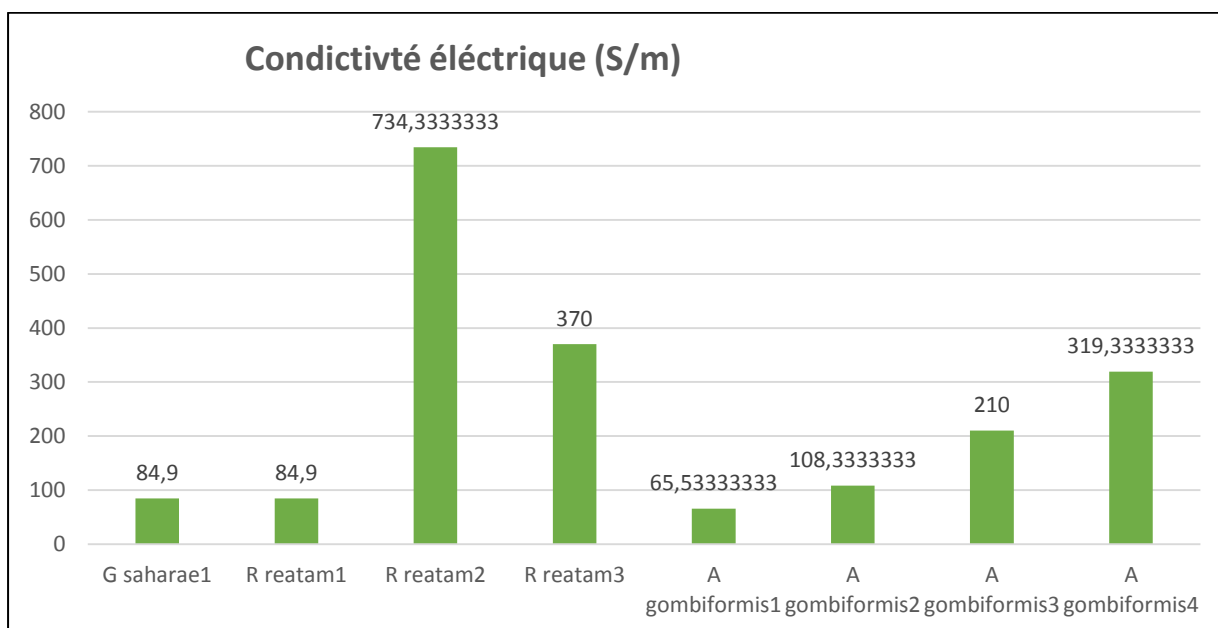


Figure 21- Valeur des CE du sol présenté selon les rhizosphères des espèces.

II- Discussion

1. Adaption des Fabaceae avec les conditions de milieu

Les espèces appartiennent à la famille des fabacées tolèrent davantage les conditions climatiques difficiles, par exemple elles résistent les conditions météorologiques variables telles que périodes de sécheresse et d'inondations qui endommagent d'autres cultures (FAO.2016).

Comprendre comment les plantes s'adaptent aux conditions climatiques est essentiel pour assurer une production agricole adéquate et durable dans des conditions résultant du climat mondial en constante évolution, en particulier la hausse des températures, la diminution des précipitations, l'évaporation et le vent (Christelle Flore Tchoupé MAKOUOUM .2018).

De nombreuses légumineuses se sont également parfaitement adaptées au manque d'humidité, aux sols argileux et aux sables mouvants (Bouafia et Bouiaya.2022).

A l'occasion de la Journée mondiale des sols, le Directeur général José Graziane da sila a déclaré à la FAO que les sols et les légumineuses représentent un

modèle unique de solidarité qui protège l'environnement, améliore la productivité et contribue à l'adaptation au changement climatique ([FAO.2021](#)).

2. Facteurs de milieu causant non nodosité des fabaceae (relation site d'échantillonnage _nature de sol _nodosité)

Les facteurs du milieu qui peuvent influencer la présence ou l'absence de nodosités chez les Fabaceae (légumineuses) autres que ceux liés à la famille des plantes elle-même, tels que les sites d'échantillonnage et la nature du sol, peuvent inclure :

Les pH extrêmes affectent la nodulation en réduisant la colonisation du sol et de la rhizosphère des légumineuses par les rhizobiums. Les sols très acides ($\text{pH} < 4,0$) ont souvent de faibles niveaux de phosphore, de calcium et de molybdène et des concentrations élevées d'aluminium et de manganèse qui sont souvent toxiques pour les deux partenaires ; la nodulation est plus affectée que la croissance de la plante hôte et la fixation de l'azote. Les sols très alcalins ($\text{pH} > 8,0$) ont tendance à être riches en chlorure de sodium, bicarbonate et borate, et sont souvent associés à une salinité élevée qui réduit la fixation de l'azote. La nodulation et la fixation de N sont observées dans une large gamme de températures avec des optima entre 20 et 30°C. Des températures élevées peuvent retarder l'initiation et le développement des nodules et interférer avec la structure et le fonctionnement des nodules chez les légumineuses. De plus, les changements de température affectent la capacité compétitive des souches de Rhizobium. Les basses températures réduisent la formation de nodules et la fixation de l'azote dans les légumineuses ([Bordeleau and .Prévost .1994](#)).

Teneur en azote du sol : Les fabaceae sont connues pour leur capacité à fixer l'azote atmosphérique grâce à la symbiose avec les rhizobiums. Cependant, si le sol contient déjà une quantité suffisante d'azote disponible, les plantes peuvent être moins incitées à former des nodosités, car elles n'ont pas besoin d'azote supplémentaire ([Brouquisse.2019](#)).

Compétition avec d'autres plantes : Dans certains cas, la compétition avec d'autres plantes peut limiter la formation de nodosités chez les Fabaceae. Si d'autres espèces végétales sont présentes en grande quantité et utilisent efficacement les ressources du sol, cela peut réduire la capacité des légumineuses à former des nodosités ([Boughaba .2019](#)).

Il est important de noter que la non-nodosité des Fabaceae peut également être due à des facteurs génétiques propres à la plante. Certains cultivars de Fabaceae peuvent avoir une faible capacité à former des nodules, même en présence de conditions favorables ([Bendaira et Felten2019](#)).

3. Adaptation des espèces Fabaceae nodulaire avec le sol saharien

Les légumineuses dans les régions sahariennes et à l'égard des conditions édapho-climatiques défavorables du Sahara, les fabacées requièrent une importance particulière en relation avec leurs capacités d'établir l'association avec les rhizobia permettant la fixation biologique de l'azote atmosphérique. Cette capacité leur confère des potentialités d'adaptation à mieux se développer sur des sols pauvres et dégradés ([Date, 2000](#)).

Les associations symbiotiques constituent de puissants facteurs d'adaptation des plantes aux conditions environnementales défavorables ([Zahran 1999](#)).

La relation symbiotique entre les légumineuses et les RIZOBIUM fixatrices d'azote est cruciale pour l'agriculture, car elle peut avoir des effets profonds sur la durabilité des terres, la qualité des sols, réduire les émissions de gaz à effet de serre et réduire les coûts pour les agriculteurs.

Outre l'importance principale de la symbiose en général pour minimiser l'utilisation d'engrais azotés coûteux, il convient également de souligner la réhabilitation des sols marqués soumis à des restrictions environnementales en raison de la demande mondiale croissante de production alimentaire et de la nécessité de réduire les émissions de carbone. Il est prévu d'utiliser la fixation biologique de l'azote comme alternative aux engrais azotés ([Black 2015](#).et [laGopalakrshnan2012](#))

CONCLUSION

CONCLUSION

L'objectif de notre travail était la recherche des espèces spontanées sahariennes appartenant de la famille des fabaceae qui peuvent contenir des nodules de symbiose bactérienne au niveau des racines.

Notre prospection a été réalisée sur 5 stations dans la région de Eloued dont : Debila, Oued alanda, Chott diba, Elmagran et Eloued.

Trois espèces de la famille des fabaceae ont été trouvées (*Retama reatam* ; *Astragalus gombiformis* et *Genista saharae*). Parmi ces espèces deux espèces avec nodosité ont été trouvées dont *Retama reatam* et *Astragalus gombiformis*.

Une description morphologique des nodules trouvés a été réalisée avec des analyses du sol rhizosphérique de tous les espèces inventoriées (pH, CE).

Les résultats montrent que l'aspect morphologiques (couleurs, forme, taille) des nodules étudiés a été comparable. Où on a trouvé que la couleur des nodules est jaune orangée chez *Retama reatam* et en jaune clair chez *Astragalus gombiformis*, avec une taille oscille entre (0.3-1.6) mm, et un nombre varie entre (8- 18) sur chaque racine secondaire pour les deux espèces.

Notre étude pédologique indique que le pH adaptative pour la nodosité est les sol basique, entre (7.8 et 8.2), la structure de sol a la zone d'étude est sablonneuse permettre de effectuer nombreuse de nodules dans zone rhizosphère.

Ce résultat est confirmé que les conditions pédoclimatique saharienne de la région de Eloued et les caractéristiques morphologiques des nodules sont capable de permettre d'adapté une vie symbiotique entre les espèces de la famille des Fabacées et les RIZOBIUM qui peuvent servir comme des biofertilisant.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

Achoura.,1995 .Diagnostic de l'état du patrimoine phoenicicole Algérien et essai.

Andi,2014. Agence Nationale de Développement de L'investissement wilaya d'Eloued.

Aubert ,1979.Les sols sodiques en Afrique du Nord.Annales INA,Alger VolN°1,pp 185-196.

Ayad, 2021. Effets nocifs de l'utilisation d'engrais chimiques.

Azani,2017. N., Babibeu M., Bailey C.D., Banks H., Barbosa A.R. Boatwright J.S. and Barbosa P.R A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. Phylogeny and classification of the Leguminosae, LPWG Taxon, 66(1) : 44–77.

Barton ,1999. L, McLay CDA, Schipper LA, Smith CT. Annual denitrification rates in agricultural and forest soils: a review. Australian Journal of Soil Research. 37: 1073-1093. Beijerinck MW. 1888. Culture des Bacillus radicicolaus den Kno'llchen. Bot Ztg. 46: 740- 750.

Bella,2005. évolution de la salinité des sols sous serres en milieu aride, Thèse, Mag, Agr, Institut National D'agronomie pp 29-35.

Bendaira et Felten 2019, Caractérisation phénotypique des isolats nodulant la légumineuse *Trigonella gladiata* Stev.

Black et al 2012, Gopalakrishnan et al 2015, The genetics of symbiotic nitrogen fixation: Comparative Genomics of 14 Rhizobia strains by resolution of protein clusters. *Genes*, 3: 138- 166 Plant growth promoting rhizobia: challenges and opportunities. *Biotech.*, 5:355–377.

Bordeleau and D. Prévost 1994, Nodulation and nitrogen in extreme environments.

BOUAFIA et BOUIAYA. 2022, Etude biologique et économique de la légumineuse *Vicia faba* et de lentilles cutinaires de la lentille.

Boughab, 2019. Isolement et caractérisation des Rhizobia nodulant la Fève (*Vicia faba*) dans trois régions de Constantine et Étude de leurs mécanismes d'action en tant que PGPR.

Boumaza, 2017. Recherche et détermination structurale des métabolites secondaires de *Genista tricuspidata* (Fabaceae), et *Haloxylon scoparium* (Chenopodiaceae). Thèse de doctorat, université Mentouri-Constantine, pp. 2-5.

Boutaghane, 2013. N Etude phytochimique et pharmacologique de plantes médicinales Algériennes *Genista ulicina* spach (Fabaceae) et *Chrysanthemum macrocarpum* (sch.Bip.) coss. & kralik ex Batt (Asteraceae). Thèse de doctorat, université de Constantine 1, pp. 16-156.

Brouquisse;2019. Contribution des phytoglobines et des Nitrate réductases à la régulation de L'oxyde nitrique et de la fixation de l'azote Dans la symbiose *Medicago truncatula* / *Sinorhizobium meliloti*.

Brown et col, 2001, Symbiotic and taxonomic diversity of rhizobia isolated from *Acacia tortilis* subsp *raddiana* in Africa. *Syst. Appl. Microbiol.* 25(1), 130-145.

Chehma et al, 2010. Meriane et al 2012, Valeurs nutritionnelles des plantes vivaces des Parcs sahariens algériens pour dromadaires. *Fourrages*. (204):63–268 . *Ecology, Biology and Biometry of an Endemic Fabaceae: Genista Saharæ* Cosson and Durieu. *J Life Sci* 6:501.

Coronado et col., 1995. Characteristics of *Rhizobium trianshanense* sp. nov. amoderately and slowly growing root nodule bacterium isolated from an arid saline environment in Xinjiang, people's republic of china. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 45(1), 153-159.

Dajoz,1971. Précisd'écologie.Ed. Dunod, Paris,434.

Doyle and Luckow, 2003. The rest of the iceberg. Legume diversity and evolution in a phylogenetic context. *Plant Physiol.* 14: 334–342.

Dupont et al., 2007. Dupont F. and Guignard J.L. *Abrégé de Botanique* 14ème édition (2007). Editions Masson, Paris; 285 p.

Enageo,1993. Entreprise nationale de géophysique. Rapports techniques.

Fang et Hirsch, 1998. Studying early nodulin gene ENOD40 expression and induction by nodulation factor and cytokinin in transgenic alfalfa. *Plant Physiol.* 116: 53-68.

FAO.2016, Légumineuses:Des graines nutritives pour un avenir durable.

FAO.2021, Les légumineuses et le Changement climatique (version révisée).

Foucher et Kondorosi , 2000. Cell cycle regulation in the course of nodule organogenesis in *Medicago*. *Plant Mol Biol.* 43: 773-786.

Franché and Lindström and Elmerich ,2009. « Nitrogen-fixing bacteria associated with leguminous and non-leguminous plants. » *Plant and Soil.* 321: 35-59.

Gibson and Kobayashi and Walker,2008. Molecular determinants of a symbiotic chronic infection. *Annual Review of Genetics.* 42: 413–441.

Gros 2013, L'ingénierie du vivant Par François.

Halcher et L'aïfaouil ,2005. Inventaire de la flore et de l'entomofaune dans deux stations d'étude : ITDAS D'Aïn Ben Nous et (I.N.P.V) de la de Flieche dans la région de Biskra, thèse ing, Univ.Batna.pp 29-35.

Hales ,2007. L'encyclopédie botanique de la région du souf .

Hallitim,1988. les sols des régions arides d'algerie, Edition, ITOPU, Alger, p110.

Juergen et col, 2006.Metabolic changes of rhizobia in legume nodules. School of Biological Sciences, University of Reading, UK, RG6 6AJ.

Kape et col., 1991. sinorhizobium arboris sp. Nov. and Sinorhizobium kostiense sp. Nov. isolated from leguminous trees in Sudan and Kenya. Int. J. Syst. Bacteriol.49, 1359-1368.

KHATER ,2019. L agriculture saharienne.

KHECHAI,2001.contribution à l'étude du comportement hydrophysique des sols du périmètre irrigué de l'ITDS, dans la plaine de l'Outaya (Biskra) , thèse , Mag, Univ.Batna.

Konate , 2010. Diversité interspécifique d'efficience d'utilisation de l'eau des cacias sahéliens et australiens. Thèse de doctorat, université Henri Poincaré, Nancy- 1, p. 20.

Machefert, and Dise and Goulding,and Whitehead,2002. Nitrous oxide mission from a range of land uses across Europe. Hydrology and Earth System Sciences. 6: 25-337.

Marouf et Reynaud , 2007. La botanique de A à Z. Dunod, paris, 342 p.

Mathesius, 2001. Auxin transport inhibition precedes root nodule formation in white.

Mathesius et col, 1998 ; Boot et col, 1999, Auxin transport inhibition precedes root nodule formation in white.

Nadjah, 1971. Souf de soasis. Edit la maison du livre. Alger. 1971.174p.

Ndayishimiye , 2011. Diversité, endémisme, géographie et conservation des Fabaceae de l'Afrique centrale. Thèse de doctorat, université libre de Bruxelles (université d'Europe), pp. 12-15.

Ndayishimiye,2011. Diversité, endémisme, géographie et conservation des Fabaceae de l'Afrique Centrale.

Ozenda, , 1977 . flore du Sahara Septentrional. Ed.Centre nati. Rech. Sec.(C.N.R.S). Paris.622p.

Ozenda, 1983.Flore du Sahara. ED. Centre Nati. Rech .sc. Paris, 622 p.

Ozenda ,1991 et la FAO,2000.Flore et végétation du Sahara. 3ème Ed. C.N.R.S. Paris. 662p les méthodes des plantations forestières en zones arides, ONUAA, PARIS, pp ,13-22.

Patriarca et col., 2004.Organogenesis of legume root nodules. Int Rev Cytol.234:201-262.

Pujic et Normand ,2009. La symbiose racinaire entre la bactérie Frankia et les plantesactinorhiziennes. Biofature. 298: 26–29.

Rasanen, 2002. Biotic and abiotic factors influencing the development of N₂-fixing symbioses between rhizobia and the woody legumes Acacia and Prosopis thèse de doctorat de l'université de Helsinki. Finlan.

Raven et al, 2009, Environnement.

Reeve et la 2010. Complete genome sequence of the Medicago microsymbiont Ensifer (Sinorhizobium) medicae strain WSM419. Standards in Genomic Sci., 2(1): 77–86.

Remain,1997 et HAICHER et LAIFAOUI,2005. Inventaire de la flore et de l'entomofaune dans deux stations d'étude : ITDAS D'Aïn Ben Nous et (I.N.P.V) de la de Flieche dans la région de Biskra, thèse ing, Unv.Batna.pp 29-35.

Roger et Dommergues et Balandreau et Dreyfus et Sougoufara ,1996. La fixation biologique de l'azote, quelles potentialités pour le développement, conférence-débat de l'ORSTOM présentée le 30 mai 1996.

Savka et col, 2002.*Rhizobium sullae* sp. nov. (formerly *Rhizobium hedysari*), the root-nodule microsymbiont of *Hedysarum coronarium* L. Int. J. Syst. Evol.Microbiol.52, 1267-1276.

Timmers et col, 1999. Refined analysis of early symbiotic steps of the *Rhizobium-Medicago* interaction in relationship with microtubular cytoskeleton rearrangements. Development. 126: 3617-3628.1617-1629.

Timmers et col, 2007. Refined analysis of early symbiotic steps of the *Rhizobium-Medicago* interaction in relationship with microtubular cytoskeleton rearrangements. Development. 126: 3617-3628.1617-1629.

Toutain, 1979. Eléments d'agronomie saharienne. De la recherche au développement. Ed .La maison neuve. 1979 Paris, 276p.

Van et col, 1992. Induction of preinfection thread structures in the leguminous.

Vincent, 1970, The manual for the practical study of root nodule bacteria. BlackwellScientific Publication Ltd., Oxford, United Kingdom.

Voisin , 2004 . Le Souf monographie, Edit El Walid. 319p.

Wais et col, 2002.*Rhizobium indigoferae* sp. Nov. and *Sinorhizobium kummerowiae* sp. nov. respectively isolated from *Iidigofera* spp. and *kummerowia stipulacae*. Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 52, 2231-2239.

Wasson et al., 2006. Silencing the Flavonoid Pathway in *Medicago truncatula*

Inhibits Root Nodule Formation and Prevents Auxin Transport Regulation by rhizobia. *Plant Cell*. 18:1617- 1629.

Wojciechowski and Lavin and Sanderson ,2004. A phylogeny of legumes (Leguminosae) based on analysis of the plastid *matK* gene resolves many well-supported sub clades within the family. *Am.J.Bot.* 91(11):1846-1862.

Yahara et al., 2013. Yahara T., Javadi F., Onado Y., Paganucci De Queiroz L., Faith D.P., Prado D.E., et al 2013. Global legume diversity assessment: Concept, key indicators, and strategies. *Taxon* 62(2): 249-266.

Young, 1992. Young JPW, Moeskjær S, Afonin A, Rahi P, Maluk M, James EK, Cavassim MIA, Rashid M O, Aserse AA, Perry BJ, Wang ET, Velázquez E, Andronov EE, Tampakaki. A, Flores Félix JD, Rivas González R, Youseif SH, Lepetit M, Boivin S, Jorin B, Kenicer GJ, Peix Á, Hynes MF, Ramírez-Bahena MH, Gulati A, Tian CF. 2021. Defining the *Rhizobium leguminosarum* Species Complex. *Genes* 12: 111.

Zahran, 1999. *Rhizobium*-legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid. climate. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* (63) 968–.