



**Université KASDI Merbah Ouargla**  
**Faculté des sciences de la nature et de la vie**  
**Département de la science biologique**



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme  
de Master

**Filière** : Ecologie et Environnement

**Spécialité** : Ecologie Végétale et Environnement

**Thème** :

Effet des conditions de culture sur la nodulation et la croissance  
de la luzerne (*Medicago sativa* L.) dans trois stations différentes.

**Préparé par :**

Benchabana Zahira

Zeggane Racha

**Membres de jury d'évaluation :**

M. Azib S.	Encadreur	MCB	UKMO
M. Chaich K.	Président	MCA	UKMO
M. Chaabena A.	Examineur	MAA	UKMO

Année Universitaire : 2021/2022

## *Remerciements*

*De prime d'abord, louange à Dieu de nous avoir donné la force, le courage et la patience de mener à bien ce modeste travail.*

*Notre profonde gratitude et nos remerciements les plus chaleureux vont particulièrement à notre encadreur Monsieur AZIB Salim., de nous avoir suivi et dirigé tout au long de la réalisation de ce travail. Aussi, nous la remercions pour sa disponibilité permanente, pour son orientation efficace et pour ses idées originales qui ont servi à enrichir ce mémoire.*

*Nos remerciements s'adressent également à Monsieur Merrah Abdrezzak pour son soutien, ses conseils et ses orientations ainsi que pour ses encouragements et son suivi durant notre travail*

*Nous tenons à exprimer notre plus profonde gratitude, notre grand respect aux membres de jury :*

*Notre président du jury Monsieur CHAICH d'avoir accepté de juger notre travail.*

*Monsieur CHAABENA .A d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Un grand merci s'adresse aussi à Monsieur HELICE YUCEF pour leurs aides qu'ils nous apportés.*

*Un grand merci aux personnels des Laboratoires (CRSTRA) de Touggourt Oum lkhir abssa, benhamed rachid, kherfi yamina, benahmed khadidja, benchabana zoulkha, fatiha kerkour, hadjouj moussa.*

*Nous n'oublions pas de remercier tout nos enseignants qui ont contribué à notre formation durant tous nos études à l'Université Kasdi Merbah Ouargla*

## *Dedicaces*

*C'est avec grand plaisir que je dédie ce modeste travail*

*A l'être le plus cher de ma vie, à la source d'amour incessible*

*A mon support dans ma vie, mon père abd nacer*

*A ma mère qui ma bénie par ces prières Aoun Mounira*

*Ce projet de fin d'étude représente l'aboutissement du soutien et des encouragements de mes parents qu'ils m'ont prodigués tout au long de ma scolarité, et qui sont l'origine de ma réussite que dieu les garde et les protège.*

*A mes sœurs et frères qui m'ont toujours encouragé*

*LISA -MALEK -RAMZI-AIMEN-ADEM*

*A mon petit eliane*

*A ma chère sœur sabrine*

*A mon chère frère touhami*

*A ma binome Rachha zeggane*

*A toute ma famille qui me donnent l'amour et la vivacité.*

*A toutes mes amies surtout sawsen, sarah*

*A tous ceux qui de près ou de loin m'ont soutenu.*

**Zizi**

## *Dédicace*

*J'adresse cette dédicace :*

*A qui ont toujours été à mes cotés; A ceux qui m'ont toujours soutenu dans les moments les plus difficiles et avec lesquels j'ai partagé les meilleurs et mauvais moments.*

*A ceux qui ont participé avec force à la construction de mon avenir ; Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, qui a été à mes cotées durant toutes les années de mes études, à ma très chère mère. Que ALLAH le garde et le protégé.*

*A mon cher père, depuis ma tendre enfance, tu es mon plus fort repère un être unique et magnifique, le meilleur des pères. Quand je pense à toi, les pleurs montrent avec les souvenirs. Merci pour ce que tu a moi, un chemin de sérénité. Ce poème d'hommage écrit pour toi est un océan de tendresse. Que Dieu lui fasse miséricorde et le place dans ses paradis.*

*A mon mari Sami, qui ma aidé et encouragé avec ma fetus qui était avec moi avant sa naissance.*

*A l'âme de mes grands.*

*A ma sœur Imane et son marré Khaled.*

*A ma sœurs : Hadil.*

*A ma chère ami Asma qui ma beaucoup encouragé.*

*A mon binôme Benchabana Zahira*

*A mes collègues et à tous ceux qui connaissent Racha.*

*Zeggane Racha.*

# Table des matières

## REMERCIEMENTS

Dedicace.....	III
Table des matières.....	V
Liste des figures.....	VIII
Liste des photos.....	IX
Introduction.....	1
CHAPITRE I.....	3
1- La fixation biologique de l'azote.....	5
1-1- Place de la fixation biologique dans le cycle de l'azote.....	5
1-2- Les microorganismes fixateurs d'azote.....	6
1-2-1- Les fixateurs libres.....	6
1-2-2- Les fixateurs symbiotiques.....	7
2- Les principales sources d'azote.....	7
2-1-Le sol.....	7
2-2- Les amendements organiques.....	8
2-3- Les engrais minéraux.....	8
3- La symbiose fixatrice d'azote rhizobium-légumineuse.....	8
4- L'établissement de la symbiose rhizobienne.....	9
4-1- Formation des nodules.....	9
4-2- Structure et morphologie des nodules.....	10
5- Les rhizobiums : Définition et caractéristiques.....	11
6- Les légumineuses.....	12
7- Description de la luzerne ( <i>Medicago sativa</i> L.).....	12
7-1- Description.....	12
7-2 Importance.....	13
8- Symbiose luzerne-Sinorhizobium.....	14
9- Principales contraintes environnementales limitant la fixation symbiotique de l'azote.....	15

<b>9-1- La salinité</b> .....	15
<b>9-2- La température, l'eau et la lumière sur la symbiose</b> .....	16
<b>9-3 Stress hydrique</b> .....	16
<b>9-4- le PH du sol</b> .....	17
<b>10- Fertilisation azotée</b> .....	17
<b>CHAPITRE II</b> .....	18
<b>PRESENTATION DES STATION D'ETUDE</b> .....	18
<b>Présentation des stations d'études</b> .....	19
<b>I- LA WILAYA DE TOUGGOURT</b> .....	19
<b>1- Situation géographique</b> .....	19
<b>2- Le Sol</b> .....	19
<b>3- Climat</b> .....	20
<b>4- Etude des paramètres climatiques</b> .....	21
<b>a- Température</b> .....	21
<b>b- Précipitation</b> .....	22
<b>c- Vents</b> .....	22
<b>d- Humidité</b> .....	22
<b>5- Hydrogéologie</b> .....	22
<b>a- Continental Intercalaire</b> .....	22
<b>b- Complexe Terminal</b> .....	23
<b>c- Nappe phréatique</b> .....	23
<b>6- Synthèse bioclimatique</b> .....	23
<b>a- Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN</b> .....	24
<b>I-2 Sidi Mehdi (INRAA)</b> .....	24
<b>I-3 TOUGGOURT (CRSTRA)</b> .....	25
<b>II-La région de OURGLA</b> .....	26
<b>II-1 Climat de la région d'Ouargla</b> .....	27
<b>II-1-1 Températures</b> .....	28
<b>II-1-2 Humidité de l'air</b> .....	28
<b>II-1-3 Evaporation</b> .....	28
<b>II-1-4 Précipitations</b> .....	28

<b>II-1-5 Vents</b> .....	29
<b>II-2 Exploitation de L'ITAS de l'université d'Ouargla</b> .....	29
<b>CHAPITRE III</b> .....	30
<b>I- Objectif de l'expérimentation</b> .....	32
<b>1- Echantillons de sols</b> .....	32
<b>1-1- Paramètres mesurés</b> .....	32
<b>2- Matériel végétale</b> .....	34
<b>2-1 Prélèvements de plantes</b> .....	34
<b>3- Mesure des paramètres végétatifs et symbiotiques</b> .....	34
<b>3-1- Paramètres végétatifs</b> .....	34
<b>3-2- Paramètres symbiotiques</b> .....	35
<b>3-2-1- La nodulation</b> .....	35
<b>4- Détermination de l'azote total</b> .....	36
<b>Chapitre IV</b> .....	38
<b>Résultat et Discussion</b> .....	38
<b>I - Les paramètres physiques chimiques</b> .....	39
<b>II- Résultats de la croissance de la plante</b> .....	40
<b>1- Croissance de la partie aérienne (HT)</b> .....	40
<b>2- Croissance de la partie racinaire (LR)</b> .....	41
<b>3- Résultats de poids secs des plantes</b> .....	42
<b>4- Résultats du nombre total des nodules</b> .....	44
<b>CONCLUSION</b> .....	48
<b>Référence</b> .....	51
<b>Annexes</b> .....	61
<b>Résumé</b> .....	63



# Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Cycle de l'azote (Tortora et al., 2003).....	6
<b>Figure 2</b> : Etapes de la formation d'un nodule racinaire chez une légumineuse infectée par rhizobia (Madigan et Martinko, 2007). .....	10
<b>Figure 3</b> : Représentation schématique d'une coupe longitudinale dans un nodule.....	11
<b>Figure 4: (a-b)</b> Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Touggourt. ....	24
<b>Figure 5</b> : localisation de la région de Ouargla. ....	27
<b>Figure 6</b> : Diagramme ombrothermique de la région d'Ouargla (2008 - 2018). ..	29
<b>Figure 7</b> : hauteur de la partie aérienne de plante en fonction des stations. ....	41
<b>Figure 8</b> : longueur de la partie racinaire de plante en fonction des stations.....	41
<b>Figure 9</b> : Poids sec des plantes en fonction des stations.....	42
<b>Figure 10</b> : poids sec des racines des plantes en fonctions des stations.....	43
<b>Figure 11</b> : Poids sec de plante en fonction des stations.....	43
<b>Figure 12</b> : nombre de nodules des plantes en fonction des stations. ....	44
<b>Figure 13</b> : taux d'azote et de protéine de plante en fonction des stations. ....	45

# Liste des photos

<b>Photo 1:</b> Culture de luzerne pérenne dans les régions sahariennes A(CRSTRA) B(INRAA) .....	13
<b>Photo 2 :</b> la fleur de luzerne cultivée ( Médicago sativa L) .....	13
<b>Photo 3:</b> Localisation de la région de Touggourt. ....	19
<b>Photo 4:</b> mesure le pH du sol par la méthode électrométrique (pH mètre). ....	33
<b>Photo 5:</b> mesure CE à l'aide d'un conductimètre. ....	33
<b>Photo 6:</b> prélèvement de plante luzerne étudiées.....	34
<b>Photo 7:</b> mesure de poids sec des parties aériennes et souterraines des plantes.	35
<b>Photo 8:</b> Mesure de la croissance des différentes parties végétatives. ....	35
<b>Photo 9:</b> Nodule de plante de la luzerne étudiée. ....	36
<b>Photo 11:</b> Digesteur à étape minéralisation .....	37
Photo 10: Préparation des échantillons.....	37
<b>Photo 12 :</b> Etape de distillation. ....	37
<b>Photo 13:</b> Etape de titrage.....	37

# Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Classification des rhizobia (Noel, 2009).....	16
<b>Tableau 2:</b> Données climatiques de la région de l'Oued righ (2008-2018).....	21
<b>Tableau 3:</b> présentation de la station Sidi Mehdi (INRAA). ....	25
<b>Tableau 4:</b> présentation de la station (CRSTRA). ....	26
<b>Tableau 5:</b> Données climatiques de la région de Ouargla pour la période (2008-2018).....	27
<b>Tableau 6:</b> présentation de l'exploitation de l'université l'itas d'Ouargla. ....	30
<b>Tableau 7:</b> Résultats des analyses physicochimiques de sable.....	39

## Liste des abréviations :

**BNF** : Biological nitrogen fixation

**Nod** : nodulation

**O.N.M** : l'office national de météorologie

**C.T** : complexe terminal

**INRAA** : Institut national de la recherche agronomique d'Algérie

**CE** : conductivité électrique

**pH** : potentiel hydrogène

**NPK** : azote, phosphore, potassium

**CRSTRA** : centre de recherche scientifique et technique dans les régions Arides

**ITAS** : Institut National de Formation Supérieure en Agronomie Saharienne

**HT** : hauteur des tiges

**LR** : longueur des racines

**PSP** : poids sec des plantes

**PST** : poids sec des tiges

**PSR** : poids sec des racines

**NN** : nombre de nodule

**S** : station

**N** : azote

**MAT** : matière azotée totale

**FAO** : Food and Agriculture Organisation

**ONU** : Organisation des Nations unies

# **Introduction**

## Introduction :

L'Algérie dispose d'énormes potentialités agricoles qui pourraient être la base de l'économie nationale et du développement social. Le pays couvre une superficie agricole utile de 8,4 millions d'hectares qui se partagent entre terres labourables et cultures pérennes. Parmi ces cultures, les légumineuses occupent une place importante dans les systèmes de cultures et dans l'alimentation de la population (Laouar et *al.*, 2001).

La famille des légumineuses ou Fabacées, comprend plus de 18 000 espèces différentes. Il s'agit de plantes dicotylédones, très riches en protéines, qui sont largement utilisées pour l'alimentation animale et humaine. Elles comportent de nombreux avantages qui rendent leur utilisation tout à fait justifiée, dans l'alimentation animale et dans l'intensification agricole. Elles sont donc particulièrement indiquées en Algérie, où le déficit fourrager est important (Berrekia, 1985).

Les légumineuses ces plantes ont la particularité de pouvoir subvenir à leurs besoins en azote de deux manières différentes. La première et la plus commune est l'assimilation de l'azote sous forme ionique, du type nitrate ou ammonium, à partir de la solution du sol via les poils absorbants des racines (George et *al.*, 1995; Govindarajulu et *al.*, 2005)

L'azote pour une légumineuse est de s'associer à certaines bactéries du sol (les rhizobia) et de mettre en place un organe spécialisé sur les racines qualifié de nodule. C'est à l'intérieur de cet organe que les rhizobia sont capables de transformer l'azote atmosphérique en une forme assimilable par la plante (Graham & Vance, 2003). Il a été montré que la capacité à former des nodules varie selon le groupe de légumineuses : considérée comme rare chez les *Caesalpinioideae*, elle est commune dans le clade des *Mimosoideae* et très fréquente au sein des *Papilionoideae* (Allen & Allen, 1981 ; de Faria et *al.*, 1989).

La luzerne (*Medicago sativa* L.) est l'une des légumineuses fourragères les plus populaires dans le monde en raison de son rendement élevé et de sa valeur nutritionnelle (Martin 2014; Biazzi et *al.* 2017). C'est une plante vivace qui peut régénérer rapidement de nombreuses nouvelles tiges après la récolte et peut être récoltée plusieurs fois au cours de la saison de croissance (Lamm et *al.*, 2012; Brink et *al.*, 2015). En tant que légumineuse, elle peut améliorer la structure du sol grâce à son système racinaire profond et améliorer l'apport en azote des cultures subséquentes grâce à sa capacité de fixation biologique de l'azote (Huyghe et *al.* 2014). La luzerne est une légumineuse fourragère de haute qualité, en

.particulier pour le bétail laitier, et elle peut augmenter le rendement en matière sèche lorsqu'elle est en culture mixte (Bélanger et *al.* 2014).

Les légumineuses ou Leguminosae se classent au second rang économique, après les Poaceae. Entre 1990 et 2012, l'exportation globale de légumineuses (légumineuses à graines) a doublé, de 6 à 13 millions de tonnes pour une valeur estimée à environ 10 milliards de dollars (Food and Agriculture Organisation [FAO]). Depuis le début de l'agriculture les légumineuses, domestiquées parallèlement aux graminées, jouent un rôle clé dans leur développement (Hancock, 2012). Pour une sensibilisation de leur importance au plan nutritionnel, ainsi qu'agroécologique en faveur d'un maintien d'une agriculture durable et d'une biodiversité face au changement climatique, 2016 a été désignée par l'ONU « année internationale des légumineuses ».

Compte tenu de leur aptitude à fixer l'azote atmosphérique, en association à des rhizobia du sol, les légumineuses sont sources de protéines. Comparées aux céréales, leurs grains contiennent trois fois plus de protéines, sans fertilisation azotée. Ainsi, dans de nombreuses régions pauvres de la planète, les espèces de légumineuses adaptées telles que : pois chiche, pois, haricot, fève, lentilles, arachide, constituent une importante source de nourriture humaine. Elles représentent, pour les populations locales, un apport en protéines, une source de revenu (huile, gomme,...), de fourrage pour les animaux (luzerne, trèfle,...) et de bois (Acacia, Dalbergia, Pterocarpus,...). Ainsi, les légumineuses couvrent globalement 66% des besoins de subsistance des communautés rurales dans les pays en développement, tout en assurant un maintien durable de la fertilité des sols et de l'équilibre des écosystèmes. Des légumineuses sont utilisées comme plantes pionnières, initiatrices d'une succession écologique, pour revégétaliser des sols très pauvres et dégradés (Brunel et *al.*, 2007), en phytoremédiation, pour le piégeage et la dégradation de contaminants du sol, tels : les herbicides, les pesticides et les métaux lourds (Afzal et *al.*, 2014), la dégradation des hydrocarbures, avec pour exemple : la luzerne en association avec la microflore du sol, piège à nitrate (CIPAN), en agriculture biologique et engrais verts (Vandenberghe et *al.*, 2009). La culture de légumineuses (pois, haricots et fèves vertes) peut générer d'importantes quantités d'azote dans les sols. En interculture la vesce est capable de stocker, en deux à trois mois, 60 à 80 kg d'azote par hectare dans la couche superficielle du sol (Bodson et 37 Vandenberghe, 2013). Certaines légumineuses sont tolérantes et très peu accumulatrices en métaux lourds. *Medicago sativa* en association avec *Sinorhizobium meliloti* présente une forte résistance à l'arsenic. Les légumineuses sont utilisées en ingénierie écologique, après sélection de souches

rhizobiennes capables de dégrader les composants organiques. Du fait de la forte teneur en huile de leurs graines, le soja et *Pongamia pinnata* sont utilisables en tant que biodiesel (Ferguson et *al.*, 2010). Les légumineuses sont également sources de molécules pharmaceutiques (Sprent, 2009). Elles sont cultivées pour la fabrication d'huiles alimentaires (soja, arachide) et non alimentaires (encre, vernis, peintures d'huile de soja), comme plantes ornementales (*Albizia*, glycine,...), en agroforesterie (acacias, mimosas,) (Somarriba and Beer, 2011). Les légumineuses à graines jouent un rôle important dans les rotations de cultures (Bedoussac et Justes, 2007). Elles peuvent répondre à deux défis majeurs de l'agriculture contemporaine : réduction de la consommation d'énergie fossile et d'émission de gaz à effet de serre, par diminution d'apport d'engrais azotés contribuant à des émissions de CO<sub>2</sub> et de N<sub>2</sub>O ; diversification des systèmes de culture, pour la réduction de pesticides, l'amélioration de l'utilisation des éléments nutritifs et de l'eau et diminution de pertes de nutriments dans les milieux de cultures (Magrini et *al.*, 2016).

Les nutriments jouent un rôle essentiel dans l'augmentation du rendement en graines des légumineuses. Dans les légumineuses, N est plus utile car c'est le composant principal des acides aminés ainsi que des protéines (Hussain. et *al.*, 2011). Croissance et rendement du plantes bénéficient fréquemment de l'application d'engrais azotés (Blaylock 1995). L'azote ajouté stimule souvent la plante précoce croissance parce que le premier N fixé est utilisé pour la croissance des nodules (Sprent et Thomas, 1984). Les plants peuvent bénéficier de l'azote disponible du sol pendant le remplissage des gousses si la capacité des plantes à acquérir de l'azote à partir de N<sub>2</sub> symbiotique.

La fixation est altérée par la maladie des racines ou la sénescence des nodules (Kumarasinghe et *al.*, 1992). L'objectif de notre travail est :

- Comparer la croissance, la nodulation, la teneur en azote et de luzerne sous différentes conditions de fertilisation (l'utilisation de bio composte, NPK et l'urée) dans deux régions saharienne (Touggourt et Ouargla).

Notre travail est organisé en trois chapitres. Le premier chapitre est consacré pour une synthèse bibliographique sur la fixation biologique de l'azote atmosphérique. Le deuxième chapitre est consacré à la présentation des zones d'études. Le troisième chapitre est consacré à la partie matériel et méthodes adoptées à l'expérimentation et en laboratoire. Les résultats et discussions sont présentés dans le quatrième chapitre. En fin, le travail sera achevé par une conclusion générale.



# **Chapitre I**

## **Etude Bibliographique**

## 1- La fixation biologique de l'azote

La fixation biologique de l'azote (BNF) a été découverte par Beijerinck en 1901 (Vance 2001; Wagner, 2012). Elle est considérée comme le processus naturel le plus important sur terre après la photosynthèse (Robson et Postgate 1980). Elle est réalisée par des procaryotes (bactéries et Archaea) appelés diazotrophes, vivant librement dans le sol tels que *Burkholderia*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus* et *Clostridium*, ou en symbiose telles que les bactéries qui forment une symbiose avec des légumineuses (Rhizobia), les bactéries qui forment des symbioses avec des plantes actinorhiziennes (Frankia) et certaines sont des bactéries associatives fixatrices d'azote telles que les cyanobactéries associées aux cycas (Postgate, 1982). Les seuls fixateurs d'azote connus en Archaea font partie des producteurs de méthane appelés bactéries méthanogène (Dixon et Kahn, 2004).

La fixation biologique de l'azote atmosphérique est le processus par lequel certains microorganismes transforment l'azote de l'air ( $N_2$  ou d'azote) en ammoniac (Rose et Mueller, 2006). Elle résulte de l'activité d'une enzyme qui s'appelle la nitrogénase (Maier et *al.*, 2009).

### 1-1- Place de la fixation biologique dans le cycle de l'azote

Le cycle de l'azote est l'un des cycles biogéochimiques les plus complexes (Bockman et *al.*, 1990; Ramade, 2003). Une représentation simplifiée d'après Tortora et *al.* (2003) est présentée sur la figure 1. Le principal réservoir d'azote est l'atmosphère; l'azote gazeux ( $N_2$ ) constitue en fait quelque 78% de l'atmosphère (Richlefs et Miller, 2005). La plupart des organismes vivants (animaux, végétaux, majorité des micro-organismes) ne peuvent cependant utiliser l'azote atmosphérique pour la synthèse de leurs acides aminés et des autres composés azotés; ils dépendent donc des molécules azotées plus réactives présentes dans le sol; comme l'ammonium et les nitrates. Ces molécules ne sont malheureusement pas aussi abondantes que l'azote gazeux. Il en résulte que l'azote est souvent un facteur limitant dans les écosystèmes naturels ou cultivés (Perry et *al.*, 2004).

La fixation biologique de l'azote est une étape très importante du cycle de l'azote, qui fournit de l'azote utilisable pour la nutrition des plantes (Modigan et Martinko, 2007, Pedro, 2007). Elle est capable de restituer à la biosphère l'azote combiné perdu par le phénomène de dénitrification (Berner et Berner, 1996; Doré et *al.*, 2006).

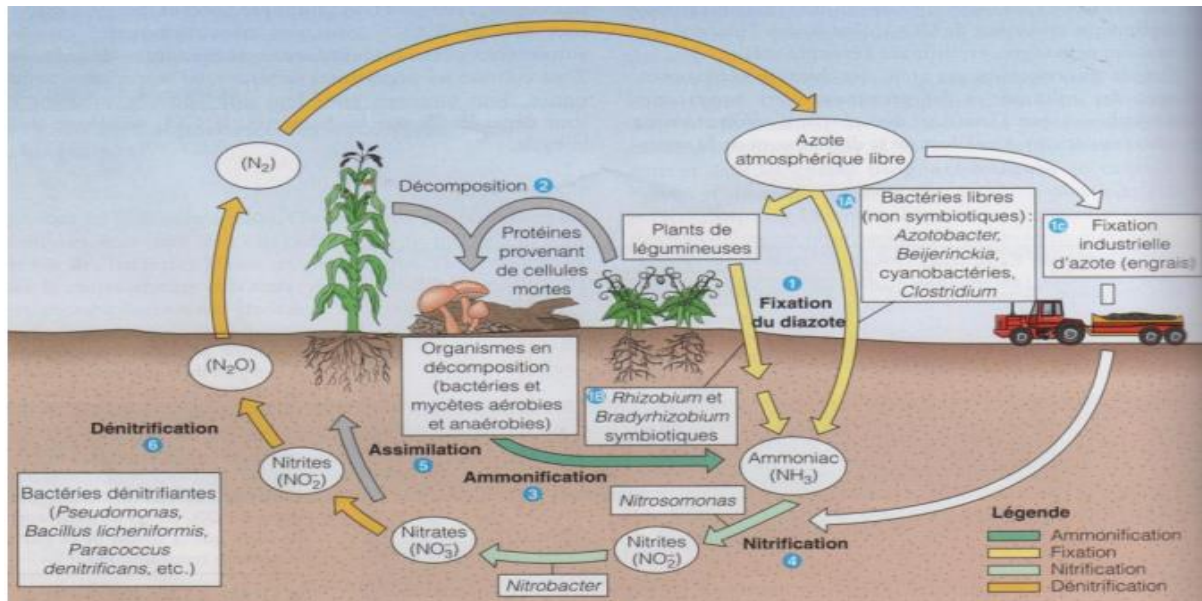


Figure 1 : Cycle de l'azote (Tortora et al., 2003)

## 1-2- 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 forme 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.

### 1-2-1- 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 (*Rhodobacter*, *Rhodospirillum*) (Franche et al, 2009).

**1-2-2- 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, ces derniers 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 Rhizobia (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 libre 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).

**2- Les principales sources d'azote****2-1-Le sol**

La première source d'azote utilisée par les plantes est l'azote du sol. En absence de tout apport d'engrais les plantes non fixatrices d'azote utilisent l'azote du sol durant leur cycle physiologique. Même les plantes fixatrices d'azote atmosphérique utilisent d'abord l'azote de la semence et du sol durant la première phase de la croissance. L'azote du sol est essentiellement sous forme organique. C'est par minéralisation que la matière organique du

sol libère l'azote utilisable par les plantes. En terme agronomique la matière organique renferme deux notions essentielles (Stevenson, 1994).

## **2-2- Les amendements organiques**

Les résidus organiques laissés sur le sol après les récoltes constituent une litière temporaire. Dans les systèmes de culture traditionnelle d'Afrique de l'Ouest, environ 50% des résidus de récolte sont consommés par les animaux pendant la saison sèche (Powel et Saleen, 1987). Quand ils sont enfouis en début de saison, ces résidus enrichissent la fraction légère de la matière organique du sol. Les amendements organiques incorporés aux sols sous forme de fumier ou de compost viennent également enrichir la fraction légère et constituent une source d'azote et d'humus.

## **2-3- Les engrais minéraux**

L'azote du sol et des amendements organiques ne suffisent pas pour atteindre des rendements optimums. Des engrais minéraux azotés sont utilisés comme complément d'azote pour augmenter les rendements et intensifier la production végétale. (Van Reuler et Prins, 1993).

## **3- La symbiose fixatrice d'azote Rhizobium-légumineuse**

La symbiose entre les plantes de la famille des Fabaceae et les bactéries de la famille des Rhizobia est une des plus efficaces en termes de fixation azotée et permet ainsi aux Fabaceae de coloniser les sols qui contiennent peu ou pas d'azote (Graham et Vance, 2003 ; Colebatch et *al.*, 2004). Les légumineuses sont responsables à elles seules de près de 30% de la fixation d'azote annuelle qui comprend la fixation industrielle de N<sub>2</sub> par le procédé de Haber-Bosh, la fixation atmosphérique de N<sub>2</sub> par conversion photochimique et la fixation biologique de N<sub>2</sub> par les procaryotes (Galloway et *al.*, 2003; Cheng, 2008; Ertl, 2012).

Le mutualisme entre les Fabaceae et les rhizobiums aboutit à la formation d'un organe particulier sur les racines ou les tiges, appelé nodule ou nodosité. Ces nodosités représentent de véritables organes d'échanges métaboliques entre les bactéries et la plante. A l'intérieur de cet organe, les microsymbiotes transforment l'azote atmosphérique en ammonium, une forme biologique qu'elles échangent avec la plante contre des photosynthétats (substrats carbonés) (Wang et *al.*, 2012).

**4- L'établissement de la symbiose rhizobienne**

L'établissement de la symbiose entre rhizobia et la plante légumineuses est un phénomène complexe. L'interaction symbiotique entre les bactéries rhizobia et les plantes de la famille des Légumineuses se traduit par la formation d'organes spécifiques, appelés nodules ou nodoisités, où les bactéries sous leur forme différenciées, Fixent et réduisent l'azote moléculaire en ammoniac (Perry et *al.*, 2004).

**4-1- Formation des nodules**

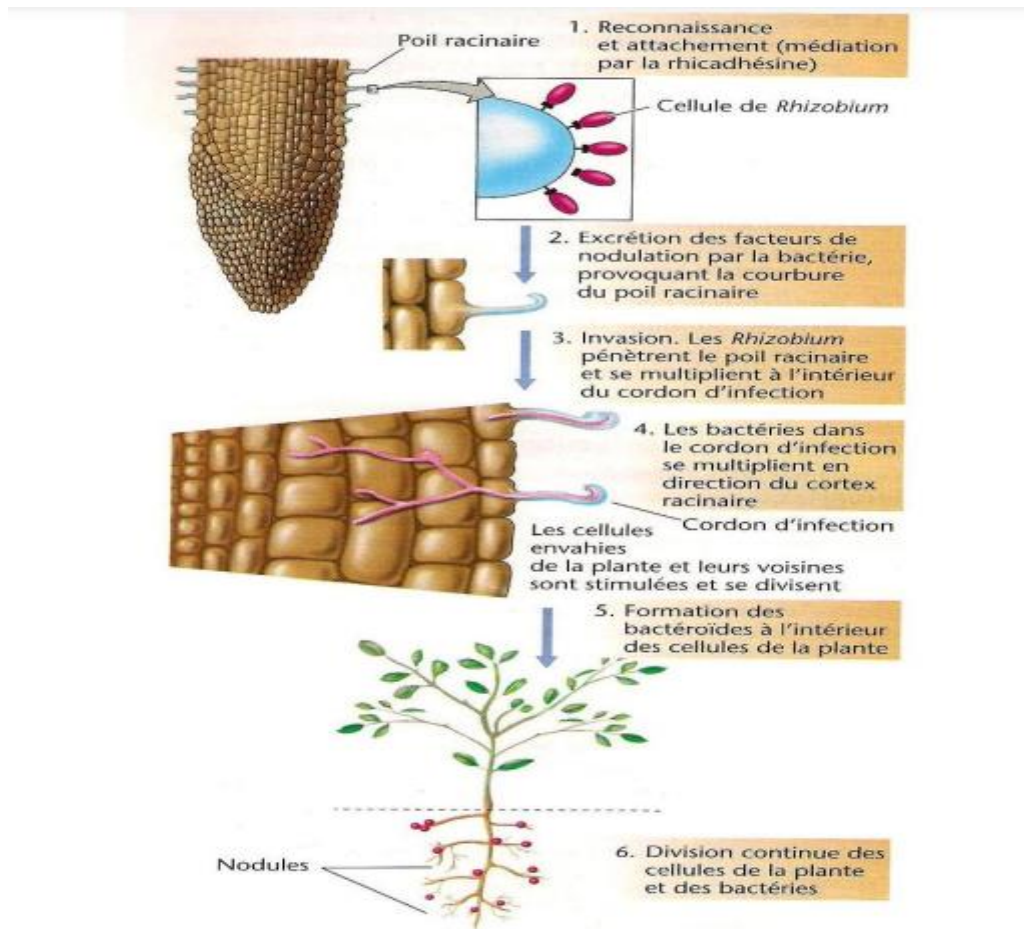
La bactérie et la plante hôte mettent en place un système de dialogue basé sur un échange de molécules chimique. Dans un premier temps, les racines excrètent des flavinoides (Hirsh et *al.*, 2001; Graham, 2007). Qui attirent le rhizobia dans le voisinage de la racine et activent les gènes bactériens Nod, qui codent pour les facteurs de nodulation Nod (Downie, 1998; Ramos et Bisseling, 2004; Downie, 2005). Ces facteurs, sécrétés par le rhizobia stimulent la division des cellules de la partie corticale des racines conduisant à la formation d'un méristème primaire (cellules en division active) (Heller et *al.*, 2000; Macheix et *al.*, 2005).

Les bactéries s'attachent aux racines par l'intermédiaire d'une molécule d'adhésion spécifique, la rhicadhésine, localisé à la surface des cellules de rhizobia. La rhicadhésine est une protéine liant le calcium. D'autres substances comme les lectines, qui sont des glycoprotéines végétales, ainsi que des récepteurs spécifiques présents au niveau de la paroi des cellules végétales jouent également un rôle dans la reconnaissance et l'attachement des bactéries à la plante (Krishnan et Bannett, 2007).

La phase d'adhésion entraîne une rétractation des racines en réponse à une sécrétion de molécules et la bactérie pénètre dans les cellules par un mécanisme d'invagination. La croissance et le déplacement de la bactérie dans la racine entraînent la formation d'une excroissance ou filament infectieux (ou cordon d'infection) (Panagiota et *al.*, 1995; Gage, 2004). L'infection s'étend progressivement aux cellules situées à proximité du site d'infection. La division rapide des cellules corticales infectées entraîne la formation du nodule (Borget., 1989; Madigan et Martinko, 2007) (figure 2).

Les bactéries prolifèrent rapidement à l'intérieur des cellules végétales ou elles prennent des formes plus ou moins globuleuses, boursoufflées parfois branchées, devenant ainsi des bactéroïdes. Les bactéroïdes sont enfermés individuellement ou à plusieurs dans des vésicules

limitées par une membrane pér bactéroidienne dérivant de la cellule végétale pour former un ensemble nommé symbiosome (une forme fixatrice d'azote) (Parniske, 2000; Werner, 2007).



**Figure 2** : Etapes de la formation d'un nodule racinaire chez une légumineuse infectée par rhizobia (Madigan et Martinko, 2007).

#### 4-2- Structure et morphologie des nodules

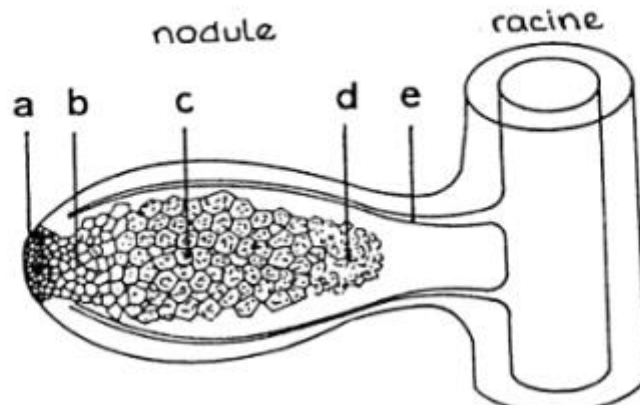
La structure du nodule comporte, en allant du méristème et en se dirigeant vers l'attache du nodule sur la racine on distingue :

- Un méristème, formé de petites cellules non contaminées par les rhizobia et qui assurent la croissance de la nodosité
- La zone de rupture des cordons, dans cette zone, les cellules se multiplient activement et sont contaminées par les rhizobia, mais la fixation n'a pas lieu.
- La zone de fixation, cette zone est le siège de la fixation de  $N_2$  donc les cellules contiennent un très grand nombre de bactéries.



- La zone de dégénérescence, les cellules de la plantes hôte dégénérent
- Les faisceaux libéro- ligneux, irriguent le nodule, apportent les glucides nécessaires pour la réaction de fixation, et exportent vers les feuilles les composés azotés formés (Odaton, 1992; Elmerich, 1997; Trinchant et *al.*, 1998).

Il existe quelques différences dans la morphologie des nodosités. L'activité méristématique continue amène à distinguer des nodosités de type indéterminé, qui sont digitées (*Medicago*) ou coralloïdes (*Vicia*), de nodosités de type déterminé chez les quelles le méristème a une durée d'activité limitée comme chez *Glycine* ou *Phaseolus* (Trinchant et *al.*, 1998)



**Figure 3:** Représentation schématique d'une coupe longitudinale dans un nodule (a: un méristème, b: la zone de rupture des cordons, c: la zone de fixation, d: la zone de dégénérescence, e: Les faisceaux libéro- ligneux) (Odaton, 1992).

### 5- Les rhizobiums : Définition et caractéristiques

Le mot rhizobia est utilisé pour toute les bactéries qui sont capables de noduler et de fixer l'azote atmosphérique en association avec des légumineuses (Willems, 2006).

Les rhizobia se présentent sous forme de coccobacilles ou en bâtonnets de 0.6 à 0.8  $\mu\text{m}$  de large et de 1 à 4  $\mu\text{m}$  de long (Dommergue et Mangenot, 1970), généralement très mobile (Bergey's, 1984), non sporulants. Leurs pH optimum de croissance est de 6 à 7, et leur température optimale varie entre 25 et 30  $^{\circ}\text{C}$  (Jordan, 1984).

Des recherches approfondies ont été menées sur la diversité des rhizobia au cours des 25 dernières années, de sorte que de nombreuses nouvelles espèces et genres ont été



officiellement décrits (de Lajudie et *al.*, 2019). Au début des années 80 du siècle passé, toutes les bactéries symbiotiques fixatrices d'azote étaient classées dans le genre *Rhizobium*, avec six espèces nommées: *R. leguminosarum*, *R. meliloti*, *R. trifolii*, *R. phaseoli*, *R. lupin* et *R. japonicum* (Somasegaran et Hoben, 1985). Actuellement, on compte environ 238 espèces réparties dans 18 genres (Shamseldin et *al.*, 2016).

## **6- Les légumineuses**

La famille des légumineuses (aussi appelées Fabacées), l'une des plus importantes du règne végétal (16000-19000 espèces) comporte 750 genres différents (Dommergues et *al.*, 1999).

Les légumineuses présentent l'énorme avantage par rapport aux autres plantes de pouvoir s'associer à des bactéries du sol communément appelées rhizobiums pour fixer l'azote atmosphérique et de transférer celui-ci à la plante sous une forme combinée assimilable (Lerouge p et *al.*, 1990)

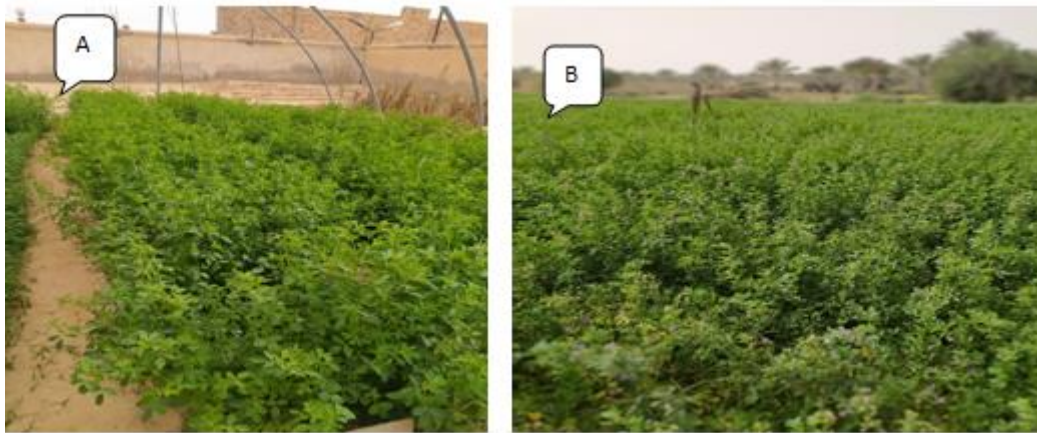
En contrepartie, la plante fournit les éléments nutritifs assurant le développement de la bactérie. Grâce à cette association symbiotique, les légumineuses participent à la revégétalisations des écosystèmes pauvres en azote, en s'établissant comme flore pionnière, initiatrice d'une succession écologique (Genest et Dreyfus, 1990). Elles constituent par ailleurs une source d'alimentation extrêmement importante aussi bien pour l'homme (soja, pois, haricot...) que pour l'animal (trèfle, luzerne...).

## **7- Description de la luzerne (*Medicago sativa* L.)**

### **7-1- Description**

La morphologie générale de la plante a été décrite par Teuber et Brick (1988) ainsi que Barnes et Sheaffer (1995). À maturité, la plante possède une longue racine pivotante. En sol profond, humide et bien drainé, cette racine peut atteindre six mètres de longueur, ou même davantage, et produire au niveau du collet des racines latérales parfois nombreuses. Le collet, structure complexe située près de la surface du sol, conserve son activité méristématique d'une année à l'autre et produit des bourgeons qui donnent naissance à de nouvelles tiges. Les feuilles sont alternes et comportent au moins trois folioles. Des rameaux secondaires et tertiaires peuvent se former à l'aisselle des feuilles. Dans les conditions normales de production fourragère, chaque pied compte 5 à 15 tiges et peut atteindre près d'un mètre de hauteur. Les fleurs sont de couleur variable mais sont le plus souvent violettes, panachées,

jaunes, crème ou blanches. Après la pollinisation, elles donnent généralement une gousse spiralée.



**Photo 1:** Culture de luzerne pérenne dans les régions sahariennes A(CRSTRA) B(INRAA)



**Photo 2 :** la fleur de luzerne cultivée (*Medicago sativa* L.)

### **7-2 Importance**

La luzerne cultivée est originaire d'Asie mineure, de Transcaucasie, du Turkménistan et d'Iran. L'espèce pousse dans tout le bassin méditerranéen, en Afrique du Nord, au Moyen-Orient, dans la plus grande partie de l'Europe, en Sibérie et dans le nord de l'Inde et en Chine (Quiros et Bauchan, 1988 ; Michaud et *al.*, 1988).

La luzerne (*Medicago sativa* L.) est l'une des légumineuses fourragères les plus populaires dans le monde en raison de son rendement élevé et de sa valeur nutritionnelle (Martin 2014; Biazzi et al. 2017). C'est une plante vivace qui peut régénérer rapidement de nombreuses nouvelles tiges après la récolte et peut être récoltée plusieurs fois au cours de la saison de croissance (Lamm et al., 2012; Brink et al., 2015).

La luzerne est largement cultivée, particulièrement dans les régions limitées en eau, en raison de sa capacité d'absorber l'eau des couches profondes du sol via son système de racines profondes (Zhu et al., 2016; Sim et al., 2017) et favorise la prévention de l'érosion des sols dans les zones arides et semi-arides (Quan et al., 2015), ce qui lui confère un niveau relativement élevé de tolérance à la sécheresse par rapport aux autres cultures (Kang et al., 2011; Tang et al., 2014).

En Afrique, la luzerne est cultivée dans quelques pays situés dans les régions du nord et du sud. En Algérie, la luzerne occupe environ 10 000 ha, avec une production moyenne de 3 à 4 t de MS/ha. Au Sahara algérien, caractérisé par un climat désertique, la luzerne est de loin la principale espèce fourragère cultivée (Chaabena et al., 2012).

### **8- Symbiose luzerne-Sinorhizobium**

La symbiose luzerne-Ensifer sp. (syn. Sinorhizobium) est l'une des associations plantes-microbes les mieux étudiées (Carelli et al., 2000; Galibert et al., 2001; Bena, 2001; Bena et al., 2005; Saidi et al., 2009; Elboutahiri et al., 2010). Deux espèces étroitement apparentées sont capables de noduler *Medicago sativa*: *Ensifer meliloti* et *E. medicae* (De Lajudie et al., 1994, Rome et al., 1996). L'espèce *S. meliloti* a d'abord été décrite, puis divisée en *E. meliloti* et *E. medicae* en fonction de caractéristiques phénotypiques et génomiques (Rome et al. 1996).

Tableau1: Classification des rhizobia ( Noel, 2009).

Protéobactéries		Espèces		
Division	Genre	Nombre	Représentatives	Hôtes représentatives
Alpha	<i>Rhizobium</i>	16	<i>R. leguminosarum</i>	<i>Psidium, Trifolium</i> etc.
			<i>R. etli</i>	<i>Phaseolus</i>
			<i>R. tropici</i>	<i>Phaseolus, Leucaena</i>
	<i>Bradyrhizobium</i>	7	<i>B. japonicum</i>	<i>Glycine, Vigna</i>
			<i>B. elkanii</i>	<i>Glycine</i>
	<i>Sinorhizobium (Ensifer)</i>	11	<i>S. eliloti</i>	<i>Medicago</i>
			<i>S. fredii</i>	<i>Glycine, Vigna</i>
	<i>Azorhizobium</i>	2	<i>A. caulinodans</i>	<i>Sesbania</i>
	<i>Mesorhizobium</i>	11	<i>M. loti</i>	<i>Lotus spp.</i>
	( <i>Allorhizobium</i> )	1	<i>A. undicola</i>	<i>Neptunia</i>
<i>Methylobacterium</i>	1	<i>M. nodulans</i>	<i>Crotalaria spp.</i>	
<i>Devosia</i>	1	<i>D. neptuniae</i>	<i>Neptunia</i>	
<i>Ochrobacterium</i>	1	<i>O. lupinus</i>	<i>Lupinus</i>	
<i>Phyllobacterium</i>	1	<i>P. lupinii</i>	<i>Trifolium et Lupinus</i>	
Beta	<i>Burkholderia</i>	5	<i>B. phymatum</i>	<i>Mimosa</i>
	<i>Cupriavidus (Ralstonia)</i>	2	<i>C. taiwanensis</i>	<i>Mimosa</i>

## 9- Principales contraintes environnementales limitant la fixation symbiotique de l'azote

### 9-1- La salinité

La salinité menace l'agriculture de nombreuses régions arides ou semi-arides (Ashrafet *al.*, 2008). Le stress salin entraîne la diminution du potentiel osmotique de la solution du sol et des effets spécifiques d'ions (principalement Na et Cl) (Munns et Tester, 2008). Ce stress osmotique provoque un déséquilibre nutritionnel de la plante et une toxicité cellulaire, affectant le développement des plantes (Munns et Tester, 2008).

Lors de la symbiose, les légumineuses et la formation de nodules sont plus sensibles au sel ou au stress osmotique que les rhizobiums (El-Shinnawi et *al.*, 1998 ; Velagaleti et *al.*,

1990 ; Zahran, 1991). Le stress salin inhibe les premières étapes de la symbiose. La réduction de l'activité fixatrice de N<sub>2</sub> par le stress dû au sel est généralement attribuée à une réduction de la respiration des nodules (Ikeda et *al.*, 1992 ; Delgado et *al.*, 1994) et à une réduction de la production de protéines cytosoliques, en particulier de la leghémoglobine, par les nodules (Delgado et *al.*, 1994). La réduction de l'activité photosynthétique pourrait également affecter la fixation de N<sub>2</sub> par les légumineuses soumises au stress salin (Georgiev et *al.*, 1993)

Les Rhizobia développent des stratégies spécifiques pour faire face au stress salin, notamment l'accumulation de cations inorganiques (par exemple, le potassium) et la production intracellulaire de solutés organiques de faible poids moléculaire, tels que la proline, le tréhalose, la glycine bêtaïne, les ectoïnes et les polyamines (Dong et *al.*, 2017).

### **9-2- La température, l'eau et la lumière sur la symbiose**

Les températures élevées des sols constituent un problème majeur pour la fixation biologique de l'azote des cultures de légumineuses (Michiels et *al.* 1994). Les effets du stress thermique sur la nodulation et la fixation de l'azote ont été étudiés depuis longtemps (Bowen & Kennedy, 1959). Même avant le début de la formation de nodules, la température au niveau de la rhizosphère influence non seulement la survie rhizobienne dans le sol, mais également l'échange de signaux moléculaires entre les deux partenaires symbiotiques (Sadowsky, 2005).

Aux températures suboptimale (<20°C), la croissance des microorganismes dans la rhizosphère, l'infection et le développement du nodule seraient plus affectés que le fonctionnement même de la symbiose (Reddell, 1993). De même les fortes températures, (>40°C) inhibent la nodulation (Dommergues et *al.*, 1999) et réduisent l'activité fixatrice de N<sub>2</sub> (Mafongaya, 2004). Il est probable que les réponses à la température varient considérablement suivant les souches impliquées. Lorsque les températures du sol sont élevées en surface, la nodulation a tendance à être localisée dans les horizons plus profonds (Graham, 1992).

### **9-3 Stress hydrique**

En condition de déficit hydrique, la croissance et la survie des rhizobia sont affectées (Van Gestel et *al.*, 1993; Hungria et Vargas, 2000), la nodulation est réduite (Sangakkara et *al.*, 1996) et le fonctionnement de nodules (fixation de N<sub>2</sub>) est diminué (Brockwell et *al.*, 1995) (Hungria et Vargas, 2000; Bacha et Ounane, 2003; Ounane et al., 2003; Lazali, 2009 ; Azib et al, 2019). Les deux partenaires et toutes les étapes de l'établissement et de fonctionnement de

la symbiose rhizobia-légumineuse sont sensibles au stress hydrique (Serraj *et al.*, 1999; Reddy *et al.*, 2003).

En règle générale, l'excès d'eau est préjudiciable à la fixation de N<sub>2</sub>. Ici encore, il existe de très grandes variations entre les espèces et probablement aussi les provenances (Dommergues *et al.*, 1999).

#### **9-4- le PH du sol**

La sensibilité des rhizobia est variable, la tolérance des bactéries symbiotiques serait liée à leur aptitude à réguler leur pH cytoplasmique (Raddell, 1993). Les pH extrêmes influencent sur les deux partenaires (rhizobium et légumineuse). Cependant d'après Fitouri (2011), la majorité des légumineuses demande un pH neutre ou légèrement acides pour établir une symbiose efficace, mais il existe une énorme variabilité de comportement entre les provenances au sein d'une même espèce (Dommergues *et al.*, 1999).

La solubilité des éléments minéraux et les troubles dans la nutrition minérale sont causés par l'acidité élevée du sol qui influence d'une part sur le développement de la plante hôte et d'autre part l'efficacité des rhizobiums qui provoque une diminution de la nodulation (Munns, 1977).

#### **10- Fertilisation azotée**

Les engrais azotés sont utilisés plus efficacement dans le cadre d'un plan de fertilisation équilibré qui vise à maximiser le rendement économique et maintenir la qualité de l'environnement. Dans les Prairies canadiennes, l'azote est le plus souvent le nutriment limitant le rendement en ce qui concerne la production agricole. L'azote contribue d'une part au rendement en grains et à la production de biomasse fourragère, et d'autre part à la protéine. Une fois que les exigences de rendement en azote ont été satisfaites, une nouvelle absorption d'azote, surtout plus tard dans la saison, contribue principalement à l'augmentation du niveau de protéines. Pour une optimum réponse économique lors de l'application d'engrais azotés, le taux d'application d'azote doit être équilibré avec l'humidité et la disponibilité d'autres éléments nutritifs pour les plantes. L'analyse du sol est essentielle pour déterminer le taux approprié d'engrais azoté à appliquer pour correspondre au potentiel de rendement des cultures. Cela permet de déterminer la disponibilité de l'azote ainsi que d'autres nutriments et l'évaluation de l'humidité du sol emmagasinée.

**CHAPITRE II**

**PRESENTATION DES**

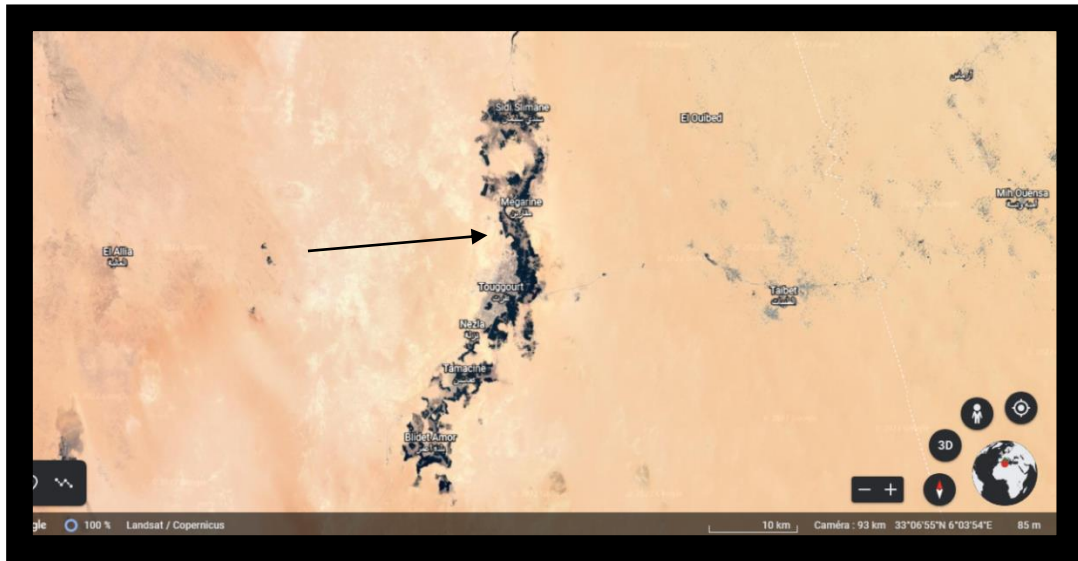
**STATIONS D'ETUDE**



## Chapitre II

## Présentation des stations d'études

Dans ce chapitre, nous allons traiter les caractéristiques des régions et des stations d'études, particulièrement ses situations géographiques et les factures édaphiques, climatiques et biologiques.



**Photo 3:** Localisation de la région de Touggourt.

## I- LA WILAYA DE TOUGGOURT

### 1- Situation géographique

La région de Touggourt se situe dans le Sud-Est de l'Algérie. Elle correspond à la partie haute de l'Oued Righ. Elle est bordée au sud et à l'est par le Grand Erg Oriental, au nord par les palmeraies de Megarine et l'Ouest par des dunes de sable (33° 02' à 33° 12' N., 5° 59' à 6° 14' E.) .La région d'étude est localisée à une altitude de 75 m (DUBOST, 2002).

### 2- Le Sol

La région d'étude est caractérisée par des sols d'origine alluviale formés à partir du niveau Quaternaire ancien encroûté essentiellement à la surface par des apports éoliens sableux. Ils ont une texture sablo-limoneuse et une structure continue (Cortin, 1969) .Ces sols ont un caractère hydromorphe, ce qui engendre la remontée des niveaux de nappes



phréatiques et la concentration des sels surtout dans les horizons de surface (KHADRAOUI, 2006).

Au Sahara, le facteur de la formation des sols est essentiellement le vent. Il s'y ajoute l'ampleur des variations thermiques, notamment journalières (Dutil, 1971 ; Dubost, 1991). Les sols sahariens sont généralement peu évolués et dépourvus d'humus (Halitim, 1985). D'après Boumaaraf (2003), l'étude pédologique menée sur la région de Touggourt fait ressortir les différents types des sols caractéristiques de cette zone, qui sont surtout les suivant :

- Sols sableux d'apport éolien
- Sols salés
- Sols gypseux où la nappe sulfatée est le facteur moteur de la genèse de ces derniers

### **3- Climat**

Le Sahara au sens large est caractérisée par des périodes de sécheresse prolongées . Le Sahara Algérien correspond à un désert zonal dans la typologie des zones désertiques (FAURIE et *al*, 1980).

Les caractères du climat saharien sont dus, tout d'abord, à la situation en l'atitude, au niveau du tropique, ce qui entraîne des fortes températures, et au régime des vents qui se traduit par des courants chauds et secs. Ce climat est caractérisé notamment par la faiblesse et irrégularité des précipitations, une luminosité intense, une forte évaporation et de grands écart de température (Ozenda ,1991).

Pour déterminer les caractéristiques climatiques de la région de l'Oued righ, une synthèse des données climatiques de 10 ans (de 2008 à 2018) obtenus à partir de l'Office National de météorologie (O.N.M ,2019) de Touggourt dans une suivant.

**Tableau 2:** Données climatiques de la région de l'Oued righ (2008-2018)

MOIS	T.Min(°C)	TMax(°C)	TMoy (°C)	H(%)	P (mm)	V(m/s)	Ins (h)	Evap (mm)
Janvier	5,1	18,4	11,8	59,8	10,5	8,4	255,3	102,2
Février	6,4	19,8	13,1	53,7	6,0	9,4	238,3	130,8
Mars	10,1	24,3	17,2	49,1	6,9	10,2	264,8	170,6
Avril	14,7	29,3	22	44,9	10,1	10,6	290,8	212
Mai	19,1	33,7	26,4	41,1	3,7	10,6	326,7	250
Juin	23,7	38,5	31,1	36,5	0,6	9,7	328	286,7
Juillet	27,2	42,5	34,9	32,6	0,3	9,5	361,2	354,4
Aout	26,3	40,9	33,6	37,4	1,3	9,3	343,4	304,4
Septembre	22,8	36,3	29,5	46,2	6,6	9,3	276,8	227,5
Octobre	16,7	30,4	23,5	50,4	3,9	8,1	275,3	178,1
Novembre	10	23,3	16,6	56,8	5,9	8,2	251,9	131
Décembre	5,4	18,6	12	62,2	3,1	7,3	240,8	88,7
Moyenne	15,6	22,7	22,7	47,6	58,9	9,2	3453,3	2436,4

Source : (O.N.M Touggourt, 2019)

#### 4- Etude des paramètres climatiques

##### a. Température

La température présente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la reproduction, l'activité et la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 2003).

Elle dépend de la nébulosité, de l'attitude, des grandes surfaces d'eau, des courants végétaux (Faurie et al, 1980).

La région de l'Oued righ est caractérisée par des températures très élevées, la température moyenne annuelle est de 22,7°C, avec 34,9°C en juillet pour le mois le plus chaud et 11,8 °C en janvier pour le mois le plus froid, avec des extrêmes de TM= 42,5°C en juillet et en TM= 5,1°C en janvier.

**b. Précipitation**

Selon Dubief (1953), les précipitations ont pratiquement lieu sous forme de pluie. Ces dernières sont caractérisées par leur faible importance quantitative et les pluies torrentielles sont rares. Les fluctuations mensuelles montrent une répartition variable de la pluie d'un mois à l'autre.

Dans notre région d'étude, les précipitations sont très rares et irrégulières à travers les saisons et les années, elle reçoit un cumul annuel de l'ordre de 58,9 mm, la répartition est marquée par une sécheresse presque absolue au mois de juillet et de l'ordre 0.3 mm et le maximum en janvier avec 10,5mm.

**c. Vents**

La fréquence et l'intensité des vents sont également un des caractéristiques majeures du climat Saharien. Il joue un rôle considérable, en provoquant une déflation et une corrosion sur les reliefs, ainsi que sur les plantes surtout sur les parties aériennes, il s'agit en accentuant l'évaporation (Ozenda, 1983).

**d. Humidité**

Les valeurs de l'humidité relative de la région d'étude elle varie d'une saison à l'autre, les moyennes mensuelles annuelle de 47,6%. Le maximum au de décembre 62.2% ce mois et le plus humide et elle est minimale au mois de juillet avec 32,6 % mois le plus sec.

**5- Hydrogéologie****a. Continental Intercalaire ou Albien**

Le continental intercalaire (C.I) est un aquifère de 1500m et plus de profondeur, composé de sables gréseux ou argileux qui s'étend sur plus de 600 000 km<sup>2</sup>, son épaisseur peut atteindre. De point de vue lithologique, le continental intercalaire est formé par une succession de couches de sables, de grès, de grès argileux et d'argile (Bouhorer et Mariouma, 2017).

La qualité de l'eau du continental intercalaire est bonne (la minéralisation totale est généralement < 3,5 g/l). L'eau d'Albien est relativement peu minéralisée, la conductivité électrique est de 3 mmhos/cm en moyenne, mais dont la température est supérieure à 50°C quand elle jaillit, ce qui pose des problèmes de refroidissement préalable à l'irrigation .cette

eau provoque des dépôts abondant de carbonate de calcium qui rendent sa distribution délicate (Sayah, 2008).

### **b. Complexe Terminal**

La nappe du complexe terminal (C.T) couvre une importante partie du sahara septentrional (environ 350.000 Km<sup>2</sup>). Elle est en général peu profonde (100 à 400m). Sa température est de l'ordre de 20 à 30 °C en tête de forage (A.N.R.H ,2006).

On distingue trois aquifères principaux (Bouhorera et Mariouma, 2017) :

-la première nappe :dans le sables et argiles du pliocène, qui est en fait un réseau de petites nappes en communication.

-la deuxième nappe : dans les sables grossiers à graviers du Miocène supérieurs.

-la troisième nappe : dans les calcaires fissurés et karstiques de l'Eocène inférieur.

Historiquement, ces trois nappes étaient artésiennes sur l'ensemble de la région de l'Oued Righ, cette région est caractérisée par la présence de la nappe sénonien carbonaté et le Turonien, mais l'exploitation croissante de ces nappes à conduit à l'utilisation de pompages visant à assurer des débits réguliers pour l'irrigation (Sayah, 2008).

### **c. Nappe phréatique**

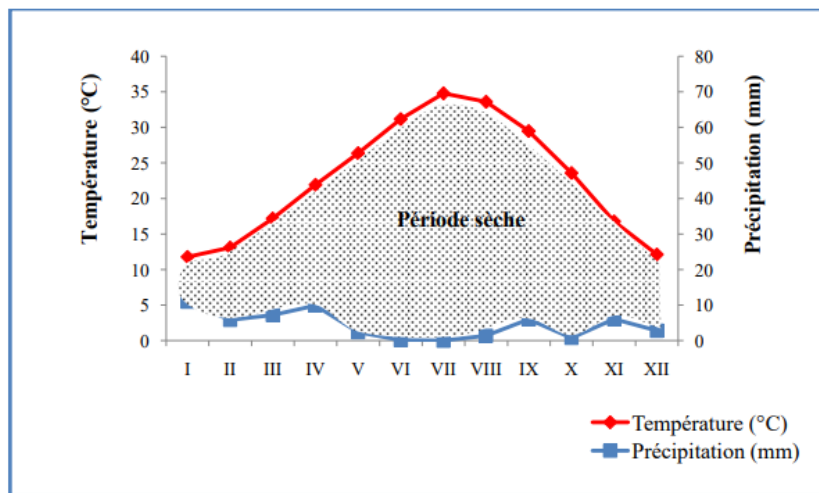
C'est une nappe libre dont la profondeur varie entre 0 et 60 m. Elle affleure sur le sol en plusieurs endroit de la vallée.

## **6- Synthèse bioclimatique**

Les différents facteurs climatiques n'agissent pas indépendamment les uns des autres (Dajoz, 1985). Il est par conséquent important d'étudier l'impact de la combinaison de ces facteurs sur le milieu. Pour caractériser le climat de la région de Touggourt, le diagramme ombrothermique de (BAGNOULS et GAUSSEN, 1953) et le climagramme pluviométriques d'EMBERGER sont utilisés

### a. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Selon BAGNOULS et GAUSSEN (1953), un mois est considéré biologiquement sec, lorsque le cumul des précipitations (P) exprimé en mm est inférieur ou égal au double de la température (T) exprimée en °C. ( $P < 2T$ ). Les diagrammes ombrothermique de la région de Touggourt de l'année 2018 ainsi que de la période (2009- 2018) ont été établis à partir des données climatiques du tableau 1. Ces diagrammes ombrothermique montre l'existence d'une période sèche qui s'étale sur tous les mois (Fig.4), car les courbes des précipitations sont toujours inférieures à celle des températures.



**Figure 4:** Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de La région de Touggourt pour la période de 2009-2018.

#### I-2 Sidi Mehdi (INRAA)

La station de Sidi Mehdi est située à 7Km au Sud-est de Touggourt sur le plateau

Oriental de l'Oued Righ. (Latitude : 33°.04.293°) Elle a été créée par le service des études scientifiques de l'hydraulique au sein d'un périmètre irrigable de 150ha, puis transfère à l'INRAA qui assure sa gestion depuis 1966 à ce jour.

Le domaine expérimental s'étend sur 52ha de surface totale dont 30ha de surface agricole utile et comporte 25ha de palmier dattier de variété Deglet Nour et 5ha de terres nues destinées aux cultures fourragères et maraichères.

**Tableau 3:** présentation de la station Sidi Mehdi (INRAA).

CONDUITE DE LA CULTURE	STATION DE SIDI MEHDI INRAA (TOUGGOUT)
Climat	<b>Désertique, sec et chaud</b>
Fréquence d'irrigation	<b>Deux fois par semaine</b>
CE d'eau	<b>7,63 ms/m</b>
PH d'eau	<b>7,2</b>
Nappe	<b>Complexe terminale</b>
Fertilisation	<b>Chimique (NPK-L'urée)</b>
Variété utilisée	<b>Locale</b>
Humidité	<b>Faible humidité relative de l'aire</b>

### I-3 TOUGGOURT (CRSTRA)

La station expérimentale milieu biophysique de l'Oued Righ (Touggourt) a été créée en 2007. Elle se situe au sud de la ville de Touggourt sur la limite sud de la commune de Nezla à l'Est de la route nationale N°3 (latitude 33°4'37,06'N) (longitude 6°2'29.42'E). La station s'étend sur une superficie de 0.9 hectare. La station expérimentale est dotée par : une station météorologique, une petite bibliothèque, un laboratoire de pédologie, un laboratoire de phytologie, un laboratoire des analyses de l'eau, un laboratoire de zootechnie, un laboratoire vétérinaire, une mini station d'épuration des eaux usées, une pépinière, un service développement et techniques, des procédés et des modèles de gestion des écosystèmes sahariens, service de l'expérimentation et de démonstration et du transport de normes et des référentiels de la recherche développement.

**Tableau 4:** présentation de la station (CRSTRA

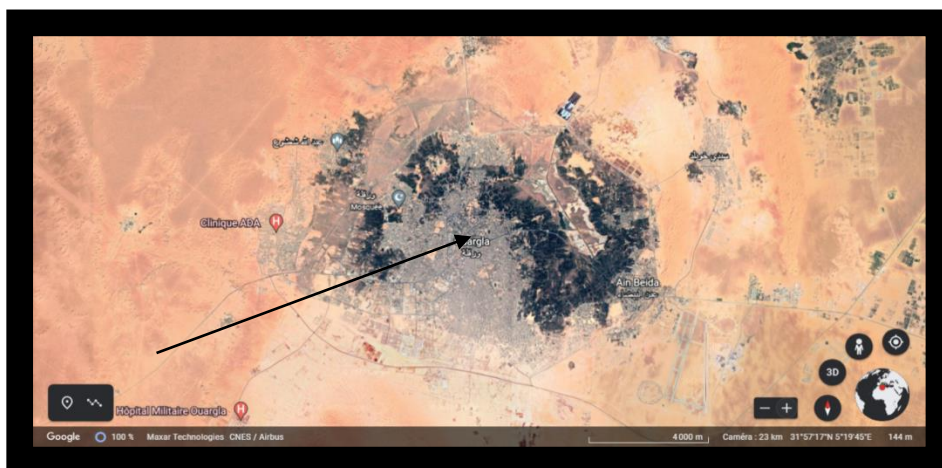
CONDUITE DE LA CULTURE	STATION DE Touggourt (CRSTRA )
Climat	<b>Désertique, sec et chaud</b>
Fréquence d'irrigation	<b>Deux fois par semaine</b>
CE d'eau	<b>3.626</b>
PH d'eau	<b>7.77</b>
Nappe	<b>Albien</b>
Fertilisation	<b>Organique (fumier de ferme)</b>
Variété utilisée	<b>Locale</b>
Humidité	<b>Faible humidité relative de l'aire</b>

## II-La région de OURGLA

La région d'Ouargla se situe au Nord Est du sahara septentrional, elle s'étend sur une superficie de 163.233Km<sup>2</sup>. le climat est aride avec une température moyenne de 42.8°C au mois de juillet et avec une température moyenne minimale de 4°C au mois de janvier .La pluviométrie moyenne annuelle est de 50 mm et l'évaporation annuelle est l'ordre de 2000 mm/an.

La population de la wilaya est évaluée à 517 197 habitants répartis à travers 21 communes, elle est limitée :

- Au nord les wilayas de Djelfa et d'El Oued
- A l'est par la Tunisie
- Au sud par les wilayas de Tamanrasset et Ilizi
- A l'Ouest par la wilaya de Ghardaia



**Figure 5:** localisation de la région d'Ouargla.

### II-1 Climat de la région d'Ouargla

Le climat en raison de ses composantes tels que la température, les précipitations, le vent et l'humidité relative de l'air, contrôle de nombreux phénomènes biologiques et Physiologiques (Dubief, 1950). La région d'Ouargla bénéficie d'un climat désertique chaud du Sahara avec des étés très longs et extrêmement chauds et des hivers courts et très doux. Le climat est de type hyperaride et très sec toute l'année, Tableau présente les données climatiques de la région.

**Tableau 5:** Données climatiques de la région d'Ouargla pour la période (2008-2018).

MOIS	T.Min(°C)	TMax (°C)	TMoy (°C)	H(%)	P (mm)	V (km/h)	Ins (h)	Evap (mm)
Janvier	5,5	20,7	13,1	48	0	9,2	253,4	118,6
Février	6,9	19,7	13,3	49,5	5,3	10,9	208,6	97,5
Mars	11,9	26,8	19,3	31,5	0	13,1	246,9	193,6
Avril	16,4	30,6	23,5	31	0	11,8	262,3	261,4
Mai	20,2	34,9	27,5	31	4,8	12,5	313,3	275
Juin	24,5	39,7	32,1	24,5	2	10,3	241,5	290,6
Juillet	30,5	47,4	38,9	15,5	0	10	284,5	566,6
Aout	26,8	40,7	33,6	31	0,9	11,4	321,2	358,1
Septembre	24,7	38,5	31,6	33	11	9,4	281,4	265,4
Octobre	16,9	30,1	23,5	39	0	8,6	247,9	214,3
Novembre	10,4	24,1	17,2	47,5	0,8	7,8	244,5	143,7



Décembre	4,9	20,5	12,7	52,5	0	6,1	272,1	105,6
Moyenne	16,6	31,1	23,9	36,2	24,8	10,1	264,8	240,9

Source : (ONM, 2018)

### **II-1-1 Températures :**

D'après les données de l'Office National de Météorologie (2008-2018), la température moyenne annuelle d'Ouargla est évaluée à 23.9° C, la température minimale du mois le plus froid est enregistrée en décembre avec 12.7 °C, alors que la température maximale du mois le plus chaud est relevée au mois de juillet avec 38.9°C.

### **II-1-2 Humidité de l'air**

Pour la période 2008-2018, à Ouargla, l'humidité moyenne annuelle est de 36.2%, avec un maximum enregistré pendant l'hiver durant le mois de décembre atteignant 52.5% alors que pendant la saison estivale, elle chute à 15,5% en juillet.

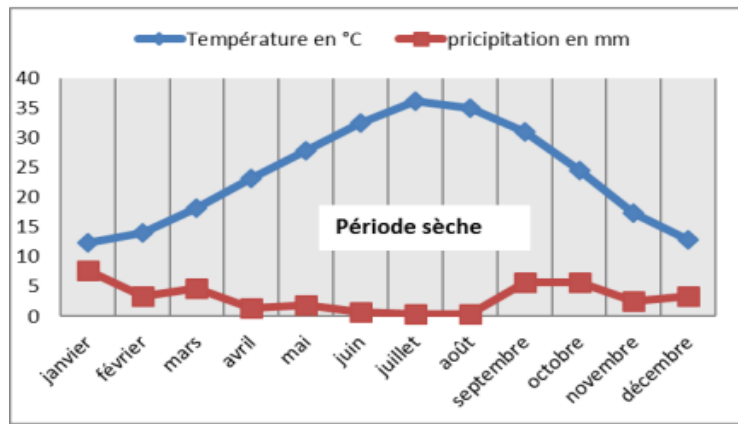
### **II-1-3 Evaporation**

La région d'Ouargla se caractérise par une évaporation très importante. Pour la période 2008-2018, le cumul annuel atteint les 2890.4 mm avec un minimum de 97.5 mm enregistré au mois de février et un maximum de 566.6 mm durant le mois de juillet.

### **II-1-4 Précipitations**

Le climat de la région d'Ouargla est caractérisé par la rareté et l'irrégularité des précipitations inter-mensuelles et interannuelles. Autrement dit, leur rareté, irrégularité interannuelle et saisonnière, raisonnent via un cumul de 24.8 millimètres par an. Septembre est le mois le plus pluvieux enregistrant un maximum de l'ordre de 11 mm.

Selon l'analyse du diagramme ombrothermique de la région de Ouargla (Figure6 ), pour la période (2008-2018), la saison sèche s'étale sur toute l'année, traduisant un déficit pluviométrique important et quasi permanent avec un maximum de 7,7 mm en janvier et un minimum durant les mois de juillet et août. Les températures moyennes, par contre, elles prennent la courbe en allure de bosse avec un maximum enregistré en plein été (juillet 36°C et août 34,9°C) et un minimum en hiver, respectivement de 12,7°C en décembre et de 12,3°C au mois de janvier. (O.N.M, Ouargla 2018)



**Figure 6:** Diagramme ombrothermique de la région d'Ouargla (2008 - 2018).

### II-1-5 Vents

Les vents dans la région d'Ouargla sont fréquents surtout durant la période allant du mois de mars au mois de septembre. D'après les données de l'Office National de Météorologie (2008- 2018), la vitesse maximale est enregistrée durant le mois de mars avec 13.1 kilomètres par heure.

### II-2 Exploitation de L'ITAS d'Ouargla

Exploitation agricole de l'université de Ouargla (ex : I.T.A.S) à été crée en 1959, par le service colonial pour la mise en valeur, sous l'appellation de périmètre de "GARETCHEMIA". Elle est située au sud-ouest d'Ouargla, à six kilomètres environ du centre ville. Durant la première phase de la révolution agraire, le périmètre est passé en groupes de mise en valeur (G.M.V). En 1979, l'exploitation a été confiée à l'Institut Technologique d'Agriculture Saharienne (I.T.A.S). Le périmètre couvre une superficie de 32 hectares, sont aménagée et répartie en secteurs à savoir : secteur A. secteur C.

Latitude : 31°,57' Nord.

Longitude : 5°,20' Est.

Les altitudes sont comprises entre 132.5 et 134.0 m20.

**Tableau 6:** présentation de l'exploitation de l'université l'Itas d'Ouargla.

CONDUITE DE LA CULTURE	STATION DE Exploitation de l'Itas
Climat	<b>Désertique, sec et chaud</b>
Fréquence d'irrigation	<b>Deux fois par semaine</b>
CE d'eau	<b>5,2</b>
PH d'eau	<b>7,1</b>
Nappe	<b>Complexe terminale</b>
Fertilisation	<b>Organique (d'excréments d'animaux)- NPK- l'urée</b>
Variété utilisée	<b>France</b>
Humidité	<b>Faible humidité relative de l'aire</b>

# **Chapitre III**

## **Matériel et méthodes**

**I- Objectif de l'expérimentation**

L'objectif recherché dans cette étude est de voir l'effet de les conditions de culture , dans trois stations différentes, sur la croissance la luzerne et l'activité symbiotique qu'elle entretient avec son partenaire rhizobia à travers l'estimation de la nodulation et la mesure du taux d'azote totale dans les différentes parties de la plante.

**1- Echantillons de sols**

Nous avons utilisé, dans le cadre de cette étude, des échantillons de sols recueillis à partir de trois localités. Deux échantillons proviennent de la région de Touggourt (station expérimentale de l'INRAA et le Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Zones Arides (CRSTRA)) et un troisième échantillon est issu de la région d'Ouargla (exploitation de l'université, L'ITAS).

Le but du prélèvement d'échantillons du sol est de fournir un petit volume de sol à des fins d'analyse qui est représentatif du volume entier du sol dans la zone portant à intérêt selon un échantillonnage aléatoire simple, qui consiste à prélever des échantillons à des endroits choisis au hasard sur le terrain (MDDEPQ, 2009). L'ensemble des échantillons sera mélangé pour avoir une idée globale du site à étudier.

**1-1- Paramètres mesurés****pH**

Le pH est un indicateur de l'état de fertilité du sol qui fournit des informations sur l'activité microbienne, sur la présence de certains sels toxiques et sur le degré d'assimilabilité des éléments par les plantes. Le classement des pH de sol a été fait selon les normes internationales (Aubert, 1978) et est déterminé par la méthode électrométrique (pH mètre), selon un rapport sol/eau (1/5).



**Photo 4:** mesure le pH du sol par la méthode électrométrique (pH mètre).

### La conductivité électrique (CE)



**Photo 5:** mesure CE à l'aide d'un conductimètre.

Elle a été mesurée à l'aide d'un conductimètre. La conductivité électrique d'une solution est un indice des teneurs en sels solubles dans le sol. Elle exprime le degré de salinité par la concentration des solutés ionisables présents dans le sol. La méthode utilisée consiste à faire des extractions aqueuses avec rapport sol/eau de 1/5, puis de laisser le mélange au repos durant 30min et en fin de filtrer jusqu'à l'obtention d'un filtrat.

## 2- Matériel végétale

### 2-1 Prélèvements de plantes

En pleine croissance végétative, les plantes de luzerne ont été prélevées selon les techniques préconisées par Vincent (1970) et Somasegaran et Hoben (1994). Il s'agit de creuser environ 15 cm autour de la plante et 20 cm en profondeur pour extraire la motte contenant la plante et son appareil racinaire (différente variété, pas le même âge).

Les racines sont débarrassées manuellement du sol qui leur est collé, sans toutefois endommager les nodules qui s'y trouvent. Au laboratoire, les racines avec leurs nodules sont ensuite lavées soigneusement à l'eau de robinet pour enlever les restes de terre. Les nodules ainsi obtenus sont détachés des racines en coupant ces dernières à 0.5 cm des deux côtés du nodule (Vincent, 1970 ; Beck et al., 1993).



**Photo 6:** prélèvement de plante luzerne étudiées.

## 3- Mesure des paramètres végétatifs et symbiotiques

### 3-1- Paramètres végétatifs

Dix plantes de luzerne par station ont été collectées. Les parties racinaires et caulinaires ont été coupées au niveau du collet et des mesures individuelles de longueur et de poids, pour chaque plante, sont effectuées. Les données de la hauteur des plantes (HT en cm), la longueur des racines (LR en cm), les poids secs des racines (PSR en g) et des tiges (PST en g) ont été enregistrées. Les racines et les tiges ont été séchées séparément à 75 °C dans une

étuve pendant 48 h et les poids secs (PS) ont été mesurés (Wang et al. 2018). Les mesures du poids ont été effectuées à l'aide d'une balance électronique.



**Photo 7:** mesure de poids sec des parties aériennes et souterraines des plantes.



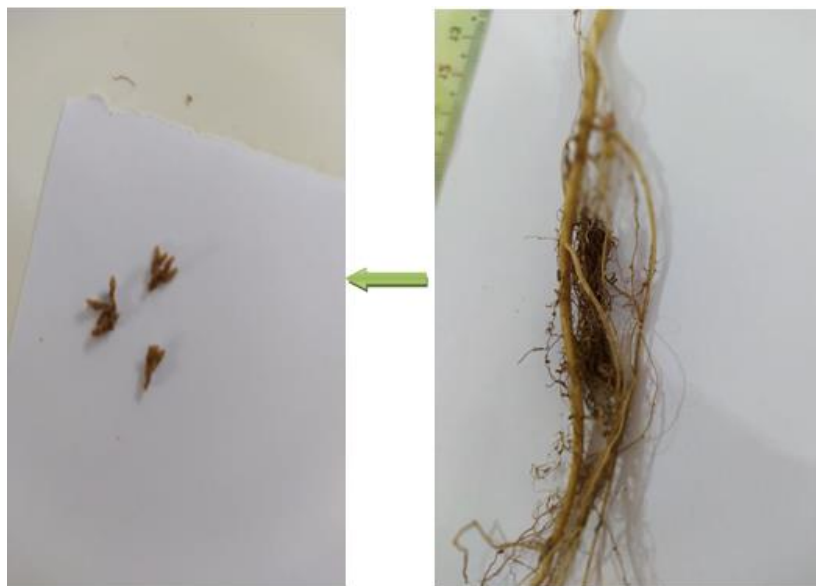
**Photo 8:** Mesure de la croissance des différentes parties végétatives.

### **3-2- Paramètres symbiotiques**

#### **3-2-1- La nodulation**

La qualité de la symbiose entretenue par les deux protagonistes (plante de luzerne et rhizobia) est estimée à travers la nodulation qui en résulte. Ainsi, le nombre de nodules formés par plante (NN), la couleur, la forme et les poids secs et humide de ses derniers sont ainsi notés.





**Photo 9:** Nodule de plante de la luzerne étudiée.

#### 4- Détermination de l'azote total

L'estimation de la quantité d'azote fixé par le biais de la l'activité symbiotique, est réalisé par un dosage de l'azote total par la méthode de *KJELDAHL*, sur la partie aérienne et la partie racinaire de la matière végétale (voire ci après le protocole détaillé).

Cette méthode consiste à broyer les plantes obtenues par chaque station. Ensuite, 2 g de matière organique de chaque l'échantillon est minéralisée par l'acide sulfurique en présence de 2g de catalyseur. L'azote organique est réduit en ammoniac sous forme de sulfate d'ammonium. L'échantillon est distillé ensuite par neutralisation avec la soude à 40% d'hydroxyde de sodium, et piégeage par l'acide borique et titré par l'acide sulfurique (0.01 N) (ISO, 1997).

La même méthodologie est appliquée pour le protocole de mesure de l'azote du sol, sauf que pour le sol en prend 10g d'échantillon et l'acide sulfurique est de 0.1 N.

$$N (\%) = \frac{(V1-V0)*C*0.140*1}{m} *100$$

**V1** = H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> consommé pendant la titration d'échantillon en ml.

**V0** = H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> consommé pendant la titration en blanc (témoin).

**C** = concentration de la solution d'H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

**m** = poids de l'échantillon en g



Photo 6: Préparation des échantillons.



Photo 7: Digesteur à étape minéralisation



Photo 8: Etape de distillation

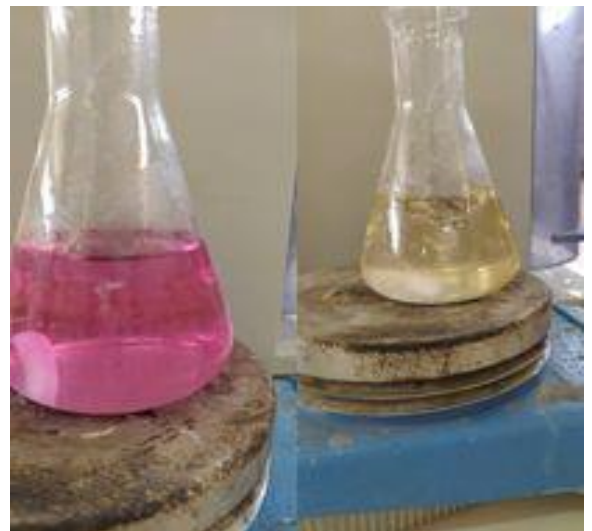


Photo 9 : Etape de titrage.

# **Chapitre IV**

## **Résultat et Discussion**

Dans cette partie nous passerons successivement l'essentiel des résultats et des observations obtenus) sur les paramètres végétatifs et symbiotiques des plantes de luzerne prises dans cette étude) sur les analyses physico-chimiques (du sol) et biochimique (sur les plantes). Une discussion des résultats va s'en suivre afin de comparer les nôtres avec ceux des autres auteurs

### I - Les paramètres chimiques

Les résultats des différentes analyses physico-chimiques de nos échantillons de sable figurent dans le tableau 6 :

**Tableau 7: Résultats des analyses chimiques du sable.**

Station	ITAS	CRSTRA	INRAA
pH	7.42	7.71	8.22
CE (ds/cm)	6.64	2.184	2.33
Taux d'azote (%)	0.294	0.294	0.308

Selon l'échelle (Ussl, 1954 et Aubert, 1978), les valeurs indiquées (tableau6), montrent que le substrat de culture (sable) analysé présente des valeurs de conductivité électrique élevées (entre 2.132et 2.187) dans les stations (CRSTRA et INRAA) indiquant un sable salé ,et très élevées (> 6) dans la station (ITAS) qui indique un sol extrêmement salé.

Le pH de la station (ITAS) est très légèrement alcalin, et celui (CRSTRA) est légèrement alcalin, et de (INRAA) est moyennement alcalin. Et le taux d'azote aux trois stations et très faibles.

Les taux d'azote dans les trois stations est très faible (tableau 6) et ne dépassent pas 0.3%.

La disponibilité des éléments nutritifs dépend des processus physiques et chimiques, tel que l'altération ou la séquestration, et de certains paramètres tel que les teneurs en matière organique, la CEC, le pH. Plus précisément, les degrés de mobilité, d'activité et de biodisponibilité des éléments traces métalliques dans les sols sont fonction de plusieurs paramètres du milieu tels que le pH, la température, le potentiel redox, la CEC, la compétition avec les autres métaux et la composition et la concentration de la solution du sol (Schmitt et

Sticher, 1991). Par exemple, lorsque le pH du sol est acide ou basique, certains nutriments deviennent indisponibles pour les plantes et certains éléments toxiques sont au contraire plus disponibles

La salinité des sols sahariens, du sud de Biskra jusqu'à Touggourt, Ouargla et au-delà, a été beaucoup documentée (Idder et *al.*, 2014). La salinité est un facteur de stress important pour les rhizobia, car elle inhibe leur persistance et leur développement (Farissi, 2014).

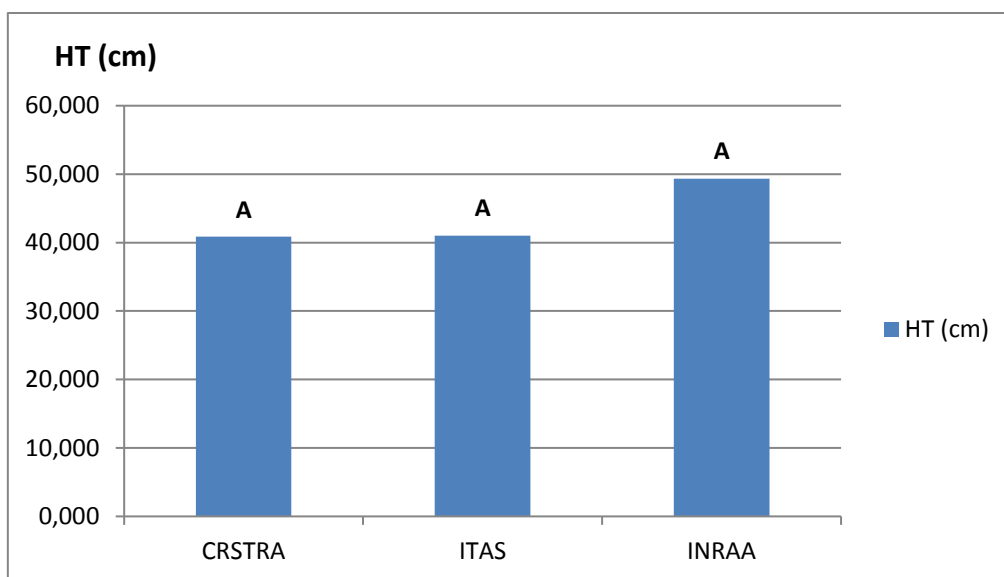
L'azote est un élément important dans la constitution de nombreuses molécules organiques (les acides aminés et protéines, en particulier) (Zahran, 1999), Les plantes (à l'exception des légumineuses tel que : la luzerne, le trèfle, le pois chiche...) ne peuvent pas absorber l'azote moléculaire (atmosphérique). Ce dernier est assimilé par les racines sous forme de nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) ou, parfois, d'ions ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Ces ions proviennent de la décomposition de la matière organique azotée présente dans le sol (résidus des récoltes précédentes, engrais organiques) par les microorganismes (Drevon et *al.*, 2003).

Le pH du sol est un facteur important dans la fixation de l'azote chez les légumineuses. La survie et l'activité de la bactérie rhizobiums (responsable de la fixation de l'azote en association avec des légumineuses) diminuent quand l'acidité du sol augmente (Brockwell et *al.*, 1991)

## **II- Résultats de la croissance de la plante**

### **1- Croissance de la partie aérienne (PA)**

Les résultats de l'analyse de la variance (ANOVA) obtenus montrent des différences non significatives entre les trois stations. La figure 7 montre que la hauteur des tiges des plantes des trois stations est comprise entre 40.8 et 49.3 cm.

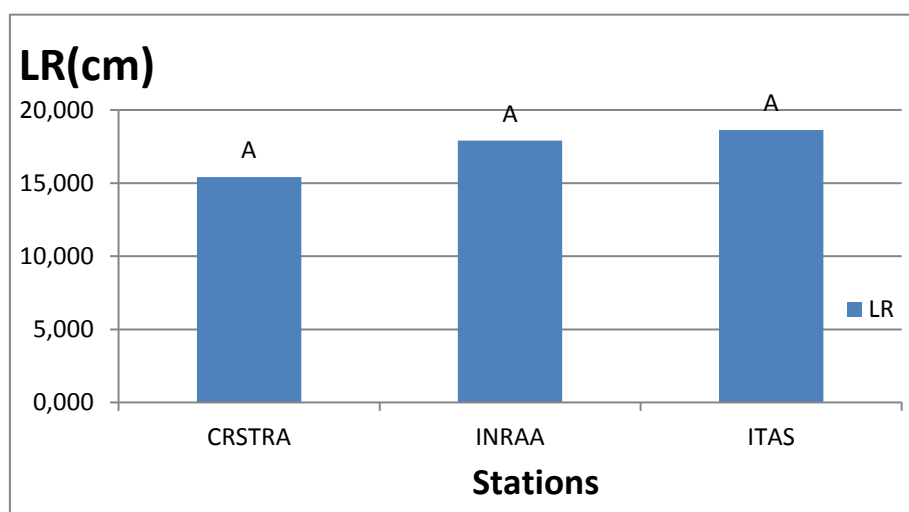


**Figure 7:** hauteur de la partie aérienne de plante en fonction des stations.

La hauteur des tiges peut être la résultante de plusieurs facteurs ; édaphiques (texture et structure, richesse en éléments nutritifs), nutritionnel (fertilisation minérale et organique) et climatiques (température, salinité, pH...etc.). Les hauteurs obtenues indiquent donc une ressemblance peut être des conditions de culture dans les trois stations.

## 2- Croissance de longueur des racines (LR)

Comme pour la hauteur des tiges, la longueur des racines (LR) a montré des différences non significatives entre les trois stations. La figure 8 indique des longueurs racinaires variants entre 15.4 et 18.6 cm.

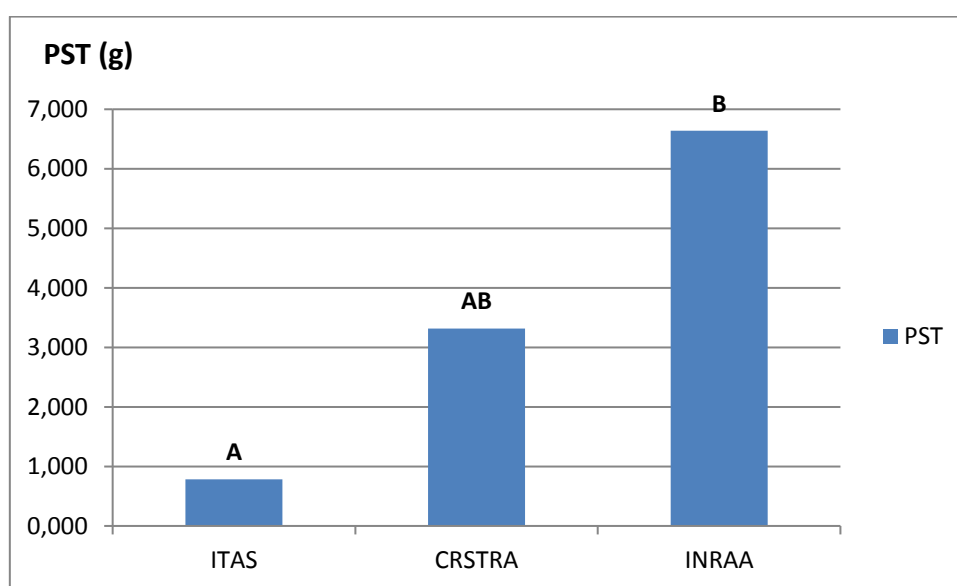


**Figure 8:** longueur de la partie racinaire des plantes en fonction des stations.

Ce résultat ne peut être attribué qu'aux conditions de cultures qui peuvent être comparables dans les trois stations.

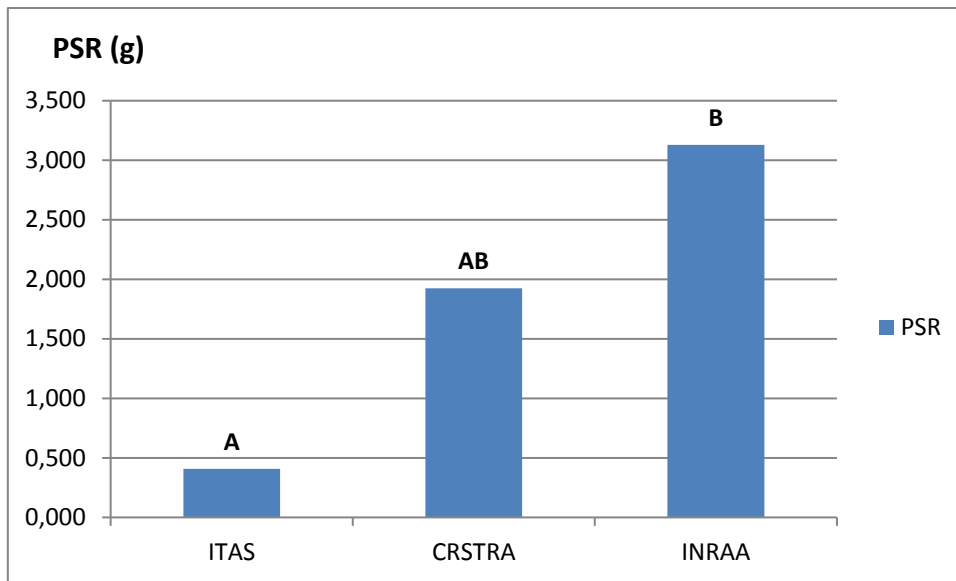
### 3- Résultats de poids secs des plantes

Les résultats de l'analyse de la variance obtenus montrent des différences significatives entre le poids sec des tiges. La figure 9 montre que le groupe A relatif à la station de L' ITAS montre le poids sec des tiges le plus faible suivi par le groupe intermédiaire AB relatif aux stations de CRSTRA, le groupe B montrant le poids le plus élevé relatif à la station d'INRAA.



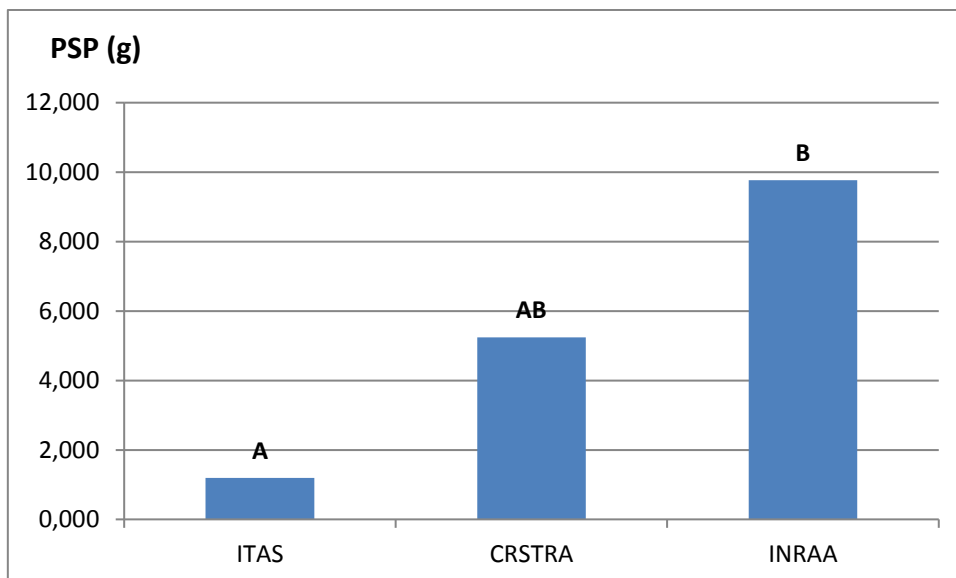
**Figure 9:** Poids sec des tiges en fonction des stations.

Les résultats de l'analyse de la variance obtenus montrent des différences significatives entre le poids sec des racines. La figure 10 montre que le groupe A relatif à la station de L' ITAS montre le poids sec des tiges le plus faible suivi par le groupe intermédiaire AB relatif aux stations de CRSTRA, le groupe B montrant le poids le plus élevé relatif à la station d'INRAA.



**Figure 10:** poids sec des racines des plantes en fonctions des stations.

L'analyse de la variance des résultats de obtenus montrent des différences significatives entre le poids sec des plantes tel que montré dans la figure 11. Le groupe A relatif à la station de L'ITAS montre le poids sec des plantes le plus faible suivi par le groupe intermédiaire AB relatif aux stations de CRSTRA, quant au groupe B, il montre le poids le plus élevé relatif à la station d'INRAA.



**Figure 11:** Poids sec de plante en fonction des stations.

Des différences importantes ont été enregistrées entre les populations des différentes stations. Les différences entre les poids secs des plantes, sont peut-être expliquées par la différence de fertilité des sols, les apports hydriques et la variété de luzerne cultivée dans trois stations.

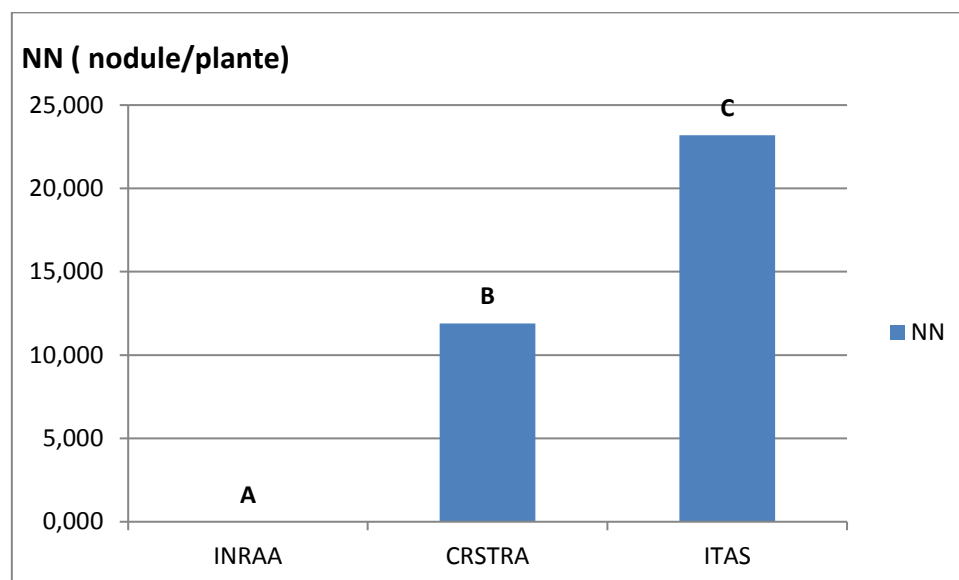


L'azote ne peut être l'élément responsable puisque il se trouve presque en même quantité dans les tissus végétaux tel que expliqué dans le point 5.

#### 4- Nombre total des nodules

Les résultats de l'analyse de la variance ont montré des différences significatives de nodulation entre les plantes obtenues. La figure 12 montre que l'INRAA (groupe A) est dépourvue des nodules.

La moyenne de nodulation la plus importante a été enregistrée dans la station de l'ITAS (groupe C) avec une moyenne de 23.2 nodules/plante. Pour la station du CRSTRA (groupe B), le nombre moyen est de 11,9de nodule par plante.



**Figure 12:** nombre de nodules des plantes en fonction des stations.

Selon Gan et *al.* (2004) et Zhao et *al.* (2020)), l'ajout d'azote dans le sol affecte de manière significative le nombre, le poids et l'activité nitrogénase des nodules. La relation entre la fixation biologique de l'azote des nodules racinaires des légumineuses et la teneur en azote dans le sol environnant est complexe et étroitement liée. L'absence de nodule dans la station de l'INRAA ne peut être donc expliquée que par l'apport d'engrais azoté minéral. Au contraire, la station de l'ITAS a eu le plus grande nodulation parce que l'activité symbiotique des rhizobia n'a pas été inhibée par la forte concentration en N minéral.

En principe, une forte nodulation se traduit par des teneurs en azote élevées dans les tissus des plantes de la luzerne, comme en stations CRSTRA et INRAA. Les résultats des teneurs en azote, mentionnés en haut (point I) dans les sols et dans les tissus des plantes, des

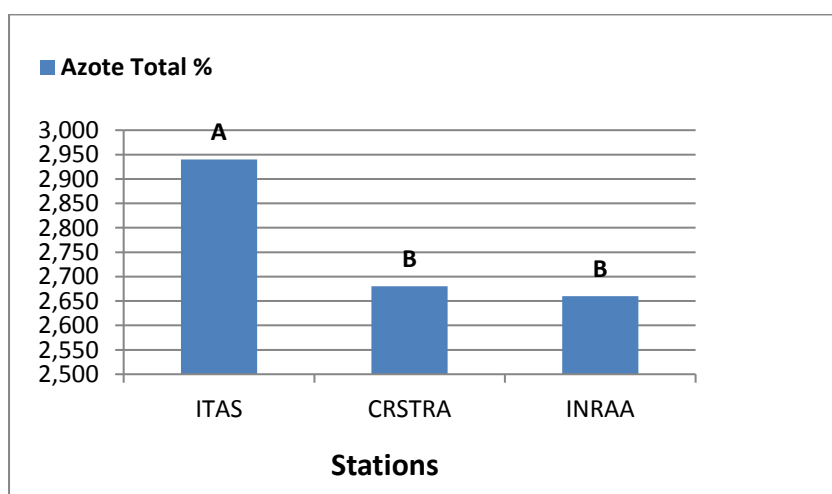
différentes stations, n'ont pas soutenu cette hypothèse car les niveaux d'azote étaient tous comparables.

La nodulation ne peut avoir comme facteur inhibiteur l'apport en azote minérale seulement. Mais, elle peut dépendre de nombreux facteurs dont les conditions physiques, physico-chimiques et microbiologiques du sol ayant une influence directe sur l'établissement de la symbiose (Mantener, 2000). La symbiose peut être freinée également par l'excès ou le manque d'eau, l'excès ou le déficit en un ou plusieurs éléments nutritifs (Cadenas *et al.*, 2000).

En outre, la fixation symbiotique dépend de l'état de la plante (âge, état physiologique, stade phénologique...) (Postgate *et al.*, 1982).

### 5-Résultats de teneurs en azote

La figure montre des différences significatives entre les taux d'azote total enregistrés dans les tissus des plantes des trois stations. Le dosage en azote total montre que la teneur la plus élevée est affichée par la station de l'ITAS (groupe A) avec 2,940 %, suivie par les stations de CRSTRA et de l'INRAA avec 2,68 et 2,66% respectivement (groupe B).



**Figure 13:** taux d'azote et de protéine de plante en fonction des stations.

Selon les normes des taux d'azote déterminés par la méthode de KJELDAHL, les teneurs obtenues sont comprises entre (2,6%) et (2,9 %) et sont donc trop faibles. Dans un travail réalisé par Haidous (2018), le taux d'azote enregistré chez une population locale de luzerne, inoculée par des souches rhizobiennes autochtones, a atteint 6 % dans certaines conditions. Hadj-omar *et al.* (2018), dans un travail réalisé dans la Mitidja, ont eu une moyenne générale de la teneur en MAT de 19,09% et de 18,12% de MAT en irrigué et en sec respectivement et cette même conclusion a été confirmée par Lemaire et Allirand (1993).

D'après Thiebeau et *al.* (2001), le stress hydrique des plantes joue un rôle important sur la teneur en azote en réduisant la production de biomasse et la fixation symbiotique, ce qui pénalise fortement la teneur en azote total.

# **CONCLUSION**

## Conclusion

---

### CONCLUSION

Le développement de systèmes de production agricole qui renforcent l'utilisation des ressources naturelles écologiquement non polluantes et qui permettent de réduire l'usage d'engrais notamment riches en azote, a permis de concentrer l'attention sur le rôle potentiel de la fixation biologique de l'azote. En effet, la reconnaissance de l'importance de la symbiose rhizobium-légumineuse a joué un rôle considérable dans l'accroissement du rendement des légumineuses cultivées, dans l'amélioration de la fertilité du sol et dans la réhabilitation des sols appauvris.

Notre étude a porté sur la plante luzerne (*Medicago sativa L.*), cultivée dans trois stations différentes (ITAS, CRSTRA et INRAA), appartenant à deux régions sahariennes (Ouargla et Touggourt), dans le but de comparer la croissance, la nodulation et le taux d'azote total des plantes de luzerne sous différentes conditions de fertilisation (minérale et organique).

Les résultats obtenus nous ont permis d'avoir beaucoup d'informations ayant permis de mieux comprendre le comportement de la luzerne dans nos régions d'étude.

La caractérisation physicochimique des sols des trois stations d'étude a montrée des valeurs de conductivité électrique élevées (2.132 et 2.187) dans les stations (CRSTRA et INRAA) indiquant un sable salé et très élevées (>6) dans la station (ITAS) qui indique un sol extrêmement salé. Le pH de la station (ITAS) est très légèrement alcalin, et celui (CRSTRA) est légèrement alcalin, et de (INRAA) est moyennement alcalin. Le taux d'azote dans le sols des trois stations est très faibles

Les taux d'azote dans les trois stations est très faible et ne dépassent pas 0.3%.

Le poids sec le plus élevé est observé chez les plantes de la station L'INRAA avec une moyenne de 9.76 g/plante, suivi par celui des stations de CRSTRA et de l'ITAS respectivement.

Les stations L'ITAS et CRSTRA ont formé des nodules sur racinaires caractérisés par les couleurs rose-blanc, vert et noir. La moyenne de nodulation est de 23.2% et 11.9% respectivement dans les deux stations. Les plantes de la station de l'INRAA n'ont pas formées de nodules (00.0 %) ce qui est peut être du à l'utilisation abusive de l'urée.

## Conclusion

---

Les résultats de la concentration en azote des plantes sont très faibles selon les normes des taux d'azote déterminés par la méthode de KJELDAHL. Le taux la plus élevé est affiché par la station L'ITAS avec 2.9 %, suivi par les stations CRSTRA et L'INRAA avec 2.68% 2.66 % respectivement.

# Références

## Références :

---

### Référence :

- A.N.R.H. 2017. Agence national des ressources hydriques de la wilaya de Touggourt
- Allen ON, Allen EK. 1981. The Leguminosae. A source book of characteristics, uses and nodulation. Madison, WI : University of Wisconsin Press.
- Afzal, M., Khan, Q.M., and Sessitsch, A. (2014). Endophytic bacteria: Prospects and applications for the phytoremediation of organic pollutants. *Chemosphere* 117, 232–242.
- BAGNOULS F et GAUSSEN H., 1953 - Saison sèche et indice xéothermique. *Bull. soc.hist. nat., Toulouse* : 193 - 239.
- Basigalup, D., Irwin, J., Fugui Mi, F., & Abdelguerfi-Laouar, M. (2014). Perspectives of alfalfa in Australia, China, Africa and Latin America. *Legume Perspect.* 4: 9–10.
- Bationo, A. and A. Buerkert 2000 b. Soil organic carbon management for sustainable land use in Sudano-Sahelian West Africa. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 61 : 131-142.
- Bélanger, G., Castonguay, Y., & Lajeunesse, J. (2014). Benefits of mixing timothy with alfalfa for forage yield, nutritive value, and weed suppression in northern environments. *Canadian Journal of Plant Science*, 94(1), 51-60.
- Bélanger, G., Castonguay, Y., & Lajeunesse, J. (2014). Benefits of mixing timothy with alfalfa for forage yield, nutritive value, and weed suppression in northern environments. *Canadian Journal of Plant Science*, 94(1), 51-60.
- Bena, G. (2001). Molecular phylogeny supports the morphologically based taxonomic transfer of the « medicagoid » *Trigonella* species to the genus *Medicago* L. *Plant Systematics and Evolution*, 229(3-4), 217-236.
- Bena, G., LYET, A., Huguet, T., & Olivieri, I. (2005). *Medicago* - *Sinorhizobium* symbiotic specificity evolution and the geographic expansion of *Medicago*. *Journal of Evolutionary Biology*, 18(6), 1547-1558.
- Benguedouar, A. (2000). Etude de la symbiose *Rhizobium*- *Hedysarum coronarium*: essai de caractérisation de l'espèce *Rhizobium "hedysari"*. Thèse de doctorat del'université de constantine. Algérie.
- Bergey's, 1984. *Manuel of systematic bacteriology*. Vol. 1 (Ed) Noel, R., Krieg. Paris. 122 p.
- Berner E.F et Berner R.A, 1996. *Global environment: water, air and geochemical cycles*. Ed. Prentie. Hall. New Jersey. 286p
- Bedoussac, L., and Justes, E. (2007). Is durum wheat–winter pea intercropping efficient to improve the use of N in low input farming? In *The 15th Nitrogen Workshop*. 2007-05-28/2007-05-30, Lleida, ESP, (Editorial Milenio), p



## Références :

---

- Biazzi, E., Nazzicari, N., Pecetti, L., Brummer, E. C., Palmonari, A., Tava, A., & Annicchiarico, P. (2017). Genome-Wide Association Mapping and Genomic Selection for Alfalfa (*Medicago sativa*) Forage Quality Traits. *PLOS ONE*, 12(1), e0169234
- Biazzi, E., Nazzicari, N., Pecetti, L., Brummer, E. C., Palmonari, A., Tava, A., & Annicchiarico, P. (2017). Genome-Wide Association Mapping and Genomic Selection for Alfalfa (*Medicago sativa*) Forage Quality Traits. *PLOS ONE*, 12(1), e0169234.
- Bockman O.C., Kaarstad O., Lie O.H., Richard I., 1990. Agriculture et fertilisation : les engrais- leur avenir. Ed. Norsk Hydroa, Oslo, Norvège. 258p.
- Borget M., 1989. Les légumineuses vivrières. Ed. Maisonneuve et Larose. Paris. 161p.
- BOUMARAF, B. 2003. Contribution c l'étude de la répartition spatiales des propriétés physico-chimique et minéralogiques des sols dans la vallé d'Oued-Righ. Thème Magister, option pédologie, département d'Agronomie, Batna. 162p
- Blaylock, A. D. (1995). Navy bean yield and maturity response to nitrogen and zinc. *J. Plant Nutr.* 18: 163–178
- Brink, G. E., Sanderson, M. A., & Casler, M. D. (2015). Grass and Legume Effects on Nutritive Value of Complex Forage Mixtures. *Crop Science*, 55(3), 1329.
- Brink, G. E., Sanderson, M. A., & Casler, M. D. (2015). Grass and Legume Effects on Nutritive Value of Complex Forage Mixtures. *Crop Science*, 55(3), 1329.
- Brockwell, J., Pilka, A., & Holliday, R. (1991). Soil pH is a major determinant of the numbers of naturally occurring *Rhizobium meliloti* in non-cultivated soils in central New South Wales. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 31(2), 211.
- Brunel, B., Domergue, O., Maure, L., Brahic, P., Galiana, A., Josa, R., Lajudie, P.D., Attallah, T., Risk, H., El-Hajj, S., et al. (2007). Potentialité des associations symbiotiques plantes-micro-organismes pour réhabiliter des sites fortement dégradés en milieu méditerranéen. *Cah. Agric.* 16, 324–329 (1).
- Carelli, M., Gnocchi, S., Fancelli, S., Mengoni, A., Paffetti, D., Scotti, C., & Bazzicalupo, M. (2000). Genetic Diversity and Dynamics of *Sinorhizobium meliloti* Populations Nodulating Different Alfalfa Cultivars in Italian Soils. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(11), 4785-4789.
- Chaabena, A., Laouar, M., Boudebbous, I., Cahouki, I., Bentebba, F., Madani, H., & Abdelguerfi, A. (2012). Behaviour of some alfalfa populations from algerian oasis. In : Acar Z. (ed.), López-Francos, A. (ed.), Porqueddu, C. (ed.). *New approaches for grassland research in a context of climate and socioeconomic changes*. Zaragoza : CIHEAM. *Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens*; n. 102, 191-196
- Chaintreuil, C., Girand, E., Prin, Y., Lorquin, J., Ba, A., Gillis, M., de Lajudie, P.
- Cheng, Q. (2008). Perspectives in Biological Nitrogen Fixation Research. *Journal of Integrative Plant Biology*, 50(7), 786-798.

## Références :

---

- Colebatch G, Desbrosses G, Ott T, Krusell L, Montanari O, Kloska S, Kopka J, Udvardi MK. 2004. Global changes in transcription orchestrate metabolic differentiation during symbiotic nitrogen fixation in *Lotus japonicus*. *Plant Journal* 39: 487– 512
- Coleman, D.C., Malcolm Oades, Goro Uehara 1989. Dynamic of soil organic mater. In: Interactions of soil organic mater and variable-charges clays; Dynamic of soil organic mater in tropical ecosystems Malcolm Oades et al (éds), University of Hawaii, University of Hawaii.
- CORTIN, A. 1969. Réaménagement de mise en valeur d'Oued-Righ. Etude SOGETHA et SOGREAH, 201p.
- DAJOZ R., 1985 - Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 505 p.
- Dder, T., Idder, A., Tankari Dan-Badjo, A., Benzida, A., Merabet, S., Negais, H., & Serraye, A. (2014). Les oasis du Sahara algérien, entre excédents hydriques et salinité. *Revue des sciences de l'eau*, 27(2), 155
- De Lajudie, P., Willems, A., Pot, B., Dewettinck, D., Maestrojuan, G., Neyra, M., ... Gillis, M. (1994). Polyphasic Taxonomy of Rhizobia: Emendation of the Genus *Sinorhizobium* and Description of *Sinorhizobium meliloti* comb. nov., *Sinorhizobium saheli* sp. nov., and *Sinorhizobium teranga* sp. nov. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 44(4), 715-733.
- Dommergues, Y., Duhoux, E., Diem, H. G., 1999. Les arbres fixateurs d'azote, (Ed) CIRAD, ESPACE, FAO, IRD; Montpellier, Rome, Paris. 499 p.
- Dommergues, Y., Mangenot, B., 1970. Ecologie microbienne du sol. Masson et Cie Paris. 796 p
- Doré T., Le Bail M., Martin P., Ney B., Roger. Estrade J., 2006. L'agronomie aujourd'hui. Ed. Quae. Paris. 367p.
- Dovel R.L., Vietor D.M., Weaver R.W., 1993. Effects of media N content and rhizobial Strain on N<sub>2</sub> fixation and partitioning in leucaena Seedling. *Range Manag.* 15: 196-198.
- Downie J.A., 1998. Function of rhizobia nodulation genes. In: Spaink H.P., Kondorosi A., Hooykas P.J.J (Eds): the Rhizobiaceae. pp 387-402.
- Downie J.A., 2005. Legume Haemoglobins: Symbiotic Nitrogen Fixation Needs Bloody Nodules. *Current Biology.* 15: 196-198.
- DREVON J.J., BOYER G., METRAL R., PAYRE H., POULIQUEN R., 2003. Enquête agronomique sur la nodulation du haricot en lauragais. In: Drevon J.J. et Sifi B. (Eds): Fixation symbiotique de l'azote et développement durable dans la Bassin méditerranéen. INRA. Paris. Colloques, n°100: 59-68.
- Dreyfus, B., 2000. Photosynthetic bradyrhizobia are natural endophytes of the african wild rice *Oryza breviligulata*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 66: 5437-5447.
- Dubief J. (1950). Evaporation et coefficients climatiques au Sahara. Ed : Ed: Inst. Rech. Sah., Alger. Tome VI. pp. 13-43

## Références :

---

- Dubief J., 1953. Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. Ed. Service des études scientifiques, Alger. pp 26-103.
- DUBOST, F. 1991. La problématique du paysage, état des lieux. Etudes rurales n 2 pp.121- 124.
- DUTIL, P. 1971. Contribution à l'étude des sols et des paléosols du Sahara. Thèse doc. d'état, faculté des sciences de l'université de Strasbourg, 346 p.
- EDER H., LAJUDIE P., DRYFUS B., FOC'H E., BEHAEGHE T., ZAAFOURI M.S., AKRIMI N., 1996. Etude de la nodulation des légumineuses pastorales autochtones des régions arides en Tunisie. Revue des régions arides/ nodulation des légumineuses pastorales 9, p.p. 3-10.
- Elboutahiri, N., Thami-Alami, I., & Udupa, S. M. (2010). Phenotypic and genetic diversity in *Sinorhizobium meliloti* and *S. medicae* from drought and salt affected regions of Morocco. *BMC Microbiology*, 10(1), 15.
- Ellert, B. H. and J. R. Bettany 1988. Comparison of kinetic models for describing net sulfur and nitrogen mineralization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52: 1692-1702.
- Elmerich C., 1997. Nitrogénase: aspect biochimiques, moléculaires et génétiques. In: MorotGaudry J.F. (Ed): assimilation de l'azote chez les plant. Ed. INRA. Paris. pp 163-177.
- Ertl, G. (2012). The Arduous Way to the Haber-Bosch Process. *Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie*, 638(3-4), 487-489.
- Faria SM, Lewis GP, Sprent JI, Sutherland JM. 1989. Occurrence of nodulation in the Leguminosae. *New Phytologist* 111 : 607–619.
- Feller, C 1993. Organic inputs, soil organic matter and functional soil organic compartments in low-acidity clay soils in tropical zones. In: *Soil Organic Matter Dynamics and Sustainability of Tropical Agriculture*. K. Mulongoy and R. Merckx (Eds), John Wiley & Sons, New York. 77-88
- 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.
- Franche C, Lindstrom K, Elmerich C. 2009. « Nitrogen-fixing bacteria associated with leguminous and non-leguminous plants. » *Plant and Soil*. 321: 35-59.
- Gage D.J., 2004. Infection and invasion of roots by symbiotic: nitrogen-fixing rhizobia during nodulation of temperate legumes. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 68: 280-300.
- Galibert, F. (2001). The Composite Genome of the Legume Symbiont *Sinorhizobium meliloti*. *Science*, 293(5530), 668-672.
- Galloway, J.N., Aber, J.D., Erisman, J.W., Seitzinger, S.P., Howarth, R.W., Cowling, E.B., & Cosby B.J. (2003). The Nitrogen Cascade. *BioScience*, 53(4), 341-356.

## Références :

---

- Genest, P., Dreyfus, B., 1990. Tropical legums: resources for the future. *Nat. Acad.Sci.*, 348p
- George E, Marschner H, Jakobsen I. 1995. Role of arbuscular mycorrhizal fungi in uptake of phosphorus and nitrogen from soil. *Critical Reviews in Biotechnology* 15 : 257–270.
- Govindarajulu M, Pfeffer PE, Jin H, Abubaker J, Douds DD, Allen JW, Bücking H, Lammers PJ, Shachar-Hill Y. 2005. Nitrogen transfer in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Nature* 435 : 819–823.
- Graham P.H., 2007. Ecology of the root- nodule bacteria of legumen. In: Dilworth M.J. (Ed): *Leguminous nitrogen-fixing symbioses*. Ed. Springer. Dordrecht. 7: 23-58.
- Graham PH, Vance CP. 2003. Legumes: importance and constraints for greater use. *Plant Physiology* 131: 872– 877
- Graham PH, Vance CP. 2003. Legumes : importance and constraints to greater use. *Plant Physiology* 131 : 872–877.
- Gu J., Wang E.T. Chen W.X. 2007. Genetic diversity of rhizobia associated with *Desmodium* species grown in China. *Lett. Appl. Microbiol.* 44: 286- 292.
- HALITIM, A. 1985. Contribution a l'étude des sols des zones arides (hautes plaines steppiques de l'Algérie) : morphologie, distribution et rôle des sels dans la genèse et le comportement des sols. Thèse de doctorat, Rennes, 384 p.
- Hancock, J.F. (2012). *Plant Evolution and the Origin of Crop Species* (CABI).
- Heller R., Esnault R., Lance C, 2000. *Physiologie végétale : Développement*. Ed. Dunod. Paris. 580p.
- Hirsch, A. (1992) Developmental biology of legume nodulation. *New Phytologist* 122.2: 211-237
- Hirsh M.M. Lum M.R., Downie J.A., 2001. What makes the rhizobia. *Legume symbiosis so special?* *Plant Physiol.* 127: 1-9.
- Hussain N., M. Mehdi and Kant R. H. (2011). Response of Nitrogen and Phosphorus on Growth and Yield Attributes of Black Gram (*Vigna mungo*) *Research Journal of Agricultural Sciences*, 2(2): 334-336.
- Huyghe, C., Delaby, L., Rosellini, D., & Veronesi, F. (2014). Perspectives of alfalfa in Europe. *Legume Perspect.* 4: 5–6.
- Huyghe, C., Delaby, L., Rosellini, D., & Veronesi, F. (2014). Perspectives of alfalfa in Europe. *Legume Perspect.* 4: 5–6.
- Jordan, D. C., 1984. International committee on systematic bacteriology. Subcommittee on the taxonomy of *Agrobacterium* and *Rhizobium*. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 34: 248 p.
- Kang, Y., Han, Y., Torres-Jerez, I., Wang, M., Tang, Y., Monteros, M., & Udvardi, M. (2011). System responses to long-term drought and re-watering of two contrasting alfalfa varieties. *The Plant Journal*, 68(5), 871-889.
- KHADRAOUI, A. 2006. Sols et hydraulique agricole dans les oasis algériennes gorges d'El Kantra, 324 p

## Références :

---

- Krichnan H.B. et Bennett J.O., 2007. Rhizobia that are important for nodulation. In: Gnamanickam S.S. (Ed): Plant-Associated Bacteria. Springer. pp 25-75.
- Lamm, F.R., Harmony, K.R., Aboukheneira, A.A., Johnson, S.K., (2012). Alfalfa production with subsurface drip irrigation in the Central Great Plains. Trans. ASABE 55, 1203–1212.
- Lamm, F.R., Harmony, K.R., Aboukheneira, A.A., Johnson, S.K., (2012). Alfalfa production with subsurface drip irrigation in the Central Great Plains. Trans. ASABE 55, 1203–1212.
- Laranjo, M., C., Branco, R., Soares, L. Alho, M., D., E. Carvalho, S., Oliveira. (2002). Comparison of chickpea rhizobia isolates from diverse Portuguese natural populations based.
- Lemaire G & Allirand J.M. (1993). Relation entre croissance et qualité de luzerne : Interaction génotype-mode d'emploi. Revue Fourrages 134 : 121-144
- Macduff JH, Jarvis SC, Davidson IA 1996: Inhibition of N<sub>2</sub> fixation by white clover (*Trifolium repens* L.) at low concentrations of NO<sub>3</sub> - in flowing solution culture. *Plant Soil*. 180, 287–295. doi:10.1007/BF00015312
- Machieix J.J., Fleuriet A., Jay-Allemand C., 2005. Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaire d'importance économique. Ed. PPUP presses. 192p.
- Madigan M et Martinko, 2007. Biologie des micro-organismes. Ed. Pearson. Paris. 1047p
- Madigan M et Martinko, 2007. Biologie des micro-organismes. Ed. Pearson. Paris. 1047p
- Magrini, M.-B., Anton, M., Cholez, C., Corre-Hellou, G., Duc, G., Jeuffroy, M.-H., Meynard, J.-M., Pelzer, E., Voisin, A.-S., and Walrand, S. (2016). Why are grain-legumes rarely present in cropping systems despite their environmental and nutritional benefits? Analyzing lock-in in the French agrifood system. *Ecol. Econ.* 126, 152–162.
- Mantaner A., 2000. Overview and case studies on biological nitrogen fixation: perspectives and Limitations. In FAO Report. pp 1-11
- Martin, N.P. (2014). Perspectives of alfalfa in North America. *Legume Perspect.* pp. 78
- Martin, N.P. (2014). Perspectives of alfalfa in North America. *Legume Perspect.* pp. 7–8.
- MDDEPQ, 2009 : MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS DU QUÉBEC, Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales: Cahier 5– Échantillonnage des sols, Québec, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, Édition courante,
- 
- Michaud, R., Lehman, W. F., & Runbaugh, M. D. (1988). World distribution and historical development. In: Hanson, A.A., Barnes, D. K., & Hill, R. R., (eds) Alfalfa and alfalfa improvement. Madison,WI, USA, pp 25-91.

## Références :

---

- Odaton M., 1992. Généralités sur la symbiose fixatrice de l'azote rhizobium-légumineuses. In: Neyra M (Ed): Fichier technique de la fixation symbiotique de l'azote légumineuse/ rhizobium. Ed. FAO-Rome. pp 7-12
- Ozenda P., 1983. Flore du Sahara. 2ème Edition. CNRS, Paris, 622p.
- Pallo, F. J. P 1993. Evolution of soil organic matter in some soils under shifting cultivation practices in Burkina Faso. In: Soil Organic Matter Dynamics and Sustainability of Tropical Agriculture. K. Mulongoy and R. Merckx (Eds), John Wiley & Sons, New York. 77-88.
- Panagiota M., Kutharima P., Bisseling T., 1995. Symbiotic Nitrogen fixation. The Plant cell. 7: 869-885.
- Pariniske M., 2000. Intracellular accommodation of microbes by plants: A common developmental program for symbiosis and disease?. Curr. Opin. Plant. Biol. 3: 320-328.
- Patricia, P., Pinto, R. Raposeiras, A., M. Macedo, L. Seldin, E., Paiv, Nad M., H.S. (1998). Effects of high temperature on survival, symbiotic performance and genomic modifications of bean nodulating Rhizobium strains. Revista de Microbiologie. Print ISSN 0001-3714.
- Pedro G., 2007. Cycles biogéochimiques et écosystèmes continentaux. Ed. EDP Science. 427p.
- Pelmont, J. (1995). Bactéries et environnement: Adaptation physiologique. Vol 2. p.541-572. Office des Publications Universitaires.
- Pelmont, J., 1993. Bactéries et environnement. Adaptations physiologiques. Pyocins deduced from chimeric molecules. *J. Bacteriol.*, 175: 6179-6185.
- Perry J.J., Staley J.J., Lory S., 2004. Microbiologie : Cours et questions de révision. Ed. Dunod. Paris. 891p.
- Postgate J.R., 1982. The fundamentals of nitrogen fixation. Ed. Cambridge University Press. 252p.
- Powel, J. M and Mohamed Saleen 1987. Nitrogen and phosphorous transfer in croplivestock system in West Africa. *Agric. Syst* 25: 261-277.
- Quan, W., Liu, X., Wang, H., & Chan, Z. (2016). Comparative Physiological and Transcriptional Analyses of Two Contrasting Drought Tolerant Alfalfa Varieties. *Frontiers in Plant Science*, 6.
- Quiros, C. F., Bauchan, G. R. (1988). The genus *Medicago* and the origin of the *Medicago sativa* complex. In: Hanson, A.A., Barnes, D. K., & Hill, R. R., (eds) *Alfalfa and alfalfa improvement*. Madison, WI, USA, pp 25-91.
- Ramade F., 2003. Elément d'écologie : Ecologie fondamentale. Ed. Dunod. Paris. 674p.
- Ramos J et Bisseling T., 2004. Symbiotic nitrogen fixation. In: Amancio S., Stulen (Eds). *Nitrogen Acquisition and Assimilation in Higher Plants*. *Journal of Plant Physiology*. 161: 1189-1202.
- Raposeiras, R., P., P. Patricia, V., M. P., Raul, S., Lucy, E. Paiva, M., R. Scotti, N. M., H., S. (2002). Variability of isolated colonies in bean nodulating Rhizobium strains before and



## Références :

---

- afterexposure to high temperature. *Brazilian Journal of Microbiology*. Print ISSN. 1517-8382.
- Rasanen L., 2002. Biotic and abiotic factors influencing the development of N<sub>2</sub>- fixing symbioses between rhizobia and the woody legumes *Acacia* and *Prosopis*. *Dissertations Biocentri Viikki Universitatis Helsingiensis*. pp 27-41
  - Ricklefs et Miller, 2005. *Ecologie*. Ed. De Boeck université. Paris. 858p.
  - Rissi, M., Aziz, F., Bouizgaren, A., & Ghoulam, C. (2014). La symbiose Légumineusesrhizobia sous conditions de salinité : Aspect Agro-physiologique et biochimique de la tolérance. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 11(1), 96–104.
  - Rome, S., Fernandez, M. P., Brunel, B., Normand, P., & Cleyet-Marel, J. C. (1996). *Sinorhizobium medicae* sp. nov., Isolated from Annual *Medicago* spp. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 46(4), 972-980.
  - Saidi, S., Zribi, K., Badri, Y., & Aouani, M. E. (2009). Genetic characterisation and symbiotic proprieties of native sinorhizobia trapped by *Medicago sativa* on Tunisian soils. *Soil Research*, 47(3), 321.
  - SAYAH LEMBAREK M., 2008, Etude hydraulique du canal Oued Righ. Mémoire de Magister en géologie Université KasdiMerbah Ouargla.
  - Schmitt HW, Sticher H (1991) Heavy metal compounds in the soil. In : *Metals and their compounds in the environment*. (ed Merian E), pp. 311-331. VCH, Weinheim
  - Silva, C., Kan, F. L., & MartÃ-nez-Romero, E. (2007). Population genetic structure of *Sinorhizobium meliloti* and *S. medicae* isolated from nodules of *Medicago* spp. in Mexico. *FEMS Microbiology Ecology*, 60(3), 477–489.
  - Simard, R. R. and A. N'Dayegamiye 1993. Nitrogen mineralization potential of meadow soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 36: 465-472.
  - Somasegaran, P., Hoben. H., J. (1994). *Handbook for Rhizobia*. Springer verlage New York. Incp.450.
  - Sprent, J. and Thomas, R.(1984). Nitrogen nutrition of seeding grain legumes: some taxonomic,morphological and physiological constraints. *Plant Cell Environ.* 7: 637–645.
  - Sprent, J. (2009). *Legume Nodulation* (John Wiley & Sons).
  - Stevenson J F(ed), 1984. *Humus Chemistry, genesis, composition, reactions*. Jokhn Wiley & son, New York.
  - Tang, L., Cai, H., Zhai, H., Luo, X., Wang, Z., Cui, L., & Bai, X. (2014). Overexpression of *Glycine soja* WRKY20 enhances both drought and salt tolerance in transgenic alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 118(1), 77-86.

## Références :

---

- Trinchant J.C., Drevon J.J., Rigaud. J., 1998. Fixation symbiotique de l'azote. In: MorotGaudry (Ed): assimilation de l'azote chez les plantes; aspect physiologique, biochimique et moléculaire. Eds. Quae, INRA. pp 133-145.
- Van Reuler, H. and W. H. Prins 1993. The role of plant nutrients for sustainable food crop production in Sub-Saharan Africa. H. Van Reuler and W. H. Prins (eds). Ponsen & Looijen, Wageningen.
- Vandenberghe, C., Lambert, R., and Marie Marcoen, J. (2009). ElaluatioŶ de ĩeffiĐaĐitĜ des ĐultuĐes intermėdiaires piĐges à nitrate (CIPAN) en novembre. Actes Atelier Nitrate-Eau 2 Au 5 Juin 2009 Peyresq Fr.
- Wang, D., Yang, S., Tang, F., & Zhu, H. (2012). Symbiosis specificity in the legume - rhizobial mutualism. *Cellular Microbiology*, 14(3), 334-342.
- Werner D., 2007. Molecular biology and ecology of the rhizobia. *Legume Symbiosis*. In: Pinton R., Varanini Z., Nannipieri P (Eds) the rhizosphere: biochemistry and organic substances at the soil-plant interface. CRC Press. pp 237-259.
- Werner, D. (1992). Symbiosis of plants and cell proteins analysis froRhizobium fredii. *Acad Sin*: 39.
- Willems, A., 2006. The taxonomy of rhizobia: an overview. *Plant. Soil.*, 287: 3-14
- 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, Jorriin B, Kenicer GJ, Peix Á, Hynes MF, Ramírez-Bahena MH, Gulati A, Tian CF. 2021. Defining the *Rhizobium leguminosarum* Species Complex. *Genes* 12: 111.
- ZAHHRAN H.H., 1999. Rhizobium-legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 63: 968–989
- Zakhia, F., De Lajudie, P., 2001. Taxonomy of rhizobia. *Agronomie.*, 21: 569-576.
- Zhu, L., Zhang, H., Gao, X., Qi, Y., & Xu, X. (2016). Seasonal patterns in water uptake for *Medicago sativa* grown along an elevation gradient with shallow groundwater table in Yanchi county of Ningxia, Northwest



# **Annexes**

## Annexes :

---

### Annexes

Mesure du pH :

Peser 20.00g de sol sèche à l'air libre transférer dans un flacon et ajouter 100ml d'eau distillée (ou 50ml KCL 1M, si le ph (KCL) et adéterminer). Agiter mécaniquement pendant 2 heures .juste

Avant de mesurer le pH, agiter les flacons à main .Mettre les électrodes dans la suspension et faire la lecture lorsque la valeur s'est stabilisée (glissement <0.01110sec) noter les valeurs.

Echelle d'interprétation de pH dans l'extrait aqueux 1/5 :

<b>Extrait 1 /5</b>	
<b>Valeur de Ph</b>	<b>Classe d'interprétation</b>
<4.5	Extrêmement acide
4.5 – 5.0	Très fortement acide
5.1 – 5.5	Fortement acide
5.6 – 6.0	Moyennement acide
6.1 – 6.5	Légèrement acide
6.6 – 7.0	Très Légèrement acide
7.1 – 7.5	Très Légèrement alcalin
7.6 – 8.0	Légèrement alcalin
8.1 – 8.5	Moyennement alcalin
>8.6	Très fortement alcalin

### Mesure de la conductivité électrique :

Peser 20g de sol sèche à l'air libre, transférer dans un flacon d'agitation et ajouter 100ml d'eau distillée.

Agiter mécaniquement pendant 2 heures. Mesure la CE à l'aide d'un conductimètre.

Echelle de la salinité pour l'extrait 1/5 (AUBERT, 1978) :

<b>CE (ds/m) à 25°C</b>	<b>Degré de salinité</b>
< 0.6	Sol non sale
0.6 < CE ≤ 2	Sol peu sale
2 < CE ≤ 2.4	Sol sale
2.4 < CE ≤ 6	Sol très sale
> 6	Sol extrêmement sale

## Annexes :

### Les normes des taux d'azote déterminés par la méthode de KJELDAHL :

Teneur en N	Interprétation
0.5 – 1	Trop faible
1 – 1.5	Satisfaisante
1.5 – 2 .5	Un peut fort
Supérieure à 2.5	Trop fort



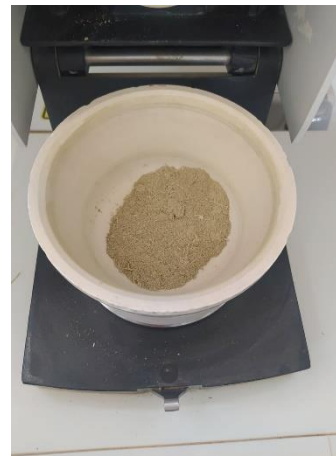
**Photo A :** Agitations de l'échantillon des sols délié.



**Photo B :** Séparation de la partie racinaire et la partie aérienne des plantes.



**Photo C :** Isolement des nodules.



**Photo D :** Broiement des plantes.

Effet de la conduite culturale sur la nodulation et la croissance de la luzerne (*Medicago sativa* L.) dans trois stations différentes.

## Résumé

Le présent travail a pour but d'étudier la symbiose rhizobium-luzerne sous différentes conditions de culture dans trois stations appartenant aux régions de Touggourt et d'Ouargla.

Les résultats obtenus à travers l'analyse statistique nous a permis d'avoir une diversité de réponses des paramètres étudiés. La caractérisation physicochimique des sols a montrée des valeurs de CE élevées et très élevées. Le pH des stations varie du très légèrement alcalin et le moyennement alcalin. Le taux d'azote des sols est très faible.

La conduite culturale de la luzerne dans les trois stations a donné des résultats différents. Le poids sec le plus élevé des plantes est observé dans l'INRAA alors que la nodulation était nulle. Malgré la nodulation importante dans la station de l'ITAS, les poids secs des plantes étaient les plus faibles.

**Mots clés :** Symbiose, rhizobia, *Medicago sativa* L, fertilisation azotée, Touggourt, Ouargla.

Effect of cultural conduct on nodulation and growth of alfalfa (*Medicago sativa* L.) in three different stations.

## Summary

The purpose of this work is to study rhizobium-alfalfa symbiosis under different growing conditions in three stations in the Touggourt and Ouargla regions.

The results obtained through statistical analysis allowed us to have a diversity of responses of the parameters studied. Physico-chemical soil characterization showed high and very high EC values. The pH of the stations varies from very slightly alkaline to medium alkaline. Soil nitrogen is very low.

The cultivation of alfalfa at the three stations yielded different results. The highest dry weight of plants is observed in INRAA when nodulation was zero. Despite significant nodulation at the ITAS station, the dry weights of the plants were lowest.

**Keywords:** Symbiosis, rhizobia, *Medicago sativa* L, nitrogen fertilization, Touggourt, Ouargla.

تأثير السلوك الثقافي على عقد ونمو البرسيم (*Medicago sativa* L.) في ثلاث محطات مختلفة.

## تلخيص :

الغرض من هذا العمل هو دراسة تعايش الجذور والبرسيم في ظل ظروف نمو مختلفة في ثلاث محطات في منطقتي تقرت وورقلة.

سمحت لنا النتائج التي تم الحصول عليها من خلال التحليل الإحصائي بالحصول على مجموعة متنوعة من الاستجابات للمعلومات المدروسة. أظهر توصيف التربة الفيزيائية والكيميائية قيم EC عالية وعالية جداً. يختلف الرقم الهيدروجيني للمحطات من قلوي قليلاً جداً إلى قلوي متوسط. نيتروجين التربة منخفض جداً.

اختلفت نتائج زراعة البرسيم في المحطات الثلاث. لوحظ أعلى وزن جاف للنباتات في INRAA عندما كان العقد صفراً. على الرغم من وجود عقدة كبيرة في محطة ITAS ، كانت الأوزان الجافة للنباتات أقل.