



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITÉ ABBES LAGHROUR KHENCHELA
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE MOLECULAIRE ET CELLULAIRE

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER Académique

FILIERE: BIOLOGIE

OPTION: BIOTECHNOLOGIE VEVEETALE

Thème

**Contribution à l'étude de la nodulation
chez la fève (Vicia faba major) dans
différentes régions de Khenchela**

Présenté par: MENASRIA Kamel

Soutenu le :

Jury de Soutenance

Président	Dr. BENSIZERARA D.	MCB	Université Abbes Laghrour Khenchela
Examineur	Mr. MENASRI A.	MAA	Université Abbes Laghrour Khenchela
Encadreur	Dr. KHABTANE A/H.	MCA	Université Abbes Laghrour Khenchela

Année universitaire 2018 / 2019

Résumé

La famille des légumineuses se distingue par sa capacité d'établir une relation de symbiose avec les bactéries rhizobia telluriques qui lui permettent de fixer l'azote atmosphérique par le biais de nodosités racinaires. La fève (*Vicia faba major* L.) est très cultivée en Algérie. C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude qui a pour objectif de comparer la nodulation chez cette espèce dans deux sites différents de la région de Khenchela : Au Nord au niveau de la station du HCDS Mahmel et au Sud au sein d'une exploitation agricole privée à El Meita. Les paramètres biométriques étudiés ont révélé que la nodulation est hautement significative dans le site de la station du HCDS Mahmel alors que les autres paramètres comme le nombre de ramifications ; feuilles par plantes ; la hauteur de la tige et la profondeur et la largeur des racines sont tous significativement élevés au niveau du site du sud à El Meita.

L'examen microbiologique a révélé que les bactéries des deux sites sont des bacilles Gram négatif aérobies.

Mots clés : Fève ; rhizobia, fixation azotée, Mahmel, El Meita ,Khenchela.

تتميز العائلة البقولية بقدرتها على إقامة علاقة تكافلية مع البكتيريا الجذرية ريزوبيوم التي تسمح لها بتثبيت النيتروجين الهوائي من خلال العقيدات الجذرية ، يزرع الفول (*Vicia faba major* L) في الجزائر على نطاق واسع و في هذا السياق ، تهدف هذه الدراسة إلى مقارنة العقيدات عند هذا النوع في موقعين مختلفين في منطقة خنشلة: في الشمال علمسوى المحطة السهبية بالمحمل وفي الجنوب على مستوى مزرعة خاصة في صحراء الميثة. كشفت دراسة المعايير البيومترية أن العقيدات مهمة للغاية في موقع محطة المحمل و كان الفرق معتبرا اما المعايير الاخرى مثل عدد الفروع و عدد الاوراق في النبتة ؛ و ارتفاع الساق وعمق الجذر وعرضه كلها مرتفعة بشكل كبير في موقع الميثة الجنوبي. وكشف الفحص الميكروبيولوجي أن البكتيريا في كلا الموقعين عبارة عن عصيات سلبية الغرام الهوائية.

كلمات مفتاحية: ؛ رايوبيا ، تثبيت النيتروجين ، المحمل ، الميثة ، خنشلة.

Abstract

The leguminous family is distinguished by its ability to establish a symbiotic relationship with rhizobia telluric bacteria that allow it to fix atmospheric nitrogen through root nodules among which the bean (*Vicia faba major* L.) very cultivated in Algeria. It is in this context that this study aims to compare the nodulation in this species in two different sites in the Khenchela region: North at the HCDS Mahmel station and South in the area. a private farm in El Meita.

The biometric parameters studied revealed that nodulation is highly significant in the site of the HCDS Mahmel station while the others as the number of branches; leaves by plants; stem height and root depth and width are all significantly elevated at the southern El Meita site.

Microbiological examination revealed that the bacteria at both sites are aerobic gram-negative bacilli.

Keywords: Bean; rhizobia, nitrogen fixation, Mahmel, El Meita, Khenchela.

Remerciements

Tout d'abord nous remercions Allah, le tout puissant, pour tout ... nous nous saurions énumérer ses bienfaits sur nous, surtout la chance d'avoir repris les études au sein de la filière de biotechnologie végétale.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance et gratitude à tous ceux qui ont apporté leur aimable contribution à ce travail de près ou de loin par leurs conseils, remarques, encouragements et leurs compétences en particulier:

Monsieur le docteur Bensizerara Djamel, Maître de conférence classe B à l'université Abbes Laghrour de khenchela , d'avoir accepté de présider le jury de la soutenance de ce mémoire.

Monsieur Menasri Ammar, Maître Assistant classe A, à l'université Abbes Laghrour de khenchela, d'avoir accepté d'examiner et de juger notre travail, pour ses conseils et son soutien.

Notre encadreur monsieur le docteur Khabtane Abd El Hamid, à l'université Abbes Laghrour de khenchela, Maître de conférences classe A, non seulement pour l'aide très précieuse qu'il nous a apporté, son enthousiasme communicatif, sa patience et sa générosité, ainsi que sa totale disponibilité pour l'encadrement de ce travail.

Mr. korieche Abd El Alli, directeur de l'INSFP de Khenchela pour les facilités et la chance d'effectuer ce travail au sein du laboratoire de l'INSFP de Khenchela.

Nous tenons à remercier les personnes qui nous ont aidés pour l'élaboration de ce modeste mémoire :

Mme. Addad Dalila enseignante à l'université de Abbès Laghrour de khenchela.

Mme. Zitouni Wassila enseignante à l'université de Abbès Laghrour de khenchela.

Mr. Chaib Faouzi consultant de FERTIAL – Annaba.

Mr Djelloul El Arbi président de la circonscription de la steppe de la wilaya de Khenchela.

Mr. Nouar Rachid chargé du suivi des essais à la station du HCDS Mahmel, wilaya de khenchela.

Mr. Menasria Farid et Mr. Menasria Youcef agriculteurs à El Meita au Sud de Khenchela.

Mr. Aounallah Abd El Alli technicien supérieur en informatique et Mr. Bouhidel Mourad son aide, courtoisie et disponibilité pour imprimer le mémoire.

Nous tenons à remercier aussi tous les travailleurs sans exception. Et toutes personnes nous ont aidés pour réaliser ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

A mes chers parents ;

A ma famille ;

A mes amis (e) ;

Et à tous ceux qui comptent pour moi.

Sommaire	
Remerciements	
Dédicaces	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Liste des photos	
INTRODUCTION	
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA FEVE	
1. SYTEMATIQUE DE LA FEVE.....	1
2. MORPHOLOGIE DE LA FEVE.....	1
2.1. Racine.....	1
2.2. Tige.....	1
2.3. Feuilles.....	1
2.4. Fleurs.....	2
2.5. Gousse.....	3
2.6. Graine.....	3
3. Biologie.....	3
4. EXIGENCES EDOPHO-CLIMATIQUES.....	4
4.1. Exigences édaphiques.....	4
4.2. Exigences climatiques.....	4
5. ITINERAIRE TECHNIQUE DE LA CULTURE DE LA FEVE.....	4
5.1. Préparation du sol et semis.....	4
5.1.1. Préparation du sol.....	4
5.1.2. Semis	5
5.2. Fertilisation.....	5
5.3. Entretien de la culture.....	5
5.3.1. Opérations culturales.....	5
5.3.2. Bio-agresseurs de la culture de la fève.....	5
4. Récolte.....	6
6. IMPORTANCE DE LA CULTURE DE LA FEVE.....	6
CHAPITRE II : FIXATION SYMBIOTIQUE DE L'AZOTE ATMOSPHERIQUE	
1. Généralités.....	10
2. La fixation symbiotique de l'azote atmosphérique.....	10
3. Rhizobia.....	11
4. Caractères généraux des rhizobia.....	11
5. Symbiose légumineuse-rhizobium.....	12
6. Spécificité de la symbiose.....	12
7. Nodulation.....	12
7.1. Dialogue moléculaire rhizobia-légumineuse.....	13
7.2. Processus de nodulation.....	14
7.2.1. Pré-échange de signal d'infection.....	14
7.2.2. Infection.....	14
7.2.3. Développement du nodule et maturation des bactéroïdes.....	15
8. Conditions influant l'activité symbiotique et la fixation de l'azote.....	17

8.1. Facteurs abiotiques.....	17
8.2. Facteurs biotiques.....	18
9. Moyens d'élimination ou de réduction des contraintes du milieu.....	19
CHAPITRE III	
1. PRÉSENTATION DE LA WILAYA.....	23
1. 1. Situation géographique de la wilaya de Khenchela.....	23
1.2. Relief de la wilaya de Khenchela.....	23
1.2.1. Les montagnes.....	23
1.2.2. Les plateaux	23
1.2.3. Les plaines.....	23
1.2.4. Les parcours steppiques et les dépressions	23
2. SOLS DE LA WILAYA DE KHENCHELA.....	24
2.1. Les sols calcaires humifères	24
2.2. Les sols insaturés humifères	24
2.3. Les sols calciques	24
2.4. Les sols éoliens d'ablation	24
2.5. Les sols éoliens d'accumulation	24
2.6. Les sols alluviaux basiques.....	24
3. CLIMAT DE LA ZONE D'ÉTUDE.....	25
3.1. Étude des paramètres climatiques.....	25
3.1.1 Précipitations.....	25
3.1.1.1. Répartition annuelle des précipitations.....	25
3.1.1.2. Répartition mensuelle des précipitations.....	25
3.2. Les températures.....	27
3.3. Synthèse climatique.....	28
3.3.1 Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN.....	28
3.3.2. Climagramme d'EMBERGER.....	30
4. PRESENTATION DES SITES D'ETUDE.....	32
4.1. Site N°01 : Station HCDS Mahmel.....	32
4.2. Site N°02 : Exploitation agricole privée à El Meita.....	33
4.3. Caractéristiques édaphiques des 02 sites de l'étude.....	33
CHAPITRE IV : MATERIEL ET METHODES	
1. Collecte des échantillons « plantes ».....	35
2. Rinçage des racines et nodules.....	37
3. Détermination des paramètres biométriques.....	37
4. Observation et examen des nodules.....	39
4.1. Stérilisation des nodules	40
4.2. Conservation des nodules.....	40
5. Détermination des Caractéristiques microbiologiques des souches de rhizobia isolées.....	41
5.1. Isolement des bactéries par écrasement	41
5.2. Ensemencement du broyat (jus de nodule).....	41
5.3. Coloration de gram et observation microscopique.....	42

CHAPITRE IV : RESULTAS ET DISCUSSION	
1. Paramètres biométriques.....	46
1.1. Paramètre: Nombre de nodosités par plante	46
1.2. Paramètre: Nombre de ramifications par plante	47
1.3. Paramètre: Hauteur de la tige principale par plante.....	48
1.4. Paramètre: Nombre de feuilles par plante	49
1.5. Paramètre: Profondeur des racines par plante.....	50
1.6. Paramètre: Largeur des racines par plante.....	51
2. Caractérisation microbiologique des souches de rhizobia isolées.....	53
2.1. Caractéristiques coloniales (morphologiques).....	53
2.2. Caractéristiques cellulaires (biochimiques).....	54
2.3. Caractéristiques physiologiques des souches isolées au laboratoire (Profil de réponse aux conditions physiologiques).....	54
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	56
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	58
ANNEXES.....	64
GLOSSAIRE	74
ALBUM PHOTOS	75

Liste des Abréviations

ANAT : Agence Nationale d'Aménagement du Territoire.

ANDI : Agence Nationale de Développement de l'Investissement.

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques.

DSA : Direction des Services Agricoles.

FAO : Food and Agriculture Organization.

FERTIAL : Société Algérienne de Production des Engrais-ANNABA.

HCDS : Haut-Commissariat au Développement de la Steppe.

ITCMI : Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles

ONM : Office National de Météorologie.

SAU : Surface Agricole Utile.

YMA : Yeast Mannitol Agar

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
01	Stades phénologiques de la fève	03
02	Principaux ennemis de la fève (<i>Vicia faba major</i>)	06
03	Production de la fève dans la wilaya de kenchela (2008 – 2017)	07
04	Approche pour éliminer ou réduire les contraintes environnementales limitant la fixation de N ₂	21
05	Précipitations moyennes mensuelles des stations étudiées	25
06	Températures moyennes mensuelles pour les stations étudiées	27
07	Valeurs du Quotient pluviométrique D'EMBERGER	30
08	Caractéristiques édaphiques des 02 sites de l'étude	33
09	Moyenne du nombre de nodosités par plante	46
10	Moyenne du nombre de ramifications par plante	47
11	Moyenne de la hauteur de la tige principale par plante	48
12	Moyenne du nombre de feuilles par plante	49
13	Moyenne de la profondeur des racines par plante	50
14	Moyenne de la largeur des racines par plante	51

Liste des figures		
Figure	Titre	Page
01	Feuille, fleur, fruit et graine de la fève	02
02	Fleur de la fève	02
03	Stades phénologiques de la fève	04
04	Schéma de la structure d'une nodosité	13
05	Développement des nodules sur les racines dans un cas de symbiose entre <i>Rhizobium</i> et une plante	16
06	Variations mensuelles des précipitations à la station de Babar	26
07	Variations mensuelles des précipitations à la station d'El Meita	26
08	Variation des températures mensuelles de la station de Babar	27
09	Variation des températures mensuelles de la station d'El Meita	28
10	Diagramme Ombrothermique de la station de Babar	29
11	Diagramme Ombrothermique de la station d'El Meita	29
12	Projection des 02 stations étudiées Babar et El Meita par rapport à d'autres stations de la wilaya de kKhenchela sur le climagramme d'Emberger	31
13	Situation des sites d'études Station HCDS Mahmel et El Meita	32
14	Nombre de nodosités par plante	46
15	Nombre de ramifications par plante	47
16	Hauteur de la tige principale par plante	48
17	Nombre de feuilles par plante	49
18	Profondeur des racines par plante	50
19	Largeur des racines par plante	51

Liste des photos		
Photo	Titre	Page
1	Graine de la fève	3
2	Nodosités sur un système racine d'une légumineuse	12
3	Vue de la station de la station du HCDS Mahmel wilaya de Khenchela	33
4	Plante de fève au stade floraison	35
5	Préparation pour l'arrachage	35
6	Arrachage de la plante à la pelle	35
7	Préservation de la motte	35
8	Contrôle de la motte de terre	36
9	Emballage de la plante	36
10	Contrôle de la motte de terre à la recherche des nodosités	36
11	Conservation de la motte dans du papier et du plastique	36
12	Bac de transport des plantes échantillons	36
13	Plantes prêtes au transfert vers le laboratoire	36
14	Déballage des échantillons au laboratoire	37
15	Rinçage des racines à l'eau	37
16	Racines propres	37
17	Recherche des nodosités	37
18	Feuilles et fleurs de la fève	38
19	Racine avec nodosités	38
20	Grappe de nodosités	38
21	Séparation racines / nodosités	38
22	Mesure de la hauteur de la tige	39
23	Mesure de la longueur de la racine	39
24	Observation d'un nodule à la loupe 10x	39
25	Observation d'une coupe d'un nodule à la loupe 10x	39
26	Préparation des solutions de stérilisation des nodosités	40
27	Nodules immergés dans l'hypochlorite de sodium à 01%	40
28	Nodules immergés dans l'eau distillée stérile	40
29	Nodules immergés dans l'éthanol	40
30	Introduction des nodules stériles dans un tube contenant coton cardé et Cacl ₂	41
31	Nodules à conserver au réfrigérateur à 04°C	41
32	Ecrasement des nodules au mortier	41
33	Collecte du broyat dans un flacon	41
34	Milieu YMA stérile coulé en boîtes de pétri	42
35	Ensemencement en stries du jus des nodules	42
36	Kit de coloration de gram	43
37	Zone aseptique	43
38	Flambage du col du flacon	43
39	Prélèvement à l'aide de la pipette Pasteur	43
40	Dépôt du prélèvement sur la lame	43
41	Etalement du prélèvement	43
42	Fixation du frottis bactérien	44
43	Application du violet de gentiane	44
44	Addition de l'alcool sur la lame inclinée	44

45	Application de la fushine	44
46	Rinçage de la lame	44
47	Séchage de la lame	44
48	Colonies de rhizobia après 03 jours d'incubation à 28°C	53
49	Colonies de rhizobia après 03 jours d'incubation à 28°C	53
50	Bacilles de rhizobia gram négatif au microscope optique 100x	53
51	Bacilles de rhizobia gram négatif au microscope optique 100x	53
52	Bacilles de rhizobia gram négatif au microscope optique 100x	54
53	Bacilles de rhizobia gram négatif au microscope optique 100x	54
54	Croissance abondante de souches de rhizobia en aérobiose	54
55	Croissance abondante de souches de rhizobia en aérobiose	54

INTRODUCTION

Les légumineuses ont surtout été utilisées pour leur action fertilisante du sol, augmentant les rendements de céréales par la rotation et l'interculture, mais également comme source de fourrage pour le bétail. Initialement, la récolte de grains pour l'alimentation humaine et animale n'était pas l'objectif principal (**Sinclair et Vadez, 2012 in Belaid D.,2016**).

En Algérie les espèces de légumineuses alimentaires les plus cultivées sont la lentille (*Lens culinaris*L.) le pois chiche (*Cicer arietinum*L), le pois (*Pisumsativum*L), la fève (*Vicia faba*L.) et le haricot (*Phaseolus*L.). La culture des légumineuses alimentaires a fait l'objet de beaucoup d'attention de la part des services agricoles pour augmenter les superficies et améliorer les niveaux de rendements, mais les résultats n'ont pas été à la hauteur des efforts consentis (**Abdelguerfi, 2003 in Riah N., 2014**). Savoir optimiser cette fertilisation biologique permettrait d'améliorer la productivité des systèmes de culture et rendrait les paysans moins dépendants d'intrants le plus souvent inaccessibles financièrement (et physiquement pour certains) (**Belaid D.,2016**).

La recherche agronomique, notamment en physiologie des plantes, étudie depuis de nombreuses années la fixation symbiotique d'azote des légumineuses et leur capacité à maintenir ce taux à un niveau élevé avec un impact très sensible sur le rendement des cultures. Cette fixation d'azote des légumineuses dépend de processus biologiques délicats au niveau de la plante hôte et des bactéries. À ce jour, la recherche agronomique s'est essentiellement focalisée sur l'amélioration des bactéries pour optimiser la fixation biologique de l'azote atmosphérique des légumineuses. Cette approche a été bénéfique dans le cas où la bactérie spécifique d'une légumineuse était absente des sols où cette légumineuse était nouvellement cultivée, comme cela a été le cas lors de l'introduction du soja en France dans les années 1970. (**Belaid D., 2016**).

L'Algérie a lancé un vaste programme pour augmenter sa production agricole et envisage de produire la totalité de ses besoins en lentilles et pois chiches d'ici 2020 à travers un programme de développement de légumineuse. Multiplication des cultures légumineuses pour une autosuffisance en Algérie. La culture de ces deux denrées passera de 30 000 hectares à 170 000 hectares au cours des 4 prochaines années afin d'être autosuffisante(**Ben Taziri RosaSelim ,2016**).

Introduction générale

Parmi les légumineuses cultivées sur de grandes superficies nous trouvons la fève (*Vicia faba major* L.) qui constitue une filière très importante dans l'agriculture du sud de Khenchela.

C'est afin d'évaluer le potentiel de nodulation chez cette espèce dans deux sites de la région de Khenchela l'un situé au nord et l'autre au sud donc des conditions différentes, nous avons mesuré des paramètres biométriques complétés par un examen au laboratoire pour caractériser les rhizobies vivant en symbiose avec la fève ; des questions ont surgies :

- Dans quelle sites la nodulation est forte et meilleure ;
- Est-ce-que tous les paramètres se suivent et convergent dans un seul sens ;
- Est-ce-que les bactéries qui s'associent avec cette espèce végétale sont de même nature.

Notre travail est organisé en cinq chapitres :

- Le premier chapitre est consacré pour une synthèse bibliographique sur la fève.
- Le deuxième chapitre traite une synthèse bibliographique sur la fixation biologique de l'azote atmosphérique ;
- Le troisième chapitre traite les données de la région d'étude tout en étudiant les caractéristiques pédoclimatiques ;
- Le quatrième chapitre est consacré au matériel et méthodes adoptés au champ et au laboratoire ;
- Le cinquième chapitre regroupe les résultats et discussion ;
- En fin le travail est achevé par une conclusion générale qui englobe des suggestions et des perspectives.

1. SYSTEMATIQUE DE LA FEVE

Selon **Reta Sanchez et al. (2008)**, la fève est classée botaniquement comme suit:

Règne: Plantae

Division: Magnoliophyta

Classe: Magnoliopsida

Ordre: Fabales

Famille: Fabaceae

Sous famille: Faboideae

Tribu: Vicieae

Genre: Vicia

Espèce: Vicia faba L. (**Kheloul L., 2014 et Chafi M/H., 2011**).

Elle est originaire d'Asie et du moyen orient. L'espèce Vicia faba L. est cultivée pratiquement dans le monde entier (**Hajjam Y., 2017 et Saadi H., 2014**).

2. MORPHOLOGIE DE LA FEVE

La fève est une plante herbacée, la croissance de la plante est naturellement indéterminée.

(**Hajjam Y., 2017 et Bekkara-Atik F., 1999**); dont les caractéristiques morphologiques sont :

2.1. Racine

Pivotante et robuste (**Hamadache A/M., 2014**). Portant des nodosités contenant des bactéries fixatrices d'azote. Le système racinaire de la fève peut s'enforcer jusqu'à 80 cm de profondeur, les nodosités sont abondantes dans les 30 premiers centimètres (**Ducin Kheloul L., 2014**).

2.2. Tige

Elle est creuse et à port érigé ou semi-érigé avec des ramifications à la base (**Hamadache A/M., 2014**). Est de section carrée. Le nombre de noeuds (végétatifs et reproducteurs) varie entre 10 et 40 selon les génotypes et les conditions de culture (**Le Guen et Duc, 1992** in **Hajjam Y., 2017**).

2.3. Feuilles

Sont composées, alternes pennées, avec quatre à neuf folioles rarement unifoliées. (**Hajjam Y., 2017**). Sans vrilles (**Bekkara-Atik F., 1999**). (Figure N°01)



Figure N°01 :Feuille, fleur,fruit et graine de la fève (Larousse agricole,1981).

2.4. Fleurs

Les inflorescences sont des grappes de deux à dix fleurs. Les fleurs sont hermaphrodites. Les fleurs sont de type papilionacé, de 2 à 3cm de long, de couleur blanche, marron ou violette et portent sur chaque aile une macule noire ou marron. L'inflorescence est en grappe axillaire de 1 à 6 fleurs. Les fleurs sont constituées d'un calice à 5 sépales, d'une corolle blanche à 5pétales, de 10 étamines dont 9 sont soudées et 1 libre. La floraison débute en moyenne au niveau du 7^{ème} nœud et continue jusqu'aux 20 nœuds suivants.(BrinketBelay,2006in Kheloul L., 2014 et Bekkara-Atik F., 1999). Seules quelques fleurs par grappe produisent des gousses: 10 % selon Bond et Poulsen(1983) in Hajjam Y., 2017et 15 à 25 % d'après Girard (1983) in Hajjam Y., 2017, les autres avortent. (Figure N°02)

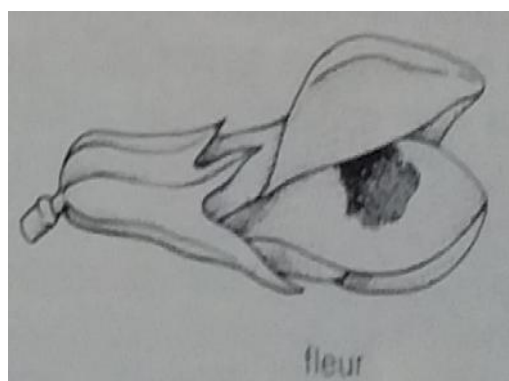


Figure N° 02 : Fleur de la fève (Larousse agricole,1981).

2.5. Gousse

La gousse de la fève est charnue et de longueur variable (4,5 à 16 cm). Elle est pendante ou horizontale, avec deux à huit graines par gousse. La croissance de la plante est naturellement indéterminée (**Hajjam Y. , 2017**). (figure N°01)

2.6. Graine

Les graines sont charnues, de couleur vert tendre à l'état immature, elles développent, à complète maturité, un tégument épais et coriace de couleur brune rouge à blanc verdâtre et prend une forme aplatie a contour presque circulaire ou réniforme. Le poids de mille grains (PMG) et avant tout fonction de la variété, puis des conditions de remplissage des grains (alimentation hydrique et minérale, conditions sanitaires), de 1.5 à 3.0 Kg (**Brink et Belay, 2006 in Kheloul L., 2014**). (figure N°01 et Photo N°01)



Photo N° 01 : Graine de la fève (Mezani S. , 2016).

3. Biologie

La fève est une plante annuelle. Le cycle dure de 120 jours à 150 jours selon les variétés. (**ITCMI., 2010 et Hamadache A/M., 2014**).

La levée intervient généralement entre 10 et 20 jours, suivant la température du sol (**Hajjam Y., 2017**); Les principaux stades phénologiques sont présentés dans le tableau N° 01 et la figure N°03

Tableau N° 01 : Stades phénologiques de la fève.

N°	JOURS APRÈS SEMIS	STADES PHÉNOLOGIQUES
1	9 jours	La jeune pousse perce la surface
2	10 jours	deux feuilles écailleuses visibles
3	11 jours	Premières feuilles étalées
4	15/35 jours	Début de l'élongation de la tige principale
5	51 jours	Apparition des boutons floraux
6	61 jours	Les fleurs de la première grappe sont ouvertes
7	71 jours	Début maturation des gousses
8	89 jours	Maturation complète des gousses

(ITCMI, 2010)

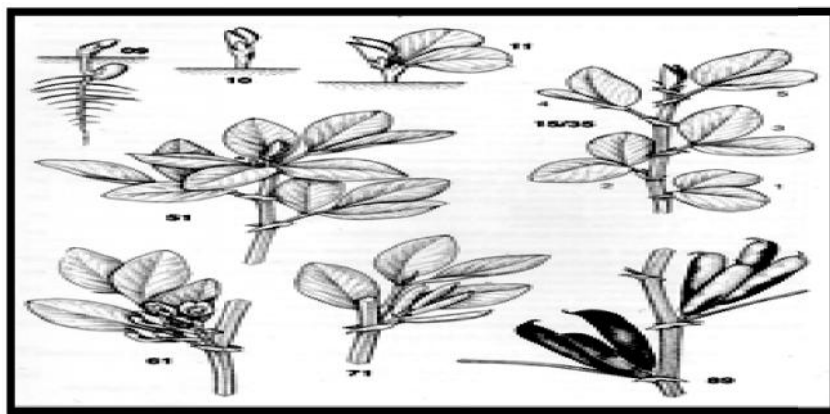


Figure N° 03 :Stades phénologiques de la fève (ITCMI ,2010).

4. EXIGENCES EDOPHO-CLIMATIQUES

4.1.Exigences édaphiques

La culture de la plante est peu exigeante en termes de qualité de sol, cependant, elle peut se développer sur les sols frais, profonds et moyennement acides. Elle est également sensible au compactage et à l'excès d'eau (SiBennasseur A. , 1985 in HajjamY. , 2017).

- Aime les sols argilo-calcaire ou argilo siliceux riche en humus ;
- PH 6 à 7;
- Aime les sols humides ;
- Salinité: tolérante 3,20 à 5,10 grammes / (5 à 8 mmhos/cm⁻¹).

(Elferiha S., 2010 ;ITCMI, 2010 ; Souana K., 2011 et Mezani S., 2016)

4.2.Exigences climatiques

La fève exige généralement une alimentation hydrique régulière et supérieure à 350 mm/an(SiBennasseur A., 1985 inHajjam Y., 2017).

- Température: entre 18 C° et 22 C°résiste au froid jusqu'à -3C°;
- Germination: 6C° lui est nécessaire pour la levee;
- Résiste à la chaleur;
- Exigente en lumière (plante des jours longs)(ITCMI, 2010 et Mezani S. , 2016)

5. ITINERAIRE TECHNIQUE DE LA CULTURE DE LA FEVE

5.1. Préparation du sol et semis

5.1.1. Préparation du sol

La fève peut être cultivée dans toutes les régions d'Algérie, surtout pour sa tolérance à la salinité.Mise en place de la culture: labour 20à30 cm(disquage, hersage, rayonnage)

(Si Bennasseur A.,1985ITCMI, 2010).

5.1.2. Semis

La culture de la fève est relativement facile, normalement elle est cultivée pendant les mois frais et humides de l'année (septembre et mai) (ITCMI, 2010).

Normes de semis : * Densité : 80000 à 120000 plantes/ha ;

* Ecartement interlignes : 0,50 à 0,70 m;

* Ecartement interplants : 0,15 à 0,20m ou 0,40 à 0,50m en poquet;

* 2 à 3 graines /poquet;

* Profondeur de semis : 4 à 5 cm en sols lourds et 6 à 7 cm en sols légers.

(Si Bennasseur A.,1985 et ITCMI, 2010)

Compte tenu de la sensibilité de la fève au stress hydrique, aux gelées et aux fortes températures pendant la phase critique de floraison et de formation du fruit, la date de semis doit être précoce pour le développement des différents stades dans des conditions climatiques favorables. Ainsi, le semis de la plante doit s'effectuer à partir de mi-octobre jusqu'à fin décembre selon les zones agro-climatiques. Les semis précoces sont préconisés pour les zones côtières et les semis tardifs pour les plaines intérieures et les montagnes (Hajjam Y., 2017).

5.2. Fertilisation

- **Fumure organique** : fumier bien décomposé 15 à 20 t / ha (ITCMI, 2010).
- **Fumure minérale** : 20 unité d'azote / ha, 60 à 70 unités de phosphore / ha, et 80 à 90 unités de potasse/ ha (ITCMI, 2010).

5.3. Entretien de la culture

5.3.1. Opérations culturales

- Un binage léger, 2 à 3 semaines après un buttage (ITCMI, 2010).
- Un buttage à effectuer avant la floraison, quand la plante atteint une hauteur d'environ 20 cm; pour renforcer l'émission de racines latérales et favoriser la croissance, et recouvrir une partie des plantes pour éviter la verse (Si Bennasseur A.,1985).

5.3.2. Bio-agresseurs de la culture de la fève

La fève est l'une des légumineuses les plus attaquées par les pathogènes et les prédateurs animaux. Plus de vingt maladies fongiques et virales sont inféodées à cette culture (Hamadache A/M.,2014). Les contraintes biotiques sont liées à de nombreux agents pathogènes et parasites, y compris des bactéries, des virus et des mycoses Botrytis faba, Ascochyta faba, ainsi que des infections par des nématodes et un parasitisme par Orobanche crenata (Stoddard et al.,2009 in Domergue O.,2017; Mezani S., 2016 ;Schilperoord P. 2016 ;Ephyta et Hypp).

Le tableau N° 02 regroupe les principaux bioagresseurs de la fève ; les plus néfastes sont l'antracnose, le botrytis et la rouille. De plus, les insectes qui l'attaquent sont souvent les pucerons noirs couvrant les tiges par des amas noirs. Ils sont considérés parmi les insectes les plus redoutables de la fève. Les pucerons induisent des chutes de fleurs qui se soldent par une réduction des rendements (**Hamadache A/M.,2014 ; SiBennasseur A., 1985 in Hajjam Y., 2017 et Mezani S. , 2016**).

Tableau N° 02 : Principaux ennemis de la fève(Vicia fabamajor).

Bio agresseur	Organe attaqué	Lutte
Puceron	Tiges et feuilles	Aphicide
Mildiou	Feuilles et tige	Fongicide
Mouche des fèves	fleurs	Insecticide
Rouille	feuilles	Fongicide
Botrytis	Fruits et feuilles	Fongicide + Rotation de 4 ans
Bruche de la fève	Graines	Insecticide

(**Si Bennasseur A., 1985 ; ITCMI, 2010 et INRA De Dijon HYPPZ, 1994**)

5.4.Récolte

La maturité des fèves est indiquée par le brunissement et la chute des feuilles inférieurs. La couleur des gousses devient foncée au fur et à mesure qu'elles durcissent. Les gousses de fève s'ouvrent et perdent les graines si on attend que la culture arrive à la pleine maturité. La teneur en humidité des graines est entre 35 à 45% pour la récolte manuelle , alors qu'elle doit être entre 13 et 15% por la récolte mécanique(**SiBennasseur A.,1985**).

La récolte manuelle chaque 3 à 5 jours (4 à 5 mois après les semis), maturité échelonnée ; le rendement est de 50 à 80 Qx / ha (**ITCMI, 2010**).

L'ensemble des charges de production de 01 hectare de la fève en Algérie est estimé à un montant total de 126.700,00 DA (**ITCMI, 2010**). Le détail des coûts des différentes opérations est présenté dans un tableau inséré dans la partie des annexes de ce mémoire (Tab. 10) .

6. IMPORTANCE DE LA CULTURE DE LA FEVE

Les légumineuses se classent au second rang économique, après les Poaceae. Entre 1990 et 2012, l'exportation globale de légumineuses à graines a doublé, de 6 à 13 millions de tonnes pour une valeur estimée à environ 10 milliards de dollars(**FAO,2016 in Domergue O., 2017**). Depuis le début de l'agriculture les légumineuses, domestiquées parallèlement aux graminées, jouent un rôle clé dans leur développement (**Saadi H., 2014; Daoui Khalid, 2007; Hancock,2012 in Domergue O., 2017 et Mezani S., 2016**).

Pour une sensibilisation de leur importance au plan nutritionnel, ainsi qu'agro-écologique 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» (Domergue O., 2017).

La production de la fève proprement dite *Vicia faba major* est aussi largement consommée en Algérie comme légume frais. La superficie occupée a évolué rapidement entre 2000 et 2012 en passant de 19.570 ha à 29.567 ha, soit une augmentation de 51% (Hamadache A/M., 2014).

Dans tableau N° 03 relatif à la superficie, la production et rendement de la culture la fève dans la wilaya de khenchela durant la decennie de 2008 à 2017 montre une variation d'une année à une autre surtout en ce qui concerne l'extension de l superficie de 255 ha en 2008 jusqu'à 1231 ha en 2017 de même pour la production qui a passé de 7650 qx à 121623 qx durant la même période de 2008 à 2017 (DSA de khenchela, 2018).

Tableau N°03 : Production de la fève dans la wilaya de khenchela(2008 – 2017)

Année	Superficie (ha)	Production (Qx)	Rendement (Qx/ha)
2008	255	7650	30
2009	166	16.650	100,30
2010	196	9.800	50
2011	198	13.244	66,88
2012	474	84.900	179,11
2013	460	84.025	182,66
2014	460	33.845	73,57
2015	654	98.710	150,93
2016	939	44312	47,19
2017	1231	121.623	98,80
Total	5033	514.759	979,44
Moyenne	503,3	51.475,9	97,94

(DSA Khenchela, 2018)

Riche en protéines, Vicia faba major est utilisée aussi bien pour l'alimentation humaine (gousses et grain sec) que pour l'alimentation animale. L'incorporation de fève ou de féverole dans l'alimentation du poulet de chair offre une possible substitution aux tourteaux de soja. La fève est appréciée en tant que bon précédent cultural pour la céréaliculture, via ses reliquats d'azote (**Duc, 1997 in Domergue O., 2017**) et l'amélioration de la structure du sol. Elle peut fixer entre 135 et 244 kg de N/ha et contribuer jusqu'à 155 kg de N/ha de reliquats. Grâce aux exsudats racinaires, Vicia faba major améliore la disponibilité du phosphore du sol, chez le maïs associé et le blé qui lui succède (**Domergue O., 2017**).

Vicia faba L. est aussi importante pour la rotation des cultures et l'amélioration de la fertilité naturelle des sols, car elle peut fixer une quantité relativement importante d'azote de l'ordre de 60 à 250 kg/ha/an (**Belaid D., 2016 et Belhadi D. et al., 2018**).

1. Généralités

L'azote est le principal élément indispensable à la croissance des plantes et à leur productivité (Cleland et Harpole, 2010 in Domergue O., 2017). Il est essentiel pour la synthèse des enzymes de la photosynthèse (Lamaze et col., 1990 in Sebihi F/Z., 2008).

Une déficience en azote se caractérise par une chlorose des vieilles feuilles et une réduction de croissance des feuilles, des tiges et des racines. L'azote intervient dans la synthèse des acides aminés, des acides nucléiques, des protéines, des lipides membranaires ainsi que d'autres composants azotés. Il est le principal constituant de la chlorophylle, pigment majeur impliqué dans la photosynthèse (Maathuis, 2009 in Domergue O., 2017).

L'azote est présent dans les écosystèmes sous diverses formes chimiques, telles que : ammonium (NH_4^+) ; nitrite (NO_2^-) ; nitrate (NO_3^-) ; oxyde nitreux (N_2O) ; oxyde nitrique (NO) ou azote inorganique (N_2). L'azote est généralement assimilé par les racines sous forme NO_3^- et NH_4^+ (Hageman, 1984 in Sebihi F/Z., 2008 et Halbleib et Ludden, 2000 in Domergue O., 2017). Bien que l'azote représente environ 80 % d'azote atmosphérique, celui-ci n'est pas directement utilisable par les végétaux et les animaux. L'incorporation de diazote dans une molécule organique s'effectue par un processus biologique (fixation biologique d'azote) ; physique (éclaircs, combustion, volcanisme) ; synthèse industrielle (production d'engrais chimiques). La fixation biologique d'azote représente environ les deux tiers d'azote globalement fixé, tandis que le tiers restant est synthétisé par le procédé industriel (Halbleib et Ludden, 2000 in Domergue O., 2017 et Elferiha S., 2010).

L'azote, sous forme NO_3^- , très soluble dans l'eau, est le plus lessivé des sols et source de pollution des nappes phréatiques (Domergue O., 2017 et Saoudi M., 2008).

2. La fixation symbiotique de l'azote atmosphérique

La fixation symbiotique d'azote est l'un des processus biologiques les plus importants qui influencent la production des plantes et la fertilité des sols (De Lajudie et al. 1998 ; Serraj et al. 2004 ; Al Sherif et al. 2004 ; Rejili et al. 2007 ; Franche et al. 2009 in Baba Arbi S., 2016). Ceci est dû aux grandes quantités d'azote atmosphérique apportées au sol par ce processus et dont la fixation symbiotique par les rhizobias qui vivent dans les nodules racinaires des plantes légumineuses constitue le mécanisme le plus important (Abdel-Ghaffar 1989 ; Franche et al. 2009 in Baba Arbi S., 2016). La symbiose intracellulaire qui s'établit entre les diverses bactéries du sol ou rhizobias, et les plantes de la famille des légumineuses aboutit à la formation de structures appelées nodosités sur les racines des plantes et parfois sur les tiges dans le cas de légumineuses aquatiques (Baba Arbi S., 2016 et Lazali M., 2009).

Dans les cellules de ces nodosités, les bactéries se différencient en bactéroïdes, capables de réduire l'azote atmosphérique N₂ en une forme assimilable par la plante-hôte. En contrepartie, la plante fournit aux bactéries une niche dans laquelle elles peuvent se multiplier abondamment grâce aux composés carbonés issus de la photosynthèse. Cette interaction constitue donc une « symbiose », puisque les deux partenaires vivent en contact étroit, il s'agit d'une association à bénéfice réciproque. Grâce à cette symbiose, les légumineuses sont capables de pousser dans des sols pauvres en azote minéral ou organique (**Gough 2009 in Baba Arbi S., 2016 ; Faghire M., 2012 ; Nouar S., 2007 et Cazenave A/B., 2014**).

3. Rhizobia

Le terme rhizobia est donné pour toutes les bactéries du sol capables de fixer l'azote atmosphérique et former des nodules sur les racines des plantes légumineuses, l'azote atmosphérique est fixé ou réduit en ammoniacque pour être assimilable par les plantes (**El-Fiki 2005 ; Willems 2006 ; Asadi Rahmani et al. 2009 in Baba Arbi S., 2016**).

Le premier critère pour l'existence du genre *Rhizobium* est leur capacité d'envahir les racines des plantes légumineuses et de stimuler la production des nodules. Le prestige de ces bactéries dans l'agriculture est expliqué par leur aptitude d'entrer dans un rapport symbiotique avec la plante hôte appropriée pour la fixation de l'azote atmosphérique (**Torche, 2006 in Iskounen T., 2012 et Benselama A., 2015 ; Faghire M., 2012 et Latati M., 2012**).

4. Caractères généraux des rhizobia

Les rhizobia sont des bactéries à Gram négatif non sporulant, aérobies de 1,2 à 3 µm de longueur et de 0,5 à 0,9 de largeur, chimio organotrophes, neutrophiles (pH entre 6 et 7) et mésophiles (température optimale de croissance est entre 25 et 30°C), mobiles par un flagelle polaire ou subpolaire ou bien par deux à six flagelles péritriches (**Sadowsky et al. 1983 ; Somasegaran et Hoben 1985 in Baba Arbi S., 2016**).

Le principal caractère distinctif des rhizobia est l'infectivité ou la capacité d'établir une relation symbiotique avec une ou plusieurs espèces des plantes légumineuses et qui s'exprime par la formation des nodules (**Prin et al. 1993 in Baba Arbi S., 2016**). Le caractère d'effectivité ou d'efficacité est défini par la capacité de ces rhizobia à réduire l'azote atmosphérique en une forme assimilable par la plante, à l'intérieur des nodules, qui se traduit par la couleur rouge ou rose de ces dernières (présence de l'enzyme de fixation d'azote) (**Sadowsky et al. 1983 ; Somasegaran et Hoben 1985 ; Prin et al. 1993 in Baba Arbi S., 2016 ; Elferiha S., 2010 et Mbengue M., 2010**).

5. Symbiose légumineuse-rhizobium

En 1838, l'agronome français J.B. Boussingault montra que les légumineuses peuvent assimiler l'azote de l'air. En 1887, Hellriegel et Wilfarth ont montré que la fixation de l'azote est associée avec la nodulation des racines des légumineuses. Cette fixation est liée à la présence de nodosités ou nodules sur leurs racines, qui n'apparaissent qu'après infestation par des bactéries isolées par le Hollandais Beijerinck en 1888, les Rhizobiums (**Heller *et al.*, 1989 in Grama B/S., 2008 ; Lazali M., 2009 ; Baudin M., 2014 et Mbengue M., 2010**).

6. Spécificité de la symbiose

La spécificité d'hôte est l'une des caractéristiques majeures de la symbiose rhizobium légumineuse. Chaque espèce bactérienne possède un spectre d'hôte bien défini dont l'amplitude est très variable (**Broughton *et al.*, 2003 in Domergue O., 2017**). Certaines souches bactériennes ont un spectre d'hôte très large, comme la souche d'Ensifer sp. NGR 234 isolée de Lablab purpureus, capable de s'associer à près de 120 genres de légumineuses et au genre Parasponia, ou celles du haricot qui s'associent à diverses légumineuses tropicales. Inversement, le spectre d'hôte est étroit chez Sinorhizobium meliloti qui ne s'associe qu'aux espèces végétales des genres Medicago, Melilotus et Trigonella ainsi que chez Mesorhizobium huakuii. Certaines légumineuses dites à large spectre d'hôte acceptent plusieurs espèces de rhizobia, comme Vigna unguiculata, Phaseolus vulgaris, Glycine, Macroptilium atropurpureum (Siratro), Acacia et Sesbania. D'autres espèces comme Galega orientalis et Galega officinalis, ne forment des nodosités qu'avec l'espèce Rhizobium galegae (**Doyle and Luckow, 2003 in Domergue O., 2017 ; Dreyfus *et col*, 1988 in Sebihi F/Z., 2008 ; Dekak A., 2010 et William, 2003 in Kadi F. & Khelil H., 2015**).

D'autres symbiotes bactériens présentent un spectre d'hôte modérément spécifique, comme Sinorhizobium meliloti qui s'associe avec les espèces des genres Medicago, Melilotus et Trigonella (**De lajudie *et col* 1994 in Sebihi F/Z., 2008 et Alkama N., 2010**).

7. Nodulation

La nodulation est considérée comme la première caractéristique de l'association symbiotique qui est strictement contrôlée par des mécanismes d'autorégulation interne de la plante hôte (**Anna, 2008; Lohar *et al.*, 2009 in Kadi F. & Khelil H., 2015**). Sous l'action des bactéries, le poil absorbant se déforme selon une allure bien particulière (photo N°02 et figure N° 04). Arrivées au niveau des vaisseaux conducteurs les bactéries provoquent le développement d'une tumeur qui formera la nodosité. (**Hynes et O'Connell, 1990 in Sebihi F/Z., 2008 ; Lazali M., 2009 ; Chafi M/H, 2011 et Cazenave A/B., 2014**).

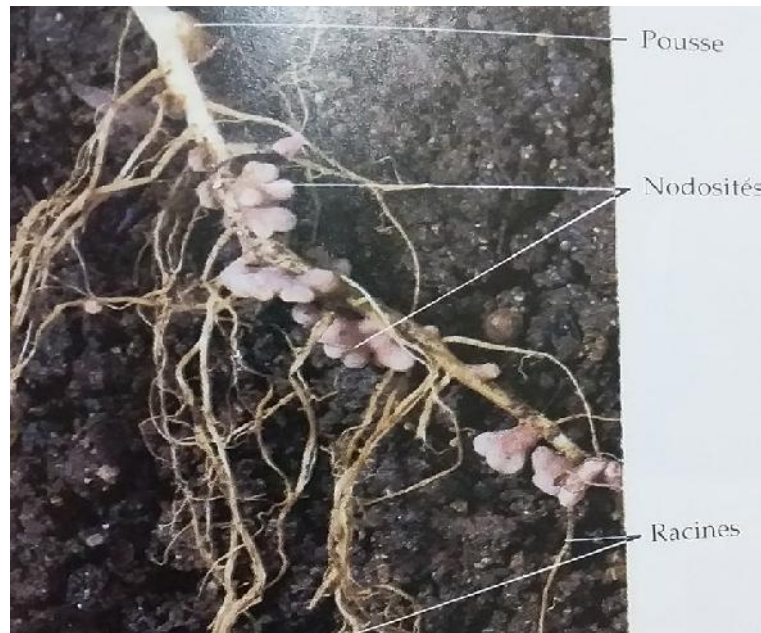


Photo N°02 : Nodosités sur un système racinaire d'une légumineuse (Richard M.,1995)

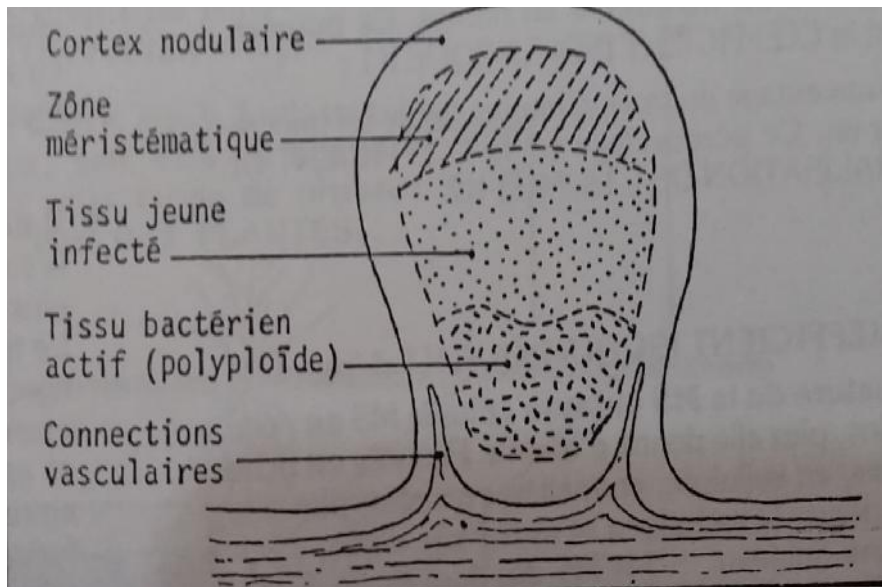


Figure N°04 : Schéma de la structure d'une nodosité (Soltner D., 1986).

7.1. Dialogue moléculaire rhizobia-légumineuse

La symbiose rhizobium-légumineuse est le résultat de l'interaction complexe entre la bactérie et son hôte. Ces interactions débutent par une reconnaissance mutuelle faisant intervenir un dialogue moléculaire entre les deux partenaires. Les flavonoïdes libérés par les racines de la plante constituent le premier signal moléculaire; ils sont reconnus spécifiquement par des protéines régulatrices bactériennes, les protéines NodD (Lerouge et al., 1990 ; Dénarié et al., 1996 in Kadi F.& Khelil H., 2015), qui sont ensuite reconnus par des récepteurs spécifiques de la plante (Kouchi et al., 2010 in Kadi F. & Khelil H., 2015).

Ces facteurs Nod sont responsables de la courbure des poils absorbants racinaires, ils constituent le second signal moléculaire nécessaire à l'initiation nodulaire. Par la suite, l'activation de nombreux gènes permet la mise en place et le contrôle de l'infection et de la différenciation du nodule (Dénarié *et al.*, 1996 ; Perret *et al.*, 2000 in Kadi F.& Khelil H., 2015 ;Alkama N., 2010;Dekak A.,2010;Baudin M.,2014 et Cazenave A/B. , 2014).

7.2. Processus de nodulation

L'établissement de l'association symbiotique, la formation des nodules et la fixation de l'azote sont la conséquence d'une série d'interactions contrôlées par signaux moléculaires entre la plante et son hôte bactérien (Gramma B/S., 2008 et Baudin M., 2014).

Présents à l'état saprophytique dans la rhizosphère, les rhizobia répondent à un chimiotactisme positif induit par les exsudats racinaires de la légumineuse. Ils sont ainsi attirés par des acides organiques, des enzymes, des ions inorganiques mais également des acides aminés, des sucres, des acides dicarboxyliques de la rhizosphère, mais également par des composés plus spécifiques tels certains flavonoïdes présents en faible concentration dans les exsudats racinaires des légumineuses. Ces exsudats ont un effet direct ou indirect sur l'acquisition des éléments minéraux nutritifs nécessaires à la croissance des plantes et des microorganismes (Dakora and Phillips, 2002 in Domergue O., 2017et Alkama N., 2010).

7.2.1. Pré-échange de signal d'infection

Le processus de nodulation commence par un échange de signaux entre la plante hôte et la bactérie. En condition de carence en ions ammonium (NH_4^+), les plantes produisent des flavonoïdes (molécules signales) au niveau de leurs racines (Patriarca *et al.*, 2004 in Gramma B/S., 2008). Ce signal, une fois perçu par le rhizobium, induit l'expression de gènes *nod* codant pour les enzymes de synthèse de facteurs Nod (lipochitinoooligosaccharides ou LCO) (Dénarié, 2000 in Gramma B/S., 2008).Ceux-ci sont des signaux de nodulation ciblant le programme organogénétique de la plante (Patriarca *et al.*, 2004in Gramma B/S., 2008). Les rhizobiums différents dans la structure de leurs facteurs de nodulation constituent un premier niveau de contrôle de la spécificité d'hôte (Moschetii *et al* , 2005 inGramma B/S., 2008).

7.2.2. Infection

Les bactéries s'attachent aux racines par l'intermédiaire d'une molécule d'adhésion spécifique localisée à la surface des cellules, la rhicadhésine. Des lectines sont également impliquées dans l'adhésion mais elles participent à un degré moindre que la rhicadhésine (Perry *et al.*, 2004 in Gramma B/S., 2008 ; Bouchiba Z., 2018 et Lazali M. ,2009).

Les bactéries migrent vers l'extrémité des poils absorbants, s'y fixent et libèrent à leur tour des hormones (acides gibbérellique et indole-acétique) qui assouplissent la paroi cellulaire (**Dupuy et Nougier, 2005 in Grama B/S., 2008**). Le rhizobium s'apprête alors à entrer dans la plante. Le facteur de nodulation induira une dépolarisation de la membrane, une fuite d'électrolytes et une oscillation de la concentration du calcium (**Bélangier, 1998 in Grama B/S., 2008**). Cette interaction induit une déformation du poil absorbant à 360° appelée «crosse de berger ». Seuls les jeunes poils absorbants peuvent être courbés pour entourer les cellules bactériennes (**Machrafi, 2001 in Grama B/S., 2008**). En réponse le poil absorbant secrète une enzyme, la polygalacturonase, qui fragilise la paroi ; la pénétration des bactéries est ainsi facilitée (**Dupuy et Nougier, 2005 in Grama B/S., 2008**). Cette pénétration se fait par un mécanisme d'invagination (**Perry et al., 2004 in Grama B/S., 2008**). Les cellules bactériennes entrent par un poil absorbant, perdent leur membrane externe et changent de forme, tout en produisant une cytokinine (sorte d'hormone de croissance) (**Pelmont, 2005 in Grama B/S., 2008 ; Elferiha S., 2010 ; Dekak A., 2010 et Mbengue M., 2010**).

7.2.3. Développement du nodule et maturation des bactéroïdes

Dans le poil absorbant, des vésicules golgiennes convergent vers le point de contact, forment un cordon amorphe contenant des mucilages limités par des fibrilles cellulosiques d'origine végétale ; c'est le filament d'infection (**Dupuy et Nougier, 2005 in Grama B/S., 2008**). Ce cordon relie les cellules épidermiques aux cellules corticales. De là, l'organogenèse se poursuivra jusqu'à l'obtention d'un nodule (**Bélangier, 1998 in Grama B/S., 2008**). Arrivé dans la zone corticale, le cordon se ramifie et envahit la presque totalité de la racine. La zone corticale réagit par l'augmentation de taille mais aussi par la multiplication cellulaire activée par la libération de cytokinines bactériennes ; un méristème se forme ou différencie une excroissance appelée nodule (**Dupuy et Nougier, 2005 in Grama B/S., 2008**). Le temps de pénétration est de 5 heures chez le soja (pour un trajet de 70 ou 80 μm), de 17 heures chez le lupin, de 2 jours chez le pois (**Heller et al., 1989 in Grama B/S., 2008**). La communication entre les bactéries (Quorum sensing) semble aussi jouer un rôle dans le développement des nodules (**Loh et al., 2002 in Grama B/S., 2008**). La dernière étape de la formation du nodule consiste en un relâchement des rhizobiums à partir des cordons d'infection à l'intérieur des cellules corticales suivi de la division et la différenciation des rhizobiums en cellules fixatrices d'azote reconnues sous le nom de bactéroïdes (**Machrafi, 2001 in Grama B/S., 2008 ; Saoudi M., 2008 ; Cazenave A/B., 2014 et Bekkara-Atik F., 1999**).

La majorité de la population bactérienne se transforme en bactéroïdes de forme branchée, sphérique ou en massue. Une membrane pér bactéroidienne enveloppe ces bactéroides (Perry *et al.*, 2004 in Grama B/S., 2008).

Elle protège la plante contre l'ammoniac produit et une pathogénicité potentielle de la bactérie, tout en maintenant un gradient d'azote, d'oxygène et de nutriments nécessaires à la fixation de l'azote (Bélangier, 1998 in Grama B/S., 2008). Les bactéroides ne sont pas éparés dans le cytoplasme, mais enfermés dans des vésicules au nombre de 6 à 8 bactéroides par vésicule chez le soja et le haricot, un seul chez le trèfle (Heller *et al.*, 1989 in Grama B/S., 2008). Quelques rares cellules bactériennes quiescentes, de forme bacillaire, sont présentes dans le nodule ; ce sont les cellules qui survivront et se multiplieront dans le sol après la mort de la plante. Elles pourront alors infecter les racines des plantes situées dans le voisinage ou de celles qui se développent ultérieurement sur le même site (Perry *et al.*, 2004 in Grama B/S., 2008). Le centre du nodule est entouré de faisceaux conducteurs dans lesquels le xylème est externe, le phloème est interne alors que cette disposition est inversée dans de la structure normale de la racine (Dupuy et Nougier, 2005 in Grama B/S., 2008). Les nodosités utilisent la majeure partie de l'ammonium produit par fixation symbiotique de l'azote pour synthétiser des acides aminés, qui passe ensuite dans le xylème pour se rendre dans le système caulinaire (Campbellet Reece, 2004 in Grama B/S., 2008)(Figure N°05).

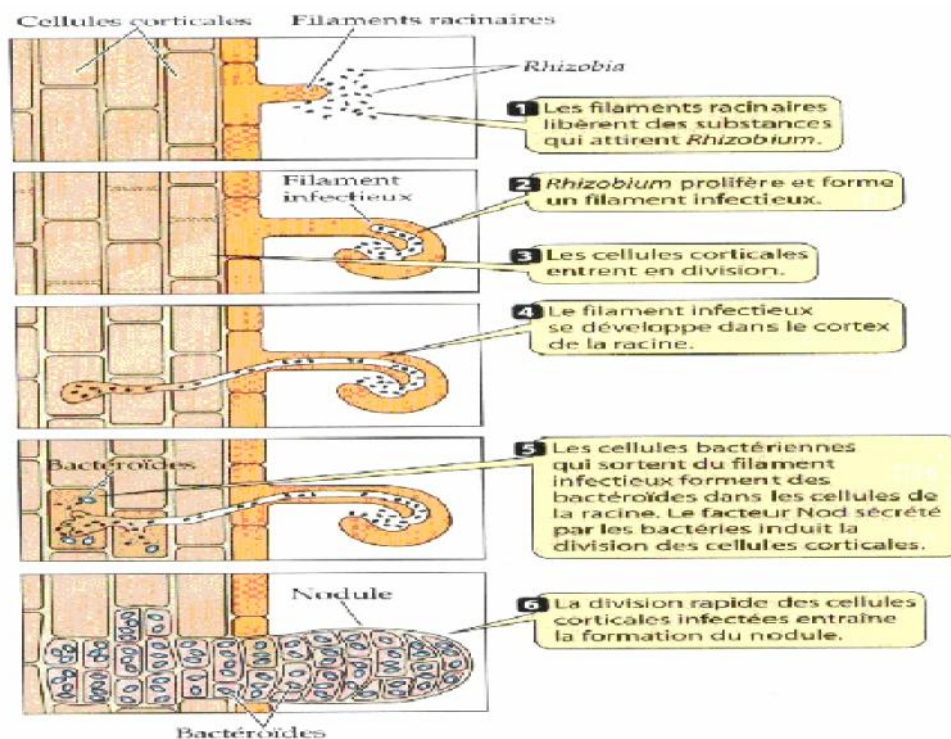


Figure N°05 : Développement des nodules sur les racines dans un cas de symbiose entre *Rhizobium* et une plante (Perry *et al.*, 2004 in Grama B/S., 2008).

C'est au centre de la nodosité que les bactéroïdes vont fixer le diazote. Pour cela, ils synthétisent en collaboration avec la plante, une protéine, la leghémoglobine, dont le rôle est de fixer l'oxygène pour protéger la nitrogénase (les bactéroïdes produisent l'hème tandis que la plante produit la globine). Cette protéine peut représenter plus de 40 % des protéines d'une nodosité. Ce pigment présente la particularité de ne pas fixer entièrement l'oxygène ce qui permet aux bactéries de continuer la respiration sans gêner la fixation d'azote (**Sebihi F/Z., 2008 et Elferiha S., 2010**).

8. Conditions influant l'activité symbiotique et la fixation de l'azote

Différents facteurs peuvent influencer l'activité symbiotique et la fixation d'azote :

8.1. Facteurs abiotiques

La sensibilité de rhizobia aux stress abiotiques varie considérablement d'une espèce à une autre (**Hungria et Vargas, 2000 ; Vriezen et al., 2007 in Hajjam Y., 2017**).

- L'éthylène inhibe la nodulation dans beaucoup de légumineuses (**Sugawara et al., 2006 in Grama Borhane Samir, 2008**).
- Une déficience d'eau induit une diminution significative dans le nombre et le rendement des nodules (**Mnasri et al., 2007 in Grama B/S., 2008 et Zahran ,2001 in Grama B/S., 2008**). La diminution de l'humidité du sol réduit la formation des cordons d'infection inhibant ainsi le processus de nodulation. L'aridité peut inhiber aussi la fixation d'azote quand la nitrogénase étant très sensible aux variations, même faibles, du potentiel osmotique du sol (**Zahran 1999 ; Cacciari et al. 2003 in Baba Arbi S., 2016**).
- Il est généralement admis que la salinité inhibe la fixation symbiotique de l'azote, au moins en partie, en limitant le fonctionnement des nodosités par une baisse de leur conductance à la diffusion de l'oxygène. (**Saadallah et al., 2001 in Grama B/S., 2008**).

Le stress salin affecte non seulement les bactéries mais aussi les légumineuses de différentes façons : il induit un stress ionique dû à la concentration élevée des ions ainsi qu'un stress osmotique à travers le changement dans la concentration des solutés autour des cellules, générant ainsi un déficit d'eau et une dessiccation extrême. Il a été rapporté que les bactéries ayant une croissance rapide s'avèrent plus tolérantes à la salinité, que celles ayant une croissance lente (**Zharan 1999 in Hajjam Y., 2017**).

- La fixation d'azote est affectée également par les hautes températures (**Beaker et al., 2004 in Grama B/S., 2008**). L'optimum de fonctionnement de la fixation symbiotique se situe entre 15 et 25°C pour les légumineuses tempérées.

Chez les légumineuses tropicales, ce seuil de température maximal varie de 25 à 40°C, selon les espèces (Sprent, 2009 in Domergue O., 2017 et Zahran 2001; Priefer et al. 2001 in Baba Arbi S., 2016). Les températures élevées du sol dans les régions tropicales et semi-arides peuvent avoir un grand impact sur les rhizobia tout en minimisant la charge et la survie de ces bactéries (Hungria et Vargas, 2000 ; Rahmani et al., 2009 Hajjam Y., 2017).

- Les facteurs du sol (édaphiques) jouent aussi un rôle important ; il existe un rapport négatif entre l'azote minéral contenu dans le sol et le taux de fixation. La richesse du sol en azote devient alors un facteur inhibiteur de la fixation biologique ; la synthèse de la nitrogénase est inhibée par la présence d'ions ammoniums ou nitrates, à un certain degré, dans le sol (Pietsch et al., 2007 in Grama Borhane B/S., 2008).
- Le manque du phosphore limite sévèrement la formation des nodules et la fixation de l'azote (Somasegaran et Hoben, 1994 in Grama B/S., 2008 et Tang et al., 2001 in Domergue O., 2017). Les nodules renferment généralement deux à trois fois plus de P par unité de matière sèche que les racines. Une fertilisation en P améliore significativement les rendements et la qualité des grains chez *Vicia faba major* (Bolland et al., 1999; Lewis and Hawthorne, 1996 in Domergue O., 2017). Une déficience phosphatée chez la luzerne, perturbe le fonctionnement nodulaire (Tang et al., 2001 in Domergue O., 2017). Un déficit en P se traduit par une couleur vert foncé des feuilles, une diminution du nombre et de leur surface (Domergue O., 2017).
- L'acidité du sol ($\text{pH} < 5$) affecte tous les aspects de la symbiose, depuis la survie des souches dans le sol jusqu'aux processus d'infection, de nodulation et de fixation d'azote. L'acidité perturbe l'adhésion bactérienne à la surface des poils racinaires, lors de la phase d'infection. Une croissance et survie sont rapportées à des pH extrêmes, compris entre 1 et 2 (Richardson et al., 2009 in Domergue O., 2017). L'alcalinité des sols inhibe significativement la nodulation et la fixation d'azote chez *Vicia faba* inoculée avec *R. leguminosarum* bv. *viciae*. (Abd-Alla et al., 2014 in Domergue O., 2017). De même, l'acidité peut également affecter la taille et la morphologie des rhizobia et leur teneur en potassium (Watkin et al., 2003 in Hajjam Youmna, 2017).

8.2. Facteurs biotiques

- Lors de la symbiose rhizobium-légumineuse, les flavonoïdes émis par la plante induisent l'expression de gènes *nod* et la synthèse de facteurs Nod bactériens, ciblant le programme organogénétique de la plante (Patriarca et al., 2004 in Domergue O., 2017).

Les rhizobia, qui se différencient par la structure de leurs facteurs Nod, constituent l'une des premières étapes de contrôle de la spécificité d'hôte. L'optimisation de la symbiose rhizobium-légumineuse exige donc la présence de souches bactériennes rhizosphériques compatibles, compétitives et infectives.

- Le génotype bactérien et végétal influe donc sur le niveau d'efficacité de la fixation symbiotique (**Laguerre et al., 2003; Saidi et al., 2014; Tian et al., 2010 in Domergue O., 2017**). Des conditions environnementales défavorables (température élevée, pH faible), peuvent limiter la durée de survie des bactéries introduites dans le sol. L'un des défis pour l'agriculture est de sélectionner :
(i) des génotypes végétaux adaptés aux populations rhizobiennes natives locales et/ou (ii) des souches efficaces, adaptées aux conditions du milieu, possédant une capacité concurrentielle vis-à-vis de souches locales, moins efficaces. Certaines bactéries, vivant à l'état libre dans le sol, peuvent promouvoir la fixation symbiotique, en améliorant la nutrition de la plante, en éléments minéraux (**Glick, 2012 in Domergue O., 2017**). Les bactéries *Azospirillum* stimulent la croissance des racines et permettent donc une meilleure prospection du sol. (**Li et al., 2016 in Domergue O., 2017**).
- La symbiose fixatrice d'azote peut également être limitée par des agents pathogènes ou des ravageurs comme les larves de sitones qui s'attaquent aux nodosités ou le pathogène *Aphanomyces utreiches* qui provoque une pourriture racinaire chez des espèces comme le pois, la lentille et des vesces. C'est ainsi que dans certains systèmes culturaux, le pois est remplacé par la féverole moins sensible à ce pathogène. Les légumineuses à graines sont également peu compétitives vis à vis d'adventices, qui limitent la croissance et influent donc indirectement sur la fixation symbiotique de l'azote (**Renoud, 2016 in Domergue O., 2017**). La diversification des systèmes de culture avec l'introduction d'associations céréales légumineuses est l'une des alternatives favorables à la lutte biologique et à l'amélioration nutritionnelle de la plante (**Hinsinger et al., 2011; Malézieux et al., 2009 in Domergue O., 2017**).

9. Moyens d'élimination ou de réduction des contraintes du milieu

Au tableau N° 04 on a fait figurer l'ensemble des différentes approches susceptibles d'éliminer ou réduire les contraintes environnementales. Ces approches diffèrent par leurs potentialités, certaines ayant un potentiel élevé, par exemple l'apport d'amendements et la fertilisation, la sélection de la plante hôte pour sa tolérance à la salinité ou l'inoculation avec rhizobia (**Mouafek A., 2010 et Saadallah K. et al., 2001**).

D'un autre côté, il est clair que d'assez nombreuses approches peuvent être appliquées immédiatement (par ex. fertilisation ou inoculation), alors que d'autres ne pourront être appliquées que dans un avenir plus lointain lorsque les recherches correspondantes auront abouti (par exemple l'obtention, par génie génétique, de plantes hôtes fixant N₂ en présence d'azote minéral ou tolérant la salinité ou la construction de nouvelles souches bactériennes très effectives) (**Mafongoya et al., 2004 in Mouafek A., 2010**).

L'agronome peut accroître significativement la fixation de N₂ en réduisant l'impact d'un certain nombre de facteurs limitant majeurs. Il dispose à cet effet de toute une panoplie de techniques dont l'irrigation, la fertilisation, l'application d'amendements, et la mise en place des systèmes culturaux appropriés (**Amarger, 2001 in Mouafek A., 2010**).

Lorsqu'on ne peut pas modifier le milieu, il est toujours possible de choisir les espèces ou les provenances des légumineuses le mieux adaptées aux conditions édaphiques et climatiques propres à ce milieu (les sélections de la plante hôte). Les critères les plus importants sont la tolérance à la sécheresse, à la salinité, à l'acidité, à l'alcalinité et à l'excès d'azote disponible, l'adaptation aux faibles teneurs du sol en nutriment, le caractère de promiscuité et la résistance aux ennemis et maladies (**Dommergues et al., 1999 in Mouafek A., 2010**).

Tableau N°04 : Approche pour éliminer ou réduire les contraintes environnementales limitant la fixation de N₂.

Contrainte	Action sur le milieu physique et chimique	Sélection de la plante- hôte	Action sur La microflore
Sécheresse	Irrigation	Tolérance à la sécheresse	Mycorhization
Acidité et toxicité	Amendements et chaulage	Tolérance à l'acidité	
Carences en nutriments	Amendements et fertilisation	Tolérance à la pauvreté chimique	Mycorhization
Salinité		Tolérance à la Salinité	
Excès d'azote disponible (minéral)	Cultures associées Rotations Jachères	Tolérance à l'excès d'azote disponible	
Inadéquation de la microflore		Promiscuité ou spécificité	Inoculation avec rhizobia Mycorhization
Ennemis et maladies		Résistance	Stérilisation Lutte biologique

(Dommergues et *al.*, 1999 in Mouafek A., 2010)

1. PRÉSENTATION DE LA WILAYA

1. 1. Situation géographique de la wilaya de Khenchela

La Wilaya de Khenchela se situe à 500 Km au Sud-est de la capitale Alger. Elle appartient à la zone naturelle des hauts plateaux Est, et se localise dans l'extrême sud de celle-ci. Elle s'étend sur une superficie de 9 811 km², dont une importante partie est utilisée par l'agriculture (Merabet Lamine, 2011). Située à l'Est du pays, au contrefort des monts des Aurès, dans l'aire géographique comprise entre 6° 32' et 7° 34' de longitude Est et entre 35° 7' et 35° 38' de longitude Nord, la wilaya de Khenchla est limitée:

- au Nord, par la wilaya d'Oum El Bouaghi ;
- au Nord-ouest par la wilaya de Batna ;
- au Sud-ouest, par la wilaya de Biskra ;
- au Sud, par la wilaya d'El Oued ;
- à l'Est, par la wilaya de Tébessa. (Khabtane Abdelhamid, 2015).

1.2. Relief de la wilaya de Khenchela

Le relief de la wilaya de Khenchela, est composé de quatre grands ensembles géographiques.

1.2.1. Les montagnes

On les rencontre essentiellement dans les zones de la zone Ouest de la wilaya (les Aurès) ; dans la zone centrale (les monts des Nememchas et au Nord-Est (Ain Touila) (ANDI, 2015).

1.2.2. Les plateaux

Ils sont situés au Nord /Est (plateau de Ouled Rechache) et s'étendent sur les communes de Mahmel et de OuledRechache (ANDI, 2015).

1.2.3. Les plaines

Elles sont situées au Nord et Nord /Ouest de la wilaya, elles comprennent Remila, Bouhmama et M'toussa. Il est à noter que ces deux derniers ensembles sont parfois appelés les hautes plaines (ANDI, 2015).

1.2.4. Les parcours steppiques et les dépressions

La zone steppique, qui couvre 56% des zones naturelles de la wilaya de Khenchela, se situe dans le centre et le sud de la wilaya.

Ils sont situés dans la partie méridionale de la wilaya. Ils se caractérisent par des terres sablonneuses et par la présence de chotts. Ces derniers constituent ainsi le point de convergence exutoire des oueds drainant le Sud de la wilaya (ANDI, 2015).

2. SOLS DE LA WILAYA DE KHENCHELA

Aperçu pédologique sur les principaux sols de la région Compte tenu de la diversité des caractéristiques morphologiques, lithologiques, et climatiques du territoire de la wilaya, il en résulte un large éventail de sols, dont la formation est conditionnée par la couverture végétale. Les principaux sols rencontrés au niveau de la wilaya:

2.1. Les sols calcaires humifères

Ils sont rencontrés sur les monts et les piémonts de l'Aurès, à une altitude comprise entre 1000 et 1500 mètres (**Khabtane A/H. , 2015**).

2.2. Les sols insaturés humifères

Ces sols sont rencontrés sur les reliefs les plus élevés (plus de 1500 mètres d'altitude) de l'Aurès. Ils sont occupés par des forêts (**Khabtane A/H. , 2015**).

2.3. Les sols calciques

Ces sols sont rencontrés sur les bas piémonts, et sur les hautes plaines longeant la route qui mène de Khenchela à Faïs en passant par Kaïs et Remila. Ils s'étendent à l'Est jusqu'à Ain Touila et au Sud jusqu'à Babar en partant de Khenchela (**Khabtane A/H. , 2015**).

2.4. Les sols éoliens d'ablation

Ces sols sont rencontrés au Sud de la wilaya, sur les piémonts des monts Nememchas, dont l'altitude est située entre 200 et 500 mètres.

2.5. Les sols éoliens d'accumulation

Ils sont localisés uniquement dans la zone sud de la wilaya, près du chott Melghir (Sols sablonneux) (**Khabtane A/H. , 2015**).

2.6. Les sols alluviaux basiques

Ces sols sont localisés sur des zones de changement de pente, c'est à dire les zones où la pente devient plus douce. On les rencontre principalement dans les plaines entourant les dépressions (dépression de Gâaret et Tarf, cuvette du bas Sahara, et la dépression de Tazougart), mais aussi au niveau des vallées encaissées de Babar, de Bouhmama et de la plaine de Guentis (**Khabtane A/H. , 2015**).

3. CLIMAT DE LA ZONE D'ÉTUDE

L'hétérogénéité du relief de la wilaya implique une extrême diversité des aspects climatiques. En général le climat est de type continental au Nord et presque saharien au Sud. Les Hivers, sont très rigoureux et les étés chauds et secs (ANDI, 2015).

3.1. Étude des paramètres climatiques

3.1.1 Précipitations

3.1.1.1. Répartition annuelle des précipitations

La station de Babar est implantée au niveau de barrage de Babar, à une altitude de 1100 m, pour période de 1974 à 2012, sous la direction de l'ANRH, où la moyenne annuelle est de 394mm par an.

La station d'El Meita est située au sud de la zone d'étude près de marabout de Sidi Nadji, à une altitude de 100 m, et une absence presque totale des reliefs, la moyenne annuelle pluviométrique pour la station d'El Meita est de 159 mm par an, pour une période de 1990 à 2012.

3.1.1.2. Répartition mensuelle des précipitations

Le tableau N°05 montre que, pour les 02 stations de référence, les précipitations sont irrégulières durant les mois de l'année. Elles varient d'une station à l'autre.

Tableau N° 05 : Précipitations moyennes mensuelles des stations étudiées

Station	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juie	Aou
Babar	53,56	41,74	58,43	24,63	25,96	23,18	41,1	33,38	26,8	30	21,26	13,73
El Meita	14,5	13,65	22,80	21,1	25,36	16,2	13,6	18,54	9,78	3	0,56	0,1

(Stations météorologiques Babar et El Meita in Bouzekri A/H., 2015).

Les figures 05 et 06 montrent les variations des précipitations mensuelles respectivement pour les stations de Babar, El Mita : station de Babar : le mois de Novembre est le mois le plus pluvieux avec une moyenne de 58,43 mm, et le mois d'Août est le mois le plus sec avec une moyenne de 13,73mm.

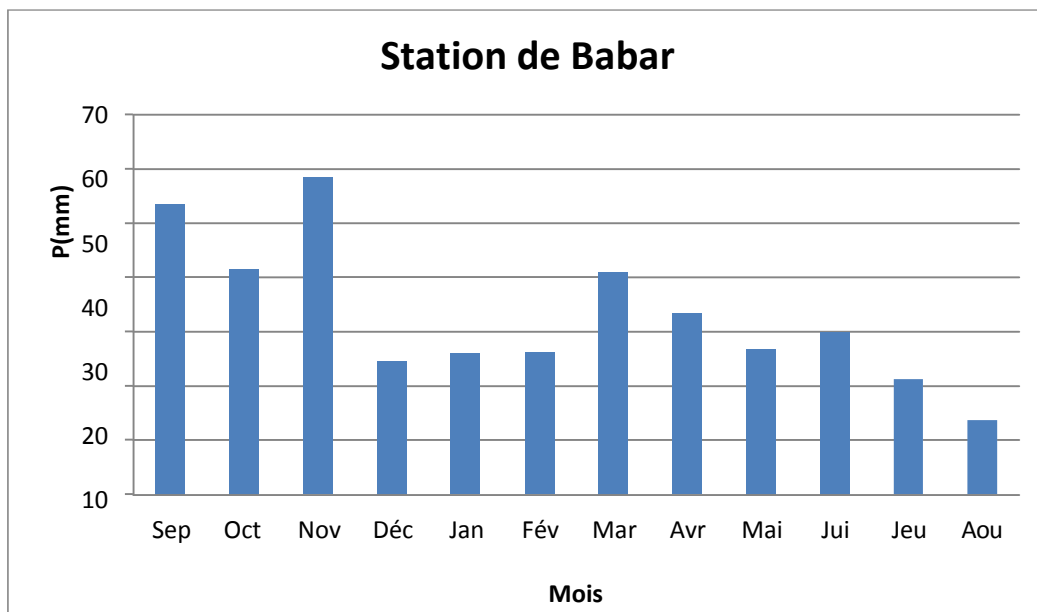


Figure N° 06: Variations mensuelles des précipitations à la station de Babar.

La station d'El Meita par sa position au Sud de La zone d'étude, la moyenne maximale ne dépasse pas 25,36 mm, elle s'observe au mois de Janvier, par contre la moyenne minimum caractérise le mois d'Août de 0.1mm.

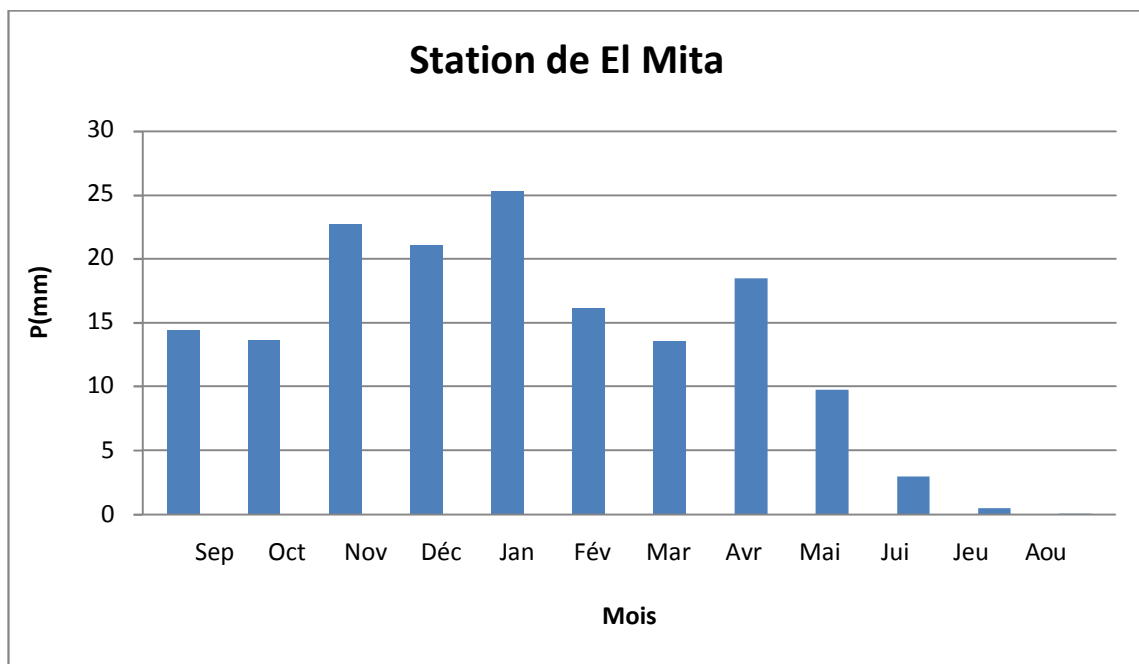


Figure N° 07 : Variations mensuelles des précipitations à la station d'El Meita.

3.2. Les températures

La température est un facteur qui varie dans le temps et dans l'espace. L'effet de cette variation est marqué au niveau des températures minimales et même maximales. Pour caractériser le paramètre de température, il faut déterminer plusieurs variables:

M: la moyenne mensuelle des maxima, m : la moyenne mensuelle des minima.

$M+m / 2$: la moyenne mensuelle.

Tableau N° 06: Températures moyennes mensuelles pour les stations étudiées.

		Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil.	Août
Babar	Max	27	24,2	16,4	11,3	11,3	9,4	14,6	19,2	25,4	32	36,5	34,12
	Min	15,5	14,7	6,9	2,7	4	1,2	5,8	9	13,1	17,8	21,9	21,7
	Moy	21,7	16,2	15,6	5,7	9,4	5,7	9,6	16,7	22,6	26,9	28,1	27,3
El Mita	Max	31,5	27	20,21	14,82	12,30	13,40	20,9	24,2	29,5	36,1	39,8	39,2
	Min	20,1	15,6	9,5	6,80	5,1	6,3	10,8	13,6	20,6	23,5	26,2	26,5
	Moy	25,8	21,3	14,85	10,81	8,7	9,85	15,85	18,9	25,05	29,8	33	32,85

(Stations météorologiques Babar et El Meita in Bouzekri A/H., 2015).

Pour la station de Babar: Les températures moyennes mensuelles lors de la période d'observation sont de 5,7 °C pour les mois de Janvier et Février et augmentent pour atteindre 27,3 °C en Août, dont l'écart entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid est de 21 °C.

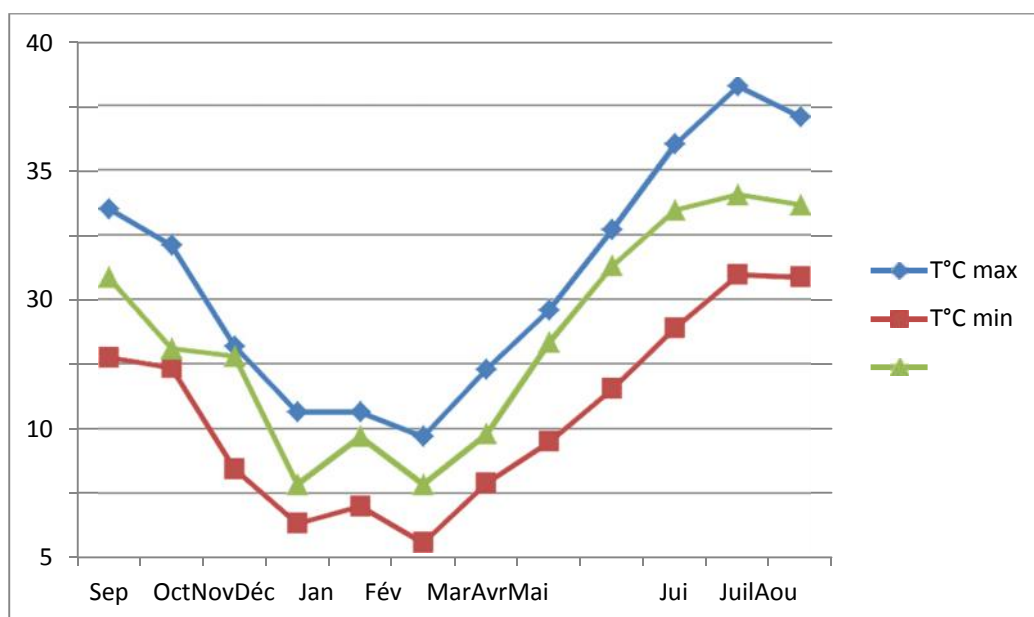


Figure N°08 : Variation des températures mensuelles de la station de Babar.

Pour la station d'El Mita:

Le mois le plus chaud est le mois d'Août avec une moyenne de 32,85 °C. Le mois le plus froid est le mois de janvier avec une moyenne de 8,7 °C.

L'amplitude annuelle thermique de cette station est de 24, 15 °C qui caractérise son climat continental. La température moyenne annuelle est de 20,66 °C.

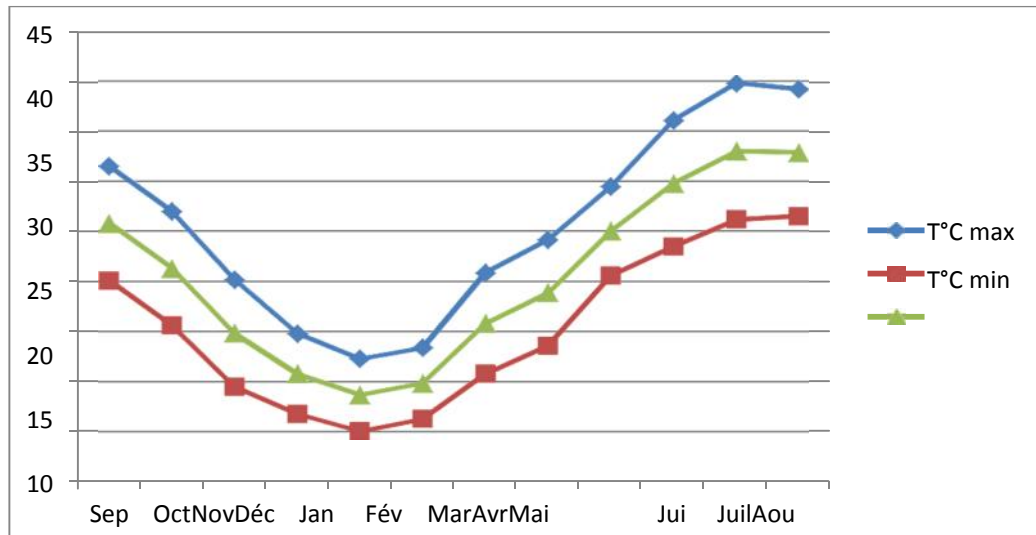


Figure N°09 : Variation des températures mensuelles de la station d'El Meita.

3.3. Synthèse climatique

3.3.1 Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN

La représentation sur un même graphique des précipitations moyennes mensuelles exprimées en mm, et des températures moyennes mensuelles exprimées en °C, avec en abscisse les mois permet d'obtenir le diagramme ombrothermique amélioré par **WALTER et LIETH**.

Le diagramme Ombrothermique de **GAUSSEN** peut calculer la période sèche en fonction des moyennes mensuelles des précipitations et des températures où les températures sont portées à l'échelle double des précipitations ($2T=P$). Cette représentation met en évidence les périodes sèches et les périodes pluvieuses, on souligne une période sèche, chaque fois que la courbe des précipitations passe au-dessous de la courbe des températures (**Bouzekri A/H., 2015**).

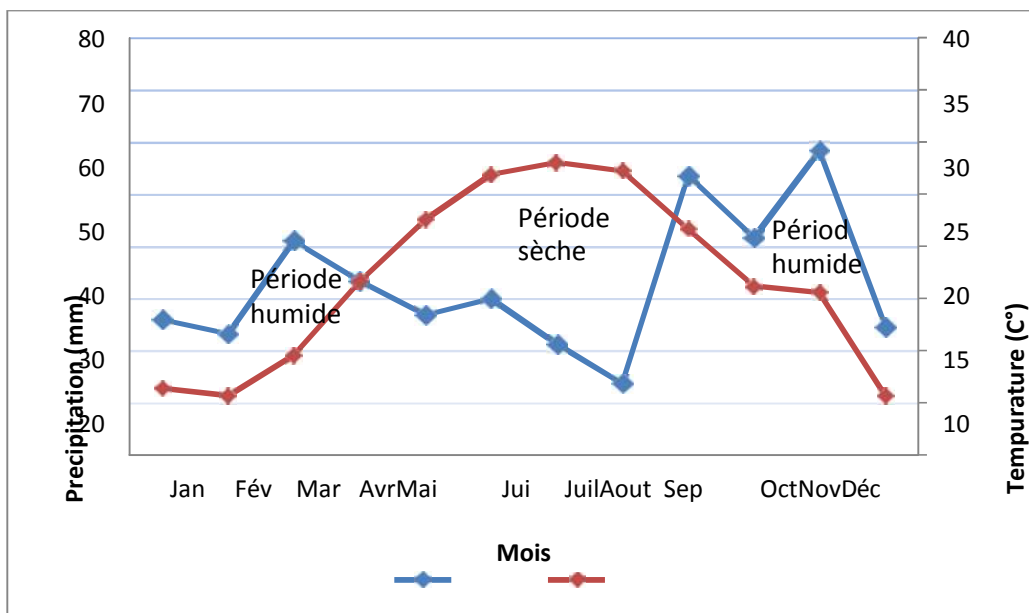


Figure N°10 : Diagramme Ombrothermique de la station de Babar.

La lecture de la courbe ombrothermique de Babar montre que la période sèche débute du mois d'avril jusqu' à mi- aout et la période humide couvre les mois de septembre jusqu'à mai.

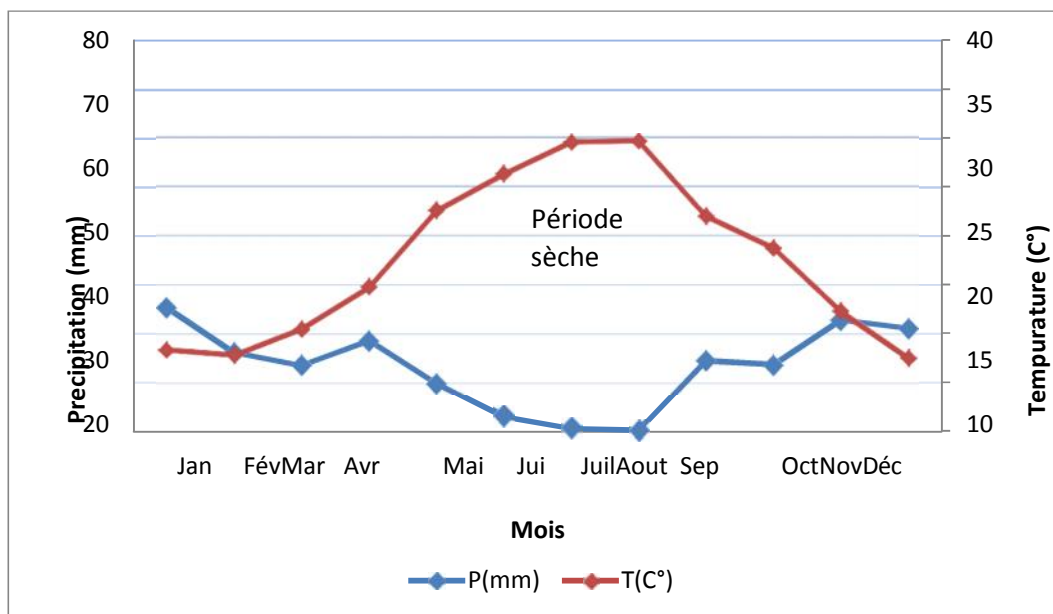


Figure N°11 :Diagramme Ombrothermique de la station d'El Meita.

Pour la station d'El Meita la période humide s'étale sur deux mois décembre et janvier et la période sèche s'étale sur le reste de l'année.

3.3.2. Climagramme d'EMBERGER

Le quotient pluviométrique d'EMBERGER c'est le plus connu et le plus utilisé en région méditerranéenne, ce quotient a été amélioré par STEWART en 1969 dans une formule plus adaptée en Algérie :

$$Q_2 = \frac{3,43 \times P}{T M - T m}$$

Q₂: Coefficient pluviométrique d'Emberger.

P : Précipitation moyenne annuelle en (mm).

T M : Température moyenne des maxima du mois le plus chaud.

T m : Température moyenne des minima du mois le plus froid.

Le climagramme d'EMBERGER permet de classer les stations méditerranéennes en cinq domaines: humide, subhumide, semi-aride, aride et désertique, avec des hivers : froid, frais, tempéré et chaud et considère qu'une région est d'autant plus sèche que le quotient est petit.

Le quotient pluviométrique des 02 stations a été calculé par la formule améliorée par STEWART, et les résultats obtenus sont reportés dans le tableau suivant :

Tableau N°07 : Valeurs du Quotient pluviométrique D'EMBERGER.

Station	T (min) (°C)	T (max) (°C)	P (mm)	Q ₂	Étagebioclimatique
Babar	1,2	36,5	393,78	38,26	Semi-aride
El Mita	5,1	39	153,19	15,49	Saharien

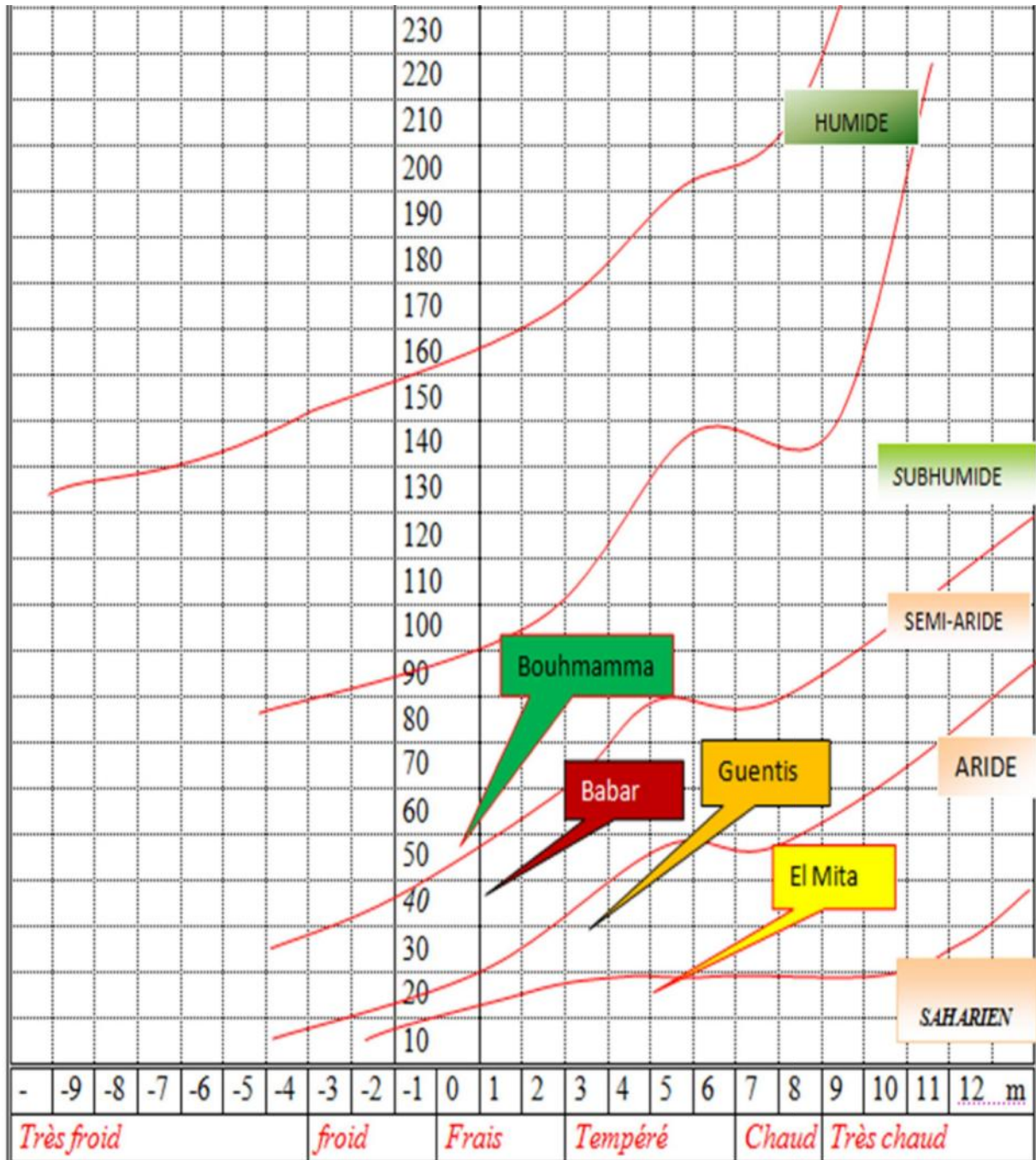


Figure N° 12 : Projection des 02 stations étudiées Babar et El Meita par rapport à d'autres stations de la wilaya de Khenchela sur le climagramme d'Emberger.

4. PRESENTATION DES SITES D'ETUDE

L'étude a été réalisée dans 02 sites :

- La station steppique et pastorale du HCDS (Haut-Commissariat au Développement de la Steppe) de Mahmel ;
- Une exploitation privée au niveau du Sud de kenchela proche de la région de El Meita. (Carte administrative figure N° . .)

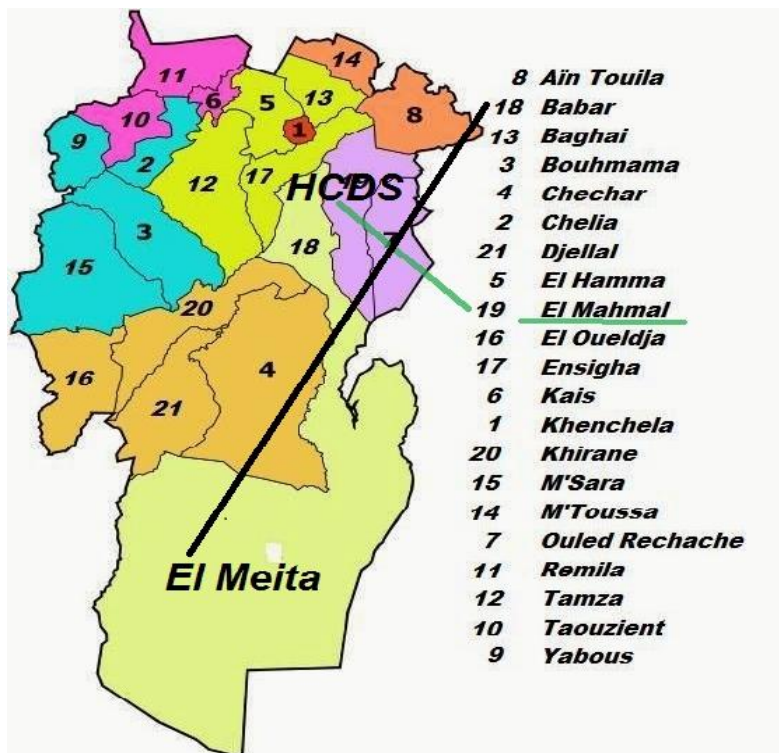


Figure N° 13 : Situation des sites d'études Station HCDS Mahmel et El Meita

4.1. Site N°01 : Station HCDS Mahmel

L'étude a été réalisée au niveau de la station steppique et pastorale du HCDS de Mahmel, qui a une superficie de 12.2 ha. Ses activités se résument en :

- Production de plants steppiques : Atriplex, Medicago, Accacia, olivier de Bohème,.....Tamarix ;
 - Verger de comportement : Pistachier, abricotier, pommier, cognassier, figuier, poirier et grenadier (dans les zones steppiques) ;
 - Essais démonstratifs de cultures fourragères : orge, triticales, avoine,....
 - Parcelles réservées au profit des instituts techniques pour l'expérimentation agricole ;
- Lieu d'organisation de journées scientifiques et Techniques pour le profit des instituts de la formation professionnelle et universitaire.

La station est située à 03 km à l'Est du chef-lieu de la commune de Mahmel sur la route nationale N°38 qui relie la wilaya de Khenchela à la wilaya de Tébessa. Sa situation est définie par les coordonnées géographiques suivantes: Altitude 1080 m; Laltitude 35°21'05.31 Nord et Longitude 007°14'42.7 Est.



Photo N° 03 : Vue de la station du HCDS Mahmel Wilaya de khenchela (Google Earth).

4.2. Site N°02 : Exploitation agricole privée à El Meita

C'est une exploitation agricole privée au Sud de Khenchela , qui active dans l'agriculture de céréaliculture blé dur et orge et cultures maraichères fève et compte se lancer dans la phoeniciculture sur 02 hectares.

4.3. Caractéristiques édaphiques des 02 sites de l'étude

Tableau N°08 : Caractéristiques édaphiques des 02 sites de l'étude

Site	Exploitation agricole privée El Meita(FERTIAL, 2018)	Station HCDS Mahmel(FERTIAL, 2017)
Texture	argile: 28 %, limon: 60 %,sable: 12 %	argile: 44 %, limon: 16 %, sable:40%
Interpré-tations	C.E: élevée; M.O: normale ; P: faible ; N et K : normaux ; Na : élevé.	C.E: très faible ; M.O: faible P: très faible ; N et K : normaux ; Na: très faible.

(FERTIAL, 2017 et 2018)

Les analyses des sols des 02 sites qui ont été effectués par le laboratoire de FERTIAL ont révélé des différences (Tableau N° .. et bulletins d'analyse des sols insérés dans les annexes de ce mémoire): le site du Sud a un sol salé où il y a un risque de carence en Mg alors que celui de la station du HCDS Mahmel est lourd avec un mauvais drainage interne et risque de carence en Mg.

1. Collecte des échantillons « plantes »

Les plantes ont été dépotées « selon **Vincent (1970)** et **Somasegaran et Hoben (1985)** », des mottes de terre entières furent prélevées, après avoir creusé environ 15cm autour de la plante et 20cm dans le sol pour extraire la plante avec son système racinaire.

Manuellement, chaque plante fût débarrassée de la terre au niveau des racines sans toutefois endommager les nodules.

Les échantillons ont été ensuite bien emballés pour être protégés, entreposés dans des bacs avec inscription des informations utiles (site de collecte, date, heure, etc...), et transporter immédiatement au laboratoire. (Photos N°04 à 13)



Ph.04 :Plante de fève au stade floraison



Ph.05 :Préparation pour l'arrachage



Ph.06 :Arrachage de la plante à la pelle



Ph.07 : Préservation de la motte



Ph.08 : Contrôle de la motte de terre



Ph.09 : Emballage de la plante



Ph.10 : Contrôle de la motte de terre à la recherche des nodosités



Ph.11 : Conservation de la motte dans du papier et du plastique



Ph.12 : Bac de transport des plantes échantillons



Ph.13 : Plantes prêtes au transfert vers le laboratoire

2. Rinçage des racines et nodules

Les racines avec leurs nodules ont été lavées délicatement des restes de terre à l'eau de robinet, tout en évitant autant que possible d'abîmer le système racinaire. (Photos N°14 à 17)



Ph.14 : Déballage des échantillons au laboratoire



Ph.15 : Rinçage des racines à l'eau



Ph.16 : Racines propres



Ph.17 : Recherche des nodosités

3. Détermination des paramètres biométriques

Les parties aériennes et racinaires ont été séparées au niveau du nœud cotylédonaire, chaque partie de la plante a servi pour la détermination des paramètres biométriques suivants (photos N°18 à 23):

- Nombre de nodosités par plantes ;
- Nombre de ramification par plante ;
- Hauteur de tige principale par plante ;
- Nombre de feuilles par plante ;
- Profondeur des racines par plante ;
- Largeur des racines par plante.



Ph.18 : Feuilles et fleurs de la fève



Ph.19 : Racine avec nodosités



Ph.20 : Grappe de nodosités

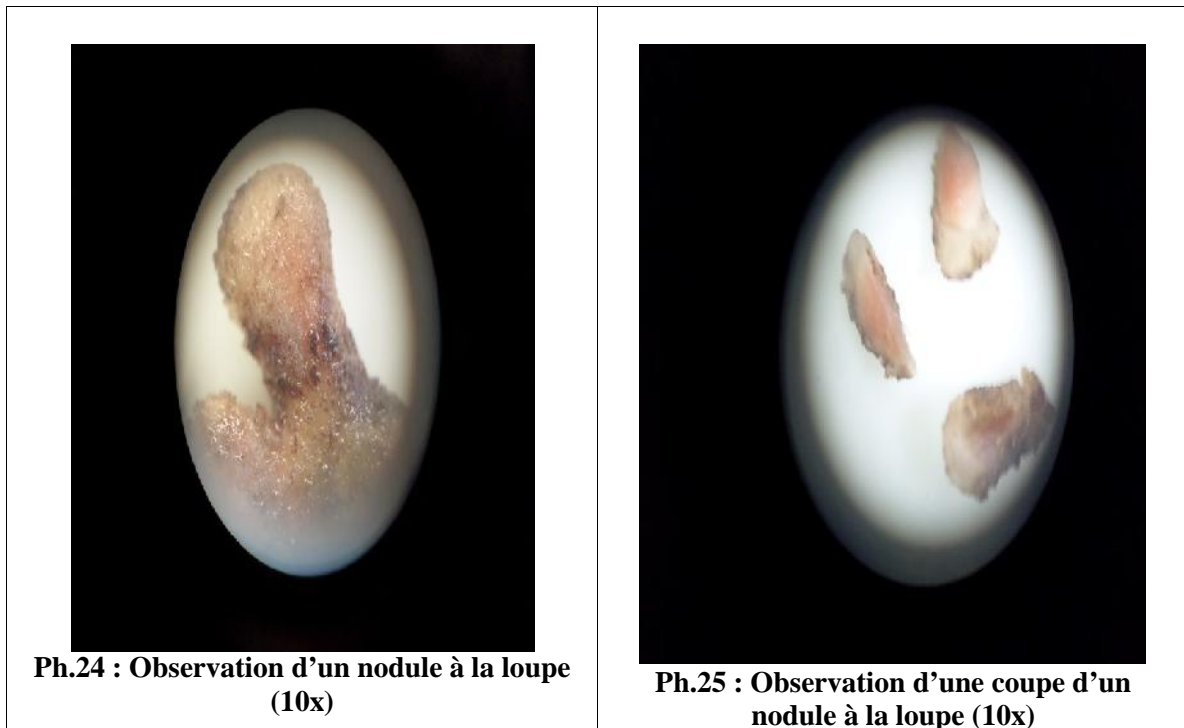


Ph.21 : Séparation racines / nodosités



4. Observation et examen des nodules

Les nodules ont été détachés des racines à 1 ou 2 mm du site d'attache, dénombrés à l'état frais et un nodule par plante a été coupé transversalement pour rechercher une zone rouge ou rose résultant de la production de lég'hémoglobine.(photos N°24 à 25)

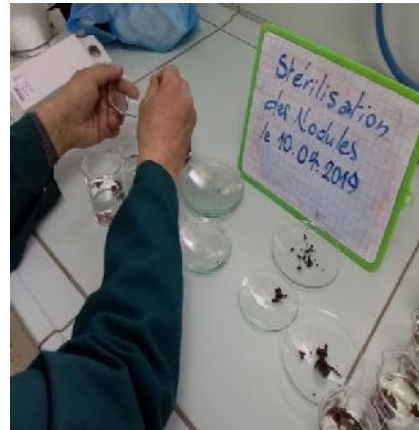


4.1. Stérilisation des nodules

Les nodosités ont été immergées dans de l'hypochlorite de sodium (1%) , pendant 10 minutes , puis dans de l'éthanol (96°) durant 5 minutes , les nodosités ont été rincées 10 fois à l'eau distillée stérile , puis laisser dans de l'eau distillée stérile pendant 01 heure après le dernier rinçage.(photos N°26 à 29)



Ph.26 : Préparation des solutions de stérilisation des nodosités



Ph.27 : Nodules immergés dans l'hypochlorite de sodium à 1%



Ph.28 : Nodules immergés dans l'eau distillée stérile



Ph.29 : Nodules immergés dans l'éthanol

4.2. Conservation des nodules

Pour une conservation optimale, la dessiccation est vivement recommandée, la méthode appliquée est celle décrite par « vincent (1970) et somasegaran et hoben (1994) », qui consiste à remplir la moitié des flacons stériles par du CaCl₂ « meilleure absorption de l'humidité », ensuite introduire une quantité de coton cardé stérile sur lequel ont été déposés les nodules stérilisés.

Les nodules conditionnés ont été conservés à 4°c au réfrigérateur. (photos N°30 à 31)



Ph.30 : Introduction des nodules stériles dans un tube contenant coton cardé et Ca cl₂



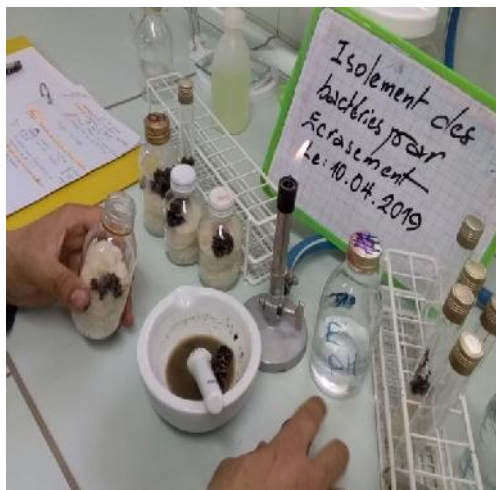
Ph.31 : Nodules à conserver au réfrigérateur à 4°C

5. Détermination des Caractéristiques microbiologiques des souches de rhizobia isolées

5.1. Isolement des bactéries par écrasement

L'isolement a été réalisé selon la méthode de **Vincent ,1970** les nodosités stériles sont écrasées dans de l'eau distillée stérile dans un mortier stérile.

L'opération est réalisée dans des conditions d'asepsie totale (bec benzen, pince flambée, etc...), ensuite le jus de nodules (broyat) a été collecté dans un flacon stérile. (photos N°32 à 33)



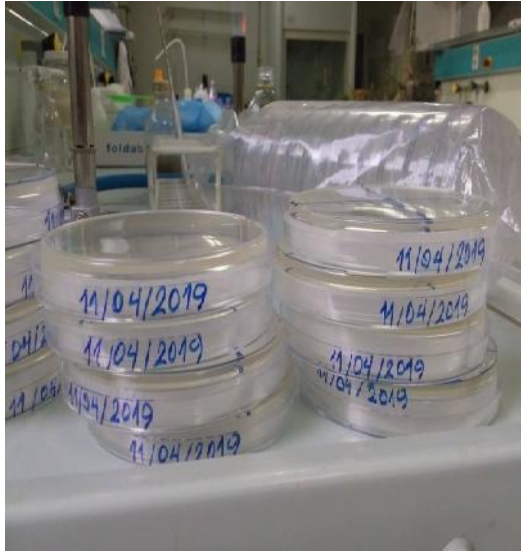
Ph.32 : Ecrasement des nodules au mortier



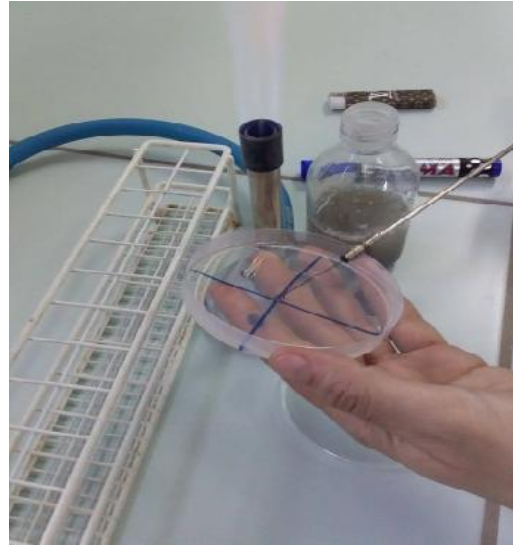
Ph.33 : Collecte du broyat dans un flacon

5.2. Ensemencement du broyat (jus de nodule)

A l'aide d'une anse de platine, flambée au bec benzen, le jus de nodule est ensemencé par stries sur la surface du milieu spécifique yeast-mannitol-agar (yma, vincent, 1970) en boîte de pétrie stérile, ensuite les boîtes ensemencées ont été incubées à 28°C pendant 3 jours. (photos N°34 à 35)



Ph.34 :Milieu YMA stérile coulé en boîtes de pétri



Ph.35 : Ensemencement en stries du jus des nodules

5.3. Coloration de gram et observation microscopique

C'est une coloration permettant la mise en évidence des caractéristiques de la paroi bactérienne, et de classer les bactéries en deux groupes : bactéries à paroi fine dites gram – colorées en rose, et bactéries à paroi épaisse dites gram + colorées en mauve.

Après coloration, les lames ont été examinées au microscope pour confirmée le gram, la forme et le regroupement des souches bactériennes des nodosités.

La coloration est réalisée comme suit :

- Couvrir le frottis complètement de violet de Gentiane pendant 02 minutes puis rincer à l'eau distillée.
- Couvrir le frottis de lugol pendant 01 minute puis rincer à l'eau distillée.
- Refaire l'opération de lugol une deuxième fois pendant 01 minute puis rincer à l'eau distillée.
- Lame inclinée, goutter de l'éthanol à 95° goutte à goutte (4 à 5 gouttes) pendant 20 secondes, suivie d'un rinçage à l'eau distillée.
- Couvrir le frottis de fushine pendant 30 secondes, rincer à l'eau distillée.
- Sécher la lame, après addition de l'huile d'immersion, l'observer au microscope.

Les bactéries colorées en rose sont notées Gram négatif. (photos N°36 à 46)



Ph.36 : Kit de coloration de gram



Ph.37 : Zone aseptique



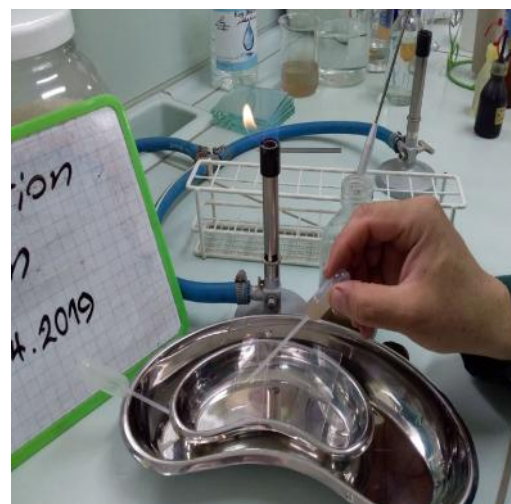
Ph.38 : Flambage du col du flacon



Ph.39 :Prélèvement à l'aide de la pipette Pasteur



Ph.40 : Dépôt du prélèvement sur la lame



Ph.41 : Etalement du prélèvement



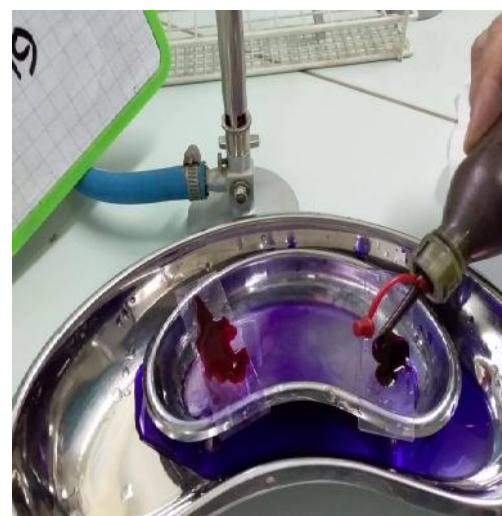
Ph.42 : Fixation du frottis bactérien



Ph.43 : Application du violet de Gentiane



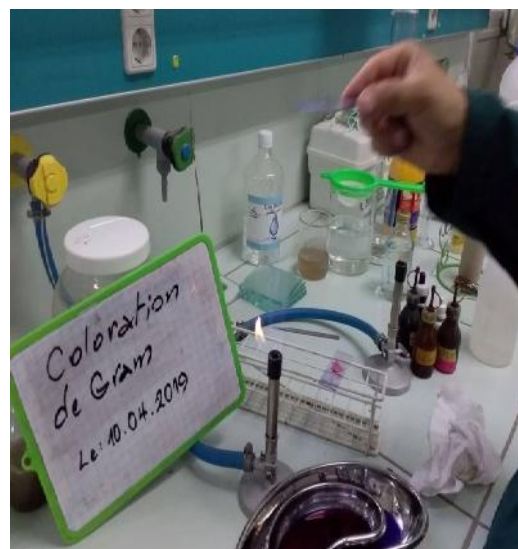
Ph.44 : Addition de l'alcool sur la lame inclinée



Ph.45 : Application de la fushine



Ph.46 : Rinçage de la lame



Ph.47 : Séchage de la lame

1. Paramètres biométriques

Afin de mieux comprendre l'effet de deux sites d'étude de Mahmel et du Sud à El Meita sur les différentes variables mesurées (nombre de nodosités par plante ; nombre de ramifications par plante ; hauteur de la tige principale par plante; nombre de feuilles par plante ;profondeur des racines par plante et largeur des racines par plante)nous avons soumis les résultats obtenus à un test t de student et nous avons abouti auxrésultats suivants:

1.1. Paramètre : Nombre de nodosités par plante

Tableau N°09 : Moyenne du nombre de nodosités par plante.

Répétition	nombre de nodosités par plante au niveau de la station HCDS Mahmel	nombre de nodosités par plante au niveau de l'agriculteur à El Meita
R1	103.6	62.66
R2	100.6	54.66
R3	91.00	52.00
R4	82.00	48.50
Total	377.2	217.82
Moyenne du nombre de nodosités par plante	94.3 nodosités / plante	54.45 nodosités / plante

(Répétition : R1, R2, R3 et R4)

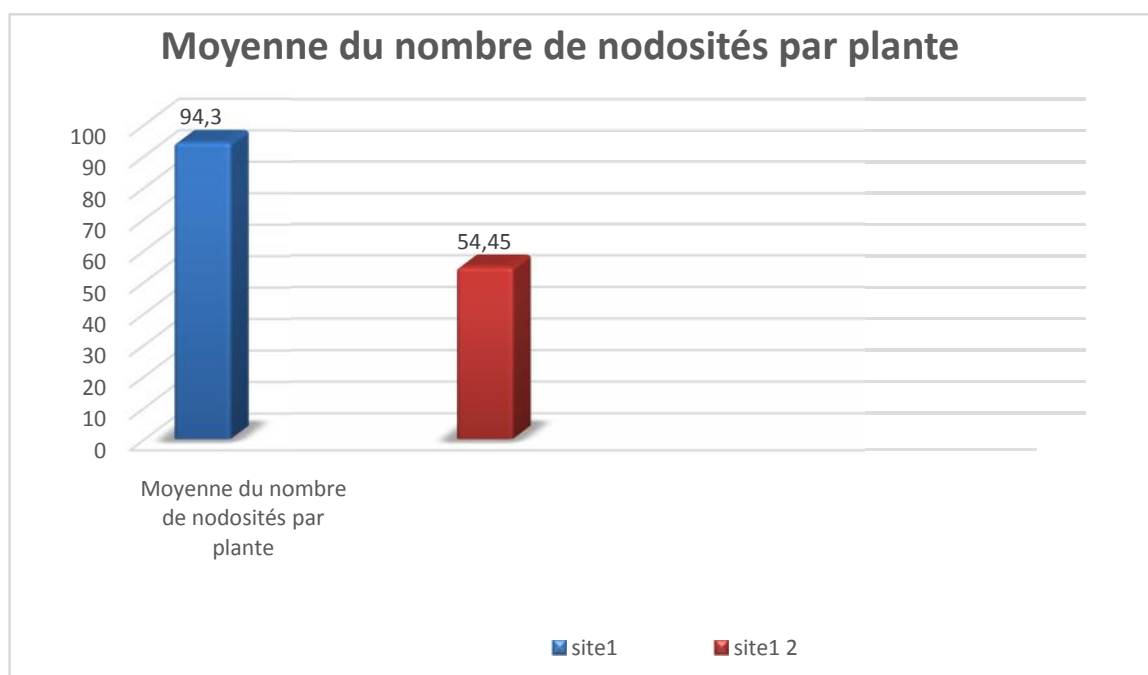


Figure N°14 : Nombre de nodosités par plante.

D'après le tableau N°09, nous constatons que la différence entre les deux sites d'étude est très hautement significative (P=0,0004). Dans le site de Mahmel le nombre de nodosités par plante est supérieur significativement à celui du site du Sud à El Meita (Figure N°11).

1.2. Paramètre :Nombre de ramifications par plante

Tableau N°10 :Moyenne du nombre de ramificationspar plante.

Répétition	nombre de ramifications par plante au niveau de la station HCDS Mahmel	nombre de ramifications par plante au niveau de l'agriculteur à El Meita
R1	7.2	12.5
R2	5.8	15.4
R3	6.4	16.0
R4	6.8	10.5
Total	26.20	54.4
Moyenne du nombre de ramifications par plante	6.55 ramifications / plante	13.6 ramifications / plante

(Répétition : R1, R2, R3 et R4)

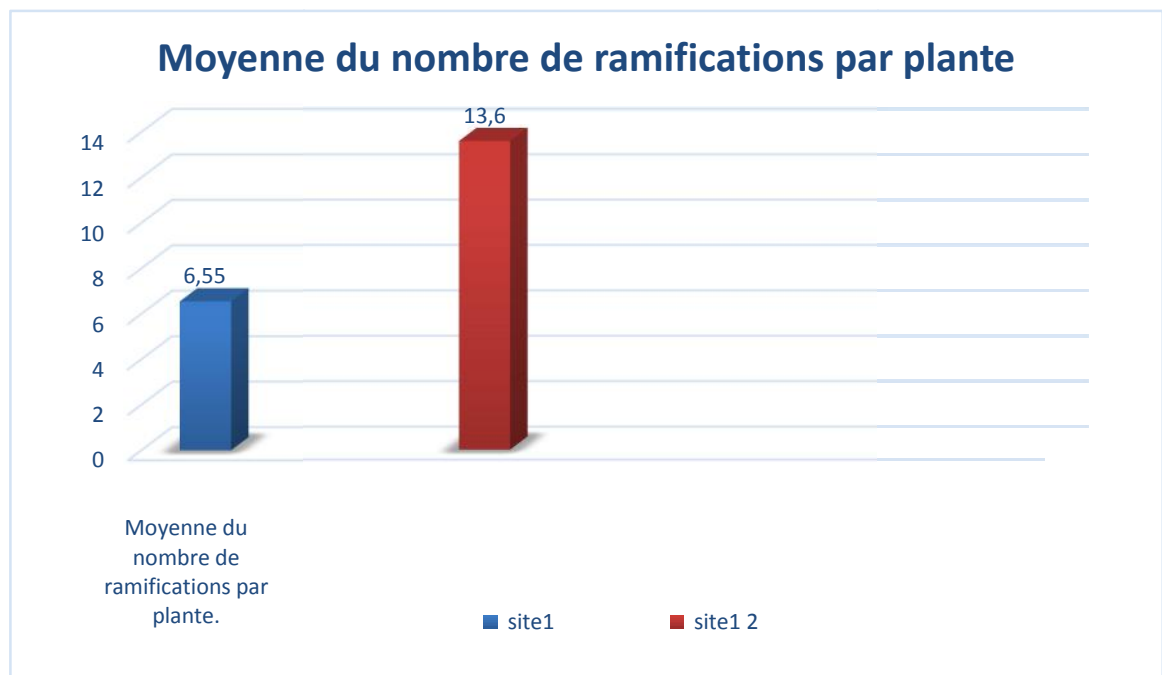


Figure N°15 : Nombre de ramifications par plante.

D'après le tableau N° 10, nous constatons que la différence entre les deux sites d'étude est très hautement significative ($P=0,0017$). Dans Le site du Sud à El Meita le nombre de ramifications par plante est supérieur significativement à celui du site de Mahmel (Figure N°12).

1.3. Paramètre : Hauteur de la tige principale par plante.

Tableau N°11 : Moyenne de la hauteur de la tige principale par plante (cm)

Répétition	hauteur par plante au niveau de la station HCDS Mahmel	hauteur par plante au niveau de l'agriculteur à El Meita
R1	38.6	76.66
R2	36.0	74.00
R3	39.4	81.50
R4	39.8	64.50
Total	153.8	296.66
Moyenne de la hauteur de la tige principale par plante	30.76 cm	74.16 cm

(Répétition : R1, R2, R3 et R4)

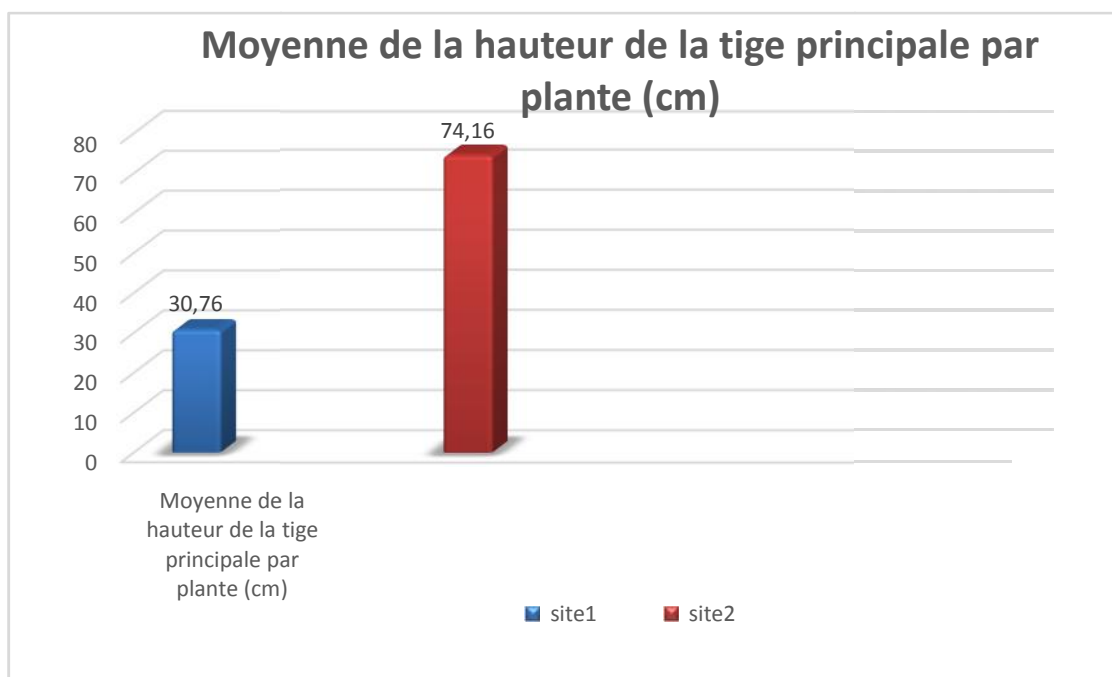


Figure N°16 : Hauteur de la tige principale par plante.

D'après le tableau N° 11, nous constatons que la différence entre les deux sites d'étude est très hautement significative ($P = 6,832$). Dans Le site du Sud à El Meitala hauteur de la tige principale par plante est supérieur significativement à celle du site de Mahmel (Figure N°13).

1.4. Paramètre: Nombre de feuilles par plante

Tableau N°12 : Moyenne du nombre de feuilles par plante.

Répétition	nombre de feuilles par plante au niveau de la station HCDS Mahmel	nombre de feuilles par plante au niveau de l'agriculteur à El Meita
R1	15.4	18.66
R2	14.4	20.66
R3	15.2	19.50
R4	15.4	14.50
Total	60.4	73.32
Moyenne du nombre de feuilles par plante	15.10 feuilles / plante	18.33 feuilles / plante

(Répétition : R1, R2, R3 et R4)

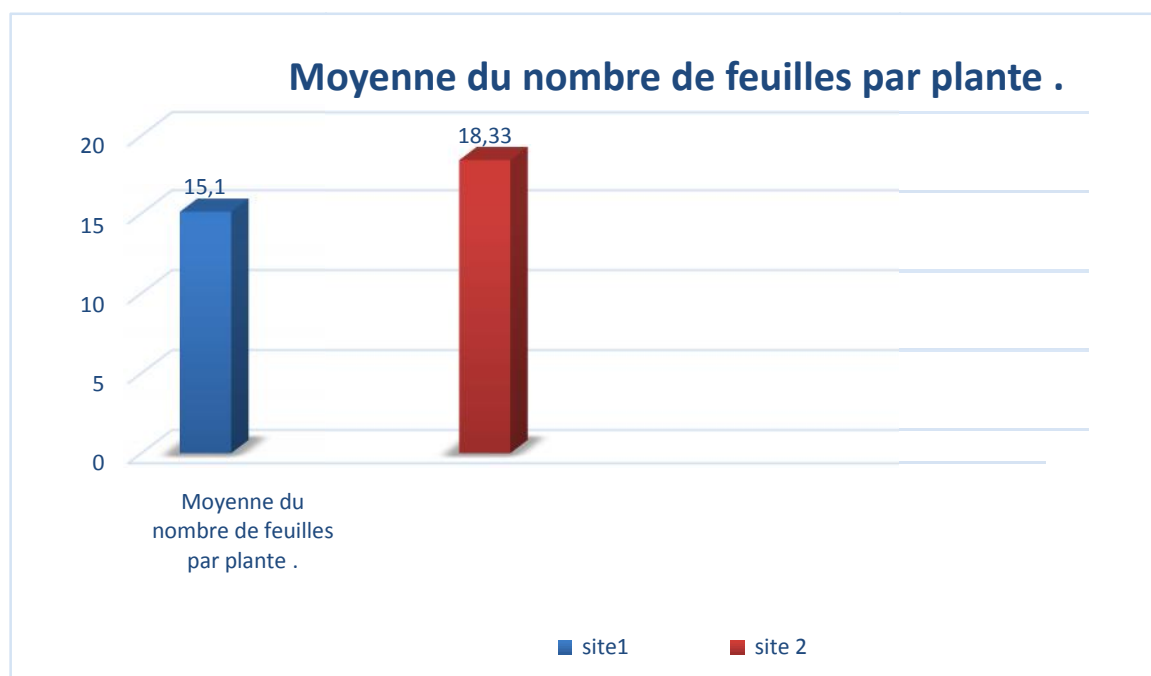


Figure N° 17 : Nombre de feuilles par plante.

D'après le tableau N° 12, nous constatons que la différence entre les deux sites d'étude est non significative (P Supérieur à 0,05). Dans Le site du Sud à El Meita le nombre de feuilles par plante est proche de celui des plantes du site de Mahmel (Figure N°14).

1.5. Paramètre :Profondeur des racines par plante.

Tableau N°13 : Moyenne de la profondeur des racines par plante (cm).

Répétition	profondeur des racines par plante au niveau de la station HCDS Mahmel	profondeur des racines par plante au niveau de l'agriculteur à El Meita
R1	21.00	22.66
R2	14.40	20.00
R3	16.80	20.00
R4	14.40	24.50
Total	66.60	87.16
Moyenne de la profondeur des racines par plante	16.65 cm	21.79 cm

(Répétition : R1, R2, R3 et R4)

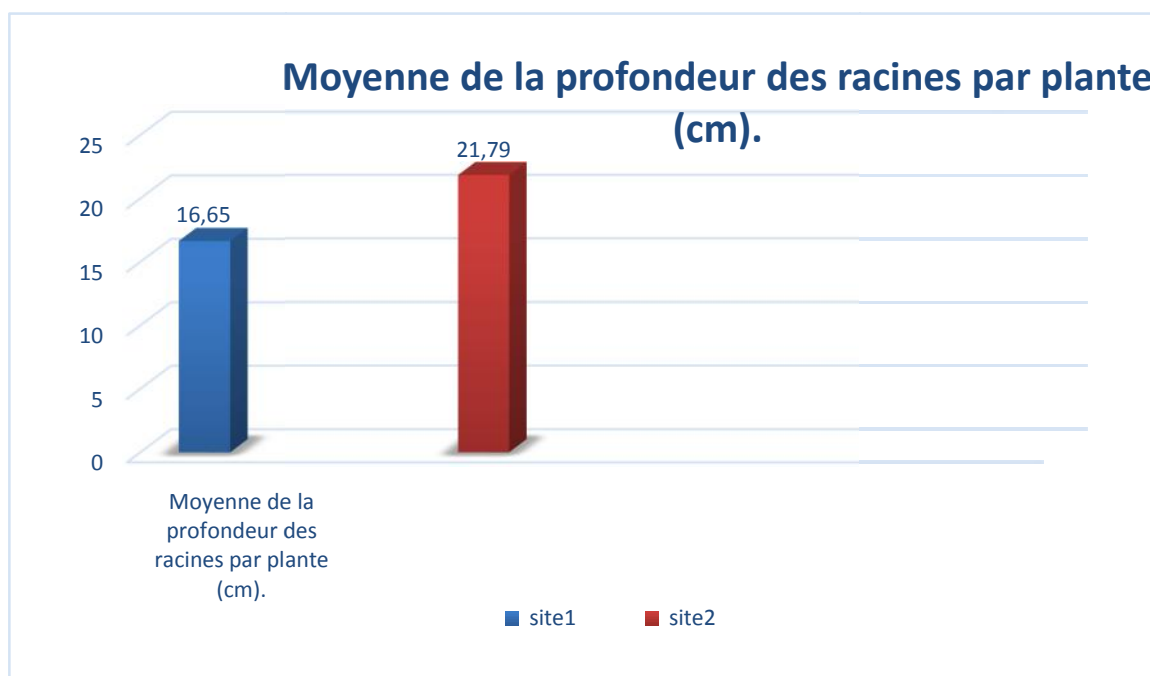


Figure N° 18 : Profondeur des racines par plante.

D'après le tableau N°13, nous constatons que la différence entre les deux sites d'étude est significative (P est inférieur à 0,05 et Sup à 0,01). Dans Le site du Sud à El Meitala profondeur des racines par plante est supérieur significativement à celle des plantes du site de Mahmel(Figure N°15).

1.6. Paramètre : Largeur des racines par plante.

Tableau N°14 : Moyenne de la largeur des racines par plante (cm).

Répétition	nombre de par plante au niveau de la station HCDS Mahmel	nombre de par plante au niveau de l'agriculteur à El Meita
R1	15.4	38.66
R2	14.4	45.00
R3	15.2	36.50
R4	15.4	40.50
Total	60.4	157.66
Moyenne de la largeur des racines par plante	15.10 cm	39.41 cm

(Répétition : R1, R2, R3 et R4)

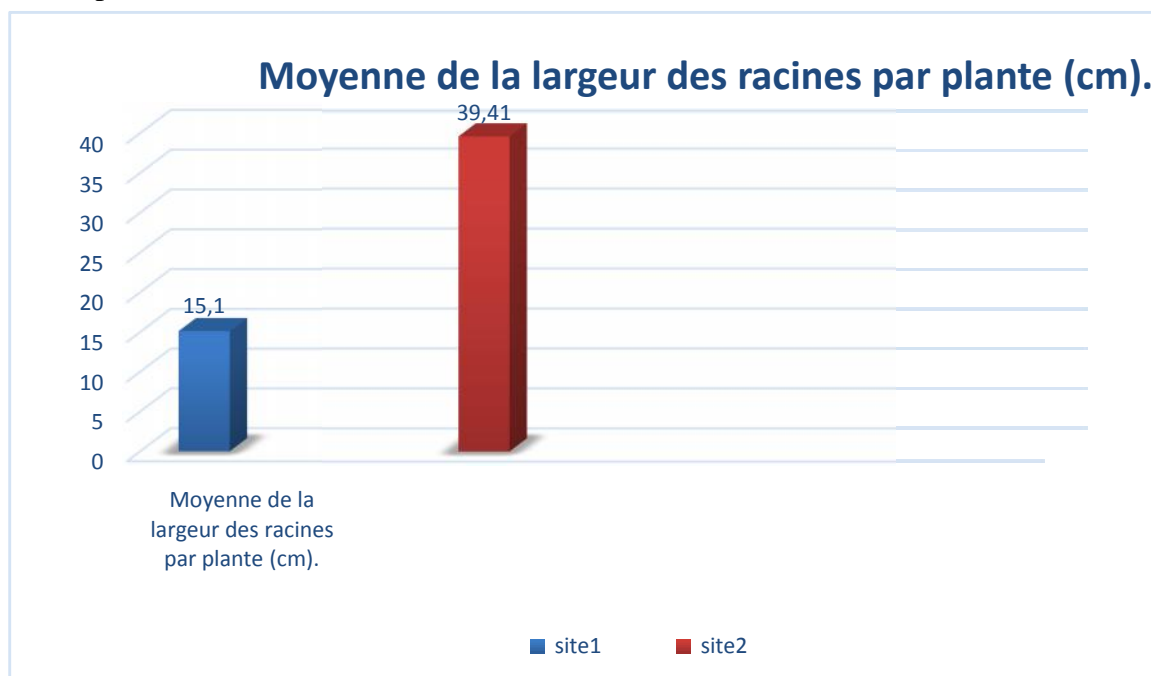


Figure N° 19 : Largeur des racines par plante.

D'après le tableau N°14, nous constatons que la différence entre les deux sites d'étude est très hautement significative (P inférieur à 0,001). Dans Le site du Sud à El Meitala largeur des racines par plante est supérieur significativement à celle des plantes du site de Mahmel (Figure N°16).

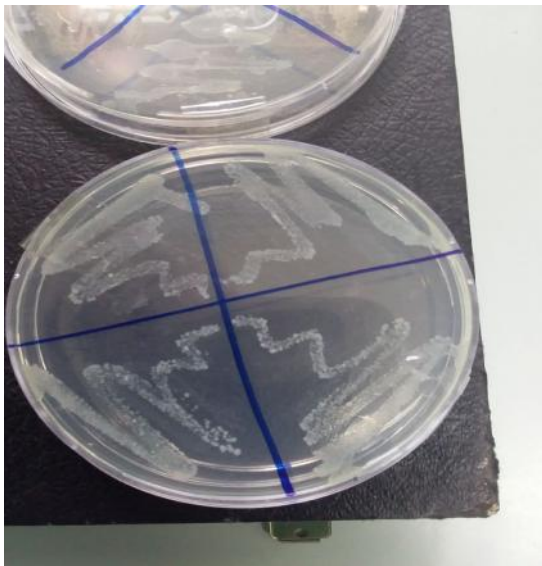
Les conditions édaphiques prévalant au niveau du sol peuvent favoriser ou au contraire défavoriser la nodulation et par conséquent la nodulation (**Mantaner, 2000 in Domergue O., 2017**). Même si le rhizobia est présent dans le sol la symbiose peut être freinée par des nombreuses facteurs comme l'acidité, la salinité, l'excès ou le manque d'eau, l'excès ou le déficit en un ou plusieurs éléments nutritifs (**Cadenas et al. 2000 in Domergue O., 2017**). Selon les analyses du sol des deux sites d'étude le sol du Sud à El Meita est salé ce qui a défavorisé le nombre de nodosité par plantes par rapport à celui du site de la station du HCDS Mahmel.

Quant aux autres paramètres biométriques (nombre de ramification ; hauteur de la tige ; nombre de feuilles ; profondeur des racines et largeur des racines) ne sont pas affectés par les conditions et sont favorisé dans le site du Sud à El Meita ; ce qui nous a poussé à poser la question à l'agriculteur qui nous a informé de l'utilisation de l'engrais minéral urée (46%) chose qui a réduit la nodulation dans ce site et a favorisé la croissance de la partie aérienne et souterraine des plantes.

2. Caractérisation microbiologique des souches de rhizobia isolées

2.1. Caractéristiques coloniales (morphologiques)

Les caractéristiques morphologiques sont notées après croissance à une température de 28°C, Après 2 à 3 jours d'incubation en milieu les colonies formées par nos souches sont circulaires, à bord régulier, elles sont de texture homogène et de couleur blanche (photos N°47 et 48).



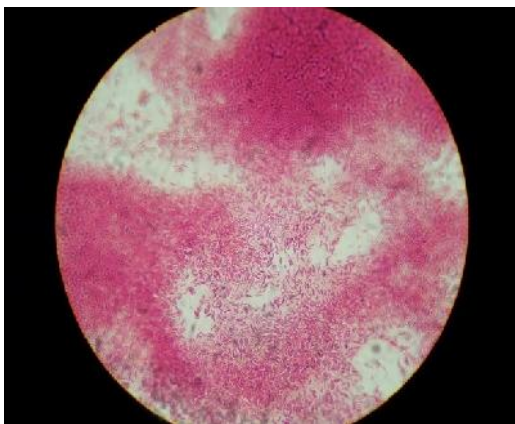
Ph.48 : Colonies de rhizobia après 03 jours d'incubation à 28°C



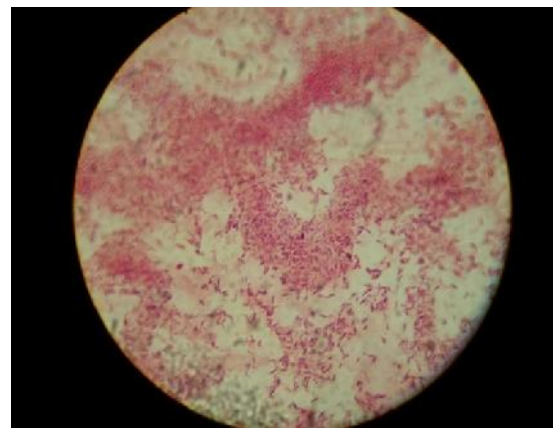
Ph.49 : Colonies de rhizobia après 03 jours d'incubation à 28°C

2.2. Caractéristiques cellulaires (biochimiques)

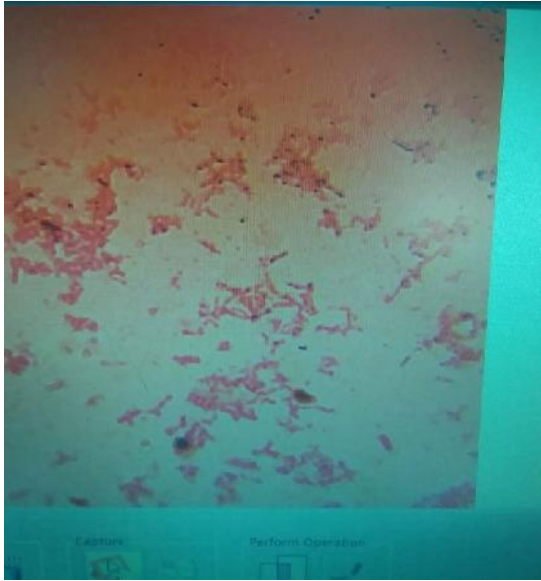
Des observations microscopiques réalisées sur des souches colorées par la coloration de Gram, nous ont permis de vérifier que tous les isolats se représentent sous la forme de bacilles colorés en roses présentant une réaction Gram négatif .(photos N°49 ,50,51 et 52)



Ph.50 : Bacilles de rhizobia gram négatif au microscope optique (100x)



Ph.51 : Bacilles de rhizobia gram négatif au microscope optique (100x)



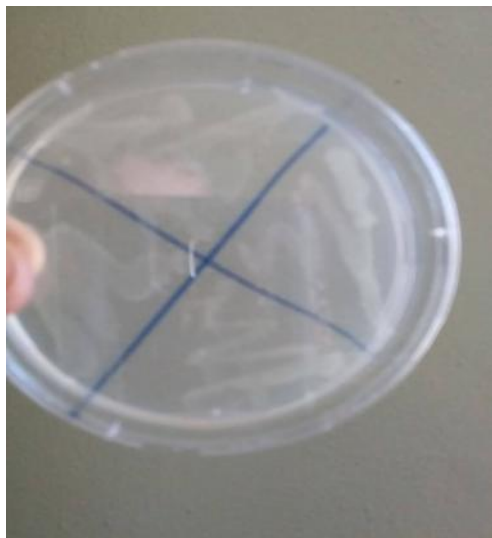
Ph. 52 : Bacille de rhizobia gram négatif au microscope optique (100x)



Ph. 53 Bacille de rhizobia gram négatif au microscope optique (100x)

2.3. Caractéristiques physiologiques des souches isolées au laboratoire (Profil de réponse aux conditions physiologiques)

En milieu YEMA réparti en gélose profonde, toutes les souches prolifèrent abondamment en surface et d'une façon satisfaisante. Ce qui indique que les souches testées sont aérobies strictes. Ces résultats sont en accord avec le caractère d'aérobies strictes et microaérophiles qu'attribue la littérature au rhizobia (Davet, 1996 in Mouafek A., 2010)(photos N°53 et 54).



Ph. 54 : Croissance abondante de Souches de rhizobia en aérobiose



Ph. 55 : Croissance abondante de Souches de rhizobia en aérobiose

Conclusion

Dans ce travail, nous avons essayé de comparer la nodulation chez la fève (*Vicia faba* major L.) dans deux sites de la wilaya de Khenchela qui diffèrent par les conditions édapho-climatiques ; le premier site d'étude au nord au sein de la station du HCDS Mahmel et le deuxième site au niveau d'une exploitation agricole privée dans la zone d'El Meita au Sud de Khenchela. Le choix de la fève est pour son importance économique, socio-économique et écologique.

Nous avons étudié des paramètres biométriques et des examens microbiologiques au laboratoire. L'analyse statistique des résultats a révélé que la nodulation est hautement significative chez les plantes du site de la station du HCDS Mahmel est d'une moyenne de 94.3 nodosités / plante alors que dans le deuxième site au Sud à El Meita est de 54.45 nodosités / plante cela semble être affecté par la salinité du sol au sud révélé par les analyses effectuées. La salinité bloque la relation de nodulation entre bactérie et poils absorbants de la plante.

En ce qui concerne les autres paramètres biométriques (nombre de ramifications et de feuilles par plante ; la hauteur de la tige et la profondeur et la largeur des racines) sont tous favorisés dans la zone Sud au climat chaud par rapport à celui du site de la station du HCDS de Mahmel et tous présentent des valeurs hautement significatives au niveau du site d'El Meita ; ce qui nous a poussé à poser la question à l'agriculteur qui nous a informé de l'utilisation de l'engrais minéral urée (46%) chose qui a réduit la nodulation dans ce site et a favorisé la croissance de la partie aérienne et souterraine des plantes.

L'examen microscopique des cellules bactériennes des isolats donne des bactéries de forme bacille Gram négatif et aérobies pour les deux sites d'étude.

Ce modeste travail est une ébauche pour des essais ultérieurs afin de cerner d'avantage le comportement des rhizobia et de la fixation biologique de l'azote atmosphérique afin de mieux comprendre cet atout que seule les légumineuses sont capables de le réaliser ; c'est la solution pour résoudre le problème des rendements irréguliers et de permettre la pratique de plans d'assolement et de rotation pour la résorption de la sole de jachère trop importante dans notre région .

Il est judicieux d'approfondir cette investigation en améliorant plusieurs points :

- Comparer la nodulation chez d'autres espèces de légumineuses cultivées comme le haricot ou le pois ou encore spontanées comme le sulla ; les vesces ; etc ... ;

Conclusion générale

- Rechercher des possibilités de production d'inoculum pour l'amélioration biologique des sols épuisés ;
- Etablir un inventaire taxonomique des souches des bactéries vivant dans nos sols ;
- l'influence des pratiques agricoles de cette culture surtout sur la nodulation surtout : la fertilisation ; l'utilisation des pesticides, la prolifération des bio agresseurs ; facteurs qui peuvent avoir des effets négatifs sur les rhizobia et leur installation ;
- Etudier le mécanisme de nodulation entre autre mettre en évidence le dialogue moléculaire entre les deux partenaires symbiotique.
- Etude de l'influence des conditions édaphiques sur ces microorganismes surtout les facteurs limitant la fixation biologique comme la salinité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- **Ait Adallah Djennadi Farida, Dekkiche Nacéra, Ghalem-Djender Zohra, Oumdjekane Kahina et Zaghouane-Boufenar Fatiha, 2011.** Cultures et coûts de production des grandes cultures. P96.
- **Alkama Nora, 2010.** Adaptation de la symbiose rhyzobienne chez le haricot à la déficience en phosphore : détermination de la réponse de la plante en termes d'échanges gazeux et de flux minéraux échangés avec la rhizosphère. Thèse de doctorat . Ecole nationale supérieure d'agronomie d'Alger. Spécialité écosystème et agronomie. P180
- **ANDI, 2015.** Khenchela . Invest in Algeria. Agence nationale de développement de l'investissement. P20.
- **Andria Mihaja Danie Jackie, 2013.** Détermination de la capacité de nodulation de quelques lignés du haricot cas du moyen Ouest de Madagascar . Mémoire de master2 Sciences agronomiques parcours: Développement Agricole et Rural .
- **Baba Arbi Souad, 2016.** Etude phénotypique et génotypique des rhizobia symbiotiques des légumineuses spontanées Medicago littoralis Rhode et Melilotus indicus (L.) All. présentes dans les palmeraies de la région de Touggourt (Wilaya de Ouargla). Thèse de doctorat en microbiologie. Option : microbiologie appliquée. P182
- **Bekkara-Atik Fewzia, 1999.** Etude des signaux chimiques impliqués dans la symbiose entre *Vicia faba* et *Rhizobium leguminosarum*. Thèse de doctorat. Université de Tlemcen . Institut des Sciences de la Nature . Option biologie végétale. P179
- **Belhadi Djellali, De Lajudie Philippe, Ramdani Nacer, Le Roux Christine, Boulila**
- **Benselama Amel, 2015.** Réhabilitation de la culture du Lablab purpureus L. ex Sweet et étude de son partenaire symbiotique. Thèse de doctorat 3^{ème} cycle en biotechnologie. Biotechnologie. Spécialité interaction. Plantes micro-organismes. P133.
- **Bouchiba Zoulikha, 2018.** Diversité des rhizobia associés à Scorpius mricatus ssp sulcatus et leur utilisation pour la réhabilitation des zones dégradées. Thèse de doctorat 3^{ème} cycle . Université Oran. Faculté des sciences de la nature et de la vie. Département de biotechnologie. P199.
- **Baudin Maël ,2014.** Structure et fonction des complexes protéiques impliquant les facteurs de transcription NF-Y au cours de l'interaction symbiotique entre Medicago truncatula et Sinorhizobium meliloti. Thèse de doctorat. Université de Toulouse. Spécialité biosciences végétales. P360.

Références bibliographiques

- **Bouzekri Abdelhafid, 2015.** Evaluation multicritère des situations critiques au risque de la désertification dans les Aurès (ALGERIE). Thèse de doctorat 3^{ème} cycle en aménagement du territoire et gestion des risques majeurs. Université El Hadj Lakhdar Batna. Faculté des sciences. Département des sciences de la terre et de l'univers. P225.
- **Cazenave Alexandre-Brice, 2014.** Réponse adaptative à court terme de la fixation symbiotique du pois protéagineux à une ablation d'une partie des racines nodulées, en lien avec la disponibilité en assimilats carbonés. Thèse de doctorat. Sciences de la Vie. Spécialité : Ecophysiologie végétale. Université de Bourgogne. P335.
- **Chafi Mohamed El Habib, 2011.** *Vicia faba* L. un engrais pour la réhabilitation des zones marginalisées (zones arides et semi-arides) algériennes. Thèse de doctorat en biologie. Option microbiologie. Université d'Oran. P156.
- **Daoui Khalid, 2007.** Recherche de stratégies d'amélioration de l'efficacité d'utilisation du phosphore chez la fève (*Vicia faba* L.) dans les conditions d'agriculture pluviale au Maroc. Thèse de doctorat. Faculté d'ingénierie biologique, agronomique et environnementale. Université Catholique de Louvain. P228
- **Dekak Ahmed, 2010.** Isolement et caractérisation des bactéries nodulant les légumineuses endémiques des genres *Genista* et *Argyrolobium*. Mémoire de magister. Université de Tébessa. Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie . Option de biotechnologie végétale. P119.
- **Domergue Odile, 2017.** Diversité fonctionnelle de rhizobia associés à la féverole en agro-écosystème Sud de. Thèse de doctorat de l'université de recherche Paris sciences et lettres PSL Research University France. P231.
- **Elferiha Sihem, 2010.** Influence de la salinité sur la formation des nodosités chez la fève (*Vicia faba* L.). Mémoire de magister. Université d'Oran. Département de biologie. Laboratoire de physiologie végétale. Option écophysiologie végétale. P119.
- **Faghire Mustapha, 2012.** Rôle des micro organismes symbiotiques (cas de rhizobia) dans l'amélioration de la production agricole de *Phaseolus vulgaris* sous stress salin. Thèse doctorat. Université de Marrakech. Biotechnologie et bio ingénierie de la production. Spécialité agro physiologie et microbiologie des symbioses .P111.
- **Grama Borhane Samir, 2008.** Utilisation des techniques d'électrophorèse pour l'identification et l'étude de la diversité des Rhizobiums de quelques légumineuses. Mémoire de magister. Université Mentouri Constantine. Faculté des sciences de la nature et de la vie. Département de Biologie Végétale et Ecologie. Génétique et amélioration des plantes. Option génomique et technologies avancées des végétaux. 93 p.

Références bibliographiques

- **Hajjam Youmna, 2017.** Contribution à l'évaluation des performances des rhizobia nodulant la fève (*Vicia faba* L.) au Maroc à solubiliser le phosphate inorganique. Thèse de doctorat. Université Mohamed V. Faculté des sciences de Rabat. 199 p.
- **Hamadache Abd El Madjid, 2014.** Légumineuses alimentaires (Pois chiche, Fèves et lentille). Tome II .Elément de phytotechnie générale. PP 69-101.
- **Ismaili MMohamed,** . Fixation biologique de l'azote.
- **Iskounen Tiziri, 2012.** Isolement et caractérisation de bactéries nodulant les légumineuses *Calycotome spinosa*. Mémoire de fin de cycle d'Ingénieur d'Etat. Université Abderrahmane Mira de Bejaïa. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Département de Microbiologie P69.
- **INRA Maroc, 2015.** Guide pratique pour le conseil agricole: Lentille , pois chiche et fève. 27p.
- **ITCMI, 2010.** La culture de fève. Fiche techniques valorisées des cultures maraichères et industrielles. ITCMI. 4p.
- **Khabtane Abd El Hamid, 2015.** contribution a l'étude des caractères morphologiques, physiologiques et des marqueurs moléculaires pour l'évaluation du polymorphisme phénotypique et génétique des espèces du genre *Tamarix* dans différents écotopes de la zone steppique de KHENCHELA (EST ALGERIEN). Thèse de docteur en sciences. Université des Frères Mentouri Constantine Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie .Département de Biologie et Ecologie Filière: Biologie-écologie végétale. Option : Ecophysiologie et Bio-technologie végétale. P217.
- **Kadi Fahem & Khelil Hassina, 2015.** Caractérisation phénotypique des bactéries nodulant *Vicia sativa* L. et *Vicia tetrasperma* L. Mémoire de master. Université de Bejaia. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Département de Microbiologie .Filière: Sciences biologiques. Option Microbiologie de l'environnement .P61
- **Kheloul Lynda, 2014.** Inventaire qualitatif et quantitatif des pucerons inféodés à la culture de la fève. Dynamique des populations de certaines espèces caractéristiques dans deux parcelles de fève *Vicia faba minor* et *Vicia faba major* dans la région de Tizi-Rached (Tizi-Ouzou). Mémoire de magister. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. P161.
- **Larousse agricole, 1981.**
- **Latati Mourad, 2012.** Adaptation de la symbiose légumineuse haricot-rhizobium à la déficience en phosphore incidence sur la biodisponibilité du phosphore dans la

Références bibliographiques

- rhizosphère. Mémoire de magister . Ecole nationale supérieure agronomique El Harrach Alger . Biotechnologies végétales. P104.
- **Lazali Mohamed, 2009.** Etude de la symbiose à rhizobium chez l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) cultivée sous contrainte hydrique: aspects morpho-physiologiques et agronomiques. Mémoire de Magister en Biotechnologies végétales Institut National Agronomique - El Harrach – Alger. P136.
 - **Mbengue Malick, 2010.** Perception et transduction du signal bactérien facteur Nod dans l'établissement de la symbiose rhizobium-légumineuse : recherche et caractérisation de partenaires du LysMRLK LYK3, un récepteur putatif des facteurs Nod chez *Medicago truncatula*. Thèse de doctorat. Université de Toulouse. Spécialité Biosciences Végétales. P207.
 - **Merabet Lamine, 2011.** Effet des politiques agricoles sur l'offre et le revenu des céréaliculteurs. Cas de la zone de Khenchela (Algerie) . Mémoire d'ingénieur d'État en Agronomie. Département : Économie rurale. Spécialité : Développement Agricole et Rural.
Option : Développement Agricole et Rural Régional. Ecole nationale supérieure agronomique EL-Harrache -Alger. P100.
 - **Mezani Samir, 2016.** Suivi des populations de *Bruchus rufimanus* (Coleoptera : Chrysomelidae) dans les lieux de diapause et dans des parcelles de variétés de fève différentes (Aguadulce, Séville et Féverole) dans la région de Tizi-Ouzou. Thèse de doctorat. Université de Tizi Ouzou. Spécialité: Sciences Biologiques .Option: Ecologie et Biodiversité Animale des Ecosystèmes Continentaux. P218.
 - **Mouafek Ahlem, 2010.** La symbiose à rhizobia chez la fève (*Vicia faba* L.) et La luzerne (*Medicago sativa* L.) dans la région de Biskra. Mémoire de magister. Spécialité : Sciences Agronomiques .Option : Agriculture et environnement dans les régions arides. 114 p.
 - **Nouar Samia, 2007.** Réponse physiologique de la fève (*Vicia faba minor* L.) au stress thermique. Mémoire de magister. Institut national agronomique El Harrach. Université d'Alger. Option amélioration de la résistance des plantes aux maladies. P93.
 - **Ouslim Sarah 2016.** BNL associés aux légumineuses alimentaires (*Vicia faba* L.) dans l'Ouest algérien « caractérisation et importance ». Thèse de doctorat. Université d'Oran. Faculté des sciences de la nature et de la vie. Département de biotechnologie. P159.
 - **Roba Mohamed, 2016.** Adaptation des bactéries symbiotiques de légumineuses métallophiles : effets des métaux lourds et de la plante hôte sur la composition des

Références bibliographiques

populations de rhizobia symbiotiques d'Anthyllis vulneraria et de Lotus corniculatus .
Thèse de doctorat . Université de Montpellier (Biodiversité, Agriculture, Alimentation,
Environnement, Terre, Eau) Et de l'unité de recherche du LSTM (Laboratoire des
Symbioses Tropicales et Méditerranéennes). Spécialité : Biologie des Interactions BDI.
321 p

- **Riah Nassira, 2014.** Diversité et structure génétique des populations de Rhizobium leguminosarum symbiovar viciae isolées du pois (Pisum sativum) et de la lentille (Lens culinaris) cultivés dans deux zones éco-climatiques subhumide et semi-aride de l'est algérien. Thèse de doctorat. Université de Constantine. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Département de Microbiologie. P153.
- **Richard Mathieu, 1995.** Edition DeBoeck université. 727p.
- **Saadallah Kaouthar, Drevon Jean-Jacques et Abdelly Chedly, 2001.** Nodulation et croissance nodulaire chez le haricot (*Phaseolus vulgaris*) sous contrainte saline. HAL Id: hal-00886138. P9.
- **Saadi Hacina, 2014.** Contribution à l'étude de la résistance variétés locales de *Vicia faba* L au nématode de *Ditylenchus dipsaci* dans la région de Biskra. Mémoire de magister. Université de Biskra. Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie. Département des sciences agronomiques. P127
- **Saoudi Mouna, 2008.** Les bactéries nodulant les légumineuses (B.N.LP) : caractérisation des bactéries associées aux nodules de la légumineuse *Astragalus armatus*. Mémoire de Magister. Université de Constantine. Faculté des sciences de la nature et de la vie. Département de biologie végétale. P99
- **Schilperoord Peer ,2016.** Plantes cultivées en Suisse – La fève commune des champs.P32
- **Sebihi Fatima Zohra, 2008.** Les Bactéries Nodulant les Légumineuses (B.N.L) : caractérisation des bactéries associées aux nodules de la Légumineuse Fourragère, *Hedysarum perrauderia*. Thèse de magister. Université Mentouri de Constantine Faculté des Sciences de la nature et de la vie. Département de Biologie Végétale. Génétique et Amélioration des plantes Option Génomique et Techniques Avancées des Végétaux. 121p.
- **Si Bennasseur Alaoui, 1985.** Référentiel pour la conduite technique de la fève (*Vicia Faba*). 97p.
- **Soltner Dominique, 1986.** Les bases de la production végétale. Phytotechnie générale.14^{ème} édition. Collection sciences et techniques agricoles. PP158-160.

Références bibliographiques

- **Souana Kada, 2011.** Réponses physiologiques et biochimiques des graines de la fève (*Vicia faba* L.) au stress salin associé aux gibbérellines au cours de germination. Mémoire de magister. Université d'Oran. Faculté des sciences. Département de biologie. P94.

Références numériques

Belaid Djamel, 2016. La production des légumes secs en Algérie . P61 ; <http://www.djamel-belaid.fr/>

Ben Taziri Rosa Selim , 2016. L'Algérie lance un vaste programme pour augmenter sa production agricole. <http://ecomnewsmed.com/article/1393/lalgerie-lance-un-vaste-programme-pour-augmenter-sa-production-agricole>

Ephyta . <http://ephytia.inra.fr/fr/C/11268/Hypp-encyclopedie-en-protection-des-plantes-Legumineuses-Fabaceae>

Hypp . <https://www7.inra.fr/hyppz/CULTURES/3c---091.htm>

<http://ecomnewsmed.com/article/1393/lalgerie-lance-un-vaste-programme-pour-augmenter-sa-production-agricole>

Les annexes

Annexe 1 : Fiche technique de la culture de la fève en Algérie coût.

Tableau N° 10 : LA CULTURE DE FEVE (01 HA) / Rendement : 150 QX/HA

Opérations	Main d'œuvre			Matériel			Approvisionnement			Total DA
	Nbre J	Coût unitaire	Montant DA	Nbre H	Coût unitaire	Montant DA	quantité	Coût unitaire	Montant DA	
I. Pépinière :										
- Semence	-	-	-	-	-	-	180 kg	50	9000	9000
S/T	-	-	-	-	-	-	-	-	9000	9000
II. Travaux du sol										
- Epannage du fumier + engrais	0,5	600	300	4	500	2000	15 T	1200	18000	20300
							4 qx	6000	24000	24000
- Labour	1	600	600	8	500	4000	-	-	-	4600
- Disquage + hersage	0,5	600	300	4	500	2000	-	-	-	2300
- Rayonnage	0,5	600	300	4	500	2000	-	-	-	2300
S/T	2,5	-	1500	20	-	10000	-	-	42000	53500
III. Plantation et entretien :										
- Confection trous + pré- irrigation +plantation	20	600	12000	-	-	-	-	-	-	12000
- Binage + désherbage + buttage	15	600	9000	-	-	-	-	-	-	9000
-Traitement + Produits : fong+insect	2	600	1200	8	500	4000	-	-	15000	20200
S/T	37	-	22200	8	-	4000	-	-	15000	41200
Récolte et transport :										
- Récolte+transport	20	600	12000	16	500	8000	-	-	-	23000
S/T	20	-	12000	16	-	8000	-	-	-	23000
Total Général	64,5	-	38700	44	-	22000	-	-	66000	126700

(ITCMI, 2010)

Annexe 2 : résultats et discussion (analyse statistique des paramètres biométriques).

1. Paramètre : Nombre de nodosités par plante

Test d'égalité des espérances: deux observations

	Mahmel	El Meita
Moyenne	94,3	54,455
Variance	96,12	36,28436667
Observations	4	4
Variance pondérée	66,2021833	
Différence hypothétique des moyennes	0	
Degré de liberté	6	
Statistique t	6,92552454	
P(T<=t) unilatéral	0,00022438	
Valeur critique de t (unilatéral)	1,94318027	
P(T<=t) bilatéral	0,00044876	
Valeur critique de t (bilatéral)	2,44691185	

2. Paramètre : Nombre de ramifications par plante

Test d'égalité des espérances: deux observations

	Mahmel	El Meita
Moyenne	6,55	13,6
Variance	0,35666667	6,60666667
Observations	4	4
Variance pondérée	3,48166667	
Différence hypothétique des moyennes	0	
Degré de liberté	6	
	-	
Statistique t	5,34331183	
P(T<=t) unilatéral	0,00087787	
Valeur critique de t (unilatéral)	1,94318027	
P(T<=t) bilatéral	0,00175574	
Valeur critique de t (bilatéral)	2,44691185	

3. Paramètre : Hauteur de la tige principale par plante (cm)

Test d'égalité des espérances: deux observations

	Mahmel	El Meita
Moyenne	38,45	74,165
Variance	2,916666667	51,15556667
Observations	4	4
Variance pondérée	27,03611667	
Différence hypothétique des moyennes	0	
Degré de liberté	6	
Statistique t	-9,713897049	
P(T<=t) unilatéral	3,41649E-05	
Valeur critique de t (unilatéral)	1,943180274	
P(T<=t) bilatéral	6,83297E-05	
Valeur critique de t (bilatéral)	2,446911846	

4. Paramètre: Nombre de feuilles par plante

Test d'égalité des espérances: deux observations

	Mahmel	El Meita
Moyenne	15,1	18,33
Variance	0,226666667	7,19186667
Observations	4	4
Variance pondérée	3,70926667	
Différence hypothétique des moyennes	0	
Degré de liberté	6	
Statistique t	2,37177503	
P(T<=t) unilatéral	0,02769316	
Valeur critique de t (unilatéral)	1,94318027	
P(T<=t) bilatéral	0,05538633	
Valeur critique de t (bilatéral)	2,44691185	

5. Paramètre : Profondeur des racines par plante (cm)

Test d'égalité des espérances: deux observations


	Mahmel	El Meita
Moyenne	16,65	21,79
Variance	9,69	4,8364
Observations	4	4
Variance pondérée	7,2632	
Différence hypothétique des moyennes	0	
Degré de liberté	6	
Statistique t	-2,69720599	
P(T<=t) unilatéral	0,01785425	
Valeur critique de t (unilatéral)	1,94318027	
P(T<=t) bilatéral	0,0357085	
Valeur critique de t (bilatéral)	2,44691185	

6. Paramètre : Largeur des racines par plante (cm)

Test d'égalité des espérances: deux observations

	Mahmel	El Meita
Moyenne	15,1	40,165
Variance	0,22666667	13,0622333
Observations	4	4
Variance pondérée	6,64445	
Différence hypothétique des moyennes	0	
Degré de liberté	6	
	-	
Statistique t	13,7515986	
P(T<=t) unilatéral	4,5976E-06	
Valeur critique de t (unilatéral)	1,94318027	
P(T<=t) bilatéral	9,1952E-06	
Valeur critique de t (bilatéral)	2,44691185	

Annexe 3 : Bulletins des analyses des sols des sites d'étude / Exploitation agricole privée El Meita




siddra
Système Intégré d'analyse et de
Recommandation de Fertilisation

Référence N°: 20/01/2018
Buletin édité le: 21/04/2019

Données du consultant

khenchela 40000 Khenchela (Khenchela)




FERTIAL
Les Fertilisants d'Algérie

DONNÉES DE L'EXPLOITATION, PARCELLE ET CULTURE

Propriété: privé	Culture: PALMIER DATTIER/GÉNÉRIQUE/COMÚN
Parcelle: palmier sidi najji	Production: 100 q/Ha
Cadastre: Polygone 00 Parcelle 00	Type: Goutte-à-goutte (g. à g.)
Localité: Babar	Surface: 2 Ha
C.P.: 40340 (Khenchela)	Identification: palmier 80 cm

Résultats de l'analyse du sol

Fertial Laboratoire agronomique BP 3088 Route Des Salines Annaba Tél: 038.53.96.10 / Fax: 038.53.93.42	échantillon n° T-30825	Code-barres 
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------

Sable 12%	Limon 60%	Argile 28%
Texture: Limono-Argileux		

Conductivité (1/5 mS/cm)	2,75	Excès
pH eau (1/2.5)	7,83	Alcalin
C/N	6,98	Faible
Carbonates	18,65	186500,00
Calcaire actif	8,79	87900,00
Matière organique	1,8	18000,0
Azote Total	0,15	1500,00
Phosphore (Olsen)	0,05	15,4
Potassium échangeable	0,6	250,2
Magnésium échangeable	0,7	88,8
Calcium échangeable	36,1	7242,5
Sodium échangeable	2,3	533,5
C.E.e (mS/cm)	19,6	Excès

	Très faible	Faible	Normal	Élevé	Très élevé	
CE						mS/cm
pH					7,83	
C/N					6,98	
CaCO3					18,65	%
C.actif					8,79	%
MO					1,8	%
N					0,15	%
P					15,4	p.p.m.
K					0,6	meq/100gr
Mg					0,7	meq/100gr
Ca					36,1	meq/100gr
Na					2,3	meq/100gr

(Données analytiques interprétées par le Système Siddra)

Interprétation de l'Analyse


Il peut y avoir des problèmes de salinité si la culture est sensible. Il conviendra donc de déterminer si cela est dû ou non à la qualité de l'eau d'arrosage. Le pH actuel du sol est alcalin et peut produire des problèmes d'assimilation de micro-éléments. Pour la culture PALMIER DATTIER le pH du sol le plus adéquat est compris entre 5.8 et 6.8. Le faible rapport carbone/azote indique une minéralisation rapide de la matière organique du sol. La teneur en carbonates est normale. Il y a risque de rétrogradation du phosphore ce qui réduit sa disponibilité. Il peut y avoir carence induite de Mg par excès de Ca. Il y a risque de carence induite en Mg en raison d'un excès de K.

Recommandation de Fertilisation

Engrais	Kg/Ha
NPKs 15-15-15 (Base sulfate)	0

Signé : Conseiller Agronomique.

FERTIAL Laboratoire Agronomique



Bulletins des analyses des sols des sites d'étude / station du HCDS MAHMEL



Référence N°: 7816 11/07/2017
 Buletin édité le: 13/09/2017

Données du consultant

HCDS El Mahmal
 Tazougart 40351 Tazougart (Khenchela)



DONNÉES DE L'EXPLOITATION, PARCELLE ET CULTURE

<i>Propriété:</i> etat	<i>Culture:</i> AMANDIER/FRANC/ANTOÑETA
<i>Parcelle:</i> HCDS	<i>Production:</i> 40 q/Ha
<i>Cadastré:</i> Polygone 00 Parcelle 00	<i>Type:</i> Goutte-à-goutte (g. à g.)
<i>Localité:</i> Tazougart	<i>Surface:</i> 3 Ha
<i>C.P.:</i> 40351 (Khenchela)	<i>Identification:</i>

Résultats de l'analyse du sol

Fertial Laboratoire agronomique BP 3088 Route Des Salines Annaba Tél: 038.53.96.10 / Fax: 038.53.93.42	échantillon n° T-18427	Code-barres
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------	-----------------

			Très faible Faible Normal Élevé Très élevé					
Sable 40%	Limon 16%	Argile 44%	Texture: Argileuse					
Conductivité (1/5 mS/cm)	0,2	Non salé	CE					0,2 mS/cm
pH eau (1/2.5)	8,26	Alcalin	pH					8,26
C/N	6,27	Faible	C/N					6,27
Carbonates	%	p.p.m.	CaCO ₃					12,61 %
Calcaire actif	12,61	126100,00	C.actif					9,61 %
Matière organique	9,61	96100,00	MO					2,05 %
Azote Total	2,05	20500,00	N					0,19 %
	0,19	1900,00	P					12,2 p.p.m.
Phosphore (Olsen)	meq/100gr	p.p.m.	K					1,1 meq/100g
Potassium échangeable	0,04	12,2	Mg					2,6 meq/100g
Potassium échangeable	1,1	422,2	Ca					39,7 meq/100g
Magnésium échangeable	2,6	310,1	Na					0,2 meq/100g
Calcium échangeable	39,7	7951,9						
Sodium échangeable	0,2	52,9						

(Données analytiques interprétées par le Système Siddra)

Interprétation de l'Analyse

Il s'agit d'un sol très lourd, avec un drainage interne très mauvais et une capacité de rétention de l'eau et des engrais très élevée. Il y a risque de rétrogradation du phosphore et de potassium, ainsi que d'asphyxie racinaire dans les cas extrêmes. En général le sol est de fertilité élevée. Le sol ne présente pas de problèmes de salinité. Le pH actuel du sol est alcalin et peut produire des problèmes d'assimilation de micro-éléments. Pour la culture AMANDIER le pH du sol le plus adéquat est compris entre 6 et 6,8. Le faible rapport carbone/azote indique une minéralisation rapide de la matière organique du sol. La teneur en carbonates est normale. Il y a risque de rétrogradation du phosphore ce qui réduit sa disponibilité. Il peut y avoir carence induite de Mg par excès de Ca. Il n'y a pas de risque grave de carence induite en Mg en raison d'un excès de K.

Recommandation de Fertilisation

Fertilisation de fond	Kg/Ha	
NPK 15-15-15	99	
T.S.P. 46% P2O5	67	
sulfate de potassium 0-0-50	70	
Fertilisation d'entretien		
SULFAZOT	154	Applications: 1

Observations

Fumure azotée: 40 U de N/ha, en un seul apport au mois de février (en culture en sec).

Annexe 4 : Milieu de culture et réactifs utilisés :

1. Milieu de culture utilisé:

Gélose Yeast-Mannitol-Agar (YMA) en g/l (VINCENT, 1970) :

Mannitol	10g
Extrait de levure	1g
K ₂ HPO ₄	0,5g
MgSo ₄ 7H ₂ O	0,2g
NaCl	0,1g
Agar-agar	15g
Eau distillée	1000ml
Ajuster le PH à 6,8	

Stériliser à l'autoclave 20 minutes à 120°C sous une pression 1 bar.

2. Kit de colorants de Gram :

2.1. Violet de gentiane :

Solution A :

Violet de gentiane	2g
Alcool à 95°	20ml

Solution B :

Oxalate d'ammonium	0,8g
Eau distillée	80ml

Mélanger les solutions A et B , laisser reposer 24 heures avant l'emploi , verser à travers un papier filtre dans un flacon.

2.2. Lugol « solution iodée de gram » :

Iode	1g
Iodure de potassium.....	2g
Eau distillée	300ml

Dissoudre d'abord l'iode de potassium dans environ 30ml d'eau distillée ,

Ajouter l'iode et mélanger jusqu'à dissolution.

Ajouter le reste d'eau distillée , mélanger

Conserver dans un flacon en verre brun ou en plastique opaque (à l'abri de la lumière).

Annexe 4 : Milieu de culture et réactifs utilisés (suite) .

2.3. Fushine :

Solution A :

Fushine 2,5g

Alcool à 95°100ml

Solution A bis :

Solution A10ml

Eau distillée 90ml

Homogénéiser la solution A bis, conserver dans un flacon en verre.

3. Eau distillée stérile :

Répartir de l'eau distillée dans des flacons en verre secs bien nettoyés.

Stériliser à l'autoclave 20 minutes à 120°C sous une pression 1 bar.

3. Flacons et tubes pour conservation des nodules :

Remplir la moitié des flacons et tubes à essai à vis secs bien nettoyés, de granulés de CaCl₂

« silica gel », ensuite introduire dessus à l'aide d'une pince une couche épaisse de coton cardé.

Stériliser l'ensemble dans une étuve universelle pendant 30 minutes à une température de 170°C.

4. Solution de l'hypochlorite de sodium à 1% :

Hypochlorite de sodium à 12°8, 3ml

Eau distillée stérile1000ml

Homogénéiser la solution, conserver dans un flacon en verre.

Glossaire

BNF : processus dans lequel quelques bactéries convertissent l'azote atmosphérique en ammonium s'appelle « fixation biologique de l'azote » (BNF).

Leghémoglobine : la léghémoglobine (ou LegHb), orthographiée aussi **leghémoglobine**, est une hémoprotéine fixatrice de dioxygène présente chez les Fabacées et qui a une structure très proche de l'hémoglobine. Rouge comme le sang, elle donne une couleur plus ou moins rosée aux nodosités des racines d'espèces végétales.

Nodosité : excroissance plus ou moins volumineuse portée par les racines des légumineuses, provoquée par des bactéries symbiotiques fixatrices d'azote atmosphérique du genre *Rhizobium*.

Lessivage : Entraînement des substances solubles du sol par un flux d'eau, qui provoque l'appauvrissement en éléments minéraux des couches superficielles des terrains.

Nodule : Excroissance globuleuse, composée de cellules qui réduisent l'azote atmosphérique en ammonium, que développent certaines plantes au niveau de leurs racines, notamment de la famille des Légumineuses

Rhizosphère : Partie du sol soumise à l'action des racines

Symbiose : association entre deux espèces avec des effets bénéfiques pour chacune des espèces.

Décomposition : transformation des matières organiques sous l'action des microorganismes dans le sol.

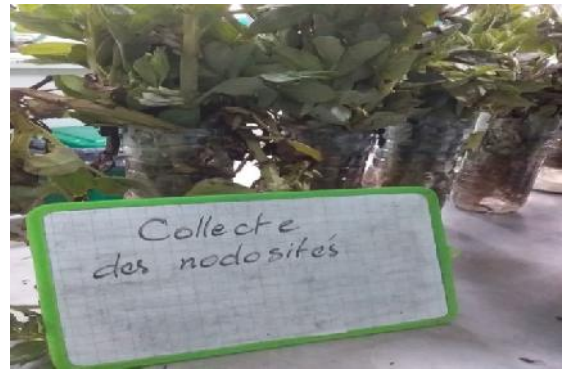
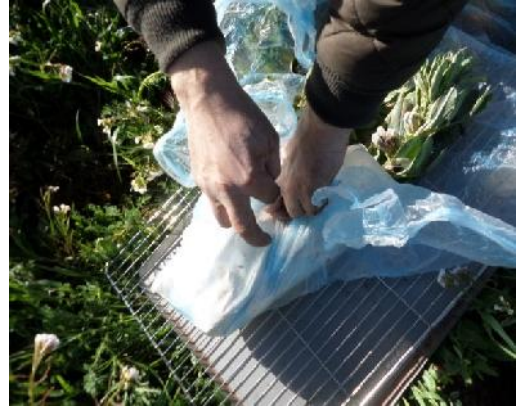
Inoculer: apporter des rhizobiums à une légumineuse.

Inoculum: culture de rhizobiums déposés sur un support inerte qui est en général une tourbe.

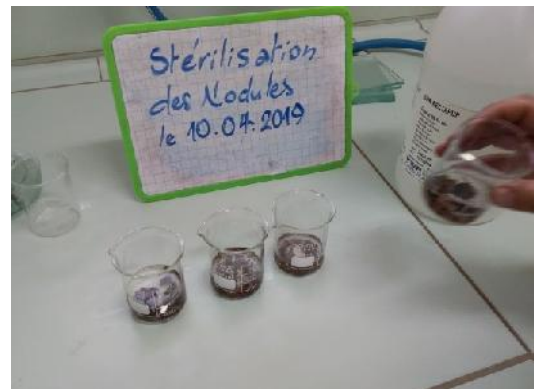
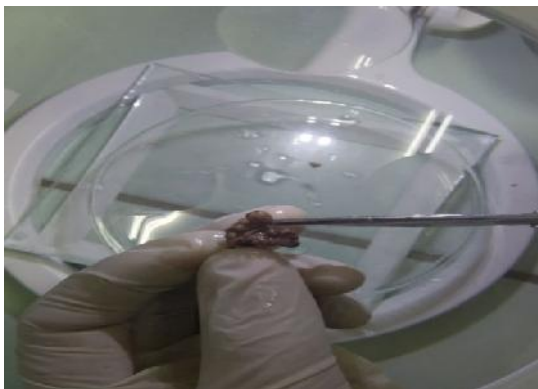
Légumineuse: famille de plantes angiospermes dicotylédones intervenant dans la symbiose fixatrice d'azote avec les rhizobiums.

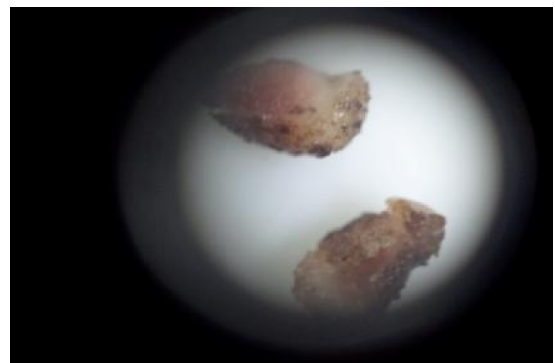
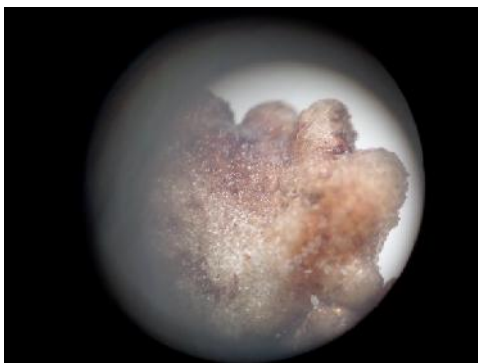
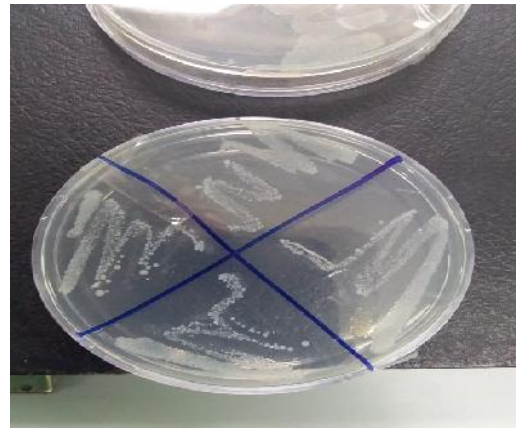
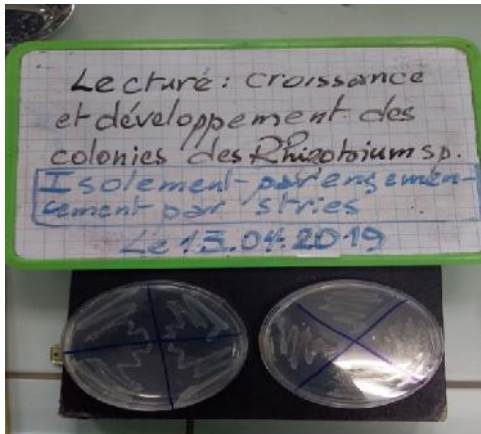
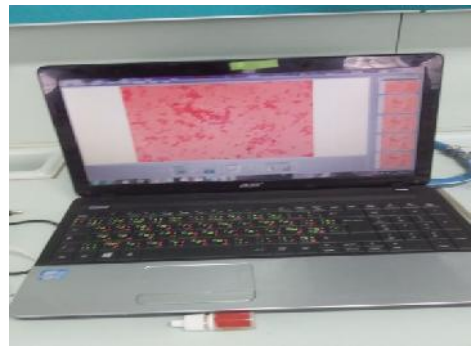
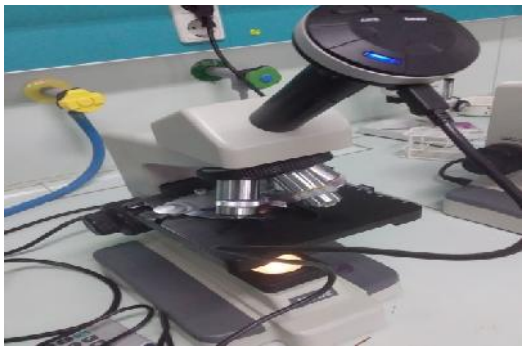
Rhizobium: bactérie aérobie fixatrice d'azote, vivant en symbiose avec une légumineuse et lui permettant l'assimilation de l'azote libre de l'air.

Symbiose: association de deux organismes différents dépendants l'un de l'autre.









INTRODUCTION



CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA FEVE



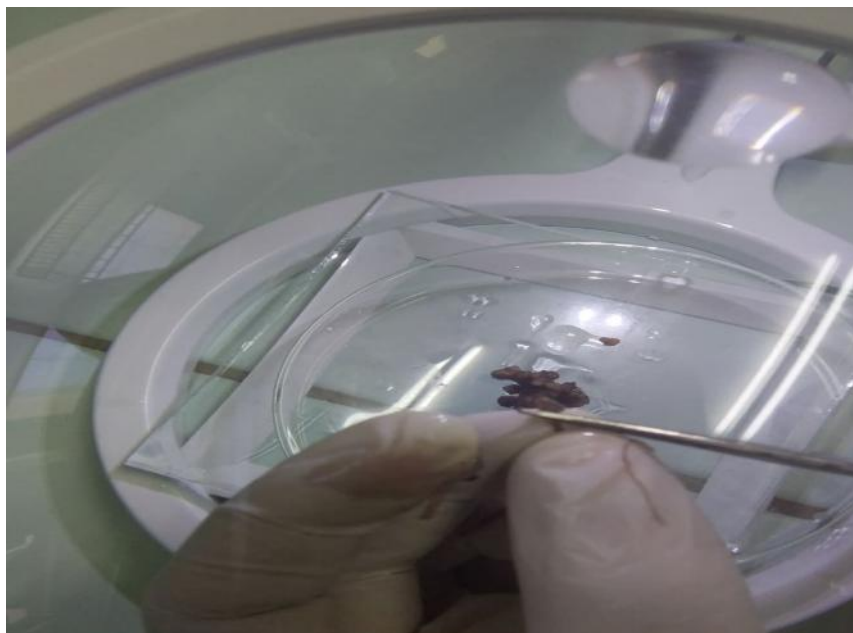
CHAPITRE II :
FIXATION SYMBIOTIQUE DE
L'AZOTE ATMOSPHERIQUE



CHAPITRE III : PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE



CHAPITRE IV :
MATERIEL ET METHODES



CHAPITRE V : ***RESULTATS ET DISCUSSION***



CONCLUSION



***REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES***



ANNEXES



ALBUM PHOTOS

