

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère De L'enseignement Supérieur et De La Recherche Scientifique



Université De Blida -1-



Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie

Département Des Biotechnologies

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de master académique en SNV

Spécialité : Biotechnologie Végétale

Thème :

ECOPHYSIOLOGIE DE LA REPOSE DES PLANTES DU HARICOT
***Phaseolus vulgaris* L VARIETE CONTENDER AU STRESS SALIN**

Présenté par :

- ❖ **Benchamma hanane.**
- ❖ **Bouacha Roumaïssa.**

Devant le jury composé de :

| | | | |
|----------------|-----|-----------------------|------------|
| Mr ZOUAOUI A. | MCA | Université de Blida 1 | Président |
| Mm BENZAHRA S. | MCB | Université de Blida 1 | Promotrice |
| Mr ABBAD M. | MCA | Université de Blida 1 | Examineur |

Année universitaire 2019/2020

Remerciement

Avant tous, nous remercions Allah le tout puissant de nous avoir donnée courage et la patience de mener à bien ce travail.

Nous remercions en première notre encadreur Mm BENZAHRA S à l'origine du lancement et la réussite de ce travail.

Nous remercions aussi le membre du jury d'avoir accepté d'examiner notre travail Mr ZOUAOUI A. et Mr ABBAD M.

Nous remercions aussi l'ingénieure du laboratoire qui nous aide soit par les matériels soit par les meilleures conseils.

Nous remercions également tous les professeurs qui nous ont suivis durant notre cycle d'étude.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

Ames très chers parents qui ont largement
contribué à mon éducation et mon
enseignement

A tout ma grande famille

Mes soeurs, leurs maries et leurs enfants, sans
oublier ma petite soeur Bouchra

Mes frères, leurs femmes et leur fille Bouchra

A mon fiancé Wahid

A mon Binôme Romaisa, mes amies Zahra,
Omamo, Rania, kawther, Soumai, Sarah et
Sabrina

Enfin a tous ceux qui m'ont aidé de près ou
de

loin

Hanane

Dédicace

Je dédie ce modeste :

A la mémoire de mes très chers parents et qui m'a encouragé durant ce travail mes deux bonnes étoiles qui ont guidé et guident toujours mon chemin. Vous étiez des parents exemplaires, merci pour tout ce que vous m'avez appris et merci pour ce que vous avez de moi.

A tous mes frères et leurs enfants (Hadil, Malek, Mohamed Hamza) à mes sœurs et leurs enfants (SifeAldine, Safaa Soulef, Meriem, Rahaf, SHahd), à tous mes proches et tous mes amis sans oublier mon binôme Hanane.

A tous mes enseignants, à toute ma promotion biotechnologie végétale. Si j'ai pu mener ce travail à terme c'est grâce à votre soutien j'ai beaucoup de chance de vous avoir.

ROUMAISSA

Résumé

La salinité présente une menace sérieuse pour l'agriculteur surtout dans les zones irriguées ou elle occasionne des énormes dégâts pour le sol que pour les cultures .parmi ces cultures,le Haricot qui a un grand intérêt économique et nutritionnel vu sa richesse en protéine végétales.

Le présent travail a pour but d'étudier la résistance vis-à-vis la salinité sur les paramètres morphologique, physiologiques chez le haricot *phaseolus vulgaris* L.

Le travail proposé permet d'étudier la plante le Haricot (*phaseolus vulgaris* L), conduite dans un milieu salin a base NaCl, sous des concentrations 17mol/m^3 , 34mol/m^3 , 51mol/m^3 , 68mol/m^3 , ce qui a permis d'apporter des informations supplémentaires sur le comportement physiologiques de ces graines en réponse au stress⁶ salin stade de la cour de la germination.

La salinité a clairement influencé à la germination à travers les paramètres physiologiques étudiés dont le taux de germination, la longueur des racines et le nombre de la feuille.

MOTS Clés : Haricot, *phaseolus vulgaris*.L, salinité, Germination, NaCl

Abstract

Salinity presents a serious threat to agriculture, especially areas, or it causes enormous damage to the soil as well as to crops. Among these crops, the bean has a great economic and national interest because of its high vegetable protein content.

The presenter work aims to study the résistance towards salinity on the morphological and physiological parameters in bean *phaseolus vulgaris* L.

The proposed work makes it possible to study The bean plant(*phaseolus vulgaris* L) , conducted in an NaCl based salt medium, submitted in concentrations 17mol/m^3 , 34mol/m^3 , 51mol/m^3 , 68mol/m^3 , whiche provided additional informations on the physioiological behavior of these seeds in reponse to salt stress stage of the sprouting yard.

Salinity clearly influenced germination through the studied physiological parameters, whose germination rate, root length and the number offsets affected by the saline concentrations applied by the control.

Key words: Bean, *phaseolus vulgaris*.L, salinity, Germination, NaCl.

الملخص

تمثل الملوحة تهديدا خطيرا للزراعة وتسبب أضرارا هائلة للتربة وكذا للمحاصيل. من بين هذه المحاصيل للفاصوليا مصلحة اقتصادية وغذائية كبيرة بسبب محتواه من البروتين النباتي.

يهدف هذا العمل الى دراسة مقاومه تجاه الملوحة في المعلمات المورفولوجية و الفسيولوجية *phaseolus vulgaris*. الفاصوليا. الذي تم اجراؤه في وسط ملحي يحتوي على الكلور. يتيح العمل المقترح دراسة بيان الفاصوليا بتراكيز مختلفة بين محلول الكلور 17mol/m^3 , 34mol/m^3 , 51mol/m^3 , 68mol/m^3 والذي قدم معلومات إضافية عن السلوك الفسيولوجي لهذه البذور استجابة لمرحلة. الإجهاد الملحي.

لقد أثرت الملوحة بشكل واضح على الانبات من خلال المعلومات الفيزيولوجية المدروسة, التي يتأثر معدل إنباتها وطول الساق وعدد الأوراق.

الكلمات المفتاحية: الفاصوليا, *phaseolus vulgaris*, الملوحة, كلوريد الصوديوم

LISTE DES FIGURES

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure n°1 : La fleur du Haricot commun | 29 |
| Figure n° 2 : Le fruit du haricot La fleur du Haricot commun | 30 |
| Figure n°3 : Description de la plante du Haricot..... | 31 |
| Figure n°4 : L'espèce Phaseolus Vulgaris L..... | 32 |
| Figure n° 5 : Le cycle de développement d'une graine de haricot..... | 33 |
| Figure n°6 : stade germination..... | 33 |
| Figure n°7 : stade croissance..... | 34 |
| Figure n° 8 : stade floraison..... | 35 |
| Figure n°9 : stade de maturation | 35 |
| Figure n°10 : Germination des graines du haricot (personnelle ,2020)..... | 45 |
| Figure n °11 : Dispositif expérimental..... | 46 |

LISTE DES TABLEAUX

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau n°1 : valeur nutritionnelles (μg , mg, g) et énergétiques (kcal) moyennes de 100 g de haricot blanc (HAMDANI, 2012)..... | 37 |
| Tableau n°2 : superficies et productions du haricot sec en Algérie (HAMDANI, 2012)..... | 38 |
| Tableau 3 : La production nationale du haricot vert pour la période 2009-2013..... | 39 |
| Tableau n°4 : les maladies des haricots et les moyens de lutte. (NYABYENDA, 2005)..... | 42 |
| Tableau n° 5 : récapitule les méthodes de lutttes vis-à-vis de différents ravageurs de <i>Phaseolus vulgaris</i> . (CHAUX et FOURY, 1994)..... | 43 |

SOMMAIRE

SOMMAIRE

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Résumé

Introduction1

Chapitre 1 : Généralité sur la salinité

1. Le stress.....3

1.1. Définition du stress..... 3

1.2. Catégories de stress 3

1.2.1. Stress biotiques.....3

1.2.2. Stress abiotiques.....3

1.2.2.1. Le stress hydrique..... 4

1.2.2.2. Le stress thermique..... 4

1.2. 2.3. Le stress ionique..... 5

1.2.2.4. Le stress salin 5

2. La salinité.....5

2.1. Définition de la salinité..... 5

2.2. Les principaux sels de salinité..... 6

2.2.1. Chlorures 6

2.2.2. Sulfate..... 7

2.2.3. Carbonates..... 7

SOMMAIRE

| | |
|---|----|
| 2.3. Les différents types de salinité | 7 |
| 2.3.1. Salinité primaire..... | 7 |
| 2.3.2. Salinité secondaire..... | 8 |
| 2.4. Répartition des sols salés..... | 8 |
| 2.4.1 Dans le monde..... | 8 |
| 2.4.2 En Algérie..... | 8 |
| 2.5. Définition des sols salés (sols halomorphes)..... | 8 |
| 2.6. Classification des sols salés..... | 9 |
| 2.6.1. Sols à complexe sodique ou sols alcalins (les solonetz)..... | 9 |
| 2.6.2. Sols salins à complexe calcique (Solontcheks)..... | 9 |
| 2.7. Mise en valeur des sols salés..... | 10 |
| 2.8. Importance de la salinité..... | 10 |
| 3. Le stress salin et les plantes..... | 11 |
| - Les halophytes..... | 12 |
| - Les glycophytes ou halophobes..... | 12 |
| 3.1 .Les causes de la salinité..... | 12 |
| 3.2. Les effets de la salinité sur la plante..... | 13 |
| 3.2.1. L'effet de la salinité sur la germination..... | 14 |
| 3.2.2. L'effet de la salinité sur la croissance..... | 14 |
| 3.2.3. L'effet de la salinité sur la photosynthèse | 15 |
| 3.2.4. L'effets de la salinité sur l'anatomie de la feuille..... | 16 |
| 3.2.5. L'effet de la salinité sur les relations hydriques..... | 16 |

SOMMAIRE

| | |
|--|----|
| 3.2.6. L'effet de la salinité sur l'assimilation des éléments minéraux..... | 17 |
| 3.2.7. L'effet de salinité sur le rendement..... | 17 |
| 4. L'azote et la plante..... | 18 |
| 4. 1. Cycle de l'azote..... | 18 |
| 4.2. Assimilation de l'azote par les plantes..... | 19 |
| • Absorption des nitrates par la racine..... | 19 |
| • Cheminement du nitrate..... | 20 |
| • Sécrétion dans le xylème..... | 20 |
| • Réduction du NO ₃ -..... | 20 |
| 4.3. Structure et fonction du nitrate réductase et du nitrite réductase..... | 21 |
| • Le nitrate réductase..... | 21 |
| • Le nitrite réductase..... | 22 |
| 4.4. Régulation de la NR et de la NiR..... | 22 |
| • Régulation par des facteurs de l'environnement..... | 22 |
| 4.5. Assimilation symbiotique d'azote..... | 24 |
| • La formation et développement du nodule..... | 25 |

Chapitre 2 : Données bibliographiques sur le haricot

| | |
|--------------------------------|----|
| 1. Les légumineuses..... | 27 |
| 2. Origine de haricot..... | 27 |
| 3. Description de haricot..... | 28 |
| • Les racines..... | 28 |
| • Tiges..... | 28 |

SOMMAIRE

| | |
|---|----|
| • Feuille..... | 29 |
| • Inflorescences..... | 29 |
| • Fleurs..... | 29 |
| • Fruits..... | 30 |
| • Graine..... | 30 |
| 4. Caractéristiques botaniques de l'espèce..... | 31 |
| 5. Classification systématique..... | 31 |
| 6. Cycle de développement du haricot..... | 32 |
| 6.1. Phase de germination..... | 33 |
| 6.2. Phase de croissance..... | 34 |
| 6.3. Phase de floraison..... | 34 |
| 6.4. Phase de maturation..... | 35 |
| 7. Exigences climatiques du Haricots..... | 35 |
| • Climat, eau, sol..... | 35 |
| 8. Importance de la culture des haricots..... | 36 |
| 8.1. Importance nutritionnelle de haricot..... | 36 |
| 8.2. Importance économique..... | 37 |
| 8.3. Importance écologique..... | 38 |
| 9. Situation du haricot en Algérie..... | 38 |
| 10. Intérêt médical du Phaseolus vulgaris..... | 39 |
| 11. Sensibilité du haricot..... | 40 |
| 12. Les ennemis du haricot..... | 41 |

SOMMAIRE

12.1. Les maladies.....41

12.2. Les ravageur.....42

Chapitre 3 : Matériel et Méthodes

1- Objectif de l'expérimentation.....44

2-Le matériel végétal44

3-Description des traitements.....44

4- Conditions expérimentales.....44

• Localisation.....44

5-Conduite de l'essai.....45

6-Paramètres étudiés.....46

• L'apparition des nodosités.....46

• Détermination des matières azotées totales (MAT).....46

1-Minéralisation.....46

2-Distillation.....47

• Paramètre biochimique..... 48

1-Dosage de la proline..... 48

7-Mode d'expression des résultats49

Conclusion.....50

Référence

Introduction

Introduction

La salinité et la sécheresse sont les principales causes de diminution de la productivité végétale (MERRIEN et GRANDIN, 1990). La sécheresse a accentué le phénomène de la salinisation des sols dans les régions arides et semi arides, devenue un second facteur abiotique qui réduit considérablement les rendements agricoles de diverses cultures.

La salinité des sols est non seulement liée aux conditions climatiques mais également aux recours souvent mal contrôlés de l'irrigation (RHOADES et al., 1992). Ce phénomène s'est aussi accentué par l'usage abusif des engrais. En effet, la fertilisation Et l'irrigation localisées conduisent à élever exagérément la concentration des sels dans les Substrats de culture (MOUHOUCHE et BOULASSEL, 1999).

Actuellement, les stress environnementaux comme le stress salin, limitent sérieusement la Croissance des plantes ainsi que la productivité végétale. Ces contraintes résultent entre autres des problèmes posés par l'irrégularité des Pluies et l'insuffisance des réserves en eau dans les barrages.

La recherche de plantes plus adaptées aux stress abiotiques est un enjeu fondamental Pour assurer la production agricole (BLUM, 1996 ; TURNER et al.,2001) La capacité d'évaluer quantitativement les performances des plantes cultivées subissant un stress abiotique est très important au niveau des programmes de recherche qui visent la réhabilitation et l'amélioration de la production en régions hostiles telles que les zones Arides et semi arides (I.N.R.A.,2000).

De nombreux travaux (BAYUELO-JIMÉNEZ et al, 2002 ; GAMA et al, 2007 ; BOUZID, 2009-2010 ; ZAMAN-ALLAH et al, 2009) ont traité les effets de la salinité sur Le développement et la productivité du haricot.

Le travail présenté s'inscrit dans ce contexte de recherches. Il englobe différents essais Prétendant à estimer les effets et les réponses de la plante conduite sous différentes teneurs De Na Cl (17, 34, 51, et 68 mg/l). Dont l'objectif est d'étudier le comportement éco physiologique des plantes du Haricot *Phaseolus vulgaris* la variété CONTENDER. Ainsi l'effet du stress salin exercé sur la fixation de l'azote atmosphérique

Introduction

Le travail est présenté selon trois parties. Dans une première est une généralité sur la salinité.

Dans une seconde sont présentées les données bibliographiques sur haricot. Dans une troisième matérielle et méthodes et enfin dans une dernière conclusion.

1. Le stress

1.1. Définition du stress

On appelle stress toute pression dominante exercée par un paramètre, perturbant le fonctionnement habituel de la plante. Par ailleurs, la réponse du végétal dépend, entre autres, de ces paramètres environnementaux, (le type de contrainte, son intensité et sa durée) et génétiques (espèce et génotype) (Hopkins., 2003).

Selon Dututt et al (1994), le stress est le dysfonctionnement (rupture d'un équilibre fonctionnel) produit dans un organisme ou dans un système vivant, par exemple par une carence.

Le stress est un ensemble de conditions qui provoquent des changements de processus physiologiques résultant éventuellement en dégâts, dommages, blessures, inhibition de croissance ou de développement.

Au niveau d'un écosystème par exemple, toute contrainte externe qui limite la productivité en deçà de la potentialité génétique d'une plante peut être considérée comme stress (Grime., 1979 in Baba Sidi Kaci., 2010).

1.2. Catégories de stress

1.2.1. Stress biotiques

Les stress biotiques sont nombreux et ont pour origine les virus, les organismes phytophages et les pathogènes. Afin d'y faire face, la plante met en place un système de défense qui fait intervenir une chaîne de réactions. Les protéines végétales défensives produites font office de rempart contre les agents nuisibles (Shilpi & Narendra, 2005).

1.2.2. Stress abiotiques

Les stress abiotiques sont causés généralement par la sécheresse (GIRAUD et al, 2008), la salinité (LUHUA et al, 2008), les hautes ou les basses températures, la lumière (GIRAUD et al, 2008), l'excès ou le déficit en éléments et les métaux lourds (KLEIN et al, 2008).

Les stress abiotiques induisent des changements physiologiques (LANGRIDGE et al, 2006) et des changements dans les processus cellulaires et moléculaires (CHINNUSAMY et al, 2006 ; TALAME et al, 2007). Les stress peuvent également affecter le fonctionnement de la plante en perturbant les flux ioniques (LANGRIDGE et al, 2006) ou en altérant les parois ou membranes cellulaires (ZHU, 2001 ; WANG et al, 2003).

1.2.2.1. Le stress hydrique

La sécheresse menant au stress hydrique dans la plante est un problème important qui réduit la productivité agricole tropicale, semi-aride et aride du monde (LEAKEY et al, 2006).

Le stress hydrique du sol doit être décomposé en déficit hydrique et l'excès d'eau entraînant l'asphyxie. Il peut limiter ainsi la croissance des végétaux, en modifiant le lien entre la disponibilité et les besoins (BEZZALA, 2005). Il se traduit chez la plante par une série de modification qui touchent les caractères morphologiques, physiologiques et biochimiques à partir du moment où les besoins en eau de la plante sont supérieurs aux quantités disponibles.

Le déficit hydrique joue un rôle direct sur la physiologie des plantes ; toutes les fonctions physiologiques ne sont pas affectées en même temps et avec la même ampleur (BRISSON, 2008).

1.2.2.2. Le stress thermique

Pour effectuer sa croissance et son développement, chaque plante exige une gamme bien particulière de températures. Chaque plante possède une température optimale de croissance et de développement, qui ne peuvent se dérouler qu'entre des limites supérieures et inférieures. Lorsque la température avoisine ces limites, la croissance diminue et au-delà, elle s'annule (HOPKINS, 2003).

Le stress thermique est souvent défini quand les températures sont assez hautes ou basses pendant un temps suffisant pour qu'elles endommagent irréversiblement la fonction ou le développement des plantes. Elles peuvent être endommagées de différentes manières, soit par des températures basses ou élevées de jour ou de nuit, par l'air chaud ou froid ou par les températures élevées du sol. La contrainte thermique est une fonction complexe qui varie

selon l'intensité (degré de la température), la durée et les taux d'augmentation ou de diminution de la température (OUKARROUM, 2007).

1.2. 2.3. Le stress ionique

Lié à la composition en éléments du sol (carences ou toxicité en certains ions) : un déficit en N, P, MO, Cu, Zn, Fe, B,... peut avoir des conséquences importantes sur le développement des plantes. Un excès de minéraux AL, Na, Cl,... peut avoir des effets toxiques (MONNEVEUX et THIS, 1997). La présence de sels dans les sols est l'un des problèmes majeurs affectant les contraintes. La salinité couvrant de larges superficies est amplifiée par le manque d'eau (ABBAD et al, 2004).

1.2.2.4. Le stress salin

Le stress salin peut directement ou indirectement affecter le statut physiologique des plantes en changeant leur métabolisme, leur croissance et leur développement (AJMAL KHAN, 2000 ; GARG et al, 2002). Il est difficile d'estimer les conséquences d'un stress salin, car il recouvre à la fois des stress hydrique, ionique et nutritionnel. Ainsi, les impacts de la salinité sur le développement et le rendement de la plante sont aussi nombreux que difficiles à hiérarchiser.

Les problèmes osmotiques pourraient se produire en raison de l'accumulation des concentrations élevées de Na⁺ dans l'apoplasme des feuilles, puisque l'ion Na⁺ présent avec les éléments circulants dans le xylème, est laissé pendant que l'eau s'évapore (TESTER et DAVENPORT, 2003).

2. La salinité

2.1. Définition de la salinité

La salinité des sols est caractérisée par une forte concentration de sels solubles. Les sols sont classés comme salins où la conductivité électrique d'un extrait de pate saturé à 25°C (CEeps) est égale ou supérieure à 4 ds/m ou plus (USDA_ARS, 2008), ce équivaut à enivrant 40 Mm de Na Cl et génère une pression osmotique d'environ 0,2 MPA. Cette définition de la

salinité qui drive de la CEeps , réduit considérablement le rendement de la plupart des espèces cultivé.

Il est prouvé que la salinité est liée étroitement avec les cations Na^+ , Ca^{2+} et Mg^{2+} , tandis que le Cl^- , le sulfate (SO_4^{2-}) et le bicarbonate (HCO_3^-) sont des anions qui contribuent à la salinité du sol . Toutefois, le Na Cl est considéré comme le sel le plus important parce que le Na^+ et le Cl^- sont toxiques pour les plantes quand ils sont accumulés avec des fortes concentrations (Kewaunee et al . , 2003). En plus, les concentrations élevées de Na^+ dans la solution du sol entraîne une détérioration de la structure du sol, ce qui exacerbe l'effet de la salinité en empêchant le drainage ainsi que la disponibilité de l'eau sera affectée en rendement de sol sec (Bennet et al . , 2009). En présence de fortes concentrations de Na Cl, la plupart des plantes exclut le Na^+ et le Cl^- par les racines et l'eau sera captée par le sol (Munns, 2005). La salinité réduit les rendements des cultures agricoles dans de nombreuses régions arides et semi-arides du monde où la pluviométrie est insuffisante pour un lessivage des sels dans la zone (Rengasamy. 2006).

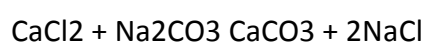
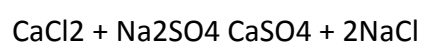
2.2. Les principaux sels de salinité

Nous distinguons trois grands groupes de sels solubles ; les chlorures, les carbonates et les sulfates (HULIN, 1983 in BOUTELLI, 2012 ; AUBERT, 1982)

2.2.1. Chlorures

Le chlorure est un sel principal responsable de la formation des sols salés. Il a une solubilité très élevée et une forte toxicité pour les végétaux Parmi ces sels nous avons :

- Chlorure de sodium (NaCl) : c'est le sel le plus répandu, très soluble et hautement toxique.
- Chlorure de potassium (KCl) : c'est un sel voisin du NaCl : mais peu trouvé dans la nature.
- Chlorure de calcium (CaCl_2) : c'est un sel relativement rare dans les sols, Car il réagit avec Na_2SO_4 ou Na_2CO_3 pour former du CaSO_4 ou CaCO_3



2.2.2. Sulfate

Les sels sulfatés se trouvent en quantités variables dans les sols, parmi ces sels nous avons :

- Les sulfates de calcium (CaSO_4) : le gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) est la forme la plus répandue, de point de vue toxicité il est peu dangereux de fait de sa faible solubilité. Mais il peut freiner le développement du système racinaire dans le cas d'une forte accumulation dans le sol.
- Le sulfate de magnésium (MgSO_4) : c'est un composant typique des sols salés, on le trouve souvent dans les eaux souterraines, sa solubilité est très élevée ce qui le rend un sel toxique
- Le sulfate de sodium (Na_2SO_4) ; Composant typique des sols, sa solubilité de l'ordre de 300 g/l, fait de lui un sel hautement toxique.
- Le sulfate de potassium (K_2SO_4) : il se trouve en faible quantité

2.2.3. Carbonates

D'après FAO et UNESCO, 1967 in BOUTELL, (2012), les sels carbonatés sont très répandus dans les sols, parmi ces sels nous avons :

- Le carbonate de magnésium : (MgCO_3) sa solubilité est plus élevée, il donne du Mg (HCO_3) en présence de H_2CO_3
- Le carbonate de sodium : (NaCO_3) : C'est un sel très toxique par sa solubilité et son pouvoir alcalinisant.
- Le carbonate de potassium : (K_2CO_3) : Il est extrêmement rare de la trouve en grande quantité, car il est pratiquement comparable à celui de NaCO_3

2.3. Les différents types de salinité

2.3.1. Salinité primaire

Elle résiste du processus d'altération des roches. La migration et le dépôt des sels dissous dans l'eau dépendent des caractéristiques du milieu naturel et des précipitations. Dans les régions arides et semi-arides, le lessivage et le transport en profondeur des sels dissous n'existent plus et l'évapotranspiration importante favorise la concentration des sels dans le

sol (Anonyme, 2006 ; Legoupil, 1974). 80 % des terres salinisées ont une origine naturelle. L'origine de cette Salinisation liée au fonctionnement naturel des terrains, sous l'influence du climat, de l'altercation des roches et de la dynamique des eaux (BABA SIDI –KACI., 2010).

2.3.2. Salinité secondaire

Près de 20% des terres salinisées ont une origine humaine ou anthropique ; sont qualifiées de «secondaires» dû principalement à l'irrigation des terres avec une eau de mauvaise qualité (eau saline), un lessivage insuffisant et un drainage défaillant (Anonyme, 2006 et Legoupil, 1974).

2.4. Répartition des sols salés

2. 4.1 Dans le monde

Les estimations de la superficie totale représentée par les sols salés dans le monde sont très variables d'un auteur à l'autre : pour Szablocs (1994), elle atteint 954832 millions d'hectare. Les sols salés ont un caractère azonal. Ils se rencontrent dans toutes les parties du monde (servant, 1976 ; Durand, 1983).

L'Afrique présente de vastes régions affectées par les sels (notamment les zones arides et à proximité grands fleuves) (Cherbuy, 1991).

2.4.2 En Algérie

Selon le Houer ou (1993), les sols salés occupent de vastes superficies (3.2 millions d'hectares de la superficie totale). Ils sont localisés au Nord qu'au sud ils s'expriment mieux entre les isohyètes 450mm semble être la limite supérieure des sols fortement sodiques (D'Ili, .2000). Selon FAO (2005), On rencontre plusieurs types de sols salés en Algérie localisés surtout dans les étages bioclimatiques arides et semi- arides.

2.5. Définition des sols salés (sols halomorphes)

Les sols salins sont naturellement présents sous tous les climats et sur tous les continents. Ils sont là où l'évaporation excède les précipitations pluviales de façon permanente ou temporaire, ils sont étroitement liés à une source de salinité d'ordre géologique (évaporites),

hydrogéologique (eaux souterraines) ou hydrologique (eaux marines) (Girard et al, 2005). Les sols salés contiennent des sels plus solubles que le gypse, c'est-à-dire susceptible de passer dans la solution du sol en quantité assez importante pour gêner la croissance des plantes. En conséquence, les sols calcaires ne sont pas des sols salés, même si le carbonate de calcium est un sel comme un autre au plan chimique (Legros, 2007).

On parle en général de sol salé lorsque la concentration des solutions dépasse 0,5 g/l (Robert., 1996). Selon Calvet (2003) un sol est dit salé quand la conductivité électrique est supérieure à 4 dérivations (DS/m).

Généralement, les sols sont constitués par deux unités très différentes, les salisols, dans lesquels les sels de sodium, de calcium ou de magnésium sont sous la forme soluble de sels simples ou complexes. Les salisols à complexe sodique dans lesquels les cations, essentiellement le sodium sont sous la forme échangeable, les sels solubles étant très peu abondants (Bouteyre et Loyer., 1992 in Baba Sidi Kaci., 2010).

2.6. Classification des sols salés

Selon Duchaufour (1983), deux sous classes de sols halomorphes sont distinguées:

2.6.1. Sols à complexe sodique ou sols alcalins (les solonetz)

Caractérisés par une saturation marquée en Na et une accumulation des sels en profondeur.

Ces sols se caractérisent par la présence d'une quantité importante de sodium qui dépasse les 15% de la Capacité d'Echange Cationique (C.E.C.). La conductivité électrique (C.E) ne dépasse pas 4 ds/m à 25°C, et le pH est supérieur à 8,5. La relative abondance de l'ion sodium, dans la garniture ionique absorbant, peut avoir deux origines distinctes:

- Elle peut provenir du sodium libéré par l'altération de certains minéraux alcalins.
- Elle peut résulter d'une saturation progressive du complexe en sodium, aux dépens d'une solution saline (Duchaufour., 1983).

2.6.2. Sols salins à complexe calcique (Solontcheks)

Caractérisés par une accumulation marquée des sels solubles en surface.

Ces sols se rencontrent dans les zones à climat sec. Ils se caractérisent par un pH généralement inférieur à 8,5 et supérieur à 7 et le sodium n'y forme pas plus de 50% des actions en solution (Dajoz., 1982).

La conductivité électrique de l'extrait aqueux à saturation, est supérieur à 4,5 ds/m à 25°C, dans les horizons de surface (25 cm); 15ds/m dans les horizons inférieurs (suivant la texture) (Duchaufour., 1983), avec un taux de sodium échangeable inférieur à 15% de la C.E.C du sol.

Ces sols présentent une structure non dégradée, caractérisés par une richesse en sels solubles, tels qu'ils inhibent la croissance de la plupart des plantes cultivées (Aubert., 1978 in Baba Sidi Kaci., 2010).

2.7. Mise en valeur les sols salés

Une bonne utilisation agricole des sols salés nécessite :

- L'élimination des excès en sels (lixiviation) et la suppression de la source de sodium (drainage de la nappe salée).

Ces pratiques seront d'autant plus aisées que le sol est perméable et que l'eau (pluie, irrigation) est abondante et de bonne qualité.

- L'utilisation des plantes résistantes à la salinité.
- La reconstitution de la fertilité par des amendements qui enrichissent les argiles en calcium échangeable.

Des pratiques culturales particulières, labour de défoncement, ratissage des sels en Surface **(Girard et al, 2005)**.

2.8. Importance de la salinité

La teneur en sels est le critère le plus important pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation. Cette teneur peut être exprimée en termes de conductivité électrique ou en partie par million (ppm) ou micro-équivalent (meq/l). La concentration totale est plus importante car la plupart des cultures répondent à la concentration ionique totale du milieu de croissance (effet osmotique) plutôt qu'à un ion spécifique. Généralement, une augmentation de la

teneur en sels dans l'eau d'irrigation résultera dans une augmentation de la salinité de la solution du sol. La vitesse et le degré de cette augmentation dépendront de:

- Lessivage, c'est-à-dire la quantité d'eau apportée par irrigation ou par des pluies en besoins de la culture et l'efficacité du lessivage.
- La composition ionique de l'eau d'irrigation et la tendance de quelques ions, tels que Ca^{++} , HCO_3^- , SO_4^{--4} , à précipiter après l'extraction de l'eau du sol;

Propriétés physiques du sol tel que l'infiltration, les caractéristiques hydriques et le drainage (Antipolis., 2003).

La salinité peut suivant la dose de sel avoir un effet stimulateur sur la croissance et le développement de la plante, cet effet stimulateur a été démontré par Rudolfs in Bidai (2001). La salinité présente des effets bénéfiques sur la germination et la croissance de quelques espèces à des niveaux très faibles (bien que non quantifiés par les auteurs) de NaSO_4 , de Na Cl , de MgSO_4 et de NaCO_3 (Asloum., 1990).

3. Le stress salin et les plantes

Stress salin se définit comme la présence de concentrations excessives de sels solubles dans le sol, se traduisant par des dégâts sur la plante allant d'une baisse légère de rendement à une détérioration totale de la plante.

Généralement, un taux élevé de Na^+ et Cl^- cause le stress salin. Le stress salin a un triple effet ; il réduit le potentiel hydrique, cause un déséquilibre ionique ou des perturbations en homéostasie ionique et provoque une toxicité ionique. Le stress salin s'applique plutôt à un excès d'ions, en particulier, mais pas exclusivement, aux ions Na^+ et Cl^- . Les stress altèrent le métabolisme végétal menant aux effets négatifs sur la croissance, le développement et la productivité des plantes (LESS et GALILI, 2008).

Selon LEVITT (1980), le stress perçu par une plante, autrement dit le niveau de tension interne, dépend de la résistance de l'organisme à un type de stress appliqué avec une certaine intensité. En plus du type de stress et de son intensité, il faut également considérer la durée d'exposition. En effet, si l'intensité du stress est trop faible pour provoquer des

dommages irréversibles à court terme, à long terme, ce stress peut provoquer des changements plastiques, voire la mort de l'organisme.

Face à ce danger, toutes les plantes ne sont pas égales. Certaines, nommées glycophytes, ne sont pas capables de supporter la présence de sel. Les halophytes, au contraire, ont développé des réponses physiologiques pour assurer leur approvisionnement en eau tout en préservant leur métabolisme (LUTTGE et al, 2000 ; CALU, 2006).

Suivant la production de biomasse des végétaux en présence de sel, deux grands groupes de plantes ont été discernés

- Les halophytes

Accumulent le sel dans leurs vacuoles au niveau des feuilles pour augmenter leur pression osmotique. Elles fabriquent également des osmotiques (ou osmolytes), molécules organiques qui s'accumulent dans les vacuoles, pour contrecarrer l'action du sel en augmentant la pression osmotique cellulaire, ce qui en limite ainsi l'entrée. On distingue trois cas d'halophytes : Les halophytes vraies dont la production de biomasse est stimulée par la présence de sels. Ces plantes présentent des adaptations poussées et sont naturellement favorisées par ces conditions (*Salicornia europaea*, *Sueda maritima*...), les halophytes facultatives, montrant une légère augmentation de la biomasse à des teneurs faibles en sels (*Plantago maritima*, *Aster tripolium*...) et les non-halophytes résistantes, supportant de faible concentration de sel (*Hordeum* sp...) (CALU, 2006).

- Les glycophytes ou halophobes

Plantes sensibles à la présence de sel (*Phaseolus vulgaris*, glycine max...) (CALU, 2006) et dont l'halotolérance est limitée, il y a plutôt un rejet de sel. Elles expulsent activement du Na⁺ au niveau des racines, mais en accumulent dans les vacuoles des feuilles. Pour combattre le stress, les plantes déclenchent plusieurs mécanismes qui les font résistantes avec la formation de nouvelles molécules et des mécanismes moléculaires de tolérance (SUBRAMANYAM et al, 2008).

3.1 .Les causes de la salinité

Les rares précipitations, l'évaporation élevée, l'irrigation avec de l'eau saline, et les pratiques culturelles sont parmi les facteurs principaux qui contribuent à la salinité croissante. La salinisation secondaire, en particulier, aggrave le problème où une fois que les superficies agricoles productives deviennent impropres à la culture due à la qualité inférieure de l'eau d'irrigation (Ashraf et Foolad, 2007).

La salinité excessive affecte la rhizosphère et limite la répartition des plantes dans leur habitat naturel. Le fort éclaircissement et les rares pluies dans les régions semi-arides et arides accentuent la salinisation des périmètres irrigués et les rendent impropres aux cultures (Denden et al, 2005).

Le phénomène d'invasion marine, qui peut s'étendre sur plusieurs kilomètres à l'intérieur des terres est d'un grand risque pour les régions côtières tributaires des eaux souterraines pour leur approvisionnement en eau. Par ailleurs, l'invasion des eaux douces par les eaux salées aura pour effet une dégradation des sols et une salinisation par suite des irrigations avec ces eaux.

En Algérie, ce problème s'est peu posé dans le passé mais durant les dernières années, on a décelé des intrusions des eaux marines dans les nappes côtières d'Annaba et d'Oran (phénomène analogue au niveau de la sebkha). L'exploitation intensive et anarchique des nappes par l'agriculture a créé localement des problèmes de pollution et de dégradation du sol (Morsli, 2007).

3.2. Les effets de la salinité sur la plante

La salinité provoque à la fois un stress ionique et un stress osmotique sur les plantes et les réponses les plus connues des plantes à la salinité sont liées à ces effets (DUBEY, 1997). L'effet de la salinité sur les plantes se traduit généralement par une réduction de leur croissance (GHOULAM et al, 2002). D'autres part, les effets osmotiques des sels sur les plantes sont le résultat de l'abaissement du potentiel hydrique du sol dû à l'augmentation des concentrations des solutés dans le profil racinaire des plantes, cette condition interfère avec la capacité des plantes à extraire l'eau à partir du sol et à maintenir leur turgescence (GUERRIER, 1996, GHOULAM et al, 2002).

L'accumulation des sels dans les feuilles cause la sénescence prématurée, la réduction de l'approvisionnement en assimilât dans les zones de croissance et de ce fait, elle altère la croissance des plantes (MUNNS et al, 1995). Chez les variétés sensibles, l'accumulation de sels est plus rapide, et les cellules ne peuvent pas compartimenter les sels dans les vacuoles au même degré que les variétés tolérantes (MUNNS, 1993).

En générale, le stress salin affecte tous les principaux processus vitaux de la plante tel que la croissance, les relations hydriques, la photosynthèse et l'absorption des minéraux (NEUMANN, 1997).

3.2.1. L'effet de la salinité sur la germination

La germination des graines qu'elles soient halophiles ou glycophiles, est affectée par la salinité (DEBEZ, 2001). Les concentrations élevées du sel empêchent la germination d'*Arabidopsis thaliana* (Zhu, 2001). D'autre part, Askri et al. ont montré (2007), que la germination des graines de pastèque (*Citrullus latanus* L.) dans deux concentrations salines de NaCl 50 et 100 mM il y a respectivement une réduction de la vitesse de germination et de la capacité germinative. Une autre étude faite sur des graines d'artichauts, a montré que plus de 50% des graines irriguées avec des solutions salines sont mortes 4 à 5 jours après l'émergence de la radicule (MAUROMICALE et LICANDRO, 2002). L'effet de la salinité sur la germination des graines est varié en fonction de l'intensité du stress et la variété des plantes et cela, soit en diminuant la quantité d'eau et la vitesse de son absorption par la graine, soit par l'accroissement de la pression osmotique de l'eau d'imbibition qui est trop élevée pour permettre la germination (KATEMBE et al, 1998), où en augmentant la pénétration d'ions qui peuvent s'accumuler dans la graine à des doses qui deviennent toxiques (DEBEZ et al., 2001). Quand le stress salin est levé et que la germination est remise dans des conditions normales, les graines reprennent leur activité (DUAN et al, 2004).

3.2.2. L'effet de la salinité sur la croissance

La réponse immédiate au stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire ce qui conduit à l'arrêt de l'expansion si la concentration du sel augmente (Wang et Nil, 2000). Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines (Chartzoulakis et Klapaki, 2000).

La salinité accrue est accompagnée par une réduction significative dans la hauteur de la plante, le nombre de feuilles par plante, la longueur des racines et la surface racinaire chez la tomate (Mohammad et al., 1998 in Bouzid., 2010). Le taux élevé de NaCl se manifeste par une croissance dans la biomasse des racines, tiges et feuilles et une augmentation dans le ratio partie racinaire/partie aérienne chez le coton (Meloni et al., 2001).

Selon Levigneron et al (1995), une augmentation brutale de la salinité du sol se traduit par une réduction immédiate de la croissance foliaire. Un retard de croissance important est signalé chez la plupart des glycophytes dès 50mM/l de NaCl dans la solution du sol. Par contre chez les halophytes leur croissance ne semble diminuer que pour des concentrations beaucoup plus élevées; par exemple chez *Atriplex halimus* L. c'est à partir de 480 mM/l de NaCl que sa production diminue (Brun., 1980 in Baba Sidi Kaci., 2010).

3.2.3. L'effet de la salinité sur la photosynthèse

La croissance des plantes dépend de la photosynthèse. Les stress environnementaux affectent la croissance ainsi que la photosynthèse (TAIZ et ZEIGER, 1998). Des études entreprises par de nombreux auteurs sur différentes espèces végétales ont démontré que la capacité photosynthétique est déprimée par la salinité (ASHRAF, 2001).

Une association positive entre le taux photosynthétique et le rendement sous condition saline a été démontré chez certaines cultures (FAVILLE et al, 1999), tel que *Triticum Repens*, et *Triticum Aestivum* (HAWKINS et LEWIS, 1993), d'autre part FISARAKIS et al. (2001) ont montré que l'inhibition de la croissance végétative impliquée par la salinité conduit forcément à l'inhibition de la photosynthèse. L'effet de la salinité sur la photosynthèse dépend des concentrations en sel et des espèces stressées, car à de faibles concentrations la photosynthèse est stimulée tandis qu'à de hautes concentrations elle est inhibée. (PARIDA et al, 2004).

Parmi les facteurs responsables de la diminution du taux d'assimilation photosynthétique sous contrainte salin selon IYEGAR et REDDY (1966).

La déshydratation des membranes cellulaires et la réduction de leur perméabilité au

CO₂. En milieu salin l'accès à l'eau devient difficile suite à la diminution du potentiel hydrique causant un stress osmotique, qui inactive réversiblement le transport des électrons lors de la photosynthèse via le rétrécissement des espaces intercellulaires.

- La réduction de l'approvisionnement en CO₂ à cause de la fermeture des stomates résultant de la restriction de la conductance stomatique pour les réactions de carboxylation. La fermeture des stomates réduit la perte en eau des feuilles par la transpiration et cela affecte l'activité chloroplastique.
- La sénescence induite par la salinité (FISARAKIS et al, 2001).

3.2.4. L'effets de la salinité sur l'anatomie de la feuille

La salinité cause une augmentation de l'épaisseur de l'épiderme, l'épaisseur du mésophylle, la longueur des cellules palissadiques le diamètre des cellules palissadiques dans les feuilles de haricot, du coton et de l'atriplex (Longstreth et Nobel, 1979 in Parida et Das, 2005). La salinité réduit aussi l'espace intercellulaire dans les feuilles (Delphine et al, 1998 in Parida et Das, 2005).

Et cause : un développement de la vacuolisation et un gonflement partiel du réticulum endoplasmique, un gonflement de la mitochondrie, vésiculation et la fragmentation du tonoplaste et la dégradation du cytoplasme par le mélange de la matrice cytoplasmique et vacuolaire des feuilles de la patate douce (*Ipomoea batatas*) (Mitsuya et al, 2000 in Parida et Das, 2005).

3.2.5. L'effet de la salinité sur les relations hydriques

L'une des causes principales de la réduction du taux de croissance chez les plantes peut être due à des effets de la salinité sur le statut hydrique (OMAMI, 2005).

L'accumulation des sels dans le milieu racinaire peut entraîner une diminution du potentiel hydrique foliaire et, par conséquent, peut affecter plusieurs processus vitaux (ROMERO et ARANDA et al, 2001).

SOHAN et al. (1999) avaient démontré que les effets osmotiques des sels sur les plantes sont en raison d'un abaissement du potentiel hydrique du sol dû à la concentration croissante en sels dans le profil racinaire. Un potentiel hydrique du sol très bas interfère la capacité des

plantes à extraire l'eau du sol et de maintenir leur turgescence. De nombreux auteurs ont démontré que le potentiel hydrique et osmotique des plantes devient plus négatif avec l'augmentation de la salinité, alors que la pression de turgescence augmente aussi (GULZAR et al, 2003). D'autres auteurs ont démontré que le potentiel hydrique au niveau des feuilles des halophytes et le taux d'évaporation diminuent significativement avec l'augmentation du degré de salinité (SUAEDA et al, 2002).

3.2.6. L'effet de la salinité sur l'assimilation des éléments minéraux

Une concentration élevée en sels (NaCl) concurrence l'absorption des autres ions nutritifs, comme le K⁺, le Ca²⁺, le N et le P ayant pour résultat un désordre alimentaire et éventuellement, un rendement et une qualité réduits (GRATTAN et GRIEVE, 1999). Les effets nutritionnels de la salinité incluent les deux actions primaires du sel sur la plante: la toxicité directe due à l'accumulation excessive des ions dans les tissus et un déséquilibre nutritionnel provoqué par l'excès de certains ions (HOUALA et al, 2007). Ce déséquilibre nutritionnel est une cause possible des réductions de croissance en présence de sel lorsque des ions essentiels comme K⁺, Ca²⁺ ou NO₃⁻ deviennent limitant (SOLTANI, 1988). Il y aurait une compétition entre Na⁺ et Ca²⁺ pour les mêmes sites de fixation apoplasmiques (HOUALA et al, 2007).

3.2.7. L'effet de salinité sur le rendement

Le rendement des plantes diminue nettement avec l'augmentation de la concentration en sels, et ce degré de sensibilité diffère d'une espèce à autre (ASLAM et al, 2004)

L'effet inhibiteur majeur de la salinité sur la croissance et le rendement des plantes est attribué à : l'effet osmotique, toxicité des ions et le déséquilibre nutritionnel provoquant une réduction de l'efficacité photosynthétique et d'autres désordres physiologiques.

Les espèces végétales diffèrent dans leur réponse au stress salin et leur productivité (rendement). La comparaison des rendements des géotypes sous différents niveaux de salinité est clairement essentielle pour définir leur potentiel génétique mais aussi pour étudier les raisons de leur bon rendement. (ASLAM et al, 2004).

4. L'azote et la plante

L'azote (N) est un macronutriment essentiel assimilé par les plantes en grandes quantités (MARSCHNER, 1995). À ce titre, l'azote est un facteur limitant important pour la croissance et le développement des cultures (DIAZ et al, 2006; LEA et AZEVEDO, 2006).

Au cours des cinq dernières décennies, l'application des engrais azotés a augmenté de 20 fois (GLASS, 2003). Toutefois, les plantes cultivées sont en mesure d'utiliser seulement 30% à 40% de cette application (RAUN et JOHNSON, 1999); le reste est perdu par lessivage, la dénitrification, la volatilisation, l'érosion des sols et la consommation microbienne (GOOD et al, 2004).

4. 1. Cycle de l'azote

L'azote atmosphérique (78% en volume) représente la principale source d'azote dans la planète sous forme de N_2 , mais on le trouve également dans l'atmosphère en très faible quantité, de l'ammoniac (NH_3) et des oxydes d'azote (NO_2 , NO) qui sont les produits des fumées industrielles, des feux de forêts, des activités volcaniques (SPRENT, 1987) et des océans. Les organismes vivants, plantes et animaux peuvent aussi rejeter de faibles quantités de NH_3 dans l'atmosphère (SLADE, 2007). Le NO_3^- est surtout le produit de l'oxydation de N_2 par O_2 ou par l'ozone (O_3) sous l'effet des éclairs et les radiations ultraviolets.

En fait, une très faible partie de l'azote atmosphérique est entraînée au sol sous une forme ou une autre, par les précipitations et une autre partie de l'azote provient de la fixation de l'azote moléculaire par les micro-organismes (MOREAU et al, 2008). L'azote assimilé par les organismes vivants est restitué au sol après décomposition de la matière organique végétale et animale par les bactéries, champignons et protozoaires (BERMANAND et CHAVA, 1999). La transformation par les micro-organismes de l'azote organique du sol en formes azotées minérales est appelée minéralisation, les composés organiques azotés dégradés sont utilisés comme source d'énergie et de carbone, l'azote non utilisé par les micro-organismes est libéré généralement sous forme d'ammonium NH_4^+ . La libération d'azote dans le sol dépend du Rapport C/N des résidus organiques et des conditions climatiques (OKAMOTO et OKADA, 2004).

4.2. Assimilation de l'azote par les plantes

L'azote (N) est un élément minéral essentiel, exigé en grande quantité par les plantes, il constitue entre 1.5% à 2% de la matière sèche des plantes et approximativement 16% des protéines végétales totales (FRINK et al.,1999).Les plantes peuvent utiliser une multitude d'espèces d'azote comprenant l'ammoniac volatile (NH_3), les oxydes d'azote NO_3^- et NH_4^+ , et l'azote organique (acides aminés, peptides, etc...) (VON WIREN et al.,1997).Cependant, dans la plupart des sols agricoles, le nitrate (NO_3^-) est la source la plus importante d'azote disponible (HIRSCH et SUSSMAN,1999 ; CRAWFORD et FORDE,2002 ; Diaz et al 2006 ;KANT et al.,2008).

Dans les sols non acides, le nitrate est généralement plus abondant que l'ammonium (GORSKA et al, 2008). Cependant, l'assimilation mixte est souvent de règle (CRAWFORD et FORDE, 2002). La proportion de nitrate et d'ammonium absorbée varie suivant les espèces et les conditions d'environnement (DIAZ et al ,2008). Quoiqu'il en soit, une grande partie du nitrate absorbé devra être réduite en ammonium dans les racines et/ou dans les feuilles, pour entrer dans les voies de synthèse des acides aminés et des protéines (DESCLOS et al, 2008).

La plupart des plantes ne peuvent pas fixer directement l'azote de l'air, seulement quelques espèces peuvent être colonisées au niveau de leurs racines par les bactéries fixatrices d'azote moléculaire (de la famille des Rhizobiacées par exemple) (ALKHALFIOUI et al, 2008). Les bactéries transforment N_2 en NH_3 fournissant aux plantes leurs besoins azotés, (PARSONS et ROBERT.,2001) en retour, les plantes assurent les besoins en carbone des bactéries (DANIELET et GAGE,2004). Ces associations bénéfiques pour les deux parties (symbioses) existent principalement chez les légumineuses (ALKHALFIOUI et al ; 2008). Des associations plantes/champignons (ectomycorhizes et endomycorhizes) assurent également une meilleure alimentation minérale, notamment en azote (NO_3^- et NH_4^+) à la plupart des végétaux (GREGORY, 2005).

- **Absorption des nitrates par la racine**

Depuis le milieu du dix-neuvième siècle, l'emploi d'engrais nitriques n'a cessé d'augmenter fournissant ainsi l'azote minéral aux plantes (GLASS, 2003).L'absorption racinaire constitue

la principale voie d'entrée de l'azote dans les chaînes alimentaires des végétaux terrestres (SIENKIEWICZ-PORZUCEK et al, 2008).

Les approches électro-physiologiques ont permis une caractérisation préliminaire des systèmes de transport membranaire de NO_3^- (DIAZ et al, 2008). Elles semblent utiliser des mécanismes chimiosmotiques classiques, qui échangent NO_3^- contre OH^- ou peut être HCO_3^- (RUFFEL et al, 2008). Ce type de mécanisme fournit un cadre conceptuel pour expliquer l'intégration bien connue du transport et de l'assimilation de NO_3^- et du métabolisme acido-basique à l'échelle de la cellule et à celle de la plante entière (KANT et al, 2008).

- **Cheminement du nitrate**

Le nitrate absorbé est exporté dans le xylème, (SIEBRECHT et al, 2003) réduit dans les racines (MILLER, 2007), stocké dans la vacuole ou rejeté dans le milieu (RUFFEL et al., 2008). La concentration de NO_3^- dans le cytoplasme dépend du bilan de plusieurs flux : l'influx à partir du milieu, l'efflux dans le milieu, le flux cytoplasme/vacuole, le flux vacuole/cytoplasme, le flux de réduction par la nitrate réductase et éventuellement le transport vers la stèle et la sécrétion dans le xylème (DE ANGELI et al, 2006).

- **Sécrétion dans le xylème**

La sécrétion de NO_3^- dans les vaisseaux du xylème est due à des transporteurs de la membrane plasmique des cellules de la stèle, qui expulsent NO_3^- dans l'apoplasme. (FAURE et al, 2001; MILLER et al, 2007).

Les différenciations de l'endoderme empêchent ces derniers de retourner vers la surface de la racine, le système de sécrétion semble utiliser le potentiel de membrane (face cytoplasmique négative) pour entraîner NO_3^- hors de la cellule (SIEBRECHT et al, 2003).

- **Réduction du NO_3^-**

La nitrate réductase est particulièrement abondante dans les cellules de l'épiderme de la racine ce qui favorise probablement la réduction de NO_3^- au moment de l'absorption (FORDE et CLARKSON, 1999) la répartition de la fonction d'assimilation du NO_3^- entre

racines et parties aériennes est variable (SARAH et al.,2005). Chez beaucoup d'herbacées, la réduction de NO₃⁻ se fait surtout dans les feuilles, tandis qu'elle est racinaire chez certains ligneux, Mais ceci ne constitue pas une règle absolue, d'une part parce qu'il y a de nombreuses exceptions et d'autre part parce que la répartition dépend des facteurs du milieu (GOJON et al, 2008).

4.3. Structure et fonction du nitrate réductase et du nitrite réductase

- **Le nitrate réductase**

La nitrate réductase (NR) est l'enzyme principale dans le processus global de l'assimilation des nitrates par les plantes (DATTA et SHARMA, 1999 ; CAMPBELL, 2001). Le nitrate absorbé par les racines est réduit au nitrite par la nitrate réductase puis le nitrite est réduit par le nitrite réductase à l'ion d'ammonium (De La HABA et al, 2001). L'atransaminase de la synthétase glutamine-2-oxoglutarate de glutamine (Gs-gogat-gogat) (ASLAM et al, 2001).

Le nitrate réductase catalyse le transfert de deux électrons à partir de NAD(PH) au nitrate pour produire le nitrite (WERNER et al, 2002).

La forme de la NR utilisant spécifiquement le NADH (NADH : NR.EC 1.6-6.1) est la forme la plus commune chez les plantes supérieures et les algues. Il existe toutefois deux autres isoformes (DRUART et al, 2000).

La (NADH;NR) est une enzyme homodimérique qui peut former des tétramères à haute concentration chez quelques plantes supérieures (REDINBAUGH et CAMPBELL., 1985). Les monomères de masse moléculaire de 100 à 110 kDa sont liés entre eux par un pont disulfure pouvant être réduit sans perte d'activité. Trois cofacteurs sont liés à chaque monomère : (KLEINHOF et al, 1989).

La flavine adénine dinucléotide (FAD). L'hème (de type cytochrome b557) et le cofacteur à molybdène (Mo-co), Chaque groupement prosthétique définit un domaine fonctionnel. L'interaction entre les monomères se fait au niveau du domaine à Mo-co, Les trois domaines avec leurs groupements prosthétiques. FAD-Hème-Mo-co dans l'ordre permettent le transfert des deux électrons provenant du NADH au nitrate (CABOCHE et ROUZE, 1992).

- **Le nitrite réductase**

Le nitrite réductase catalyse la réduction du nitrite en ammonium avec l'apport de 6 électrons. L'enzyme est localisée dans les chloroplastes des feuilles vertes et dans les proplastides des racines (KLEINHOF et al, 1989). Il s'agit d'une enzyme monomérique d'une masse moléculaire de 60-64 kDa avec un groupement prosthétique de type sirohème et un groupement 4Fe-4S comme centre actif. Le sirohème est une tétrahydroporphyrine à fer ferreux du type de l'isobactérochlorine avec 8 chaînes latérales contenant des acides carboxyliques. Le donneur d'électrons physiologique dans les tissus photosynthétiques est la ferrédoxine. Pour les racines, le donneur d'électrons est une protéine de type ferrédoxine qui est réduite par une pyridine nucléotide réductase au moyen d'électrons provenant du cycle des pentoses phosphates.

4.4. Régulation de la NR et de la NiR

- **Régulation par des facteurs de l'environnement**

Les diverses études indiquent que la nitrate réductase est favorisée par le nitrate, la lumière, les phytohormones et la photosynthèse (APPENROTH et al, 2000; DE LA HABA et al, 2001).

- **Nitrate**

L'induction de l'activité NR par le nitrate a été décrite pour la première fois en 1960 par HAGEMAN et FLESHER chez le maïs (KLEINHOF et al, 1989), Depuis il a été confirmé chez de nombreuses espèces que cette induction est due à une augmentation du taux des ARNm. (VINCENTZ et CABOCHE, 1991) ont confirmé la nature transcriptionnelle de l'induction par le nitrate. Cette induction est très rapide car elle se manifeste quelques minutes après l'addition de nitrate, inversement lors d'une carence en azote, l'activité NR ainsi que la quantité de protéine NR chutent rapidement.

Similairement la NiR est aussi régulée positivement par le nitrate. L'apport de nitrate induit une augmentation des ARNm de la NiR chez l'épinard, le maïs, le riz et la moutarde (ROUZE et CABOCHE, 1992).

➤ **Lumière**

La lumière est nécessaire avec le nitrate pour la complète expression de la NR et de la NiR. L'importance relative de la lumière et du nitrate varie entre les espèces, les tissus et les conditions expérimentales. L'étude de l'influence de la lumière sur l'expression de la NR et de la NiR est complexe car il est souvent difficile de dissocier l'effet lumière lié au photochrome ou autres récepteurs de la lumière de celui lié à l'activité du système photosynthétique qui serait un effet plus métabolique. Dans les cotylédons et les plantules étiolées, l'effet de la lumière est dépendant du photochrome et induit la transcription de la NR et de la NiR suivie de l'expression de leurs activités (MEYER et STITT, 2001). Une expérience menée par JANAKI (1982) et ses collaborateurs a montré que l'activité du nitrate réductase (NR) était 8 fois plus grande à la lumière qu'à l'obscurité.

➤ **Phytohormones**

L'effet de différentes hormones et plus particulièrement des cytokinines sur l'expression de la NR a été étudié. Ainsi, durant l'imbibition des graines d'*Agrostemma githago* à l'obscurité, l'activité NR est rapidement induite par la présence combinée de cytokinines et d'éthylène. La présence d'éthylène est nécessaire pour l'induction de la NR par les cytokinines, mais l'éthylène seul n'a pas d'effet. L'induction de la NR par les cytokinines peut être supprimée par l'application d'acide abscissique (LU et al, 1992).

La régulation de la nitrate réductase par l'acide abscissique a été révélée par le teste d'ELISA employant des anticorps de NR a prouvé que la protéine de NR s'est accumulée dans les racines traitées à l'ABA ; cette régulation est au moins en partie, au niveau de la transcription (GOUPIL et al, 2000).

➤ **Spécificité tissulaire**

La NR et la NiR sont exprimées préférentiellement dans les feuilles chez la plupart des espèces. Toutefois, il existe plusieurs cas où il y a une forte activité NR ou NiR dans les racines (KATO et al ,2004; JOY, 2008).

La distribution de l'activité de la nitrate réductase (NR) dans diverses parties de la plante change selon le génotype, l'âge, et la disponibilité du nitrate (STITT,1999). Dans la tribu de

Phaseoleae, le nitrate est réduit principalement dans les feuilles avec une basse activité de NR dans la racine et les nodules (ANDREWS et al, 1990), Bien que plusieurs espèces de légumineuse réduisent simultanément le nitrate et le N₂ dans les nodules et la racine au sujet du mécanisme moléculaire et du rôle physiologique de la réduction des nitrates dans les nodules est mal connu en nutrition des plantes (KANAYAMA et al.,1999).La réduction de nitrate dans les nodules est seulement une petite fraction (BECANA et SPRENT,1987).Cependant, il est suggéré que la combinaison de ces deux avenues de réduction d'azote pourrait être un facteur important dans le processus évolutif des légumineuse sur l'optimisation de l'utilisation d'azote (CABA et al.,1990).

4.5. Assimilation symbiotique d'azote

Certains procaryotes sont capables d'établir une symbiose avec les végétaux en induisant la formation d'organes spécifiques, les nodosités (BROUGHTON et al ,2000), à l'intérieur desquelles l'azote moléculaire atmosphérique est réduit en ammoniacque (MILLER et al ,2006). En retour, les bactéries utilisent les assimilats de la plante-hôte comme source d'énergie (DANIELET et GAGE ,2004). Cette fixation biologique de l'azote atmosphérique est catalysée par un complexe enzymatique appelé complexe nitrogénase (REES et HOWARD ,2000).

La réaction catalysée par cette enzyme est la suivante :



La réaction de fixation de l'azote est très coûteuse en énergie (ATP et pouvoir réducteur) (RAYMOND et al ,2004). De ce fait, la fixation de l'azote par les bactéries diazotrophes à l'état libre est peu efficace de l'ordre de la dizaine de kg N/ha.an (FALKOWSKI ,1997). L'association symbiotique entre des bactéries fixatrices d'azote et certaines plantes permet d'améliorer considérablement cette valeur pour atteindre une centaine de kg N.ha⁻¹.an⁻¹ (BOHLOOL et al ,1992). On distingue plusieurs types de symbioses fixatrices d'azote, les principaux types sont les symbioses nodulaires (actinorhiziennes et Légumineuses) et les symbioses avec les cyanobactéries (PARSONS et ROBERT.2001). Les symbioses avec les cyanobactéries ne conduisent pas à proprement parlé à la formation de nouveaux organes spécialisés dans la symbiose mais plutôt au détournement d'organes existants, à l'inverse

des symbioses nodulaires où l'association est très étroite puisqu'elle nécessite la formation d'un nouvel organe végétal : le nodule, qui héberge la bactérie et au sein duquel ont lieu les échanges entre les deux symbiotes, La symbiose Rhizobium-Légumineuses (MIN-XIA et al, 2006).

- **La formation et développement du nodule**

Pour la mise en place de la symbiose, des conditions doivent être remplies (KONDOROSI et KONDOROSI, 2000).

- ❖ une faible teneur en azote du sol
 - ❖ une photosynthèse active pour assurer une source suffisante d'énergie
- La formation du nodule passe par trois étapes principales :

- **Pré infection**

La plante permet une croissance des bactéries de la rhizosphère de manière sélective (SAVKA et al., 2002) les bactéries sont attirées vers les poils racinaires par les exsudats racinaires principalement les phénylpropanoïdes et les flavonoïdes (NOVAK et al., 2002), qui induisent l'expression des gènes nod (PERRET et al., 2000). Les facteurs Nod induisent des événements morphologiques, physiologiques et moléculaires chez la plante hôte (déformation du poil racinaire en crosse de berger, courbés, renflés, entrelacés, déformés (KELLY et IRVING, 2002) et changements dans l'arrangement des microtubules (TIMMERS et al., 2007).

- **Infertilité**

Deux types d'infection sont distingués : la voie intracellulaire et la voie intercellulaire (SIEBERER, 2000). Au cours de l'infection intracellulaire, la pénétration de la bactérie est facilitée par la courbure du poil racinaire qui crée une zone confinée dans laquelle la bactérie est entourée par la paroi (XI-WAN et al, 2007), un cordon d'infection est initié à partir de ce point par hydrolyse de la paroi (MATEOS et al, 2001), invagination de la membrane végétale et production de matériel pariétal par la plante (GAGE et MARGOLIN, 2000). Le cordon d'infection est une structure tubulaire qui croît à l'intérieur de

la cellule et dans laquelle la bactérie prolifère. L'infection d'une cellule corticale (GAGE ,2004).

L'infection intercellulaire se fait généralement au niveau des passages libérés par l'émergence des racines latérales ou adventives, ou bien parfois directement à travers la lamelle moyenne entre deux cellules du rhizoderme (PAWLOWSKI et BISSELING, 1996). Les rhizobia progressent ensuite vers le primordium nodulaire de manière intercellulaire ou deviennent intracellulaires en formant des cordons d'infection (TSYGANOV,2002).

➤ Développement du nodule

Il ya deux types de nodule, les nodules de type indéterminé (*Pisum sativum*) sont formés à partir du cortex interne (PAWEL et al ,2007) alors que les nodules de type déterminé (*Phaseolus vulgaris*) sont formés à partir du cortex externe (DANIEL et GAGE,2004). La persistance du méristème chez les espèces à nodules de type déterminé est très éphémère et la croissance en longueur du nodule est limitée, la croissance en épaisseur a lieu par hypertrophie des cellules corticales et par des divisions de cellules contenant déjà des Rhizobia. Ce processus de formation se traduit par une forme sphérique (STOUGAARD ,2000). Dans les deux cas, les cellules du cortex se divisent de manière anticline puis péricline (TIMMERS et al ,1999 ; MATHESIUS et al.,2000a). Toutes les cellules du cortex ne se divisent pas, ce qui semble indiquer que la susceptibilité de ces cellules pourrait être liée à un statut particulier, notamment une modification de la concentration en hormones (MATEOS et al.,2001). De manière concomitante, les cellules voisines développent des cordons de pré infection, constitués de ponts cytoplasmiques alignés de façon radiale, ces structures guident la croissance des cordons d'infection en direction du primordium nodulaire en formation (SIEBERER et al ,2002).

1. Les légumineuses

Les légumineuses comptent environ 700 genres et 17 000 espèces dans le monde: ce sont des plantes herbacées, des arbustes, des arbres ou des lianes. Leurs feuilles sont alternées composées, pennées ou palmées, et en générale pourvu de stipules. Formées d'un calice gamosépale souvent bilabié et d'une corolle dite papilionacée parce que sa forme rappelle celle d'un papillon, leurs fleurs, hermaphrodites, sont surtout zygomorphes et en général pentamères. La corolle, qui du reste ne présente pas ce type de structure dans l'ensemble de la famille, est formée d'un grand pétale supérieure, l'étendard, de deux pétales latéraux parallèles, les ailes, et de deux pétales inférieurs, recourbés vers le bas, libres ou réunis par le bord inférieur de manière à former la carène qui renferme les étamines et le pistil. Les étamines sont au nombre de 10. Le fruit, issu d'un seul carpelle, est un fruit sec typique (BAHOUH, 1994).

Les légumineuses alimentaires constituent une très grande importante source de protéines végétales qui peut corriger le déficit en protéines animales. En plus, elles sont riches en minéraux essentiels et en lysine, de ce fait, elles sont complémentaires des profils nutritionnels des céréales (Duranti et Gius, 1997). En outre, elles ont un usage médicinal non négligeable.

En plus de leur importance dans le régime alimentaire humaine et animale, elles ont un intérêt particulier dans le concept de l'agriculture durable. Leur introduction dans l'assolement instaure la rotation des cultures, la diversification des productions et la protection du sol contre l'érosion. L'introduction de ces espèces dans un système de culture est, impérativement, tributaire de l'amélioration de leurs performances agronomiques (Ben Mbarek, 2011).

2. Origine de haricot

Le haricot commun, *Phaseolus vulgaris* L., a été domestiqué en Amérique centrale et en Amérique du Sud il y a plus de 9700 ans. Des graines sèches furent introduites et semées au XVIe siècle en Europe puis, sa culture s'est rapidement diffusée dans les zones méditerranéennes et subtropicales (PERON, 2006).

Il est produit principalement en Amérique latine et en Afrique ; il est répandu surtout dans la zone Amazonienne du Brésil, dans les Cordillères des Andes et en Amérique centrale, tandis qu'en Afrique, il est produit principalement en Afrique centrale et Orientale (NYABYENDA, 2005).

3. Description de haricot

Le haricot commun *Phaseolus vulgaris* L. est une plante annuelle appartenant à l'ordre des Fabales et à la famille des Fabacées dont les feuilles sont trifoliées.

Le système racinaire est constitué d'une racine principale et de nombreuses racines latérales qui se tiennent horizontales sur 10 cm de long. L'état structural du sol influence la profondeur d'enracinement de la plante (de 30 cm en conditions défavorables à 1 m dans d'excellentes conditions) et aussi son alimentation hydrique, déterminante pour la croissance de la plante. Une bonne implantation racinaire permet d'éviter des problèmes de flétrissement de la plante en cas de fortes chaleurs. Sur celles-ci se développent des nodosités formées par des bactéries du genre *Rhizobium*. Ces bactéries fixent l'azote de l'air en puisant l'énergie nécessaire dans les sucres que la plante leurs fournit. Cet azote est restitué à la plante sous forme de composés azotés assimilables (Renard et al, 2007).

✓ Les racines

Système racinaire pivotant et profond qui peut descendre jusqu'à 1,20m. On trouve le plus grand nombre de racines entre 0,20 m et 0,25 m de profondeur, sur un diamètre de 0,50 m autour de la tige. Des nodosités peuvent se former sur les radicelles, mais on ne peut pas considérer le haricot comme une plante enrichissant le sol en azote car il demeure trop peu de temps en terre (BARRETO, 1983).

✓ Tiges

Elles sont plus ou moins longues suivant les variétés. Les grandes tiges peuvent atteindre 2 à 3 m de long, c'est le "haricot à rames". Les tiges courtes ne dépassent guère 30 à 40 cm de longueur et le haricot ayant de telles tiges est appelé "haricot nain" (DUPONT et GUIGNARD, 1989).

✓ Feuilles

Les premières feuilles, au nombre de deux, sont simples. Les suivantes sont formées de trois folioles ovales, vertes, de 10 à 12 cm de long environ, terminées chacune par une pointe (BELL, 1994). Elles possèdent des nervures bien visibles. Ces folioles s'insèrent sur un pétiole commun de 12 cm de long environ, par l'intermédiaire de pétiolules de 3 à 4 mm de long. A la base de ces pétiolules, on trouve deux stipelles très courtes. A la base du pétiole, on distingue une petite gaine et deux stipules de forme ovale ayant 4 mm de long environ (GOUST et SEIGNOBOS, 1998).

✓ Inflorescences

Ce sont des grappes de 5 à 15 fleurs portées par un pédoncule de 5 à 8 cm de long qui prend naissance à l'aisselle des feuilles. Ces fleurs s'insèrent par 1,2 ou 3 à la fois, par l'intermédiaire de pédicelles de 10 à 15 mm de long, sur le pédoncule floral. On trouve une moyenne de 10 à 15 grappes de fleurs par pied (PHILLIPS et al, 1994).

✓ Fleurs

Elles sont du type papilionacé, et comprennent : 5 sépales, 2 pétales, 9 étamines soudées par leur base et une étamine libre, un ovaire, une loge renfermant 4 à 8 ovules, surmonté par un style portant un stigmate (PREVOST, 1999). Le taux de fécondation croisée varie avec l'importance de l'activité des insectes compris entre 2 et 80%. La fécondation s'effectue surtout la nuit (BELL, 1994). Chaque fleur a 2 cm de long environ et de couleur très variée, blanche, rose, rouge, violette, jaunâtre ou même bicolore (BELL, 1994).



Figure n°01 : La fleur du Haricot commun

✓ Fruits

Ce sont des gousses allongées, généralement droites, plus ou moins longues et terminées par une pointe. Leur largeur varie de 8 à 25 mm. Elles renferment en moyenne 4 à 8 graines (TIRILLY et BOURGEOIS, 1999). Dans les parois de la gousse, appelée cosse, les faisceaux libéro-ligneux sont plus ou moins développés. S'ils sont très développés, on les appelle les fils, et les gousses sont alors impropres à la consommation en vert. Les cosses représentent 40 à 45% du poids des gousses. Les jeunes gousses sont vertes mais leur couleur va se modifier au cours de la maturation (GOUST et SEIGNOBOS, 1998).

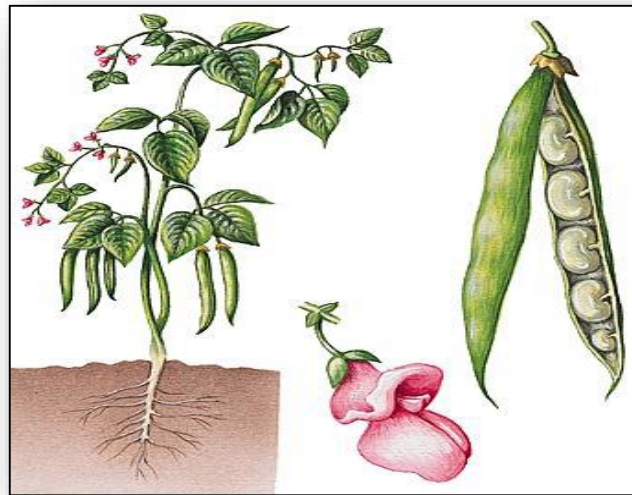


Figure n°02 : Le fruit du haricot La fleur du Haricot commun

✓ Graines

Elles sont soit sphériques, soit cylindriques selon les variétés, et sont très diversement colorées, en blanc, vert, rouge, violet, noir, bruns ou même bicolors ou tachetés. Elles sont plus ou moins grosses selon les variétés (PERON, 2006). La faculté germinative dure de 3 à 5 ans (MONNET et al, 1999).

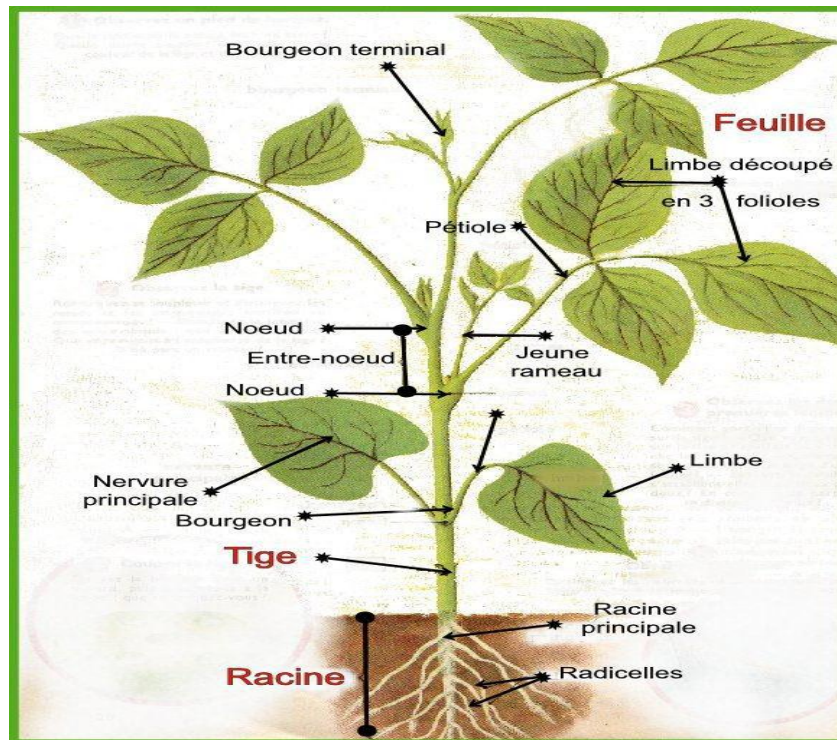


Figure n°03 : Description de la plante du Haricot

4. Caractéristiques botaniques de l'espèce

Le haricot *Phaseolus vulgaris* L. est une plante annuelle appartenant à l'ordre des Fabales et à la famille des Fabacées dont les feuilles sont trifoliées.

Le système racinaire est constitué d'une racine principale et de nombreuses racines latérales qui se tiennent horizontales sur 10 cm de long. L'état structural du sol influence la profondeur d'enracinement de la plante (de 30 cm en conditions défavorables à 1 m dans d'excellentes conditions) et aussi son alimentation hydrique, déterminante pour la croissance de la plante. Une bonne implantation racinaire permet d'éviter des problèmes de flétrissement de la plante en cas de fortes chaleurs. Sur celles-ci se développent des nodosités formées par des bactéries du genre *Rhizobium*. Ces bactéries fixent l'azote de l'air en puisant l'énergie nécessaire dans les sucres que la plante leur fournit. Cet azote est restitué à la plante sous forme de composés azotés assimilables. (Renard et al, 2007)

5. Classification systématique

- Règne : plantae

- Super division : Spermatophyta
- Division : Magnoliophyta
- Classe : Magnoliopsida
- Sous classe : Rosidae
- Orde : Fabales
- Famille : Fabaceae
- Genre : Phaseolus
- Espèce : Phaseolus Vulgaris L .



Figure n°04 : L'espèce Phaseolus Vulgaris L.

6. Cycle de développement du haricot

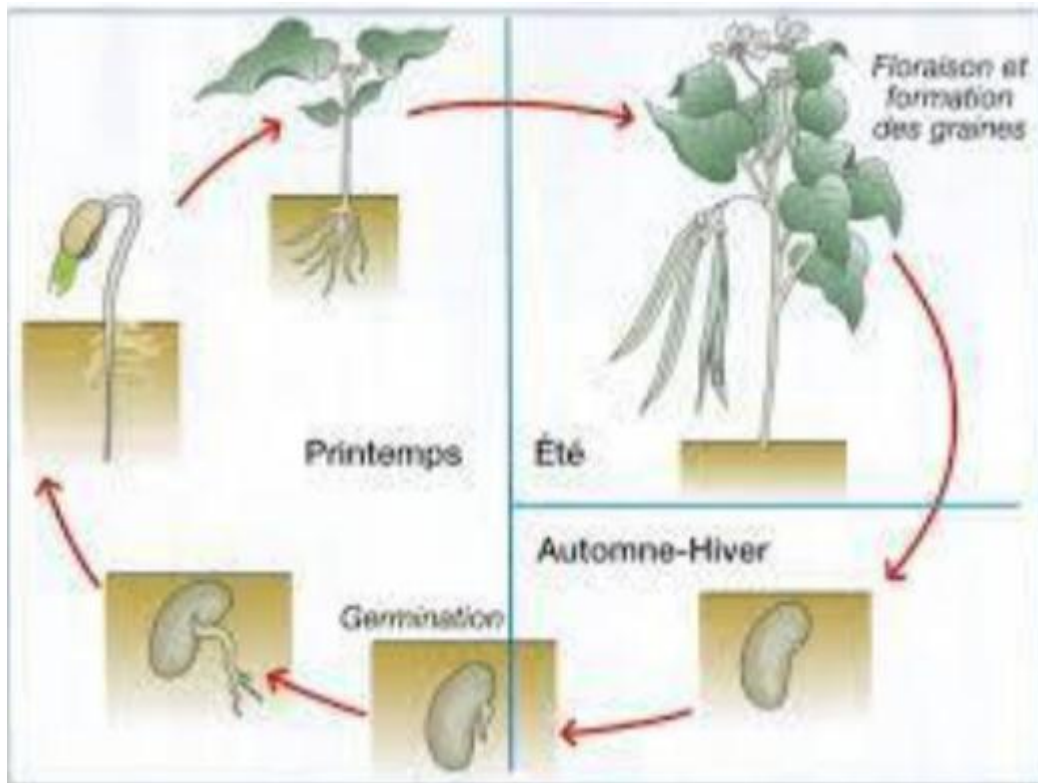


Figure n°05 : Le cycle de développement d'une graine de haricot

6.1. Phase de germination

Les graines lèvent en 4 à 8 jours suivant la température. Elles doivent toutes être sorties de terre au bout de 8 jours, les cotylédons sortis du sol, se sont ouverts et la première paire de feuilles apparaît (HUBERT, 1978).



Figure n°06 : stade germination

6.2. Phase de croissance

Trois à quatre jours après la levée, les cotylédons commencent à se faner (PITRAT et FOURY, 2003), cinq à six jours après la levée apparaît la première feuille trifoliolée, cinq à six jours après l'apparition de la première feuille trifoliolée apparaît la deuxième, Au bout d'un mois, le pied de haricot possède une dizaine de feuilles trifoliolées et il a atteint sa hauteur définitive de 30 à 40 cm pour les variétés naines (DUPONT et GUIGNARD, 1989).



Figure n°07: stade croissance

6.3. Phase de floraison

Elle 3 débute semaines à 1 mois environ après le semis. Elle dure 1mois à 1 mois et demi suivant les conditions climatiques. La jeune gousse met une douzaine de jours environ pour atteindre sa taille définitive (LECOMTE, 1997).



Figure n°08: stade floraison

6.4. Phase de maturation

Une fois la taille définitive atteinte, les graines se forment en 15-20 jours. Il faut attendre encore 20 à 30 jours pour que les gousses s'ouvrent d'elles-mêmes, les graines étant mûres. Le cycle végétatif complet du haricot varie entre 75 et 130 jours (LECOMTE, 1997).



Figure n°09 : stade de maturation

7. Exigences climatiques du Haricots

✓ Climat, eau, sol

Le haricot est une plante exigeante sur le plan des températures : il craint les gelées et nécessite des températures supérieures à 10 – 12 °C pour se développer. La période de culture du haricot est donc exclusivement estivale. L'eau joue un rôle important pour

l'élaboration du rendement et la qualité de la récolte (apparition d'un fil au niveau de la nervure de la gousse si manque d'eau en fin de cycle). La plante n'a pas d'exigences particulières concernant le type de sol mais est sensible aux pH bas (optimum entre 6.1 et 7.4). Un sol bien aéré favorise le développement des nodosités. (Renard et al, 2007) .Le haricot est sensible à la carence en molybdène, en zinc et en manganèse en sol calcaire. Il est également sensible à l'excès de bore et est très peu tolérant à la salinité.

❖ Besoins en eau

Le haricot demande 300 à 400 mm d'eau pendant la durée de sa végétation .Ces pluies doivent être régulières, non violentes et bien réparties .L'excès d'humidité nuit à la plante ; chloroses généralisées, apparition de maladies cryptogamiques ou coulure des fleurs et leur couleur.

❖ Besoins en lumière

Le haricot est une plante de lumière cultivé à l'ombre, il s'allonge beaucoup et ne donne pratiquement aucune récolte (Tirilly et Bourgeois, 1999).

8. Importance de la culture des haricots

8.1. Importance nutritionnelle de haricot

La nutrition dans les pays pauvres, est essentiellement basée sur la consommation des légumineuses, comme le haricot, dans la richesse en protéines et en vitamines. Les haricots secs ont une teneur en protéine élevée et représentent une excellente source de fibres, de glucides, de vitamines et de minéraux (particulièrement le potassium, le calcium, le magnésium, le cuivre, le fer, le zinc), (GORDON, 2004). En effet, les protéines végétales coutent deux fois moins chère que les protéines animales et les graines de légumineuses notamment le haricot contiennent deux à trois fois plus de protéines que les céréales (SOLTNER, 1990) et renferment les 24 acides aminés indispensables à l'alimentation humaine. La teneur en protéine des graines de haricot est estimée à 22% du poids sec, en outre, leurs teneurs élevées en amidon leur donne une valeur énergétique nette et élevée, proche de celle de blé (HUIGNARD et al, 2011). Le tableau (1) montre les valeurs nutritionnelles et énergétiques du haricot blanc.

Tableau n°1 : valeur nutritionnelles (μg , mg, g) et énergétiques (kcal) moyennes de 100 g de haricot blanc (HAMDANI, 2012).

| | Haricot blanc sec | Haricot blanc cuit | Haricot blanc appertisé |
|-------------|-------------------|--------------------|-------------------------|
| énergie | 265 kcals | 120 kcals | 94 kcals |
| protéines | 41.4g | 7g | 6.2g |
| lipides | 21.1g | 16.9g | 15.7g |
| fibres | 18.1g | 8g | 4.4g |
| sodium | 15mg | 5mg | 4mg |
| potassium | 1450mg | 460mg | 360mg |
| phosphore | 350mg | 140mg | 84mg |
| calcium | 165mg | 60mg | 71mg |
| magnésium | 150mg | 50mg | 39mg |
| fer | 7mg | 2.6mg | 2.8mg |
| Vitamine B1 | 0.5mg | 0.13mg | 0.1mg |
| Vitamine B9 | 300mg | 80ug | 60ug |
| Vitamine B5 | 0.8mg | 0.24mg | 0.17mg |
| Vitamine B6 | 0.5mg | 0.13mg | 0.07mg |

8.2. Importance économique

Le haricot représente une source de revenus importante pour des millions de personnes notamment dans les pays en voie de développement. Il constitue la principale légumineuse alimentaire de plus de 300 millions de personnes en Amérique latine, en Afrique centrale et en Afrique de l'Est (SILUE et al, 2010).

Durant la période allant de 1994 à 2004 la production mondiale de haricot sec a connu des fluctuations mais la tendance est légèrement à la hausse. Pendant cette période, la production est variée d'un plancher de 15.5 millions de tonnes à un sommet de 18.9 millions de tonnes (FAO, 2004 in KASSEMI, 2006).

D'après le ministère de l'agriculture et du développement rural (HAMDANI, 2012).

L'Algérie a mis en œuvre, un plan d'action visant l'augmentation de la production agricole et ceci par l'intensification de la culture des céréales et des légumineuses. La production moyenne du haricot en l'Algérie a été estimée à 0.72 t/ha avec une surface totale d'environ 1616 hectares en 2009 (tableau n°2).

Tableau n°2: superficies et productions du haricot sec en Algérie (HAMDANI, 2012).

| Années | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|-----------------------|------|------|------|------|
| Superficie (hectares) | 1206 | 1596 | 1394 | 1040 |
| Production (quintaux) | 6660 | 9145 | 9170 | 5441 |

8.3. Importance écologique

L'impact des légumineuses ne se réduit pas seulement à leur importance comme source alimentaire de qualité, leur utilisation joue aussi un rôle important dans le maintien de la fertilité des sols agricoles (MOREAU et al., 2008). Le fait est que les légumineuses accumulent des concentrations d'azote importantes dans leurs tissus (DESCLOS et al., 2008). Une partie de cet azote, particulièrement au niveau des racines, est éventuellement réincorporée au sol lors de la décomposition des tissus (ALKHALFIOUI et al, 2008). Ainsi les plantations de légumineuses permettent de rétablir la fertilité des sols après la culture de plantes plus exigeantes, telles que les céréales et autres espèces, qui ont tendance à appauvrir les sols (SINGH et JAUHAR, 2005).

9. Situation du haricot en Algérie

Les variétés les plus cultivées en Algérie pour lesquelles l'autosuffisance est atteinte, bien que le prix soit relativement élevé en particulier pour le haricot à écosser sont :

- haricot nain tout : Contender, El Djadida , Molière.
- haricot nain à écosser : Coco de Prague, Pactole.
- Haricot à rame mange tout : Sidi fredj, Blanche de juillet.

-Haricot à rame à écosser : Coco de prague.

Selon les statistiques de FAO 2013, Algérie est classée à la 40^{ème} position dans le monde pour la production du haricot. Où la production nationale du haricot vert durant les cinq dernières années est représentée dans le tableau 1.

Tableau 3 : La production nationale du haricot vert pour la période 2009-2013.

| Années | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Surface cultivée (ha) | 8622 | 8918 | 9599 | 9197 | 10707 |
| Production (tonne) | 40121 | 45096 | 53487 | 54581 | 60787 |
| Rendement (Qx/ha) | 46.53 | 50.56 | 55.72 | 59.34 | 56.77 |

Source : RAQSTAT.2013.

Le haricot présente un potentiel de rendement faible et instable comparé à d'autres légumineuses comme le soja. Cela s'explique, en particulier par sa sensibilité aux contraintes biotique et abiotique (Geert et al, 2011). Contraintes biotiques notamment la présence de pathogènes comme l'antracnose, le botrytis, le puceron. Contraintes abiotiques (édaphique et climatique) notamment les hautes températures, la sécheresse, la salinité. Une étude menée par le CIAT a montré que 60% des sols où est cultivé le haricot sont carencés en Pi.

10. Intérêt médical du *Phaseolus vulgaris*

Des recherches médicales montrent que les haricots secs offrent des aliments riches en éléments nutritifs. En effet, une portion de 1/3 de tasse de haricots secs cuits fournit environ 80 calories. Les haricots offrent toutefois une valeur d'indice glycémique faible. Autrement dit, les glucides des haricots ne provoquent pas une augmentation aussi rapide du taux de sucre dans le sang que plusieurs autres aliments riches en glucides. Les haricots sont également une bonne source de vitamines B, y compris l'acide folique. Les haricots fournissent aussi les minéraux suivants : le fer, le potassium, le sélénium, le magnésium et même un peu de calcium. Les haricots secs sont aussi de bonnes sources de fibres insolubles, ce qui favorise la santé de l'appareil digestif et soulage la constipation. Les haricots fournissent également des fibres solubles, ce qui peut contribuer à réduire le niveau de

lipides dans le sang. Les haricots ne contiennent que de très peu des acides gras et pas de cholestérol du tout. (ANONYME, 2007).

Le haricot commun (*Phaseolus vulgaris*) est l'une des cultures des fabaceae végétales les plus importantes et est classé comme une plante sensible au sel (MAAS et al, 1977). Les légumineuses alimentaires, y compris les haricots, constituent une composante importante des secteurs agricoles des pays en développement en raison de leur capacité à produire de grandes quantités de graines riches en protéines pour la nutrition humaine. 20

11. Sensibilité du haricot

La salinité réduit la croissance des plantes de *Phaseolus vulgaris* de 25 %. La concentration de sel de 100 mM affecte négativement l'activité nitrogénase, ainsi que l'activité de la glutamine synthétase et le glutamate synthase. D'autre part, la réduction en N total des plantes n'est pas significative. L'inhibition des enzymes du catabolisme des purines implique la diminution du contenu nodulaire des uréides et l'augmentation des acides aminés. (KHADRI et al, 2001).

Environ 20 à 30% des régions productives de haricot dans le Moyen-Orient sont affectés par salinité de sol (BAYUELO-JIMENES et al, 2002 in GAMA et al, 2007). Sous de telles situations, on s'attend à un faible rendement car le haricot commun est extrêmement sensible à la salinité et enregistre des pertes de rendement dans des sols de moins de 2 dSm⁻¹ de salinité (LÄUCHLI, 1984 in GAMA et al, 2007).

Chez le haricot, les quatre phospholipides majeurs, appelés : phosphatidylcholine (PC), phosphatidylethanolamine (PE), phosphatidylsérine (PS) et phosphatidylglycérol (PG), ont été analysés. Le contenu de ses phospholipides diminue ou ne change pas comme conséquence sous l'effet du stress salin mais le taux des PC et PE dépend de la concentration du calcium présent dans le milieu (Cachorro et al, 1993). Dans une étude effectuée sur plusieurs espèces sur le genre *Phaseolus*, la salinité a un effet significatif sur la concentration des tissus en Na⁺, K⁺, Ca²⁺ et Cl⁻ et sur leur vitesse d'absorption, en plus de l'effet toxique des concentrations élevée en Na⁺ et Cl⁻ dans le tissu végétaux, les changements qui se passent dans les conditions de salinité de l'absorption de nutriments semblent contribuer dans la réduction de la croissance. (BAYUELO-JIMENEZ et al, 2003).

Des travaux menés sur la tomate et le haricot sur l'addition d'éléments nutritifs (le fer et des oligoéléments) aux eaux naturelles salines permettent de diminuer l'effet de la salinité en favorisant l'absorption hydrique des espèces étudiées. (SNOUSSI et al, 2004).

On a montré que sur des feuilles de *Phaseolus vulgaris* L. que la salinité (100 mM NaCl) du milieu réduit la capacité photosynthétique indépendamment de la fermeture des stomates. En effet, il apparaît que la salinité entraîne une réduction du pool de ribulose-1,5-biophosphate (RuBP) en influençant sa capacité de régénération. La salinité induit également une diminution de l'activité RuBP carboxylase, lorsque le RuBP est limitant, par un mécanisme inconnu, ne faisant intervenir ni l'inactivation de l'enzyme ni la synthèse d'un inhibiteur. (SEEMANN et SHARKEY, 1986).

12. Les ennemis du haricot

12.1. Les maladies

A l'instar de toutes les espèces de légumineuses le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) est sensible à de nombreuses maladies fongiques, virales et bactériennes. L'impact de ces maladies est très variable selon la gravité des symptômes provoqués sur la plante hôte. Il est dû en grande partie à l'absence de moyens de lutte curatifs, ce qui explique l'essor de la prévention par différentes méthodes pragmatiques (tableau n°4).

Tableau n°4 : les maladies des haricots et les moyens de lutte. (NYABYENDA, 2005).

| Type de maladie | maladie agent causale | symptômes | Les moyens de luttés |
|------------------------------|---|---|---|
| Maladies fongique | .Maladies des taches anguleuses : Phaeoisariopsis Griseola .maladie L'ascochytose : Ascochyta Phaseolarum | Tache anguleuse sur les feuilles délimitées par les nervures et taches arrondies rougeâtres sur les gousses. Grandes taches brunâtres sur les feuilles et les gousses. | -Composter fanes, éliminer les plantules issues de graines germées hors saison et respecter la rotation. -Utilisation des variétés résistantes ou tolérantes. -Pulvérisation sur le feuillage par le benomyl, thiophanate methyl... |
| Maladies bactériennes | bactériose à halo Pseudomonas syringae pv.Phaseolicola et Pseudomonas syringae pv. Syringae Bactériose commun Xanthomonas compestris | Petites points nécrotiques sur les feuilles entourées d'un halo chlorotique circulaire. des lésions brunâtres à brun clair sur les feuilles, des taches de couleur vert Foncé sur les gousses, des feuilles irrégulières limitées par une bordure jaune. | -Utilisation des semences saines et des variétés résistantes ou tolérantes. -arrachage des plantes malades. -Trempage des semences dans les sulfates de streptomycine avant le semis. |
| Maladies virale | La mosaïque commune du haricot (Virus(BCMV)) | Plantes naines, Feuilles déformées, recroquevillées vers le bas, cloquées ou plissées. Les gousses sont déformées et rugueuses au toucher. | -Utilisation des semences saines et arrachage des plantes malades. - Contrôle des pucerons Utilisation des variétés résistantes ou tolérantes. |

12.2. Les ravageur

Au cours du temps, les cultivateurs du haricot ont développé de nombreuses pratiques pour limiter l'expansion et les dégâts des différentes espèces d'organismes appelés ravageurs ou bioagresseurs qui s'attaquent aux cultures des haricots (tableau n°4).

Tableau n° 5 : récapitule les méthodes de lutttes vis-à-vis de différents ravageurs de Phaseolus vulgaris . (CHAUX et FOURY, 1994)

| Ravageurs | Principales méthodes de lutte |
|--|---|
| MYRIAPODES (lules, Scutigérelles) | L'enrobage des graines contre la mouche des semis permet de lutter contre les myriapodes. |
| ACARIEN JAUNE Tetranychus urticae | irrigation par aspersion sur l'attaque déclarée, traitement des oeufs par un acaricide actif sous formes mobiles à faibles doses tel que le bifenthrine et le dicofoll. |
| PUCERON NOIR DE LA FEVE Aphis fabae | Traitement précoce par un aphicide en combinant ou alternant les familles chimiques afin d'éviter les produits organophosphorés. |
| PUCERON DES RACINES Trifidaphis phaseoli | Si l'attaque est très importante, on recommande la lutte par incorporation au sol de produits organophosphorés. |
| MOUCHE DES SEMIS Dilia platura | La lutte est indispensable sur les semis précoces. Enrobage des semences. Traitement du sol avec micro-granulés. |
| PYRALE DU MAIS Ostrinia nubilalis | En situation à risque, traiter à partir du grossissement des gousses avec un pyréthrinode de synthèse a faibles doses |
| BRUCHE DU HARICOT Acanthoscelides obtectus | désinsectisation par fumigation sous vide dans les régions exposées. pour le grain sec, demi sec ou la semence : traitement à titre préventif, en fin de grossissement des gousses, Avec deltaméthrine ou lambda-cyhalothrine |

1- Objectif de l'expérimentation

L'objectif de notre expérimentation est de mettre en évidence :

- a- L'effet de la salinité exercée par NaCl sur l'alimentation azotée symbiotique chez le haricot (*Phaseolus Vulgaris L.*) cultivées sous serre.
- b- L'effet du stress salin sur accumulation des osmo-régulateurs chez la même espèce étudiée.

2-Le matériel végétal

Nous avons travaillé sur une espèce sensible à la salinité le haricot variété contender, variété naine très cultivée en Algérie.

3-Description des traitements

Quatre concentrations de NaCl ont été effectuées pour la réalisation des traitements:

- T1 [1 g/L] de NaCl \longrightarrow 17mol/ m³
- T2 [2 g/L] de NaCl \longrightarrow 34mol/ m³
- T3 [3 g/L] de NaCl \longrightarrow 51mol/ m³
- T4 [4 g/L] de NaCl: \longrightarrow 68mol/ m³

- Le témoin T0 : l'eau de robinet

4- Conditions expérimentales

•Localisation

Notre expérimentation s'est déroulée sous serre au niveau de la station expérimentale de département des Biotechnologies de l'université de Blida 1 située dans la plaine de la Mitidja.

L'expérimentation a été effectuée dans une serre rectangulaire (170,5mètres de long sur 22,5mètres de large, et 4,5mètres de haut). Elle est recouverte par des feuilles de

polyméthacrylate de méthyle (opaque, le coefficient de dilatation est très faible).

- Orientation Nord- Sud.

- L'aération est assurée par les fenêtres placées latéralement de part et d'autre.

Le haricot est cultivé sous serre, dans des conditions ambiantes locales normales non contrôlées.

5-Conduite de l'essai

Un trempage des graines dans l'eau pendant 24 heures est effectué pour faciliter la germination. La germination est le processus par lequel un embryon se développe en une plante .C 'est un processus qui a lieu lorsque les embryons gonflent et les coques de la semence disparaissent pour ce faire nouvelle plantule nécessaire des éléments de base pour son développement : la température, l'eau, les minéraux.

La germination a été réalisée dans un récipient contenant un tissu en coton et remplis d'eau à température ambiante.



Figure n°10 : Germination des graines du haricot (personnelle ,2020)

Le semis a été réalisé manuellement le 06 février 2008, à raison de trois graines par pot pour choisir la plus vigueur .Chaque graine est déposée au fond du pot à 2cm de profondeur.

Les pots présentent une hauteur de 20cm, une largeur de 15cm et une capacité de 500g chacun.

Un dispositif expérimental est mené sur 24 pots, à raison de 6 pots par traitements Na Cl a déférente conscentration et l'autre comme témoin par l'eaux.



Figure n°11 : Dispositif expérimental

6-Paramètres étudiés

•L'apparition des nodosités

A la fin du cycle végétatif du haricot, un arrachage des plantes est effectué. Il concerne les observations sur le système racinaire. Ces observations permettent de déceler la présence ou non de nodosités.

•Détermination des matières azotées totales (MAT)

L'azote total est dosé par la méthode KJELDAHL(2008). Le principe de la réaction est basé sur la minéralisation des échantillons puis la distillation.

1-Minéralisation

1g de matière sèche broyée (partie aérienne séchée à l'étuve à 80°C pendant 48 heures).

L'introduire dans un matras de 250 ml.

Ajouter 2 gde catalyseur qui est composé de :

- 250 g de K₂SO₄.
- 250 g de CuSO₄.
- 5 g de sélénium.

Puis ajouter 20 ml d'acide sulfurique concentré (densité= 1.84).

Porter le matras sur le support d'attaque et chauffer jusqu'à l'obtention d'une coloration verte sable.

Laisser refroidir, puis ajouter peu à peu avec précaution 200 ml d'eau distillée en agitant et en refroidissant sous un courant d'eau.

2-Distillation

Transvaser 50 ml du contenu du matras dans l'appareil distillateur (BUCHI), rincer la burette graduée.

Dans un bêcher destiné à recueillir le distillat, introduire 20 ml de l'indicateur composé de :

-20 g d'acide borique.

-200 ml d'éthanol absolu.

-10 ml d'indicateur contenant : $\frac{1}{4}$ de rouge de méthyle à 0.2% dans l'alcool à 95° et $\frac{3}{4}$ de vert de bromocresol à 0.1% dans l'alcool à 95°.

Verser lentement dans le matras de l'appareil distillateur, 50 ml de lessive de soude (d= 1.33), mettre en marche l'appareil, laisser l'attaque se faire jusqu'à l'obtention d'un volume de distillat de 100 ml.

Titrer en retour par l'acide sulfurique N/20 ou N/50 jusqu'à l'obtention à nouveau de la couleur initiale de l'indicateur.

1 ml d'H₂SO₄ (1N) 0.014 g d'N

1 ml d'H₂SO₄ 0.0007 g d'N

$$Ng = X \cdot 0.0007 \cdot 100 / Y \cdot 200 / A$$

X : descente de la burette (ml).

Y : poids de l'échantillon de départ.

A : volume de la prise d'essai.

Teneur en **MAT (% Ms)** = $Ng \cdot 6.25$

•Paramètre biochimique

1-Dosage de la proline

La proline est dosée selon la technique utilisée par Troll et Lindesly (1955) simplifiée et mise au point par Dreier et Goring (1974) et modifiée par Monneveux et Nemmar (1986).

Le principe est la quantification de la réaction proline-ninhydrine par mesure spectrophotométrique. La proline se couple avec la ninhydrine en formant un complexe coloré.

L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de proline dans l'échantillon.

La méthode consiste à mettre 100 mg de matière fraîche végétale dans des tubes à essai et on ajoute 2 ml de Méthanol à 40 %. Les tubes couverts (pour éviter la volatilisation de l'alcool) sont portés à l'ébullition au bain-marie à 85 °C pendant 60 min.

La proline endogène présente des fluctuations quantitatives variées dans les différents organes (tiges, feuilles et racines). Les données obtenues montrent que les plantules de *Phaseolus vulgaris* L. soumises au stress de la salinité présentent une capacité de synthèse de la proline cette synthèse varie en fonction de la concentration en sels, la nature du sol et le stade de développement.

Ensuite, on ajoute, dans chaque tube, 1 ml d'un mélange contenant; 120 ml d'eau distillée, 300 ml d'acide acétique, 80 ml d'acide ortho phosphorique

On porte les tubes à essai à ébullition au bain Marie durant 30 min. Après refroidissement des solutions, on ajoute 5 ml de toluène dans chaque tube. Après agitation au vortex deux phases apparaissent. On prélève la phase supérieure à laquelle on ajoute 5 mg du sulfate de sodium, puis on les laisse au repos pendant 48h.

On procède à la lecture de la densité optique des échantillons avec le spectrophotomètre (UV) à la longueur d'onde de 528 nm.

La détermination de la teneur de la proline est réalisée selon la formule:

$$\text{Proline } (\mu\text{g/g MF}) = \text{DO528} \times 0.62.$$

3-Mode d'expression des résultats

Pour mieux valoriser les résultats obtenus, une analyse de la variance a été effectuée (DAGNELIE, 1973). Cette méthode statistique permet de déterminer le degré de signification des différences observées entre les différentes conditions à l'aide du logiciel XLSTAT. L'analyse de la variance est suivie par le test de NEWMAN et KEULS qui permet de distinguer les groupes homogènes en comparant les probabilités de la manière suivante :

-Si $p > 0.05$: résultat non significatif (NS)

-Si $p < 0.05$: résultat significatif

-Si $p < 0.01$: résultat très significatif

-Si $p < 0.001$: résultat hautement significatif

Ainsi les conditions appartenant à un groupe donné sont considérées comme non différentes au risque α choisi (pour notre cas $\alpha = 0.05$).

Conclusion

Conclusion

Cette étude a été conduite dans l'objectif d'évaluer l'effet du stress salin sur les caractères morph-physiologique du Haricot *Phaseolus vulgaris* L. variété contender talque l'alimentation azotée symbiotique et accumulation des osmo-régulateurs cher le haricot (*Phaseolus Vulgaris* L.).

Soumis à quatre traitements salins à base de Na Cl .Elle nous a permis de soulever les conclusions suivantes :

La salinité est une contrainte abiotique importance dans la perturbation et la limitation des rendements agricole. Dont les plantes ont été affectées négativement par les concentrations supérieures à 2g/l seuil de résistance de l'espèce testée.

L'étude des paramètres morphologiques, nous a permis de constater que l'irrigation par des eaux salines limite considérablement la croissance et le développement du végétal.

Références bibliographiques

- 1- ABAAB A. BEDRANI S., BOURBOUZE A. et CHICHE J., 1995. Les politiques agricoles et la dynamique des systèmes agropastoraux au Maghreb. In: Les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000. *Options Méditerranéennes*, (CIHEAM., Montpellier), Sér. B, 14 : 139-165.
- 2- AJMAL KHAN N., IRWIN A., SHOWALTER A.M. and SHOWALTER U., 2000. Effect of salinity on growth, water relation and ion accumulation of the subtropical perennial Halophytes, *Atriplex griffithii* var. *stocksi*, *annals, of botany*, 85 : 225-232.
- 3- Alkhalfioui F., Renard M., Frendo P., Keichinger C and Montrichard F., 2008 - A Novel Type of Thioredoxin Dedicated to Symbiosis in Legumes. *Plant Physiol.* 148: P 424-435.
- 4- ANONYME a., (2006) : Extension de la salinisation et Stratégies de prévention et réhabilitation . Conférence électronique sur la salinisation : Organisée et coordonnée par: IPTRID du 6 février au 6 Mars 2006, 20 p
- 5- ANONYME., 2007. Haricot commun. In Wikipédia, l'encyclopédie libre. 5p.
- 6- Antipolis S., 2003: Les cahiers du plan bleu 2. Les menaces sur les sols dans les pays méditerranéens Etude bibliographique. 71 P.
- 7- Appenroth KJ., Mexco R., Jourdan V., Lillo C., 2000 - Phytochrome and payment post-with translation of nitrate réductase to higher usines. *Science of plants*; 159: p 51-56.
- 8- Ashraf M., Foolad M. R. (2007): Role of glycine betaine and protein in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany.* 59. P 206-216.
- 9- Aslam M., Travis RL and Rain D.W., 2001 - Le improvement of the activity of nitrate réductase and the metabolic nitrate concentration by sulfoximine of the methio- nine in the barley enracine. *Science of plants*; 161: p133-142
- 10- Asloum H., 1990: Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate *Lycopersicum esculentum* L.) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de, substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia- Antipolis: 24- 32. August; 57: p 2673 - 2685.
- 11- BABA SIDI KACI S., 2010 : Effet du stress salin sur quelques paramètres phénologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de l'*Atriplex* en vue d'une valorisation agronomique. Mémoire de magister en gestion des agrosystèmes sahariens, Université Kasdi Merbah Ouargla : 133P.

12-BARRETO M.M., 1983. Etude expérimentale du développement des racines adventives de la tige de *Phaseolus vulgaris* L. Mémoire de D.E.A. Université de Dakar Sén., 67p.

13-BARRETO M.M., 1983. Etude expérimentale du développement des racines adventives de la tige de *Phaseolus vulgaris* L. Mémoire de D.E.A. Université de Dakar, Sén., 67p.

14-BAYYELO-JIMENZ J., DEBOUCH D.G., LYNCH J.P.(2002): Salinity tolerance in *Phaseolus* species during early vegetative growth. *Crop Science*. Pp.2184.

15-BELL A., 1994. Plantes à fleurs : la morphologie descriptive et dynamique des plantes à fleurs. Edit. Masson, Paris. 340 P.

16-Benett, S.J., Barrett-Lennard, E.G.and Colmer, T.D 2009.Salinity and waterlogging as constraint to salt land pasture production:a review.*Agriculture , Ecosystemes and Environment*. 129 :349-360.

17-BERI V, GUPTA R, 2007. Acetyl cholinesterase inhibitors neostigmine and physostigmine inhibit induction of alphaamylase activity during seed germination in barley, *Hordeum vulgare* var. Jyoti. *Life Sci* 80: 2386-2388.

18- Bermanand Chava S., 1999 - Algal growth on organic compounds as nitrogen sources *J., Plankton Res.*, Aug; 21: p 1423 - 1437.

19-BEZZALA A., 2005. Essai d'introduction de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels), dans la zone de M'doukel et évaluation de quelques paramètres de résistance à la sécheresse. Université El HADJ LAKHDAR. BATNA. Thèse de Magister 143p.

20-BLUM A., 1996. Crop responses to drought and interpretation of adaptation. Edit. *Plant Growth Regulation*. 20, pp.135-148.

21- Bohlool B.B., Ladha J.K., Garrity DP and George T., 1992 - Biological nitrogen fixation for sustainable agriculture. A., perspective. *Plant Soil*; 141: p 1-11.

22-BOYER, J.S. 1982. Plant productivity and environment. *Sciences*, New series. 218, 443- 448. –

23-BROUGHTON WJ., HERNANDEZ G., BIAIRE MW. ,BEEBE S.,GEPTS P.andVANDERLCY de J.,2003.Bean (*Phaseolus* spp.)-Model Food Legumes. *Plant and Soil*252 :55-128.

24-BRISSON N., 2008. Modéliser la réponse des cultures à la contrainte hydrique avec le modèle STICS pour comparer des stratégies et anticiper les changements climatiques. *Nototechnique Agroclim INRA Avignon*, pp : 9-18.

25-Caba J.M., Hervas A., Lluch C and Ligeró F., 1990 - Nitrate metabolism in roots and

nodules of *Vicia faba* in response to exogenous nitrate. *Physiol. Plant*; 79: p531-539.

26- CALU G., 2006. *Arabidopsis thaliana* et *Thellungiella halophila*, plantes modèles dans l'étude du stress salin, in *Spectro Sciences*.

27- Calvet R., 2003: Le sol, propriété et fonction, phénomènes physiques et chimiques. Tome 2. Ed. France. Agricole, 511 P.

28- Chartzoulakis K., Klapaki G. (2000): Response of two green house pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Sci. Hortic.* 86, 247–260.

29- CHERBUY B. 1991- Les sols salés et leur réhabilitation: étude bibliographique: localisation des sols salés et mécanismes de salinisation: réhabilitation des sols salsodiques.

30- CHINNUSAMY V., ZHU J. et ZHU J.K., 2006. Gene regulation during cold acclimation in plants. *Physiologia Plantarum*. Vol. 126, no 1. 163 p.

31-

Crawford

N.M and Forde B.G., 2002 - Molecular and developmental biology of inorganic nitrogen nutrition. In C.R Somerville, E.M Meyerowitz, Eds., *The Arabidopsis Book*. American Society of Plant 1199: tab.0011.

32- Dajoz, 1982: Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliquée Ed. Gauthier-Villiers Paris. 503 P.

33- Daniel J and Gage., 2004 - Infection and Invasion of Roots by Symbiotic, Nitrogen-Fixing Rhizobia during Nodulation of Temperate Legumes *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, Vol. 68, No.2: p 280-300.

34- Datta R and Sharma R., 1999 - Le temporal and space payment of the nitrate réductase and the corn nitrite réductase of green colouring part. *Science of plants*; 144: p 77-83.

35- De Angeli A., Monachello D., Ephritkhine G., Frachisse J.M., Gambale F and Barbier-Brygoo H., 2006 - The nitrate/proton antiporter AtCLCa mediates nitrate accumulation in plant vacuoles. *Nature* 442: p939–942.

36- DEBEZ A., CHAIBI W. et BOUZID S., 2001. Effet du NaCl et de régulateurs de croissance sur la germination d'*Atriplex halimus* L. *Agricultures* 10 ,(2), p.135-138.

37- DELFINE S., ALVINO A., ZACCHINI M. et LORETO F., 1998. Consequences of salt stress on conductance to CO₂ diffusion, rubisco characteristics and anatomy of spinach leaves. *Aust. J. Plant Physiol.* 25, 395-402.

38- Denden M., Bettaieb T., Sahli A., Mathlouthi M. (2005): Effet de la salinité sur la fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois espèces ornementales. *Tropicultura*. Vol. 23 N°4, pp220-226.

39- Desclos M., Dubousset L, Etienne P., Caherec F., Hiroyushi S and Avicé J., 2008 - A

Proteomic Profiling Approach to Reveal a Novel Role of Brassica napus Drought 22 kD/Water-Soluble Chlorophyll-Binding Protein in Young Leaves during Nitrogen Remobilization Induced by Stressful Conditions. *Plant Physiol.* 147: p1830-1844.

40-Diaz C., Thomas L., Aurélie C., Azzopardi. M., Yusuke K., Fumihiko S and Masclaux.C., 2008 - Nitrogen Recycling and Remobilization Are Differentially Controlled by Leaf Senescence and Development Stage in Arabidopsis under Low Nitrogen Nutrition. *Plant Physiol.* 147: p 1437-1449.

41-DJILI K., 2000. Contribution à la connaissance des sols du Nord de l'Algérie : Création d'une banque de données informatisées et l'utilisation d'un système d'information géographique pour la spatialisation et la vectorisations des données pédologique. Thèse doc. INA. Alger. 384p.

42-DUAN D., LIU X., AJMAL KHA N M. et GUL B., 2004. Effects of salts and water stress on germination of *Chenopodium glaucum* L. seed.- *Pack. J. Bot.*, 36, (4),p. 793-800.

43- DUBEY R.S., 1997. Photosynthesis in plants under stressful conditions. In: M. Pessaraki, (ed.), *Handbook of Photosynthesis*, Marcel Dekker, New York, pp. 859-875. 24.

DUAN D., LIU X., AJMAL KHA N M. et GUL B., 2004. Effects of salts and water stress on germination of *Chenopodium glaucum* L. seed.- *Pack. J. Bot.*, 36, (4),p. 793-800.

44-Duchaufour P H., 1983: Pédologie : sol, végétation, environnement. Ed Masson. Paris, 350P.

45-DUPONT F., GUIGNARD J.L., 1989. Haricot nain (Bulletin des variétés). Edit. Masson. Collection :Abrégés pharma. Paris. 510P.

46-Dutuit P., Pourrat Y., Dutuit J M., 1994: La notion de stress de la cellule à l'écosystème Sécheresse, Vol. 5, N°. 1: 23- 31.

47-F.A.O., 2006 . Programme de coopération technique .Programme de développement productions fourragères et de l'élevage .Rapport de synthèse ,45p.

48-FAO. 2005: Utilisation des engrais par culture en Algérie. FAO Rome, 61 p.

49-Faure JD., Meyer C and Caboche M., 2001 - Nitrate assimilation: nitrate and nitrite reductases. In JF. Morot-Gaudry., Ed., Nitrogen Assimilation by Plants. Science Publishers, Inc., Plymouth, UK, p 33-52.

50-FAVILLE M.J., SILVESTER W.B., ALLAN GREEN T.G. et JERMYN W.A., 1999. Photosynthetic characteristics of three asparagus cultivars differing in yield. *Crop Sci.* 39: p 1070-1077.

51-FISARAKIS I., CHARTZOULAKIS K. et STAVRAKAS D., 2001. Response of sultana vines (*V. vinifera* L.) on six rootstocks to NaCl salinity exposure and recovery. *Agric. Water Manage.* 51: p 13-27.

52- Forde BG and Clarkson DT., 1999 - Nitrate and ammonium nutrition of plants: physiological and molecular perspectives. *Adv Bot Res* 30: p 1-90.

53- Frink CR., Waggoner PE and Ausubel JH., 1999 - Nitrogen fertilizer: retrospect and prospect. *Proc Natl Acad Sci USA* 96: p 1175 -1180.

54- Gage DJ and Margolin W., 2000 - Hanging by a thread: invasion of legume plants by rhizobia *Curr Opin Microbiol*; 3: p613-617.

55- Gage DJ., 2004 - Infection and invasion of roots by symbiotic, nitrogen-fixing rhizobia during nodulation of temperate legumes. *Microbiol Mol Biol Rev.* 68: p 280-300.

56- Girard P., Prost J., Bassereau P., 2005: Passive or Active Fluctuations in Membranes Containing Proteins *Phys. Rev. Lett.* 94, 088102: 60-64.

57- GIRAUD C., MOUGEL S. (2008). couple Le à l'heure de l'individualisme, *Problèmes politiques et sociaux* 948.

58- Glass A., 2003 - Nitrogen use efficiency of crop plants: physiological constraints upon nitrate adsorption. *Crit Rev Plant Sci* 22: P 453–470.

59- Gojon A., Soussana J-F., Passama. L and Robin P., 2008 - Nitrate Reduction in Roots and Shoots of Barley (*Hordeum vulgare* L.) and Corn (*Zea mays* L.) Seedlings: I., 15N , *Study Plant Physiol.* 82: p 254-260.

60- GOUNY, P. et CORNILLON, P. (1973). La salinité, aspects théoriques, modes de contrôle. *PHM-Revue Horticole*, 142 : 3-7.

61- Goupil P., Loncle D., Druart N., Bellettre A and Rambour S., 2005 - Influence of ABA., on nitrate reductase activity and carbohydrate metabolism in chicory roots (*Cichorium intybus* L.) *Journal of Experimental Botany*, Vol; 49 : p1855-1862

62- GOUST J. et SEIGNOBOS F., 1998. Le haricot. Edit. Arles : Actes Sud, Paris. 92P.

63- GULZAR S., KHAN MA. et UNGAR IA., 2003. Salt tolerance of a coastal salt marsh grass. *Soil Sci. Plant Anal*, 34, 2595-2605.

64- HAJLAOUIL H., DENDEN M. et BOUSLAMA M., 2007. Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin - du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination. *TROPICULTURA*, 25, 3, 168-173.

65- HAMDANI D., 2012. Actions des poudres et des huiles de quelques plantes aromatiques sur les paramètres biologiques de la bruche de haricot, *acanthosceldes obbtectus* Say. (coleoptera: bruchidae). These de Magister . université Mammeri de Tizi-Ozou

66-HAWKINS H.J. et LEWIS O.A., 1993. Combination effect of NaCl salinity, nitrogen form and calcium concentration on the growth and ionic content and gaseous properties of *Triticum aestivum* L. cv. Gamtoos. *New phytol.* 124,161-170.

67-Hirsch RE and Sussman MR., 1999 - Improving nutrient capture from soil by the genetic manipulation of crop plants. *Trends Biotechnol* 17: p 356-361.

68-HOPKINS W. G., 2003 – Physiologie végétale. Traduction de la 2^{ème} édition américaine par SERGE R. Ed. De Boeck ; p. 66-81 ; 309-362.

69- HOUALA ., FFERJANI H. et BEN EL HADJ S., 2007. Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺, K⁺ et Ca²⁺) et du chlore (Cl⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 11 (3), 235-244.

70-HUBERT P., 1978- Recueil de fiches techniques d'agriculture spéciale à l'usage des lycées agricoles à Madagascar Antananarivo, BDPA.

71- HUIGNARD J., GLITHO I., MONGE J ., REGNAUL T. et ROGER I., 2011. Insectes ravageurs des grains de légumineuse, biologie des Bruchineae et lutte raisonnée en Afrique. Edition Quae. France. 147p.

72- INRA, 2001. Research and Innovation. Food, Environment, Agriculture and Society.

73-IYENGAR E.R.R. et REDDY M. P., 1996. Photosynthesis in highly salt-tolerant plants. In: M. Pessarakli (ed.), *Handbook of Photosynthesis*, Marcel Dekker, New York, pp. 897-909.

74-Janaki S., Vijayaraghavan, Aditya G., Sipra G-M and sudhir k., 1982 - stimulation of nitrate reductase by light and ammonium in *Spirodela oligorrhiza* j.exp. Bot; p 705 - 716.

75- Kaewmanee,k, krammart,p., sumranwa.nich, T., Choktaweekarn, p., and Tangtermsirikul, s.2013.Effet of free lime content on properties of cement –fly ash mixtures. *Construction and Building Materials* , 38:829-836

76-KANT S., Yong-Mei Bi., Weretilnyk E., Barak.S and Steven J., 2008 - The Arabidopsis Halophytic Relative *Thellungiella halophila* Tolerates Nitrogen-Limiting Conditions by Maintaining Growth, Nitrogen Uptake, and Assimilation. *Plant Physiol.* 147: p 1168-1180.

77-KATEMBE WJ., UNGARIA. et MITCHELL JP.,1998. Effect of Salinity on and seedling growth of two *Atriplex* species *Chenopodiaceae*. *Ann Bot* ; 82:165.germination

78- Kato C., Misa T., Atsushi S and Hiromichi M., 2004 - Differential expression of the nitrite reductase gene family in tobacco as revealed by quantitative competitive RT-PCR. *Exp. Bot* : p 1761 - 1763.

79- KHADRI M., PLIEGO L. SOUSSI M., LLUCH C., OCANA A. (2001) : Ammonium assimilation and ureide metabolism in common bean (*Phaseolus vulgaris*) nodules under salt stress. *Agronomy*. 21, 635-643.

80- Kleinhofs A., Warner RL and Melzer JM., 1989 - Genetics and molecular biology of higher plant nitrate reductases. In (JE Poulton, JT Romeo, EE Conn eds) "Plant Nitrogen Metabolism", Recent Advances in Phytochemistry, Vol 23, Plenum Press, New York; p 117-155.

81- KLEINM.A.,SEKIMOTOH.,MILNERM.J.andKOCHIANL.V.,2008.Investigationof heavy Metal Hyper accumulation at the Cellular Level : Development and Characterization of *Thlaspi caerulescens* Suspension Cell Lines. *Plant Physiol*. 147 : 2006-2016.

82- Kondorosi E and Kondorosi A., 2000 - Control of root nodule organogenesis. In Prokaryotic nitrogen fixation: a model system for the analysis of a biological process. Triplett, EW (ed) Horizon Scientific Press, Wymondham, UK.

83- LANGRIDGE P., PALTRIDGE N. et FINCHER G., 2006. Function algenomics oabiotic stress tolerance in cereals. *Brief Funct Genomic Proteomic*. 4(4):343-54.f

84- LEAKEY ANDREW D.B, URIBELARREA M., AINSWORTH E.A., NAIDU S.L., ROGERS A., ORT D.R. and LONG S.P., 2006. Photosynthesis, Productivity and Yield of Maize are not Affected by Open-Air Elevation of CO₂ Concentration in Absence of Drought. *Plant Physiol*. 140: 779-790.

85- Legros J.P., 2007. *Les grands sols du Monde*. Presse Polytechniques et Universitaires Romandes ,574 p.

86- Levigneron A., Lopez F., Vansuyt G., Berthomieu P., Fourcroy P., Casse-Delbart F., 1995: Les plantes face au stress salin. *Cahiers Agricultures*.4 (4): 263-273.

87- LEVITT J., 1980. Responses of plants to environmental stresses : water, radiation, salt and other stresses. Academic Press, New York. pp 365-488.

88- Lu J-L., ERTL J.R and Chen C.M., 1992- transcriptional regulation of nitrate reductase mRNA levels by cytokinin-abscisic acid interaction in etiolated barley leaves. *Plantes physiologie* pp 255.

89- LUHUA S., CIFTCI-YILMAZ S., HARPER J., CUSHMAN J. and MITTLER R., 2008. Enhanced Tolerance to Oxidative Stress in Transgenic Arabidopsis Plants Expressing Proteins of Unknown Function. *Plant Physiol*. 148 :280-292.

90- LUTTGE U., KLUGE M. et BAUER G., 2000. La nutrition minérale des plantes; croissance, développement, sénescence et mort in *Botanique*. Tec et Doc. LAVOISIER. pp 449-451-501- 512.

91-MAAS E.V. HOFFMAN G.J., 1977. Cropsalt tolerance Current assessment. J. Irrig. Drain.103, 115–134.

92-Mateos P.F., Baker D.L., Petersen M., Velazquez E., Jimenez-Zurdo J.I., Martinez-Molina E.j., Squartini A., Orgambide G., Hubbell D.H and Dazzo F.B., 2001 - Erosion of root epidermal cell walls by Rhizobium polysaccharide-degrading enzymes as related to primary host infection in the Rhizobium-legume symbiosis. Can. J. Microbiol; 47: p 475- 487.

93-Mathesius U., Charon C., Rolfe BG., Kondorosi A and Crespi M., 2000a - Temporal and spatial order of events during the induction of cortical cell divisions in white clover by Rhizobium leguminosarum bv. Trifolii inoculation or localized cytokinin addition. Mol Plant Microbe Interact. 13: 617-628.

94-Meloni D.A., Oliva M.A., Ruiz H.A., Martinez C.A. (2001): Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. J. Plant Nutr. 24, 599–612.

95-MERRIEN A., GRANDIN L., (1990). Comportement hydrique du tournesol : Synthèse des essais « irrigation » 1983-88. In Le tourney sol et l'eau (Edt. R. Blanchet et A. Merrien), pp.75-90. Cetiom Pub., Paris.

96-Meyer C and Stitt M., 2001 - Nitrate reduction and signalling. In PJ Lea, JF Morot-Gaudry, eds, Plant Nitrogen. Springer-Verlag, Berlin, p 39 - 59.

97-Mille R.AJ., Fan X., Orsel M., Smith. SJ and Wells DM., 2007 - Nitrate transport and signalling. j exp bot 58: p 2297–2306.

98-Miller-Williams M., Peter C., Loewen and Oresnik I., 2006 - Isolation of salt-sensitive mutants of Sinorhizobium meliloti strain Rm1021 Microbiology : p 2049-2059.

99-Min-Xia C., Xin-Yuan W., Da-Song C and Zhou J-C., 2006 - Thirteen nodule-specific or nodule- enhanced genes encoding products homologous to cysteine cluster proteins or plant lipid transfer proteins are identified in Astragalus sinicus L. by suppressive subtractive hybridization J. Exp. Bot.,

100- MOHOUCHE B et BOULASSEL A., 1999- Contribution à une meilleure maîtrise des pertes en eau d'irrigation et de la salinisation des sols en zones arides .Recherches Agronomiques.15-23.I.N.R.A.Alger. –

101- MONNET Y., PIGEON M. et THIBAUT J., 1999. Produits phytosanitaires autorisés à la vente : cultures légumières et fraisier. Edit. NRA, Paris, 330 p

102- MONNEVEUX P., THIS D., 1997. La génétique face au problème de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : espoirs et difficultés. *Sècheresse*, 8 (1)

103- Moreau D., Voisin A.S., Salon C and Munier J.N., 2008 - The model symbiotic

association between *Medicago truncatula* cv., Jemalong and *Rhizobium meliloti* strain 2011 leads to N-stressed plants when symbiotic N₂ fixation is the main N source for plant growth J.Exp. Bot; 51: p 423 - 430.

104- Morsli B. (2007): Étude de l'intrusion marine et de ses répercussions sur la dégradation des sols : cas des zones côtières d'Alger Est. Actes des JSIRAUF

105- MUNNS R., 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. *Plant Cell Environ.* 16, 15-24.

106- MUNNS R., SCHACHTMAN D. P. et CONDON A. G., 1995. The significance of a two-phase growth response to salinity in wheat and barley. *Aust. J. Plant Physiol.* 22, 561-569. NEUMANN P., 1997. Salinity resistance and plant growth revisited. *Plant Cell Environ.* 20, 1193-1198.

107- Munns, R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New phytol.* 167 : 645- 653.

108- Novák K., Chovanec P., Skrdleta V., Kropáčová M., Ludmila L and Nemcová M., 2002 - Effect of exogenous flavonoids on nodulation of pea (*Pisum sativum* L.) J. Exp. Bot; 53: p 1735 - 1745.

109- NYABYENDA P., 2005. Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique. Ed. tec et Doc, les Presses Agronomiques de Gembloux. p 38-42.

110- Okamoto M and Okada K., 2004 - Differential responses of growth and nitrogen uptake to organic nitrogen in four gramineous crops J. Exp. Bot., Jul; 55: p 1577 - 1585.

111- OMAMI E.N., 2005. Response of Amaranth to salinity stress. These Ph.D Horticulture. Department of plant production and soil science, Faculty of natural and agricultural sciences, University of Pretoria. p 235.

112- OUKARROUM A., 2007. Vitalité des plantes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) en conditions de stress hydrique et thermique analysée par la fluorescence chlorophyllienne. Thèse doctorat. Université De Genève.

113- Parsons R and Robert J., 2001 - Sunley Nitrogen nutrition and the role of root-shoot nitrogen signalling particularly in symbiotic systems J. Exp. Bot; 52: p 435 - 443.

114- Pawel M., Strozycski, Szczurek A., Lotocka B., Figlerowicz M and Andrzej B., 2007 - Leghämoglobin and nodulation in *Lupinus luteus*: iron management in indeterminate type nodules J. Exp. Bot., 58 p: 3145 - 3153.

115- Pawlowski K and, Bisseling T., 1996 - Rhizobial and Actinorhizal Symbioses: What Are the Shared Features? *Plant Cell*; 8: p 1899-1913.

- 116-** PERON.J.Y., 2006. Production légumieères .2 eme édition. Lavoisier. 389 p.
- 117-** Raymond J., Janet L., Siefert, Christopher R., and Robert E., 2004 - The Natural History of Nitrogen Fixation *Mol. Biol. Evol.*, 21: Staples p 541 - 554.
- 118-** Rees DC and Howard JB., 2000 - Nitrogenase: standing at the crossroads. *Curr Opin Chem Biol*; 4: p 559-566.
- 119-** RENARD S., GOFFORK J.P., FRANKINET. (2007): Optimisation de l'efficience de l'azote dans les rotations intégrant les cultures de légumes industriels en Hesbaye. Les dossiers de la recherche agricoles
- 120-** Rengasamy, p.2006.world salinisation with emphasis on Australia .*J.Exp.Bot* .57:1017-1023.
- 121-** RHOADES J.D., KANDIAH A., MASHALI. A.M., 1992. The use of saline waters for crop production. *FAO Irrigation and drainage paper* 48.
- 122-** ROMERO, ARANDA R., SORIA T. et CUARTERO J., 2001. Tomato plant-wateruptake and plant- water relationships under saline growth conditions. *Plant Sciences*. 160,265-272.
- 123-** Rouze P and Caboche M., 1992 - nitrate reductase in higher plants: molecular approaches to function and regulation inductible plants proteins their biochemistry and molecular biology (wray J L.ed Cambridge University Press.
- 124-** Ruffel S., Freixes S., Balzergue S., Tillard P., Jeudy C., Alisdair R., Fernie, Udvardi M., Salon C., Gojon A and Lepetit M., 2008 Systemic - Signaling of the Plant Nitrogen Status Triggers Specific Transcriptome Responses Depending on the Nitrogen Source in *Medicago truncatula*. *Plant Physiol*. 146: p 2020-2035.
- 125-** SARAH J. Cookson, Lorraine E. Williams and Anthony J. Miller., 2005 - Light-Dark Changes in Cytosolic Nitrate Pools Depend on Nitrate Reductase Activity in *Arabidopsis* Leaf Cells; *Plant Physiology* 138: p1097-1105.
- 126-** Savka MA., Dessaux Y., Oger P and Rossbach S., 2002 - Engineering bacterial competitiveness and persistence in the phytosphere. *Mol Plant Microbe Interact*. 15: p 866-874.
- 127-** SERVANT (J.), 1978. - La salinité dans les sols et les eaux. Caractérisation et problèmesd'irrigation-drainage. *Bull. du BRGM, section IV, n° 2*.142p
- 128-** SHILPI & NARENDRA.,2005 : cold salinity and drought stress.
- 129-** Sieberer B.j and. Emons A.M.C., 2000 - Cytoarchitecture and pattern of cytoplasmic streaming in root hairs of *Medicago truncatula* during development and deformation by nodulation factors. *Protoplasma* 214: p 118-127.

- 130-** Siebrecht S., Herdel K., Schurr U and Tischner R., 2003 - Nutrient translocation in the xylem of poplar: diurnal variations and spatial distribution along the shoot axis. *planta*; 217: p 783– 793.
- 131-** SINGH R J. et JAUHAR P.P., 2005 . Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement, Volume 1, Grain Legumes. Ed CRC press Taylor and francis Group. P 363.
- 132-** Snoussi S., Halitim A., Valles V. (2004): Absorption hydrique en milieu salin chez la tomate et le haricot. *Cahiers Agricultures*. Vol.13, N° 3, 283-287
- 133-** SOHAN D., JASONI R., ZAJICEK J., 1999. Plant-water relations of NaCl and calcium-treated sunflower plants. *Environ. Exp. Bot.* 42, 105-111.
- 134-** SOLTANI A., 1988: Analyse des effets de NaCl et de la source d'azote sur la nutrition minérale de l'orge. Thèse de Doctorat d'Etat. Tunis : Faculté des Sciences de
- 135-** Sprent J., 1987 - The Ecology of the Nitrogen Cycle. Ed Cambridge University Press, pages 151 pp 1-3.
- 136-** STATISTIQUES CANADA, 2007. Organisme Statistique National du Canada.
- 137-** Stitt M., 1999 - Nitrate regulation of metabolism and growth. *Curr Opin Plant Biol* 2: p 178–186.
- 138-** Stougaard J., 2000 - update on nodule development regulators and regulation of legume root nodule development *plant physiol* vol;124: p 531-540
- 139-** SUBRAMANYAM S., DAVID F., CLEMENS S.J.C., WEBB M.A., SARDESAI N., and WILLIAMS C.E., 2008. Functional characterization of HFR1, a high-Mannose Nglycan- specific Wheat Lectin induced by Hessian fly Larvac. *Plant physiol.* 147.
- 140-** SZABLOCS I., 1994: Prospects of soil salinity for the 21 st century trans. *Int cong of soilsc*, pp: 123- 141.
- 141-** TAIZ L. and ZEIGER, E., 2002. *Plant Physiology*. 3rd ed. Sinauer Associates Publishers, Sunderland, 427 p
- 142-** Timmers AC., Auriac MC and Truchet G., 1999 - Refined analysis of early symbiotic steps of the Rhizobium-Medicago interaction in relationship with microtubular cytoskeleton rearrangements. *Development*; 126: p 3617-3628.
- 143-** Timmers AC., Vallotton P., Heym C and Menzel D., 2007 - Microtubule dynamics in root hairs of *Medicago truncatula*. *Eur J Cell Biol* ; 86: p 69-83.345-355.
- 144-** Tsyganov V.E., Voroshilova V.A., Priefer U.B., Borisov A.Y and Tikhonovich I.A., 2002 - Genetic dissection of the initiation of the infection process and nodule tissue development in the Rhizobium-pea (*Pisum sativum* L.) symbiosis. *Ann. Bot.* 89: p 357-

- 145-** TIRILLY Y. - BOURGEOIS C.M., 1999. Technologie des légumes. Edit. La Maison Rustique, Paris 558p.
- 146-** ZHU J.K., 2001. Plant salt tolerance. Trends in plant Sci. 6 :66-71.
- 147-** TESTER M. et DAVENPORT R., 2003. Na⁺tolerance and Na⁺ transport in higherplants. *Ann. Bot.* 91,503-527.
- 148-** USDA- ARS.2008.Research Databases.Bibliography on salt tolerance.George E.Brown, jr.salinity Lab.US Dep . Agric .Res. Serv .Riverdside, CA.
- 149-** Vincent Z and Caboche M., 1991 - Constitutive expression of nitrate reductive allows normal growth and development of nicotina plumbaginifolia plants. *ENMBO J:* p1027-1035.
- 150-** Wang Y., Nil N. (2000): Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase–oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor*leaves during salt stress. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 75, 623–627.
- 151-** Xi-Wan., Hontelez J., Lillo A., Guarnerio C., Van-De-Peut D., Fedorova E., Bisseling T and Franssen H., 2007 - *Medicago truncatula* ENOD40-1 and ENOD40-2 are both involved in nodule initiation and bacteroid development *J. Exp. Bot.*, 58: p:2033 - 2041.