

LA REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE BLIDA 1



Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département des Biotechnologies

MÉMOIRE DE MASTER ACADIMIQUE EN S.N.V

Spécialité : Biotechnologie Végétale

*EFFET DE LA CONTRAINTE SALINE SUR LE COMPORTEMENT DES
PLANTES DU HARICOT (Phaseolus vulgaris L.) VARIETE
ELDJADIDA .*

Présenté par :

- *ELFARROUDJI Oumama*
- *KAHAL Rania*

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.	MCB	Université de Blida 1	Examineur

Année universitaire **2019 / 2020**

Remerciements

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

Nous adressons nos profonds remerciements à Madame BENZAHRA, notre encadreur dont la disponibilité, les qualités professionnelles, la gentillesse et la rigueur n'ont jamais fait défaut durant le long de notre mémoire.

Nos sincères remerciements sont adressés aux membres du jury qui nous ont fait l'honneur d'examiner et d'évaluer notre travail, Mr ZOUAOUI A. et Mr ABBAD M. Nous les en remercions profondément.

Pour la même occasion, nous tenons à remercier tous les profs qui nous ont enseignés.

Ainsi, nous adressons nos remerciements les plus chaleureux à toutes les personnes qui ont aidé de près ou de loin par le fruit de leur connaissance pendant toute la durée de notre parcours éducatif.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

*A mes très chers parents « **Fouzia et Omar** » source de vie , d'amour et d'affection qui ont largement contribué à mon éducation et mon enseignement .*

*Mes chères frères : **Zakaria Abdelrakib , Ahmed Abdelmuktader** .*

*Mes sœurs : **Roumaissaa , Chaimaa** pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral, .*

*A mon mari source d'amour , d'espoir et de motivation : **B.Yacin** .*

A Ma grande mère , oncle et ma tante .

A toute ma famille .

*A mes amies : **Sahar , Imene ,Rania , Hanan** .*

*A toute l'équipe **médicale et paramédicale** de l'hôpital de Hadjout qui m'ont soutenue et m'on encouragé .*

Enfin à tous ceux qui m'aiment et tous ceux que j'aime .

OUMAMA

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À mon père :

Mon plus haut exemple et mon modèle de persévérance pour aller toujours de l'avant et ne jamais baisser les bras pour son enseignement contenu à d'inculquer les vraies valeurs de la vie et pour ses précieux conseils

À ma mère :

Pour son affection ; sa patience ; sa compréhension ; sa disponibilité : son écoute permanente et son soutien sans égal dans les moments les plus difficiles de ma vie

Là où je suis arrivée aujourd'hui C'est à vous mes chères parents que le dois .Que dieu vous protège à moi

À mes sœurs : Nesrine ,Nourhane ,Amira et mon frère Nour elislem inshallah vous resterez toujours les meilleurs et les uns à coté des autres . Je vous souhaite aussi que de succès et de bonheur dans la vie .

À mon cher mari : A.Omar je le remercie au fond de mon cœur pour son encouragement et son soutien dans tous les domaines de ma vie que dieu te protège à moi .

À mes chères amis : Manel , Nawel , Oumama , Hanane je les souhaite que de bonheur dans leur vie personnelle et professionnelle .

Et à toute ma famille et à tous ceux que m'aime et j'aime.

Rania

Liste des figures

Figure n°1 : Gammes de concentrations et terminologie des eaux	05
Figure n°2 : Le cycle d'azote	12
Figure n°3 : Azote assimilable par les légumineuses au niveau de la rhizosphère	17
Figure n°4 : Description de la plante du Haricot	21
Figure n°5 : La fleur du Haricot commun	21
Figure n°6 : Le fruit du Haricot	22
Figure n°7 : Le cycle du développement du Haricot	24
Figure n°8 : Plante du Haricot attaqué par le tétranyque tisserand	25
Figure n° 09 : Graine du Haricot parasité par la bruche	26
Figure n°10 : Graines du Haricot <i>Phaseolus vulgaris</i> L. Variété Eldjadida	28
Figure n° 11 : germination des graines du Haricot	29
Figure n° 12 : le dispositif expérimental	30
Figure n° 13 : Aspect général des plantes	31
Figure n° 14 : Aspect et nombre de feuilles	33

Listes des tableaux :

Tableau n°1 - les valeurs nutritives des différentes variétés du haricot	24
Tableau n°02: Nombre moyen des feuilles par plante	32
Tableau n°05 : longueur des tiges du haricot	33

Sommaire

Liste des figures	i
Liste des tableaux	ii
Résumé	iii
Introduction	01

Chapitre I : la salinité

I. 1.1. Généralités	02
I. 2. Les mécanismes de salinisation	03
I. 3. Mesure de la salinité	03
I. 4. La salinité des eaux.....	04
I. 5. Principe d'adaptation et de résistance des plantes à l'excès de sel	05
I. 6. Réponse des plantes face au stress salin	06
I. 7. Physiologie des plantes en milieu salin.....	08
7. 1. Effet des sels sur les principales fonctions chez les plantes	08
1. Effet sur l'absorption de l'eau	08
2. Effet sur la Transpiration	09
3. Effet sur la photosynthèse	09
4. Effet sur la nutrition minérale	09
5. Effet sur les plantes	10
6. Sur la germination des plantes	10
7. Effets de la salinité sur la croissance des plantes	11

Chapitre II : la fixation d'azote atmosphérique

II.	1. Le cycle de l'azote.....	12
	1) L'azote.....	12
	2) Les sources d'azote.....	12
II.	2. 1. La fixation biologique de l'azote atmosphérique.....	13
II.	2.2. Les bactéries fixatrices d'azote.....	14
	1) Les fixateurs libres.....	14
	2) Les fixateurs symbiotiques.....	14
	3) Les symbioses <i>Frankia</i> -plantes actinorhziennes.....	14
	4) Les cyanobactéries.....	15
II.	2.3. La nitrogénase.....	16
II.	2.4. Assimilation d'azote par les légumineuses.....	16
II.	2.5. L'effet de salinité sur la fixation d'azote.....	17

Chapitre III : Données bibliographiques sur le Haricot

III.	1. Aperçu sur les légumineuses.....	19
III.	2. Origine et domestication des Haricots.....	19
III.	3. Description de la plante.....	20
III.	4. Classification botanique du Haricot.....	22
III.	5. Exigences climatiques du Haricot.....	23
III.	6. Cycle du développement des Haricots.....	23
III.	7. Importance nutritionnelle des Haricots.....	24
III.	8. Les variétés les plus cultivés en Algérie.....	25
III.	9. Les ennemis du haricot.....	25
	1) Les ravageurs du haricot.....	25
	2) Les maladies des haricots.....	26
	1) Les maladies cryptogamiques.....	26
	2) Les maladies bactériennes.....	27
	3) Les maladies virales.....	27
	3) Moyennes de luttés.....	27

Chapitre IV : Matériel et méthode

IV.	1. L'objectif de l'expérimentation.....	28
IV.	2. Matériel végétal.....	28
IV.	3. Matériel de laboratoire	29
IV.	4. Substrat	29
IV.	5. Présentation du site de l'expérimentation	29
IV.	6. Description des différents traitements.....	29
VI.	7. Installation et conduite de l'essai.....	30
	1) La germination.....	30
	2) Transplantation des graines germées.....	30
	3) Dispositif expérimental.....	30
	4) Les paramètres mesurés	31
	1. La longueur des tiges	31
	2. Le nombre de feuilles	31

Chapitre V : Résultats et Discussion

V.	1. Aspect général des plantes.....	31
V.	2. Longueur des tiges	32
V.	3. Nombre de feuilles	33
	Conclusion.....	34
	Références Bibliographiques.....	35

Résumé

Une contrainte écologique majeure est causée par la salinisation du sol dans les régions arides et semi arides . Il existe dans le monde végétal des plantes halophytes tolérantes aux sels, mais la plupart des espèces végétales sont classées dans le groupe des glycophytes, dont les processus physiologiques et biochimiques sont affectés en présence de sel.

Dans notre travail, nous avons étudié le comportement des plantes du haricot (*Phaseolus vulgaris L.*), vis-à-vis d'un stress salin. A cet effet, nous avons soumis les plantes à différentes concentrations de NaCl : **1 g /l, 2 g /l, 3 g /l et 4g /l** . Les paramètres relatifs à la croissance et au développement ont été déterminés et analysés (la hauteur des tiges et le nombre des feuilles) .

Le stress salin inhibe le développement des plantes, cet effet apparaît clairement lors de l'utilisation d'une concentration saline qui s'élève à **4g /l** . D'une manière générale le nombre des feuilles sont les plus affectées par la salinité au NaCl.

Mots-clés : Salinisation , halophytes , glycophytes , *Phaseolus vulgaris L*, stress salin, NaCl

ملخص :

هناك عائق بيئي رئيسي ناتج عن ملوحة التربة في المناطق الجافة وشبه الجافة . توجد نباتات ملحية تتحمل الملح في عالم النبات ، ولكن معظم أنواع النباتات تصنف في مجموعة نباتات الجليكوفيت ، التي تقوم عملياتها الفسيولوجية والمواد الكيميائية الحيوية تتأثر بوجود الملح.

لقد درسنا في عملنا سلوك نباتات الفاصوليا (*Phaseolus vulgaris* L) مقابل الإجهاد الملحي . لهذا الغرض ، أخضعنا النباتات لتركيزات مختلفة من كلوريد الصوديوم: 1 g/l ، 2 g/l ، 3 g/l ، 4 g/l . تم تحديد وتحليل المعلومات المتعلقة بالنمو والتنمية.

إجهاد الملح يمنع نمو النباتات ، وهذا التأثير واضح عند استخدام تركيز الملح الذي يبلغ 4 g/l . بشكل عام ، الأوراق هي الأكثر تأثراً بملوحة كلوريد الصوديوم.

الكلمات المفتاحية: الملوحة ، نباتات ملحية ، نباتات غير ملحية ، *Phaseolus vulgaris* L ، إجهاد الملح، محلول الملح

Summary

A major ecological constraint is caused by the Soil salinity in arid and semi-arid areas. There are salt tolerant halophytic plants in the plant world, but most plant species are classified in the group of glycophytes, whose physiological processes and biochemicals are affected in the presence of salt.

In our work, we have studied the behavior of bean plants (*Phaseolus*), Using a saline stress. For this purpose, we subjected the plants to different concentrations of NaCl: **1 g /l, 2 g /l, 3 g /l et 4g /l** . The parameters relating to growth and development were determined and analyzed.

Salt stress inhibits the development of plants, this effect is evident when using a salt concentration which amounts to **4g /l** . In general, leaves are the most affected by NaCl salinity.

Keywords: Soil salinity, halophytic , glycophytes , *Phaseolus* , salt stress, NaCl

Introduction

Introduction

Le taux élevé de sel dans les sols ou les eaux d'irrigation est une préoccupation environnementale majeure et un problème sérieux pour l'agriculture dans les régions arides et semi-arides, comme le bassin méditerranéen. En effet, l'excès de sel dans le sol affecte la germination, la croissance des plantules et leur vigueur, la phase végétative, la floraison et la fructification à des degrés variables, conduisant à terme à des baisses de rendement et de qualité des productions (Delgado et al., 1994 in Mainassara., 2009).

La réduction progressive du couvert végétal dans les régions arides et semi arides, sous l'effet de la désertification et l'érosion du sol devient de plus en plus un problème majeur dans les écosystèmes de ces régions (MARTINEZ et al., 2005). La salinité est ainsi un problème écologique croissant dans le monde entier, particulièrement le bassin méditerranéen et l'Afrique du nord, ce phénomène est considéré comme un facteur abiotique le plus important qui limite la croissance et la productivité des plantes (KHAN et PANDA, 2008).

L'effet négatif de la forte salinité peut être observé au niveau de toute la plante comme la mort de la plante et / ou la diminution de la productivité cet effet se traduit par des changements morphologiques, physiologiques et moléculaires qui affectent leur croissance et leur productivité (ARAUS et al., 2002). Beaucoup de plantes développent des mécanismes soit pour exclure le sel de leurs cellules ou pour tolérer sa présence dans les cellules (Parida et Das, 2005).

Le haricot commun est une plante très peu tolérante à la salinité, il est considéré comme une légumineuse alimentaire fondamentale dans de nombreux pays d'Afrique centrale et orientale, Il s'agit, pour les familles de toutes ces régions, d'une source importante de protéines, de fer, de zinc, de fibres et de carbohydrates lents (ECABREN, 2005). La salinité affecte toutes les processus vitaux des plantes du haricot en changeant leur métabolisme ce qui traduit par une réduction de leur croissance et de leur productivité (AJMAL KHAN et al ., 2000).

L'objectif visé par cette étude est de déterminer le comportement morphologique et physiologique d'une variété du Haricot (*Phaseolus vulgaris L.*) vis-à-vis de la salinité des eaux d'irrigation, causée par différentes concentrations de chlorure de sodium (NaCl) **1 g /l, 2 g /l , 3 g /l et 4g /l.**

Chapitre I: la salinité

Chapitre I: la salinité

I .1. Généralité

Par le processus de salinisation, les sels s'accumulent dans le sol. Quand la quantité de sels dans la solution du sol est élevée, ces derniers peuvent se concentrer à la surface du sol et y causer un état appelé salinité du sol (Barbouchi et al .,2013) .

Plusieurs auteurs ont défini la salinité des sols comme étant la présence de concentration excessive de sels solubles, ou lorsque les concentrations en Na, Ca, Mg sous formes de chlorures, carbonates, ou sulfates sont présentes en concentrations anormalement élevées (Asloum, 1990).

La salinisation des sols est généralement associée aux apports de sels dissous, issus de l'hydrolyse du substrat édaphique constitué de roches endogènes ou exogènes (salinisation primaire) ou des activités éoliennes et hydriques: embruns marins, eau d'irrigation et nappe phréatique subaffleurant et salée (salinisation secondaire) (Dutuit , 1994).

La salinité des sols a été définie de manière différente suivant le domaine d'utilisation des sols. Du point de vue agronomique, un sol salin (saline soil) est défini comme un sol qui renferme assez de sels en solution, pour voir sa productivité diminuer (Richards, 1954 in Benzellat., 2012).

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 dréviation (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 sodisols 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).

I.2. Les mécanismes de salinisation

Il s'agit de la concentration de sels neutres dans le profil de sol, en quantité suffisante pour affecter ses aptitudes agronomiques (augmentation de la pression osmotique provoquant un stress hydrique de la plante). Ils ont en général un PH inférieur à 8,5. Leur perméabilité est similaire à un sol non salin. Ces sols ne nécessitent que des nettoyages et un système de drainage efficient (LACHARME, 2001).

Une source anthropique de la salinité (irrigation, fertilisation, résidus miniers, eaux usées, sel de route...) implique automatiquement une origine humaine du problème et, éventuellement, la possibilité d'agir directement sur les sources en les éliminant ou en restreignant certaines pratiques. L'identification d'une source naturelle, en sous-sol, tel que des dépôts de sel (évaaporites), l'eau de mer ou des saumures sédimentaires n'exclue pas que des actions humaines soient à l'origine de la salinisation. Une modification du champ de flux par l'exploitation de la nappe, par des injections (ex. CO₂ ou autres gaz) ou par l'exploitation géothermale, peut entraîner un déplacement de l'interface eau douce-eau saline. Dans ce cas, on ne peut pas éliminer la source ; on peut agir en revanche sur les actions ayant déclenché la salinisation. Une autre configuration, avec des sources ET des vecteurs de salinisation naturels, rendrait la gestion plus complexe encore. Souvent la fermeture de captage s'avère la seule option, mais selon les cas, une gestion active de l'aquifère avec recharge d'eaux douces de la surface peut être envisagée (W. Kloppmann et al, 2011).

I.3. Mesure de la salinité

La conductivité électrique (CE) est directement proportionnelle à la teneur en sels d'un sol. Elle est exprimée en déci siemens par mètre (dS/m) ou en millimes par centimètre (ms/cm).

On distingue deux méthodes pour mesurer la conductivité électrique :

- L'extrait 1/5 (une masse de sols pour 5 masses d'eau) qui permet d'estimer rapidement la conductivité électrique et la salinité du sol de l'extrait de pâte réalisée en ajoutant 50 ml d'eau distillée à 10 g du sol.

- L'extrait de la pâte saturée qui est plus convenable que l'extrait 1/5 pour les CE supérieures à 0,5 dS/m. Cette dernière est celle que nous avons utilisée dans le présent travail.

Un sol est considéré salin si la conductivité électrique de l'extrait de la pâte saturée dépasse 4 dS/m (M.Barbouchi et al ,2013) .

Chapitre I: la salinité

La concentration en sel est donnée par le TDS (Quantité Totale de Matière Dissoutes) exprimé en mg de sel par litre d'eau (mg/L) ou en gramme de sel par mètre cube d'eau (g/m³) (i.e. mg/L = g/m³ = ppm).

- La concentration en sel peut aussi être mesurée grâce à la conductivité électrique de l'eau d'irrigation EC_i
- La conductivité électrique est exprimée en millimhos par centimètre (mmhos/cm) ou deciSiemens par mètre (dS/m) ou microSiemens par centimètre (1.e. 1dS/m = 1000μS/cm).
- La relation entre la concentration en sel (C) et la conductivité électrique (EC) est approximativement: $C = 640 EC$.
- Une autre technique pour estimer la concentration en sel se fait en mesurant la conductivité électrique de l'eau extraite d'un échantillon de sol saturé (EC_e).
- La relation approximative entre la conductivité électrique de l'eau d'irrigation (EC_i) et la salinité du sol est $EC_e = 1.5 EC_i$, si environ 15% de l'eau appliquée est drainée à la racine des récoltes. (M.Barbouchi et al ,2013)

I.4. La salinité des eaux

Un grand nombre de termes descriptifs, plus ou moins précis, est utilisé dans la littérature pour décrire la minéralisation des eaux souterraines sans qu'il n'existe de système de classification globale. Par le terme **minéralisation** on désigne la concentration des solides totaux dissous (STD) ou charge totale dissoute (CTD). Le terme correspondant dans la littérature internationale est **TDS**, l'abréviation anglaise de Total Dissolved Solids. Le terme **salinité** (en anglais : salinity) est synonyme de TDS et s'exprime généralement en g/L ou en gramme de sels par kilogramme de solution et donc en pour mille pondéral (figure n°1).

La salinité peut être déterminée directement par la somme des concentrations mesurées en éléments dissous ou par le poids du résidu solide après évaporation et, indirectement et approximativement, à partir de la conductivité électrique (mS/cm). Toutefois, le terme de salinité est souvent utilisé comme synonyme de **chlorinité** qui désigne la concentration en chlore dissous sous forme de chlorures (mg/L ou g/L).

Usuellement, on considère en fonction de leur salinité, les eaux douces, saumâtres, salines et les saumures (Illustration 1).

- **Eau douce** : une eau dont la salinité est inférieure à 1 g/L.
- **Eau saumâtre** : une eau dont la salinité est comprise entre 1 et 10 g/L.
- **Eau saline** : une eau dont la salinité est comprise entre 10 et 35 g/L.
- **Saumure** : une eau dont la valeur de salinité est supérieure à la valeur moyenne de celle de l'eau de mer, c'est-à-dire plus de 35 g/L TDS ($3,5 \cdot 10^4$ mg/L TDS).

D'après cette définition, la majorité des eaux des champs de pétrole sont des saumures. Cependant, seulement une faible fraction d'entre elles pourrait être classée comme saumure conformément aux définitions de Davis (1964) et Carpenter et *al.*, (1974) qui placent la limite inférieure de salinité des saumures à 100 g/L TDS ($1 \cdot 10^5$ mg/L TDS). On distingue deux types de saumures, les **saumures primaires** qui sont en fait une eau de mer évaporée à différents degrés et les **saumures secondaires** issues de la dissolution de sels solides (évaporites) (Kharaka et Hanor, 2005).

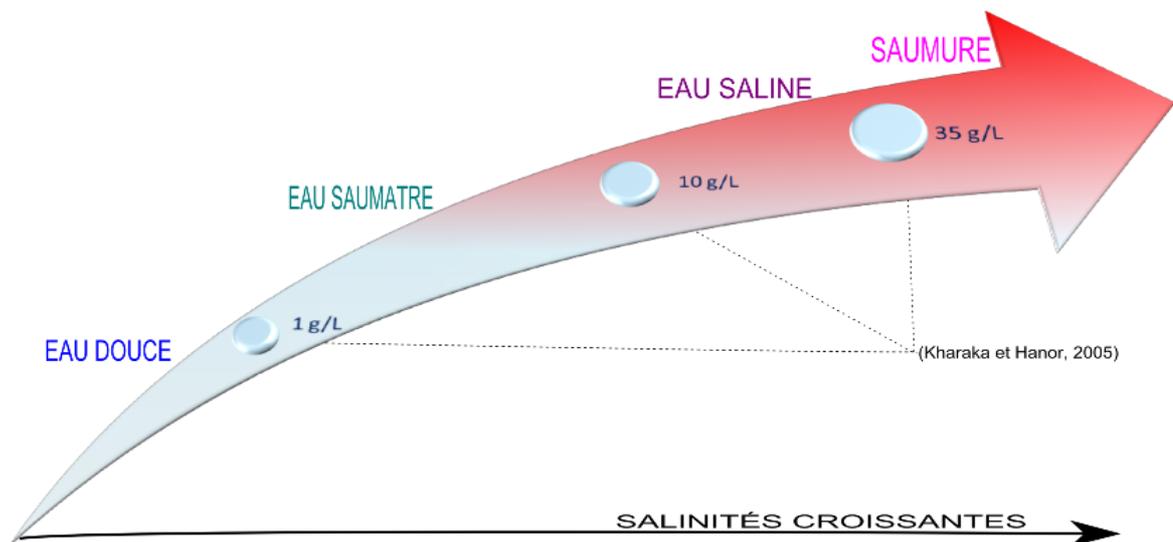
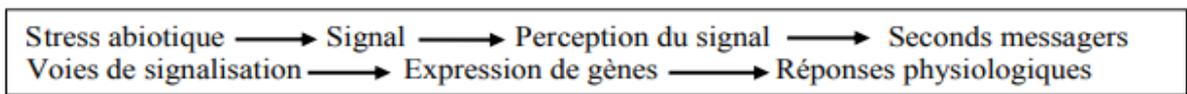


Figure 01 : Gammes de concentrations et terminologie des eaux. (D'après Kharaka et Hanor, 2005).

1.5. Principe d'adaptation et de résistance des plantes à l'excès de sel

Généralement, sous les conditions salines, une voie de transduction d'un signal de stress commence par la perception de ce signal au niveau de la membrane de la plante (par un senseur ou non), suivie par la production de seconds messagers et des facteurs de transcription. Ces facteurs de transcription contrôlent l'expression des gènes impliqués dans la réponse au stress incluant des changements morphologiques, biochimiques et physiologiques .



Adaptation résistance des plantes face au stress salin et Selon Levitt (1980),

On distingue **deux types d'adaptation**:

- Adaptation élastique (ou capacité d'adaptation): concerne un organisme adapté qui peut vivre, croître et réaliser son cycle de vie en présence du stress.
- Adaptation plastique (ou résistance à l'adaptation): inhibe la croissance et ainsi tous les dommages éventuels sont irréversibles jusqu'à la disparition partielle ou complète de l'agent stressant

Les stratégies d'adaptation de tolérance au sel chez les plantes peuvent être groupés en:

- Une homéostasie cellulaire regroupant homéostasie ionique et ajustement osmotique (Zhu, 2003).
- Un contrôle et une réparation des dommages causés par le stress ou détoxication.
- Une régulation de la croissance.

1.6. Réponse des plantes face au stress salin

La plupart des plantes sont des glycophytes qui ne peuvent pas tolérer le stress salin, à l'opposé les halophytes répandues parmi les divers ordres des plantes supérieures sont capables de se développer naturellement sous la salinité élevée (REDONDO-GOMEZ et *al.*,2007).

Considérons que des glycophytes sont sévèrement troublés ou même tués par 100 à mmol.l^{-1} de NaCl, les halophytes peuvent survivre une salinité au-dessus de 300 mmol.l^{-1} (BELKHODJA,1996).Quelques halophytes peuvent tolérer des niveaux extrêmement élevés de sels (TAJI et *al.*,2004).Par exemple, l'*Atriplex vesicaria* peut produire des hauts rendements en présence de 700 mmol.l^{-1} de NaCl, alors que *Salicornia europaea* restera vivante à une concentration de 1000 mmol.l^{-1} de NaCl (REDONDO-GOMEZ et *al.*,2007). Sur l'autre extrémité sont les glycophytes, très sensibles aux sels, par exemple les arbres fruitiers sont sensibles à quelques millimoles par litre de NaCl (HU,2007).

Les plantes ne peuvent pas physiquement se déplacer pour s'éloigner des stress environnementaux qui peuvent affecter négativement leur croissance. Par conséquent, les plantes ont dû évoluer des stratégies pour faire face à ces stress abiotiques (LEXER et FEE, 2005).

Les plantes doivent sentir le stress avant de pouvoir répondre convenablement. Après son identification initiale, une cascade de transduction du signal, activant finalement les gènes pour agir contre cette contrainte produisant de la réponse initiale au stress. Des produits provoqués par la tension de gène peuvent être divisés en deux groupes principaux ; ceux impliqués dans la tolérance à la contrainte et ceux impliqués dans la transduction du signal. Ces derniers peuvent

Chapitre I: la salinité

inclure la synthèse des chaperons et des enzymes pour la biosynthèse, la désintoxication des osmolytes et des changements dans la composition des lipides de la membrane (RAO et *al.*,2002). Les produits de gène peuvent également agir en tant que régulateurs de transcription commandant des ensembles de gènes soumettes à une contrainte spécifique ou soient impliqués dans la production des molécules de normalisation, telle que l'hormone ABA (HASEGAWA et *al.*,2000)

Chapitre I: la salinité

I. 7. Physiologie des plantes en milieu salin

Autrement, les plantes sous l'effet des sels peuvent montrer des modifications morphologiques adaptatives tel que, le faible allongement des organes, le raccourcissement des entre-nœuds des tiges et la diminution de la surface des feuilles qui deviennent charnues (HAMZA,1982).

7. 1. Effet des sels sur les principales fonctions chez les plantes

1. Effet sur l'absorption de l'eau

La présence de quantités importantes de sels dans la solution du sol abaisse le potentiel hydrique et réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes et ne peuvent développer (TROMBLIN, 2000). En général. L'activité physiologique est maximale à la plaine turgescence des cellules. La concentration en sels dissous dans la solution du sol accroît, selon son degré, la pression osmotique dans l'environnement racinaire. Ceci se traduit pour la plante par une diminution de la disponibilité de l'eau, donc par une plus grande difficulté pour l'absorption (Salram, 2004).

Les teneurs élevées des sels dans les eaux salines corrigées favorisent l'absorption hydrominérale et donc le développement des plantes est amélioré alors que le déséquilibre ionique dans les eaux salines naturelles a pour conséquence une dépression qui peut provoquer : **a/** un ralentissement de la croissance en raison de la lenteur d'absorption hydrominérale ; **b/** un retard dans la croissance des végétaux qui peut même s'arrêter définitivement : nanisme ; **c/** une fructification hâtive et peu abondante; **d/** dans les cas extrêmes, la plante meurt avant d'avoir pu se reproduire (Strogonov ., 1964) . Ces accidents sont d'ailleurs dus davantage à la sécheresse physiologique qu'à une absorption excessive de sels (Gale .,1967).

La diminution du flux d'eau à travers les plantes étudiées irriguées par les solutions salines naturelles montre, cependant, que l'action du sel présente des similitudes avec celle de la sécheresse. Il diminue la transpiration des glycophytes (O'leary., 1969) .Conséquence ou cause de la diminution de la transpiration, l'absorption hydrominérale par les racines est également réduite. Ceci a été bien établi chez les plantes de résistances différentes (Hoffman et al. , 1971).

Chapitre I: la salinité

2. Effet sur la Transpiration

Un sol chargé en ion possède une pression osmotique plus élevée, ce qui nécessite une augmentation de la succion des plantes concernées et ainsi de la transpiration, l'extraction y plus difficile. Au bout d'un certain seuil, lorsque la plante est soumise à un stress hydrique trop important les stomates se ferment diminuant la transpiration afin de se préserver (Salram, 2004).

3. Effets de la salinité sur la photosynthèse des plantes

Le développement des plantes est le résultat de l'intégration et la régulation des processus physiologiques dont le plus dominant est la photosynthèse. La croissance du végétal autant que la production de biomasse est une mesure de la photosynthèse nette et comme les stress environnementaux affectent la croissance donc affectent la photosynthèse.

Le stress salin cause des effets à long et à court terme sur la photosynthèse. Les effets à court terme se manifestent après quelques heures jusqu'à un à deux jours de l'exposition au stress, et la réponse est importante ; il y a complètement arrêt de l'assimilation du carbone.

L'effet à long terme s'exprime après plusieurs jours de l'exposition au sel et la diminution de l'assimilation du carbone est due à l'accumulation du sel dans les feuilles en développement (Munn et Termatt, 1986) cité in Parida et Das, (2005) . La diminution de la vitesse photosynthétique est due à plusieurs facteurs : (1) la déshydratation des membranes cellulaires ce qui réduit leur perméabilité au CO₂, (2) la toxicité du sel, (3) la réduction de l'approvisionnement en CO₂ à cause de la fermeture hydroactive des stomates, (4) la sénescence accrue induite par la salinité et (5) le changement dans l'activité des enzymes causé par le changement dans la structure cytoplasmique. (Iyengar et Reddy, 1996 in Parida et Das, 2005).

4. Effet sur la nutrition minérale

Les effets nutritionnels de la salinité incluent les deux actions primaires du sel sur les plantes : la toxicité directe due à l'accumulation excessive des ions dans les tissus et un déséquilibre nutritionnel provoqué par l'excès de certains ions. Des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale des plantes (Haoula et *al.*, 2007).

Chapitre I: la salinité

5. Effet sur les plantes

La salinité du sol ou de l'eau est causée par la présence d'une quantité excessive de sels. 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. Cet état hydrique altéré conduit à une croissance réduite et limitation de la productivité végétale.

Depuis que le stress salin implique aussi bien le stress osmotique qu'ionique (HAYASHI et MURATA 1998), Durant le début et le développement du stress salin à l'intérieur de la plante, tous les processus majeurs tels que : la photosynthèse, la synthèse des protéines, le métabolisme énergétiques... sont affectés. La première réponse est la réduction de la vitesse d'extension de la surface foliaire, suivi par l'arrêt de l'extension avec l'intensification du stress (Parida et Das, 2005).

Le maintien des processus vitaux dans ces conditions de forte salinité passe donc par une résistance de la plante à la déshydratation, par une adaptation de son potentiel osmotique afin de rétablir les relations hydriques et d'assurer une alimentation en eau convenable, ainsi que par un contrôle efficace des flux ioniques intracellulaires (Chretien., 1992).

6. Sur la germination des plantes

Les semences des glycophytes et des halophytes répondent de la même manière au stress salin, en réduisant le nombre total des graines germées et en accusant un retard dans l'initiation du processus de la germination (Ismail., 1990 *in* Lachiheb et *al.*, 2004). Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée (Ungar., 1978; Kabar., 1986 *in* Debaz et *al.*, 2001).

A titre d'exemple ; le taux de germination du cotonnier chute de 70% en présence de 12 g/l de chlorure de sodium (NaCl) et la germination des tubercules de pomme de terre peut être retardée de 3 à 7 jours selon le degré de salinité du sol (Levigneron et *al.*, 1995). La luzerne qui voit sa germination affectée négativement par la présence du sel et peut être inhibée complètement à des concentrations supérieures à 15 g/l de NaCl (Chaibi., 1995).

La germination des plantes, qu'elles soient halophytes ou glycophytes, est affectée par la salinité. Selon l'espèce, l'effet dépressif peut être de nature osmotique ou toxique.

Chapitre I: la salinité

- Les effets osmotiques se traduisent par l'inaptitude des graines à absorber des quantités suffisantes en eau pour les ramener à leur seuil critique d'hydratation, nécessaire au déclenchement du processus de germination.
- Les effets toxiques sont liés à une accumulation cellulaire de sels qui provoquent des perturbations des enzymes impliquées dans la physiologie des graines en germination, empêchent la levée de dormance des embryons et conduisent à une diminution de la capacité de germination (Rejili et *al.*, 2006).

7. Effets de la salinité sur la croissance des plantes

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. Parcontre 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).

Chapitre II : la fixation d'azote atmosphérique

II.1. Le cycle de l'azote

II.1. L'azote

Constituant entre autres des acides aminés et nucléiques, l'azote (N) est un élément essentiel pour toutes formes de vie. Il constitue, avec le manque d'eau et du phosphate, une des principales limitations à la croissance des plantes (Cleland et Harpole, 2010).

II.2. Les sources d'azote

L'azote du sol, dont la source principale est l'atmosphère, présente plusieurs voies d'évolution : la fixation biologique, la minéralisation (ammonification et nitrification), la dénitrification, la volatilisation ammoniacale et l'immobilisation (Figure 1).

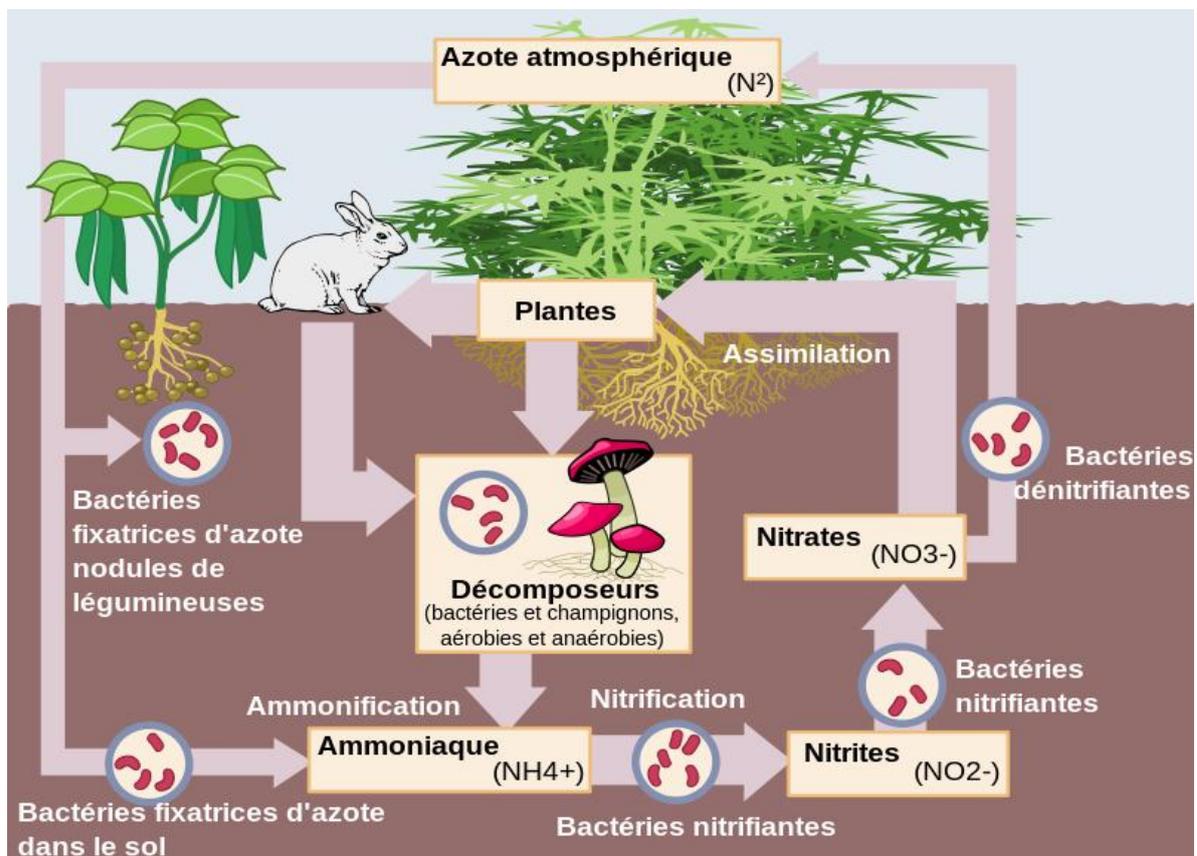


Figure N°2 : Le cycle d'azote (d'après Peret 2007).

Le sol ne comporte pas d'importantes réserves d'azote minéral car, d'une part, les principales formes ioniques (NH_4^+ et NO_3^-) sont solubles dans la solution de sol et, d'autre part, elles sont rapidement converties sous forme organique par les plantes et les microorganismes.

Chapitre II : La fixation d'azote atmosphérique

L'azote dans le sol est donc essentiellement sous forme organique et la libération d'ions inorganiques se fait par le processus de minéralisation. Celui-ci dépend de l'activité des décomposeurs, des caractéristiques du sol, telles que la température, le pH, l'humidité, la teneur en oxygène (Germon, J.C , 2013).

Les résidus organiques laissés sur le sol après les récoltes constituent une litière temporaire. Quand ils sont enfouis en début de saison ; ces résidus enrichissent la matière organique du sol. Les amendements organiques incorporés aux sols sous forme de fumier ou de compost viennent également enrichir et constituent une source d'azote et d'humus (Sebihi, 2008).

L'azote du sol et les amendements organiques ne suffisent pas pour atteindre des rendements optimums, des engrais azotés minéraux sont utilisés comme complément d'azote pour augmenter les rendements et intensifier la production végétale dans l'agriculture conventionnelle. La plus grande partie de l'N minéral vient des engrais dissous avec une contribution de minéralisation de l'azote organique dans le sol (Newton, 1998).

Par ailleurs, l'atmosphère terrestre est composée majoritairement d'azote sous forme gazeuse ou moléculaire (N_2) dans des proportions bien supérieures au carbone puisqu'il représente 79 à 80% de l'air ; non assimilable par les plantes. Mais seul un nombre réduit de genres bactériens vivant librement ou en symbiose avec les plantes sont capables de fixer l'azote moléculaire de l'atmosphère. Ce processus, appelé fixation biologique de l'azote, est le principal moyen naturel par lequel l'azote atmosphérique est ajouté au sol.

A l'échelle mondiale la fixation biologique annuelle de l'azote est estimée au double de l'utilisation mondiale des engrais. Elle est très importante pour fournir l'azote disponible pour les plantes dans les systèmes naturels et dans les régions agricoles où l'engrais synthétique est trop cher ou non disponible (Newton 1998).

II.3. La fixation biologique de l'azote atmosphérique

La fixation biologique de l'azote est un processus qui permet de produire des substances protéiques à partir de l'azote gazeux présent dans l'atmosphère de l'environnement. C'est le processus de réduction enzymatique de l'azote atmosphérique (N_2) en azote ammoniacal (NH_3) ; cette forme d'azote combiné représente la fin de la réaction de fixation et le début de l'incorporation de l'azote fixé dans le squelette carboné (Hopkins, 2003).

Chapitre II : La fixation d'azote atmosphérique

L'intérêt de la fixation biologique de l'azote par la culture des légumineuses a été mis en avant de longue date comme support de la fourniture d'azote aux systèmes cultivés et demeure stratégique dans le contexte actuel de mise au point de modes de production agricoles plus économes énergétiquement et plus respectueux de l'environnement (Thiébeau et al. 2010).

Les transformations microbiennes des composés azotés les plus importantes pour la production végétale concernent:

- L'équilibre entre formes assimilables et formes non assimilables par la plante (minéralisation de l'azote organique, immobilisation de l'azote minéral);
- Les apports d'azote par fixation biologique d'azote moléculaire; et
- Les exportations ou pertes par nitrification-dénitrification et volatilisation de l'ammoniac.

La fixation biologique de l'azote atmosphérique est une activité microbienne aussi importante pour le maintien de la vie sur le globe terrestre que la photosynthèse par les organismes photosynthétiques. Environ 175 millions de tonnes d'azote atmosphérique sont réintroduits annuellement dans le cycle de la vie par la fixation biologique. Pour comparaison, les engrais azotés utilisés en agriculture correspondent à environ 40 millions de tonnes d'azote par an (Pierre ROGER et al, 1996) .

1. Les bactéries fixatrices d'azote

La fixation biologique de l'azote atmosphérique est l'oeuvre exclusive des microorganismes diazotrophes qui possèdent un complexe enzymatique, appelé nitrogénase, permettant de réduire l'azote moléculaire (N₂) en azote ammoniacal plus au moins assimilable par les végétaux (Foucher , et al ,2000). Les différents microorganismes fixateurs d'azote atmosphérique se regroupent en 2 grandes catégories:

- 1) **Les fixateurs libres** (appelées aussi bactéries fixatrices d'azote non symbiotiques), vivant dans le sol, appartiennent à des genres très divers. Se sont principalement :
 - des bactéries aérobies : *Azotobacter*, *Azomonas*.
 - des bactéries anaérobies : *Clostridium*.
- 2) **Les fixateurs symbiotiques** comprennent le groupe des rhizobia qui établissent une association symbiotique avec les légumineuses dans des structures racinaires ou caulinaires organisées appelées nodosités (ou nodules). La formation de ces nodosités exige une relation génétique intime entre les bactéries et la plante.

- 3) **Les symbioses *Frankia*-plantes actinorhziennes** où, les bactéries actinomycètes du genre *Frankia* infectent les racines de plantes des genres *Alnus* et *Casuarina*. Ils forment des nodules au niveau des racines et dans lesquels, des filaments bactériens se développent à l'intérieur des cellules. Celles-ci se différencient en vésicules sièges de la fixation de l'azote.
- 4) **Les cyanobactéries** (algues bleu-vert), vivant à la surface des racines des plantes ou même dans les tissus de certains végétaux, développent des symbioses avec un grand nombre de plantes : *Nostoc* et *Celothrix* chez les lichens ; *Anabaena* chez les champignons, les fougères ainsi que certains arbres (Hopkins, 2003).

➤ **Exemple des différents types de micro-organismes fixateurs d'azote**

• **Micro-organismes libres**

• **Aérobies**

- Hétérotrophes *Azotobacter spp.*; *Klebsiella pneumoniae*;
Beijerinckia indica; *Azospirillum lipoferum*

• **Phototrophes: Cyanobactéries**

- Hétérocystées *Nostoc*; *Anabaena*; *Calothrix*; *Tolypothrix*
- Homocystées *Trichodesmium*; *Oscillatoria*
- Unicellulaires *Gloeotheca*; *Gloeocapsa*

• **Anaérobies**

- Hétérotrophes *Clostridium pasteurianum*; *Desulfovibrio vulgaris*;

Desulfotomaculum spp. ; *Methanobacterium spp*

- Phototrophes *Rhodospirillum rubrum*; *Rhodobacter capsulata*;
Chromatium vinosum

• **Microorganismes symbiotiques**

• **Légumineuses**

- à nodules racinaires *Rhizobium meliloti*; *Rhizobium leguminosarum*
Bradyrhizobium japonicum; *Sinorhizobium fredii*

- à nodules caulinaires *Azorhizobium caulinodans*

- Symbioses actinorhziennes *Frankia*

Chapitre II : La fixation d'azote atmosphérique

- Symbioses à cyanobactéries
 - *Azolla* *Anabaena azollae*
 - *Cycas* *Anabaena cycadeae*
- Lichens *Nostoc*
- Mousses et hépatiques *Nostoc*

(Pierre Roger et al,1996)

II.3. La nitrogénase

La nitrogénase est un complexe enzymatique particulier, elle contient du molybdène, du fer et de sulfure dans ces groupements prosthétiques. Ces éléments sont donc indispensables à la fixation de l'azote. La nitrogénase utilise également de grandes quantités d'ATP comme source d'énergie ce qui fait de la fixation de l'azote un processus métabolique onéreux (Balachandar et al. ;2007).

Cette enzyme a été mise en évidence uniquement chez les procaryotes. Le complexe nitrogénase est très conservé chez les bactéries fixatrices d'azote tant au niveau de sa séquence que de sa structure. Le complexe nitrogénase, qui réalise cette transformation fondamentale, est constitué de deux protéines :

- 1) Une dinitrogénase réductase : (appelée Nitrogénase I) qui fournit des électrons de haut pouvoir réducteur, renferme deux sous unités identiques, elle contient du Fer et se comporte comme une réductase de 64 KDa (Leclerc, 1995 et Hopkins, 2003).
- 2) Une nitrogénase : appelée aussi molybdoprotéine (MoFe protéine) c'est la composante principale du système enzymatique formée de quatre sous unités (tétramériques) $\alpha_2\beta_2$ de 220 KDa, chaque monomère contient un centre (4Fe - 4S) reliés entre eux deux par deux. Ce tétramère est associé à un cofacteur protéique qui contient 8Fe et 2 atomes de molybdène (Mo), qui utilise ces électrons pour réduire N_2 en NH_3 (Leclerc, 1995 et Hopkins, 2003) .

II.4. Assimilation d'azote par les légumineuses

Les plantes, incapables de réduire N_2 atmosphérique, prélèvent l'azote du sol pour satisfaire leurs besoins nutritifs, qui dépendent de la phénologie de la plante. Pour se faire, les plantes absorbent directement NH_4^+ ou NO_3^- - selon leurs disponibilités dans le sol. Les ions NO_3^- et NH_4^+ sont des formes de N susceptibles d'être assimilés par les plantes (**Figure 3**). En ce qui concerne les légumineuses, elles sont bénéficiées par deux sources d'azote, l'une provient de l'azote déjà disponible à travers la décomposition et minéralisation des matières organiques dans le sol et l'autre est assurée par la captation de N_2 à partir de la fixation symbiotique entre les légumineuses et les bactéries fixatrices (Tombozara , 2013 /2014).

Chapitre II : La fixation d'azote atmosphérique

L'ion nitrate vient de la transformation de l'ammonium par les bactéries nitrifiantes. L'ion ammonium est obtenu par hydrogénation de l'ammoniac. Ensuite, l'ammonium est le dérivé de l'azote atmosphérique après transformation par les bactéries fixatrices d'azote ou de l'azote contenu dans l'humus, après minéralisation. Ainsi, le nitrate migre le long du xylème d'une racine vers le système caulinaire de façon ascendante et puis il est incorporé à des chaînes carbonées pour donner des acides aminés et des protéines au niveau de la feuille.

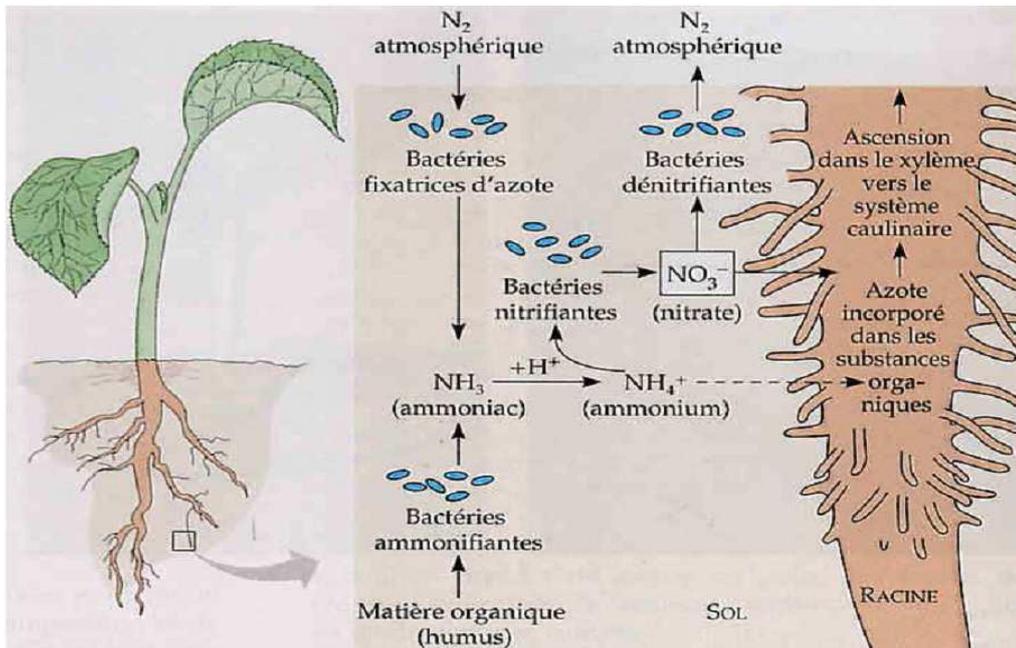


Figure 3: Azote assimilable par les légumineuses au niveau de la rhizosphère

(<http://www.biosol.free.fr>, TERA, 2011)

II.5. L'effet de salinité sur la fixation d'azote

Les effets nocifs sont habituellement associés au bas potentiel osmotique de la solution du sol et à la toxicité de l'ion sodium, qui cause de multiples effets défavorables sur le métabolisme, la croissance et le développement des plantes aux niveaux moléculaires, biochimiques et physiologiques (ZHU,2001; APSE et BLUMWALD,2002). L'expérience menée par GREENWAY et OSMOND (1972) a prouvé que les activités des enzymes extraites à partir des halophytes étaient également aussi sensibles au NaCl que celles extraites à partir des glycophytes (haricots ou pois). Le NaCl affecte les activités enzymatiques moins dans les racines que dans des feuilles (DEBOUBA et al.,2007). C'est l'ion Na⁺ qui est accusé dans le blocage de la plupart des enzymes à une concentration au-dessus de 100Mmmol (FLORES et al.,2000). Par conséquent, les possibilités des plantes de soutenir une concertation en Na⁺ cytosolique minime sont considérées comme facteurs décisifs de la

Chapitre II : La fixation d'azote atmosphérique

tolérance au sel (FLOWERS,2004). Généralement, le stress salin réduit le potentiel hydrique causant un déséquilibre et une perturbation dans l'homéostasie d'ion (HOPKINS,2003), également, la toxicité d'ion empêche les fonctions enzymatiques des principaux processus biologiques (BLUMWALD et al.,2004). Avec ces effets primaires, les effets secondaires tels que des dommages oxydatifs qui se produisent suite à l'augmentation des concentrations ioniques perturbant ainsi l'homéostasie cellulaire (DAT et al.,2000).

Puisque le stress salin implique un stress osmotique et un stress ionique (HAYASHI et MURATA,1998), la réduction de croissance est directement liée à la concentration totale des sels solubles ou au potentiel osmotique hydrique du sol (GREENWAY et MUNNS,1980). Ces effets mènent à la limitation de la productivité végétale, aux changements de la structure des feuilles et l'ultrastructure des chloroplastes et la perturbation du métabolisme azoté (CARILLO et al.,2005) aussi bien que l'assimilation d'hydrate de carbone et l'efficacité de la photosynthèse (GHANEM et al.,2008). On peut observer les effets néfastes de la salinité élevée sur les plantes telle que la réduction significative de croissance, diminution de la productivité, et même la mort des plantes (MILLER et al.,2006). L'accumulation de Na^+ dans les tissus des feuilles a habituellement comme conséquence des dommages de vieilles feuilles, qui raccourcissent leur vie. De ce fait, le rendement photosynthétique se baisse induisant la chute de la productivité végétale (GHANEM et al.,2008). Une concentration élevée en NaCl a comme conséquence une diminution de la biomasse racinaire et foliaire (MELONI et al.,2001). En outre, la contrainte saline peut également induire ou accélérer la sénescence des organes reproducteurs (ASCH et WOPEREIS,2001). Dans le coton cultivé aux champs, le stress salin provoque d'importants avortements de ses organes reproducteurs menant à la perte de rendement et à la mauvaise qualité de fibre (DAVIDONIS et al.,2000).

Chez les légumineuses, le métabolisme azoté et la synthèse protéique sont sévèrement affectés par le stress salin, limitant ainsi fortement la productivité et le développement normal des plantes (PESSARAKLI et al.,1989). Cette contrainte provoque aussi la diminution de l'activité de la nitrogénase et d'autres enzymes impliquées dans l'assimilation de l'azote (Delgado et al.,1993), la salinité peut même affecter la vie microbienne du sol et donc la minéralisation de l'azote.

Chapitre III : Données bibliographiques sur le Haricot

II.1. Aperçu sur les légumineuses

Les légumineuses comptent environ 700 genres et 17 000 espèces ; ce sont des plantes herbacées, des arbustes, des arbres ou des lianes. Les légumineuses sont souvent plantées en alternance avec d'autres cultures, car elles constituent un facteur fertilisant. La famille renferme de nombreuses espèces comestibles (Fève, Pois chiche, Pois, Soja, haricot, arachide), ornementales (Lupin, genêt, robinier, glycine, etc.) et fourragères (trèfle, sainfoin, Luzerne, Gesse, etc.). Selon les classifications, on peut considérer comme appartenant à la famille des légumineuses celles des mimosacées, des papilionacées et des césalpiniacées, ou considérer ces trois dernières comme des sous-familles (mimosoïdées, papilionoïdées, césalpinioïdées) (BOND et DUC, 1993).

Toutes ces familles peuvent contracter une symbiose avec une bactérie du genre *Rhizobium*, pour permettre un accès privilégié à l'azote de l'air. Par cette symbiose, les plantes de ces familles s'affranchissent de la teneur en azote dans le sol. Ainsi ces plantes sont capables de s'adapter à des sols très pauvres, et très dégradés. Ces plantes ont donc un rôle améliorateur des sols, en plus d'un intérêt alimentaire (SINGH et JAUHAR, 2005).

En tant qu'une source de protéines végétale pour l'alimentation animale ou humaine (BENAMOUZIG et al., 1994).

III.2. Origine et domestication des Haricots

La domestication du haricot commun serait intervenue dans deux centres distincts, d'une part en Amérique centrale (variété *vulgaris*) et d'autre part en Amérique du Sud dans la région andine (variété *aborigineus*). Les variétés méso-américaines se distinguent de celles des Andes, notamment par la taille des grains, plus gros chez ces dernières.

La première introduction du haricot en Europe serait due à Christophe Colomb qui le découvrit à Nuevitas (Cuba) lors de son premier voyage en octobre 1492. Par la suite d'autres explorateurs le découvrirent en divers points d'Amérique du Nord et du Sud. La diffusion de la plante en Europe se serait faite par le Vatican. C'est Catherine de Médicis qui l'aurait introduite en France à l'occasion de son mariage avec le roi Henri II en 1533. Dès le XVI^e siècle, des navigateurs portugais l'ont introduit en Afrique et en Asie (Hamza M., 1980).

Bien que les données concernant les aspects temporels de l'origine de la domestication des haricots soient sujettes à réévaluation, les analyses électrophorétiques de protéines des

Chapitre III : Données bibliographiques sur le Haricot

cotylédons (phaséoline) effectuées récemment par Gepts (1993) appuient l'hypothèse d'une domestication indépendante de cette espèce dans les deux régions. Cette analyse démontre que les types de phaséoline, séparés par électrophorèse, issues des graines des variétés cultivées originaires de l'Amérique centrale sont du même type que celles retrouvées dans les formes spontanées de cette région et différentes de celles des types caractéristiques de plantes de l'Amérique du Sud.

Quatre espèces américaines de *Phaseolus* ont été domestiquées et cultivées par l'homme (*Phaseolus vulgaris*, *P. lunatus*, *P. coccineus* et *P. acutifolius* var. *latifolius*), mais seulement les deux premières espèces : *P. vulgaris*, le haricot commun, et *P. lunatus*, le haricot lima sont devenues des cultures importantes qui ont été adoptées dans des régions du monde en dehors de leur continent d'origine. Ces deux espèces ont été parmi les premières plantes à être domestiquées indépendamment en Amérique centrale et en Amérique du Sud.

Les haricots accompagnaient le maïs comme aliment de base des Amérindiens. La haute teneur et qualité des protéines (20-25 %) des pour les déficiences de celles du maïs (Tremblun G., 2000).

III.3. Description de la plante

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 tiges grimpantes sont peu ramifiées et s'enroulent autour de leur support dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (tiges volubiles). Elles peuvent atteindre deux à trois mètres de haut. Les types nains sont plus ramifiés, prenant un port buissonnant ou dressé, de 40 à 60 cm de haut. Ils se prêtent mieux à la mécanisation des cultures (Hamza M., 1980).

Chapitre III : Données bibliographiques sur le Haricot

Les feuilles de haricot sont attachées à la tige en différents points qu'on appelle des nœuds. Elles sont disposées une par une à chaque nœud; on dit qu'elles sont alternes. La feuille du haricot est composée chaque partie est une foliole. Chaque feuille s'attache au nœud de la tige par une queue ou pétiole dont la base élargie est la gaine. Des deux côtés de la gaine, on voit deux petites lames vertes ou stipules. Les feuilles ainsi que les tiges sont vertes parce qu'elles renferment une substance verte, la chlorophylle. (Figure : 04)

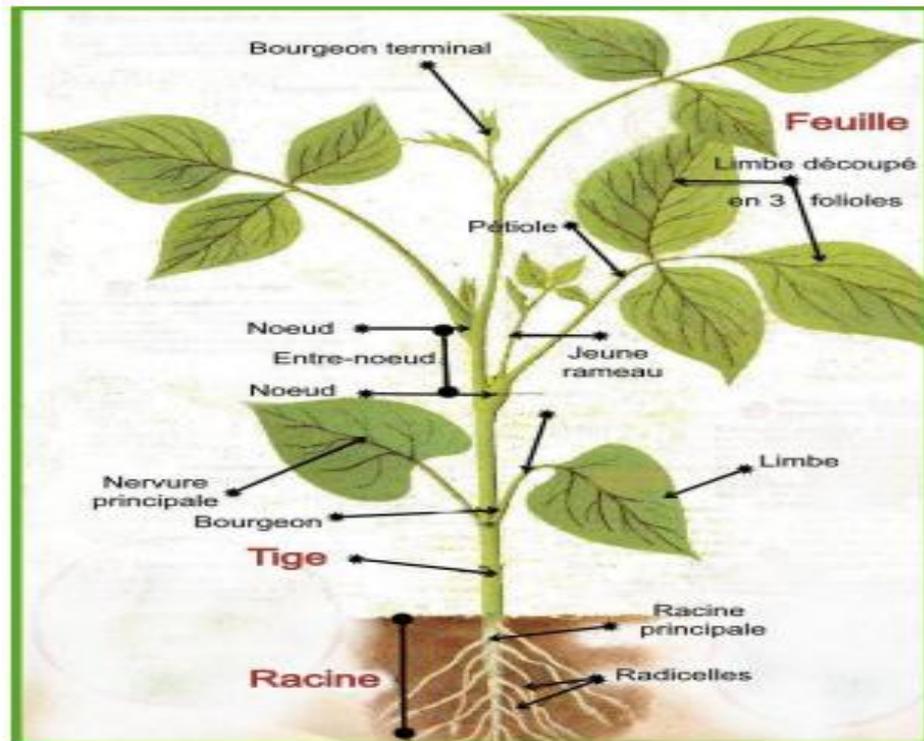


Figure N°4 : Description de la plante du Haricot (Levigneron et al .1995)

Les fleurs sont groupées en grappes déterminées (racèmes) de 4 à 10 fleurs, naissant à l'aisselle des feuilles. Ce sont des fleurs hermaphrodites, zygomorphes. (Figure : 05)



Figure N°5 : La fleur du Haricot commun (Tremblun ., 2000)..

Chapitre III : Données bibliographiques sur le Haricot

Les fruits sont des gousses déhiscentes, appelées également « cosses », de forme et de longueur variable. En particulier leur section peut être cylindrique, ovale ou aplatie (haricots plats).

Chaque gousse contient 4 à 8 graines de taille, forme et couleur variable. La forme la plus commune est dite « réniforme », typique des haricots, mais on peut rencontrer des grains plus sphériques (d'où les appellations locales de « pois » données à certaines variétés). Les graines sont plus ou moins grosses, les plus grosses ayant été sélectionnées dans les variétés à écosser. Chez les variétés cultivées, on compte de 14 à 80 graines pour 100 g et 730 à 850 graines par litre.

La couleur des graines va du blanc au noir en passant par le rouge et les couleurs panachées.

Les graines peuvent garder leur faculté germinative de 3 à 5 ans. La germination des haricots est dite « épigée ». Tandis que la racicule s'enfonce dans le sol, la croissance de l'hypocotyle entraîne les cotylédons qui se déploient hors du sol. De ce fait la plante apprécie les sols légers qui favorisent une bonne levée (Tremblun., 2000). (Figure : 06).



Figure N°6 : Le fruit du Haricot (Levigneron et al., 1995).

III.4. Classification botanique du Haricot

Le Haricot commun est une plante de la famille des Fabaceae, il a été reconnu pour la première fois sous le nom *Smilax hortensis*, qu'est due aux botanistes Tragus et Fuchs en 1542. En 1753 Linné a proposé le nom binominal *Phaseolus vulgaris* pour désigner cette espèce et il a classé d'autres Haricots moins bien connus à l'époque dans le genre *Phaseolus* (Hamza M., 1980).

➤ Classification du Haricot

- **Règne** *Plantae*
- **Sous-règne** *Tracheobionta*
- **Division** *Magnoliophyta*
- **Classe** *Magnoliopsida*
- **Sous-classe** *Rosidae*
- **Ordre** *Fabales*
- **Famille** *Fabaceae*
- **Genre** *Phaseolus*

III. 5. Exigences climatiques du Haricot

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).

III. 6. Cycle du développement des Haricots

Commence avec la formation d'un zygote principal et d'un zygote accessoire suite à la double fécondation du sac embryonnaire, ce dernier est renfermé dans l'ovule. Lui-même protégé par le pistil de la fleur le zygote accessoire formera un tissu nourricier l'albumen, tandis que le zygote principal est à l'origine d'une nouvelle plante. Le zygote principal subisse des nombreuses mitoses forme un embryon, qui comporte deux cotylédons lobes foliacés gorgés des réserves. L'embryon mature est protégé dans la graine mûre en dormance à l'intérieur d'un fruit « gousse ». Quand les conditions sont favorables et la dormance levée, la graine retourne à la vie active et germe la radicule perce le tégument et s'enfonce dans la terre, la tigelle grandit vers le ciel soulevant les cotylédons au-dessus du sol vers la lumière, la plantule devient autotrophe et grandit jusqu'à atteindre le stade adulte auquel elle fleurit, la plante adulte présente un appareil végétatif partagé entre un appareil racinaire souterrain et un appareil caulinaire (tige feuillée) développé en milieu aérien (Meyer et al., 2008).

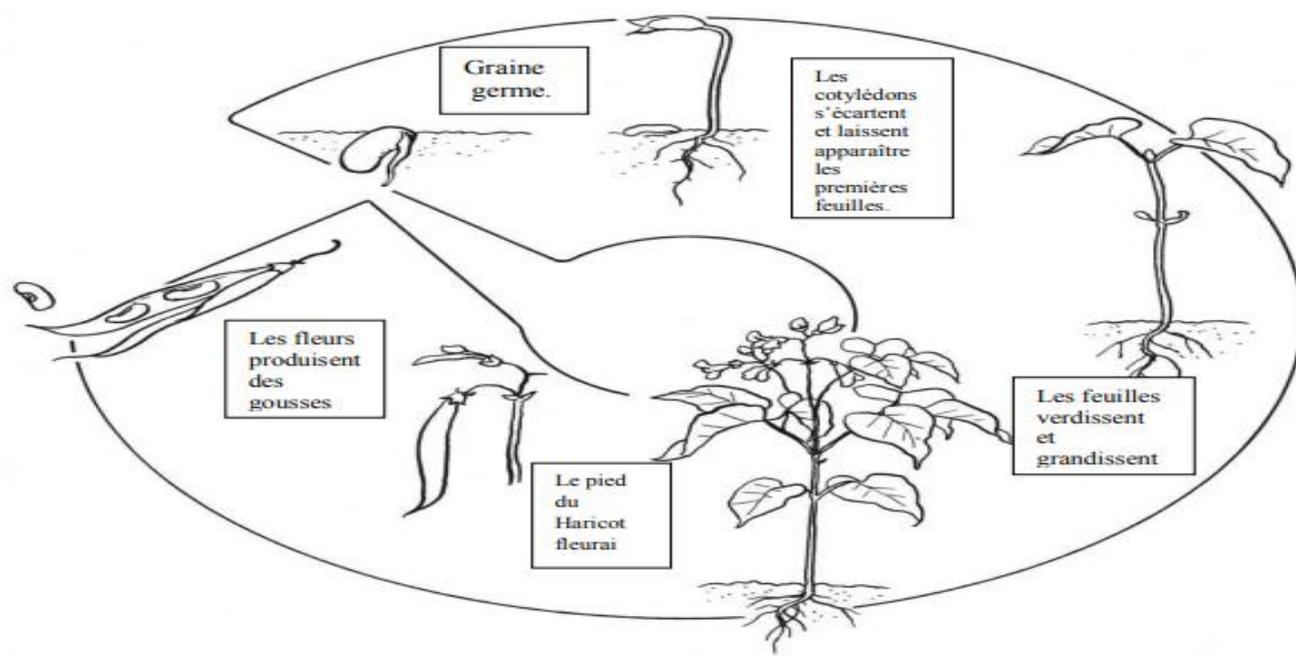


Figure N°7: Le cycle du développement du Haricot (Levigerson et , al. 1995)

III.6. Importance nutritionnelle des Haricots

Les haricots secs sont pour la plupart une excellente source de potassium et d'acide folique. Ils sont une bonne source de magnésium et de fer et contiennent, en outre, du cuivre, du phosphore, du zinc, de la thiamine, de la niacine et de la vitamine B6. Le haricot frais est dit diurétique, dépuratif, tonique et anti-infectieux. Le tableau 1 montre les valeurs nutritives des formes de consommation des différentes variétés du haricot :

Tableau n°01 : les valeurs nutritives des différentes variétés du haricot

	Haricot frais cru	Haricots rouge	Haricot blanc sec bouilli
Eau	90.3%	89.2%	63.0%
Protéines	1,8 g	1,9 g	9,7 g
Matières grasses	0,1 g	0,3 g	0,3 g
Glucides	7,1 g	7,9 g	25,0 g
Fibres	1,8 g	2,4 g	6,3 g
Calories	31	127	139

Lombely2001

III.7. Les variétés les plus cultivés en Algérie

- Haricot nain mange tout : Contender, Djedida, Molière.
- Haricot nain à écosser Coco de Prague, Pactole...
- Haricot à rames mange tout : Sidi Fredj, Blanc de juillet.
- Haricot à rames à écosser : Coco blanc, Coco de Prague (Bouزيد S., 2010).

III.8. Les ennemis du haricot

Les cultures de haricots sont sujettes à de nombreuses attaques de ravageurs et maladies qui peuvent entraîner d'importants dégâts en l'absence de moyens de lutte appropriés. On estime ainsi qu'en Afrique tropicale plus de 50 % de la production est perdue chaque année (Hamza M., 1980) .

1. Les ravageurs du haricot

De très nombreux ravageurs sont susceptibles de s'attaquer aux cultures des Haricots ainsi qu'aux graines entreposées, notamment des gastéropodes, des insectes, acariens et nématodes.



Figure n° 8 : Plante du Haricot attaqué par le tétranyque tisserand (Hamza M., 1980) .

La bruche du haricot (*Acanthoscelides obtectus* Say) est un petit insecte coléoptère dont la larve, qui vit à l'intérieur des graines de haricot entreposées, pouvant provoquer des dégâts importants, lui est spécifique. Cet insecte a besoin d'une température supérieure à 14 °C pour se développer.

Chapitre III : Données bibliographiques sur le Haricot

S'il rencontre des conditions favorables, jusqu'à quatre générations peuvent se suivre dans un stock de graines et plusieurs larves peuvent occuper simultanément le même haricot. La lutte contre ce ravageur nécessite des traitements insecticides tant sur les cultures destinées à la récolte de graines, que sur les graines stockées, par fumigations sous vide .



Figure n° 09: Graine du Haricot parasité par le bruche.

Le tétranyque tisserand, ou acarien jaune commun (*Tetranychus urticae*), attaque le feuillage des années sèches provoquant sa décoloration et l'apparition de taches blanchâtres.

Les escargots et les limaces peuvent détruire complètement les plantules (Hamza M., 1980) .

2. Les maladies des haricots

De nombreuses maladies cryptogamiques, bactériennes ou virales sont susceptibles d'affecter les cultures de haricots :

2. 1. Les maladies cryptogamiques

- Le botrytis est l'une des principales maladies du haricot. Elle n'apparaît qu'en fin de cycle, à partir de la floraison.

Le champignon responsable, *Botrytis cinerea*, est présent dans le sol à l'état endémique. Il provoque des taches concentriques, molles et grises, sur les tiges et les gousses, qui débute souvent à partir des pétales desséchés. Les conséquences peuvent être lourdes : chutes de rendement par avortement et pourriture de gousses (Bidai Y., 2001) .

Plusieurs d'autres champignons qui peuvent attaquer les cultures des Haricots tel que :

Chapitre III : Données bibliographiques sur le Haricot

La rouille du haricot est due à *Uromyces appendiculatus*, La sclérotiniose ou pourriture blanche à *Sclerotinia sclerotiorum*, La maladie du pied du haricot à *Fusarium phaseoli* et L'oïdium américain du haricot, dû à *Erysiphe polygoni*, est cantonné aux régions chaudes du nouveau Monde (Hamza M., 1980) .

2. 2. Les maladies bactériennes

Trois types de graisses se rencontrent sur haricot. Elles sont provoquées par des attaques de bactéries, transmises par les semences : Graisse à *Pseudomonas* ; Graisse à *Xanthomonas* et Graisse bactérienne ou Brown spot (Bidai Y., 2001). L'infection se traduit par l'apparition de taches huileuses de couleur jaune-orangé sur les feuilles, les gousses et les graines. La prévention passe par l'utilisation de semences saines (Hamza M., 1980) .

2. 3. Les maladies virales

La mosaïque commune du haricot est due à un virus, transmis par les semences et les pucerons. Elle se traduit par un gaufrage vert foncé des feuilles, offrant un aspect de mosaïque. La taille des plantes est réduite, la floraison perturbée et les gousses se tordent. La mosaïque jaune du haricot, autre maladie virale, est moins fréquente que la précédente. La mosaïque dorée du haricot est propre à l'Amérique tropicale .

3. Moyennes de lutttes

La lutte contre les ravageurs et maladies repose sur la combinaison de différentes méthodes : l'emploi de variétés résistantes et de semences saines, indemnes de germes pathogènes ou traitées par des fongicides, la rotation culturale qui permet d'éviter le retour trop rapide de haricots ou d'autres légumineuses sur la même parcelle, une irrigation maîtrisée et sans excès et l'emploi de fongicides et d'insecticides adaptés (Hamza M., 1980) .

Chapitre IV : Matériel et Méthodes

IV. 1. L'objectif de l'expérimentation

L'objectif de ce travail consiste à étudier :

D'une part : Le comportement d'une glycophyte cultivée cas du Haricot vis-à-vis d'une irrigation par des solutions salines de chlorure de sodium (NaCl) de différentes doses : **1 g /l, 2 g /l, 3 g /l et 4g /l** et une solution témoin : eau de robinet

D'autre part, l'impact de ces eaux salines sur la fixation de l'azote atmosphérique et la formation des nodosités.

IV. 2. Matériel végétal

Le haricot (*Phaseolus vulgaris*) est une espèce qui se développe rapidement, mais qui est sensible à la salinité. Sa tolérance aux sels est faible. Elle est de l'ordre de 0.5 à 2g/l. La variété testée est Eldjadida .

C'est une variété très cultivée en Algérie qui possèdent les caractéristiques suivantes :

- Type mangetout, variété naine ;
- Bonne vigueur ;
- Gousses de longueurs moyennes (16 cm), et de diamètre de (10 mm) à couleur verte foncée sans fil ;
- Graine de couleur marron noirâtre.



Figure n°10: Graines du Haricot *Phaseolus vulgaris* L. Variété Eldjadida.

IV. 3. Matériel de laboratoire biologique

- Balance
- Entonnoir
- Agitateur
- Fiole
- Fiole à jugé
- Bécher
- L'eau de robinet
- Règle graduer .

IV. 4. Substrat :

Le substrat utilisé est un mélange de sable, d'argile et de tourbe , avec un pH (H₂O) : 5,8 – 6,8.

Avant d'utilisé ce substrat , il a été bien humidifié .

IV. 5. Présentation du site de l'expérimentation

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, dans une serre en polycarbonate dont l'orientation est nord-sud.

IV. 6. Description des différents traitements

Cinq concentrations de NaCl ont été effectuées pour la réalisation des traitements utilisant pour cette étude :

- Le témoin T0 [0 g/L] de NaCl
- T1 [1 g/L] de NaCl
- T2 [2 g/L] de NaCl
- T3 [3 g/L] de NaCl
- T4 [4 g/L] de NaCl .

IV. 7. Installation et conduite de l'essai

1. La germination

L'essai de germination a été porté sur des graines d'une taille moyenne de la variété de haricot, a été réalisé le 30/01/2020 dans un récipient contenant un tissu en coton et remplis d'eau à température ambiante (figure 11).



Figur11 : germination des graines du Haricot

2. Transplantation des graines germées

Après 07 jours, les graines germées (apparition de la radicule) sont mises en pots à raison de 02 graines par pot à une profondeur convenable (1 à 2 cm) avec un léger tracement, immédiatement arrosées avec de l'eau de robinet pour permettre un bon contact sol-graine et une meilleur stimulation et développement.

Après l'apparition des premières feuilles, une seule plante par pot est conservée.

3. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est constitué de six traitements. Chaque traitement comporte 6 répétitions, soit 30 plants au total.



Figure 12 : le dispositif expérimental

De droite à gauche en trouve :

- 01^{ER} Rongé : T0 : Le témoin : l'eau de robinet
- 02^{eme} Rongé : T1 : 1 g/L de NaCl : **17 mol/m³**
- 03^{eme} rongé : T2 : 2 g/L de NaCl : **34 mol/m³**
- 04^{eme} Rongé : T3 : 3 g/L de NaCl : **51 mol/m³**
- 05^{eme} Rongé : T4 : 4 g/L de NaCl : **68 mol/m³** .

IV. 7. Les paramètres morphologique étudiés

1. La longueur des tiges

Pour déterminer l'effet du stress salin sur la croissance nous avons mesuré la hauteur de la tige en centimètres (cm) à l'aide d'une règle graduée . Les valeurs données sont les moyennes obtenues des six plantes de chaque traitements .

2. Le nombre des feuilles

L'effet de salinité sur la diminution de la croissance de l'appareil végétatif sous l'effet du stress salin est déterminé par le dénombrement de nombre de feuilles qui apparaissent après l'utilisation de NaCl .

Analyse statistique

Les données obtenues sont soumises à une analyse de la variance à un facteur étudié. Les moyennes sont comparées selon la méthode de Newman et Keuls qui est basée sur la plus petite valeur significative, réalisés par le logiciel XLSTAT. On considère que les résultats sont significatifs quand ($\alpha \leq 0,05$).

Chapitre V : Résultats et Discussion

Pour mettre en évidence la réponse des plantes de concombre soumises au stress salin, nous avons mesuré les paramètres biométriques suivants :

V. 1. Aspect général des plantes



Figure 13 : Aspect général des plantes du haricot

Durant l'expérimentation l'effet traitement était bien remarquable sur les plantes du haricot de la variété Eldjadida.

Une observation globale sur l'ensemble des plantes a permis de distinguer les aspects suivants :

Les plantes irriguées par les traitements (T3 et T4) durant leur cycle de développement, sont chétives, de couleur jaunâtre avec un nombre réduit de feuilles lorsque le substrat est trop salin induit l'asphyxie des racines, le déséquilibre ionique et l'augmentation de la pression osmotique ce qui est irrémédiable la plante ne pouvant plus se nourrir correctement, ses **feuilles** jaunissent, puis elle meurt.

Chapitre V : Résultats et Discussion

Par contre les plants irrigués durant leur cycle végétatif par les solutions (T0, T1 et T2) sont plus vigoureux, bien développés et présentent un feuillage très important avec une couleur verte foncée.

Alors l'effet de la salinité sur la croissance des plantes a été plus observé pour les concentrations élevées du NaCl en comparaison avec le témoin.

V. 2. Longueur des tiges

Le tableau au-dessous montre les résultats de la longueur des tiges en (cm) de la variété étudiée soumises aux différentes concentrations du NaCl.

Tableau n° 02: longueur des tiges du haricot (cm)

Longueur des tiges	T0 [0g/l]	T1 [1g/l]	T2 [2g/l]	T3 [3g/l]	T4 [4g/l]
1 ^{ER} observation 08/03/2020	14.83 ± 0.45	12.96 ± 0.21	10.08 ± 0.34	08.50 ± 0.56	07.50 ± 0.47
2 ^{eme} observation 12/03/2020	16.08 ± 1.04	14.91 ± 1.0	11.25 ± 0.98	09.15 ± 1.24	7.83 ± 1.23

La longueur de la tige diminue également au fur et à mesure que la concentration en NaCl augmente dans le milieu .

Les résultats obtenus montrent un écart entre les plantules stressées (T3, et T4) et celles alimentées par les solutions à faible concentration en sels (T1, et T2) ainsi que le témoin T0.

Les concentrations élevées en NaCl affectent négativement la croissance en longueur des plantes du haricot. La meilleure performance a été enregistrée chez les plantes alimentées par le témoin et le traitement T1 avec une concentration de 1g/l. Par contre le traitement T2 donne des valeurs intermédiaires dont la concentration en NaCl est de 2g/l représente le seuil de tolérance à la salinité du haricot.

A l'inverse, les traitements à des concentrations élevées 3 et 4 g/l (T3 et T4) donnent des résultats moins importants résultant aux déficiences nutritionnels, ainsi qu'à la présence d'une grande quantité de sel dans les milieux.

V. 3. Nombre de feuilles

Les résultats relatifs aux paramètres mesurés, sont présentés dans le tableau ci-dessous.



Figure 14 : Aspect et nombre de feuilles (08/03/2020).

Tableau n° 03: Nombre moyen des feuilles par plante

Nombre de feuilles	T0 [0g/l]	T1 [1g/l]	T2 [2g/l]	T3 [3g/l]	T4 [4g/l]
1 ^{ER} observation 08/03/2020	3.66 ± 0.11	3.33 ± 0.09	2.66 ± 0.07	2.50 ± 0.17	2.00 ± 0.20
2 ^{eme} observation 12/03/2020	4.50 ± 0.54	3.88 ± 0.27	3.16 ± 0.31	2.96 ± 0.14	2.31 ± 0.29

L'analyse de la variance au seuil de 5% montre que le facteur traitement exerce une action significative sur les paramètres mesurés. En effet, les résultats obtenus montrent que le développement des feuilles est affecté négativement suite à l'irrigation par les solutions salines étudiées.

La première réponse des plantes face à la concentration élevée en sel au niveau des traitements à concentration élevée en NaCl à savoir T3 et T4, est la réduction de la vitesse d'extension de la surface foliaire, du nombre de feuilles et du grossissement des tiges. Dont le sel provoque un effet défavorable à la formation des feuilles. Il diminue leur masse et finit par entraîner leur dessèchement.

Conclusion

Conclusion

Dans notre présent travail nous avons essayées de contribuer à l'étude de l'effet de la salinité sur le comportement d'une variété du Haricot *Phaseolus vulgaris* L. variété Eldjadida soumise à des différentes concentrations de NaCl.

L'expérience a démontrés que la salinité réduit la croissance des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. Donc quand la salinité est élevée, elle peut exercer des effets nuisibles sur les paramètres morphologiques tel que la diminution du taux de germination et la hauteur de la plante et le nombre des feuilles .

L'étude des différents paramètres de croissance et de développement, nous a permis de constater que l'utilisation des eaux salines dans l'irrigation des plantes limite considérablement la croissance et le développement de ces dernières. Ceci est dû essentiellement au taux de salinité élevé et au désordre ionique dans les milieux alimentaires naturels, ainsi qu'à l'absence des éléments nutritifs utiles pour leur croissance notamment l'azote, le phosphore et le potassium,

Bien que les résultats obtenus soient incomplets en raison des conditions actuelles de la crise mondiale survenue en raison du virus Corona, d'après ce qu'on a obtenu nous avons pu atteindre ces résultats.

Référence

- (1) **Asloum H., 1990:** Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate, *Lycopersicon 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.
- (2) **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
- (3) **Balachandar, D.; Balachandar, P.; Raja, K. Kumar and. Sundaram, SP. (2007).** Non- rhizobial nodulation in legumes. *Biotechnology and Molecular Biology Review*, Vol 2 (2) : 049-057.
- (4) **Barbouchi .M; R.Lhissou ; K.Chokmani ; R.Abdelfattah ; A.El Harti, N.Ben Aissa . Octobre 2013.** Caractérisation de la salinité des sols à l'aide de l'imagerie Radar Satellitaire : cas de la Tunisie et du Maroc . Rapport N° R1480. Centre Eau Terre et Environnement , Institut national de la recherche scientifique (INRS-ETE) 490, rue de la Couronne Québec (QC) G1K 9A9 .
- (5) **Belladi Manel , Juin 2014 :** Etude de l'effet de la salinité sur la germination et la croissance de quelques variétés d'Haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) .P8.
- (6) **Benzellat benmohamed 2012 :** Contribution à l'amélioration des rendements des plantes cultivées en sols salés. Mémoire de magister en sciences agronomiques, Université Boubaker Belkaid, Tlemcen : 170P.
- (7) **Bidai Y., 2001:** Le métabolisme de la praline chez l'*Atriplex halimus* L. stressée à la salinité. Mémoire de magister en physiologie végétale, Université Es-Senia, Oran : 69-71. Calvet R., 2003: Le sol, propriété et fonction, phénomènes physiques et chimiques. Tome 2. Ed. France. Agricole, 511 P.
- (8) **Bouzid S., 2010 :** Étude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement écophysologique de deux variétés de plantes de l'espèce *Phaseolus vulgaris* L. Mémoire de magister en biologie végétale, Université Mentouri Constantine : P 178.
- (9) **Chaibi Cossentini W., 1995:** Etude physiologique ultra structurale et cyto enzymologique de l'effet du chlorure de sodium chez *Medicago sativa* L. (cultivar de Gabes). Thèse de doctorat, Faculté des Sciences de Tunis, 224 P.
- (10) **Chartzoulakis K., Klapaki G.(2000):** Response of two green house pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Sci. Hort.* 86, 247–260.
- (11) **Chartzoulakis K., Klapaki G.(2000):** Response of two green house pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Sci. Hort.* 86, 247–260.
- (12) **Chretien D., 1992:** La résistance au sel chez le jojoba (*Simmondsia chinensis* LS), croissance et modification du contenu lipoprotéique de cals cultivés en présence d'une teneur élevé en NaCl. Thèse doct. Univ. Paris VI, 144 P.
- (13) **Cleland, E.E. and Harpole, W.S. (2010).** Nitrogen enrichment and plant communities. *Ann N Y Acad Sci.* 1195, 46-61.

- (14) **Debez A.**, Chaibi W., Bouzid S., 2001: Effet du NaCl et de régulateurs de croissance sur la germination d'*Atriplex halimus* L. Cahiers d'Etudes et de Recherches Francophones/Agricultures, Vol. 10, No. 2: 135- 138
- (15) **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.
- (16) **Foucher, F. et Kondorosi, E. (2000).** Cell cycle regulation in the course of nodule organogenesis in *Medicago* . *Plant Mol. Biol.* 43 : 773-786.
- (17) **Gale .J.,1967.-** Changes in the water balance and photosynthesis of onion, bean and cotton plants under salinity conditions, *physiol. Plant.*20,2.p.408-420.
- (18) **Germon, J.C. (2013).** Quelques apports de la microbiologie des sols à l'agronomie et au développement des plantes cultivées. France 15p.
- (19) **GIRARD J. F., LEGCHENKO A., BOUCHER M., 2005 -** Stability of MRS signal and estimating data quality. *Near Surface Geophysics.* 187 -194p.
- (20) **Hamza.M., 1982 -** adaptation physiologique à la salinité des plantes cultivées *bull.soc. Ecologie.* p 169-184.
- (21) **Hamza M ., 1980:** Réponse des végétaux à la salinité. *Physiol., Vég.* 18 (1): 69-81.
- (22) **Haoula F., FARDJANI H., BEN ELHADJ S., 2007.** Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺, K⁺, et Ca⁺⁺) et du chlore (Cl⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray gras anglais et de chiendent. *Biotechnology , agronomy. Société et environnement.* Vol 11. N°3. PP 235-244.
- (23) **Hasegawa P.M., Bressan R.A., Zhu J.K and Bohnert H.J., 2000 -** Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annu. Rev., Plant Mol. Plant Physiol Biol;* 51: p 463–499.
- (24) **Hoffman. G.j., Phene. C.j. , 1971.-** effect of constant salinity levels on water use efficiency of bean and cotton. *Trans. A.s.a.e.* T.14. 6. P 1103-1106.
- (25) **Hopkins, W. G. (2003).** *Physiologie végétale.* Université des Sciences de Lille. *Edition de Boeck.* Pp 99-120.
- (26) **Hu Y., Burucs Z., Von Tucher S and Schmidhalter U., 2007-** Short-term effects of drought and salinity on mineral nutrient distribution along growing leaves of maize seedlings. *Environmental and Experimental Botany* 60: p 268–275
- (27) **Kharaka ,Y.K. and J. S . Honor (2005).**”5.16 –Deep fluids in the continents : I. Sedimentary Basins “*Treatise on geochemistry .V.5,chapter 16,P.499-540.*
- (28) **Lachiheb K ., Neffati M., ZID E., 2004:** Aptitudes germinatives de certaines graminées halophytes spontanées de la Tunisie méridionale. *Options Méditerranéennes.* 62: 89-93.
- (29) **Legros J.P., 2007.** *Les grands sols du Monde.* Presse Polytechniques et Universitaires Romandes ,574 p.
- (30) **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.
- (31) **Leclerc, H.; Gaillard, J. L.; Simonet, M. (1995).** *Microbiologie générale: la bactérie et le monde bactérien . DOIN EDITEURS.* pp 412-415.

- (32) **Levit J., 1980** . Responses of plants to environmental stresses .Water radiation , salt and others stresses .Academic Press , New York , 2:365-406 .
- (33) **Lexer C., 2005** - adaptations fairy-like of MF (to the environmental effort:un conducting rare or frequent of speciation?Biol 18 Of J Evol: p 893-900.
- (34) **Marc Lacharme., 2001**. Le contrôle de la salinité dans les rizières. Mémento Technique de Riziculture. 12P.
- (35) **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.
- (36) **Meyer S., Reeb C., Bosdeveix R., 2008**: Botanique Biologie et physiologie végétales.2ème edition.Maloine.p: 49-51.
- (37) **Munns R., Husain S., Rivelli A.R., James R.A., Condon A.G.T, Lindsay M. P., Lagudah E.S., Schachtman D.P., Hare R. A. (2002)**: Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. Plant and Soil 247: 93–105.
- (38) **Newton, W.R. (1998)**. Nitrogénase : fonction et évolution. *Bull. Soc. Fr. Microbiol.* 13: 238- 241.
- (39) **O'leary. R.a., 1969**.- a multidimensional model of even-aged forest growth. Diss. Abstr. Sect b t.29. li. P39-86.
- (40) **PARIDA A. K., DAS A. B., 2005**. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol 60. PP 324-349.
- (41) **Peret, B. (2007)**. Transport de l'auxine et développement du nodule actinorhizien chez l'arbre tropical *Casuarina glauca*. Thèse de Doctorat. Université de Montpellier III (France).
- (42) **Pierre Roger , Yvon Dommergues , Jacques Balandereau , Bernard Dreyfus , Bassirou Sougoufara . Jeudi 30 Mai 1996 à 17h00** . La fixation nioologique de l'azote : Quelles potentialités pour les développement ?.
- (43) **Rao K.V., Madhava C., Sridevi V and Satyanarayana N.V., 2002** - Heat shock induced lipid changes and solute leakage in germinating seeds of pigeonpea. *Biol. Plant*; 45: p 71-76.
- (44) **Redondo-Gómez. S., Mateos-Naranjo E., Anthony J., Davy M., Fernández-Muñoz F., Eloy M and Igueroa F., 2007** - Growth and Photosynthetic Responses to Salinity of the Salt-marsh Shrub *Atriplex portulacoides*Ann. Bot; 100: p 555 - 563.
- (45) **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.
- (46) **Rejili M., Vadel M A., Neffatp M., 2006**: Comportements germinatifs de deux populations de *Lotus creticus* (L.) en présence du NaCl. *Revue des Régions Arides*, Vol. 17, N°.1 : 65- 78.
- (47) **Sairam R. K., Tyagi Aruna., 2004**. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. *CURRENT SCIENCE*, Vol 86, N° 3. PP 407-421.
- (48) **Sebihi, F.Z. (2008)**. les Bactéries nodulant les Légumineuses (BNL) : caractérisation des bactéries associées aux nodules da légumineuse fourragère *Hedysarum perrauderianum*.Thèse de Magister.Université de Constantine. Algérie.

- (49) **Strogonov. B.p., 1964-** physiological basis of salt tolerance of plants as affected by various type of salinity. Oldbourne press. London. P163-204.
- (50) **Suhayda C. G., Redman R E., Harvy B. L., Cipynwk A L., 1992.-** Comparative response of salt cultivated and wild barley species to salinity stress and calcium supply. Crop. Sci., 32. PP 154-163.
- (51) **Tromblin G., 2000.** Comportement auto-écologique de *Halopeplis amplexicaulis* : Plante pionnière des Sebkha de l'ouest Algérien. Sciences et changement planétaires.Sécheresse. Vol 11, N°2. P P109-116.
- (52) **Thiébeau, P.; lo-Pelzer, E. ; Klumpp, K. (2010).** Conduite des légumineuses pour améliorer l'efficacité énergétique et réduire les émissions de gaz à effet de serre à l'échelle de la culture et de l'exploitation agricole. *Innovations agronomiques*, pp11- 45- 58.
- (53) **Tremblun G., 2000 :** Comportement auto-écologique de *Halopeplis amplexicaulis*: plante pionnière des sebkhas de l'ouest algérien. Sécheresse.11 : 109-116.
- (54) **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.
- (55) **Mohamed amine BEDRANE ;** <https://agronomie.info/fr/les>