

## LISTE DES ABREVIATIONS

%	: Pour cent
°C	: Degré Celsius
CA <sup>++</sup>	: Calcium
CAM	: Crassulacean acid metabolism
C.E.C	: Capacité d'échange cationique
Cl <sup>-</sup>	: chlore
CO <sub>2</sub>	: Dioxyde de carbone
Co <sub>3</sub> <sup>-</sup>	: Carbonate cm Centimètre
FAO	: Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
Fig	: Figure
g	: Gramme
H	: Heure
HNO <sub>3</sub>	: Acide Nitrique
HSP	: Heat choc proteins
K	: potassium
KCL	: Chlorure de potassium
km	: Kilomètre
l	: Litre
Meq	: Milliéquivalent
Mg <sup>++</sup>	: Magnésium
ml	: Millilitre
m mho/cm	: Millimhos par centimètre
m <sup>2</sup>	: Mètre cube
mm	: Millimeter
mM	: Millimohs
NaCl	: chlorure de sodium
N	: Normalité
Na	: sodium
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	: Nitrate
O <sub>2</sub>	: Oxygène
P	: Phosphore
ppm	: Particule par million
r	: Coefficient de corrélation de Pearson
So <sub>4</sub> <sup>-</sup>	: Sulfate
T°	: Température
TE	: Teneur en eau
Um	: Micromètre

## LISTE DES FIGURES

<b>Fig1</b> : Photos du dispositif expérimental de la variété Djadida deux semaines après semi.....	28
<b>Fig2</b> : Photos du dispositif expérimental de la variété Filet jeton deux semaines après semi.....	28
<b>Fig. 3</b> - Teneur en eau (%) après une semaine de stress au <i>NaCl</i> dans les feuilles des jeunes plantes des deux variétés de haricot <i>Phaseolus vulgaris</i> L. cultivées en l'absence de bentonite.....	31
<b>Fig.4</b> - Teneur en eau (%) après une semaine de stress au <i>NaCl</i> dans les racines des jeunes plantes des deux variétés de haricot <i>Phaseolus vulgaris</i> L. cultivées en l'absence de bentonite.....	32
<b>Fig.5</b> - Teneur en eau (%) après une semaine de stress au <i>NaCl</i> dans les racines des jeunes plantes des deux variétés de haricot <i>Phaseolus vulgaris</i> L. cultivées en l'absence de bentonite.....	33
<b>Fig.6</b> - Teneur en eau (%) après une semaine de stress au <i>NaCl</i> dans les racines des jeunes plantes de deux variétés de haricot <i>Phaseolus vulgaris</i> L. cultivées à 5% de bentonite.....	34
<b>Fig.7</b> - Teneur en eau (%) après une semaine de stress au <i>NaCl</i> dans les feuilles des jeunes plantes des deux variétés de haricot <i>Phaseolus vulgaris</i> L. cultivées à 10% de bentonite.....	35
<b>Fig.8</b> - Teneur en eau (%) après une semaine de stress au <i>NaCl</i> dans les racines des jeunes plantes de deux variétés de haricot <i>Phaseolus vulgaris</i> L. cultivées à 10% de bentonite.....	36
<b>Fig.9</b> - Teneur en sodium après une semaine de stress au <i>NaCl</i> dans les feuilles des jeunes plantes de deux variétés de haricot <i>Phaseolus vulgaris</i> L. cultivées en l'absence de bentonite.....	37
<b>Fig.10</b> - Teneur en sodium après une semaine de stress au <i>NaCl</i> dans les racines des jeunes plantes de deux variétés de haricot <i>Phaseolus vulgaris</i> L. cultivées en l'absence de bentonite.....	38
<b>Fig.11</b> - Teneur en sodium après une semaine de stress au <i>NaCl</i> dans les feuilles des jeunes plantes de deux variétés de haricot <i>Phaseolus vulgaris</i> L. cultivées à 5% de bentonite.....	39
<b>Fig.12</b> - Teneur en sodium après une semaine de stress au <i>NaCl</i> dans les racines des jeunes plantes de deux variétés de haricot <i>Phaseolus vulgaris</i> L. cultivées à 5% de bentonite.....	40
<b>Fig.13</b> - Teneur en sodium après une semaine de stress au <i>NaCl</i> dans les feuilles des jeunes plantes de deux variétés de haricot <i>Phaseolus vulgaris</i> L. cultivées à 10% de bentonite.....	41
<b>Fig. 14</b> - Teneur en sodium après une semaine de stress au <i>NaCl</i> dans les racines des jeunes plantes de deux variétés de haricot <i>Phaseolus vulgaris</i> L. cultivées à 10% de bentonite.....	42
<b>Fig. 15</b> - Teneur en potassium après une semaine de stress au <i>NaCl</i> dans les feuilles des jeunes plantes de deux variétés de haricot <i>Phaseolus vulgaris</i> L. cultivées en l'absence de bentonite.....	43
<b>Fig.16</b> - Teneur en potassium après une semaine de stress au <i>NaCl</i> dans les racines des jeunes plantes de deux variétés de haricot <i>Phaseolus vulgaris</i> L. cultivées en l'absence de bentonite.....	44
<b>Fig.17</b> - Teneur en potassium après une semaine de stress au <i>NaCl</i> dans les feuilles des jeunes plantes de deux variétés de haricot <i>Phaseolus vulgaris</i> L. cultivées à 5% de bentonite.....	45

<b>Fig.18</b> - Teneur en potassium après une semaine de stress au <i>NaCl</i> dans les racines des jeunes plantes de deux variétés de haricot <i>Phaseolus vulgaris</i> L. cultivées à 5% de bentonite.....	46
<b>Fig.19</b> - Teneur en potassium après une semaine de stress au <i>NaCl</i> dans les feuilles des jeunes plantes de deux variétés de haricot <i>Phaseolus vulgaris</i> L. cultivées à 10% de bentonite.....	47
<b>Fig.20</b> - Teneur en potassium après une semaine de stress au <i>NaCl</i> dans les racines des jeunes plantes de deux variétés de haricot <i>Phaseolus vulgaris</i> L. cultivées à 10% de bentonite.....	47
<b>Fig.21</b> – Rapport potassium/sodium après une semaine de stress au <i>NaCl</i> dans les feuilles des jeunes plantes de deux variétés de haricot <i>Phaseolus vulgaris</i> L. cultivées en l'absence de bentonite.....	48
<b>Fig.22</b> – Rapport potassium/sodium après une semaine de stress au <i>NaCl</i> dans les racines des jeunes plantes de deux variétés de haricot <i>Phaseolus vulgaris</i> L. cultivées en l'absence de bentonite.....	49
<b>Fig.23</b> – Rapport potassium/sodium après une semaine de stress au <i>NaCl</i> dans les feuilles des jeunes plantes de deux variétés de haricot <i>Phaseolus vulgaris</i> L. cultivées à 5% de bentonite.....	50
<b>Fig. 24</b> – Rapport potassium/sodium après une semaine de stress au <i>NaCl</i> dans les racines des jeunes plantes de deux variétés de haricot <i>Phaseolus vulgaris</i> L. cultivées à 5% de bentonite.....	50
<b>Fig. 25</b> – Rapport potassium/sodium après une semaine de stress au <i>NaCl</i> dans les feuille des jeunes plantes de deux variétés de haricot <i>Phaseolus vulgaris</i> L. cultivées à 10% de bentonite.....	51
<b>Fig. 26</b> – Rapport potassium/sodium après une semaine de stress au <i>NaCl</i> dans les racines des jeunes plantes de deux variétés de haricot <i>Phaseolus vulgaris</i> L. cultivées à 10% de bentonite.....	52

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau n°01</b> : superficie affectée par la salinité dans le monde.....	6
<b>Tableau 02-</b> Composition (g/100g de graines) et valeur énergétique (calorie/ 100g) des graines de <i>Vigna unguiculata</i> , de <i>Cicer arietinum</i> et de <i>Phaseolus vulgaris</i> .....	20
<b>Tableau 03</b> : Caractéristiques physico-chimiques de la bentonite.....	23
<b>Tableau 04</b> : Caractéristiques minéralogiques de la bentonite.....	23
<b>Tableau 5</b> : Poids de chaque dose de bentonite retenu par rapport au pois sec du substrat.....	25
<b>Tableau 6-</b> Composition de la solution nutritive de HOAGLAND (1938).....	26
<b>Tableau 7</b> :Dispositif expérimental adopté à la serre.....	27
<b>Tableau 8-</b> Test statistique de signification de Fisher (P= 5%) des teneurs en eau des feuilles et des racines de <i>Phaseolus vulgaris</i> L . stressées pendant une semaine à la salinité et cultivées dans des substrats sableux sans traitement à la bentonite.....	32
<b>Tableau 9</b> - Test statistique de signification de Fisher (P= 5%) des teneurs en eau des feuilles et des racines de <i>Phaseolus vulgaris</i> L . stressées pendant une semaine à la salinité et cultivées dans des substrats sableux amendé à 5% la bentonite.....	34
<b>Tableau 10-</b> Test statistique de signification de Fisher (P= 5%) des teneurs en eau des feuilles et des racines de <i>Phaseolus vulgaris</i> L . stressées pendant une semaine à la salinité et cultivées dans des substrats sableux amendé à 10% la bentonite.....	36
<b>Tableau 11-</b> Test statistique de signification de Fisher (P= 5%) des teneurs en Na des feuilles et des racines de deux variétés de <i>Phaseolus vulgaris</i> L . stressées pendant une semaine à la salinité et cultivées dans des substrats sableux sans traitement à la bentonite.....	38
<b>Tableau 12</b> - Test statistique de signification de Fisher (P= 5%) des teneurs en Na des feuilles et des racines de deux variétés de <i>Phaseolus vulgaris</i> L . stressées pendant une semaine à la salinité et cultivées dans des substrats sableux amendés à 5% de bentonite.....	40
<b>Tableau 13</b> - Test statistique de signification de Fisher (P= 5%) des teneurs en Na des feuilles et des racines de deux variétés de <i>Phaseolus vulgaris</i> L . stressées pendant une semaine à la salinité et cultivées dans des substrats sableux amendés à 10% de bentonite.....	42
<b>Tableau 14-</b> Test statistique de signification de Fisher (P= 5%) des teneurs en k des feuilles et des racines de deux variétés de <i>Phaseolus vulgaris</i> L . stressées pendant une semaine à la salinité et cultivées en l'absence à la bentonite.....	44
<b>Tableau 15-</b> Test statistique de signification de Fisher (P= 5%) des teneurs en k des feuilles et des racines de deux variétés de <i>Phaseolus vulgaris</i> L . stressées pendant une semaine à la salinité et cultivées dans des substrats sableux amendés à 5% de bentonite.....	46
<b>Tableau 16-</b> Test statistique de signification de Fisher (P= 5%) des teneurs en k des feuilles et des racines de deux variétés de <i>Phaseolus vulgaris</i> L . stressées pendant une semaine à la salinité et cultivées dans des substrats sableux amendés à 10% de bentonite.....	47
<b>Tableau 17-</b> Test statistique de signification de Fisher (P= 5%) du rapport K/Na des feuilles et des racines de deux variétés de <i>Phaseolus vulgaris</i> L . stressées pendant une semaine à la salinité et cultivées en l'absence de la bentonite.....	49

**Tableau 18** - Test statistique de signification de Fisher (P= 5%) du rapport K/Na des feuilles et des racines de deux variétés de *Phaseolus vulgaris* L . stressées pendant une semaine à la salinité et cultivées à 5% de bentonite.....51

**Tableau 19**- Test statistique de signification de Fisher (P= 5%) du rapport K/Na des feuilles et des racines de deux variétés de *Phaseolus vulgaris* L . stressées pendant une semaine à la salinité et cultivées à 10% de bentonite.....52

# *Sommaire*

## Résumé

## Liste des figures

## Liste des tableaux

## Signification des symboles et abréviations

## Introduction

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I-	Le stress salin.....	1
	1- Notion de stress.....	1
	2- La salinité.....	1
	1- Origine de la salinité.....	3
	- Origine primaire.....	3
	- Origine secondaire.....	4
	- Classification des sols salés.....	4
	- Répartition de la salinité.....	5
	3- Effet du stress salin sur la plante.....	6
	a- sur la germination.....	7
	b- sur l'anatomie de la feuille.....	8
	c- sur la croissance et le développement.....	8
	d- sur la photosynthèse.....	9
	e- sur l'absorption.....	9
	f- Sur le niveau d'ions et le contenu nutritif.....	10
	4- Mécanismes de résistance des plantes au stress salin.....	11
	1- L'inclusion ou l'exclusion sélective des ions.....	12
	2- La synthèse des solutés compatibles.....	13
	3- L'ajustement osmotique.....	14
	4- Le contrôle membranaire.....	14
	5- L'induction des hormones végétales.....	15
II-	L'espèce <i>Phaseolus vulgaris</i> L.....	16
	1- Généralité sur les légumineuses.....	16
	2- Caractéristiques botaniques du haricot.....	18
	3- Production et importance du haricot.....	19
III-	III- La bentonite.....	21
	1- Généralité sur les argiles.....	21

1- Description de la bentonite.....	22
2- Propriété de la bentonite.....	22
3- La bentonite en Algérie.....	23
4- Bentonite de Mostaganem.....	23
5- Domaine d'utilisation.....	24

## **MATERIELS ET METHODES**

I- Matériel végétal.....	25
II- Conduite de l'essai.....	25
1- Préparation de substrat de culture.....	25
2- Préparation de la culture .....	26
III- Méthodologie .....	29
a- Préparation du matériel végétal .....	29
b- Extraction des éléments minéraux.....	29
• Dosage du sodium et du potassium par le spectrophotomètre à flamme.....	30

## **RESULTATS**

### **I- CARACTERISTIQUES HYDRIQUES DES PLANTES**

1- Détermination de la teneur en eau (TRE).....	31
• Sans traitement à la bentonite.....	31
• à 5% de bentonite.....	33
• à 10% de bentonite.....	35

### **II- CARACTERISTIQUES MINERALES**

#### **1- Teneur en Sodium.**

• Sans traitement à la bentonite.....	37
• à 5% de bentonite.....	39
• à 10% de bentonite .....	40

#### **2- Teneur en potassium.**

• Sans traitement à la bentonite.....	42
• à 5% de bentonite.....	44
• à 10% de bentonite.....	46

### **IV- Etude du ratio $K^+ / Na^+$**

• Sans traitement à la bentonite.....	48
• à 5% de bentonite.....	49
• à 10 de bentonite.....	51

**- Discussion et conclusion générale.**

**- Références bibliographiques**

# INTRODUCTION



## Introduction

Le haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L) est une plante légumineuse, herbacée annuelle, appartient à la famille des fabacées ou papilionacées (Judd et *al.*, 2002) . Originaire de L'Amérique Centrale (Mexique) (Purseglove ,1984). Cette plante constitue une source importante de protéines dans plusieurs régions du monde (Hill ,1983). La nutrition dans les pays pauvres, est essentiellement basée sur la consommation de légumineuses, comme le haricot, dont la richesse en protéines et en vitamines peut pallier le manque de protéines animales. Les haricots secs ont une teneur en protéine élevée et représentent une excellente source de fibres solubles et insolubles, de glucides complexes, de vitamines (B9) et de minéraux (en particulier le potassium, le phosphore, le calcium, le magnésium, le cuivre, le fer, le zinc), (Gordon, 2004).

En Algérie, la production locale de ces espèces reste toujours faible pour satisfaire les besoins exprimés par la population locale, qu'on peut l'expliquer principalement par les faibles rendements.

Parmi les obstacles, ils existent plusieurs contraintes abiotiques dont la salinité constitue une menace sérieuse pour la production agricole (Grewal, 2010).

L'Algérie fait partie de la région méditerranéenne où la sécheresse a conduit au processus de salinisation des sols qui résulte d'une forte évaporation d'eau à partir du sol (Munns et *al.*, 2006). Cette salinisation provient aussi de l'irrigation le plus souvent mal contrôlée (Bennaceur et *al.*, 2001; Sun et *al.*, 2007).

La surface des terres agricoles touchées par l'excès de sel est de l'ordre de 340 millions d'ha, l'équivalent de 23% des terres agricoles dans le monde (Keren, 2000). L'Algérie est parmi les pays menacés avec de vastes sols salés s'étalant autour de 3,2 millions (Belkhdja et Bidai, 2004).

Les sols chargés de concentrations élevées de sels exposent les plantes à un stress permanent (Pugnaire et Valladares, 2007) et aboutit à une dégradation des propriétés physiques du sol qui se produit à cause d'une diminution de son potentiel hydrique et chimiques, suite à une augmentation de la concentration des ions tels que les  $K^+$  et  $Na^+$  (Tester et Davenport, 2003) atteignant un niveau toxique pour la plante (Guo et *al.*, 2008) pouvant affecter la balance nutritionnelle (Nagao et *al.*, 2005). Les plantes se trouvent menacées de disparaître et les rendements agricoles sont affectés éventuellement à la baisse (Yokoi et *al.*, 2002).

L'introduction de la bentonite riche en argile conduira à améliorer les réponses des plantes face aux contraintes abiotiques imposées en augmentant la capacité d'échange cationique. Ainsi qu'elle améliore les propriétés physiques et hydriques des sols sableux (Benkhelifa, 1997; Halilat and Tessier 2006)

Le présent travail porte sur l'étude de l'effet de la salinité associée à la bentonite sur le comportement hydrique et minéral du haricot (*Phaseolus vulgaris* L).

Le manuscrit présenté est structuré en trois parties dont la première constitue un rappel bibliographique, la deuxième montre la méthodologie adoptée dans cette expérimentation avec le matériel utilisé tandis que la troisième comprend les résultats obtenus.

# CHAPITRE I

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUES

## **I- Le stress salin**

### **I-1 Notion de 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 et génétiques (espèce et génotype) (HOPKINS., 2003).

Selon DUTUIT 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.

LEVITT, 1980, décrit la physiologie de stress en l'abordant dans son aspect physique étant défini comme une contrainte à une ou plusieurs forces de déformation appliqués à un corps. Cette contrainte modifie les dimensions et la forme du corps exposé traduisant sa tension intérieure. A la différence d'un stress physique, un stress biologique n'est pas une force à proprement parler et est associé dans le langage commun à une agression possiblement irréversible et donc une déformation plastique du corps exposé, jusqu'à un certain point dépendant du corps en question.

Selon LAVAL-MARTIN et MAZLIAK (1980) le stress est toute pression dominante exercée par un paramètre de l'environnement perturbant le fonctionnement habituel de la plante et tout facteur qui limite la production la matière sèche au-dessous de son potentiel génétique.

D'après (CHAUSSAT, 1999) et VINCENT (2006), les organismes sont généralement soumis à deux types de stress :

- Les stress biotiques qui sont dus à une agression par un autre organisme.
- Les stress abiotiques qui sont dus principalement à des facteurs environnementaux. comme la salinité des sols, la sécheresse, les températures extrêmes, le froid, le gel, les vents, l'excès d'eau, les radiations sont tous des conditions qui affectent la croissance et le rendement des plantes (WANG *et al*, 2001 ; ARAUS *et al*, 2002; HOPKINS, 2003).

### **I-2 La salinité**

Le problème de la salinité en agriculture revêt une importance croissante en divers point du globe, spécialement dans les zones arides du tiers-Monde, ainsi que dans certains pays développant une agriculture moderne et où la qualité du sol s'est

souvent dégradée suite à une irrigation excessive. (CHRISTOPH et MICHEL. ; 2000).

La salinité constitue l'un des facteurs abiotiques les plus répandus au niveau de la planète et qui limite fortement les rendements agricoles (KHALES et BAAZIZ, 2006), La salinité affecte la production agricole et sa qualité dans les régions arides et de semi-arides, où les précipitations sont limitées et ne sont pas suffisantes pour transporter les sels du profil racinaire des plantes (SCHULZE et *al.*, 2005).

La salinité des sols se résume, d'une part, par la salinité primaire, d'origine naturelle, due à la proximité de la mer, ou à l'existence de dépôts salins géologiques ou parfois actuels, et, d'autre part, par la salinité secondaire due à des processus de salinisation liés à des activités anthropiques en particulier à l'irrigation mal conduite dans certaines zones agricoles (FRANCHIS et IBANEZ, 2003).

La salinisation enregistrée dans les écosystèmes aride et semi-aride résulte de forte évaporation d'eau à partir du sol (Munns et *al.*, 2006) et d'une irrégulière et insuffisante pluviométrie (MEZNI et *al.*, 2002). Cette salinisation provient aussi de l'irrigation le plus souvent mal contrôlée (BENNACEUR *et al.*, 2001). Chaque année, les surfaces perdues à cause de la salinité des sols varient autour de 20 millions d'ha dans le monde. Ainsi, ces surfaces sont passées de 48 millions à 265 millions d'ha de terres agricoles touchées par la salinité et aujourd'hui, les surfaces agricoles affectées dans le monde seraient de 340 millions d'ha soit 23% des terres cultivées dans le monde, (CHEVERRY, 1995). Selon SZABOLCS (1994), un milliard d'ha est menacé dont 3,2 millions d'ha en Algérie (BELKHODJA et BIDAI, 2004).

Plus simple SILVIA (1982) in BENKHATOU. ; 2003) a défini les sols salés comme étant des sols caractérisés par la présence de trop de sel soluble et de sodium échangeable dans le profil.

Selon LOZE et MATHIEU. ; 1990, Un sol, une eau d'irrigation ou une solution nutritive sont salées lorsqu'ils contiennent des concentrations anormalement élevées en chlorures, sulfates, carbonates ou bicarbonates de sodium, calcium ou magnésium.

L'ion sodium, lorsqu'il est suffisamment abondant dans le sol, lui confère des propriétés particulières, il peut exister sous deux formes, de propriétés différentes :

- la forme saline neutre, généralement chlorures de sodium, qui n'a pas de propriétés alcalisantes.
- la forme échangeable, liée au complexe absorbant qui au contraire, alcalinise la solution du sol. (DU CHAUFOR. ; 1983).

### **I-2-1-Origine de la salinité des sols**

La formation d'un sol salin ou sodique résulte généralement de l'accumulation de sels dans les horizons de surface (NAIDU et RENGASAMY, 1993; LEVY,2000; ESSINGTON,2004). Ce processus dépend essentiellement du régime hydrique du sol et des sources de sels (BRADY et WEIL,2002). Lorsque le climat est chaud et sec, entraînés par les eaux capillaires suivant le flux d'évaporation, les sels sont accumulés en surface (SCHULZE et *al.*,2005).

Les sels les plus communs présents dans la solution du sol correspondent aux cations  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , et aux anions  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{NO}_3^-$ , d'autres sels moins courants et plus toxiques à faibles concentrations sont également à considérer (KEREN,2000). Ces éléments traces sont le bore, le sélénium, l'arsenic et le molybdène (ESSINGTON,2004).

De façon similaire à la formation d'un sol salin, un sol devient sodique lorsque la proportion d'ion  $\text{Na}^+$  dépasse celles des autres électrolytes de plusieurs ordres de grandeur, cela dépend de la source de sels et des conditions physico-chimiques du sol (SUMNER,1993; LEVY,2000; ESSINGTON,2004).

### **I-2-2- Origine primaire**

Les sels minéraux responsables de la salinité du sol proviennent de l'altération de la roche mère saline. Cette salinité provient par les facteurs d'érosion. La dissolution, par les eaux de ruissellements des roches sédimentaires qui sont riches en chlorures, sulfates et carbonates contribuant ainsi à la salinisation des sols. (DU CHAUFOR et *al.*, 1979).

En effet, l'altération de la roche mère qui fournit les sels responsables de la salinisation primaire est provoquée par l'eau de pluie souvent acide ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) mais aussi par des agents physiques. (AUBERT et BOULAINÉ., 1980).

La salinisation primaire se remarque aussi au niveau des sols se trouvant au-dessus d'une nappe phréatique saumâtre. En conditions sèches, les eaux saumâtres remontent par capillarité à la surface, sous l'effet conjugué de l'évapotranspiration et du vent, l'eau s'évapore aboutissant à l'accumulation des sels en surface (VAN- HOORN, 1995).

### **I-2-3- origine secondaire**

Ce processus ne fait pas appel à la roche mère, il peut avoir comme origine les eaux d'irrigation qui sont chargées en sels ou une fertilisation chimique excessive (MOUHOUCHE et BOULASSEL., 1999).

En plus, dans un sol irrigué la remontée capillaire se réalise lors des intervalles entre les irrigations et lors d'une période jachère quand il n'y a pas un mouvement descendant par la percolation d'eau. (VAN-HOORN. ; 1995).

Selon EILERS et *al.* ; 1995, la zone d'alimentation reçoit des précipitations, l'eau pénètre dans le sol et si elle n'est pas absorbée par les végétaux, elle atteint les eaux souterraines, celles-ci dissolvent les sels et les transportent dans les zones d'émergence ou l'apport en eau souterraine fait élever la nappe phréatique jusqu'à la frange capillaire telle une éponge, fait remonter l'eau à la surface du sol qui s'évapore et le sel s'accumule.

#### **I-2-4- Classification des sols salés**

Les sols halomorphes se divisent en deux types principaux :

##### ***a- les sols salins à complexe calcique (solantchacks calcique) :***

Ces sols se rencontrent dans les régions steppiques ou subdésertiques (LACOSTE et *al.*;1980), contenant à côté des sels sodiques, des sels de  $Ca^{+2}$  et  $Mg^{+2}$  (DU CHAUFOR. ; 1988). Il est fréquent que les sels s'accumulent en surface en période de forte évaporation en saison sèche, ils provoquent alors la formation d'efflorescences blanches en surfaces. (DU CHAUFOR. ; 1983). Ces sols sont soumis à une pression osmotique très élevée, empêchant l'absorption d'eau et des autres ions d'où une véritable sécheresse physiologique. (DU CHAUFOR. ; 1968), ils offrent peu de sodium échangeable, en général moins de 15% ; l'alcalinisation se traduit par  $PH > 8.5$  et une  $CE < 4 \text{ mmhos/cm}$  à 25°C. (DU CHAUFOR. ; 1988).

##### ***b- sols salins à complexe sodique (solantchack sodique) :***

Ce type se rencontre en bordures de mer, dont l'eau, très riche en ions sodium ; contient peu d'alcalino-terreux  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ , l'ion sodium représente alors 15% de la valeur de la  $CE$  (DU CHAUFOR. ; 1988).

Cependant en raison de la forte concentration qui règne en toute saison, l'influence de la saturation partielle du complexe en sodium n'a que des effets atténués. Le  $PH$  ne dépasse pas 8.5 environ.

Selon le même auteur, les sels sodiques ( $NaCl$ ,  $Na_2SO_4$ ) remontant de la nappe s'accumulent en surface comme dans le cas précédant ; la structure tend à se dégrader et devient poudreuse.

#### **I-2-5- Répartition de la salinité**

D'importantes surfaces des terres du globe sont naturellement salées, ou subissent une salinisation secondaire, suite à l'irrigation ou sous climat chaud et atmosphère évaporant.

Ceci constitue une menace sérieuse pour le développement agricole de nombreux pays. (HOUCHI et COUDRET. ; 1994).

Les superficies perdues chaque année pour l'agriculture par suite d'un phénomène de salinisation secondaire varient selon les auteurs entre 10 et 20 millions d'hectares par an. (CHEVERRY. ; 1995). Mais c'est surtout la très forte extension des superficies irriguées; accompagnée fréquemment d'une mauvaise gestion de l'eau qui est à l'origine de l'extension et de diversification des milieux salés. Sur les 280 millions d'hectares désormais irrigués dans le monde :

- ◆ 75,6 millions d'hectares soit 27% sont déjà affectées par la salinité.
- ◆ 140 millions d'hectares soit 50% sont menacées à long terme par la salinité. (LARSAM. ; 1995).

Selon SZABOLCS (1994), un milliard d'ha est menacé dont 3,2 millions d'ha en Algérie (BELKHODJA et BIDAI, 2004).

**Tableau n°01** : superficie affectée par la salinité dans le monde (LARSAM. ; 1995).

région	Millions d'ha	régions	Millions d'ha
Afrique	80,5	Australie	357,5
Europe	50,8	Mexique et Amérique centrale	2
Amérique du nord	15,7	Asie centrale et du nord	211,7
Amérique du sud	129,2	Asie du sud-est	20
Asie du sud	87,6		
total	954,8 millions d'hectares		

### I-3- Effet du stress salin sur la plante :

La salinité, qu'elle soit naturelle ou induite, constitue un frein au développement des plantes cultivées. En effet, la salinité agit sur tous les aspects de la



biologie des plantes. Ces effets négatifs du sel sont généralement considérés sous trois aspects :

- L'aspect osmotique qui a eu la prépondérance des études et qui se traduit par une moindre disponibilité en eau pour les plantes.
- L'aspect ionique et la toxicité des ions  $Na^+$  et  $Cl^-$  qui ont un effet néfaste sur les structures membranaires.
- Le déséquilibre nutritionnel causé par les quantités excessives de  $Na^+$  et  $Cl^-$  et qui empêchent certains ions essentiels tels  $K^+$  que d'être prélevés.

Dans les sols salés, la salinité devient une menace permanente pour de nombreuses espèces végétales (GUPTA et SHARMA, 1990) affectant la croissance de la plante (LIU et ZHU, 1998) notamment pour la plupart des glycophytes (HAMDY et *al.*, 2002; BELKHODJA et BIDAI, 2004) et la production agricole (PITMAN et LAUCHLI, 2002).

La salinité joue un rôle important dans l'existence et la distribution des plantes; à la différence des halophytes poussant mieux sur un sol riche en sels (ABDELKADER et SALEH, 2002), les glycophytes sont exposées à des modifications de leur comportement physiologique, biochimique, hormonal, moléculaire et minéral selon le degré de la salinité du milieu (SHABAL et *al.*, 2005; MARTINEZ et *al.*, 2007).

En effet, selon le degré de salinité dans le milieu, les glycophytes en particulier sont exposées à des modifications de leur comportement morpho-physiologique (BENNACEUR et *al.*, 2001), biochimique (GRENNAN, 2006) et minéral (MARTINEZ et *al.*, 2007). Ainsi, les plantes réagissent à ces variations de la salinité dans le biotope, soit pour disparaître ou déclencher des mécanismes de résistance.

### **I-3-1- Sur la germination**

La survie des plants dans un milieu donné, dépend en grande partie de leur réaction au stade germination. La plupart des auteurs s'accordent pour admettre que chez les halophytes, comme chez les glycophytes, la capacité de germination est plus élevée dans les milieux non salés; la présence de  $NaCl$  entraîne une augmentation de la durée des processus de germination et retarde par conséquent la levée (GROUZIS, 1976).

L'influence de la salinité sur la germination est toutefois fort complexe, en raison notamment des phénomènes de dormance fréquemment observés chez les halophytes (BINET, 1968).

Plusieurs études ont montré que le sel a un effet dépressif sur le taux de germination, sur la croissance biologique et sur la production de grains (M'BAREK et *al.*, 2001).

Cependant cet effet varie 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) ou en augmentant la pénétration d'ions qui peuvent s'accumuler dans la graine à des doses qui deviennent toxiques (DEBEZ et *al.*, 2001).

Au niveau des graines, le sel affecterait les teneurs endogènes en hormones de croissance (dont la kinétine et l'acide gibbéréllique) impliquées dans le processus de germination (Ungar, 1996). Comme chez l'orge, on pense qu'en milieu salin le traitement avec du GA<sub>3</sub> stimulerait la synthèse de l'ARNm spécifique à l'alpha amylase, tandis que la kinétine agirait sur l'imbibition en augmentant la perméabilité membranaire (KABAR et *al.*;1986 in DEBEZ et *al.*;2001)

### **I-3-2- sur l'anatomie de la feuille**

La salinité provoque de nombreux changements anatomiques de la feuille chez un certain nombre de plantes. Les feuilles de le haricot, le coton et l'Atriplex discernent une augmentation de l'épaisseur épidermique, l'épaisseur mésophyllienne, la longueur de cellules palissadiques, les diamètres du palissade et des cellules spongieuses suite à l'augmentation de la salinité (LONGSTRETH et NOBLE, 1979).

En revanche, l'épaisseur épidermique et mésophyllienne et les espaces intercellulaires ont diminué sensiblement dans les feuilles de *Brugueira parviflora* traitées par NaCl (PARIDA et *al.*,2004). La salinité réduit les espaces intercellualires chez les feuilles des épinards (DELFINE et *al.*,1998) tandis que chez les plantes de tomate, une réduction de la densité stomatique s'est produite (ROMERO-ARANDA et *al.*, 2001).

### **I-3-3- sur la croissance et le développement.**

La salinité affecte tous les processus physiologiques de la plante. Son effet se traduit, notamment, par une réduction de la croissance en hauteur. La croissance des végétaux est perturbée par de trop fortes concentrations de sel. La plante montre alors des signes de stress par la production d'anthocyanes ou la destruction de la chlorophylle. Si chez certaines halophytes la croissance est stimulée par un apport modéré de sel, ce phénomène reste limité par un niveau de tolérance.

L'inhibition de la croissance peut ou ne pas être réversible. Elle dépend du niveau de concentration et de la durée d'exposition. Cette diminution de la croissance est attribuée au nombre limité de cellules ou à leur petite taille.(AMRAR. ;1993).

Des stress extrêmes conduisent au nanisme et à l'inhibition de la croissance racinaire. Les feuilles deviennent sclérosées avant même d'avoir fini leur croissance, et l'organisme tout entier risque de dépérir assez vite (CALU, 2006).

La salinité affecte tous les processus physiologiques de la plante. Son effet se traduit, notamment, par une réduction de la croissance et du rendement estimé (BEN NACEUR et al., 2001).

M'BAREK, 2001, a montré, lui aussi, que la croissance des tiges, des feuilles et des racines est significativement diminuée quand la salinité dépasse 4 g/l chez certaines variétés de blé.

MOZAFAR et al. In DUTIUT et al. ; 1994 ont observé, sur l'*Atriplex halimus* cultivé sur des solutions nutritives avec différents rapports de concentrations de  $Na^+$  et  $K^+$ , que les meilleurs résultats de croissance étaient obtenus quand le rapport était égal à 1. Cela serait dû à une interaction positive d'ordre biochimique entre ces deux éléments, peut-être en relation avec un équilibre ionique favorable au fonctionnement de certains systèmes enzymatiques.

La salinité affecte aussi le développement des plantes. Par exemple, le *NaCl* retarde la floraison chez des cultivars de riz (AMRAR. ; 1993), sur la tomate la salinité réduit la hauteur de la plante, le calibre des fruits et favorise la précocité par contre, elle augmente la sénescence des feuilles du haricot, du nombre de fleurs par plante chez le coton (LEVITT. ; 1980).

#### **I-3-4- sur la photosynthèse**

L'effet de la salinité sur la photosynthèse, dépend de la concentration des sels de l'espèce et de la plante; ce qui est évident qu'une concentration basse de sels peut stimuler la photosynthèse.

TERRY et WALADROW(1984) cité par AMRAR(1993) ont montré que le premier effet de la salinité sur la photosynthèse se traduit plus par une réduction de l'expansion foliaire que par des changements de la photosynthèse par superficie foliaire. Cette réduction de la surface foliaire se répercute sur le bilan énergétique photosynthétisé par la plante.

La résistance stomatique constitue un autre facteur important dans la réduction de la photosynthèse. Sous conditions d'un stress salin, les auteurs ont observé que l'ouverture des stomates ne devient complète qu'une demi-heure après envoi de la

lumière dans une chambre de culture. (AMRAR. ;1993).

Comme effet de la fermeture des stomates (EL-SHEEKH et *al.*; 2004) ont observé une diminution de la concentration intracellulaire en CO<sub>2</sub>, de la teneur en chlorophylle ainsi que la diminution de l'activité des enzymes impliquées dans la photosynthèse.

### **I-3-5- Sur l'absorption**

La cause principale de la réduction de croissance des plantes peut résulter des effets de la salinité sur le statut hydriques. Selon SOHN et *al.* (1999) et ROMERO-ARANDA et *al.* (2001) l'accumulation des sels dans le profil racinaire peut mener à une diminution du potentiel hydrique foliaire et, par conséquent, peut affecter plusieurs processus vitaux.

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. Aux potentiels hydriques du sol très bas, cette condition interfère la capacité des plantes d'extraire l'eau du sol et de maintenir leur turgescence (SOHAN et *al.*, 1999).

Le stress salin a trois fois plus d'effets en réduisant le potentiel hydrique et en créant le déséquilibre ionique provenant des troubles liés à l'homéostasie et à la toxicité. Ce statut hydrique modifié conduit à la réduction de la croissance et à la limitation de la production de plantes (HAYASHI et MURATA, 1998 ; MUNNS, 2002 ; BENLLOCH-GONZALES *et al.*, 2005).

### **I-3-6- Sur le niveau d'ions et le contenu nutritif**

Une concentration élevée en sels (*NaCl*) concurrence l'absorption des autres ions nutritifs, comme le  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , *N* et *P* ayant pour résultat eu désordre alimentaire et éventuellement, un rendement et une qualité réduits (GRATTAN et GRIEVE, 1999).

L'absorption des hautes concentrations de *NaCl* engendre une compétition avec l'absorption d'autres ions, spécialement le  $K^+$ , ce qui conduit à une efficacité en  $K^+$ . Le traitement accru de *NaCl* induit une augmentation dans le taux du  $Na^+$  et *Cl* et une diminution dans le taux du  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$  et le  $Mg^{2+}$  chez de nombreuses plantes La salinité fait augmenter le contenu de  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$  et *Cl* chez *Vicia faba* et le rapport  $K^+/Na^+$  diminue (HAOUALA et *al.*, 2007).

GHOULAM et *al.* (2002) ont observé une augmentation du contenu en  $Na^+$  et *Cl* dans les feuilles et les racines de *beta vulgaris* à l'égard de l'augmentation de la

concentration en  $NaCl$  dans le profil racinaire. Le contenu des feuilles en  $K^+$  diminue en réponse au  $NaCl$ , mais celui des racines n'est pas affecté par le traitement salin. Une augmentation significative du contenu en  $Na^+$  et  $Cl^-$  des feuilles, de la tige et de la racine de *Bruguiera parviflora* est rapportée sans aucun changement significatif du niveau endogène de  $K^+$  et de  $Fe^{2+}$  dans les feuilles (PARIDA et al., 2004). Des diminutions de la teneur en  $Ca^{2+}$  et en  $Mg^{2+}$  des feuilles ont également été rapportées chez cette espèce.

Sous les conditions salines, l'absorption de  $N_2$  par les plantes et généralement affectée et certaines études ont prouvé que la salinité peut réduire l'accumulation de  $N_2$  dans les plantes (FEIGIN et al., 1991 ; PARADOSSI et al., 1999 ; SILVEIRA et al., 2001). Une augmentation de l'absorption en  $Cl^-$  est observée et accompagnée d'une diminution des concentrations de  $NO_2^-$  chez l'aubergine (SAVVAS et LENZ, 1996) et la vigne (FISARAKIS et al., 2001). Les auteurs ont attribué cette réduction à l'antagonisme entre le  $Cl^-$  et le  $NO_3^-$  (BAR et al., 1997) tandis que d'autres attribuaient cette réponse à l'absorption réduite de l'eau par la plante (LEA-COX et SYERTSEN, 1993).

Selon VILLOTRA et al. (1997) et GRATAN (1999) la déséquilibre nutritif peut résulter de l'effet de la salinité sur la disponibilité des nutriments, l'absorption concurrentielle, le transport ou la répartition au sein de la plante, ou peut être provoqué par une inactivation physiologique d'un élément donné ayant pour résultat une augmentation des besoins internes des plantes pour cet élément essentiel.

## **I- Mécanismes de résistance à la salinité**

Plusieurs mécanismes contribuent dans la tolérance à la salinité (CHEN et al., 2008). LEVITT (1980) a distingué entre les mécanismes d'évitement et de tolérance, et a employé le terme résistance à la salinité pour se référer à une combinaison des stratégies de tolérance et d'évitement. Les mécanismes d'évitement incluent le retard de la germination ou de la maturité jusqu'à ce que les conditions redeviennent favorables ; l'exclusion des sels par les racines dans le sol ou le déclenchement d'une croissance préférentielle des racines dans les sols non-salins (SCHULZE et al., 2005) ; la compartimentation et la sécrétion des sels par les organes spécialisés telles que les glandes de sels et les poils de sels ; ou le stockage des sels dans les feuilles âgées (KLEIN et al., 2008).

En fonction des degrés de salinité du milieu environnement, on peut regrouper les espèces végétales, en halophytes et glycophytes.

Les glycophytes, sont des plantes qui acceptent de vivre en milieu salé, mais qui se développent mieux quand elles sont sur un milieu ne contenant pas de sel.

Les halophytes, au contraire, sont des plantes qui ont besoin de sel pour se développer. Ce sont donc des plantes qui vivent toujours en milieu salé. (HUBAC. ; 1990).

Les plantes supérieures exposées à la salinité ont développé des mécanismes physiologiques, leur permettent de vivre dans un sol halomorphe.

## **II-1- L'exclusion ou l'inclusion sélective des ions**

Aussi bien, ni les glycophytes ni les halophytes peuvent tolérer de grandes quantités de sels dans le cytoplasme, et donc dans les conditions salines, elles clouent l'excès de sels dans la vacuole ou elles compartimentent les ions dans les différents tissus pour faciliter leurs métabolisme (MORANT et *al.*, 2008).

La résistance d'une plante à la salinité s'exprime par sa capacité à survivre et à produire dans des conditions de stress salin (PIRI et *al.*, 1994). Les plantes développent plusieurs stratégies pour limiter le stress salin, qui diffèrent selon la catégorie de la plante (BERTHOMIEU et *al.*, 2003).

Chez les plantes sensibles au  $NaCl$ , le  $Na^+$  s'accumule dans les racines, puis exclu des feuilles, ces plantes sont dites « excluser ». A l'inverse, les plantes tolérant le  $NaCl$ , sont dites « incluser » car elles ont en général des feuilles plus chargées en  $Na^+$  que les racines lorsqu'elles sont cultivées en présence de sel (HAOUALA et *al.*, 2007).

### **- L'exclusion**

En générales, les mécanismes d'exclusion sont efficaces pour une salinité faible à modérée, tandis que l'accumulation des ions est le mécanisme primaire employé par les halophytes sous des salinités élevées par leur capacité de compartimenter les ions dans la vacuole (WANG et *al.*, 2007). Les glycophytes limitent l'absorption du sodium du sol ou elles recourent au cloisonnement du sodium dans les tissus âgés, tels que les feuilles, qui servent comme compartiments de stockage et qui sont abscissées par la suite (De LARENZO et *al.*, 2007). CHEN et *al.* (2007) rapportent que l'exclusion de  $Na^+$  du cytoplasme ou son compartimentation dans les vacuoles sont faites par l'enzyme antiport  $Na^+/H^+$ .

## **- L'inclusion**

L'inclusion des ions dans le cytoplasme peut mener à l'ajustement osmotique qui constitue une adaptation importante à la salinité (GUERRIER, 1996 ; RUBIO et *al.*,2008).

La diminution du potentiel osmotique foliaire compense l'abaissement du potentiel hydrique causé par les sels, aidant à maintenir la pression de turgescence et les fonctions cellulaires sous les conditions hydriques adverses (MA et *al.*,2008).

Sous l'effet de salinité, *Beta vulgaris* a accumulé beaucoup d'ions inorganiques dans ses feuilles (GHOULAM et *al.*, 2002). Des résultats similaires ont été rapportés chez le riz (LUTTS et *al.*,1996) et chez le sorgho (COLMER et *al.*,1996).

## **II-2- La synthèse des solutés compatibles**

La présence des sels dans le milieu de croissance a souvent abouti à l'accumulation des composés de faible poids moléculaire, appelés les solutés compatibles, qui n'interfèrent pas les réactions biochimiques habituelles (HASEGAWA et *al.*,2000 ; ZHIFANG et LOESCHER,2003). Ces solutés compatibles incluent principalement la proline et la glycine bêtaïne (BELKHODJA,1996 ; GHOULAM et *al.*,2002 ; GIRIJA et *al.*,2002 ; KHAN et *al.*,2000 ; WANG et NIL,2000 ;LESS et GALILI,2008).

La proline s'accumule dans les feuilles, les tiges et les racines de *Pringlea antiscorbutica* et cet osmolyte s'accumule 2 à 3 fois plus dans le cytoplasme que dans la vacuole (AUBERT et *al.*, 1999 in PARIDA et DAS, 2005).

La teneur en glycine bêtaïne augmente chez les plantes soumises à la salinité (SUDHAKAR et *al.*,1993 ;NISHIZAWA et *al.*,2008) ; comme s'était le cas chez l'amarante (WANG et NIL,2000)et l'arachide (GIRIJA et *al.*,2002). Selon HOLMOSTROM (2000), la compartimentation subcellulaire et la biosynthèse de la glycine bêtaïne sont importantes pour la tolérance à la salinité chez les plantes. Ce composé contribue dans l'ajustement osmotique (KOVACS et *al.*,2008), à la protection des macromolécules cellulaires (BATTAGLIA et *al.*,2008), au stockage de l'azote (DESCLOS et *al.*,2008), au maintien du pH cellulaire (YANG et *al.*,2007), à la désintoxication des cellules et au nettoyage des radicaux libres (COLLINS et *al.*,2008).

D'autres solutés compatibles s'accumulent dans les plantes sous l'effet du stress salin incluent : - Les hydrates de carbones comme les sucres (le glucose, le fructose, le saccharose et le fructane) et l'amidon (PARIDA et *al.*, 2002).

- Les polyols sont classifiés comme acycliques (mannitol) et cycliques (pinitol). Le mannitol, un sucre qui sert comme soluté soluble pour faire face au stress salin, est synthétisé via l'action du mannose-6-phosphate réductase (M6PR) chez le céleri (ZHIFANG et LOESCHER, 2003 in PARIDA et DAS, 2005).

Les polyols agissent en deux manières qui sont difficile à séparer : ce sont l'ajustement osmotique et osmoprotection. Dans l'ajustement osmotique, ils agissent comme des osmolytes pour faciliter la rétention de l'eau dans le cytoplasme et permettant la séquestration du NaCl à la vacuole ou l'apoplaste. Le point commun chez les solutés compatibles est que ces composés peuvent être accumulés à des taux élevés sans perturber la biochimie intracellulaire (BOHERT et JENSEN, 1996 in PARIDA et DAS, 2005).

### **II-3- L'ajustement osmotique**

Cet ajustement se trouve chez la grande majorité des organismes vivants pour le maintien de l'alimentation hydrique et de la pression de turgescence (YEO, 1983; NIU et *al.*, 1995; BOHNERT and SHEN, 1999).

Ce processus se fait en modifiant les concentrations de solutés compatibles dans les tissus de façon à maintenir une concentration ionique plus élevée (hypertonique) (HASEGAWA et *al.*, 2000).

L'ajustement osmotique du cytoplasme, suite à un stress osmotique provoqué par la présence de NaCl dans le milieu extérieure est réalisé par l'accumulation de solutés organiques. Parmi ces composés s'accumulant lors du stress salin, on trouve les acides aminés comme la proline (STEWART et LEE, 1974; FRECHILL et *al.*, 2001); des sucres (fructose, saccharose) et leur dérivés alcool (glycérol, mannitol, pinitol) (LARHER, 1991; ADAMS et *al.*, 1992; KELLER et LUDLOW, 1993). Et des méthylamines (glycine bétaine) (ROBINSON et JONES, 1986; WERETILNYK et *al.*, 1989).

Outre leur fonction d'osmoticum, ils pourraient participer à la protection des enzymes et des structures membranaires. (INCHAROENSAKDI, 1986; LAURIE et STEWART, 1990).

### **II-4- Le contrôle membranaire**

Les membranes voient également leur composition lipidique modifiée en réponse à un stress de salinité (MANSOUR and SALAMA, 2004). En terme de transport ionique, la stratégie de résistance à la salinité est qualitative et quantitative (GREGORY, 2005).



La sélectivité des ions à l'entrée constitue la composante qualitative. Elle se définit à partir des différents transporteurs membranaires présents (antiport  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ) (TYERMAN and SKERETT, 1999). Dans la diffusion facilitée comme dans le transport actif, les protéines membranaires peuvent être très spécifiques de certains solutés. Néanmoins, plusieurs solutés peuvent entrer en compétition par une même protéine de transport ( $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$ ) (TEIZ et ZEIGUER, 2002).

D'un point quantitatif, la perméabilité membranaire au  $\text{Na}^+$  ainsi que l'activité, la quantité et la sensibilité des antiports  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  membranaires évoluent pour s'adapter à un stress salin à long terme (NIU et *al.*, 1995; TYERMAN and SKERETT, 1999).

## **II-5- L'induction des hormones végétales**

La concentration élevée du sel déclenche une augmentation dans les taux des hormones végétales, comme l'ABA et les cytokines (VAIDYANATHAN et *al.*, 1999 in PARIDA et DAS, 2005). L'acide abscissique est responsable de l'altération des gènes induits par le stress salin. Les gènes inductibles de l'ABA sont prévus de jouer un rôle important dans le mécanisme de la tolérance au sel chez le riz (GUPTA et *al.*, 1998 in PARIDA et DAS, 2005). Pendant le stress salin il y a une augmentation au niveau de la production de l'ABA et l'éthylène chez *Citrus sinensis* (GOMEZ-CADENAS et *al.*, 1998 in PARIDA et DAS, 2005). Il s'est avéré que l'ABA vient alléger l'effet inhibiteur du *NaCl* sur la photosynthèse, la croissance et la translocation des assimilats (POPOV et *al.*, 1995 in PARIDA et DAS, 2005). L'ABA favorise le passage de la forme C3 à la forme CAM chez *M. crystallinum* pendant le stress salin (THOMAS et *al.*, 1992 in PARIDA et DAS, 2005). L'ABA favorise la fermeture des stomates en changeant le flux des ions dans les cellules de gardes sous les conditions de stress salin. On a montré que l'augmentation de l'absorption de  $\text{Ca}^{2+}$  est liée à l'augmentation de l'ABA dans le cas du stress salin et donc contribue au maintien de l'intégrité membranaire, ce qui permet aux plantes de réguler l'absorption et le transport dans le cas d'excès de la salinité à long terme (CHEN et *al.*, 2001). Il a été rapporté que l'ABA réduit la libération de l'éthylène et l'abscission foliaire en condition de stress chez le *Citrus* probablement en diminuant l'accumulation de l'ion toxique *Cl* dans les feuilles (GOMEZ-CADENAS et *al.*, 2002).

### III- L'espèce *Phaseolus vulgaris* L

#### 1- Généralité sur les légumineuses

La famille des Fabacées est une famille de plantes dicotylédones, elle est appelée couramment Légumineuses (*Leguminosae*) ou Papilionacées (*Papilionaceae*). Chaque nom s'applique à une condition particulière. Selon les classifications, la composition de cette famille varie (ADSULE et al, 1989 ; BENAMOUZIG et al, 1994 ; ATKINS et SMITH, 1997) :

- Les fabacées, au sens limité, est adopté en classification classique de CHRONQUIST (1981). Ce groupe est nommé *Fabaceae (stricto sensu)* ou *Papilionaceae*. Cette famille comprend 12000 espèces réparties en plus de 400 genres.
- Les Fabacées, au sens large, est adopté en classification phylogénétique APG II (2003). Ce groupe est nommé *Fabaceae (lato sensu)* ou *Leguminosae*. Cette famille comprend 18000 espèces réparties dans trois sous-familles d'importance inégale.

Les plantes de la famille des Fabacées (Légumineuses, terme utilisé dans les systèmes de classification avant 1960) suivent en importance à celles de la famille des poacées, non seulement pour leur contribution à l'alimentation humaine, mais aussi pour leur impact sur l'amélioration des pratiques agricoles dans toutes les régions du monde.

Les graines des légumineuses contiennent entre 17 et 27 % de protéines, deux à trois fois plus que les graines des céréales majeures. Dans le cas d'une plante en particulier, le soja, le contenu en protéine des graines peut atteindre une valeur exceptionnelle de 50 % chez certaines variétés. Non seulement le contenu en protéines est élevé, mais la qualité de celles-ci, en considérant leur proportion en acides aminés, complète bien celles des céréales majeures. Une combinaison de céréales et de légumineuses dans une diète alimentaire journalière pourvoit une alimentation plus équilibrée que si elle était exclusivement composée de céréales. Un avantage des légumineuses qui a contribué au contenu élevé de protéines dans leurs tissus, est leur capacité de former des associations symbiotiques avec des bactéries fixatrices d'azote atmosphérique. Ces bactéries du genre *Rhizobium* (*Azobacteriaceae*) infectent les poils radiculaires des racines de la plupart des légumineuses en produisant des nodules. Les bactéries habitent et se multiplient dans ces nodules et absorbent des éléments nutritifs de la plante. Sous des conditions expérimentales où les plantes sont pourvues de tous les éléments nutritifs pour leur croissance (par exemple, application optimale d'engrais), les bactéries utilisent des ressources de la plante sans apporter grande chose en échange et, de fait, se comportent en parasites.

Sous des conditions normales de culture, deux des éléments nutritifs requis par les plantes, l'azote et le phosphore assimilables, sont souvent en quantités limitantes dans les sols. Bien que l'azote gazeux soit l'élément le plus abondant de l'atmosphère terrestre, les plantes à fleurs ne peuvent pas l'utiliser sous cette forme.

L'azote ne peut être assimilé que sous la forme d'ions de nitrites, nitrates et d'ammonium ou il peut-être aussi assimilé à partir de sources issues de la décomposition de certains composés organiques.

Ces sources d'azote sont la plupart du temps en quantités réduites dans les sols et il est nécessaire de fournir des engrais riches en azote pour couvrir le besoins des plantations agricoles. Les légumineuses, ainsi que quelques autres plantes appartenant à diverses familles, ont l'avantage, par le biais de la symbiose bactérienne, d'accéder à des sources d'azote atmosphérique. Les bactéries de Rhizobium, au cours de leurs activités métaboliques, convertissent l'azote atmosphérique en ammonium, une source d'azote assimilable.

Cet ammonium assimilable est transloqué des nodules au système de transport des radicules et est utilisé par la plante pour ses fonctions métaboliques et physiologiques. L'avantage pour les plantes de légumineuses est évident, car le coût rattaché à "héberger" et à pourvoir en énergie les bactéries nitrificatrices est avantageusement compensé par l'apport d'azote supplémentaire, qui autrement ne serait pas disponible. Les bactéries fixatrices d'azote sont largement distribuées parmi les espèces spontanées de légumineuses et peuvent survivre pendant plusieurs années dans les sols. (SIMPSON et OGARZALY, 1995).

Néanmoins, il est coutume d'inoculer les semences de légumineuses avec Rhizobium lorsque celles-ci sont plantées pour la première fois dans des champs. Dû au fait qu'il existe douze races de Rhizobium possédant chacune une certaine spécificité quant à leur capacité de former des nodules avec différents genres et espèces de légumineuses, il est important de choisir la souche de bactérie qui sera la plus compatible avec l'espèce semée et la fixatrice d'azote la plus apte dans les conditions sur le terrain.

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. Le fait est quelles plantes des légumineuses accumulent des concentrations d'azote importantes dans leurs tissus. Une partie de cet azote, particulièrement au niveau des racines, est éventuellement réincorporé au sol lors de la décomposition des tissus. 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.

## **2- Caractéristiques botaniques du haricot**

Le haricot est une plante herbacée, annuelle, qui peut prendre plusieurs types de port selon les variétés. On distingue deux grands groupes, les haricots grimpants, au port volubile, et les haricots nains à port érigé et plus ramifié (DAGBA, 1988).

Le système racinaire pivotant et profond peut descendre jusqu'à 1,20m (BARRETO, 1983). On trouve la racine principale non dominante très rapidement complétée de racines latérales (CHAUX et FOURY, 2001). Elles sont le siège du phénomène de « nodulation », les nodules étant des excroissances provoquées par l'infestation par des bactéries du genre *Rhizobium*, ces bactéries vivent en symbiose avec la plante (FAO, 2006)

Les tiges 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 sont plus ramifiées, prenant un port buissonnant ou dressé ce sont les haricots nains, (GUIGNARD, 1979).

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, elles possèdent des nervures bien visibles (BELL, 1994). Ces folioles s'insèrent sur un pétiole commun renflé à la base de 12 cm de long environ, par l'intermédiaire de pétiolules de 3 à 4 mm de long (PITRAT et FOURY, 2003). 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).

Les inflorescences sont en forme de 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 (PHILLIPS et *al.*, 1994).

Quant aux fleurs, elles sont de type papilionacé, et comprennent 5 sépales, 2 pétales, 9 étamines soudées par leur base et une étamine libre, un ovaire contenant une loge renfermant 4 à 8 ovules, surmonté par un style portant un stigmate (PREVOST,1999). Ce sont des fleurs hermaphrodites et cléistogames. La fécondation est principalement autogame ce qui facilite la sélection de lignées pures et le maintien de variétés stables, elle 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).

Les fruits sont en forme de gousses déhiscentes, allongées, appelées aussi cosses, 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).

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

### **3- Production et importance du haricot**

La culture des légumineuses, source de protéines végétales, a été reconnue comme étant l'une des meilleures et des moins coûteuses des solutions pour l'alimentation des populations des pays en voie de développement. La nutrition, dans les pays pauvres, est essentiellement basée sur la consommation de légumineuses, comme le haricot, dont la richesse en protéines et en vitamines peut pallier le manque de protéines animales. Les haricots secs ont une teneur en protéine élevée et représentent une excellente source de fibres solubles et insolubles, de glucides complexes, de vitamines (B9) et de minéraux (en particulier le potassium, le phosphore, le calcium, le magnésium, le cuivre, le fer, le zinc), (GORDON, 2004).

En effet, les protéines végétales coûtent deux fois moins chères que les protéines animales. Les grains de légumineuses contiennent deux à trois fois plus de protéines (Tableau1) que les céréales (SOLTNER, 1990) et renferment les 24 acides aminés indispensables à l'alimentation humaine. Par leur teneur élevée en protéines (20 à 30%), les légumineuses rééquilibrent l'alimentation céréalière, surtout en acides aminés essentiels et en sels minéraux (APPERT, 1992).

Les grains des légumineuses sont plus riches en calcium que celle de la plupart des céréales et sont une bonne source en fer. Leur composition en phosphore et potassium est très élevée (STANTON, 1970).

Outre leur valeur alimentaire, certaines légumineuses représentent une source naturelle de certains produits actifs utilisés en thérapeutique et en industrie pharmaceutique (SENOUCI, 1999).

**Tableau 02-** Composition (g/100g de graines) et valeur énergétique (calorie/ 100g) des graines de *Vigna unguiculata*, de *Cicer arietinum* et de *Phaseolus vulgaris* (SINHA et WATTERS ,1980 ; BORGET ,1989 ; ISERIN ,1997)

Légumineuses	Protéines	Lipides	Glucides	Fibres	Minéraux	Eau	Calories
<i>P. vulgaris</i>	20 – 27	1-2	60 – 65	4-5	4 – 5	11	341
<i>C. arietinum</i>	20	0	62	03	2- 4	12	362
<i>V. unguiculata</i>	22-26	1-2	60-65	4-5	3- 4	11	342

### III - La bentonite

#### 1- Généralités sur les argiles

Le mot argile peut être défini par les géologues comme étant une particule dont la dimension est inférieure à 4 micromètres quelque soit sa nature minéralogique, ou comme étant un minéral de la famille des phyllosilicates (silicates en feuillets).. Ils sont à l'origine de l'altération par l'eau des autres silicates, mis à part le quartz. Les minéraux argileux sont alors des phyllosilicates hydratés de petite taille

Tous les minéraux argileux ne sont pas des phyllosilicates (quartz, feldspath), ni même des silicates (oxydes) (VELDE., 1995). Les argiles sont généralement cristallisées, même si des argiles amorphes existent (allophanes dans les sols développés sur substrat volcanique ou andosols). On trouve les minéraux argileux très fréquemment dans les sols et les roches sédimentaires. Tandis que les minéraux comme les illites ou les chlorites sont fréquents dans la fraction silteuse des roches magmatiques et métamorphiques (CHAMEY., 1989).

Dans les ouvrages de référence, il existe différentes propositions de définitions. Par exemple, Eslinger & Peaver (1988) définissent les argiles comme un minéral qui domine dans la fraction fine < 2 microns des roches et des sols. Par contre, Weaver (1989) regroupe tous les minéraux phyllosilicatés sans aucune connotation de taille et propose d'utiliser le terme de " physils "pour éviter les confusions.

Le comportement des argiles se traduit par des propriétés tout à fait exceptionnelles notamment par une aptitude à s'associer avec l'humus qui est à l'origine de l'établissement et de la stabilité de la structure du sol. (TESSIER., 1994).

Les schistes, 50 à 80 % et les roches éruptives donnent, par décomposition, des argiles. Leur importance économique est considérable puisqu'elles sont employées dans de nombreuses industries : céramique, porcelaine, briques et tuiles, ciments, réfractaires et produits émaillés, fonderie, chimie, affinage, boues de forage, colorants, adsorption de matières organiques, pigments. Les argiles employées dans les différentes fabrications énumérées ci-dessus sont très variables en nature et en composition. Elles sont constituées par une fraction argileuse et une fraction non argileuse (quartz, feldspaths, minéraux lourds, oxydes de fer et d'alumine, matières organiques).

En général les argiles sont des aluminosilicates associés dans le réseau à l'oxygène au sodium, au magnésium et au calcium.

## 2- Description de la bentonite

La bentonite est une argile colloïdale naturelle découverte aux Etats Unis en 1988 à Fort Benton dans le Wyoming. L'expression bentonite a été introduite pour la première fois par le géologue américain KHIGHTH (SIGG., 1999). La bentonite a la propriété de gonfler au contact de l'eau en donnant un gel plus ou moins épais. De très nombreux gisements ont été découverts dans le monde (POINSAUT *et al.*; 1995).

Le nom de bentonite désigne généralement une poudre minérale constituée essentiellement de l'argile de montmorillonite (famille des smectites). Dans leur état naturel, la plupart des gisements de bentonite sont hétérogènes ; ils sont constitués de smectites mélangées ou interstratifiées avec l'illite et/ou la kaolinite et d'autres impuretés (LARIBI *et al.* 2005).

Selon leur origine les bentonites présentent des propriétés différentes ; Sur le plan minéralogique la bentonite est un silicate d'alumine hydraté du groupe des Montmorillonites et qui regroupe trois types d'argile :

- **les bentonites sodiques naturelles** (gonflantes et actives naturellement)
- **les bentonites calciques naturelles** (peu gonflantes, peu actives mais donnant très peu de lies lors de leur utilisation dans les vins).
- **les bentonites activées** (gonflement et activité définis par le taux d'activation). Le volume de lie formée dans le vin est directement proportionnel au taux d'activation.

## 3- Propriété de la bentonite

- Sa grande surface spécifique, de l'ordre de 750 à 800 m<sup>2</sup>/g est à l'origine de sa capacité d'adsorption considérable (SIGG., 1991).

- Sa grande capacité d'échange cationique (50 à 150 meq/100g) intensifie les échanges entre les éléments de la solution et le complexe adsorbant du sol (ENGELTHALER *et al.*, 1983) cette propriété permet de constituer une réserve nutritive importante pour les racines.

- Une capacité de gonflement qui entraîne de son volume au contact de l'eau un gramme d'argile peut absorber jusqu'à 20 grammes d'eau (PETR., 1985) selon HALILAT et TEZIER., 2006 la teneur en eau retenue par le matériau augmente avec la teneur en argile. Pour le groupe des montmorillonites, BOUISINA et MEHIRI., 1997 ; et HALILAT et TEZIER., 2006 notent une nette amélioration des caractéristiques physiques chimiques et hydriques des sols sableux après amendement avec ces types d'argiles.



#### 4- La bentonite en Algérie

En Algérie, les gisements de bentonite les plus importants économiquement se trouvent à l'ouest algérien. On relève en particulier la carrière de Maghnia (Hammam Boughrara) dont les réserves sont estimées à un million de tonnes et de celle de Mostaganem (M'zila) avec des réserves de deux millions de tonnes (C.ABDELOUAHAB, 1987).

#### 5- Bentonite de Mostaganem

Le gisement de bentonite de Mostaganem est situé 37 km au Nord-est du chef-lieu de la wilaya dans une localité appelée Mzila. La bentonite de Mostaganem est destinée généralement à l'industrie pétrochimique. D'après (BENTAL., 2002) la bentonite de Gisement de Mzila est plus sodique, La bentonite Calcique elle a un indice de gonflement faible par contre la bentonite sodique elle plus gonflante.

Les caractéristiques physico-chimiques (tableau 1) et minéralogiques (tableau 2), font apparaître que la montmorillonite est la principale composante de la bentonite. Le cation majoritaire dans cette argile est le calcium, elle est donc calcique.

**Tableau 03 : Caractéristiques physico-chimiques de la bentonite (ENOF, 1997)**

Surfaces spécifiques (m <sup>2</sup> /g)	PH	Cations échangeable (meq/100g)			Na/Ca
		Ca	Mg	Na	
65	9.0	43.6	4.8	25.2	0.58

**Tableau 04 : Caractéristiques minéralogiques de la bentonite (ENOF, 1997)**

Identification des minéraux			
Montmorillonite	Quartz	Feldspaths	Biotites
45 à 60%	15 à 20%	3 à 5%	8 à 10%

#### 6 - Domaine d'utilisation

La bentonite est largement utilisée dans de nombreux secteurs industriels (pharmacie, cosmétique, chimie, génie civil, agroalimentaire ...). Elle est utilisée sous forme pâteuse ou à l'état de poudre pour la réalisation de barrières étanches pour les déchets industriels et ménagers (géomembranes bentonitiques) et les

déchets radioactifs (barrières ouvragées ; poudre compactées).

A l'état liquide, la boue de bentonite se définit comme une *suspension eau-argile*. L'origine de l'usage de la boue est sans aucun doute les forages pétroliers (BESQ.,2000). Elle permet, du fait de ses propriétés rhéologiques, de faire face aux nombreuses exigences du forage, telles que la stabilité de l'ouvrage (par imprégnation du terrain et par fabrication d'un cake pour limiter la filtration vers la paroi) et l'évacuation des déblais(JOZJA .,2003); (BESQ., 2000).

En agriculture, la bentonite connaît beaucoup d'application elle permet de mettre en valeur les terres à texture très légère (ENGELHATER et *al.*, 1985). Et protégé les sols contre l'érosion éolienne .de point de vue économique l'application de la bentonite en agriculture permet d'améliorer la structure des sols sableux successibles d'augmenter la production et d'économiser l'eau et les éléments fertilisant. HALILAT et TESSIER., 2006 ont montré que la bentonite améliore les paramètres chimiques des sols sableux.

# CHAPITRE II

## MATERIEL ET METHODES

## CHAPITRE II- MATERIEL ET METHODES

### I- Matériel végétal

Le matériel végétal retenu dans cette étude concerne deux génotypes d'haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) Djadida et Filet Jeton provenant de l'importation et dont l'origine et le comportement diffèrent.

### II- Conduite de l'essai

#### 1. Préparation du substrat de culture

La culture est réalisée dans des pots en plastique d'une capacité de 2,5 kg, d'un diamètre de 20 cm et d'une hauteur de 22 cm, dont le fond est tapissé avec du gravier fin pour assurer le drainage. Sur cette couche est déposée une bande à gaze pour retenir le substrat.

Le sable utilisé dans la préparation du substrat est récupéré du bord de la plage et a subi un tamisage adéquat pour obtenir un sable fin tout en éliminant les débris et les sables grossiers, des lavages consécutifs à l'eau de robinet puis à l'esprit de sel ont été pratiqués pour éliminer les carbonates et les sels du sable obtenu, les traces du chlore sont éliminées ensuite par des lavages répétés par de l'eau distillée, le sable est enfin séché à l'air libre.

Le substrat est préparé en additionnant deux volumes du sable apprêté à un volume de la tourbe (2V/V), le mélange est mis dans les pots à raison de 02 kg par pot.

Nous avons travaillé avec la bentonite de Mostaganem du gisement de M'Zila, sous sa forme naturelle granulée a été préalablement broyée à l'aide d'un broyeur électrique et tamisée au tamis à mailles de 2 mm pour obtenir une poudre fine afin de faciliter son enfouissement et son mélange.

Deux doses de bentonite sont retenues : 5% et 10%. La quantité de bentonite ajoutée au sol traité correspond à des doses exprimées en pourcentage du poids sec du sol. Ce substrat a été vigoureusement mélangé manuellement afin d'obtenir un substrat homogène.

**Tableau 5 :** Poids de chaque dose de bentonite retenu par rapport au poids sec du substrat.

dose de bentonite	5%	10%
poids sec de bentonite (g)	100	200

## 2- Préparation de la culture

Les graines des plantes testées sont d'abord désinfectées dans l'eau de javel durant 05min puis rincées à l'eau distillée pendant 01min et passées à la prégermination sous une température de 22°C dans l'étuve.

Après la prégermination, les plantules sont repiquées soigneusement en raison d'une plantule par pot puis déposées dans une serre située à l'université Ibn-Khaldoun de Tiaret, dont les facteurs température, humidité et vent sont contrôlés. On procède à une irrigation à 60 % de la capacité de rétention du substrat soit **80 ml** par pot, après avoir déterminé la capacité de rétention du substrat sol. Ce qui permet de prévoir la quantité de solution nutritive équilibré de type HOAGLAND et ARNON (1938) diluée au 1/1000<sup>ème</sup> couramment utilisé au laboratoire de physiologie végétale et de solution saline au *NaCl* à appliquer .

**Tableau 6-** Composition de la solution nutritive de HOAGLAND (1938).

Produit	Composition	Poids g.l <sup>-1</sup>
Nitrate de potassium	KNO <sub>3</sub>	191.90
Nitrate de calcium	(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Ca, 4H <sub>2</sub> O	129.80
Nitrate d'ammonium.	NO <sub>3</sub> NH <sub>4</sub>	210.00
Sulfate de magnésium.	SO <sub>4</sub> Mg, 7H <sub>2</sub> O	61.50
Phosphate monopotassique.	PO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> K	54.40
Hydrogenophosphate di-potassium.	PO <sub>4</sub> K <sub>2</sub> H, 3H <sub>2</sub> O	34.23
Chlorure de manganèse.	Cl <sub>2</sub> Mn, 4H <sub>2</sub> O	1.80
Sulfate de cuivre.	CuSO <sub>4</sub> , 7H <sub>2</sub> O	0.176
Sulfate de zinc.	ZnSO <sub>4</sub> , 7H <sub>2</sub> O	0.219
Acide borique.	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	2.861
Molybdate d'ammonium.	MO <sub>7</sub> O <sub>24</sub> (NH <sub>4</sub> ), 4H <sub>2</sub> O	0.285
Complexe ferrique EDTA ferrique	EDTA ferrique (C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> FeNaO <sub>8</sub> )	0.05

Les pots sont répartis sur 02 doses de bentonite et reçoivent 02 traitements de sel de chlorure de sodium. Chaque dose de bentonite comporte 15pots pour des concentrations de sel de 100meq soit 5.84g/l et 200meq soit 8.76g/l.

Les pots témoins sont irrigués uniquement à l'eau distillée pendant la période d'application du stress. Après la germination des graines, l'application de stress est effectuée 1 fois durant la dernière semaine, avant le prélèvement des échantillons pour les analyses.

**Tableau 7 :** Dispositif expérimental adopté à la serre

Doses de bentonite (en%)	Dose de Nacl meq.l <sup>-1</sup>	Nombre de Pots pour chaque variété
0	0	5 pots
	100	5 pots
	200	5pots
5	0	5 pots
	100	5 pots
	200	5pots
10	0	5 pots
	100	5 pots
	200	5pots
		45 pots



**Fig1** : Photos du dispositif expérimental de la variété Djadida deux semaines après semi.



**Fig2** : Photos du dispositif expérimental de la variété Filet jeton deux semaines après semi

## **Méthodologie**

### **a- Préparation du matériel végétal**

Après avoir déterré les plantes, les feuilles et les racines sont soigneusement séparées, les racines sont immédiatement trempées à l'eau puis desséchées avec du papier absorbant afin d'éviter toute contamination avec le substrat de culture.

Les organes séparés de chaque plante sont immédiatement pesés et enveloppés dans du papier aluminium, numérotés et puis desséchés par le passage à l'étuve sous une température de 80°C pendant 48 heures. Le poids sec de chaque échantillon est déterminé après le séchage à l'aide d'une balance analytique de précision.

La teneur en eau des organes est déterminée par la formule :

$$\text{TE}(\%) = (\text{Poids frais} - \text{Poids sec}) / (\text{Poids frais}) \times 100$$

Les échantillons séchés sont broyés par la suite manuellement à l'aide d'un mortier en porcelaine jusqu'à l'obtention d'une poudre fine qui sera entreposée ensuite dans des piluliers hermétiquement fermés par des bouchons plasma et mise dans un congélateur pour la suite des opérations.

### **b- Extraction des éléments minéraux**

Les procédés d'extraction et de dosage des éléments minéraux sont effectués sur les feuilles, et les racines des plantes stressées et témoins par la méthode analytique décrite par (LAFON et al, 1996) et qui consiste à déterminer la composition en éléments d'une plante en procédant d'abord, par calcination et puis à la destruction complète de la matière organique (MARTIN-PREVEL et al, 1984), le résidu est ensuite analysé.

La poudre végétale finement broyée est homogénéisée puis séchée durant 24 heures à 80°C, elle est ensuite refroidie dans un dessiccateur pendant 30 minutes. Une masse de 0.1 g d'échantillon est déposée dans un creuset en porcelaine et placée dans un four à moufle dont sa température sera portée graduellement jusqu'à 500°C et puis maintenue pendant 02 heures jusqu'à l'obtention des cendres blanches.

Les cendres obtenues sont humectées par 02 ml d'acide nitrique HNO<sub>3</sub> absolue après le refroidissement des creusets. Le tout est mis sur une plaque chauffante afin d'évaporer l'acide et puis remis dans le four à moufle pendant 01 heure, et pour être sûr que toute la matière organique est déminéralisée, 01 ml de l'acide chlorhydrique concentré HCl 6N est additionné au contenu de la capsule, ensuite le taux de cendre est déterminé par pesée.



La capsule et le filtre sont rincés à l'eau tiède, le mélange obtenu filtré sur un papier filtre sans cendres (Wattman) dans une fiole jaugée de 50 ml et ajuster au trait de jauge avec de l'eau bi-distillée. Le produit final se prête aux dosages par spectrophotomètre à flamme.

#### **- Dosage du sodium et du potassium par le spectrophotomètre à flamme**

Pour chaque élément minéral à doser, des solutions étalons à des concentrations connues devons être préparées à partir d'une solution mère  $01 \text{ g.l}^{-1}$  pour chaque élément, à partir de cette dernière, les solutions filles ou solutions étalons peuvent être facilement reproduites.

##### **Le Potassium**

Pour préparer une solution standard de potassium, il faut mettre 1.000 g du chlorure de potassium (KCl) desséché dans une fiole jaugée d'un litre de capacité et compléter le volume avec de l'eau déminéralisée jusqu'au trait de jauge.

##### **Le Sodium**

Pour préparer une solution standard de sodium, il faut mettre 1.000 g du chlorure de sodium (NaCl) desséché dans une fiole jaugée d'un litre de capacité, compléter le volume avec de l'eau déminéralisée jusqu'au trait de jauge.

# CHAPITRE III

# RESULTATS OBTENUS

## CHAPITRE III – RESULTATS

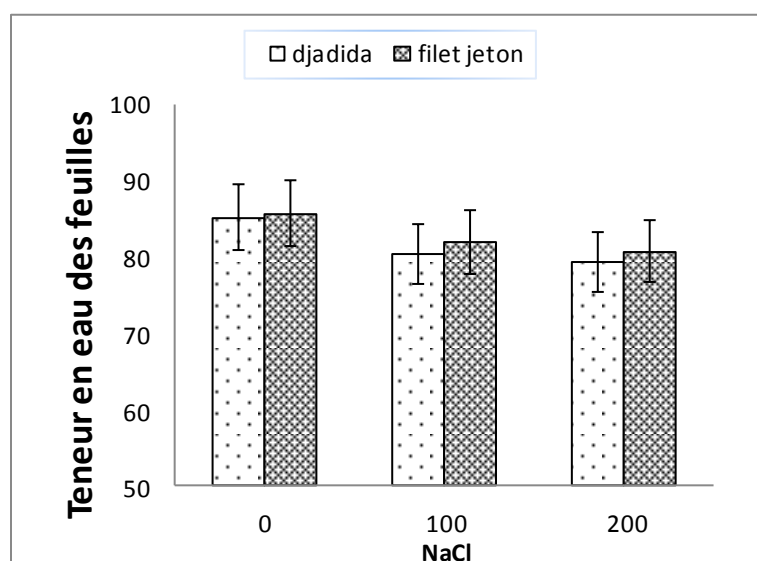
### I- CARACTERISTIQUES HYDRIQUES DES PLANTES

#### 1 – La teneur relative en eau

L'estimation de la teneur en eau représente un intéressant indicateur physiologique dans l'état d'hydratation des plantes en fonction de la disponibilité de l'eau dans le milieu de culture et l'aptitude de ces plantes à l'absorber. En conséquence, tout déséquilibre dans la nutrition hydrique se manifeste souvent dans le taux de cette teneur.

- **Sans traitement à la bentonite**

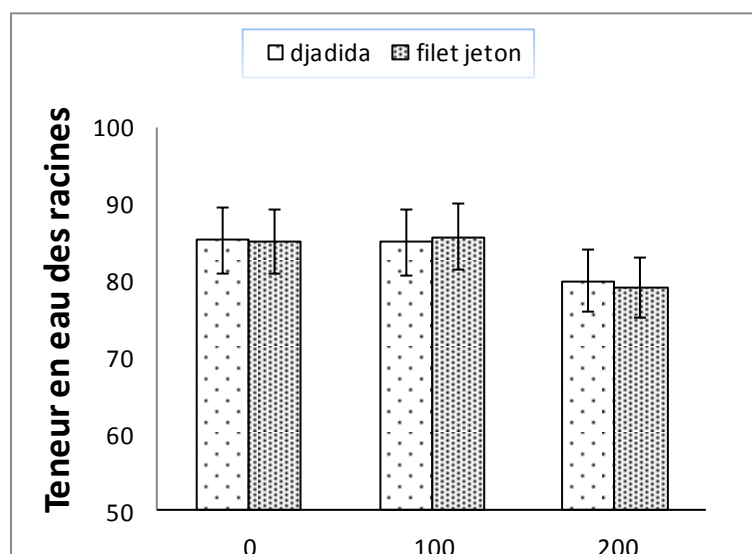
Les résultats indiquent que la teneur en eau des deux variétés régresse avec la concentration en sel dans le substrat. Une légère diminution est enregistrée à la concentration saline de 100 meq.l<sup>-1</sup> avec des taux de 83.34% pour la variété Djadida et de 83.63% pour la variété Filet jeton. Ainsi au niveau du traitement à 200 meq.l<sup>-1</sup> NaCl qu'on note la plus importante régression de la teneur en eau des deux variétés avec des taux de 80.34% et 82.63% respectivement chez Djadida et Filet jeton.



**Fig. 3-** Teneur en eau (%) après une semaine de stress au NaCl dans les feuilles des jeunes plantes des deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* L. cultivées en l'absence de bentonite.

L'influence de la première concentration de sel à 100 meq.l<sup>-1</sup> NaCl s'avère faible sur le statut hydrique foliaire des plantes des deux variétés d'une façon identiques avec un taux de réduction de 85.10% du témoin à 80.34% est noté chez Djadida et de 85.62% à 81.92% chez Filet jeton. Par contre au niveau du traitement à 200 meq.l<sup>-1</sup> NaCl, que la variété Djadida

inscrive le plus faibles taux de la teneur en eau foliaire de 79.34% et moins faible chez la variété Filet jeton.



**Fig.4-** Teneur en eau (%) après une semaine de stress au  $NaCl$  dans les racines des jeunes plantes des deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* L. cultivées en l'absence de bentonite.

De légères différences sont notées pour la sensibilité au sel dans le maintien d'un état hydrique optimal dans les racines des deux variétés. On note que les racines maintiennent leur état hydrique pour le traitement salin de 100 meq.l<sup>-2</sup> avec des teneurs en eau 84.92% pour Djadida et 85.65 pour Filet jeton contre 85.18% et 84.94% inscrites pour les racines des plantes témoins. Ainsi, essentiellement au niveau du traitement amendé par 200 meq.l<sup>-1</sup> NaCl, que les plantes inscrivent les plus faibles taux de la teneur en eau racinaire avec des niveaux respectifs de 79.89% et 78.98% chez Djadida et Filet jeton.

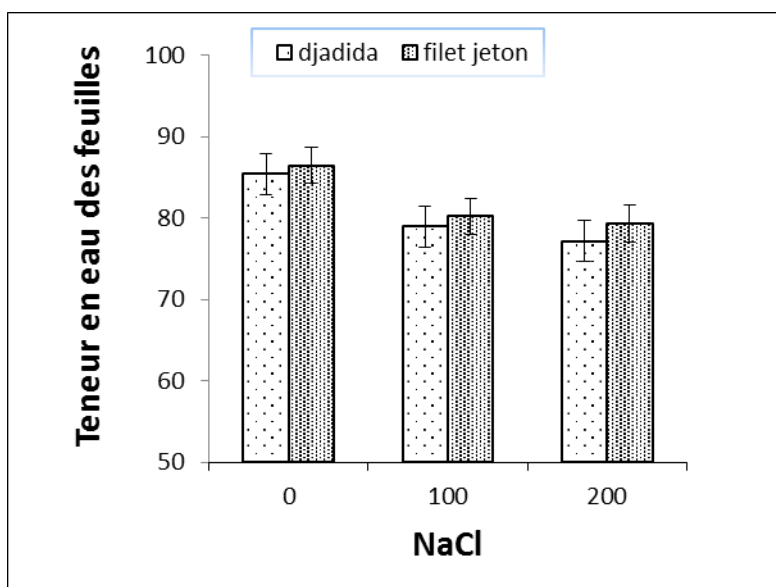
L'analyse de la variance (**Tableau7**) des teneurs en eau des deux variétés, montre une différence statistique hautement significative, pour les feuilles à différents traitements salins par rapport aux feuilles des plantes témoins. Par contre les racines des plantes stressées ne révèlent aucune différence statiquement significative pour le contenu racinaire des deux variétés sous les différents traitements.

**Tableau 8-** Test statistique de signification de Fisher (P= 5%) des teneurs en eau des feuilles et des racines de *Phaseolus vulgaris* L. stressées pendant une semaine à la salinité et cultivées dans des substrats sableux sans traitement à la bentonite.

	Témoin		100 meq		200 meq	
	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines
Djadida	85.10±3.10	85.18±1.9*	80.34±4.86*	84.92±0.45*	79.34±0.88*	79.89±0.95*
Filet jeton	85.62±3.46	84.95±3.02*	81.92±2.35*	85.65±4.73**	80.63±4.10*	78.98±6.38**

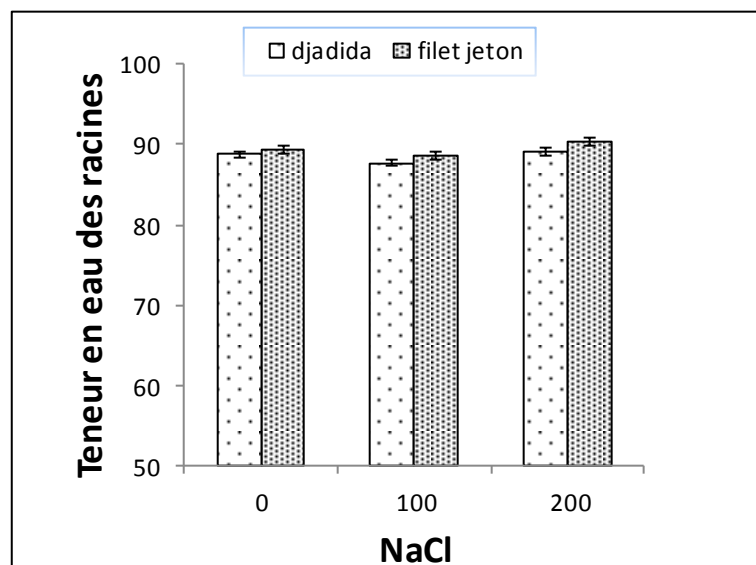
- **5% de bentonite**

Les résultats montrent que la teneur en eau des feuilles des deux variétés, diminue significativement dans les plantes traitées à la salinité avec des valeurs atteignant jusqu'à 77.13% pour Djadida et 79.31% pour Filet jeton, lorsqu'elles reçoivent une solution salines de 200 meq.l<sup>-1</sup>. Néanmoins la teneur en eau est nettement supérieure dans les feuilles des plantes non stressées des deux variétés respectivement de 85.42% et 86.46%.



**Fig.5** - Teneur en eau (%) après une semaine de stress au *NaCl* dans les feuilles des jeunes plantes des deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* L. cultivées à 5% de bentonite.

Par contre la réserve en eau est très élevée dans les racines des plantes cultivées dans les substrats à 5% de bentonite. De fortes teneurs en eau sont enregistrées dans les substrats sans sel avec une moyenne de 88.78% chez djadida et 89.32% chez filet jeton. A l'opposé, sous le traitement à 100 meq.l<sup>-1</sup> on enregistre une faible diminution de la TRE chez les deux variétés avec des valeurs respectives de 87.72% et 88.52%. Tandis que à la concentration 200 meq.l<sup>-1</sup>, on note une légère élévation des taux de la TRE avec 89.10% chez Djadida et 90.25% chez Filet jeton.



**Fig.6** - Teneur en eau (%) après une semaine de stress au *NaCl* dans les racines des jeunes plantes de deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* L. cultivées à 5% de bentonite.

Comparativement aux substrats sans traitement à la bentonite la teneur en eau des feuilles et des racines est plus élevée dans les substrats à 5% de bentonite. En effet la plus forte teneur est enregistrée dans les racines des plantes soumises à 200 meq.l<sup>-1</sup>.

L'analyse statistique montre des différences statistiquement significatives de la teneur en eau des feuilles et des racines des deux variétés entre les plantes témoins et celles soumises au stress salin.

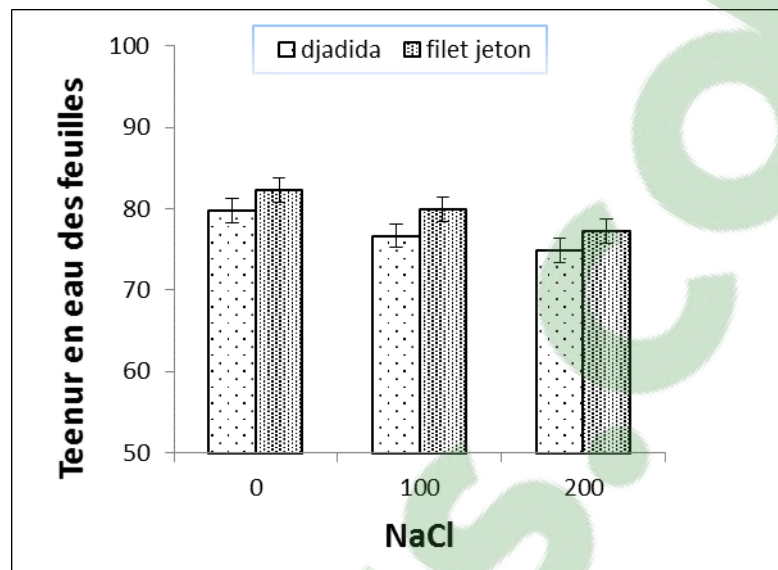
**Tableau9** - Test statistique de signification de Fisher (P= 5%) des teneurs en eau des feuilles et des racines de *Phaseolus vulgaris* L. stressées pendant une semaine à la salinité et cultivées dans des substrats sableux amendé à 5% la bentonite.

	Témoin		100 meq		200 meq	
	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines
Djadida	85.42±1.45	88.78±0.81*	78.97±2.20*	87.72±1.85*	77.13±1.95*	89.10±0.88*
Filet jeton	86.46±2.51	89.32±1.06*	80.23±3.71*	88.52±2.64*	79.31±2.31*	90.25±1.09*

- **10% de bentonite**

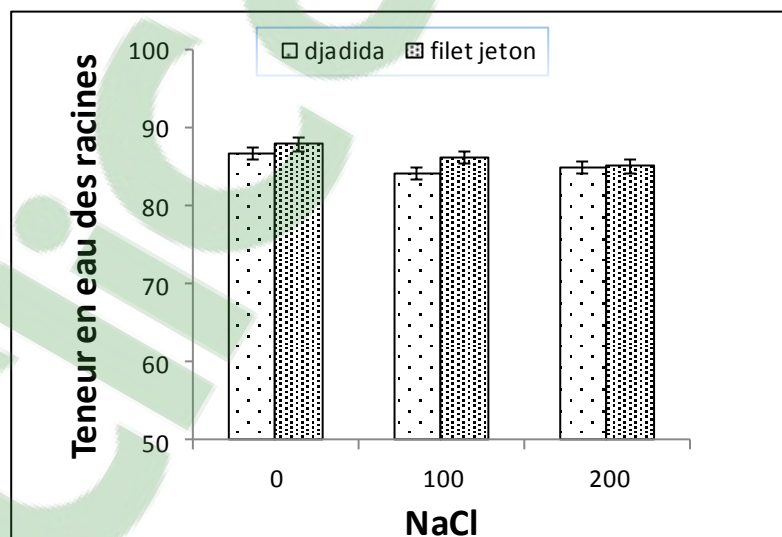
Les résultats obtenus indiquent une nette diminution de la teneur des feuilles de la variété Djadida ainsi que la variété Filet jeton cette diminution de la teneur en eau a été remarqué pour les plantes cultivées sur substrat amendé à 10% de bentonite, les valeurs enregistrées de la TRE passent de 79.76% pour Djadida et 82.32% pour Filet jeton des

plantes témoins jusqu'à 74.84% pour Djadida et 77.17% pour Filet jeton, sous la concentration de 200 meq.l<sup>-1</sup>



**Fig.7** - Teneur en eau (%) après une semaine de stress au *NaCl* dans les feuilles des jeunes plantes des deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* L. cultivées à 10% de bentonite.

En ce qui concerne la teneur relative en eau des racines des deux variétés, les valeurs enregistrés des taux de réduction passant de 86.68% chez Djadida et 87.95% chez Filet jeton pour les plantes témoins pour atteindre des valeurs respectives de 84.87% et 85.10% sous le traitement de 200meq.l<sup>-1</sup>.



**Fig.8** - Teneur en eau (%) après une semaine de stress au *NaCl* dans les racines des jeunes plantes de deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* L. cultivées à 10% de bentonite.

L'analyse statistique révèle l'influence de la salinité avec une diminution des taux de la TRE quelle que soit la concentration en *NaCl* au niveau des deux variétés.

**Tableau 10-** Test statistique de signification de Fisher (P= 5%) des teneurs en eau des feuilles et des racines de *Phaseolus vulgaris* L. stressées pendant une semaine à la salinité et cultivées dans des substrats sableux amendé à 10% la bentonite.

	Témoïn		100 meq		200 meq	
	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines
Djadida	79.76±1.84	86.68±1.66*	76.62±0.68*	84.17±0.67*	74.84±1.14*	84.87±1.98*
Filet jeton	82.32±0.94	87.95±1.17*	79.87±2.42*	86.23±2.57*	77.17±1.24*	85.10±2.18*



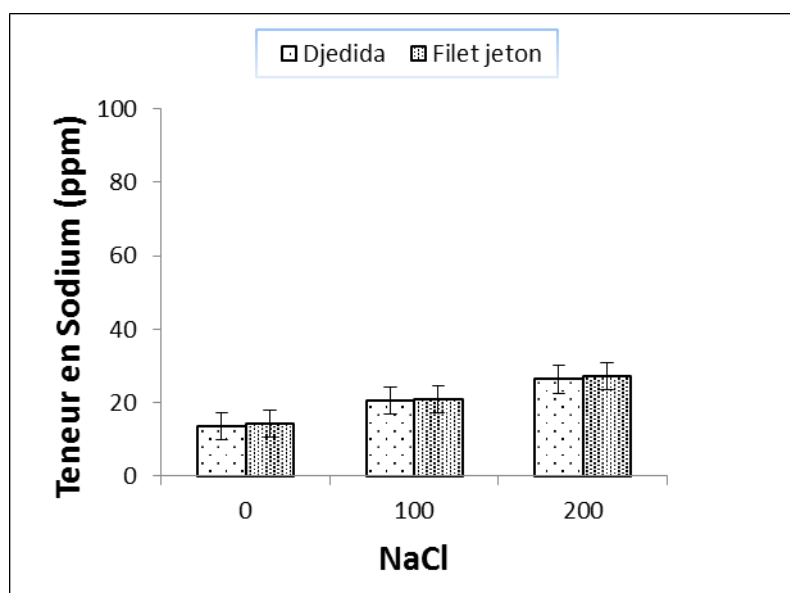
## II- CARACTERISTIQUES MINERALES

### 1- Teneur en sodium

- Sans traitement à la bentonite

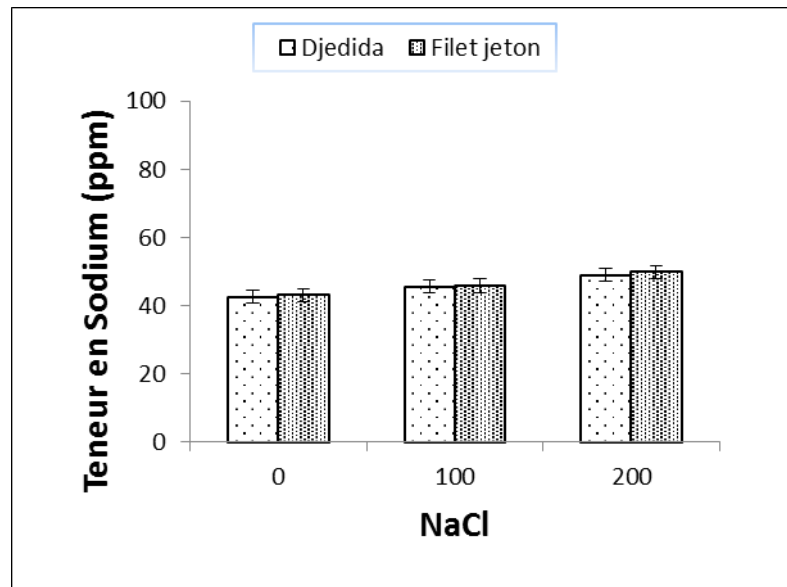
D'une manière générale, l'addition du  $NaCl$  dans la solution d'irrigation charge nettement les feuilles des deux variétés en sodium. Dans le traitement témoin, enregistre un taux de sodium très faible de 13.52 ppm pour la variété Djadida et 14.21 ppm pour Filet jeton, l'accumulation de l'ion Na dans les feuilles des deux variétés augmente proportionnellement avec la dose de la solution. Les valeurs augmentent respectivement à 20.57 ppm et 20.89 ppm pour  $100 \text{ meq.l}^{-1}$  passant à 26.32 ppm et 27.11 ppm lorsque la concentration saline double.

Les feuilles de la variété Djadida manifestent presque le même comportement que celles de la variété Filet jeton avec une petite différence à la concentration  $200 \text{ meq.l}^{-1}$ .



**Fig.9** - Teneur en sodium après une semaine de stress au  $NaCl$  dans les feuilles des jeunes plantes de deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* L. cultivées en l'absence de bentonite.

Par contre les racines des deux variétés souscrivent des teneurs en sodium élevées dans le traitement témoin soit 42.58 ppm pour Djadida et 43.16 ppm pour Filet jeton. Cette teneur augmente légèrement dans les deux variétés jusqu'à 45.68 ppm et 45.88 ppm en présence de  $100 \text{ meq.l}^{-1}$  puis atteinte 49.10 ppm et 49.87 ppm lorsque la concentration en  $NaCl$  devient  $200 \text{ meq.l}^{-1}$



**Fig.10** - Teneur en sodium après une semaine de stress au *NaCl* dans les racines des jeunes plantes de deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* L. cultivées en l'absence de bentonite.

On note que la teneur en sodium dans les racines reste plus élevée que celle des feuilles dans le substrat sans bentonite.

L'analyse statistique nous a permis de signaler des variations hautement significatives ( $p=0.000$ ) pour l'accumulation foliaire et racinaire des deux variétés entre le traitement témoin et les deux autres traitements salins.

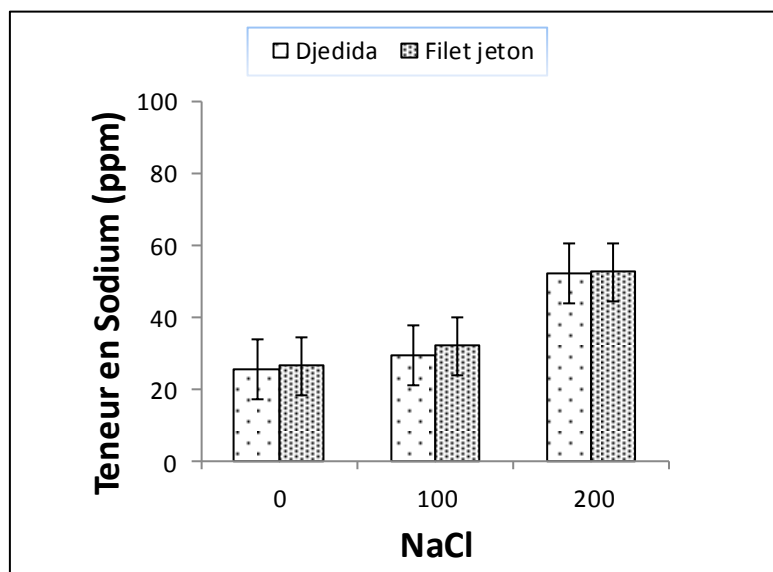
**Tableau 11** - Test statistique de signification de Fisher ( $P= 5\%$ ) des teneurs en Na des feuilles et des racines de deux variétés de *Phaseolus vulgaris* L. stressées pendant une semaine à la salinité et cultivées dans des substrats sableux sans traitement à la bentonite.

	Témoin		100 meq		200 meq	
	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines
Djadida	13.52±1.15	42.58±1.04*	20.57±0.68*	45.68±3.32*	26.32±3.26**	49.10±2.08**
Filet jeton	14.21±2.35	43.16±1.65*	20.89±2.42*	45.88±2.51*	27.11±1.25**	49.87±3.50**

- **5% de bentonite**

Dans le substrat traité par la bentonite à 5%, les teneurs obtenues en sodium dans les feuilles des plantes deviennent plus élevées comparativement au substrat sans bentonite. En effet, ces substrats enregistrent une teneur en sodium de 25.42 ppm dans les feuilles de la variété Djadida et 26.25 ppm pour filet jeton qui sont arrosées avec de l'eau déminéralisée. Cette teneur passe dans les deux variétés respectivement à 29.31 ppm et 31.87 ppm pour la

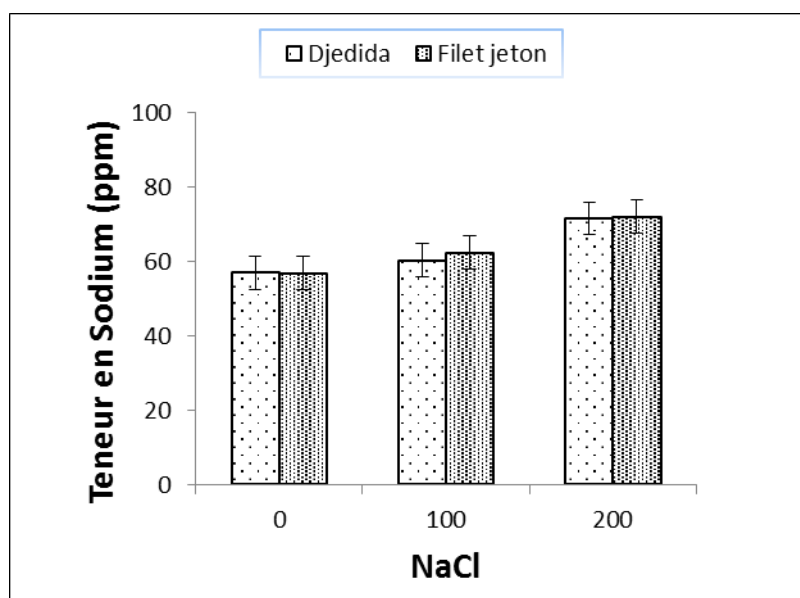
concentration de  $100 \text{ meq.l}^{-1}$  et jusqu'à  $52.26 \text{ ppm}$  pour Djadida et  $52.46 \text{ ppm}$  pour Filet jeton.



**Fig.11** - Teneur en sodium après une semaine de stress au  $\text{NaCl}$  dans les feuilles des jeunes plantes de deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* L. cultivées à 5% de bentonite.

D'après les résultats et comparativement au substrat sans bentonite, une augmentation intéressante a été remarquée pour les teneurs en sodium dans les racines des deux variétés, soit  $60.25 \text{ ppm}$  chez Djadida et  $62.35 \text{ ppm}$  chez Filet jeton à la dose saline de  $100 \text{ meq.l}^{-1}$  et à  $200 \text{ meq.l}^{-1}$  enregistre respectivement  $71.58 \text{ ppm}$  et  $72.01 \text{ ppm}$ .

Les racines présentent les teneurs les plus élevées en sodium pour les traitements salins 100,  $200 \text{ meq.l}^{-1}$  contre des teneurs moins importantes chez le témoin.



**Fig.12** - Teneur en sodium après une semaine de stress au  $\text{NaCl}$  dans les racines des jeunes plantes de deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* L. cultivées à 5% de bentonite

Les niveaux de stress salin appliqués ont induit une augmentation considérable des teneurs en sodium chez les feuilles, qui semblent très sensibles à la combinaison sel bentonite et le test statistique nous à permet de résoudre une différence statistique significative par rapport aux feuilles des plantes non stressé. Les racines des plantes qui reçoit 100meq.l-1 ne présentent aucune différence statistique par apport aux racines des témoins, par contre les racines de deuxième traitements affiche une variabilité significative (P=0.001).

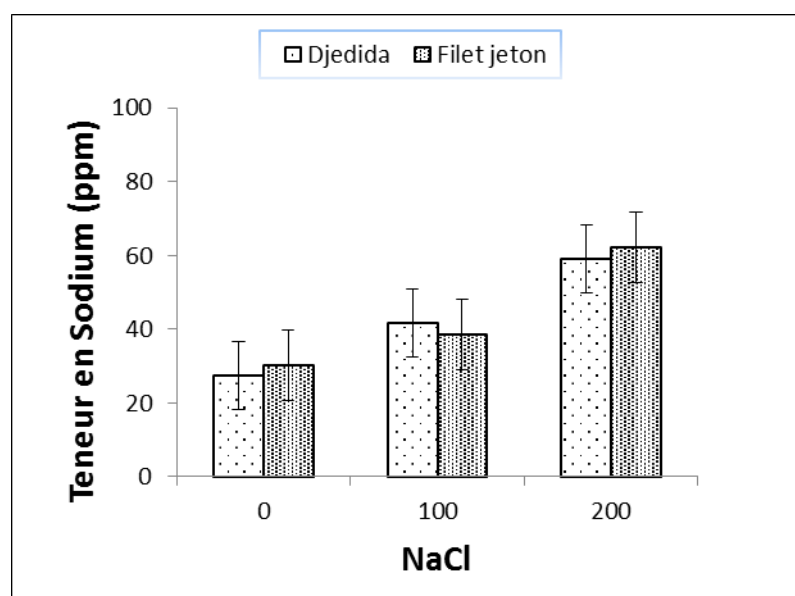
**Tableau 12** - Test statistique de signification de Fisher (P= 5%) des teneurs en Na des feuilles et des racines de deux variétés de *Phaseolus vulgaris* L . stressées pendant une semaine à la salinité et cultivées dans des substrats sableux amendés à 5% de bentonite.

	Témoin		100 meq		200 meq	
	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines
Djadida	25.42±4.49	56.94±4.69*	29.31±6.25*	60.25±8.03	52.26±8.87*	71.58±7.14*
Filet jeton	26.25±5.09	56.74±5.15	31.87±6.19*	62.35±8.76	52.46±9.21*	72.01±6.84*

- **à 10% de bentonite.**

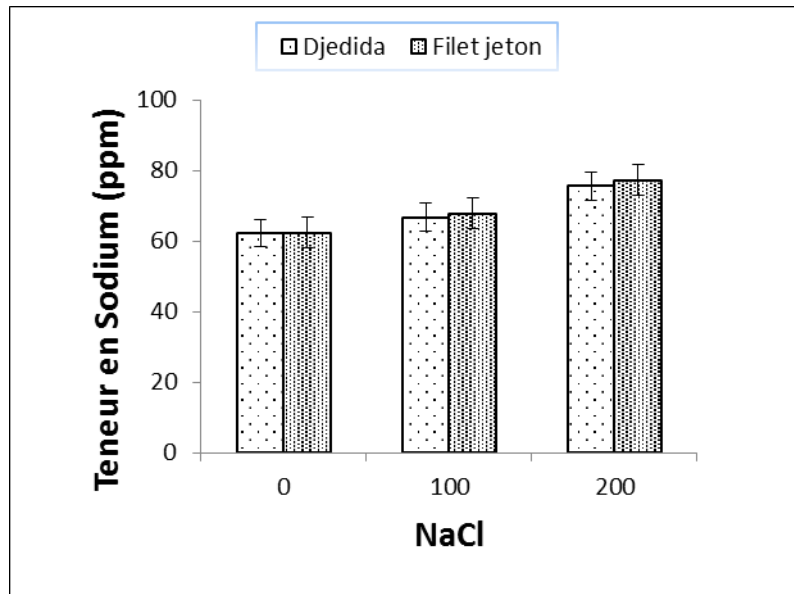
D'après les résultats mentionnés (Fig. ) l'augmentation du taux d'accumulation du sodium dans les feuilles est très conséquent dans les deux variétés à 200 meq.l<sup>-1</sup> de salinité avec des valeurs les plus élevées soit 59.22 ppm pour Djadida et 62.18 ppm pour Filet jeton.

Pour la concentration saline de 100 meq.l<sup>-1</sup> ou les valeurs de la teneur en sodium est de 41.54 ppm our Djadida et de 38.70 ppm poud Filet jeton. Ces augmentation sont dues essentiellement à l'effet combiné de la présence de la bentonite d'une part et les concentrations salines appliquées aux plantes d'autre part.



**Fig.13** - Teneur en sodium après une semaine de stress au  $NaCl$  dans les feuilles des jeunes plantes de deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* L. cultivées à 10% de bentonite

D'après les résultats obtenus dans les substrats à 10% de bentonite, nous constatons que les teneurs en sodium dans les racines sont les plus élevées comparativement à celles enregistrées chez les feuilles ; ceci est valable pour les plantes non stressées et celles soumises à des concentrations salines. Les teneurs enregistrés pour le traitement  $100\text{ meq.l}^{-1}$  est de  $66.72\text{ ppm}$  pour Djadida et  $67.82\text{ ppm}$  pour Filet jeton. Tandis que pour le traitement salines de  $200\text{ meq.l}^{-1}$  ; une accumulation considérable en  $Na^+$  est enregistrée dans les racines des deux variétés avec  $75.60\text{ ppm}$  pour Djadida et  $77.29\text{ ppm}$  pour Filet jeton. Ce qui explique bien la variabilité de la teneur du sodium dans les racines des plantes exposées au deux variables salinité et bentonite.



**Fig. 14-** Teneur en sodium après une semaine de stress au  $NaCl$  dans les racines des jeunes plantes de deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* L. cultivées à 10% de bentonite

Les teneurs en sodium dans les deux organes des deux variétés, sont les plus élevées comparativement aux autres traitements précédents à la bentonite ; ceci est valable pour les plantes non stressées et les deux doses salines de  $100$  et  $200\text{ meq.l}^{-1}$ , de plus dans les racines, le sodium augmente beaucoup plus que dans les feuilles. Il ressort de cette expérimentation une différence du comportement de la variété Djadida qui accumule du sodium moins que la variété Filet jeton.

L'analyse de la variance révèle clairement que les teneurs en sodium chez les feuilles ainsi que chez les racines, progressent significativement à la hausse de la salinité.

**Tableau 13** - Test statistique de signification de Fisher ( $P= 5\%$ ) des teneurs en Na des feuilles et des racines de deux variétés de *Phaseolus vulgaris* L. stressées pendant une semaine à la salinité et cultivées dans des substrats sableux amendés à 10% de bentonite.

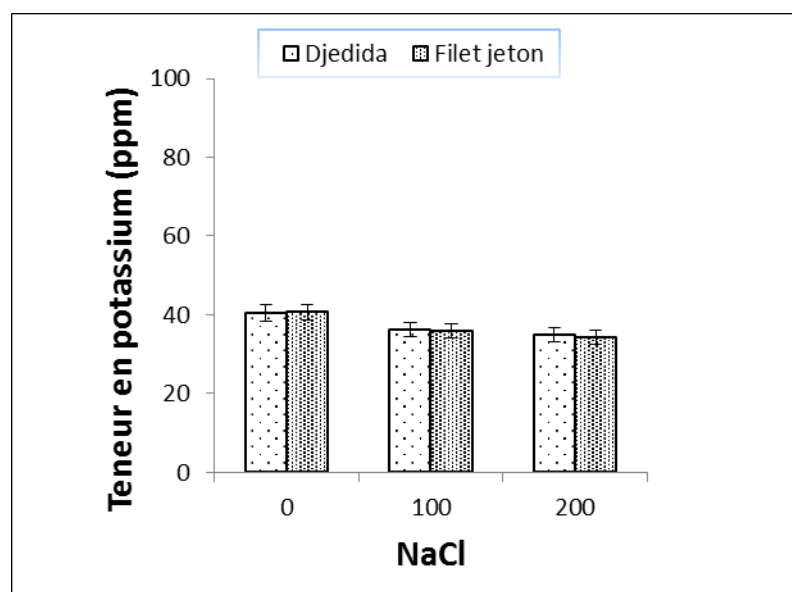
	Témoin		100 meq		200 meq	
	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines
Djadida	27.32±5.87	62.26±6.85*	41.54±8.60*	66.72±9.23**	59.22±7.95*	75.60±8.76
Filet jeton	30.12±5.32	62.35±7.41	38.70±8.18*	67.82±9.01**	62.18±8.65*	77.29±8.85

## II- Teneur en potassium

### • Sans traitement à la bentonite

Les traitements salins appliqués ont eu un impact distinct sur la teneur en potassium des feuilles des deux variétés du haricot (fig). Les feuilles des plantes issues du traitement témoin accumulent 40.51ppm pour Djadida et 40.66 pour Filet jeton ppm.

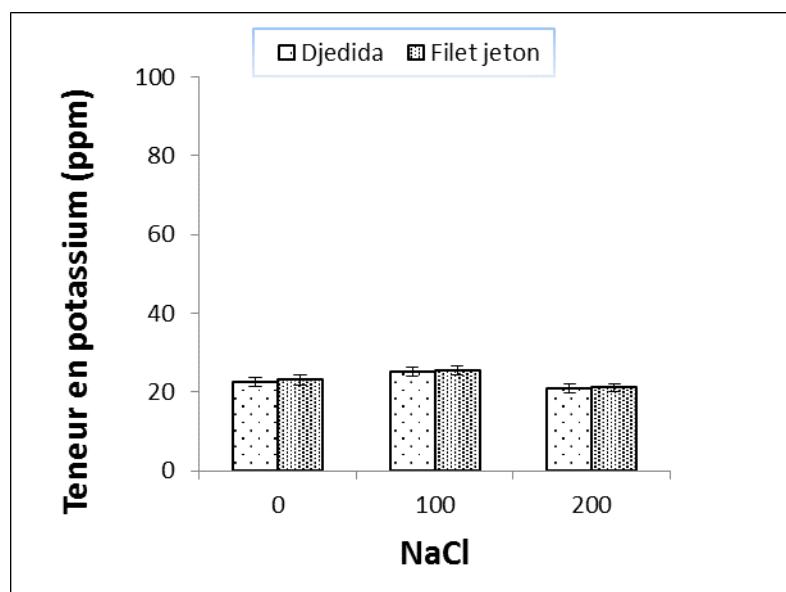
L'apport du  $NaCl$  a eu un impact négatif sur le contenu des plantes en potassium qui diminue significativement ; sous 100 meq.l<sup>-1</sup> soit respectivement 36.33 ppm et 35.92 ppm et sous 200 meq.l<sup>-1</sup>, soit 34.87 ppm pour Djadida et 34.25 ppm pour Filet jeton.



**Fig. 15-** Teneur en potassium après une semaine de stress au  $NaCl$  dans les feuilles des jeunes plantes de deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* L. cultivées en l'absence de bentonite

La teneur racinaire en potassium chez les deux variétés augmente significativement et atteinte 25.12 ppm pour Djadida et 25.48 ppm pour Filet jeton en présence de  $NaCl$  à 100 meq.l<sup>-1</sup>, puis chute jusqu'à 20.98 ppm pour Djadida et 21.15 ppm pour Filet jeton lorsque la

concentration double. Par contre dans le témoin, la charge racinaire est respectivement de 22.68 ppm et 23.05 ppm.



**Fig.16** - Teneur en potassium après une semaine de stress au *NaCl* dans les racines des jeunes plantes de deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* L. cultivées en l'absence de bentonite.

A travers le traitement statistique du **Tableau 13**, il est constaté qu'il existe un effet significatif de la salinité au *NaCl* sur la teneur en potassium des deux variétés ; cet effet est significatif pour la concentration 100 meq.l<sup>-1</sup> et se traduit par une augmentation de la teneur en ce cation comparativement avec celles des plantes non stressé et sous concentration de 200 meq.l<sup>-1</sup>.

**Tableau 14-** Test statistique de signification de Fisher (P= 5%) des teneurs en k des feuilles et des racines de deux variétés de *Phaseolus vulgaris* L. stressées pendant une semaine à la salinité et cultivées en l'absence à la bentonite.

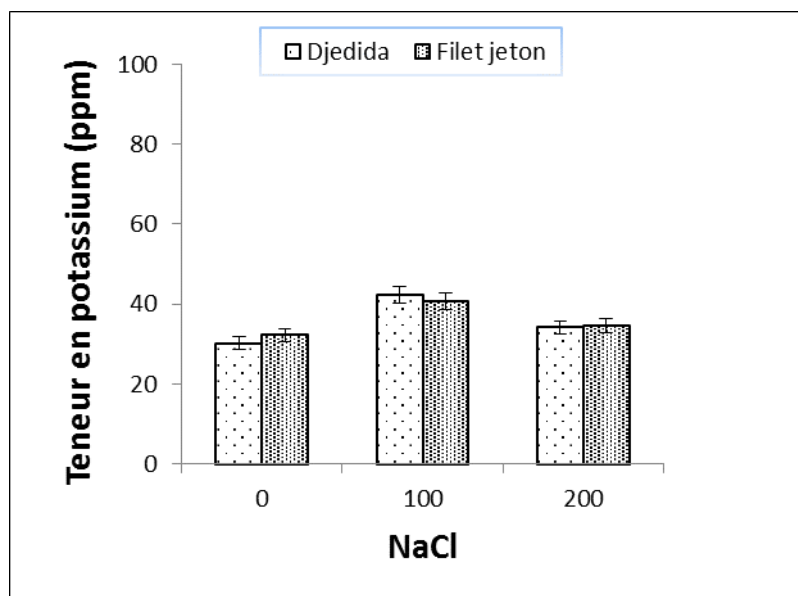
	Témoin		100 meq		200 meq	
	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines
Djadida	40.51±4.10	22.68±1.64	36.33±1.72*	25.12±1.52**	34.87±2.57**	20.98±1.28
Filet jeton	40.66±3.99	23.05±1.98	35.92±2.33*	25.48±2.63**	34.25±2.36**	21.15±1.04

• à 5% de bentonite

D'après les résultats obtenus dans les substrats à 5% et par rapport au sol sans amendement de bentonite, que la teneur foliaire en potassium chez la variété Djadida s'est accrue considérablement après l'addition du *NaCl* dans le milieu de culture, une tendance à la hausse en cet élément se manifeste par un taux de 42.24 ppm sous l'influence de la concentration 100 meq.l<sup>-1</sup>. La même tendance est observée chez la variété Filet jeton avec

une valeur inférieure à celle de Djadida. La charge foliaire en potassium s'élève jusqu'à 40.78 ppm dans le traitement 100 meq.l<sup>-1</sup>.

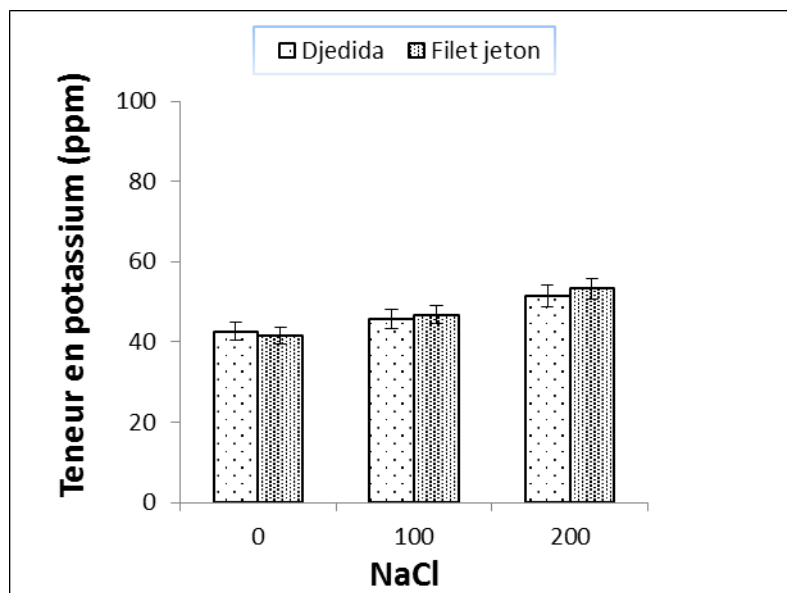
Par contre chez les plantes non stressées et celles qui soumises à 200 meq.l<sup>-1</sup> de concentration saline, la teneur reste toutefois basse avec des taux de 30.22 ppm et 34.17 ppm chez la variété Djadida et de 32.24 ppm et 34.55 ppm pour la variété Filet jeton.



**Fig.17** - Teneur en potassium après une semaine de stress au *NaCl* dans les feuilles des jeunes plantes de deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* L. cultivées à 5% de bentonite.

Nous constatons que l'accumulation de potassium dans les racines augmente quel que soit le traitement salin. Sa teneur reste toutefois basse chez les plantes non stressées chez les deux variétés.

Pour la plante témoin chez la variété Djadida, la teneur en potassium est de 42.66 ppm et de 41.69 ppm pour la variété Filet jeton. Cette teneur augmente jusqu'à 45.74 ppm pour la dose 100 meq.l<sup>-1</sup> chez Djadida et de 46.80 ppm chez filet jeton, contre une teneur de 51.48 ppm chez la variété Djadida et 53.27 ppm chez Filet jeton pour la concentration saline de 200 meq.l<sup>-1</sup>.





**Fig.18** - Teneur en potassium après une semaine de stress au *NaCl* dans les racines des jeunes plantes de deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* L. cultivées à 5% de bentonite.

L'analyse de la variance montre une différence significative supérieure pour les feuilles et les racines de plantes stressées à celle des témoins.

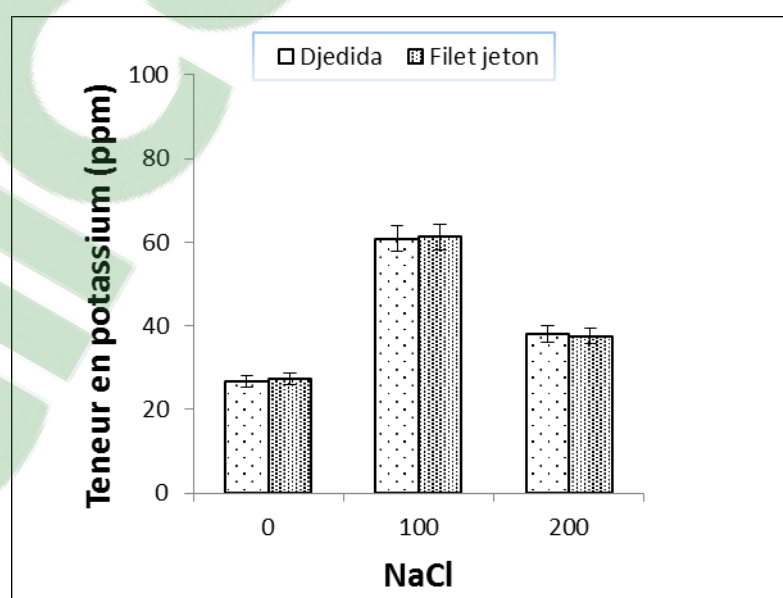
**Tableau 15-** Test statistique de signification de Fisher (P= 5%) des teneurs en K des feuilles et des racines de deux variétés de *Phaseolus vulgaris* L. stressées pendant une semaine à la salinité et cultivées dans des substrats sableux amendés à 5% de bentonite.

	Témoin		100 meq		200 meq	
	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines
Djadida	30.22±5.52	42.66±4.87	42.24±5.46*	45.74±6.69*	34.17±4.54*	51.48±7.23*
Filet jeton	32.24±4.38	41.69±4.61	40.78±6.20*	46.80±6.54*	34.55±3.96*	53.27±7.35*

- **à 10% de bentonite**

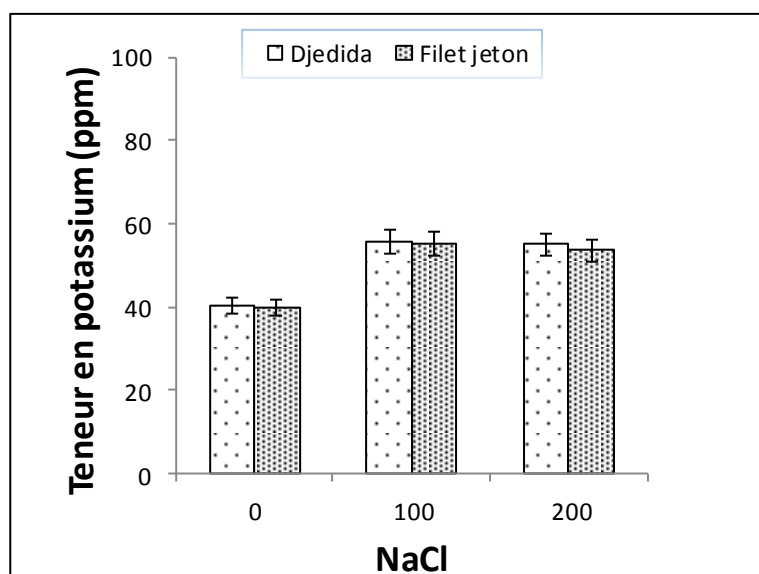
La forte dose d'argile engendre une diminution du taux de potassium chez les feuilles des plantes témoins des deux variétés par rapport à l'autre dose de 5% de bentonite. Cette teneur augmente significativement dans les feuilles des deux variétés sous l'influence de concentration saline de 100 meq.l<sup>-1</sup>; et les taux sont de l'ordre de 60.86 ppm chez Djadida et de 61.35 ppm chez Filet jeton.

Sous l'effet d'une concentration saline de 200 meq.l<sup>-1</sup>; les teneurs en ce cation sont diminuées dans les feuilles des deux variétés avec des taux de 38.06 ppm pour Djadida et 37.51 ppm chez Filet jeton.



**Fig.19** - Teneur en potassium après une semaine de stress au *NaCl* dans les feuilles des jeunes plantes de deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* L. cultivées à 10% de bentonite.

Par contre et comparativement au substrat à 5% de bentonite, le potassium augmente dans les racines des deux variétés quel que soit le traitement salin. Sa teneur reste toutefois plus basse chez les plantes stressées 40.31 ppm contre 55.81 ppm pour la dose de 100 meq.l<sup>-1</sup> chez la variété Djadida et de 39.96 ppm contre 55.20 ppm pour la même dose chez la variété Filet jeton ; néanmoins, l'accumulation du potassium diminuent sensiblement à 200 meq.l<sup>-1</sup> avec des taux de 54.98 ppm chez Djadida et de 53.70 ppm chez Filet jeton. Cette diminution du potassium s'explique par la forte absorption qui s'est produit dans la plante à la concentration saline de 100 meq.l<sup>-1</sup>.



**Fig.20** - Teneur en potassium après une semaine de stress au *NaCl* dans les racines des jeunes plantes de deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* L. cultivées à 10% de bentonite.

L'amendement de 10% de bentonite aux substrats de culture et avec l'enrichissement des solutions d'irrigations par le *NaCl* cause une évolution statistiquement significatives pour la teneur en potassium dans les feuilles et les racines des deux variétés avec celles des plantes non stressées. Ce qui explique bien l'effet de la salinité sur la nutrition minérale en potassium.

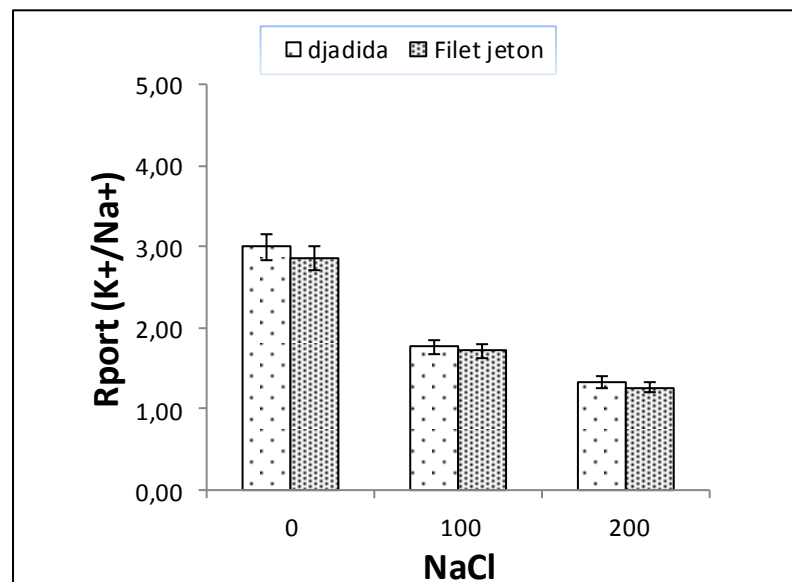
**Tableau 16-** Test statistique de signification de Fisher (P= 5%) des teneurs en k des feuilles et des racines de deux variétés de *Phaseolus vulgaris* L. stressées pendant une semaine à la salinité et cultivées dans des substrats sableux amendés à 10% de bentonite.

	Témoin		100 meq		200 meq	
	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines
Djadida	26.76±8.24	40.31±7.57	60.86±4.36*	55.81±8.92*	38.06±8.43*	54.98±8.15*
Filetjeton	27.48±9.62	39.96±6.72	61.35±5.34*	55.20±9.52*	37.51±8.69*	53.70±8.06*

### III- Etude du ratio $K^+/Na^+$

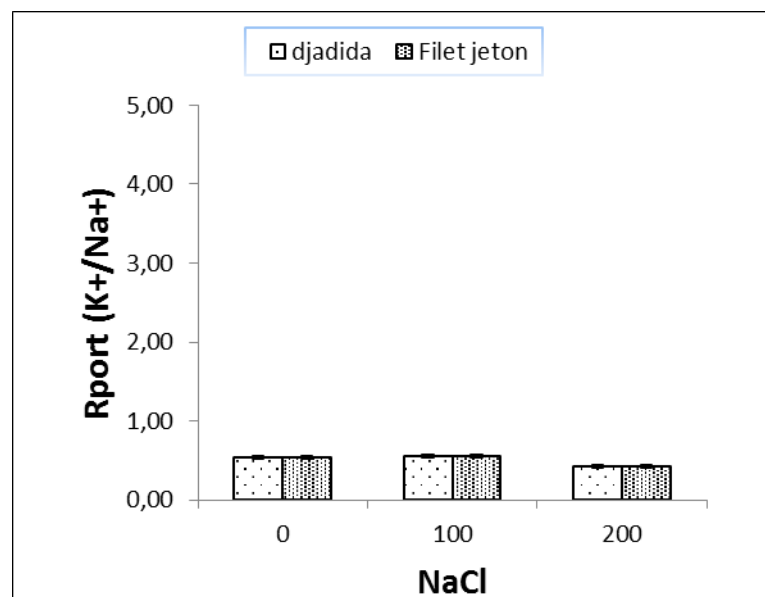
- Sans traitement à la bentonite

L'examen de la figure montre que le ratio  $K^+/Na^+$  chez les deux variétés chute rapidement lorsque les plantes reçoivent la solution saline à  $100 \text{ meq.l}^{-1}$ , puis se poursuit avec le doublement de cette concentration et le ratio étudié diminue d'une manière significative.



**Fig.21** – Rapport potassium/sodium après une semaine de stress au *NaCl* dans les feuilles des jeunes plantes de deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* L. cultivées en l'absence de bentonite.

Ce rapport augmente légèrement chez les racines des deux variétés lorsque les plantes reçoivent la solution saline à  $100 \text{ meq.l}^{-1}$ , il chute rapidement dès que la concentration en sels double.



**Fig.22**– Rapport potassium/sodium après une semaine de stress au *NaCl* dans les racines des jeunes plantes de deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* L. cultivées en l'absence de bentonite.

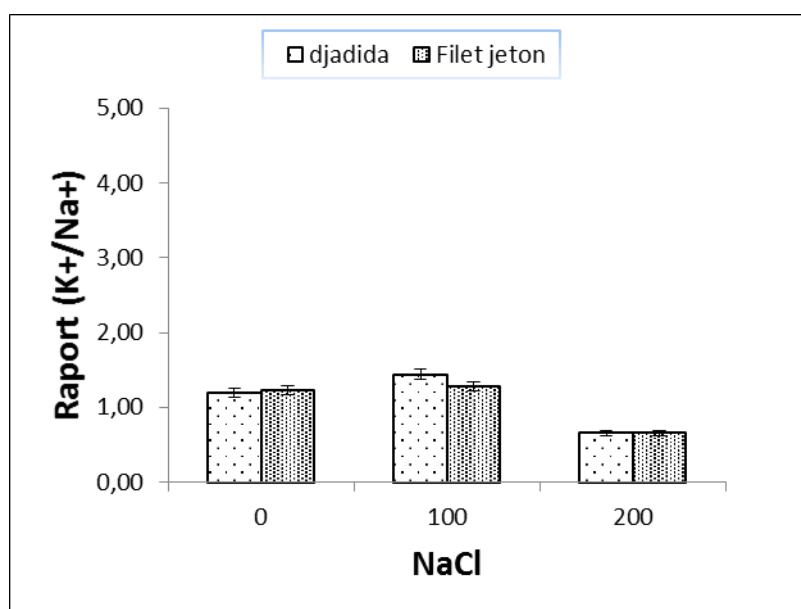
Le test de Fihser montre une variation statistiquement significative pour les feuilles des deux variétés stressées à 100 meq.l<sup>-1</sup> et à 200 meq.l<sup>-1</sup>, par contre chez les racines la seule différence significative de point de vue statistique elle est repérée chez les racines des plantes stressées à 200 meq.l<sup>-1</sup>.

**Tableau 17**- Test statistique de signification de Fisher (P= 5%) du rapport K/Na des feuilles et des racines de deux variétés de *Phaseolus vulgaris* L. stressées pendant une semaine à la salinité et cultivées en l'absence de la bentonite.

	Témoin		100 meq		200 meq	
	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines
Djadida	3.00	0.53	1.77*	0.55	1.32*	0.43*
Filet jeton	2.86	0.53	1.72*	0.56	1.26*	0.42*

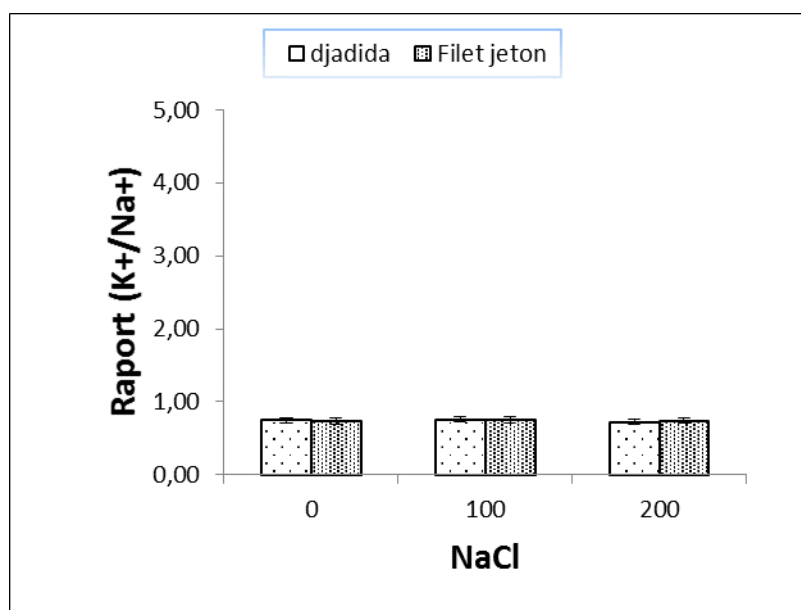
- **à 5% de bentonite**

La figure fait ressortir que le ratio K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> évolue chez les feuilles des deux variétés avec l'élévation de la concentration saline dans le milieu arrosé par 100 meq.l<sup>-1</sup>, puis il chute significativement avec le doublement de la dose saline.



**Fig.23** – Rapport potassium/sodium après une semaine de stress au *NaCl* dans les feuilles des jeunes plantes de deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* L. cultivées à 5% de bentonite.

Contrairement aux feuilles le ratio  $K^+/Na^+$  la tendance est observée chez les racines des deux variétés qui ont enregistré des valeurs presque identiques dans le témoin et les différents traitements salins.



**Fig. 24**– Rapport potassium/sodium après une semaine de stress au *NaCl* dans les racines des jeunes plantes de deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* L. cultivées à 5% de bentonite.

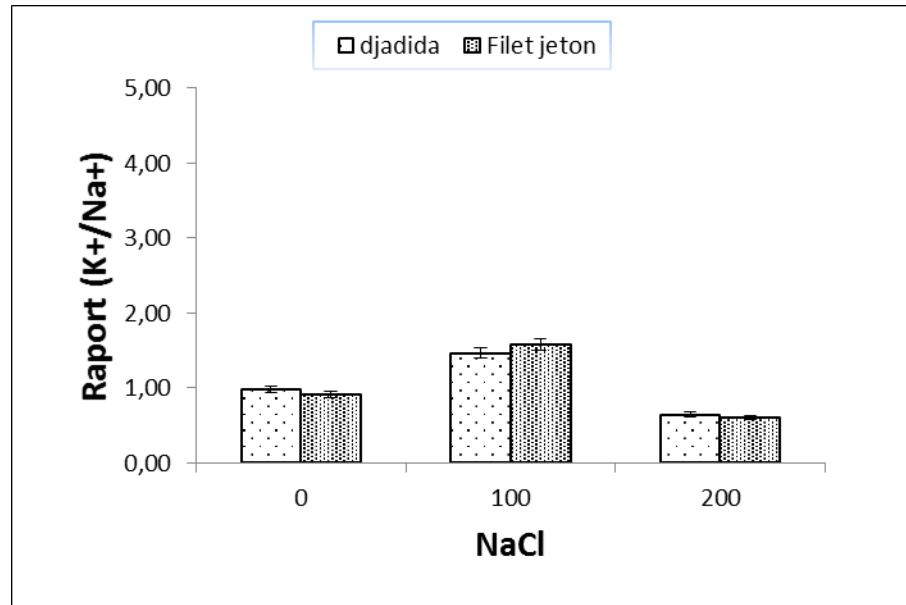
Le test statistique ne révèle aucune différence significative comparativement aux plantes non stressées, contrairement aux racines la différence elle est hautement significative pour les feuilles pour les valeurs ratio enregistrées chez les feuilles des deux variétés.

**Tableau 18** - Test statistique de signification de Fisher (P= 5%) du rapport K/Na des feuilles et des racines de deux variétés de *Phaseolus vulgaris* L. stressées pendant une semaine à la salinité et cultivées à 5% de bentonite.

	Témoin		100 meq		200 meq	
	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines
Djadida	1.19	0.75	1.44*	0.76	0.65*	0.72
Filet jeton	1.23	0.73	1.28*	0.75	0.66*	0.74

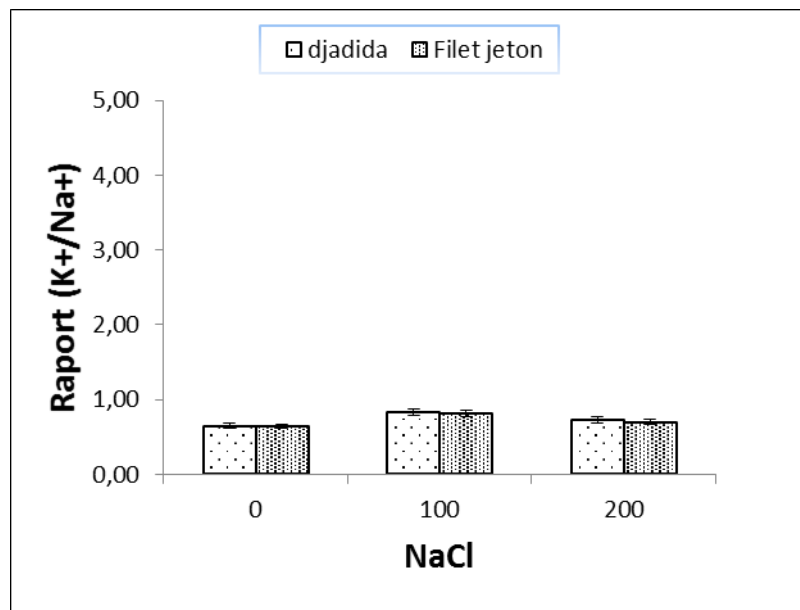
- **à 10% de bentonite**

La figure illustre que le ratio  $K^+/Na^+$  chez les feuilles des deux variétés évolue à la hausse sous l'effet combinée de cette dose de bentonite avec la solution saline de 100 meq.l<sup>-1</sup>, puis il chute significativement lorsque la concentration devient 200 meq.l<sup>-1</sup>



**Fig. 25**– Rapport potassium/sodium après une semaine de stress au *NaCl* dans les feuilles des jeunes plantes de deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* L. cultivées à 10% de bentonite.

Le même comportement est signalé chez les racines des deux variétés qui enregistrent une légère augmentation dans le traitement salin de 100 meq.l<sup>-1</sup>, puis il chute significativement dans le deuxième traitement salin.



**Fig. 26**– Rapport potassium/sodium après une semaine de stress au *NaCl* dans les racines des jeunes plantes de deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* L. cultivées à 10% de bentonite.

L'étude statistique au seuil de  $P=5\%$  montre une variation statistiquement significative pour ce paramètre dans l'ensemble des traitements.

**Tableau 19-** Test statistique de signification de Fisher ( $P= 5\%$ ) du rapport K/Na des feuilles et des racines de deux variétés de *Phaseolus vulgaris* L. stressées pendant une semaine à la salinité et cultivées à 10% de bentonite.

	Témoin		100 meq		200 meq	
	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines	Feuilles	Racines
Djadida	0.98	0.65	1.47*	0.84*	0.64*	0.73*
Filet jeton	0.91	0.64	1.59*	0.81*	0.60*	0.69*

# CHAPITRE IV

## DISCUSSION ET CONCLUSION

### GENERALES



## DISCUSSIONS ET CONCLUSION GENERALE

Les comportements physiologiques et nutritionnels des plantes sont limités par différentes conditions environnementales dans lesquelles elles se développent (PUGNAIRE et VALLADARES, 2007). L'une de ces conditions est la salinité des sols, un des problèmes agricoles les plus importants sous les conditions climatiques arides et semi-arides dans le monde (TURAN et SEZEN, 2007).

A la lumière des résultats obtenus dans ce travail sur l'effet combiné de la bentonite et de la salinités sur le bilan minéral de deux variétés d'une légumineuse alimentaire, le haricot (*Phaseolus vulgaris* L), nous a permis de relever les points essentiels suivants :

L'analyse de la teneur relative en eau (RWC) au niveau des feuilles est considérée comme une mesure reflétant l'activité métabolique des tissus végétaux (FLOWERS et LUDLOW, 1986 ; LACERDA et al, 2005) et permet le maintien d'une bonne osmorégulation et turgescence cellulaire (EL DJAAFARI, 1993).

La teneur en eau représente un indicateur physiologique intéressant pour l'estimation de l'état d'hydratation des plantes en fonction de la disponibilité de l'eau dans la rhizosphère et l'aptitude de ces plantes à l'absorber. En conséquence, tout déséquilibre dans la nutrition hydrique se manifeste souvent en taux de cette teneur qui semble être altérée en situations salines chez les deux variétés du haricot. Plus le stress s'intensifie et plus la teneur relative en eau chute avec des taux corrélés négativement et significativement avec la salinité soit pour la variété Djadida ( $r=-0.90^{**}$  et  $r=-93^{**}$ ) et pour Filet jeton ( $r=-89^{**}$  et  $r=-97^{**}$ ).

L'état hydrique de plantes cultivées dans des substrats à 5% de bentonite et en absence du stress salin semble être nettement amélioré, par contre une diminution significative de la teneur en eau est enregistrée quand les substrats de culture sont traités à 10 % de bentonite.

Les légumineuses offrent une variabilité du comportement dans la préservation de l'hydratation. En effet, *Phaseolus vulgaris* L présente une sensibilité aux sels pour le maintien de la teneur en eau mais l'addition de la bentonite dans les milieux de cultures a permis aux plantes de maintenir un certain niveau de leurs caractéristiques hydriques en présence de contrainte saline, à cet effet les plantes cultivées en présence de 5% de bentonite enregistrent les meilleures teneurs en eau dans les racines et semblent être faiblement corrélées avec la salinité par rapport aux autre doses appliquées ( $r=0.73^*$  et  $r=60$ ) pour Djadida et ( $r=-0.68^*$  et  $r=-0.55^*$ ) pour Filet jeton.

Une corrélation significative de la teneur en eau est enregistrée chez la variété Djadida et faiblement significative chez la variété Filet jeton au niveau des feuilles et des racines en présence de 10% de bentonite.

La combinaison salinité-bentonite affecte fortement la nutrition minérale de la plante (B.BOUIADJRA, 2008).

La nutrition minérale se trouve fortement affectée par la contrainte saline. D'une manière générale, l'addition du NaCl dans la solution d'irrigation charge clairement les organes des espèces testées en sodium et les teneurs en ce cation augmentent significativement.

Les valeurs inscrites des plantes non stressées dans les substrats traités à la bentonite sont très élevées dans les feuilles ( $r=0.92^{**}$ ) et les racines ( $r=0.93^{**}$ ) de la variété Djadida qui accumulent plus de sodium que celles de la variété Filet jeton soit pour les feuilles ( $r=0.82^{**}$ ) soit pour les racines ( $r=0.89^{**}$ ).

La salinité appliquée a provoqué une augmentation significative des teneurs en sodium dans les deux organes des deux variétés en l'absence de bentonite ( $r = 0,95^{**}$  et  $r = 0,97^{**}$ ) pour Djadida et ( $r=0.92^{**}$  et  $r=0.95^{**}$ ).

Les feuilles accumulent d'avantage le sodium sous l'effet combiné de la bentonite et de la salinité moins que les racines des deux variétés.

Les feuilles et racines des plantes cultivées dans les substrats à 10% de bentonite et stressées à 200meq.l<sup>-1</sup> accumulent des teneurs plus importantes que les plantes cultivées dans les substrats non traités à la bentonite ainsi que celles cultivés dans les substrats à 5% de bentonite et recevant la même concentration saline.

Les traitements salins appliqués ont eu un impact dissemblable sur les teneurs en potassium. L'apport des concentrations croissantes du NaCl se traduit par de légères augmentations du contenu en potassium chez les deux variétés pour Djadida ( $r=0.83^{**}$ ) et pour Filet jeton ( $r=0.78^{**}$ ).

La charge en potassium s'est accrue considérablement après l'addition de la bentonite dans le milieu de culture ; une tendance à la hausse en cet élément se manifeste dans les organes des deux variétés.

Le niveau du potassium augmente considérablement avec l'application de la combinaison sel-bentonite.

Les feuilles des deux variétés se comportent pareillement pour le potassium ; sous les conditions salines par du NaCl et cultivés dans des substrats amender à la bentonite, elles semblent fortement corrélés avec la salinité à 5% de bentonite ( $r=0.82^{**}$ ) pour Djadida et ( $r=0.75^{**}$ ) pour Filet jeton.

Les feuilles et racines des plantes cultivées dans les substrats à 10% de bentonite et stressées à 100meq.l<sup>-1</sup> accumulent des teneurs plus importantes que les plantes cultivées dans les autres substrats.

L'apport du  $NaCl$  dans les substrats à 5% et 10% de bentonite provoque une augmentation du potassium dans les racines des deux variétés.

La bentonite de Mostaganem riche en argile de type montmorillonite, a un effet positif sur l'adaptation du haricot vis-à-vis des contraintes de la salinité, et contribue en conséquence à l'amélioration des conditions de croissance dans le milieu salin.

L'amélioration des sols sableux avec la bentonite riche en montmorillonite améliore bien les caractéristiques physico-chimiques et hydriques des sols sableux (BOUSNINA et MEHIRI, 1997, BENKHLIFA et DAOUD., 1998, HALILAT et TESSIER., 2006) due à la corrélation qui existe entre la teneur en eau du substrat et la quantité d'argile adoptée (TESSIER 1994), des travaux récents ont démontré que la bentonite de Mostaganem accrue de manière appréciable la teneur en eau du substrat ce qui se traduit par une augmentation de la teneur en eau des plantes (BENKHLIFA., 2007).

A certaines concentrations, variables selon les plantes, le chlorure de sodium devient toxique. Les plantes développent plusieurs stratégies pour limiter le stress salin. Jusqu'à ce jour, on en connaissait essentiellement deux, qu'on peut qualifier d' "*exclusion*" et d' "*inclusion*"; les ions chlorure et sodium entrent dans les plantes par les racines, et sont véhiculés par le xylème jusqu'aux tiges ainsi qu'aux feuilles, là ils sont soit stockés (plantes de type *includers*), soit retenus et revéhiculés par le phloème jusqu'aux racines (plantes de type *excluders*) (HAOUALA et al., 2007).

Ces deux comportements opposés traduisent un paradoxe apparent ; en effet, le premier, qui correspond à une protection des organes aériens contre l'envahissement par  $NaCl$ , s'observe chez les glycophytes les plus sensibles aux sels. Le second, qui autorise l'accumulation de  $NaCl$  dans les feuilles, est caractéristique des espèces les plus résistantes. Ainsi, ce sont les espèces qui paraissent a priori les mieux armées pour protéger leur appareil photosynthétique qui supportent le moins bien l'agression saline (HAOUALA et al., 2007).

Le paradoxe se complique encore lorsqu'on compare les variétés dans une même espèce : là, on retrouve l'association que l'on attendait, entre le degré de tolérance et l'aptitude à empêcher  $Na^+$  d'envahir les feuilles. Les espèces incapables de transporter facilement  $Na^+$  dans leurs feuilles sont nettement plus sensibles que les autres, car leur inaptitude à exporter  $Na^+$  est probablement moins un caractère protecteur que le reflet d'une déficience des systèmes de compartimentation cellulaire (Le POIVRE, 2003).

Selon ALEM et al. (2005), au degré d'un stress salin de faible intensité, les ions accumulés au niveau des racines peuvent servir d'osmoticum pour améliorer l'assimilation de l'eau. Cependant, quand la plante ne parvient plus à évacuer ou à compartimenter l'excès

de sel des racines, celui-ci, comme au niveau foliaire, va entraîner une déshydratation au niveau racinaire. Le stress salin peut affecter directement ou indirectement le statut physiologique des plantes en changeant le métabolisme, la croissance et le développement (AJMAL KHAN,2000 ; GARD et *al.*,2002).

DUBEY (1997) et YEO (1998) signalent que la salinité provoque un stress osmotique et ionique combiné à la fois sur les plantes. Les effets osmotiques des sels sur les plantes résultent de l'abaissement du potentiel hydrique du sol suite à l'augmentation des concentrations des solutés dans le profil racinaire des plantes (SOHAN et *al.*,1999).

La salinité joue un rôle d'agrégation des particules d'argiles (EL TAIF et GHARAIBAH, 2007), la présence de sel dans le milieu modifie les propriétés de gonflement de l'argile et leur potentiel de rétention d'eau (SALLY et DAVID., 2004).

Les résultats obtenus sur les variations des sels minéraux chez *Phaseolus vulgaris* L. soumises à des différentes doses de bentonite indiquent une augmentation dans les teneurs de Na<sup>+</sup> dans les feuilles et racines contre une faible diminution de K<sup>+</sup>. En effet une étude a été menée sur le comportement d'une association pois chiche-blé cultivées sous différentes doses de bentonite à révéler l'augmentation des teneurs en sodium dans les feuilles et les racines avec une diminution de potassium (REGUIG., 2007).

L'augmentation des taux de sodium est due d'une part à la nature sodique de cette argile (BENKHLIFA., 1997), et d'autre part à la grande mobilité du Na<sup>+</sup> facilitant son entraînement par l'eau infiltrée à l'état de sels solubles (REGUIG., 2007).

Par contre une analyse minérale des sols sableux enrichis en bentonite montre une diminution de K<sup>+</sup> échangeable, lorsque le sol traité s'humecte, l'eau pénètre entre les feuillets de la bentonite et ces dernières s'écartent et piègent le K<sup>+</sup> ; ceci implique que la quantité de K<sup>+</sup> absorbée diminue au fur et à mesure que la dose de bentonite augmente (REGUIG., 2007).

Avec la combinaison de bentonite-salinité, les plantes enregistrent des taux plus élevés en potassium; et le ratio K<sup>+</sup> /Na<sup>+</sup> devient plus important, cette amélioration des teneurs en potassium met en évidence la richesse de la bentonite en Ca<sup>++</sup> (ACHOUR et YUCEF., 2003).

cet élément joue un rôle régulateur de ratio K<sup>+</sup> /Na<sup>+</sup> et améliore la tolérance des plantes aux stress salin (DINA et *al.*,2002).

Les insuffisances nutritives se produisent suite à l'interférence des transporteurs, au niveau de la membrane plasmique des cellules de la racine entre les ions de sodium et les ions des autres éléments pour les mêmes sites de fixation apoplasmiques (MARCIC,2005). La toxicité métabolique du Na<sup>+</sup> est en grande partie, un résultat de sa capacité à

concurrer l'ion  $K^+$ , qui active plus de cinquante enzymes (PAGE et DI CERA, 2006).

Dans ces conditions de salinité associé avec des doses de bentonite l'aptitude d'absorption de potassium par les racines devient un facteur important qui influe le niveau de sélectivité ioniques (ALEM et AMRI., 2005).

Nos résultats ont été confirmés par plusieurs recherches. BACHIR BOUIADJRA (2008) confirme que le substrat traité à 5% de bentonite combinées aux concentrations salines sont les moins contraignantes pour une nutrition équilibrée en sodium et potassium chez les feuilles et les racines de la fève. La richesse de la bentonite en  $Ca^{++}$  améliore la teneur de potassium dans les plantes (ACHOUR et YUCEF., 2001).

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### A

- Abdelkader D. Z. and Saleh A. A. H., 2002** – Protection induced by external Ca<sup>++</sup> application on proline accumulation, ion balance, photosynthetic pigments, ABA concentration and protein of mustard seedlings (*Sinapis alba* L.) under salinity stress. *Egyptian J. of Biology*, 4, p. 1422.
- Achour S et Youcef L., 2003**- Elimination du cadmium par adsorption sur bentonite sodiques et calcaires. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n°02, pp.68-81.
- Adams N.R., 1995** – Organizational and activational effects of phytoestrogens on the reproductive tract of the ewe. *Proc.Soc. Exp. Biol. Med.*, 20,887.
- Adsule N.R., Lawande K.M. and Kadam S.S., 1989**- Pea. In: Salunkhe, D.K. and Kadam, S.S. (eds) *CRC Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry, Processing Technology and Utilization*, Vol. I. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 215–251.
- Ajmal Khan N; Irwin A; Showalter A.M; Showalter U; 2000** – effect of salinity on growth, water relation and ion accumulation of the subtropical perennial Halophyte, *Atriplex griffithii* var. *stocksii*, *Annals of botany*, 85: 225-232
- Alem C et Amri Ahmed., 2005**-Importance de la stabilité des membranes cellulaires dans la tolérance à la salinité chez l'orge. *Reviews in biology and biotechnology* Vol.4, pp20-31.
- Appert J., 1992** -Le stockage des produits vivriers et semenciers. Premier volume :Dégats, pertes et moyens de stockage. Ed. Maisonneuve et Larose Paris, pp :1-97.
- Araus, J. L., Slafer, G. A., Reynolds, M. P., and Royo, C. 2002.** Plant breeding and water relations in C3 cereals: what should we breed for? *Ann. Bot—London* **89**: 925–940
- Atkins C.A. and Smith P.M.C., 1997**- Genetic transformation and regeneration of legumes. In: Legocki, A., Bothe, H. and Puhler, A. (eds) *Biological Fixation of Nitrogen for Ecology and Sustainable Agriculture*. Springer-Verlag, Berlin, Germany, pp. 283–304.
- Aubert G. et Boulein J., 1980.** *Pédologie*. Ed. I.P.V de France.25-35.

### B

- Bachir Bouadjra A., 2008** : Action combinée de la bentonite et la salinité sur le bilan minéral de la fève *Vicia faba* L. Thèse de Magister. Laboratoire de physiologie végétale. faculté des sciences. Uni Ess-Senia. 31 Oran. Algérie.
- Battaglia M., Olvera-Carrillo Y., Garcarrubio A., Campos F. and Covarrubias A.A., 2008**- The Enigmatic LEA Proteins and Other Hydrophilins. *Plant Physiol.* **148**: 6- 24..
- Belkhodja M., Bidai Y., 2004**- Réponse des graines d'*Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de la germination. *Sécheresse*, 4, vol. 15, décembre 2004
- Belkhodja M; Bidai Y; 2004** – réponse des graines d'*Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de la germination. *Sécheresse*, 15, (4),p. 331-335
- Belkhodja M., 1996**- Action de la salinité sur le comportement physiologique, métabolique, minérale et recherche de marqueurs moléculaires chez la fève (*Vicia faba* L.).Thèse de Doctorat, 255p.
- Benamouzig, R., Mahre, S., Rautureau, J. and Tome, D., 1994** - Physiological properties of leguminous fibres. *Grain Legumes* 7, 18–19.
- Benkhelifa M., 2007**- Influence des conditions salines sur les propriétés physiques des mélanges sable-bentonite. Conséquences sur le comportement écophysologique de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Thèse doctorat INA-EL Harrach Alger p 138-142.
- Benkhelifa M et Daoud Y., 1998**- influence de la bentonite sur la propriété physiques d'un sol sableux. *Annales de L'INA- EL Harrach*, Vol 19, N°1 et 2 :18-29
- Benkhelifa, M., 1997.** Influence De La Bentonite Sur Les Caractéristiques Physiques, Hydriques Et Mécaniques D'un Sol Sableux Du Plateau De Mostaganem. 1st Edn., Thèse De Magister INA D'El Harrach, Alger, pp: 114.
- Benloch-Gonzales M., Fournier J.M., Ramos J. and Benloch M., 2005**- Strategies underlying salt tolerance in halophytes are present in *Cynara cardunculus*. *Plant Sci.* 168, p. 653–659

**Ben Naceur M., Rahmoune C., Sdiri H., Meddahi M.L., Selmi M., 2001-** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Sécheresse*, 12, (3), p. 167-74.

**Bental., 2002-** Projet de développement de l'exploitation du gisement d'argiles bentonitiques de Mzila, Wilaya de Mostaganem, Algérie. Documentation BENTAL. Editions EIRéda. 20 p.

**Berthomieu P., Conejero G., Nublat A., Brackenbury WJ., Lambert C., Savio C., Uozumi N., Oiki S., Yamada K., Cellier F., Gosti F., Simonneau T., Essah Pa., Tester M., Very A.A., Sentenak H. and Czsse F., 2003-** Functional analysis of AtHKT1 in *Arabidopsis* shows that Na<sup>+</sup> recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. *Embo Journal* 22, p.2004-2014

**Binet P., 1968** – Dormances et aptitude à germer en milieu salé chez les halophytes. *Bull. Soc. Fr. Physiol Vég*, 14, p 125-132.

**Bohnert HJ and Jensen RG., 1996** - Strategies for engineering water-stress tolerance in plants. *Trends in Biotechnology* 14: p 89–97.

**Bohnert HJ, Su H, Shen B.,1999** - Molecular mechanisms of salinity tolerance. In: *Biotechnology intelligence unit1: molecular responses to cold, drought, heat and salt stress in higher plants* (ed. by Shinozaki K. and Yamaguchi-Shinozaki K.). R.G. Landes Company, pp. 29-60.

**Bousnina H et Mhiri A., 1997-** Amélioration de la réserve utile des sols sableux des régions arides par un amendement argileux. *Sécheresse*, Vol.8, n°4 :241-246.

**Brady N.C. and Weil R.R., 2002-** The nature and properties of soils. 13th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.

## C

**Calu G. (2006):** *Arabidopsis thaliana* et *Thellungiella halophila*, plantes modèles dans l'étude du stress salin. Spectro Sciences.

**Chaussat R ;1999** Productions Végétales : croissances et développement des plantes E.Paris ; p 516

**Chaut C et Foury C. L.1994-** Culture légumière et tom 3 légumineuses potagères marichères légumes fruit Tec et Doc Lavoisier Paris 563p

**Chen C.P., Zhu X.G. and Long S.P., 2008-** The effect of leaf-level spatial variability in photosynthetic capacity on biochemical parameter estimates using the Farquhar et al. (1980) model: a theoretical analysis. *Plant Physiol.* First published on August 20, 2008; 10.1104/pp.108.124024.

**Chen Z., Pottosin I.I., Cuin T.A., Fuglsang A.T., Tester M., Jha D., Zepeda-Jazo I., Zhou M., Palmgren M.G., Newman I.A. and Shabala S., 2007a** - Root Plasma Membrane Transporters Controlling K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> Homeostasis in Salt-Stressed Barley. *Plant Physiol.* 145: 1714-1725

**Cheverry C., 1995.** Plant behaviour in saline environment .action eau n°4, séance spécialisé du 22 mars 1995 .ed. Acad.Agro.Paris, 49p.

**Collins N.C., Tardieu F. and Tuberosa R., 2008-** Quantitative Trait Loci and Crop Performance under Abiotic Stress: Where Do We Stand?. *Plant Physiol.* 147: 469- 486.

**Colmer T.D., Fan T.W.M., Higashi R.M. and Lauchli A., 1996-** Interactive effects of Ca<sup>2+</sup> and NaCl salinity on the ionic relations and proline accumulation in the primary root tip of *Sorghum bicolor*. *Physiol. Plant.* 97, 421-424

## D

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



**Delfine S., Alvino A., Zacchini M. and Loreto F., 1998-** Consequences of salt stress on conductance to CO<sub>2</sub> diffusion, rubisco characteristics and anatomy of spinach leaves. *Aust. J. Plant Physiol.* 25, 395-402.

**De Lorenzo D., Merchan F., Blanchet S., Megías M., Frugier F., Crespi M. and Sousa C., 2007-** Differential Expression of the TFIIIA Regulatory Pathway in Response to Salt Stress between *Medicago truncatula* Genotypes. *Plant Physiol.* 145: 1521-1532.

**Desclos M., Dubousset L., Etienne P., Le Caherec F., Satoh H., Bonnefoy J., Alain O. and Avice J.C., 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.

**Dina Z, Abdel-Kader and Amal A. H. Saleh.,2002-** Protection induced by external Ca<sup>2+</sup> application on proline accumulation, ion balance, photosynthetic pigments, protein and ABA concentration of mustard seedlings (*Sinapis alba* L.) under salinity stress. *Egyptian journal of biology*, Volume4, pp 14-22.

**Dubey R.S., 1997-** Photosynthesis in plants under stressful conditions. In: M. Pessaraki, (ed.),

*Handbook of Photosynthesis*, Marcel Dekker, New York, pp. 859-875.

**Duchaufour P., 1968** - L'évolution des sols, essai sur la dynamique des profils. Ed. Masson & Cie. 93 p

**Duchaufour P., Maurice B Et Bernards S., 1979.** Pédologie 2. Constituant et propriétés des sols ; Ed. Masson ; Paris.

**Duchaufour P., 1983.** Pédologie1. Pédogénèse et classification. Ed Masson. Pp 468-470

**Duchaufour (Ph.), 1988.** - Pédologie. Masson éd., 224 p.

**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.

## E

**Eilers RG., Eilers wd and lelyk A., 1995** - salinité des sols. *Sécheresse* ed john libbey eurentext, canada; p 23-33.

**El jaafari S., Roger P., Philippe L., Jeansemd E., 1993.** Résistance à la sécheresse et réponses à l'acide abscissique, analyse d'une approche synthétique. *Edit.*

**Engelthaler Z A et al., 1983-** Production des métaux non ferreux et leur application dans l'agriculture. ONUDI, Pilsen, Tchécoslovaquie. 163p.

**Engelthaler Z A et al., 1985-** l'explication industrielle complexe de la bentonite ONUDI, Pilsen, Tchécoslovaquie. 78p

**ENOF .,1997 :** Rapport d'analyse de la bentonite de M'Zila, Mostaghanem, Laboratoire Enof

**Essington M.E., 2004-** Soil and water chemistry, an integrative approach. CRC Press, USA.

**El taif N and Gharaibeh M A., 2007-** Effects of single and mixed ion solutions on hydraulic and physical properties of a clay soil. *Water, air and soil pollution*, Vol 181, n°1,;297-302.

## F

**FAO., 2006 :** Notions de nutrition des plantes et de fertilisation des sols .Manuel de formation .Projet intrants Promotion de l'Utilisation des Intrants agricoles par les Organisation de Production 7-9p

**Feigin A., Pressan E., Imas P. and Miltau O., 1991-** Combined effects of KNO<sub>3</sub> and salinity on yield and chemical composition of lettuce and Chinese cabbage. *Irrig. Sci.* 12, 223-230.

**FLOWERS D.J., LUDLOW M.M., 1986.** Contribution of osmotic adjustment to the dehydration tolerance of water stressed pigeon pea (*Cajanas cajan* L. *Milsp*) leaves. *Plant Cell Environment.* 9, 33-40.

**Franchis L. et Ibanez F., 2003** – Les menaces sur les sols dans les pays méditerranéens ;

## G

**Garg AK., Kim JK., Owens TG., Ranwala AP., Choi YD., Kochian LV., Wu RJ., 2002-** Trehalose accumulation in rice plants confers high tolerance levels to different abiotic stresses. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 99: 15898- 15903.

**Ghoulam C., Foursy A. and Fares K., 2002-** Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environ. Exp. Bot.* 47, 39-50.

**Girija G., Smith B.N. and Swamy P.M., 2002-** Interactive effects of sodium chloride and calcium chloride on the accumulation of proline and glycinebetaine in pea nut (*Arachis hypogea* L.). *Environ. Exp. Bot.* 47, 1-10.

**Gomez-Cadenas A., Arbona V., Jacas J., PrimoMillo E., Talon M. (2002):** Abscisic acid reduces leaf abscission and increases salt tolerance in citrus plants. *J. Plant Growth Regu.* 21, 234–240.

**Gordon Mm., 2004 :** Haricots secs : Situation, prospectives et Agroalimentaire. Canada. pp: 1-7

**Grattan, S.R. & Grieve, C.M., 1999.** Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Sci. Hort.* 78, 127-157.

**Gregory B., 2005-** Écophysiologie de semis de conifères ectomycorhizés en milieu salin et sodique. Thèse doctorat (Ph.D.) en sciences forestières. Université Laval, Faculté de foresterie et géomatique

**Grennan A.K., 2006.** High impact abiotic stress in rice. An “Omic” approach . *Plant.Physiol.* vol 140, pp 1139-1141.

**Grewal, H. S. 2010-** Water uptake, water use efficiency, plant growth and ionic balance of wheat, barley, canola and chickpea plants on a sodic vertosol with variable subsoil NaCl salinity. *Agric. Water Manage.* 97 (1): 148-156.

**Grouzis M., Berger A. et Heim G., 1976 –** Polymorphisme et germination des graines chez trois espèces annuelles du genre *Salicornia*. *Ecol Plant*, Vol. (11). p. 41- 52.

**Guerrier G., 1996-** Fluxes of Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup>, and osmotic adjustment in *Lycopersicon pimpinellifolium* and *L. esculentum* during short- and long-term exposures to NaCl. *Physiol. Plant.* 97, 583-591.

**GUIGNARD JL., 1998 –**Botanique, édition Masson pp. 152-159.

**Guo W.J. and David Ho T.H., 2008-** An Abscisic Acid-Induced Protein, HVA22, Inhibits Gibberellin-Mediated Programmed Cell Death in Cereal Aleurone Cells. *Plant Physiol.* 147: 1710-1722.

**Gupta PK, Rustgi S, Sharma S, Sing R, Kumar N, Balyan HS (2003)** Transferable EST-SSR markers for the study of polymorphism and genetic diversity in bread wheat. *Mol Genet Genomics* 270: 315–323

**Gupta S. K. And Sharma S.K., 1990 –** Response of crops to high exchangeable sodium percentage. *Irrig. Sci.*, 19, p. 173-179.

## H

**Halilat M T et Tessier D.,2006-** Amélioration de la rétention en eau de matériau sableux par l'ajout de bentonite. *Cahiers Agricultures*, Vol. n°4, 347-353.

**Hamdy A.; Katerji N., Vanhoom J. W. And Mastrorilli., 2002 –** Mediterranean crop responses to water and soil salinity, ecophysiological and agronomic analyses. *Options Méditerranéennes série B36*, p. 1-3.

**Haouala F., Ferjani H. et Ben El Hadj S., 2007-** Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> et Ca<sup>2+</sup>) et du chlore (Cl<sup>-</sup>) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 11 (3), 235– 244

**Hasegawa P.M., Bressan R.A., Zhu J-K. and Bohnert H.J., 2000-** Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51:463–499.

**Hayashi H and Murata N., 1998** - Genetically engineered enhancement of salt tolerance in higher plants; p133-148.

**Hill , D . S . 1983** : Agricultural insect pests of the tropics and their control . 2nd ed oxford London and Northampton . 74 PP .

**Hoagland D.,Arnon Di., 1938**- the Water culture method for growing plants soil. Univer. Calif.AES.cir.347,1- 36.

**Holmström K.O., Somersalo S., Mandal A., Palva T.E. and Welin B., 2000**- Improved tolerance to salinity and low temperature in transgenic tobacco producing glycine betaine. *Journal of experimental botany, Vol. 51, No. 343*, pp. 177-185.

**Hopkins.W.G.,2003**-Physiologie végétale. Traduction de la 2e édition américaine. Édition DE BOECK université. P 451-473.

**Houchi. R Et Coudret. A., 1994.** La sélection du triticale tolérant au sel. *Cahiers Agriculture*; 3: 227-230.

**Hubac C., 1990**- Croissance et développement des végétaux. Impact de la salinité et de l'aridité sur la croissance, le développement et l'amélioration des végétaux .Séminaire Univ . Oran.

## I

**ISERIN P., 1997.** Encyclopédie des plantes traditionnelles, identification, préparation, soin. Ed. Lavoisier, 95 p.

## J

**Jozja, N., "étude de matériaux argileux Albanais. Caractérisation "multi-échelle" d'une bentonite magnésienne. Impact de l'interaction avec le nitrate de plomb sur la perméabilité."** Thèse de doctorat de l'Université d'Orléans (2003).

**Judd W.S., Campbell C.S., Kellogg E A., Stevens E., 2002.** Botanique systématique Edit DeBoeck 282p.

## K

**Keller F . And Ludlow M.M ; 1993**-Carbohydrate metabolism in drought –stressed leaves of pigeonpea (*Cajanus cajan*). *Jexp Bot* (44) 1351-1359.

**Keren R., 2000**- Salinity. *In: Sumner M.E. (Ed). Handbook of Soil Science.* CRC Press, NY, USA, pp G3-G25.

**Khales A et Baaziz M., 2006**- Etude des peroxydases d'écotypes d'*Opuntia Ficus indica* L. en relation avec le développement dans les conditions de stress Salin. Congrès international de Biochimie, Agadir: p. 133-136.

**Khan M.A., Ungar I.A. and Showalter A.M., 2000** - Effects of sodium chloride treatments on growth and ion accumulation of the halophyte *Haloxylon recurvum*. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **31**, 2763-2774.

**Klein M.A., Sekimoto H., Milner M.J. and Kochian L.V., 2008**- Investigation of Heavy Metal Hyperaccumulation at the Cellular Level: Development and Characterization of *Thlaspi caerulescens* Suspension Cell Lines. *Plant Physiol.* **147**: 2006-2016.

**Kovacs D., Kalmar E., Torok Z. and Tompa P., 2008**- Chaperone Activity of ERD10 and ERD14, Two Disordered Stress-Related Plant Proteins. *Plant Physiol.* **147**: 381-390.

## L

**Lacerda C.F., Cambraia J., Oliva M.A. and Ruiz H.A., 2005.** Changes in growth and in solute concentrations in sorghum leaves and roots during salt stress recovery. *Environ. Exp. Bot.*, 54 (1): 69-76.

**Lafon J.P., Tharaud –Prayer C., Levy G.,1996** – Biologie des Plantes Cultivées. Tome I. Org Phys De La Nutrition ; Ed. Lavoisier,p.153-160. 165.

**Laribi, S., J.-M. Fleureau, J.-L. Grossiord and N. Kbir-Ariguib,** "Comparative yield stress determination for pure and interstratified smectite clays" *Rheol. Acta* **44**, 262-269 (2005).

**Lasram. M. 1995.** Salinity problems in the mediterranean's area, Ed .Académie de Paris, N°2, seance spécialisé du 22 mars 1995.

**Laval-Martin D., Mazeliak P.,1995.-** Physiologie végétale I. Nutrition et métabolisme; Ed.Hermann, p. 359-401.

**Lea-Cox J.D. and Syvertsen J.P., 1993-** Salinity reduces water use and nitrate-N-use efficiency of citrus. *Ann. Bot.* **72**, 47-54.

**Le Poivre P., 2003-** Phytopathologie : Bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fondements des stratégies de lutte. Ed. De Boeck Université, p 432.

**Less H. and Galili G., 2008-** Principal Transcriptional Programs Regulating Plant Amino Acid Metabolism in Response to Abiotic Stresses. *Plant Physiol.* **147**: 316-330.

**Levitt J., 1980-** Responses of plants to environmental stresses in water radiation, salt and other stresses. 282.

**Levy G.J., 2000-** Sodidity. *In: Sumner M.E. (Ed). Handbook of Soil Science.* CRC Press, NY, USA, pp G27-G62.

**Lin J. And Zhu J. K., 1998 –** A calcium Sensor Homolog Required for plant salt tolerance. *Science*, Vol, 280. no 5371, pp. 1943-1945.

**Longstreth D.J. and Nobel P.S., 1979-** Salinity effects on leaf anatomy. *Plant Physiol.* **63**, 700- 703.

**Loze T.J Et Mathieu C.,1990 -** Dictionnaire des sciences du sol. 2<sup>ème</sup> éd., Doc et Tec. Lavoisier, Paris, 384 p.

**Lutts S., Kinet J.M. and Bouharmont J., 1996b-** Effects of salt stress on growth, mineral nutrition and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Plant Growth Regul.* **19**, 207-218.

## M

**Mansour M.M.F And Salama K.H.A., 2004-** Cellular basis of salinity tolerance in plants. *Environmental and Experimental Botany* 52: p. 113 122.

**M'barek B,Cchaabane R,sdiri H,meddahi ML,Selmi M.,2001-**Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Inst Nati de Reche Agro de Tunisie. Sécheresse* Volume 12, Numéro 3, 167-74.

**Marcic C., 2005-** Evaluation du transfert des polluants organostanniques dans le système sol – plante à partir de l'épandage de boue de station d'épuration. Thèse Doctorat. Université de PAU et des pays de l'Adour. 281 p.

**Martin-Prevel P., Gagnard J., Gautier P., Drouineau G., 1984 –** Analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales. *Technique et Documentation- Lavoisier*, p.161-179.

**Martinez-Atinza J., Jiang X., Garcideblas B., Mendoza I., Zhu K., Pardo J.M., Quintero F. J., 2007.** Conservation of salt overly sensitive pathway in Rice.plant physiology, 143: 1001-1012.

**Morant A.V., Bjarnholt N., Kragh M.E., Kjærgaard C.H., Jørgensen K., Paquette S.M., Piotrowski M., Imberty A., Olsen C.E., Møller B.L. and Bak S., 2008-** The  $\beta$ -Glucosidases Responsible for Bioactivation of Hydroxynitrile Glucosides in *Lotus japonicus*. *Plant Physiol.* **147**: 1072-1091.

**Mouhhouche B et Boulassal M.1999–** Contribution à une meilleure maîtrise des pertes en eau d'irrigation et de la salinisation des sols en zones arides. *Recherche Agronomiques*,4 :15-23.

**MOZAFAR A., GOODIN J R., 1970:** Vesiculated hairs: a mechanism for salt tolerance in *Atriplex halimus* L. *Plant. Physiol.* Vol. 45: 62-65.

**Munns R., 2002-** Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment* **25**: 239-250.

**Munns R., James R.A., Lauchli A.,2006-** Approches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal Of Experimental Botany* , 57(5), P.1025-1043.

## N

**Nagao M., Minami A., Arakawa K., Fujikawa S. and Takezawa D., 2005-** Rapid degradation of starch in chloroplasts and concomitant accumulation of soluble sugars associated with ABA-induced freezing tolerance in the moss *Physcomitrella patens*. *J. Plant Physiol.* **162**, 169-180.

**Naidu R. and Rengasamy P., 1993-** Ion interactions and constraints to plant nutrition in Australian sodic soils. *Australian Journal of Soil Research* **31**: 801-819.

**Nishizawa A., Yabuta Y. and Shigeoka S., 2008-** Galactinol and Raffinose Constitute a Novel Function to Protect Plants from Oxidative Damage. *Plant Physiol.* **147**: 1251- 1263.

**Niu X., Ressian RA., Hasegawa PM., Pardo JM., 1995-** ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant Physiology*, 109,(3), 735- 742.

## P

**Pardossi A., Bagnoli G, Malorgio F., Campiotti C.A. and Tofnoni F., 1999-** NaCl effects on celery (*Apium graveolens* L.) grown in NFT. *Scientia Hortic.* **81**, 229-242.

**Parida A.K., Das A.B. and Das P., 2002-** NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins and other metabolic components in the leaves of a true mangrove, *Bruguiera parviflora*, in hydroponic cultures. *J. Plant Biol.* **45**, 28-36.

**Parida A.K., Das A.B. and Mitra B., 2004-** Effects of salt on growth, ion accumulation, photosynthesis and leaf anatomy of the mangrove *Bruguiera parviflora*. *Trees-Struct. Funct.* **18**, 167-174.

**Parida, A.K., Das, A.B. 2005 -** Salt tolerance and salinity effects on plants: review. *Ecotox. Environ. Safety* **60**, 324–349.

**Petr J., 1985-** Non metallic sorbents in agriculture. Editions ONUDI, Tchecoslovaqui. 39p.

**Piri K., Anceau C., El jaafari S., Lepoivre P., Semal J., 1994:** Sélection in vitro de plantes androgénétiques de blé tendre résistantes à la salinité. L'amélioration des Plantes. Ed. AUPELF-UREF, Paris: 311- 320.

**Pitrat M., Foury C. (coord.), 2003.** Histoires de Légumes, Ed. INRA, Versailles, France : 412p.

**Poinsaut P. Hardy G. (Mv/Soec).** Les bentonites : Caractérisation-Analyse et Comportement –Utilisation des bentonites en oenologie. *Revue des oenologues* n°75 (Avril1995) n°76 (Juin 1995) N°77 (Septembre 1995).

**Pourrat Y, Dutuit P, 1994.** “Étude précoce des effets morphologiques et physiologiques du rapport sodium/calcium in vitro sur une population d'Atriplex halimus. Quel avenir pour l'amélioration des plantes ?” Ed. AUPELFUREF. John Libbey Eurotext, Paris, 283-295.

**Prévost, D., Drouin, P. and Antoun, H. (1999)** The potential use of cold-adapted rhizobia to improve symbiotic nitrogen fixation in legumes cultivated in temperate regions. In: *Fundamentals and Application of Cold-adapted Organisms* (Margesin, R. and Schninner, F., Eds.) pp. 161^176. Springer, Heidelberg.

**Pugnaire F.I. and Valladares F., 2007-** *Functional Plant Ecology, Second Edition*, edited by CRC Press, Taylor and Francis Group, p 748.

**Purseglove , J . W . 1984 :** Tropical crops dicotyledons . 304-309 PP .

## R

**Reguig Yssaad H A .,2007-** Effet de la bentonite sur les sols sableux de la région de Mostaganem, étude de comportement d'une association blé pois chiche Thèse doctorat. INA d' EL H arrache Alger. P 94-100.

**Romero-Aranda R., Soria T. and Cuartero J., 2001-** Tomato plant-water uptake and plant- water relationships under saline growth conditions. *Plant Sciences.* **160**, 265-272.

**Rubio S., Lynne W.T.R., Graham L.I.A. and Rodriguez P.L., 2008-** The Coenzyme A Biosynthetic Enzyme Phosphopantetheine Adenylyltransferase Plays a Crucial Role in Plant Growth, Salt/Osmotic Stress Resistance, and Seed Lipid Storage. *Plant Physiol.* **148**: 546-556.

## S

**Sally L and David L., 2004-**Electrical conductivity spectra of semectites of as influenced by saturating cation and humidity .Clays and minerals, Vol . 52,n°4 ,411-420.

**Savvas D. and Lenz F., 1996-** Influence of NaCl concentration in the nutrient solution on mineral composition of eggplants grown in sand culture. *Angew. Bot.* **70**, 124-127.

**Schulze E.D., Beck E. and Müller-Hohenstein K., 2005-** Plant ecology. Edition Springer Berlin- Heidelberg. P 692.

**SENOUCI F., 1998.** Les légumineuses alimentaires. Intérêt alimentaire, Pharmaceutiqueserie.  
Nat sur les legumineuses.

**Shabala S.; Shabala L; Volkenburgh E. V. And Newman I., 2005** – Effect of divalent cations on ion fluxes and leaf photo chemistry in salinized barley leaves. *J. of Exp. Bot.*, 56, 415: 1369-1378.

**Sigg J., 1991-** Les produits de terre cuite. Editions Septima, Paris, France.

**Simpson, B. B., and M. C. Ogorzaly. 1995.** Economic botany: Plants in our world. McGraw-Hill Inc., New York.

**SINHA, S.K., 1980,** Légumineuses alimentaires : répartition, adaptabilité et biologie du rendement, FAO, Rome.

**Silveira J.A.G., Melo A.R.B., Viegas R.A. and Oliveira J.T.A., 2001-** Salinity-induced effects on nitrogen assimilation related to growth in cowpea plants. *Environ. Exp. Bot.* **46**, 171-179.

**Sohan D., Jasoni R. and Zajicek J., 1999-** Plant-water relations of NaCl and calcium-treated sunflower plants. *Environ. Exp. Bot.* **42**, 105-111.

**Soltner D., 1990-** Les bases de la reproduction végétale. Sol, climat, plante. Ed. Lavoisier, 464 p.

**Sudhakar C., Reddy P.S. and Veeranjanyulu K., 1993-** Effect of salt stress on the enzymes of proline synthesis and oxidation of green gram seedlings. *J. Plant Physiol.* **141**, 621-623.

**Stewart C.R., Boggess F., Aspinall D., Stewart, C.R., Lee J.A. 1974** - The role of proline accumulation in halophytes. *Planta*, Vol. **120**, pp 273-289.

**Sumner M.E., 1993-** Sodic soils: New perspectives. *Australian Journal of Soil Research* **31**: 683-750

**Sun F., Zhang W., Hu H., Li B., Wang Y., Zhao Y., Li X., Liu M. and Li X., 2007-** Salt Modulates Gravity Signaling Pathway to Regulate Growth Direction of Primary Roots in Arabidopsis. *Plant Physiol.* **146**: 178-188.

**Szabolcs I., 1994-** Soils and salinization. In: M. Pessarakli (ed.), *Handbook of Plant and Crop stress*. Marcel Dekker, New York, pp. 3-11.

## T

**Taiz L. and Zeiger E., 2002-** Plant Physiology. 3rd ed. Sinauer Associates Publishers, Sunderland, 427 p.

**Tessier D., 1994-**Role de l'eau sur les propriétés physiques des sols . Séchesses, Vol,n°3,143-150.

**Tester, M. and Davenport, R., 2003** - Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. *Ann. Bot.* **91**,503-527.

**Turan M. and Sezen S., 2007–** Effect of salt stress on plant nutrition uptake. University of Atatürk, Faculty of Agriculture, Turkey.

**Tyerman S.D. and Skerrett I.M., 1999-** Root ion channels and salinity. *Scientia Horticulturae* **78**: 175-235.

## U

**Ungar I.A., 1991-** Ecophysiology of vascular halophytes. Boca Raton: CRC Press.

## V

**Vaidyanathan R., Kuruvilla S. and Thomas G., 1999-** Characterization and expression pattern of an abscisic acid and osmotic stress responsive gene from rice. *Plant Sci.* **140**, 21-30.

**Van-Hoorn Jw., 1995.** Développement de la salinité dans la zone racinaire N°2 séance spécialisée du 22 mars .p 65-66. Barz. J. Plant Physiol., 15 N° 2.

**Villora G., Pulgar G., Moreno D.A. and Romero L., 1997-** Salinity treatments and their effect on nutrient concentration in zucchini plants (*Cucurbita pepo* L. var. Moschata). *Aust. J. Exp. Agri.* **37**, 605 608.

**Vincent, R. (2006):** Recherche et étude de marqueurs moléculaires de la réponse au stress chez l'algue brune *Laminaria digitata*. Thèse de doctorat. Biologie. Université de Rennes 1. 237pp

## W

**Wang Y. and Nii 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.

**Wang W.; Vinocur B.; Shoseyov O. And Altman A., 2001-** Biotechnology of plant osmotic stress tolerance: Physiological and molecular considerations. *Acta Horticulturae* **560**: 285-292.

**Wang S.M., Zhang J.L. and Flowers T.J., 2007-** Low-Affinity Na<sup>+</sup> Uptake in the Halophyte *Suaeda maritima*. *Plant Physiol.* **145**: 559-571.

**Weaver, R. W., and L. R. Frederick.** 1982. *Rhizobium*. In Methods of Soil Analysis. Part2-Chemical and Microbiological Properties, 2nd ed. (A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeny, Eds), pp. 1043-1070. Am. Soc. Argonomy.

## Y

**Yang J.L., Li Y.Y., Zhang Y.L., Zhang S.S., Wu Y.R., Wu P. and Zheng S.J., 2007-** Cell Wall Polysaccharides Are Specifically Involved in the Exclusion of Aluminum from the Rice Root Apex. *Plant Physiol.* **146**: 602-611.

**Yeo A.R., 1983-** Salinity resistance: physiologies and prices. **Wang Y. and Nii 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. *Physiol. Plant.* **58**, 214-222.

**Yokoi S., Bressan R.A. and Hasegawa P.M., 2002-** Salt Stress Tolerance of Plants. Center for Environmental Stress Physiology, Purdue University. *JIRCAS Working Report* ,p. 25-33.

## Z

**Zhifang G. and Loescher W.H., 2003-** Expression of a celery mannose 6-phosphate reductase in *Arabidopsis thaliana* enhances salt tolerance and induces biosynthesis of both mannitol and a glucosyl-mannitol dimmer. *Plant Cell Environ.* **26**, 275-283

**Zhou M., Palmgren M.G., Newman I.A. and Shabala S., 2007a -** Root Plasma Membrane Transporters Controlling K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> Homeostasis in Salt-Stressed Barley. *Plant Physiol.* **145**: 1714-1725.

## RESUME

Les changements climatiques qui devenus plus contraignants provoquent des modifications du contexte écologique ce qui constitue un facteur limitant de la biodiversité. En Algérie, la sécheresse conduit à la salinisation des sols enregistrée dans les écosystèmes arides et semi arides. Les plantes se trouvent menacées de disparaître et les rendements agricoles sont affectés éventuellement à la baisse. La nutrition minérale joue un rôle crucial dans la croissance et le développement des plantes et, par conséquent, dans l'agriculture et la santé humaine. L'exposition des plantes aux niveaux élevés de sels affecte les relations hydriques et crée un stress ionique sous forme d'accumulation cellulaire de  $\text{Cl}^-$  et, en particulier, de  $\text{Na}^+$ . Ce constat impose une réflexion sur l'exploitation des ressources naturelles comme la bentonite, compte tenu des diverses propriétés que renferme cette argile. Son intérêt réside probablement dans son action sur les excès de sels, qui affectent les sols par des mécanismes physico- chimiques. Pour mesurer cette interaction l'étude menée se propose de dresser un bilan minéral pour deux variétés d'une légumineuse (le haricot *PhaseolusvulgarisL.*). soumise à l'action combinée de la bentonite et à la salinité, L'objectif de cette expérience, vise à comprendre l'effet de l'interaction entre une argile de type bentonite et la salinité chez une légumineuse *PhaseolusvulgarisL.*; âgée de 6 semaines soumise aux stress salin avec plusieurs concentrations de sel à base de  $\text{NaCl}$  100 meq.l-1, et 200 meq.l-1. Cette étude entreprise est basée sur l'évaluation de l'analyse des teneurs en potassium et sodium, dans les parties aériennes et souterraines. Dont les doses d'argile les moins contraignantes avoisinent les 5% de bentonite et suggèrent une nutrition minérale équilibrée pour deux cations  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  dans deux organes cibles de la plante en question.

### Mots clés :

Bentonite; Salinité; Bilan Minéral; Haricot; *Phaseolusvulgaris L.*;  $\text{Na}^+$ ;  $\text{K}^+$ ; Ecosystèmes Arides Et Semi Arides; Argile; Teneur En Eau.