

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITÉ BLIDA 1**

**FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
DÉPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES**

Projet de fin d'étude en vue de l'obtention

Du diplôme de Master en Science de la Nature et de la Vie

Spécialité: Ressources Phytogénétiques et Impact Environnemental

**Correction d'un stress salin avec deux formulations à base  
de jus de lombricompost et d'oligoéléments: Cas de la  
tomate ( *Solanum lycopersicum*. L)**

Présenté par : M<sup>elle</sup> **STASAIID Fatma Zohra**

Soutenu le: 29 septembre 2016

Mme  
CHAOUIA  
C.

M  
.  
C  
.  
A

Université  
de Blida1

Président  
e

Mr.  
DJAZOULI  
Z.E

.  
P  
r  
o  
f  
e  
s  
s  
e

Université  
de Blida1

Promote  
ur

Mme  
BOUCHEN  
AK F.

u  
r

M  
.  
C  
.  
B  
.

Université  
de Blida1

Examinat  
rice

**ANNÉE UNIVERSITAIRE 2015/2016**

## Remerciements

Avant tout, je remercie **Dieu** de m'avoir donné la force et le courage nécessaire pour réaliser ce travail.

Je tiens à témoigner toute ma gratitude et mon respect à Mme le Docteur CHAOUIA Cherifa maître de conférences A au département des Sciences Biotechnologies de l'Université de Blida1, qui m'a fait l'honneur de présider le jury de ma soutenance.

J'adresse mes plus sincères remerciements à Mme le Docteur BOUCHENAK Fatima maître de conférences B au département des Biotechnologies de l'Université de Blida1, qui a bien voulu faire partie de mon jury de mémoire de fin d'étude. Je la remercie pour son intérêt pour mon travail et pour m'avoir fait bénéficier de ses conseils et de ses avis éclairés.

Un grand merci à mon promoteur Mr DJAZOULI Zahr-Eddine Professeur au département des Biotechnologies de l'Université de Blida1, pour son aide et ses conseils, et son soutien moral sans lui ce travail n'aurait pas été possible, et avec qui j'ai pu avoir de passionnantes discussions scientifiques.

Je tiens à remercier tout mes professeurs qui m'ont enseigné durant mes années universitaires car j'ai beaucoup appris avec eux. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma reconnaissance.

Mes remerciements à tous les étudiants qui ont contribué de près à la réussite de ce travail en particulier Mlle GUESMI Fadéla

Je tiens à témoigner tout particulièrement ma sympathie à Nadjia et à Yamina pour leurs aides et pour leur disponibilité pendant l'expérimentation ainsi que tout le personnel du laboratoire de phytopharmacie et de zoo phytiatrie qui étaient toujours disponibles et tous les chercheurs y compris les étudiants.

Je remercie également tout le personnel administratif du département des Biotechnologies pour son service précieux.

J'adresse ma plus profonde gratitude et tout mon amour à ma mère, mes sœurs et mes cousines, qui ont su me faire confiance et me soutenir en toutes circonstances au cours de mon cursus universitaire.

Je remercie tous mes amis et tous mes proches qui, chacun à sa manière, de près ou de loin, m'ont soutenue durant mes années scolaires et universitaires.

# **DÉDICACES**

Ce mémoire est dédié à mes parents, à ma sœur Nassiba et à son marie Mohammed,

à ma sœur Neila ainsi que son marie Billel

A mes petites sœurs Kori et Batoul

A mes tantes et à mes cousines

A mes amies et collègues.

Ce mémoire représente l'aboutissement du soutien et des encouragements qu'ils

m'ont prodigués tout au long de ma scolarité.

Qu'ils en soient remerciés par cette sincère dédicace.

STASAIID Fatma Zohra

# Correction d'un stress salin avec deux formulations à base de jus de lombricompost et d'oligoéléments: Cas de la tomate

## Résumé

Trois régies expérimentales ont été utilisés dans le but d'étudier l'effet de: biofertilisant à base de jus de lombricompost, biofertilisant à base d'oligoéléments et biofertilisant à base de Manganèse sur la germination de graines de tomate *Solanum lycopersicum* L variété Saint Pierre en conditions de stress salin. Ces biofertilisants utilisés individuellement, en priming ou en combinaison avec la solution saline ont exprimé des effets très significatifs sur les paramètres de germination étudiés (taux d'inhibition, taux de germination, vitesse de germination, index de germination et longueur des radicules) des graines de tomate. En outre, le biofertilisant à base de jus de lombricompost a donné des améliorations plus ou moins significatives et qui sont proches de celles du témoin négatif (eau) alors que ceux à base d'oligoéléments et de Manganèse ils arrivaient tout juste à surmonter le stress. Aussi l'utilisation de l'ensemble de ces bioproducts était plus efficace lorsqu'ils sont combinés qu'en priming. Au final, on peut juger que le traitement qui a été le plus efficace pour améliorer la croissance des graines de tomates en atténuant les effets inhibiteurs du stress salin est celui du jus de lombricompost

**Mots clés:** biofertilisant, combinaison, germination des graines, Manganèse, priming, *Solanum lycopersicum* L.

## **Correction of a saline stress with two formulations containing juice of lombricompost and trace elements: Case of tomato**

### **Abstract**

The purpose of three experimental controls are to study the effect of: biofertilisant containing juice of lombricompost, biofertilisant containing trace elements and biofertilisant containing Manganese on the tomato seed germination *Solanum lycopersicum L* variety Saint Pierre in conditions of saline stress. These biofertilisants used individually, in priming or combination with the saline solution expressed very significant effects on the studied parameters of growth (inhibition rate, germination rate, kinetics of germination, germination rate, germination index and length of rootlets) on tomato seeds. In addition, the fertilizer based vermicompost juice gave more or less significant improvements and that are close to those of the control (water) while those in trace elements base and Manganese they managed to bolt overcome stress. Also the use of these organic fertilizers was more effective when they are combined than in priming. Finally, we can judge that the treatment was most effective for improving the growth of tomato seeds by reducing the inhibitory effects of salt stress is that vermicompost juice

**Keywords:** organic fertilizer, combination, seed germination, Manganese, priming, *Solanum lycopersicum L*

## تصحيح الاجهاد الملحي بصياغة قاعدة محلول لومبري كومبوست و قاعدة محلول المتضمن للعناصر النزرة

### ملخص

الهدف من ثلاث تجارب تحت السيطرة هو دراسة التأثير الخاص بالـ"بيوفيرتيليسانت" المتضمن لسائل الـ " لومبريكومبوست " , و الـ"بيوفيرتيليسانت" المتضمن للعناصر النزرة و الـ"بيوفيرتيليسانت" المتضمن للمنغنيز على انبات بذرات الطماطم المعروفة بـ " *Solanum lycopersicum L* variety Saint Pierre " في الظروف الملحية الصعبة . تستخدم هذه البيوفيرتيليسانت فرادا , او مع المحلول الملحي combinaison او priming الذي يقوم باظهار تأثير على المعاملات المدروسة التي تخص معدل النمو و التنشيط , معدل الانبات , حركة الانبات , معدل الانبات , صفحة الانبات , و طول الجذر , على نبات الطماطم . بالاضافة الى المخصب المعتمد على سائل الفيرميكومبوست , حيث يعطي تحسنا ملموس سواء اكثر او اقل بحيث تكون مقاربة للمجموعة التي تقبع تحت السيطرة (ماء) , في حين المجموعة التي تحتوي على العناصر النزرة و المنغنيز التي بدورها التي تظهر تفوقا في مقاومة الصعوبات . بالاضافة الى ان استخدام المخصبات العضوية تعطي تأثيرا افضل عندما تستخدم مدموجة عن كونها لوحدها . اخيرا , نستطيع الحكم بان المعالجة كانت تساهم في تحسين النمو لبذور الطماطم , عن طريق تقليل التأثير الملحي الذي يثبط من عمليات النمو

كلمات البحث بيوفارتييليسانت، انبات بدرات الطماطم، منغنيز، *Solanum lycopersicum L*, combinaison , priming

## Liste des figures

Figure 1 :	Dispositif de production du jus de lombricompost.....	16
Figure 2 :	Présentation générale de l'hortibox.....	18
Figure 3 :	Présentation générale du dispositif expérimentale.....	19
Figure 4 :	Méthode de mesure des racines.....	22
Figure 5 :	Variation temporelle du taux d'inhibition des graines de tomate selon les différentes régies.....	24
Figure 6 :	Effets comparé des modes de régies par de l'eau courante sur le taux d'inhibition des graines de tomate en condition de stress salin.....	25
Figure 7 :	Effets comparé des modes de régies par le fertilisant à base de jus de lombricompost sur le taux d'inhibition des graines de tomate en condition de stress salin.....	26
Figure 8 :	Effets comparé des modes de régies par le fertilisant à base d'oligoéléments sur le taux d'inhibition des graines de tomate en condition de stress salin.....	27
Figure 9 :	Effets comparé des modes de régies par le fertilisant à base de Manganèse sur le taux d'inhibition des graines de tomate en condition de stress salin.....	28
Figure 10 :	Variation temporelle du taux de germination des graines de tomate selon les différentes régies.....	30
Figure 11 :	Effets comparé des modes de régies par de l'eau courante sur le taux de germination des graines de tomate en condition de stress salin.....	31
Figure 12 :	Effets comparé des modes de régies par le fertilisant à base de jus de lombricompost sur le taux de germination des graines de tomate en condition de stress salin.....	32
Figure 13 :	Effets comparé des modes de régies par le fertilisant à base d'oligoéléments sur le taux de germination des graines de tomate en condition de stress salin.....	33
Figure 14 :	Effets comparé des modes de régies par le fertilisant à base de Manganèse sur le taux de germination des graines de tomate en condition de stress salin.....	34
Figure 15 :	Variation temporelle de la vitesse de germination des graines de tomate selon les différentes régies.....	36
Figure 16 :	Effets comparé des modes de régies par de l'eau courante sur la vitesse de germination des graines de tomate en condition de stress salin.....	37
Figure 17 :	Effets comparé des modes de régies par le fertilisant à base de jus de lombricompost sur la vitesse de germination des graines de tomate en condition de stress salin.....	38
Figure 18 :	Effets comparé des modes de régies par le fertilisant à base d'oligoéléments	39



	sur la vitesse de germination des graines de tomate en condition de stress salin.....	
Figure 19 :	Effets comparé des modes de régies par le fertilisant à base de Manganèse sur la vitesse de germination des graines de tomate en condition de stress salin.....	40
Figure 20 :	Variation de l'index de germination des graines de tomate selon les différentes régies.....	41
Figure 21 :	Variation de la croissance racinaire des graines de tomate selon les différentes régies.....	42

### Liste des tableaux

Tableau 1 :	Modèle GLM appliqué aux valeurs du taux d'inhibition de la germination des graines de tomate selon deux modes de régies par de l'eau courante.....	25
Tableau 2 :	Modèle GLM appliqué aux valeurs du taux d'inhibition de la germination des graines de tomate selon deux modes de régies par un fertilisant à base de jus de lombricompost.....	26
Tableau 3 :	Modèle GLM appliqué aux valeurs du taux d'inhibition de la germination des graines de tomate selon deux modes de régies par un fertilisant à base d'oligoéléments.....	27
Tableau 4 :	Modèle GLM appliqué aux valeurs du taux d'inhibition de la germination des graines de tomate selon deux modes de régies par un fertilisant à base de Manganèse.....	28
Tableau 5 :	Modèle GLM appliqué aux valeurs des taux de germination des graines de tomate selon deux modes de régies par de l'eau courante.....	31
Tableau 6 :	Modèle GLM appliqué aux valeurs du taux de germination des graines de tomate selon deux modes de régies par un fertilisant à base de jus de lombricompost.....	32
Tableau 7 :	Modèle GLM appliqué aux valeurs du taux de germination des graines de tomate selon deux modes de régies par un fertilisant à base d'oligoéléments.....	33
Tableau 8 :	Modèle GLM appliqué aux valeurs du taux de germination des graines de tomate selon deux modes de régies par un fertilisant à base de Manganèse.....	34
Tableau 9 :	Modèle GLM appliqué aux valeurs de la vitesse de germination des graines de tomate selon deux modes de régies par de l'eau courante.....	37
Tableau 10 :	Modèle GLM appliqué aux valeurs de la vitesse de germination des graines de tomate selon deux modes de régies par un fertilisant à base de jus de lombricompost.....	38
Tableau 11 :	Modèle GLM appliqué aux valeurs de la vitesse de germination des graines	39

de tomate selon deux modes de régies par un fertilisant à base d'oligoéléments.....

Tableau 12 : Modèle GLM appliqué aux valeurs de la vitesse de germination des graines de tomate selon deux modes de régies par un fertilisant à base de Manganèse.....

## Table des matières

<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>.....</b>	
<b>Chapitre I: Synthèse bibliographique sur le stress et la salinité.....</b>	<b>2</b>
<b>.....</b>	
1. Les stress abiotiques.....	2
1.1. Définition d'un stress.....	2
1.2. Les différents types de stress.....	2
.....	2
1.2.1. Le stress ionique .....	2
.....	2
1.2.2. Le stress hydrique lié aux humidités relatives du sol et de l'air.....	3
.....	3
1.2.3. Le stress thermique lié aux fluctuations thermiques .....	4
1.3. Mécanismes d'adaptation au stress.....	4
1.3.1. Aptitude à échapper au stress.....	4
1.3.2. Aptitude à résister au stress.....	5
.....	5
1.3.3. Mécanismes d'évitement.....	5
.....	5
1.3.3.1. Adaptation morphologiques.....	5
1.3.3.2. Fonctionnement stomatique.....	5
1.3.4. Mécanisme de tolérance.....	6
.....	6
1.3.4.1. Ajustement osmotique.....	6
1.3.4.2. Compartimentation intracellulaire.....	6
1.3.4.3. La tolérance par réduction des besoins nutritionnels.....	7
.....	7
1.3.4.4. La tolérance par le maintien de l'intégrité des structures membranaires (résistance protoplasmique).....	7
1.4. Le stress salin.....	7
1.4.1. Halophytes et glycophytes.....	9
1.4.2. Effets du stress salin sur la plante.....	10
1.4.2.1. Sur la germination.....	10
1.4.2.2. Sur la plante entière.....	10
1.4.2.3. Sur les paramètres de croissance.....	11
1.4.2.4. Sur les paramètres hydriques.....	11
1.4.2.5. Sur la biochimie de la plantes.....	11
.....	11
1.4.2.6. Sur l'anatomie de la plante.....	12
2. Moyen de correction du stress.....	12

salin.....			
2.1. Traitement physique par apports de gypse.....			12
2.2. Traitement biologique par apports de dérivés microbiens et de matière organique.....			13
<b>Chapitre II: Matériel et méthodes.....</b>			<b>15</b>
1 Présentation du site d'étude et conditions expérimentales.....			15
2 Matériel d'étude.....			15
2.1. Matériel végétal.....			15
2.2 Présentation des fertilisants.....			15
2.2.1 Biofertilisant formulé à base de jus de lombricompost brut.....			15
2.2.2 Fertilisant à base d'oligoéléments.....			16
2.2.3 Fertilisant à base de Manganèse (Mn).....			17
3 Méthodes d'étude.....			17
3.1 Dispositif expérimental.....			17
3.2 Paramètres étudiés.....			20
4 Analyses statistiques des résultats.....			22
<b>Chapitre III: Résultats.....</b>			<b>23</b>
1 Taux d'inhibition.....			23
1.1. Variation temporelle du taux d'inhibition.....			23
1.2. Etude comparée du taux d'inhibition selon les différentes régions.....			25
2 Taux de germination.....			29
2.1. Variation temporelle du taux de germination.....			29
2.2. Etude comparée du taux de germination selon les différentes régions.....			31
3 Vitesse de germination.....			35
3.1. Variation temporelle de la vitesse de germination.....			35
3.2. Etude comparée de la vitesse de germination selon les différentes régions.....			37
4 Index de germination.....			41

5	Mesure	de	la	partie	radiculaire	
	.....					41
	<b>Discussion</b>					
	.....					<b>43</b>
	<b>Conclusion et</b>					
	<b>Perspectives</b> .....					<b>46</b>
	<b>Références bibliographiques</b> .....					
	.....					<b>47</b>

## Introduction

La salinité est considérée comme un facteur majeur affectant la productivité agricole dans le monde entier, particulièrement dans les zones arides et semi arides. Dans ces régions, la salinisation des sols est causée par certains facteurs tels que: les basses précipitations, les mauvais drainage, l'eau d'irrigation chargée en sels qui s'accumulent au niveau de la couche superficielle du sol, la mauvaise gestion d'eau, le taux d'évaporation élevé, surtout dans les zones qui se trouvent à proximité de la mer et/ ou l'augmentation de la capillarité des sels provenant de la nappe souterraine dans la zone des racines en raison de l'évaporation excessive (**GAMA et al., 2007; RADY et al., 2013**).

La salinité réduit la croissance des plantes et le rendement en raison du manque d'eau comme elle peut modifier le processus métabolique de la plante (**MUNNS, 1993 et 2002**).

Les plantes cultivées sous des conditions de stress salin sont affectées de trois manières: déficit d'eau causé par la réduction du potentiel d'eau dans la rhizosphère, une phytotoxicité par les ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  et un déséquilibre nutritif par la réduction de la prise et/ou du transport de pousses (**MUNNS et TERMAAT, 1986; MARSCHNER, 1995**).

Les produits biostimulants des plantes et les produits antioxydants sont des substances lorsqu'elles sont appliquées en trempage des semences et / ou pulvérisation foliaire modifient positivement la croissance des plantes ainsi que la production par le biais d'une performance au niveau des processus métaboliques dans les conditions normales ou dans des conditions de stress (**Anonyme, 2012; RADY et al., 2013; SEMIDA et RADY, 2014**).

Dans ce contexte et à titre expérimental, on se propose dans cette étude d'évaluer l'effet stimulateur de la germination des graines de tomate (*Solanum lycopersicum*. L) en condition de stress salin d'une gamme de biofertilisants à base de jus de lombricompost, biofertilisant à base d'oligoéléments et biofertilisant à base de Manganèse utilisés dans des régies différentes (combinaison et priming)

# Chapitre I: Synthèse bibliographique sur le stress et la salinité

## 1. Les stress abiotiques

### 1.1. Définition d'un stress

Le stress dans son aspect physique; est une contrainte qui peut se résumer à une ou plusieurs force(s) de déformations appliquée(s) 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. Il existerait une déformation élastique impliquant une modification réversible, jusqu'à un certain point, dépendant du corps en question, dont l'action du stress sera réversible et élastique. Au delà, la tension provoquée par le stress entrainera des changements irréversibles et plastiques (LEVITT, 1980).

Par analogie à la physiologie des plantes, une contrainte environnementale provoquerait une tension interne chez l'organisme exposé. Le niveau de tension interne (stress) perçu par la plante, dépendra de la résistance de l'organisme au type et à l'intensité du stress ainsi qu'à la durée d'exposition. En effet, si l'intensité d'un stress est trop faible pour provoquer des dommages irréversibles à court terme, à long terme, ce stress peut provoquer des changements plastiques, voire la mort de l'organisme (LEVITT, 1980 ; LICHENTHALER, 1996; MUNNS, 2002).

### 1.2. Les différents types de stress

Parmi ces contraintes environnementales on peut distinguer suivant leur nature

#### 1.2.1. Stress ionique

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

#### 1.2.2. Stress hydrique

Les stress hydriques du sol doivent être décomposés en déficit hydrique et l'excès d'eau entraînant l'asphyxie. Les stress hydriques de l'atmosphère définis comme des réductions de l'humidité relative de l'air, entraînant des modifications du pouvoir évaporant et de la transpiration foliaire.

L'eau joue un rôle dominant sur les phénomènes de croissance et de développement. Un stress hydrique peut limiter ainsi la croissance des végétaux, en modifiant le bilan entre la disponibilité et les besoins (**BEZZALA, 2005**). Il induit, chez les plantes stressées une diminution du contenu relatif en eau et une réduction significative de la production de la biomasse totale (**KRAMER, 1980; ALBOUCHI *et al.*, 2000**). Concomitante à une réduction de la croissance en diamètre et en hauteur des tiges (**AUSSENAC *et al.*, 1984; VAN HEES, 1997 ; THOMAS et GAUSLING, 2000**). De même, le niveau d'eau affecte la distribution de la biomasse chez les plantes stressées (**LEDIG, 1981**). Liée à la complémentarité des fonctions de croissance des parties racinaires et aériennes. Souvent, la réponse d'une plante soumise à un assèchement du sol se traduit par une allocation préférentielle de biomasse vers les racines exprimée par une augmentation du rapport en matière sèche entre la partie souterraine et la partie aérienne (**ALBOUCHI *et al.*, 2003**).

Les dégâts produits par le stress hydrique se manifestent par une chlorose, des phénomènes de sénescence, l'abscission des feuilles de la base et le flétrissement. Les feuilles nouvellement formées, montrent une réduction de leur surface (**DE BEAKE *et al.*, 1996**).

En situation de déficit hydrique, la plante ferme ses stomates pour réduire ses pertes en eau (**TARDIEU et DREYER, 1997**). Cette fermeture va entraîner des modifications physiologiques, morphologiques, et phénologiques. L'entrée du CO<sub>2</sub> est également limitée lors de cette fermeture, entraînant une perturbation de l'activité photosynthétique. La fermeture emprisonne une bonne part de l'énergie destinée à être dissipée par la transpiration, ce qui a pour conséquence l'augmentation de la température foliaire. Le stress hydrique a ainsi un effet direct sur la température de la végétation. Selon son intensité et son apparition dans le développement de la plante, le stress hydrique peut entraîner ou non une perte de la qualité et du rendement dans la production agricole par la modification de la mise en place des capteurs photosynthétiques, la répartition des assimilats entre les différents organes (tiges, feuilles et graines) et l'accumulation des composés majeurs (lipides, protéines, glucides) (**INRAA, 2002**).

Les paramètres biophysiques et physiologiques de la plante (photosynthèse, conductance stomatique, teneur en chlorophylle, potentiel hydrique...), du fait de leur relation avec le statut hydrique peuvent être des paramètres indicateurs de l'état hydrique des plantes stressées (**SLAMA *et al.*, 2005**).

### **1.2.3. Stress thermique**

En réalité les contraintes environnementales subies par la plante associent le plus souvent, plusieurs types de stress (**LU *et al.*, 2003**): la salinité par exemple, comprend des stress ioniques (toxicité, des ions Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup>) et osmotiques; la sécheresse distinctement visible par l'effet des basses températures, gélives ou non gélives, et les hautes températures. Elle recouvre souvent à la fois des stress thermiques et hydriques (ces derniers induisent des stress ioniques) (**BELHASSEN *et al.*, 1995**).

### **1.3. Mécanismes d'adaptation au stress**

**ARNHOLDT et SCHMITT (2004)**, soulignent que sous la contrainte d'une force, un organisme vivant est capable de s'adapter. Ils signalent deux types d'adaptation:



*L'adaptation plastique (ou résistance à l'adaptation)*, elle inhibe la croissance et ainsi tous dommages irréversibles éventuels jusqu'à la disparition partielle ou complète de l'agent stressant.

*L'adaptation élastique (ou capacité d'adaptation)*, elle concerne un organisme adapté qui peut vivre, croître et réaliser son cycle de vie en présence du stress. Si l'adaptation est élastique, elle engendre des stratégies de résistance particulières.

**LEVITT (1980)** signale l'existence deux stratégies de résistance la résistance par exclusion, souvent réduite au terme de résistance. L'organisme inhibe ou réduit la pénétration de la sève dans ses tissus. L'organisme augmente ainsi le niveau de stress nécessaire pour un même niveau de tension interne. La résistance par tolérance inclusion souvent réduit en termes de tolérance. L'organisme absorbe l'agent stressant pour rétablir l'équilibre thermodynamique avec son environnement sans subir de blessures irréversibles tout en poursuivant sa croissance. L'organisme réduit ainsi la tension interne pour un même niveau de stress.

### **1.3.1. Aptitude à échapper au stress**

Pour éviter les périodes difficiles pour la croissance et le développement, certaines variétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de la contrainte hydrique. La précocité constitue donc un important mécanisme d'évitement au stress. Dans ces conditions, les paramètres phénologiques d'adaptation ou paramètres de précocité définissent le décalage du cycle vis-à-vis des contraintes environnementales. La précocité assure une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau (**SLAMA et al., 2005**).

### **1.3.2. Aptitude à résister au stress**

Deux mécanismes sont possibles: l'un correspond aux stratégies d'évitement, l'autre à des stratégies de tolérance au stress. Dans le premier cas, les mécanismes mis en œuvre sont le plus souvent intégrés à l'échelle de la plante entière. Dans le second, les mécanismes impliqués assurent le maintien de l'intégrité du fonctionnement des structures cellulaires. Il s'agit alors de la tolérance protoplasmique au stress. Les stratégies d'évitement et de tolérance ne s'excluent pas au sein d'un même végétal. Le plus souvent ils cohabitent (**TESTER et DAVENPORT, 2003**).

### **1.3.3. Mécanismes d'évitement**

#### **1.3.3.1. Adaptation morphologiques**

L'effet du stress peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou variété, par des modifications morphologiques pour augmenter l'absorption d'eau et /ou pour diminuer la transpiration et la compétition entre les organes pour les assimilés (**SLAMA, 1996**).

#### **1.3.3.2. Fonctionnement stomatique**

**ERCHIDI et al. (2000) et SLAMA (2002)**, annoncent que la fermeture stomatique est un moyen d'adaptation des plantes au stress. Cette diminution de la transpiration peut engendrer des stomates de petite taille et à fermeture rapide. Les mêmes auteurs ont constaté que les variétés

ayant une conductance et une densité stomatique élevées sont plus résistantes au stress. D'autres parts, divers auteurs attribuent le mécanisme de fermeture des stomates à un contrôle hormonal (BEZZALA, 2005).

TAZI *et al.* (2003), informent que la fermeture stomatique et une forme d'adaptation de la partie aérienne, induisant à une réduction de la surface transpirante. Cependant, ALBOUCHI *et al.* (2003), attribut la réduction du fonctionnement stomatique à l'extension racinaire

### 1.3.4. Mécanisme de tolérance

#### 1.3.4.1. Ajustement osmotique

Lors d'un stress le potentiel de la plante peut être maintenu par un ajustement osmotique. Cela implique l'accumulation, au niveau cellulaire, des osmoprotecteurs qui sont des composés fortement solubles, neutres, incluant des métabolites secondaires tels que la glycine bétaine, des polyols tels que le mannitol, ou autres composés tels que la proline et les sucres, d'ions ou d'autres solutés compatibles (non toxiques).

Face à un stress salin, le  $\text{Na}^+$  s'accumule dans les vacuoles, tout en maintenant l'équilibre du potentiel osmotique dans le cytoplasme. Cette stratégie est rendue possible par la synthèse et l'accumulation dans le cytoplasme, de produits organiques qui n'altèrent pas les réactions biochimiques (LEVITT, 1980; YEO, 1983; YEO, 1998; HU, 2000; MANSOUR, 2000; CHEN et MURATA, 2002; GARG *et al.*, 2002).

L'accumulation de ces osmoprotecteurs, protègent les plantes contre les dommages qu'elles peuvent subir. Entre autres, ils aident les plantes dans le maintien de la structure des protéines (HUANG *et al.*, 2000).

Il est difficile de séparer l'effet des osmoprotecteurs sur la tolérance à la salinité et de celle à la sécheresse. Il semble que ces composés, soient efficaces en maintenant un potentiel osmotique négatif dans le cytoplasme, et en protégeant les structures protéiques ribosomales, des effets détériorants des ions dans le cytoplasme (TESTER et DAVENPORT, 2003).

Il est connu que le taux de sucre augmente considérablement chez les plantes soumises aux différents types de stress (CHUANYANG, 2003). L'accumulation des osmolites permet de créer un influx d'eau dans la cellule, en augmentant la force de rétention des molécules d'eau. Le maintien de cette quantité d'eau permet ainsi de conserver la turgescence nécessaire à la croissance (TESTER et DAVENPORT, 2003).

#### 1.3.4.2. Compartimentation intracellulaire

La manière la plus directe pour maintenir un niveau cytoplasmique bas en ions  $\text{Na}^+$  et de le garder dans les vacuoles des cellules, dans le but de maintenir les potentiels osmotiques égaux chez la vacuole et le cytoplasme (CHEESEMAN, 1988; MUNNS, 1993; NIU *et al.*, 1995; YEO, 1998; ASHRAF et AHMAD, 2000; HORIE et SCHROEDER, 2004).

La compartimentation intracellulaire peut également être associée à la succulence, pour fournir un plus grand volume de vacuole dans lequel les ions Na seront stockés. Dans ce processus, les ions passent dans les cellules des feuilles, puis est pompé dans les vacuoles, avant que les concentrations augmentent dans le cytoplasme (NIU *et al.*, 1995; TYERMAN et SKERRETT, 1999; ORCUTT et NILSEN, 2000; TESTER, 2003).

#### **1.3.4.3. La tolérance par réduction des besoins nutritionnels**

Certaines plantes sont tolérantes au déficit nutritionnel prolongé. Cela est l'une des causes du succès des plantes succulentes sous conditions extrêmes. Il a été constaté une réduction de la biomasse sèche et allocation de biomasse vers les racines des jeunes plants de Casuarina, suite à un stress hydrique (ALBOUCHI *et al.*, 2003)

#### **1.3.4.4. La tolérance par le maintien de l'intégrité des structures membranaires (résistance protoplasmique)**

Dans le cas de certaines espèces sensibles aux stress, l'organisation générale de la cellule peut être affectée dans la mesure où le stress conduit à une perte de la compartimentation, et à une destruction de certains organites cellulaires. Le tonoplaste se scinde en petites vacuoles, les crêtes mitochondriales se dégradent et les chloroplastes perdent leur organisation moléculaire. Ces modifications ultra structurales pourraient perturber les processus primaires de photosynthèse et altérer les principaux composants membranaires. La tolérance cellulaire au stress implique que les attaques chimiques et enzymatique dirigées contre les systèmes membranaires soient peu être efficaces et/ ou que les composants (lipides et protéines) soient peu sensibles à ces attaques du fait de leur composition ou encore qu'ils soient efficacement protégés contre les dégradations (TESTER et DAVENPORT, 2003).

### **1.4. Le stress salin**

Les terrains salés sont fréquents au Maghreb, aussi bien en situation littorale que continentale, (les chotts, sebkhas) leurs végétation est encore relativement en bon état même s'ils constituent des pâturages très appréciés par les ovins et les camelins. Leurs structures s'organisent en fonction de la teneur en sel du sol (QUEZEL, 2000). L'existence d'une crise de salinité est actuellement un fait en méditerranée (JEBARA *et al.*, 2000; BELKHODJA et BIDAI, 2004). De nos jours la salinité affecte plus de 100 pays du monde, ou beaucoup de régions sont touchées par la salinisation à cause de mauvaises pratiques d'irrigation (HILLEL, 2005). Selon MARTINEZ BERTIAN et MANZUR (2005), tous les sols affectés par la salinité et la sodicité, étaient de 831 millions d'hectares en 2000.

Le stress salin peut directement ou indirectement affecter le statut physiologique des plantes en changeant le métabolisme, la croissance, et le développement des plantes (AJMAL KHAN, 2000; GARG *et al.*, 2002). Les solutions salines des sols font subir aux plantes deux types de stress: stress osmotique et stress ionique. Ces stress peuvent être distingués à plusieurs niveaux. Chez les plantes sensibles au sel, les parties aériennes et à moindre degré la croissance des racines est réduite dans les heures qui suivent le stress salin. Cet effet ne semble pas dépendre de la concentration des ions Na<sup>+</sup> dans les tissus en croissance, mais c'est plutôt une réponse à

l'osmolarité de la solution externe (**MUNNS, 2000**). Les contraintes dues à l'accumulation spécifique de  $\text{Na}^+$  dans les tissus des feuilles se caractérisent par la nécrose des feuilles les plus anciennes, commençant au bout de celles-ci et les marges, puis continuent vers la partie basale de la feuille. Les effets spécifiques du  $\text{Na}^+$  s'ajoutent à l'effet osmotique du  $\text{NaCl}$ , et montrent une plus grande variation chez les espèces végétales que l'effet osmotique seul (**MUNNS, 2002**)

Quelques effets de hautes concentrations en  $\text{NaCl}$  du sol, sont également le résultat de la déficience d'autres éléments nutritifs (**SILBERBUSH et BEN-ASHER, 2001**), ou des interactions avec d'autres facteurs environnementaux, tels que la sécheresse, qui aggrave les problèmes de toxicité au  $\text{Na}^+$ . Il est rapporté aussi que les insuffisances nutritives peuvent se produire, car aux taux élevés, l'ion  $\text{Na}^+$  empêche l'absorption d'autres éléments. Cet effet est dû à l'interférence des transporteurs, au niveau de la membrane plasmique des racines, comme les canaux sélectifs de l'ion  $\text{K}^+$ . L'inhibition de la croissance des racines par l'effet osmotique de l'ion  $\text{Na}^+$  est en raison des effets néfastes de l'ion  $\text{Na}^+$  sur la structure du sol (**TESTER, 2003**). Ainsi, l'absorption d'eau, la croissance, la nutrition minérale, et la multiplication des microorganismes du sol, peut être inhibée.

La toxicité métabolique du  $\text{Na}^+$  est en grande partie, un résultat de sa capacité à concurrencer l'ion  $\text{K}^+$ , pour les récepteurs essentiels pour le fonctionnement cellulaire. Plus de cinquante enzymes sont activés par l'ion  $\text{K}^+$ , et le  $\text{Na}^+$  ne peut pas remplir ce rôle. Ainsi, des niveaux élevés de  $\text{Na}^+$ , ou des rapports  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  importants, peuvent perturber divers processus enzymatiques dans le cytoplasme. D'ailleurs, la synthèse des protéines, exige des concentrations élevées de  $\text{K}^+$ , cela est dû à la nécessité de la présence de l'ion  $\text{K}^+$  pour l'adhésion de L'ARN aux ribosomes, et à d'autres aspects du fonctionnement des ribosomes (**BLAHA et al., 2000**).

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

D'après **RANGEL (1992)** puis **CRAMER (2002)**, l'addition du  $\text{Ca}^{++}$ , réduit l'accumulation de l'ion  $\text{Na}^+$  et améliore la croissance en condition saline.

Pour un ensemble d'espèces, on constate souvent, que les plantes qui peuvent tolérer les environnements modérément salins, ont une plus grande capacité d'exclure l'ion  $\text{Na}^+$  par la partie aérienne, ou au moins les limbes de feuilles. Elles maintiennent concurremment des niveaux élevés de  $\text{K}^+$  (**ZHU et al., 2001**).

**BERTHOMIEU et al. (2003)**, ont montré chez *Arabidopsis thaliana* une troisième stratégie à l'intermédiaire entre l'exclusion et l'inclusion: la recirculation. Le  $\text{Na}^+$  est absorbé et parvient jusqu'aux parties aériennes, mais il est aussitôt «re-pompé» et reconduit par les vaisseaux du phloème vers les racines, qui peuvent excréter les ions à l'extérieur.

La résistance par exclusion semble être une évolution par rapport à la résistance par tolérance puisque ne pas réaliser l'équilibre thermodynamique (en réduisant la tension interne) pour préserver les fonctions métaboliques à leur optimum favorise une meilleure croissance (**LEVITT, 1980**).

La plante peut rétablir l'équilibre homéostatique dans le nouvel environnement stressant; l'homéostasie se définit comme la capacité d'autorégulation d'un organisme pour maintenir un état d'équilibre dynamique constant entre les conditions extérieures et les différentes composantes de son milieu interne (NIU *et al.*, 1995). Suite à cette adaptation, la croissance peut reprendre et est possiblement réduite relativement aux conditions antérieures moins stressantes (YEO, 1983; ZHU, 2001).

#### 1.4.1. Halophytes et glycophytes

Le terme halophyte (du grec «halo»: sel et «phyt(o)»: plante) définit un organisme qui vit, croît, et se reproduit naturellement dans un milieu salin alors qu'une glycophyte (du grec «glyco»: sucré) ne peut croître en milieu salin. La grande majorité des stress salins est provoquée par des sels de Na, particulièrement le NaCl. De ce fait, les termes halophytes et glycophytes font essentiellement référence aux stress provoqués par un excès de sel alors qu'une plante halophyte facultative se développera normalement dans des conditions non stressantes. À l'inverse, une plante glycophyte obligatoire ne se développera jamais en présence d'un excès de sel (LEVITT, 1980; TESTER et DAVENPORT, 2003).

Certaines halophytes peuvent accumuler des quantités exagérées de NaCl dans la partie aérienne. Cette tendance est associée aux halophytes dicotylédones, où il est utilisé comme osmoticum. Ces plantes peuvent maintenir aussi un taux élevé du rapport  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ . Cela est dû au fait qu'ils stockent les ions  $\text{Na}^+$  dans la vacuole, et exigent relativement une faible quantité des ions  $\text{K}^+$  pour le métabolisme cytosolique. Tandis que les monocotylédones peuvent avoir moins de capacités de stockage, exigent plus d'ions  $\text{K}^+$  et des osmoticums compatibles (GLENN, 1999).

#### 1.4.2. Effet du stress salin sur la plante

##### 1.4.2.1. Sur la germination

La germination des graines qu'elles soient halophiles ou glycophiles, est affectée par la salinité (DEBEZ, 2001). Les concentrations élevées du sel empêchent la germination d'*Arabidopsis thaliana* (WERNER et FENKLSTEIN, 1995; ZHU, 2000). D'après Askri *et al.* (2007), au stade de germination des graines de pastèque (*Citrullus lanatus*) mises à germer dans des solutions salines de NaCl allant de (0,50, 100, 150 et 200mM) ont montré qu'à 50 et 100 mM il y a respectivement une réduction de la vitesse de germination et de la capacité germinative. Une autre étude faite sur les graines d'artichaut, a montré que plus de 50% des graines irriguées avec des solutions salines sont mortes 4 à 5 jours après l'émergence de la racine (MAUROMICALE et LICANDRO, 2002). Même chez les halophytes, la germination est affectée par la salinité. Elle empêche l'absorption de l'eau (effet osmotique), dans quelques cas, c'est dû à un effet ionique. Quand le stress salin est levé et que la germination est remise dans des conditions normales, les graines reprennent leurs activités (DUAN *et al.*, 2004). Les graines d'*Atriplex halimus* L. sont sensibles au NaCl, même s'il existe une variabilité dans la réponse au stress selon les provenances des graines. Elle est ralentie à partir de  $10\text{g.L}^{-1}$  de NaCl, et d'avantage inhibée à des concentrations plus élevées. C'est une inhibition d'origine osmotique qui empêche l'imbibition des graines (DEBEZ *et al.*, 2001).

#### 1.4.2.2. Sur la plante entière

Le NaCl provoque la réduction de la croissance et du développement des plantes (**Yang et al., 2005**). Il a un effet même sur la morphologie des plantes (**WANG et al., 2001**). En général c'est la partie aérienne qui souffre de diminution (**ABBAD et al., 2004**). Chez *Atriplex halimus L.*; les mêmes auteurs pensent que cela et sans doute du à la mauvaise absorption de l'eau. Chez la pomme de terre (*Solanum tuberosum L.*), la présence du sel dans l'eau d'irrigation provoque la réduction du diamètre des tubercules, la diminution du nombre des yeux par tubercule, et fissuration de l'épiderme du tubercule (**HANNASHI et al., 2004**).

#### 1.4.2.3. Sur les paramètres de croissance

Le stress salin a une grande influence sur la croissance des végétaux. La feuille est le premier organe qui répond à ce stress par une réduction de la taille (**SIBOLE et al., 2003**). L'eau saline empêche la croissance des plantes par un effet osmotique, qui réduit leur capacité à puiser l'eau et par l'excès d'ions nuisibles qui s'accumulent dans les cellules (**MUNNS, 2002 et; 2005**).

Chez la betterave sucrière, après un arrosage avec 200mM de NaCl, elle perd 20% de son poids sec, alors que le coton perd jusqu'à 60% de son poids sec par rapport au témoin (**MUNNS, 2002**). Par contre chez *Daucus carota L.* une diminution de 15% et 37% de biomasse est enregistrée avec des salinités respectives de 40 et 80 mM de NaCl (**GIBBERD et al., 2002**). L'orge (*Hordeum vulgare*), considéré comme tolérant au sel, chute de 55% à 58% au niveau de la biomasse quand il est arrosé avec 150mM de NaCl (**GARTHWAITE et al., 2005**).

#### 1.4.2.4. Sur les paramètres hydriques

Le stress salin induit des changements au niveau du statut hydrique de la plante (**FRICKE et PETERS, HASEGAWA et al., 2000, 2000 et 2002**). Le stress salin réduit le contenu relatif en eau des feuilles (**ALBOUCHI et al., 2003**), il diminue la transpiration (**RENGASAMY, 2006**), l'absorption hydrique par les racines, ce fait a été établi chez des plantes de résistance différentes (**SNOUSSI et al., 2004**).

#### 1.4.2.5. Sur la biochimie de la plantes

Certaines molécules, comme les sucres solubles, jouent un rôle osmotique dans le cytoplasme en condition de stress salin. Les états de haute salinité induisent un changement de métabolisme des sucres dans les tissus végétaux en réponse aux stress osmotiques (**WANG et al., 2000; KAWAZAKI et al., 2001; SEKI et al., 2002, JOUVE et al., 2004**).

Ces composés jouent un rôle très important dans le maintien d'une pression de turgescence qui est à la base des différents processus contrôlant la vie d'une plante. Ils sont accumulés dans la vacuole ou transférés vers les organes puits (**CHUNYANG et KAIYUAN; 2003**). **AIT HDADOU et al. (2002)**, rapportent que des agrumes âgés de dix huit mois arrosés avec des solutions nutritifs additionnées de 25, 35 et 70mM de NaCl durant deux mois, ont vu leur taux en sucre soluble augmenter.

#### 1.4.2.6. Sur l'anatomie de la plante

Le sel peut provoquer la modification du nombre de stomates, du nombre et du diamètre des vaisseaux du xylème chez les halophytes (**LEVIGNERON *et al.*, 1995**). Au niveau cellulaire des études microscopiques indiquent que lors d'un stress les cellules augmentent de volume (la vacuole prend 90% du volume cellulaire) (**WANG *et al.*, 2001**).

Chaque compartiment au niveau des feuilles possède ses propres propriétés hydriques, selon le diamètre des tubes du xylème et la perméabilité à l'eau (**NARDINI et SALLEO; 2005**). *Atriplex halimus L.* possède la particularité de présenter au sein du mésophyle une gaine périvasculaire autour des vaisseaux conducteurs (**HELLER *et al.*, 1998**), son anatomie est associée à la voie photosynthétique empruntée (**SMAIL SAADOUN *et al.*, 2005**).

### 2. Moyens de correction du stress salin

La salinité et la sodicité des sols sont les deux contraintes environnementales majeurs conduisant à la dégradation des sols irrigués dans les régions arides et semi arides dans le monde (**MAHMOODBADI *et al.*, 2013**). Les sols salins sodiques appartiennent à une catégorie importante des sols touchés par la salinité ayant une conductivité électrique (CE) et un taux d'absorption du sodium (RSA) / Pourcentage de sodium échangeable (ESP) élevés (**RICHARDS, 1954**). Les sols salins sodiques sont dégradés par l'effet négatif de la salinité sur la croissance des plantes et celui de la sodicité sur la détérioration de la structure des sols. Ces sols sont riches en sodium soluble et en sodium échangeable, qui causent le gonflement et la dispersion des sols conduisant à une structure pauvre, limitant ainsi l'infiltration de l'eau du sol et la perméabilité (**GHARAIBEH *et al.*, 2010; YU *et al.*, 2010**). En plus des pertes structurelles, les propriétés chimiques et biologiques sont également affectées négativement par la forte salinité et sodicité (**RIETZ AND HAYNES, 2003; GANJEGUNTE *et al.*, 2008; WONG *et al.*, 2008**).

#### 2.1. Traitement physique par apports de gypse

Une bonne amélioration des sols salins-sodiques consiste en une procédure à deux étapes avec l'application d'une source  $\text{Ca}^{2+}$  pour déplacer le  $\text{Na}^+$  sur les surfaces d'argile, qui va favoriser la floculation du sol et par la suite suivie par un lessivage pour drainer les sels du profil du sol (**GUPTA et ABROL, 1990**).

Le gypse est vastement accepté comme une source signifiante de  $\text{Ca}^{2+}$  pour les sols et il a été démontré que son utilisation est la plus commune depuis le temps et est parmi les méthodes de remédiation chimiques primaires utilisées pour les sols salins-sodiques (**OSTER *et al.*, 1999; GHAFOR *et al.*, 2001**). Autres stratégies de réclamation chimique comprend l'application de sulfure élémental ou de l'acide sulfurique, qui solubilise le calcite native et fournit le  $\text{Ca}^{2+}$  nécessaire pour compenser le  $\text{Na}^+$  sur les

sites d'échange (**GUPTA et ABROL, 1990; AMEZKETA et al., 2005; SADIQ et al., 2007**). Toutefois, en raison de l'augmentation des coûts des amendements chimiques, la phytoremédiation avec les cultures tolérantes au sel a été de plus en plus adoptée, spécialement dans les pays développés, comme alternative moins cher par rapport aux amendements chimiques. Cette technique fonctionne de la même manière que celle de la dissolution du calcite native en renforçant la pression partielle du CO<sub>2</sub> (PCO<sub>2</sub>) dans la rhizosphère (**QADIR et al., 2007**). D'autres parts, les amendements organiques représentent une alternative qui réclame un nombre déterminé des sols dégradés, y compris les sols salins. Des améliorations significatives ont été reportées après incorporation de la matière organique tout en respectant les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques (**LAX et al., 1994; LIANG et al., 2005; TEJADA et al., 2006 GHOSH et al., 2010**). Ces amendements ont une importance majeure dans l'amélioration des sols salins car ils contribuent à équilibrer la structure du sol et aident à lessiver le sel (**WAHID et al., 1998; LAKHDAR et al., 2009**).

Alors que le gypse fournit une amélioration chimique, le potentiel de récupération d'amendements organiques comme les compostes a été attribué principalement dans la littérature en addition à la matière organique qui a un rôle important dans l'amélioration de la structure du sol en favorisant l'agrégation du sol en augmentant l'activité microbienne du sol (**ROLDAN et al., 1996; GARCIA-ORENES et al., 2005**).

## **2.2. Traitement biologique par apports de dérivés microbiens et de matière organique**

**AMEZKETA (1999)**, rapporte que souvent l'activité microbienne du sol augmente rigoureusement après des additions de matière organique dues à la plus grande disponibilité des substrats d'énergie. L'activité microbienne du sol est un facteur important commandant le chiffre d'affaire de la matière organique influençant positivement l'agrégation du sol en addition de ses caractéristiques physiques (mouillage alternatif et séchage, congélation et dégel, action mécanique de la flore et la faune) et chimiques (Ca<sup>2+</sup> et d'autres cations polyvalents) facteurs qui aident à la formation des agrégats du sol

L'importance de l'activité microbienne accrue en facilitant l'agrégation et la stabilisation du sol a été bien documentée (**DEGENS, 1997; SIX et al., 2004**). Les exopolysaccharides et le glomalin dérivés microbiens, est une glycoprotéine libéré par les hyphes de champignons mycorrhiziens arbusculaires, sont connus pour jouer un rôle essentiel en favorisant la stabilité globale du sol. Elles améliorent les agrégats du sol et aident à augmenter sa porosité et donc performer la perméabilité (**KANDELER et MURER, 1993; HAYNES et NAIDU, 1998; RILLIG et al., 2002**). Cependant, les avantages attribuant seulement à l'activité biologique améliorée peuvent être inadéquats étant donné que beaucoup de propriétés physicochimiques de ces matériaux peuvent également aider à la remédiation. **WALKER et BERNAL (2008)**, ont reporté que l'application du compost des grignons d'olive et de la fiente de volaille pour remédier les sols salins en Espagne, a conduit à la saturation des sites d'échange avec Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup>. De même, **JALALI et RANJBAR (2009)** ont trouvé que le fumier des ovins et la fiente



de volaille ont contribué à accroître les concentrations du  $\text{Ca}^{2+}$  et de  $\text{Mg}^{2+}$  dans la solution du sol et sur les sites d'échanges. **TEJADA *et al.*, (2006)** ont démontré que le poids moléculaire élevé des acides humiques des composts était essentiel à l'amélioration de l'agrégation des particules du sol. En plus, les anions organiques de ces amendements forment des ponts avec les particules d'argile chargées négativement et les cations polyvalents, contribuant ainsi à l'agrégation du sol et l'amélioration de la conductivité du sol (**TISDALL et OADES, 1982**). En outre, les différentes particules de ces matières organiques sont assez grandes pour créer physiquement des canaux dans les sols salin-sodiques autrement sans structure et pour aider ainsi à améliorer la perméabilité du sol et lixivier le  $\text{Na}^+$  du profil de sol (**LAKHDAR *et al.*, 2009**).

Une autre façon de solubiliser le  $\text{CaCO}_3$  dans le même sol est d'accroître la teneur de matière organique en cultivant des engrais verts ou en appliquant une fumure organique. Cette pratique abaisse le pH par augmentation de la concentration du sol en gaz carbonique. La façon la plus efficace d'améliorer les sols salins/sodiques après lessivage est bien souvent d'y pratiquer une culture bonifiante. Le paillage à l'aide de matériaux organiques peut aussi donner des résultats spectaculaires (**EAVIS et CUMBERBATCH, 1977**).

## Chapitre II: Matériel et méthodes

### Objectif

L'objectif de notre étude est de mettre en valeur l'utilisation des biofertilisants pour corriger les contraintes du phénomène de la salinité en vérifiant le potentiel inhibiteur du sel sur la germination des graines, et la possibilité de différentes solutions à stimuler cette germination

### 1. Présentation du site d'étude et conditions expérimentales

Les essais de la présente étude ont été réalisés au niveau du département de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Blida 1 dans la période entre 10/04/2016 et le 10/05/2016. Le dispositif a été conduit dans un Hortibox ou chambre de culture au niveau du département des Biotechnologies au laboratoire de phytopharmacie de l'Université de Blida 1.

### 2. Matériel d'étude

#### 2.1. Matériel végétal

Les graines de tomate *Solanum lycopersicum L.*, variété Saint Pierre ont été utilisées comme plante test. Ces dernières ont été choisies en raison de leur sensibilité à la salinité (**HARTITI et al., 1989**).

Saint Pierre est une variété fixée, traditionnelle, demi-précoce, vigoureuse et qui donne de très gros fruits sphériques et lisses, réunis en bouquets par 4 ou 5 .elle offre une chair ferme, de bonne qualité et ne se fendant pas ;

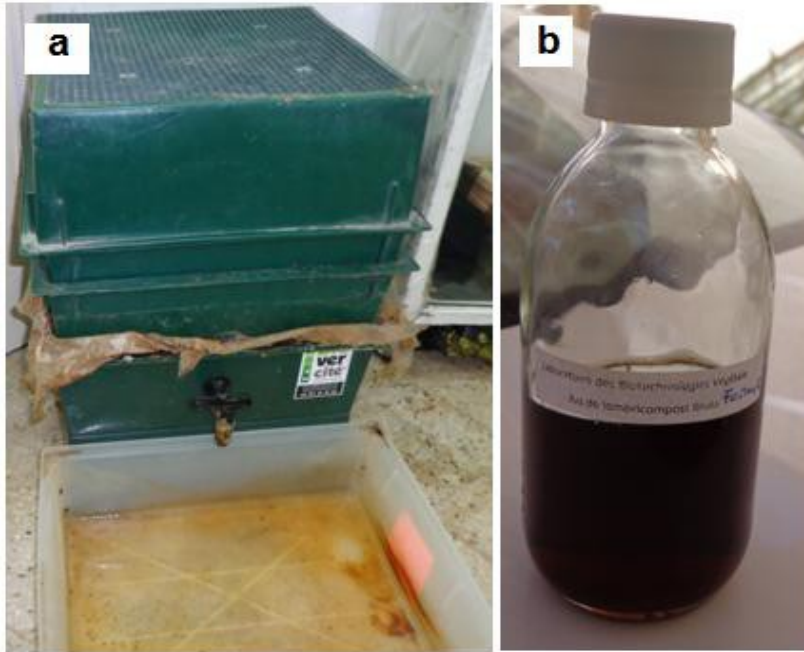
#### 2.2. Présentation des fertilisants

La réalisation de l'essai a mis en œuvre trois fertilisants à savoir:

##### 2.2.1. Biofertilisant formulé à base de jus de lombricompost brut

L'élevage de ver de terre anécique « *Eisina fætida* » sur des déchets ménagés produit deux types d'engrais ; le lombricompost et le jus. Pour obtenir un lombricompost, il faut utiliser un système de casier qu'on superpose l'un sur l'autre et en mettant dedans les lombrics et les déchets ménagés et de la terre a fin qu'il puisse dégrader ses déchets en un engrais biologique et en récoltant aussi un liquide qu'on appel le thé du lombric (jus de lombricompost). Le jus de lombricompost récupéré dans le fond du lombricomposteur, provient essentiellement de l'eau contenue dans les déchets de cuisine (environ 80 % de leur masse) chargée des nutriments minéraux et oligo-éléments assimilés lors de l'écoulement dans le lombricompost (Fig.1a).

Le bioproduit est préparé sur la base du jus de lombricompost est issu d'un élevage de ver de terre anécique sur des déchets ménagés. Le jus de lombricompost brute est utilisé comme matière active à la quelle un mélange de mouillant, de pénétrant et de tension actif (Glycérol, poly glucoside et Plastifiant) sont ajoutés, après une agitation active à l'ultraturax. La formulation testée est enregistré sous le numéro du brevet (DZ/P/2015/000256) (Fig.1b).



**Figure1 : Dispositif de production du jus de lombricompost (Originale)**

(a) lombricomposteur vertical (b) bioproduit formulé

### 2.2.2. Fertilisant à base d'oligoéléments

Le laboratoire PHODE, Institut National Polytechnique de Toulouse France, a breveté un engrais "vitamine" à base d'oligoéléments pour les plantes. L'oligo-élément est l'engrais complet pour les plantes, il booste fruits et légumes. Les oligo-éléments corrigent les carences et renforcent les défenses naturelles des plantes. Cet engrais se présente sous la forme d'une solution à application en hydroponie (5-10 ml), par voie racinaire (sol) (3-6 ml/L) et par voie foliaire (2-4 ml/L).

Le bore (B) favorise la croissance des tiges et la formation des graines. Le cuivre chélaté (Cu) aide à absorber l'azote. Le fer chélaté (Fe) et le manganèse chélaté (Mn) participent à la synthèse de la chlorophylle. Le molybdène (Mo) aide à assimiler la potasse. Le zinc chélaté (Zn) favorise la croissance. Le Cobalt joue un rôle essentiel dans la fixation symbiotique de l'azote (rhizobium) chez les légumineuses. La solution est mélangée activement avec un mouillant, un plastifiant & pénétrant et un hyper mouillant).

### 2.2.3. Fertilisant à base de Manganèse (Mn)

La plante absorbe le manganèse sous forme de cations  $Mn^{2+}$  ou de chélate de manganèse. Dans le métabolisme des plantes, cet élément a d'importantes fonctions, particulièrement dans les processus suivants: l'activation de différentes enzymes, la synthèse de la chlorophylle, la photosynthèse, la réduction de nitrates, la synthèse des acides aminés et des protéines. Comme pour le fer, les propriétés d'oxydo-réduction du Manganèse lui permettent de contribuer à ces nombreux processus.

La plupart des solutions liquides à base de Manganèse (Mn) 100% sont chélatées par l'EDTA (acide éthylène diamine tétra-acétique). Elles sont solubles dans l'eau et destinées pour la nutrition des cultures.

Les applications de l'EDTA sont très nombreuses (Agriculture, cosmétologie...). La propriété complexante a pour effet indirect de neutraliser les enzymes ou cellules vivantes en piégeant les oligoéléments métalliques indispensables à la vie. De plus, l'EDTA étant difficilement biodégradable se trouve partout dans les eaux naturelles 10 à 100  $\mu g$  dans les Fleuves et certaines nappes phréatiques 1 à 10  $\mu g$  dans les lacs. En tant que complexant il libère les métaux lourds des sédiments (ou simplement de la terre) rendant ainsi possible leur action polluante. Il est difficilement détruit par chloration ou ozonation

Le présent fertilisant est une nouvelle formulation à base de Manganèse, est constituée une alternative à l'EDTA. Le fertilisant concerne un Néo-matériau hybride permettant la protection et la vectorisation de principes actifs Manganèse (Mn) présentant un intérêt dans le domaine de l'alimentation des plantes. Il permet la séquestration du principe actif dans une émulsion fluide concentrée à usage alimentaire des plantes du laboratoire PHODE, Institut National Polytechnique de Toulouse France

### **3. Méthodes d'étude**

#### **3.1. Dispositif expérimental**

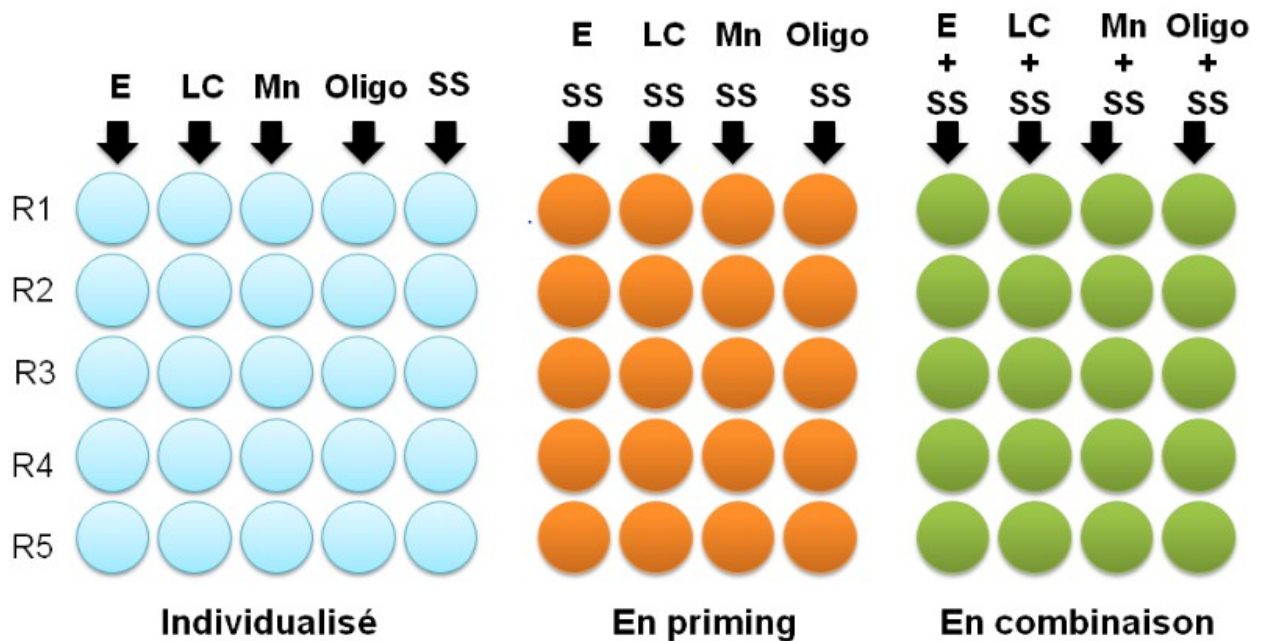
L'essai a été réalisé au niveau d'un Hortibox ou chambre de culture. C'est une structure tubulaire de dimension 80×80×1,60 m spécialement conçue pour un rendement maximum sur 1 m<sup>2</sup> de surface. L'intérieur est entièrement doublé en Mylar Diamond, pour une meilleure réflexion, 100% hermétique à la lumière externe. L'ampoule horticoles (haute pression sodium) MH (métal halide) pour la croissance, d'une puissance de 400w. Elle ne produit que très peu de chaleur. Le spectre lumineux de cette ampoule permet une croissance optimale avec un flux lumineux de 40500 lumens.

Un brumisateur ultrasonique à vapeur froide. Il programme l'humidité choisie, dispose d'un bec diffuseur pivotant pour orienter le flux d'humidité avec un ventilateur intégré. Par ailleurs, il est muni d'un extracteur qui permet de ventiler correctement notre chambre de culture indoor et relié à un thermostat variateur qui permet de réduire la vitesse d'un inducteur ou d'un extracteur en fonction de la température choisie (Fig. 2).

**Figure 2: Présentation générale de l'hortibox (Originale)**

Le dispositif expérimental a été un split-plot à 5 répétitions où le type d'apport des fertilisants correspondent aux parcelles principales et les traitements individualisés aux sous-parcelles. Chaque expérience élémentaire a été constituée de 15 graine disposés sur un papier filtre dans une boîte de Pétri en plastique (9×16)mm (Fig. 3).

Les fertilisants ont été utilisé dilués dans de l'eau en raison de 1ml/L à savoir: fertilisant à base de jus de lombricompost, fertilisant à base de Manganèse (Mn), fertilisant à base d'oligoéléments "Multi vitamines". Une solution saline a été utilisée aussi comme témoin positif dans les différents essais en raison de 4g/L (25mM/L). L'eau a été utilisée comme témoin négatif.



**Figure 3 : Présentation générale du dispositif expérimentale (Originale)**

(E : eau, LC: lombricompost, Mn : solution Manganèse, Oligo : solution à base d'oligoéléments, SS : Solution saline)

- *Expérimentation 1 (effet individualisé des fertilisant sur la germination des graines)*

Nous avons réalisé une imbibition des graines pour chaque fertilisant en comparaison à un témoin positif (solution saline) et un témoin négatif (eau courante) dans l'esprit de déceler leur pouvoir inhibiteur ou stimulateur de la germination. Nous les avons humectées par 3ml le premier jour, et par la suite, 1ml de chaque solution est apporté quotidiennement.

- **Expérimentation 2 (effet en priming des fertilisants sur la germination des graines en condition de stress salin)**

Le priming ou amorçage est défini comme une technique de contrôle d'hydratation et de séchage. Il permet une germination plus rapide quand les graines sont reimplantées. Dans cette expérience nous avons traité les graines en pré-germination dans les différents fertilisants étudiés.

- **Expérimentation 3 (effet en combinaison des fertilisants sur la germination des graines en condition de stress salin)**

Nous avons irrigué les graines en même temps par un ratio égale de fertilisant et de solution saline à raison de 3ml le premier jour puis 1ml chaque jour.

L'expérimentation est suivie durant 10 jours, tout en respectant le protocole expérimental et en notant quotidiennement le nombre de graines germées, qui servent par la suite aux analyses du taux de germination observée au niveau des différents lots constitués.

### 3.2. Paramètres étudiés

- **Taux d'inhibition (%)**

La capacité d'une substance ou préparation à inhiber la germination des graines est exprimée par la relation suivante (BEN KHETTOU, 2010)

$$T = \frac{(N_s - N_g) \times 100}{N_s}$$

Avec:  $N_s$ : Nombre de graines semées.  
 $N_g$ : Nombre de graines germées.

- **Taux de germination (%)**

Selon COME (1970), le taux de germination correspond au pourcentage des graines germées par rapport au total des graines semées, il est estimé par la formule suivante:

$$T_g = (N_g / N_s) \times 100$$

Avec:  $N_g$ : Nombre de graines germées.  
 $N_s$ : Nombre de graines semées

- **Vitesse de germination**

D'après COME (1970), la vitesse de germination peut être exprimée de plusieurs façons. En Pourcentage de semences germées ou taux de germination au bout d'un certain temps après

semis. Le temps moyen nécessaire à la germination représente l'inverse du «Coefficient de vélocité» (KOTOWISK, 1926; BEN KHATTOU, 2010).

$$Cv = \frac{N1 + N2 + \dots + Nn}{(N1T1 + N2T2 + \dots + NnTn)} \times 100$$

Avec:

N1 : nombre de graines germées au temps T1.

N2 : nombre de graines germées au temps T2.

Nn : nombre de graines germées au temps Tn.

### - Index de germination

D'après THRONEBERRY ET SMITH (1955), l'index de la germination est une expression quantitative de la germination qui concerne le taux de germination quotidien à la valeur maximale de la germination notée. Il est donné par la relation suivante:

$$Ig = N1 + \frac{(N2 - N1)}{2} + \frac{(N3 - N2)}{3} + \dots + \frac{Nn - N_{n-1}}{n}$$

Avec:

Nn : est le pourcentage de germination obtenu au nième jour.

### - Mesure de la partie racinaire

Chaque lot expérimental, la production de la phytomasse (croissance racinaire) des graines de tomate sous l'effet des différents modes d'apport des fertilisants et de la solution saline a été estimée jusqu'à l'émergence des plantules. Au niveau des blocs expérimentaux, toutes les graines ayant développées des racelles ont été prises en considération. Les graines germées ont été étalées sur un papier millimétré en faisant apparaître clairement les extrémités (Fig.4). Les graines germées étalées sur un papier millimétré sont prises en photos par un appareil photos numérique en gardant le même taux de pixel. Les photos numérisées sont traitées par le logiciel Image Tool ver. 3.0 Afin d'évaluer la longueur racinaire.



**Figure 4 : Méthode de mesure des racines (Originale)**

#### **4. Analyses statistiques des résultats**

L'analyse de variance est sollicitée lorsque le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (différents fertilisants et périodes d'exposition), il est préconisé de réaliser une analyse de variance. Dans les conditions paramétriques (ANOVA pour *ANalysis Of VAriance*), la distribution de la variable quantitative doit être normale. Dans certains cas, une transformation logarithmique a été nécessaire afin de normaliser cette distribution. Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M.). Par exemple, si on désire connaître l'effet des facteurs A, B et C et seulement l'interaction entre A et C, il suffit de sélectionner explicitement ces 4 catégories. Le déroulement des tests a été réalisé par le logiciel SYSTAT vers. 7 (SPSS, 2009).



## Chapitre III: Résultats

Le présent travail a porté sur l'évaluation de la capacité de biofertilisants (organiques et minérales) à lever les effets délétères d'un stress salin appliqué sur les graines de tomate. Les mesures des paramètres de germination ainsi que la croissance racinaire permettent d'identifier le ou/et les fertilisants et le mode d'apport le plus prometteur dans le traitement du stress salin.

La fluctuation temporelle des traits de germination ainsi que la croissance racinaire des graines de tomate ont été étudiées sous l'effet de trois fertilisants (fertilisant à base de jus de lombricompost, fertilisant à base d'oligoéléments, fertilisant à base de manganèse) apportés selon deux modes en priming et en combinaison. Nous avons considéré les traits de germination et la croissance racinaire comme paramètres ayant la capacité de dévoiler l'aptitude des fertilisants organique et minérale d'atténuer les effets délétères du stress salin chez la tomate

### 1. Taux d'inhibition

#### 1.1. Variation temporelle du taux d'inhibition

La figure 5 a, b, c et d présente l'évolution temporelle du taux d'inhibition des différents fertilisants par rapport à la solution saline, chaque produit a été comparé par rapport aux modes d'utilisation, en traitement individualisé, en priming et en combinaison.

Le taux d'inhibition de l'eau et de la solution saline affiche deux rythmes d'évolution différents, le taux d'inhibition de la solution saline est restée stable pendant presque toute la période d'essai et il n'a commencé à diminuer qu'au début du 7<sup>ème</sup> jour, tandis que le taux d'inhibition de l'eau a changé au bout de 3<sup>ème</sup> jour. Le traitement d'eau seul a donné de meilleurs résultats suivi par le combiné et le priming (Fig. 5a).

La figure (5 b) affiche le taux d'inhibition du lombricompost dans les différentes régions en comparaison avec l'effet inhibiteur de la solution saline, on peut noter que le traitement du lombricompost exprime une valeur contrariée à celle de la solution saline. En condition de stress les graines traitées par le lombricompost en priming ou en combinaison ont des valeurs intermédiaires entre la solution saline et le traitement de lombricompost

La figure (5.c et d) montre que les traitements à base d'oligoéléments et ceux à base de Manganèse donnent des résultats similaires à ceux de la solution saline lorsqu'ils sont utilisés en priming et en combinaison or que les traitements seuls présentent une différence mais qui n'est pas aussi importante que celle de l'eau et du lombricompost.

#### **Figure 5: Variation temporelle du taux d'inhibition des graines de tomate selon les différentes régions**

T : Traitement, SS : Solution saline, LC : Lombricompost, OLIGO : Oligoéléments, Mn: Solution Manganèse

## 1.2. Etude comparée du taux d'inhibition selon les différentes régies

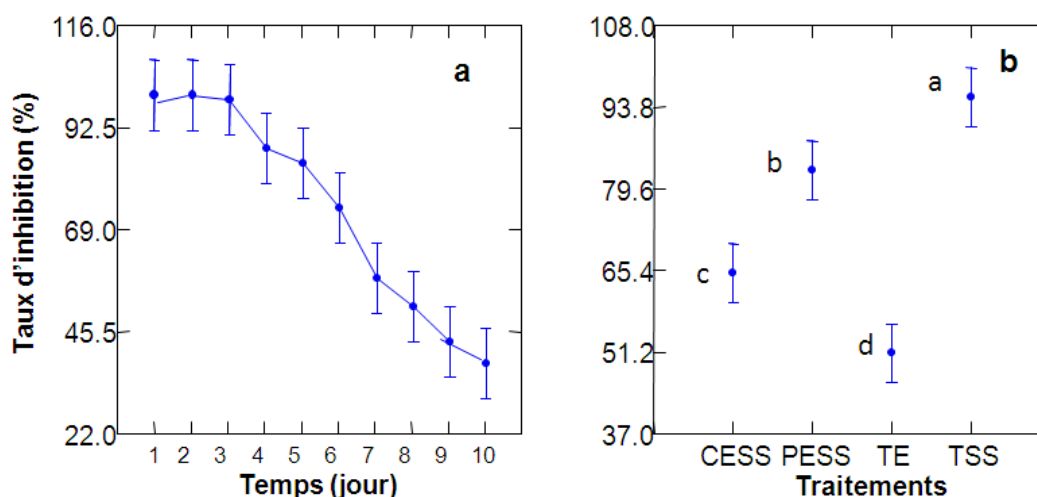
Nous avons utilisé le modèle général linéaire (G.L.M.) dans le but d'étudier l'influence du temps et du type de traitements sur le taux d'inhibition des graines de tomate. Les résultats du test sont consignés dans les tableaux 1. Globalement, le temps et le type de traitement affichent une différence très hautement significative sur le taux d'inhibition ( $p < 0,1\%$ ).

**Tableau 1: Modèle GLM appliqué aux valeurs du taux d'inhibition de la germination des graines de tomate selon deux modes de régies par de l'eau courante**

sources	Somme des écarts	ddl	Moyenne des écarts	F-ratio	p
<b>Temps</b>	21097,400	9	2344,156	8,887	0,000***
<b>Traitements</b>	11506,900	3	3835,633	14,542	0,000***
<b>Var. Intra</b>	7121,600	27	263,763	-	-

NS : Non Significative, \* : Significative à 5%, \*\* : Significative à 1%, \*\*\* : Significative à 0,1%

Les graphiques de l'analyse de la variance affichent une tendance à la discrimination de l'effet temporel (Fig.6a) ainsi que l'effet des traitements sur le taux d'inhibition (Fig 6b). Les graines de tomate affichent nettement une gradation du taux d'inhibition (Fig.6b). Le test de Tukey, montre que le taux d'inhibition le plus contraignant est signalé chez les graines traitées par la solution saline (groupe homogène a), alors que le taux d'inhibition le plus faible est signalée chez les graines traitées à l'eau courante (groupe homogène d). Cependant, l'apport de l'eau courante en mode de priming ou en combinaison avec la solution saline diminue significativement le stress engendré par la solution saline (groupe homogène b et c)



**Figure 6: Effets comparés des modes de régies par de l'eau courante sur le taux d'inhibition des graines de tomate en condition de stress salin**

(TE: traitement par de l'eau courante, TSS: traitement par de la solution saline, PESS: Priming en eau courante puis solution saline, CESS: combinaison eau courante et solution saline)

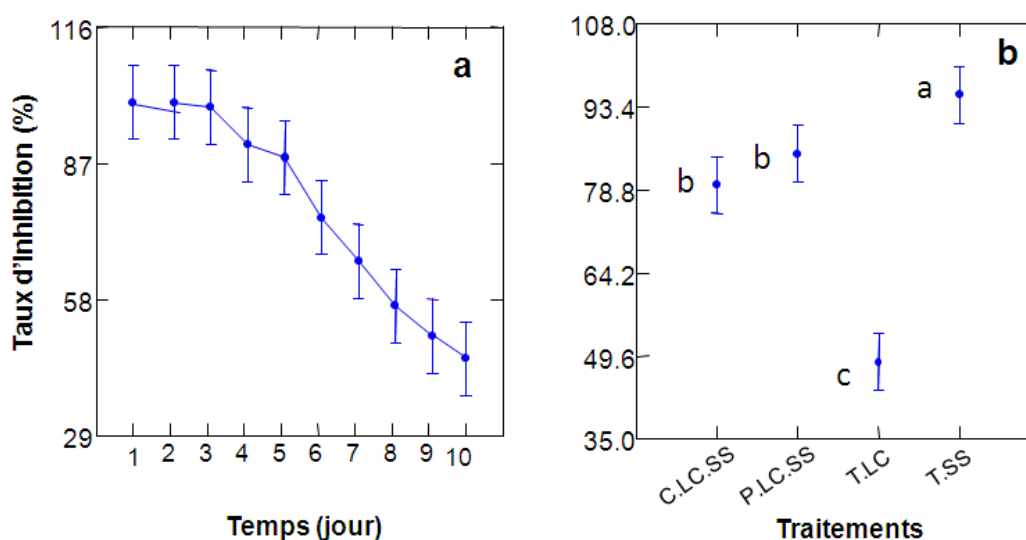
Le modèle général linéaire (G.L.M.) (tableau 2), montre que le temps et les modes de régies influencent significativement le taux d'inhibition des graines de tomate.

**Tableau 2: Modèle GLM appliqué aux valeurs du taux d'inhibition de la germination des graines de tomate selon deux modes de régies par un fertilisant à base de jus de lombricompost**

sources	Somme des écarts	ddl	Moyenne des écarts	F-ratio	p
<b>Temps</b>	16398,500	9	1822,056	7,382	0,000***
<b>Traitements</b>	12230,900	3	4076,967	16,518	0,000***
<b>Var. Intra</b>	6664,100	27	246,819	-	-

NS : Non Significative, \* : Significative à 5%, \*\* : Significative à 1%,\*\*\* : Significative à 0,1%

Les présentations graphiques signalent clairement que les modes de régies par l'application du fertilisant à base de jus de lombricompost expriment leur effet dès 6<sup>ème</sup> jours d'exposition au stress salin (Fig. 7a). En revanche, le test de Tukey affiche que la solution saline montre le taux d'inhibition le plus fort (groupe homogène a), et que le traitement par le fertilisant à base de jus de lombricompost signale le taux le plus faible (groupe homogène c), alors que les graines de tomate traitées par le fertilisant à base de jus de lombricompost en mode de priming ou en mode combinaison arrivent à surmonter les effets de la salinité en termes d'inhibition de la germination (groupe homogène b).



**Figure 7: Effets comparés des modes de régies par le fertilisant à base de jus de lombricompost sur le taux d'inhibition des graines de tomate en condition de stress salin**

(TLC: traitement par le fertilisant à base de jus de lombricompost, TSS: traitement par de la solution saline, PLCSS: Priming par le fertilisant à base de jus de lombricompost puis solution saline, CLCSS: combinaison par le fertilisant à base de jus de lombricompost et la solution saline)

L'analyse de la variance type G.L.M., confirme que le temps et les modes de régies influencent significativement le taux d'inhibition des graines de tomate. (tableau 3)

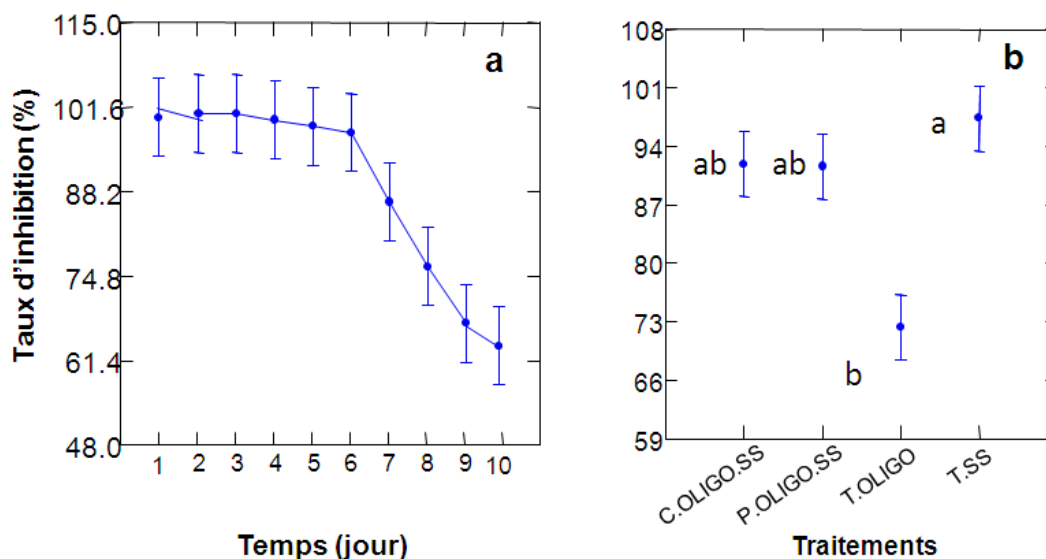
**Tableau 3: Modèle GLM appliqué aux valeurs du taux d'inhibition de la germination des graines de tomate selon deux modes de régies par un fertilisant à base d'oligoéléments**

sources	Somme des écarts	ddl	Moyenne des écarts	F-ratio	p
---------	------------------	-----	--------------------	---------	---

<b>Temps</b>	7695,125	9	855,014	5,601	0,000***
<b>Traitements</b>	3584,675	3	1194,892	7,828	0,001***
<b>Var. Intra</b>	4121,575	27	152,651	-	-

NS : Non Significative, \* : Significative à 5%, \*\* : Significative à 1%,\*\*\* : Significative à 0,1%

La figure 8a, montre que les modes de régies par l'application du fertilisant à base d'oligoéléments expriment leur effet dès 8<sup>ème</sup> jours d'exposition au stress salin. Cependant, le test de Tukey (Fig. 8b) affiche que les graines de tomate traitées par le fertilisant à base d'oligoéléments en mode de priming ou en mode combinaison arrivent à pêne à surmonter les effets de la salinité en termes d'inhibition de la germination (groupe homogène ab).



**Figure 8: Effets comparé des modes de régies par le fertilisant à base d'oligoéléments sur le taux d'inhibition des graines de tomate en condition de stress salin**

(TOLIGO: traitement par le fertilisant à base d'oligoéléments, TSS: traitement par de la solution saline, POLIGOSS: Priming par le fertilisant à base d'oligoéléments puis solution saline, COLIGOSS: combinaison par le fertilisant à base d'oligoéléments et la solution saline)

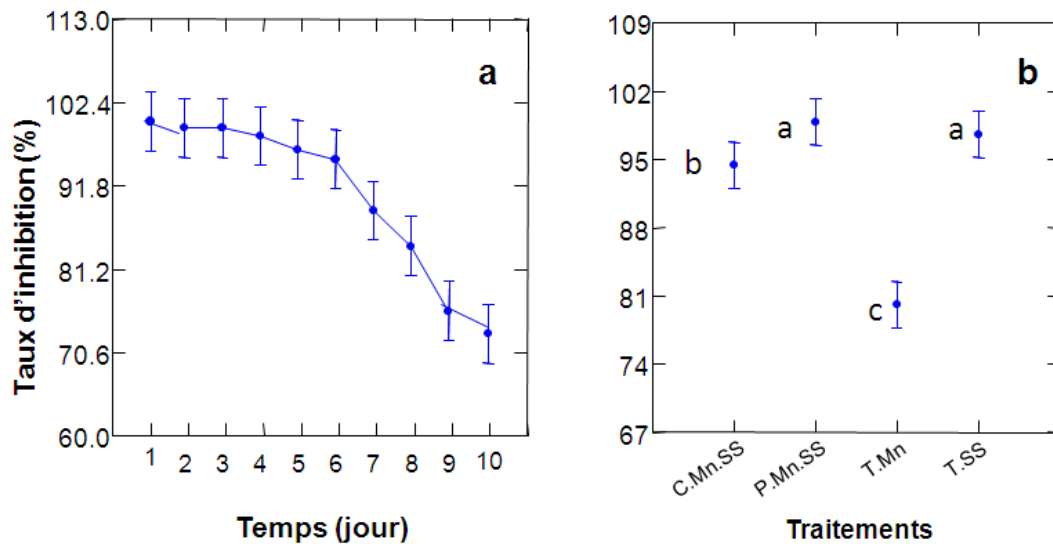
L'analyse de la variance type G.L.M., confirme que le temps et les modes de régies influencent significativement le taux d'inhibition des graines de tomate. (tableau 4),

**Tableau 4: Modèle GLM appliqué aux valeurs du taux d'inhibition de la germination des graines de tomate selon deux modes de régies par un fertilisant à base de Manganèse**

sources	Somme des écarts	ddl	Moyenne des écarts	F-ratio	p
<b>Temps</b>	3654.900	9	406.100	7.259	0,000***
<b>Traitements</b>	1823.000	3	607.667	10.862	0,001***
<b>Var. Intra</b>	1510.500	27	55.944	-	-

NS : Non Significative, \* : Significative à 5%, \*\* : Significative à 1%,\*\*\* : Significative à 0,1%

La figure (9a), montre que les modes de régies par l'application du fertilisant à base de Manganèse dévoilent leur effet dès 9<sup>ème</sup> jours d'exposition au stress salin. Cependant, le test de Tukey (Fig. 9b) affiche que les graines de tomate traitées par le fertilisant à base de Manganèse en mode combinaison arrivent à pêne à contrecarré les effets néfaste de la solution saline sur la germination (groupe homogène b).



**Figure 9: Effets comparé des modes de régies par le fertilisant à base de Manganèse sur le taux d'inhibition des graines de tomate en condition de stress salin**

(TMn: traitement par le fertilisant à base de Manganèse, TSS: traitement par de la solution saline, PMnSS : Priming par le fertilisant à base de Manganèse puis solution saline, CMnSS : combinaison par le fertilisant à base de Manganèse et la solution saline)

## 2. Taux de germination

### 2.1. Variation temporelle du taux de germination

La figure (10a, b, c et d) représente l'évolution temporelle du taux de germination des différentes régies pour chaque produit en comparaison avec la solution saline

La figure (10a) montre que l'eau individualisée donne un taux de germination élevée contrairement à celui de la solution saline qui n'a commencé à se manifester qu'à partir du 8<sup>ème</sup> jour, suivi par le combiné puis celui en priming

La figure (10b) le taux de germination sous l'effet du lombricompost exprime les valeurs les plus importantes en individualisé alors que les autres régions donnent des valeurs moyennes entre le lombricompost et la solution saline qui présente un taux de germination assez faible

La figure (10c et d) donnent des résultats pratiquement semblables les meilleurs résultats sont exprimés en individualisé alors que les autres régions donnent des résultats similaires à ceux de la solution saline

**Figure 10: Variation temporelle du taux de germination des graines de tomate selon les différentes régions**

T : Traitement, SS : Solution saline, LC : Lombricompost, OLIGO : Oligoéléments, Mn : Solution Manganèse

## 2.2. Etude comparée du taux de germination selon les différentes régions

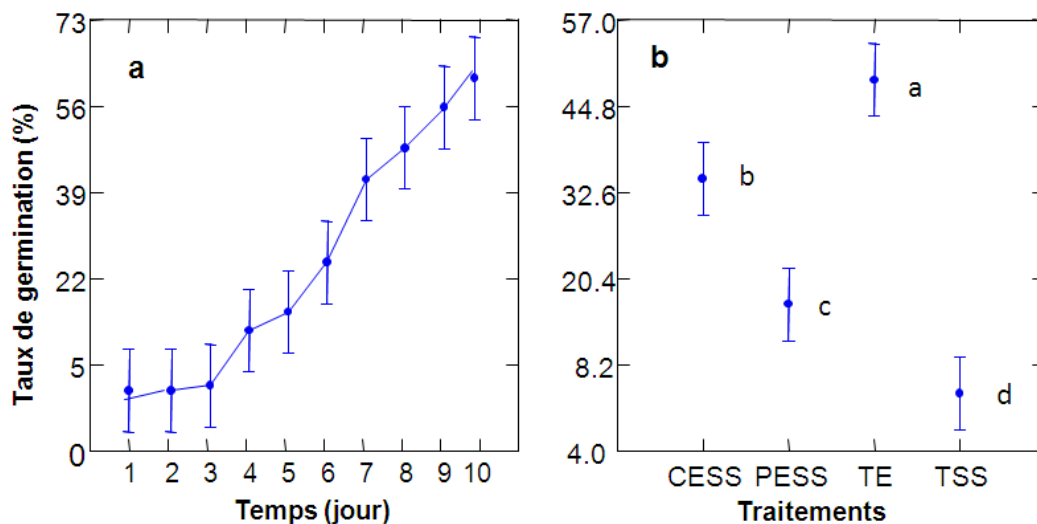
Nous avons utilisé le modèle général linéaire (G.L.M.) dans le but d'étudier l'influence du temps et du type de traitements sur le taux de germination des graines de tomate. Les résultats du test sont consignés dans le tableau 5. Globalement, le temps et le type de traitement affichent une différence très hautement significative sur le taux de germination ( $p < 0,1\%$ ).

**Tableau 5: Modèle GLM appliqué aux valeurs des taux de germination des graines de tomate selon deux modes de régions par de l'eau courante**

sources	Somme des écarts	ddl	Moyenne des écarts	F-ratio	p
<b>Temps</b>	20598,000	9	2288,667	8,710	0,000***
<b>Traitements</b>	11383,800	3	3794,600	14,442	0,000***
<b>Var. Intra</b>	7094,200	27	262,748	-	-

NS : Non Significative, \* : Significative à 5%, \*\* : Significative à 1%, \*\*\* : Significative à 0,1%

Les graphiques de l'analyse de la variance affichent une évolution temporelle du taux de la germination (Fig.11a) en plus de l'effet de différentes régions (Fig.11b). Les graines de tomate affichent une différence du taux de germination (Fig.11b). Le test de Tukey, montre que le taux de germination le plus contraignant est signalé chez les graines traitées par la solution saline (groupe homogène d), alors que le taux de germination le plus élevée est signalée chez les graines traitées à l'eau courante (groupe homogène a). Cependant, l'apport de l'eau courante en mode de priming ou en combinaison avec la solution saline diminue significativement le stress engendré par la solution saline (groupe homogène b et c)



**Figure 11: Effets comparés des modes de régions par de l'eau courante sur le taux de germination des graines de tomate en condition de stress salin**

(TE : traitement par de l'eau courante, TSS : traitement par de la solution saline, PESS : Priming en eau courante puis solution saline, CESS : combinaison eau courante et solution saline)

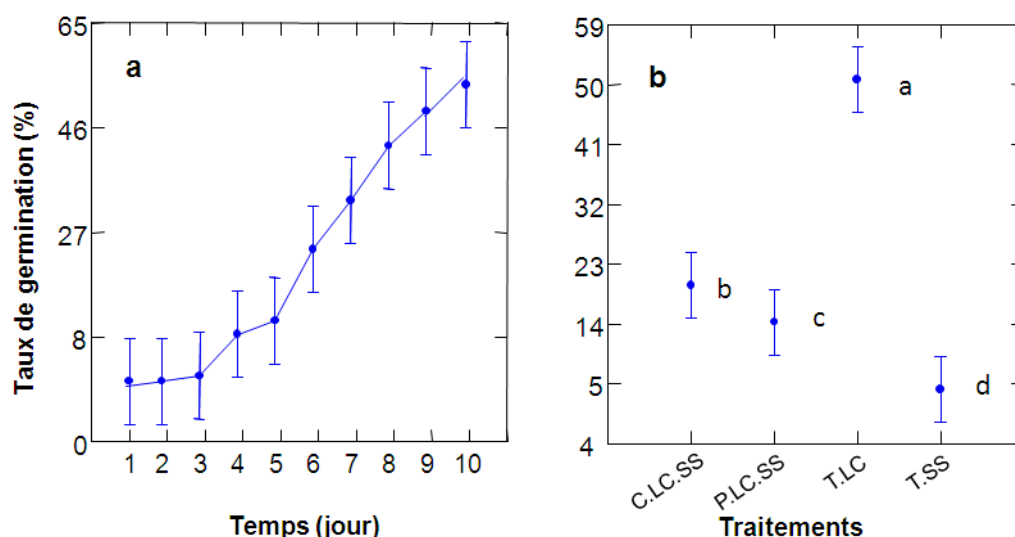
L'analyse de la variance type G.L.M., confirme que le temps et les modes de régions influencent significativement le taux de germination des graines de tomate. (tableau 6),

**Tableau 6: Modèle GLM appliqué aux valeurs du taux de germination des graines de tomate selon deux modes de régies par un fertilisant à base de jus de lombricompost**

sources	Somme des écarts	ddl	Moyenne des écarts	F-ratio	p
<b>Temps</b>	15994,725	9	1777,192	7,231	0,000***
<b>Traitements</b>	12101,075	3	4033,692	16,412	0,000***
<b>Var. Intra</b>	6636,175	27	245,784	-	-

NS : Non Significative, \* : Significative à 5%, \*\* : Significative à 1%, \*\*\* : Significative à 0,1%

Les présentations graphiques montrent que les modes de régies par l'application du jus de lombricompost expriment une croissance très importante (Fig. 12a). En revanche, le test de Tukey affiche que la solution saline montre le taux de germination le plus bas (groupe homogène d), alors que le traitement par le fertilisant à base de jus de lombricompost signale le taux le plus haut (groupe homogène a), alors que les graines de tomate traitées par le fertilisant à base de jus de lombricompost en mode de priming ou en mode combinaison arrivent à surmonter les effets de la salinité (groupe homogène b et c).



**Figure 12: Effets comparés des modes de régies par le fertilisant à base de jus de lombricompost sur le taux de germination des graines de tomate en condition de stress salin**

(TLC : traitement par le fertilisant à base de jus de lombricompost, TSS : traitement par de la solution saline, PLCSS : Priming par le fertilisant à base de jus de lombricompost puis solution saline, CLCSS : combinaison par le fertilisant à base de jus de lombricompost et la solution saline)

L'analyse de la variance type G.L.M., confirme que le temps et les modes de régies influencent significativement le taux de germination des graines de tomate. (tableau 7),

**Tableau 7: Modèle GLM appliqué aux valeurs du taux de germination des graines de tomate selon deux modes de régies par un fertilisant à base d'oligoéléments**

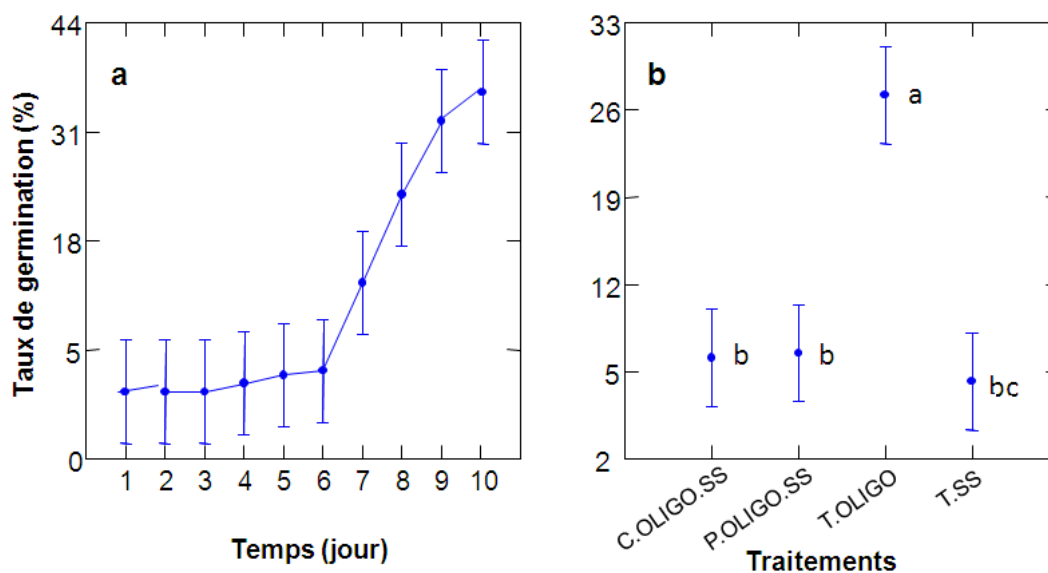
sources	Somme des écarts	ddl	Moyenne des écarts	F-ratio	p
<b>Temps</b>	7362,500	9	818,056	5,395	0,000***
<b>Traitements</b>	3529,400	3	1176,467	7,759	0,001***



<b>Var. Intra</b>	4094,100	27	151,633	-	-
-------------------	----------	----	---------	---	---

NS : Non Significative, \* : Significative à 5%, \*\* : Significative à 1%,\*\*\* : Significative à 0,1%

La figure 13a, montre que les modes de régies par l'application du fertilisant à base d'oligoéléments expriment leur effet dès 7<sup>ème</sup> jours d'exposition au stress salin. Cependant, le test de Tukey (Fig.13b) affiche que les graines de tomate traitées par le fertilisant à base d'oligoéléments en mode de priming ou en mode combinaison arrivent à pêne à surmonter les effets de la salinité en termes de stimulation de la germination (groupes homogènes b).



**Figure 13: Effets comparé des modes de régies par le fertilisant à base d'oligoéléments sur le taux de germination des graines de tomate en condition de stress salin**

(TOLIGO : traitement par le fertilisant à base d'oligoéléments, TSS : traitement par de la solution saline, POLIGOSS : Priming par le fertilisant à base d'oligoéléments puis solution saline, COLIGOSS : combinaison par le fertilisant à base d'oligoéléments et la solution saline)

L'analyse de la variance type G.L.M., confirme que le temps et les modes de régies influencent significativement le taux de germination des graines de tomate (tableau 8)

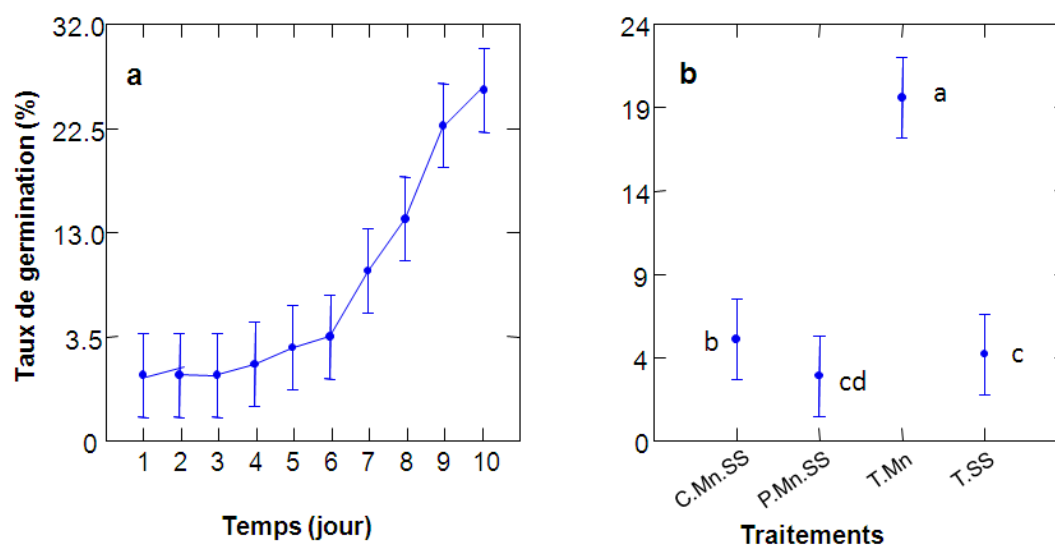
**Tableau 8: Modèle GLM appliqué aux valeurs du taux de germination des graines de tomate selon deux modes de régies par un fertilisant à base de Manganèse**

sources	Somme des écarts	ddl	Moyenne des écarts	F-ratio	p
<b>Temps</b>	3497,400	9	388,600	6,614	0,000***
<b>Traitements</b>	1834,100	3	611,367	10,405	0,001***
<b>Var. Intra</b>	1586,400	27	58,756	-	-

NS : Non Significative, \* : Significative à 5%, \*\* : Significative à 1%,\*\*\* : Significative à 0,1%

La figure 14a, affiche que les modes de régies par l'application du fertilisant à base de Manganèse donnent leur effet à partir du 7<sup>ème</sup> jour d'exposition au stress salin. Cependant, le test de Tukey (Fig.14b) montre que les graines de tomate traitées par le fertilisant à base de

Manganèse en mode combinaison arrivent à pêne à contrecarré les effets néfaste de la solution saline sur la germination (groupe homogène b).



**Figure 14: Effets comparé des modes de régies par le fertilisant à base de Manganèse sur le taux de germination des graines de tomate en condition de stress salin**

(TMn : traitement par le fertilisant à base de Manganèse, TSS : traitement par de la solution saline, PMnSS : Priming par le fertilisant à base de Manganèse puis solution saline, CMnSS : combinaison par le fertilisant à base de Manganèse et la solution saline)

### 3. Vitesse de germination

#### 3.1. Variation temporelle de la vitesse de germination

La figure (15a, b, c et d) représente l'évolution de la vitesse de germination dans le temps des différentes régies pour chaque produit en comparaison avec la solution saline

La figure (15a) montre que l'eau individualisée donne la vitesse de germination la plus élevée suivie par l'eau utilisée en conjugaison puis celle utilisée en priming

La figure (15b) la vitesse de germination sous l'effet du lombricompost exprime les valeurs les plus importantes en individualisé alors que les autres régies donnent des valeurs intermédiaires en comparaison à la solution saline qui présente une vitesse de germination très lente

La figure (15c et d) affichent que les régies contenant le biofertilisant à base d'oligoéléments et celui à base de Manganèse ont un effet sur la vitesse de germination lorsqu'ils sont utilisés seuls alors qu'en étant soumis à un stress salin ne donnent aucun effet.

**Figure 15: Variation temporelle de la vitesse de germination des graines de tomate selon les différentes régies**

T : Traitement, SS : Solution saline, LC : Lombricompost, OLIGO : Oligoéléments, Mn : Solution Manganèse

### 3.2. Etude comparée de la vitesse de germination selon les différentes régions

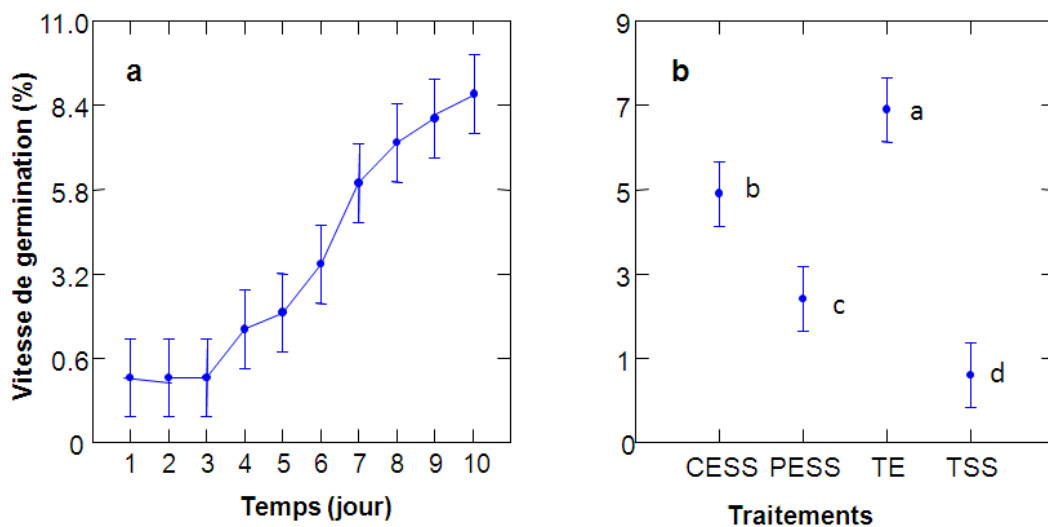
Le modèle général linéaire (G.L.M.) (tableau 9), montre que le temps et les modes de régions influencent significativement la vitesse de germination des graines de tomate.

**Tableau 9: Modèle GLM appliqué aux valeurs de la vitesse de germination des graines de tomate selon deux modes de régions par de l'eau courante**

	Somme des écarts	ddl	Moyenne des écarts	F-ratio	p
<b>Temps</b>	442,900	9	49,211	8,425	0,000***
<b>Traitements</b>	229,800	3	76,600	13,115	0,000***
<b>Var. Intra</b>	157,700	27	5,841	-	-

NS: Non Significative, \*: Significative à 5%, \*\*: Significative à 1%, \*\*\*: Significative à 0,1%

Les graphiques de l'analyse de la variance affichent une évolution temporelle de la vitesse de germination (Fig.16a) en plus de l'effet des différentes régions (Fig.16b). Les graines de tomate affichent une différence du taux de germination (Fig.16b). Le test de Tukey, montre que la vitesse de germination la plus contraignante est signalée chez les graines traitées par la solution saline (groupe homogène d), alors que le taux de germination le plus élevé est signalée chez les graines traitées à l'eau courante (groupe homogène a). Cependant, l'apport de l'eau courante en mode de priming ou en combinaison avec la solution saline diminue significativement le stress engendré par la solution saline (groupe homogène b et c)



**Figure 16: Effets comparés des modes de régions par de l'eau courante sur la vitesse de germination des graines de tomate en condition de stress salin**

(TE : traitement par de l'eau courante, TSS : traitement par de la solution saline, PESS : Priming en eau courante puis solution saline, CESS : combinaison eau courante et solution saline)

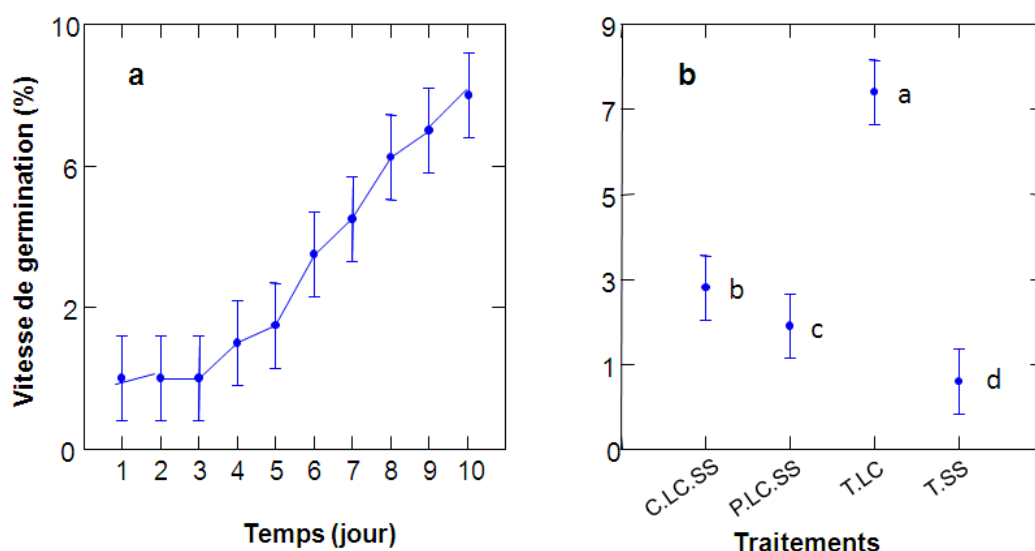
Le modèle général linéaire (G.L.M.) (tableau 10), montre que le temps et les modes de régions influencent significativement la vitesse de germination des graines de tomate.

**Tableau 10: Modèle GLM appliqué aux valeurs de la vitesse de germination des graines de tomate selon deux modes de régions par un fertilisant à base de jus de lombricompost**

sources	Somme des écarts	ddl	Moyenne des écarts	F-ratio	p
<b>Temps</b>	348,025	9	38,669	6,724	0,000***
<b>Traitements</b>	262,475	3	87,492	15,213	0,000***
<b>Var. Intra</b>	155,275	27	5,751	-	-

NS : Non Significative, \* : Significative à 5%, \*\* : Significative à 1%, \*\*\* : Significative à 0,1%

Les présentations graphiques montrent que les modes de régies par l'application du jus de lombricompost expriment une croissance très importante (figure 17a). En revanche, le test de Tukey affiche que la solution saline montre la vitesse de germination la plus basse (groupe homogène d), or que le traitement par le fertilisant à base de jus de lombricompost signale le taux le plus important (groupe homogène a), alors que les graines de tomate traitées par le fertilisant à base de jus de lombricompost en mode de priming ou en mode combinaison arrivent à surmonter les effets de la salinité en stimulant la poussée des racines (groupe homogène b et c).



**Figure 17: Effets comparés des modes de régies par le fertilisant à base de jus de lombricompost sur la vitesse de germination des graines de tomate en condition de stress salin**

(TLC : traitement par le fertilisant à base de jus de lombricompost, TSS : traitement par de la solution saline, PLCSS : Priming par le fertilisant à base de jus de lombricompost puis solution saline, CLCSS : combinaison par le fertilisant à base de jus de lombricompost et la solution saline)

Le modèle général linéaire (G.L.M.) (tableau 11), montre que le temps et les modes de régies influencent significativement la vitesse de germination des graines de tomate.

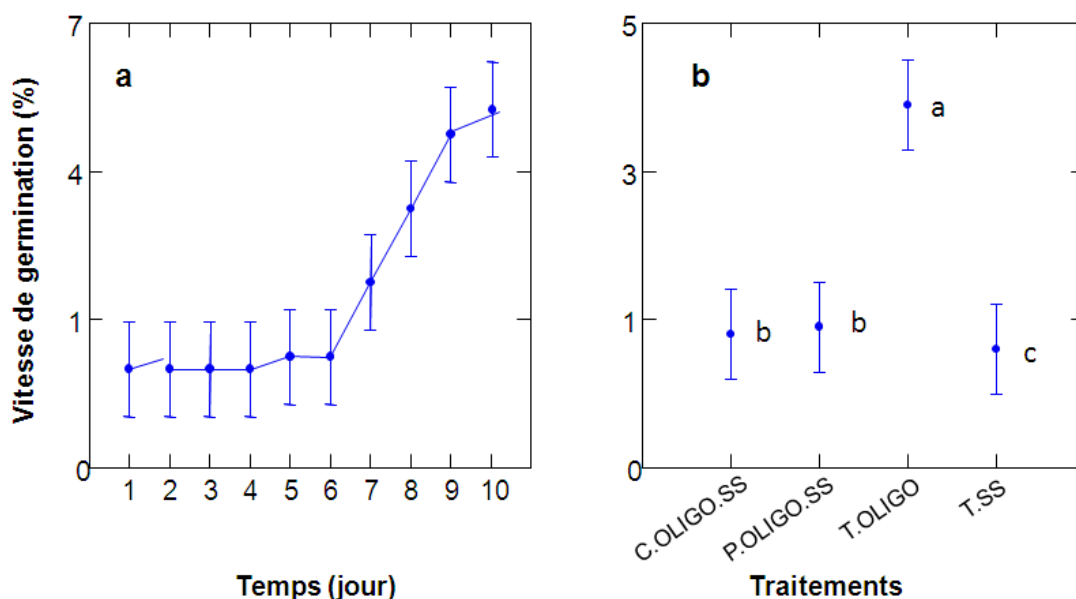
**Tableau 11: Modèle GLM appliqué aux valeurs de la vitesse de germination des graines de tomate selon deux modes de régies par un fertilisant à base d'oligoéléments**

sources	Somme des écarts	ddl	Moyenne des écarts	F-ratio	p
<b>Temps</b>	159,400	9	17,711	4,763	0,000***
<b>Traitements</b>	74,100	3	24,700	6,642	0,001***

<b>Var. Intra</b>	100,400	27	3,719	-	-
-------------------	---------	----	-------	---	---

NS: Non Significative, \*: Significative à 5%, \*\*: Significative à 1%,\*\*\*: Significative à 0,1%

La figure 18a, affiche que les modes de régies par l'application du fertilisant à base d'oligoéléments expriment leur effet à partir du 7<sup>ème</sup> jours d'exposition au stress salin. Cependant, le test de Tukey (Fig.18b) montre que les graines de tomate traitées par le fertilisant à base d'oligoéléments en mode de priming ou en mode combinaison arrivent à pêne à surmonter les effets de la salinité en termes de stimulation de la germination (groupes homogènes b).



**Figure 18: Effets comparé des modes de régies par le fertilisant à base d'oligoéléments sur la vitesse de germination des graines de tomate en condition de stress salin**

(TOLIGO : traitement par le fertilisant à base d'oligoéléments, TSS : traitement par de la solution saline, POLIGOSS : Priming par le fertilisant à base d'oligoéléments puis solution saline, COLIGOSS : combinaison par le fertilisant à base d'oligoéléments et la solution saline)

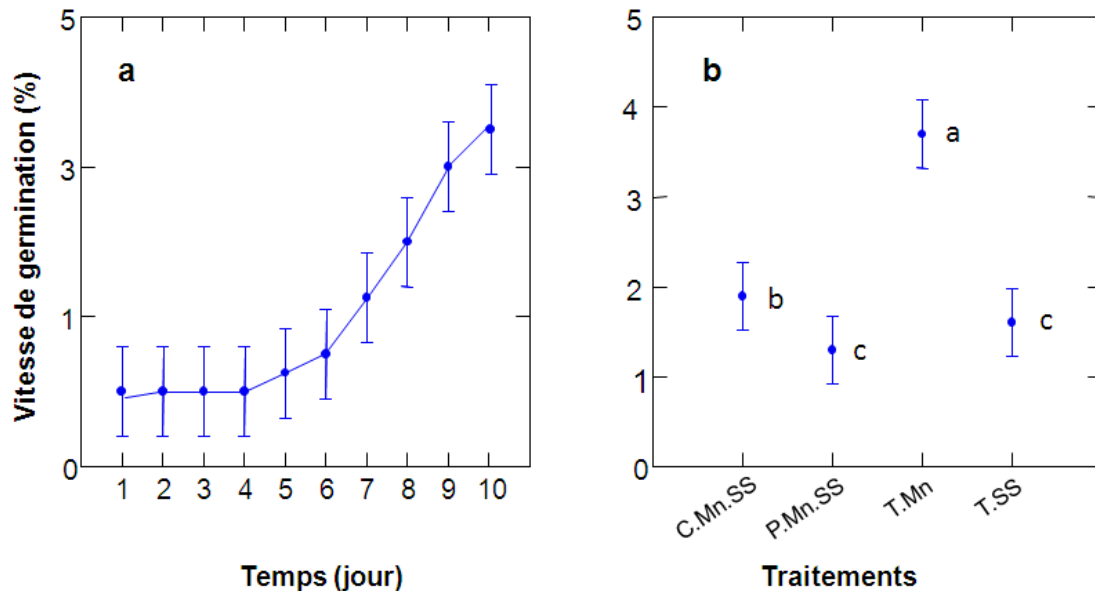
Le modèle général linéaire (G.L.M.) (tableau 12), montre que le temps et les modes de régies influencent significativement la vitesse de germination des graines de tomate.

**Tableau 12: Modèle GLM appliqué aux valeurs de la vitesse de germination des graines de tomate selon deux modes de régies par un fertilisant à base de Manganèse**

sources	Somme des écarts	ddl	Moyenne des écarts	F-ratio	p
<b>Temps</b>	64.400	9	7.156	5.005	0,001***
<b>Traitements</b>	36.900	3	12.300	8.604	0,000***
<b>Var. Intra</b>	38.600	27	1.430	-	-

NS : Non Significative, \* : Significative à 5%, \*\* : Significative à 1%,\*\*\* : Significative à 0,1%

La figure 19a, affiche que les modes de régies par l'application du fertilisant à base de Manganèse donnent leur effet à partir du 7<sup>ème</sup> jour d'exposition au stress salin. Cependant, le test de Tukey (Fig.19b) montre que les graines de tomate traitées par le fertilisant à base de Manganèse en mode combinaison arrive à pêne à contrecarré les effets néfaste de la solution saline sur la germination (groupe homogène b).

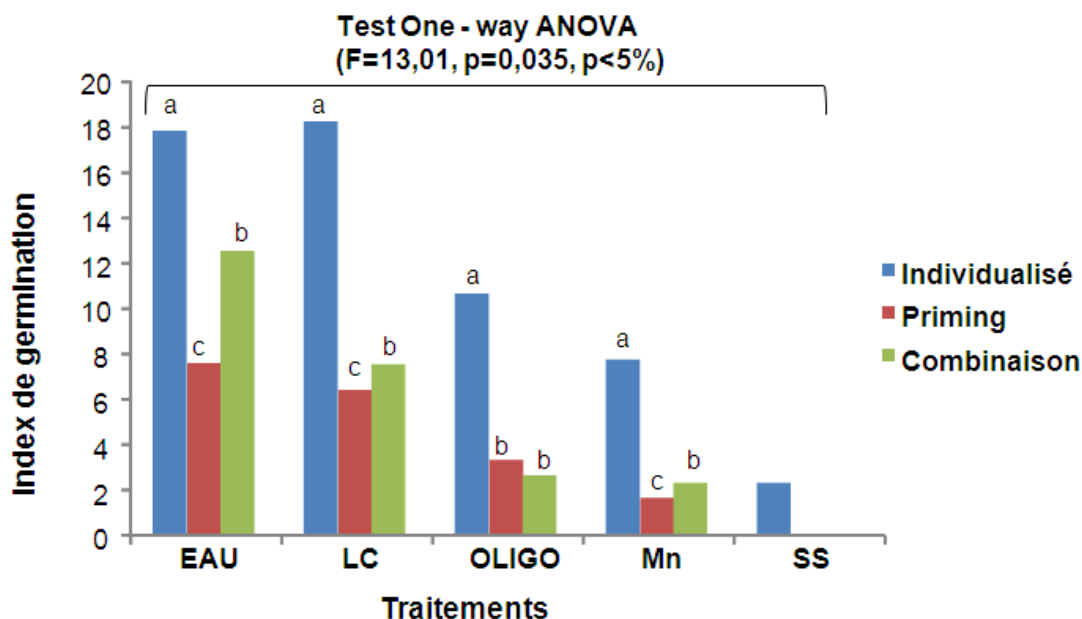


**Figure 19: Effets comparés des modes de régies par le fertilisant à base de Manganèse sur la vitesse de germination des graines de tomate en condition de stress salin**

(TMn : traitement par le fertilisant à base de Manganèse, TSS : traitement par de la solution saline, PMnSS : Priming par le fertilisant à base de Manganèse puis solution saline, CMnSS : combinaison par le fertilisant à base de Manganèse et la solution saline)

#### 4. Index de germination

Le paramètre index de germination révèle une différence significative entre les différentes régies et la nature des biofertilisants (Fig. 20). Cependant pour ce paramètre, le biofertilisant à base de jus de lombricompost et l'eau courante présentent toujours les meilleurs résultats suivis respectivement par le biofertilisant à d'oligoéléments et à base de Manganèse.



**Figure 20: Variation de l'index de germination des graines de tomate selon les différentes régions**

EAU : Eau courante, LC : Lombricompost, OLIGO : Oligoéléments,  
Mn : Solution Manganèse, SS : Solution saline

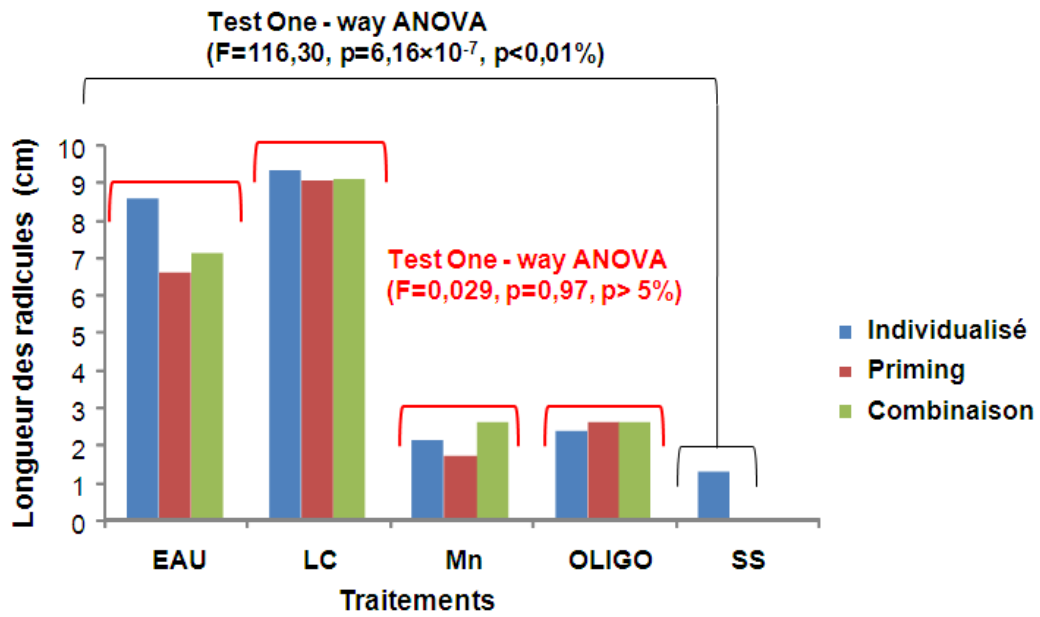
On note également que les biofertilisants utilisés d'une manière individuelle donne les meilleurs résultats, ainsi que leurs utilisations en combinaison ou en priming en plus d'un stress salin leur donnent un effet stimulateur de germination (eau courante et produit à base de lombricompost) et/ou n'ont pas d'effet sur l'effet inhibiteur de la solution saline (biofertilisant à base d'oligoéléments et biofertilisant à base de Manganèse)

## 5. Croissance de la partie racinaire

Ce paramètre révèle une différence significative entre l'ensemble des biofertilisants quelques soit le mode d'utilisation en comparaison avec la solution saline, alors qu'il n'y a pas de différence très apparente entre les différentes régions dans un même produit (Fig. 21)

En revanche, la croissance racinaire sous l'effet du biofertilisant à base d'oligoéléments et celui à base de Manganèse s'ajuste à celui de la solution saline, mis à part cette signalisation et par ordre d'importance le biofertilisant à base de jus de lombricompost secondé par l'eau courante affichent les croissances racinaires les plus importantes par comparaison à la solution saline





**Figure 21 : Variation de la croissance racinaire des graines de tomate selon les différentes régions**

EAU : Eau courante, LC : Lombricompost, OLIGO : Oligoéléments,  
Mn : Solution Manganèse, SS : Solution saline

## Chapitre II: Discussion

La nouvelle stratégie de correction des sols salins consiste à l'utilisation des amendements organiques comme alternative des amendements chimiques en raison de leurs cout élevé, ainsi que ces derniers ont la capacité d'équilibrer le pH du sol qui a un rôle important dans l'amélioration des propriétés physico-chimiques et biologiques du sol (**WAHID et al., 1998 ; LAKHDAR et al., 2009**). Cette approche fait appel à l'emploi des bioproduits qui sont riches en acides humiques et/ou d'oligoéléments qui ont un rôle important dans la stimulation de la croissance des plantes en milieu salin. Cependant, malgré tout l'intérêt et l'engouement actuel au tour de ce type de produit, leur développement, tout comme leur emploi sur le terrain, reste mineur souvent par manque de connaissance quand à leurs conditions d'efficacité optimales, mais aussi par manque d'outils d'aide à leur évaluation et positionnement sur le terrain. Dans l'esprit d'évaluer l'efficacité en milieu salin d'une gamme de biofertilisants à base de jus de lombricompost ,d'oligoéléments et de Manganèse utilisés en trois régions différentes sur les paramètres de croissance des graines de tomate *Solanum lycopersicum L* variété fixée Saint Pierre, nous avons pu dégager les hypothèses suivantes:

### 1. Effet des biofertilisants sur le taux d'inhibition

L'évolution du taux d'inhibition paraît similaire durant les quatre premiers jours avec une divergence de discrimination qui est constatée. Le biofertilisant à base de jus de lombricompost et l'eau courante expriment les valeurs les plus importantes en termes d'inhibition de croissance par comparaison aux autres biofertilisants dans les différentes régions. Le rythme de croissance s'atténue vers le 10<sup>ème</sup> jour. Le traitement à base de jus de lombricompost donne toujours le meilleur taux d'inhibition. En revanche, l'utilisation de ces bioproduits était plus efficace en combinaison qu'en priming

Les graphiques obtenus par l'analyse de la variance type G.L.M, montrent que le taux de germination des graines de tomate affichent les valeurs minimales sous l'effet du jus de lombricompost (ressemblent à celles de l'eau) alors que les valeurs du restant des biofertilisants sont idem ou proches a celles du témoin (solution saline).

L'ensemble des biofertilisants exhibent un effet positif marquant sur les valeurs enregistrées pour le taux d'inhibition. Bien que les écarts soient très creusés entre le témoin et les biofertilisants, ces derniers manifestent leurs effets sur le taux de germination différemment dans les différentes régions. Ainsi que, le taux d'inhibition des graines affichent les valeurs minimales par ordre décroissant sous l'effet de jus de lombricompost, biofertilisant à base d'oligoéléments et biofertilisant à base de Manganèse pour les 2 différents régions.

Nous supposons que ceci pourrait être expliqué par leur différence du point de vue composition chimique ainsi que leurs modes d'utilisation pouvant conduire à une à une différence dans la capacité de stimuler l'effet inhibiteur du sel ou la capacité des plantes à absorber ces molécules en ajustant le pH de la solution saline. Dans le type digestif du ver, les acides sont neutralisés, le pH du lombricompost est ainsi toujours neutre (**ANONYME, 2008**).

A partir des conclusions obtenues sur le taux d'inhibition sous l'effet des biofertilisants à base de lombricompost et à base d'oligoéléments, nous estimons que la formulation faite à base de jus de lombricompost à un effet stimulant de la germination sous les conditions saline et est plus efficace en conjugaison qu'en priming. En outre, le reste des biofertilisants n'ont pas un effet stimulateur remarquable quelques soit la régie.

Ces résultats divergents sont dus aux nombreux facteurs régissant l'efficacité d'un bioproduit ainsi que son utilisation. Les facteurs limitant sont due à l'utilisation de la solution saline. Le produit à base de jus de lombricompost est le seul produit qui a pu surmonter l'effet inhibiteur de la germination du stress salin.

## **2. Effet des biofertilisants sur le taux et la vitesse de germination**

L'évolution du taux et de la vitesse de germination se manifeste à partir du 5<sup>ème</sup> jour pour l'eau et le traitement à base de jus de lombricompost alors que pour les autres traitements elle ne commence qu'à partir du 8<sup>ème</sup> jour, les traitements appliqués donnent des valeurs intermédiaires entre la solution saline et les traitements individualisés, les régies qui ont été combinées avec les différents traitements donnent de meilleurs résultats par rapport à celles qui ont été utilisées en priming.

Le biofertilisant à base de jus de lombricompost affiche toujours les meilleurs résultats qui sont proches du témoin négatif (eau), alors que les autres biofertilisant ont un effet qui ne diffère pas vraiment de celui de la solution saline

L'analyse de la variance du type G.L.M, montrent que le taux et la vitesse de germination affiche les valeurs maximales sous l'effet du (biofertilisant à base de jus de lombricompost, biofertilisant à base d'oligoéléments et biofertilisant à base de Manganèse). Sur le plan évolution temporelle, le taux et la vitesse de germination progresse régulèment à partir du 6<sup>ème</sup> jour sous l'effet de biofertilisant à base de jus de lombricompost alors qu'il ne commence à s'accroître qu'au bout du 8<sup>ème</sup> jour sous l'effet du restant des biofertilisant quelques soit leur utilisation.

Les résultats montrent que la vitesse et le taux de germination sous l'effet de biofertilisant à base d'oligoéléments et celui à base de Manganèse s'ajustent avec l'effet de la solution saline avec une légère différence distinguée lorsqu'ils sont utilisés en combinaison, mis à part cette signalisation et par ordre d'importance le biofertilisant à base de jus de lombricompost secondé par l'eau courante affichent les valeurs les plus fortes en comparaison avec la solution saline

### **3. Effet des biofertilisants sur l'index de germination et la longueur des radicules**

Les résultats de ces deux paramètres ont montré que les valeurs les plus fortes sont exprimées sous l'effet du bioproduit à base de jus de lombricompost et de l'eau suivi par ceux du biofertilisant à base d'oligoéléments puis celui du Manganèse sous l'effet des différentes régies en milieu salin

Les résultats du paramètre index de germination montre qu'il ya une différence significative entre les différents bioproduit quelques soit la régie. Le bioproduit à base de jus de lombricompost donne toujours les meilleurs résultats. Il n'y a pas de différence apparente entre les différentes régies d'un même produit. Le produit à base d'oligoéléments suivi par celui à base de Manganèse donne toujours les résultats les plus faibles qui représentent ainsi une différence peu significative

Les résultats du paramètre longueur des radicules ne révèlent pas une très grande différence entre les différentes régies d'un même produit, cependant pour ce paramètre le jus de lombricompost et l'eau courante présentent toujours les meilleurs résultats

L'appréciation de l'effet des différents biofertilisants (biofertilisant à base de jus de lombricompost, biofertilisant à base d'oligoélément et biofertilisant à base de Manganèse) sur la longueur des radicules utilisés de différentes manières sur les graines de tomate, nous permet d'avancer l'importance de l'effet positif des acides fulviques et des acides linoléiques contenus dans la formulation du jus de lombricompost sur la stimulation de la croissance des radicules et sur la germination des graines en conditions de stress salin

## Conclusion et Perspectives

A travers les résultats relatifs à l'évaluation de l'effet stimulateur de croissance en conditions de stress salin d'une gamme de biofertilisants à base de jus de lombricompost, biofertilisant à base d'oligoéléments et biofertilisant à base de Manganèse utilisés dans trois régions différentes sur des graines de tomate *Solanum lycopersicum* L.Saint Pierre (fixée), Nous avons aboutis aux conclusions suivantes:

Le taux d'inhibition affiche les valeurs maximales sous l'effet de biofertilisant à base de jus de lombricompost et celui de l'eau courante, le reste des biofertilisants affichent des valeurs pratiquement proches de celle de la solution saline, la région la plus efficace est celle en combinaison pour l'ensemble des produits.

Les meilleurs croissances du taux de germination sont signalées sous l'effet du lombricompost et de l'eau courante suivi par le biofertilisant à base d'oligoéléments et celui à base de Manganèse, les traitements utilisés en combinaison ont donné des résultats plus au moins significatives par rapport à ceux en priming.

Les résultats montrent que la vitesse de germination sous l'effet du jus de lombricompost s'ajuste avec celle de l'eau, mis à part cette signalisation et par ordre d'importance le biofertilisant à base de jus de lombricompost et l'eau courante secondé par le bioproduit à base d'oligoéléments et celui à base de Manganèse affichent les valeurs maximales par comparaison au témoin (solution saline ).

L'index de germination et la croissance de la partie radiculaire affichent les mêmes résultats que les paramètres précédents le lombricompost donnent toujours les meilleurs résultats.

L'ensemble de ce travail, à but appliqué, a conduit à l'obtention de résultats qui nous permettent de mieux comprendre comment les biofertilisants à différentes bases peuvent agir sur la croissance des graines en conditions de stress salin. Leur exploitation et leur finalisation devraient nous permettre d'exploiter et de mettre en place une utilisation de bioproduit mieux adaptée, à des stratégies alternatives ou complémentaires de la gestion des sols agricoles atteints par la salinité. En terme de perspectives, il conviendrait d'exploiter la totalité des résultats obtenus afin d'assurer un programme de gestion du stress salin, d'analyser la capacité stimulatrice de l'effet inhibiteur du sel, pour confirmer ou infirmer l'importance de l'utilisation des bioproduits pour atténuer l'effet inhibiteur du sel et aider la plante à résister au stress.

## Références bibliographiques

**Abbad A.; El Hadrami A.; Al Hadrami I.; Benchaabane A., 2004-** *Atriplex halimus* L. (Chenopodiaceae): ahalophytic species for restoration and rehabilitation of saline degraded lands. Pakistan Journal of Biological Sciences, 7, (6), p.1085- 1093.

**Abdelkader Md., Lindberg S., 2005-** Uptake of sodium in protoplasts of salt sensitive and salt tolérant cultivars of rice, *Oryza sativa* L. determined by fluorescent dye SBFI. Journal of Experimental Botany. 56, (422), p. 3149-3158.

**Ait Hdadou M., Bousrhal A., Benyahia H., Benazzouz A., 2002-** Effets du stress salin sur l'accumulation de la proline et des sucres solubles dans les feuilles de trois porte greffes d'agrumes au maroc .Fruit, 57 : 335-340.

**Ajmal Khan N; Irwin A; Showalter A.M; Showalter U; 2000-** Effect of salinity on growth, water relation and ion accumulation of subtropical perennial Halophyte, *Attriplex griffithii* var. *stocksii*, Annals of botany, 85: 225- 232.

**Anonyme.,2008.** (<http://www.hortiver.fr/fonctionnement-compost-lombricompost.php>)

**Albouchi A., Sebei H., Mezni MY., El Aouni MH.,2000.** Influence de la durée d'une alimentation hydrique déficiente sur la production de biomasse, la surface transpirante et la densité stomatique d'*Acacia cyanophylla* Lindl. Annales de l'INRGREF, 4:138-61.

**Albouchi A., Béjaoui Z., Hédi El Aouni M.;2003-** Influence of moderate or severe water stress on the growth of *Casuarina glauca* Sieb. Seedlings. Sécheresse, 14, (3), p. 137-142.

**Amezketta, E., 1999.** Soil aggregate stability: a review. J. Sustain. Agric. 14 (2–3), 83–151.

**Amezketta, E., Aragues, R., Gazol, R., 2005.** Efficiency of sulfuric acid, mined gypsum, and two gypsum by-products in soil crusting prevention and sodic soil reclamation. Agron. J. 97 (3), 983–989.

**Antipolis S., 2003-** Les cahiers du plan bleu 2. Les menaces sur les sols dans les pays méditerranéens Etude bibliographique.71p

**Araujo S.A.M., Silveira J.A.G., Almeida T.D., Rocha. I.M.A, Morais D.I., Viegas R. A., 2006-** Salinity tolerance of halophyte *Atriplex nummularia* L. grown under increasing nacl levels. Engenharia Agricola e Ambiental, 10, 4, P. 848-2006.

**Arnholdt-Schmitt.,2004-** stress induced cell reprogramming. A role for global regulation. Plant physiology, 136: 2579- 2586.

**Ashraf M., Ahmad S., 2000-** Influence of sodium on ion accumulation, yield components and fibre characteristics in salt- tolerant and salt sensitive lines of cotton (*Gossipium hirsutum L.*). Fields Crops research, Phoenix, 66, (2), P. 115- 127.

**Askri H., Rajeb S., Jebari H., Nahdi H., Rajeb M.N., 2007-** Effet du Chlorure de Sodium sur la germination des graines de 3 variétés de pastèque (*Citrullus Lanatus*).sécheresse,18, (1),p. 51-55.

**Aussenac G., Granier A., Ibrahim M., 1984-** Influence du dessèchement du sol sur le fonctionnement hydrique et la croissance du douglas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). Acta Oecologica/Oecol Plant, 5: 241-53.

**Belhassen E., This D., Monneveux P., 1995-** L'adaptation génétique face aux contraintes de sécheresse. Cahiers agriculture; 4: 251-261.

**Belkhodja M., Benkabilia M., 2000-** Proline response of faba bean (*Vicia faba L.* under salt stress. Egypt .J. of Agric. Res., 78, (1):185-195.

**Belkhodja M; Bidai Y; 2004-** réponse des graines d'*Atriplex halimus L.* à la salinité au stade de la germination. Sécheresse, 15, (4) :. 331-335.

**Ben Khetto, H. 2010.** Contribution à l'étude de l'aptitude à la germination des graines d'*Agrania spinosa L.* (SAPOTACEAE) dans la région d'Ouargla. Mémoire ing. éco., univ. Ouargla

**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): 167-74.

**Berthomieu P., Conégéro G., Nublat A., Brackenbury WJ., Lambert C., savio C., Uozumi N., Oiki S., Yamada K., Cellier F., 2003-** Fuctionnal analysis of AtHKT<sub>1</sub> in

Arabidopsis shows that Na<sup>+</sup> recirculation by the Phloem is crucial for salt tolerance.EMBO. J. p.2004- 2014

**Bezzala A., 2005-** Essai d'introduction de l'arganier (*Argania spinosa* (L) Skeels), dans la zone de M'doukel et évaluation de quelques paramètres de résistance à la sécheresse. Université El Hadj Lakhdar. Thèse magister 143p.

**Blaha G; Stelzl U; Spahn C.M?T; agrawal R.K; Frank J; Nierhans H.K; 2000-** preparation of functional ribosomal complexes and effect buffer conditions on t RNA positions observed by cryoelectron microscopy. Methods enzymol. 317: 292 - 309

**Boursiac Y., Chen S., Luu D.T., Sorieul M., Van Den Dries N., Maurel C., 2005**-Early effects of salinity on water transport in *Arabidopsis* roots. molecular and cellular features of aquaporin expression. *Plant Physiology* 139: 790-805 P.

**Boussaid M., Benfahel N., Zaouali Y., salah A., Abdelkefi A., 2004**- Plantes pastorales en milieux arides de l'Afrique du Nord. cahiers options méditerranéennes, 6(11).

**Cao WH., Liu J., Mu RL., Zhou HL., Chen sY., Zhang JS., 2007**- Modulation of ethylene responses affects plants salt- stress responses. *Plant physiology*, 143: 707 - 709.

**Cheesman JM., 1988**- Mechanism of salinity tolerance in plant. *Plant Physiology*, 87: 547-550.

**Chen Thh., Murata N., 2002**- Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes, current opinion in *Plant Biology*, 5: 250-257.

**Chevery C., Robert M., 1993**- Salure des sols maghrébins, influence sur les propriétés physiques et physicochimiques des sols. Répercussion des modifications de ces dernières sur la fertilité, notamment azotée des sols. ENSA, 59p.

**Chuanyang L., Kaiyuan W., 2003**- Differences in drought responses of three contrasting *Eucalyptus nicrothera* F. muell. Populations. Uni. Of helsinki.finland. *Forest Ecology and Management*, 179: 377- 385.

**Come, D. 1970**. Les obstacles à la germination (Monographie et physiologie végétale n 6). Éd. Masson et Cie (Paris), pages 14, 24 et 27.

**De Beake P., Casal M.L., Puech J., 1996**- Elaboration du rendement du blé d'hiver en conditions de déficit hydrique. Etude en lysimètres. *Agronomie*, 16: 3-23.

**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.

**Degens, B., 1997**. Macro-aggregation of soils by biological bonding and binding mechanisms and the factors affecting these: a review. *Aust. J. Soil Res.* 35 (3), 431–459.

**Djili K., Daoud Y., 2000**- Influence des hauteurs des précipitations sur la répartition du calcaire et du pourcentage de sodium échangeable dans les sols du Nord de l'Algérie. *Sécheresse* vol. 11, (1),p. 37-43.

**Domrowski J.E., 2003** - Salt stress Activation of Wound-Related genes in tomato Plants. *Plant Physiology* 132: 2098- 2107.



**Duan D.; Liu X.; Ajmal KhA N M., Gul B., 2004-** effects of salts and water stress on germination of *Chenopodium glaucum* L. seed- Pack. J. Bot., 36, (4):793-800.

**Eavis B.W. et Cumberbach E.R. 1977** Sugarcane growth in response to mulch and fertilizer on saline-alkali soils. Agron. J. 69: 839-842.

**Echidi AE., Benbella M., Talouizte A., 2000-** Relation entre certains paramètres contrôlant les pertes en eau et le rendement en grain chez neuf variétés de blé dur soumises au stress hydrique. Options méditerranéennes, 40: 279- 82.

**Essah A.P; Davenport R; Tester M; 2003-** Sodium influx and accumulation in Arabidopsis. Plant physiology 133: 307-318

**Estrella R V., Barkla B.J., Garcia-Ramirez L., Pantoja O., 2005-** Salt stress in *thellungiella halomphila* activates  $\text{Na}^+$  transport mechanisms required for salinity tolerance. Plant physiology 139: 1507- 1517.

**Fricke W., Peters W.S., 2002-** The biophysics of leaf growth in salt stressed barley. a study at the cell level. Plant Physiol 129: 374 - 388.

**Ganjegunte, G., King, L., Vance, G., 2008.** Cumulative soil chemistry changes from land application of saline–sodic waters. J. Environ. Qual. 37 (5), S128–S138.

**Garcia-Orenes, F., Guerrero, C., Mataix-Solera, J., Navarro-Pedreño, J., Gomez, I., Mataixbeneyto, J., 2005.** Factors controlling the aggregate stability and bulk density in two different degraded soils amended with biosolids. Soil Tillage Res. 82 (1), 65–76.

**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.

**Garthwaite A.J., Bothmer R.V., Colmer T.D., 2005-** Salt tolerance in wild *hordeum* species in associated with restricted entry of  $\text{Na}^+$  and  $\text{Cl}^-$  into the scoots. Journal of Experimental Botany 56, (419), P. 2365-2378

**Ghafoor, A., Gill, M., Hassan, A., Murtaza, G., Qadir, M., 2001.** Gypsum: an economical amendment for amelioration of saline–sodic waters and soils, and for improving crop yields. Int. J. Agric. Biol. 3, 266–275

**Gharaibeh, M., ElTaif, N., Shra'ah, S., 2010.** Reclamation of a calcareous saline sodic soil using phosphoric acid and by product gypsum. Soil Use Manag. 26 (2), 141–148.

**Ghosh, S., Lockwood, P., Hulugalle, N., Daniel, H., Kristiansen, P., Dodd, K., 2010.** Changes in properties of sodic Australian Vertisols with application of organic waste products. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 74 (1), 153–160.

**Gibberd M.R., Turner N.C., Storey R., 2002-** Influence of saline irrigation on growth, ion accumulation and partitioning and leaf gas exchange of (*Daucus carota L.*). *Annals of Botany*, 90: 715- 724.

**Glenn EP., Brown J.J., 1999-** Effects of soil salt levels on the growth and water use efficiency of *Atriplex canescens* (Chenopodiaceae) varieties in drying soil. *American journal of botany*, 85: 10-16.

**Gupta, R.K., Abrol, I., 1990.** Salt-affected soils: their reclamation and management for crop production. *Adv. Soil Sci.* Springer, pp. 223–288

**Hannachi C., Debergh P., Zid E., Messai A., Mehouchi T., 2004-** Tuberisation sous stress salin, de vitroplants de pomme de terre (*Solanum tuberosum L.*) *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 8, (1), P. 9-12.

**Hartiti, M., Goumih, M., Machhour, M., Bekkaki, B. et Selloum, B. 1989.** Matériel végétal et résultats des essais et tests variétaux. Séminaire “ASPEM” sur la tomate d’exportation. Casablanca, Maroc, 7 et 8 Juin 1989.

**Hasegawa P.M., Bressan RA., Zhu J.K., Bonhert H.J., 2000-** Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annu. Rev. Plant. Physiol. Mol. Biol* 51: 463- 499.

**Haynes, R., Naidu, R., 1998.** Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 51 (2), 123–137.

**Heller R., Esnault R., Lance C., 1998-** *Physiologie végétale*, 1. Nutrition, Paris, 325p.

**Hillel D., 2005-** Soil salinity: Historical and contemporary perspectives. *Proceedings of the international salinity forum*, Riverside, California, April 2005, 235- 240.

**Horie T., Schroeder JI., 2004-** Sodium transporter in plants. Diverse genes and physiological functions. *Plant Physiology*, 136: 2457- 24652.

**Hu YC., Schnyder H., Schmidhalter U., 2000-** Carbohydrate deposition and partitioning in elongating leaves of Wheat under saline soil conditions. *Australian Journal of plant physiology*, 27: 363- 370.

**Huang B., Gao H., 2000-** Root physiological characteristics associated with drought resistance in tall fescue cultivars. *Crop Sci.* 40: 40: 196- 203.

**INRAA., 2002-** Gestion et usages agricoles de l'eau. Institut National de Recherche Agronomique. Centre de Toulouse.

**Jalali, M., Ranjbar, F., 2009.** Effects of sodic water on soil sodicity and nutrient leaching in poultry and sheep manure amended soils. *Geoderma* 153 (1–2), 194–204.

**Jebara M., Elarbi Aouni M., Mhamdi R., Ghrir R., 2000-** Effet du sel sur des isolates de *Sinorhizobium sp* de Tunisie in Vitro ou en association avec *medicago sp*. *Agricultures*, 5(2) 99-102.

**Jouve P., Corbier- Bartuaux C., Cornet A., 2002-** Lutte contre la désertification dans les projets de développement: Un regard scientifique sur l'expérience de AFD en Afrique sub saharienne et au maghreb 162 p.

**Kandeler, E., Murer, E., 1993.** Aggregate stability and soil microbial processes in a soil with different cultivation. *Geoderma* 56 (1), 503–513.

**Kawasaki S; Borchert C; Deyholos M; Wang H; Brazille S; Kawai K; Galbraith D; Boheret H.G; 2001-** gene expression profiles during the initial phase of salt stress in rice. *Plant Cell*, 13: 889-905

**Kotowski, F. 1926.** Temperatures relations to germination of vegetable seed. *Proc. Amer. Soc. Horticult. Sei.*, 23: 176-184 pages.

**Kramer PJ., 1980-** Drought stress and the origin of adaptation. In: Turner NC, Kramer PJ, eds. *Adaptation of plants to water and high temperature stress*. New York: Wiley-Interscience, p.7-20.

**Lakhdar, A., Rabhi, M., Ghnaya, T., Montemurro, F., Jedidi, N., Abdely, C., 2009.** Effectiveness of compost use in salt-affected soil. *J. Hazard. Mater.* 171 (1–3), 29–37.

**Lax, A., Diaz, E., Castillo, V., Albaladejo, J., 1994.** Reclamation of physical and chemical properties of a salinized soil by organic amendment. *Arid Land Res. Manag.* 8 (1), 9–17.

**Ledig FT., 1981-** The influence of genotype and environment on dry matter distribution in plants. In : Huxley PA, ed. *Plant research and agroforestry*, International Council for Research in Agroforestry, Nairobi, p. 427-454.

**Le Houérou, H.N., 2000-** Utilization of fodder trees and shrubs in the arid and semi- arid zones of West Asia and North Africa. *Arid Soil Res. Rehab.* 14 :101-135.

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

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

**Liang, Y., SI, J., Nikolic, M., Peng, Y., Chen, W., Jiang, Y., 2005.** Organic manure stimulates biological activity and barley growth in soil subject to secondary salinization. *Soil Biol. Biochem.* 37 (6), 1185–1195.

**Lichenthaler HK., 1996-**vegetation stress: an introduction to the stress concept in plants. *Jou.Pl. physiol.*,148:4-14.

**Lin P.C., San.G., Hwang A., Endo M., Okamoto., T. koshiba., H. CHENG ; 2007-**Ectopic Expression of Abscisic Acid 2/Glucose Insensitive 1 in Arabidopsis Promotes Seed Dormancy and Stress Tolerance. *Plant Physiology*, 143:745-758.

**Loucif Z. et Bonafonte P., 1977-** Observation des populations du pou de San José dans la Mitidja. *Rev. Fruits.* N 4 . Vol.32: 253- 261.

**Lu C., Qiu N, WanG B, Zhang J.- 2003** – Salinity treatment shows no effects on photosystem II photochemistry, but increases the resistance of photosystem II to heat stress in halophyte *Suaeda salsa*. *Journal of Experimental Botany*, 54, (383), p.851- 860.

**Maathuis F.J.M., 2006-** The role of monovalent cation transporter in plant responses to salinity. *Journal of Experimental Botany* 57, (5), p.1137-1147.

**Mahmoodabadi, M., Yazdanpanah, N., Sinobas, L.R., Pazira, E., Neshat, A., 2013.** Reclamation of calcareous saline sodic soil with different amendments (I): redistribution of soluble cations within the soil profile. *Agric. Water Manag.* 120, 30–38.

**Manneh, 2004-** genetic, physiological and modelling approaches towards tolerance to salinity and low nitrogen supply in rice (*Oryza sativa L.*) .These doctorat de l'université wageningen 218 p.

**Mansour MMF., Salama Kha., 2000-** cellular basis of salinity tolerance in plants environmental and experimental botany. 52: 113- 122.

**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.

**Martinez- Beltran J., Manzur CL., 2005-** Overview of salinity problems in the world and FAO strategies to address the problem. *Proceedings of the international salinity forum*, Riverside, California, April, 311- 313p.

**Mauromicale G., Licandro P., 2002-** Effet de la salinite et des temperatures sur la

germination, l'émergence et la croissance des plantules d'artichaut. *Agronomie*, 22: 443-450.

**Monneveux P., This D., 1997-** la génétique face au problème de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : espoirs et difficultés. *Sécheresse*, 8(1).

**Munns R., 1993-** physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypothesis. *Plant Cell Environment*, 16: 15-24.

**Munns R; Passioura J.B; Jiamin G; Chazen O; Cramer G.R; 2000-** Water relations and leaf expansion: importance of time scale. *Journal of experimental botany* 51, (530), 1495-1504.

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

**Munns R., 2005-** genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytol* 137: 645-663.

**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.

**Nardini A., Salleo S., 2005-** Water stress- induced modifications of leaf hydraulic architecture in sunflower: CO<sub>2</sub> ordination with gas exchange. *Journal of Experimental Botany*. 56, (422), P. 3093- 3101.

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

**Nogueira R.J.M.C., Aloufa M.A.I., De Albuquerque M.B., 2004-** Stomatic behaviour and leaf water potentiel in young plants of *Annona squamosa*. Submitted to saline stress. *Fruits* , 59: 209-214.

**Orcutt DM., Nilsen ET., 2000-** physiology of plants under stress. 96p.

**Ottow EA., Brinker M., Teichman T., Fritz E., Kaiser W., Broské M., Kangasjärvi Jiang X., Polle A., 2005-** *Populus euphratica* Sodium Accumulation, osmotic adjustment by decreases in develops leaf succulence under salt stress. *Plant Physiology* 139: 1762- 1772.

**Oster, J.D., Shainberg, I., Abrol, I.P., 1999.** Reclamation of salt-affected soil. *Agric. Drain. Agron. Monogr.* 38, 315–346.

**Passioura J., 2007-** the drought environment: physical, biological and agricultural perspectives. *Journal of Experimental botany* 58, (2), p. 113-117.

**Qadir, M., Oster, J., Schubert, S., Noble, A., Sahrawat, K., 2007.** Phytoremediation of sodic and saline–sodic soils. *Adv. Agron.* 96, 197–247.

**Quezel P., 2000-** réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. IBIS PRESS Paris. New York: 791 p.

**Ramade F., 2003-** Elément d'écologie. Paris, Ecologie fondamentale 3<sup>ème</sup> Ed. DUNOD, 122p.

**Rathinasabapathi B., 2000-** Metabolic Engineering for stress tolerance: installing osmoprotectant synthesis Pathways. *Annals of Botany* 86: 709-716.

**Rengasamy P., 2006-** World salinization with emphasis on australia .*Journal of Experimental Botany.* 57, (5), P.1017-1023.

**Rengel Z., 1992-** The role of calcium in salt toxicity, *Plant Cell Env.* 15: 625–632.

**Rhodes D., Nadolska O., 2001-** Plant Stress Physiology. Encyclopedia of life sciences. Nature publishing group.

**Richards, L.A., 1954.** Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *Soil Sci.* 78 (2), 154.

**Rietz, D.N., Haynes, R.J., 2003.** Effects of irrigation-induced salinity and sodicity on soil microbial activity. *Soil Biol. Biochem.* 35 (6), 845–854.

**Rillig, M.C., Wright, S.F., Eviner, V.T., 2002.** The role of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin in soil aggregation: comparing effects of five plant species. *Plant Soil* 238 (2), 325–333.

**Rochdi A; Lemsellek A; Boussarhal A; Rachidai A; 2005-** Evaluation sous serre de la tolerance à la salinité de quelques porte greffe d'agrumes citrus aurantium et deux hybrides de poncirus trifoliata (*Poncirus x Citrus sinensis* et *Poncirus x Mandarinier sunki*). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ;* 9, (1) :. 65-73

**Rogon P., 1994-** les conséquences de la sécheresse sur la pédogénèse. *Sécheresse* 5, (3):. 173-184.

**Roldan, A., Albaladejo, J., Thornes, J., 1996.** Aggregate stability changes in a semiarid soil after treatment with different organic amendments. *Arid Land Res. Manag.* 10 (2), 139–148.

**Sadiq, M., Hassan, G., Mehdi, S., Hussain, N., Jamil, M., 2007.** Amelioration of saline–sodic soils with tillage implements and sulfuric acid application. *Pedosphere* 17 (2), 182–190.

**Seki M; Narusaka M; Ishida J; Nanjo T; Fujita M; Oono Y; Kamiya A; Nakajima M;**

**Enju A; Sakurai T; 2002-** Monitoring the expression profiles of 7000 Arabidopsis gene under drought, cold and high salinity stresses using a full-length cDNA microarray. *Plant J.*, 31: 279-292

**Sibole J.B., Cabot C., Poschenrieder C., Barcelo J., 2003-** Efficient leaf ion partitioning, an overriding condition for abscisic acid-controlled stomatal and leaf growth responses to NaCl salinization in two legumes. *Journal of Experimental Botany* 54, (390), P. 2111- 2119

**Sifola M.I., Postiglione L., 2002-** The effect of increasing NaCl in irrigation water on growth, gas exchange and yield of tobacco burley type. *Fields Crops Research* 74: 81-91.

**Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S., Denef, K., 2004.** A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil Tillage Res.* 79(1), 7–31.

**Slama A., 1996-** Effet d'une contrainte hydrique édaphique sur le développement du système racinaire de deux variétés de blé dur. DEA de physiologie végétale, faculté des sciences de Tunis.

**Slama A., 2002-** Etude comparative de la contribution des différentes parties du plant du blé dur dans la contribution du rendement en grains en irrigué et en conditions de déficit hydrique. Thèse de doctorat en biologie, faculté des sciences Tunis.

**Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M., Zid E., 2005-** Les céréales en Tunisie: production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. *Sécheresse*.16, (3), p.225-229.

**Smail Saadoun N., 2005-** Réponse adaptative de l'anatomie des chénopodiacées du Sahara algérien à des conditions de vie d'aridité extrême. *Sécheresse*, 16 (2) 121-124 p.

**Snoussi S.A., Halitim A., Valles V., 2004-** Absorption hydrique en milieu salin chez la tomate et le haricot. *Agriculture*, 13, (3), P.283-287.

**Spinosa L. Skeels des Beni Snassen (Macro oriental).** *Sécheresse*, 14, (1), p. 23- 27.

**SPSS, 2009 Inc., 2009-** SYSTAT 7.0 for Windows, statistics and graphics.

**Tardieu, F., Dreyer E., 1997-** Régulation des échanges gazeux par les plantes soumises à la sécheresse. In *L'eau dans l'espace rural. Production végétale et qualité de l'eau.* edited by INRA- Editions. Institut National de Recherche Agronomique p.41-59.

**Tazi M R; Berrichi A., Haloui B., 2003-** Effet du polyéthylène glycol sur la germination et la croissance in vitro de l'arganier (*Argania spinosa L. Skeels*) des Beni Snassen (Macro oriental). *Sécheresse*, 14, (1), p. 23- 27.

**Tejada, M., Garcia, C., Gonzalez, J.L., Hernandez, M.T., 2006.** Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: Influence on the physical, chemical and biological properties of soil. *Soil Biol. Biochem.* 38 (6), 1413–1421.

**Tester M; Davenport R; 2003-** Na<sup>+</sup> resistance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. *Annals of botany* 91, (3), p. 503- 527.

**Thomas FM, Gausling T., 2000-** Morphological and physiological responses of oak seedlings (*Quercus petraea* and *Q. robur*) to moderate drought. *Ann. For Sci.* 57: 325-33.

**Throneberry, G.O. et Smith, F.G. 1955.** Relation of respiratory and enzymatic activity to corn seed viability. *Plant Physiology*, 30: 337-343

**Tisdall, J.M., Oades, J.M., 1982.** Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Eur. J. Soil Sci.* 33 (2), 141–163.

**Tremblin G., 2000-** comportement autoécologique de *halopeplis amplexicaulis*: plante pionnière des sebkhas de l'ouest Algérien. *Sécheresse*, 11(2), p. 109- 116.

**Tyerman SD., Skerrett., 1999-** root ion Channels and salinity. *Scientiae Horticulturae*, 78: 175- 235.

**Van Hees AFM., 1997-** Growth and morphology of pedunculate oak (*Quercus robur L.*) and beech (*Fagus sylvatica L.*) seedlings in relation to shading and drought. *Ann Sci*, 54: 9-18 p.

**Volkov V., Hachez CH., Moshelion M., Draye X., Chaumont F. And Fricke W. 2007;** Water permeability differs between growing and non-growing barley leaf tissues. *Journal of Experimental Botany*, 58, (3), p. 377-390.

**Wahid, A., Akhtar, S., Ali, I., Rasul, E., 1998.** Amelioration of saline–sodic soils with organic matter and their use for wheat growth. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 29 (15), 2307–2318.

**Walker, D.J., Bernal, M.P., 2008.** The effects of olive mill waste compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. *Bioresour. Technol.* 99 (2), 396–403.

**Wang H.L., Lee P.D., Chen W.L., Huang D.J., Su J.CH. 2000.** Osmotic stress-induced changes of sucrose metabolism in cultured sweet potato cells. *Journal of Experimental Botany*, 51, (353), P. 1991- 1999

**Wang B., Lullge U., Ratajczak R., 2001-** Effects of salt treatment and osmotic stress on *v-atpase*, and *v- ppase* in leaves of the halophytes *Sueada salsa*. *Journal of Experimental Botany*, 52, (365), P. 2355-2365.



**Werner JE., Finkelstein RR., 1995** – Arabidopsis mutants with reduced response to NaCl and osmotic stress. *Physiologia Plantarum*, 93: 659- 666.

**Wong, V., Dalal, R., Greene, R., 2008.** Salinity and sodicity effects on respiration and microbial biomass of soil. *Biol. Fertil. Soils* 44 (7), 943–953.

**Yamaguchi T., Blumwald E., 2006-** Developing salt- tolerant crops plants: challenges and opportunities. *Plants sciences*, 10, (12), p. 615-620.

**Yang J., Yen He., 2002-** Early salt stress effects on the changes in chemical composition in leaves of ice plant and Arabidopsis. A fourier transform infrared spectroscopy study. *Plant Physiol*, 130: 1032- 1042.

**Yang C.H., Chen Y.C., Jauh C.Y., Wang C.S., 2005-** Aliliy ASR protein involves abscissic acid signaling and confers drought and salt resistance in arabidopsis. *Plant Phisiol.* 139, (2), P. 836-846.

**Yeo AR., 1983-** Salinity Resistance: physiologies and prices. *Physiologia plantarum*, 58: 214-222.

**Yeo A., 1998-** Molecular biology of salt tolerance in the context of whole plant physiology. *Journal of Experimental Botany*, 49: 915- 929.

**Yu, J., Wang, Z., Meixner, F.X., Yang, F., Wu, H., Chen, X., 2010.** Biogeochemical characterizations and reclamation strategies of saline–sodic soil in Northeastern China. *CLEAN– Soil, Air, Water* 38 (11), 1010–1016

**Zhu J.K., 2001-** Plant salt tolerance. *Trends in plant Science*, 6: 66-71.

**Zia S; Ajmal Khan M; 2004-** Effect of light, salinity and temperature on seed germination of *Limonium stocksii*; *Can. J; Bot.* 82: 151-157.