

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE DE BLIDA 1



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIES

Mémoire de Fin d'étude

En vue de l'obtention de Diplôme de master Académique

Option : Système de production Agroécologique

**Impact des rhizobactéries sur la germination des plantes
maraichères en conditions salines**

Présenté par :

- Melle GRAMIT Manel
- Mme AOURI Khadidja

Soutenu le : 10/09/2020 àh00

Devant le jury :

M ^{me} BENREBIHA F. Z	P. R	U.Blida 1	Présidente de jury
Mr ABBAD.M.	M.C. A	U. Blida1	examineur
M ^{me} BOUCHENAK.F.	M.C. A	U.Blida 1	Promotrice
Mr DEGAICHIA.H.	Doctorant	U.Blida 1	Co-promoteur

2019/2020

Remerciements

Avant tout on remercie Dieu tout puissant de nous avoir donné le privilège, la chance d'étudier et de nous avoir donné force, courage, et patience pour accomplir ce travail.

Un remerciement spécial pour notre promotrice **Mme BOUCHENAK Fatima** maitre de conférences A à la Faculté de SNV Université de blida 1, qui nous a beaucoup aidé et retenue la longue de la rédaction de ce mémoire et qui nous a orienté avec ses conseils et surtout merci pour sa patience. Merci pour votre gentillesse, vos précieux conseils et votre soutien à tous les instants.

Nous tenons à remercier nos Co-promoteurs **Mr DEGAICHIA Housseem** et **Mr CHADI Abdeslem** pour leur gentillesse, leur disponibilité et leur aide précieuse.

On remercie vivement **M^{me} BENREBIHA Fatma Zohra** et **Mr ABBAD Mohammed** pour avoir accepté d'examiner notre travail et pour l'honneur qu'ils nous ont fait pour leur participation au jury.

On remercie également de tous nos cœurs tous les enseignants qui ont contribué à notre apprentissage depuis notre jeune âge à ce jour, et on leur adresse nos sentiments respectueusement reconnaissant pour tout le savoir qu'ils nous ont prodigués.

Enfin on remercie tous ceux qui ont contribué de près ou loin à l'aboutissement de ce modeste travail.

Manel &khadidja.

Table des matières

Liste des abréviations.	
Liste des figures.	
Liste des tableaux.	
Résumé.	
Introduction	01
Synthèse bibliographique.....	04
I. Présentation des espèces	04
I.1. Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill)	04
I.1.1. Historique et origine de la tomate	04
I.1.2. Production de la tomate	04
I.1.3. Classification, description et morphologie de la tomate	05
I.1.3.1. Classification botanique	05
I.1.3.2. Classification variétale	05
I.1.3.3. Description et morphologie de la tomate	06
I.1.4. Cycle biologique de la tomate	06
I.1.5. Exigences écologiques et climatiques de la plante	07
I.1.6. La situation phytosanitaire de la tomate	08
I.2. Poivron (<i>Capsicum annum</i>)	12
I.2.1. Origine et répartition dans le monde	12
I.2.2. Production du poivron	12
I.2.3. Classification description et morphologie du poivron	13
I.2.3.1. Classification botanique	13
I.2.3.1. Description et morphologie du poivron	13

I.2.4. Cycle biologique du poivron	14
1.2. 5.Les exigences climatiques et édaphiques du poivron	15
1.2. 6. La situation phytosanitaire du poivron	16
II. Germination des graines	20
II.1. Introduction	20
II.2. Paramètres de la germination	20
II.3. Les conditions de la germination	20
II.4. Physiologie et biochimie de la germination	21
II.5. Nature biochimique des réserves	22
II.6. Activité enzymatique au cours de la germination et les enzymes d'hydrolyse des réserves	23
III. Impact du stress salin sur la germination et la croissance végétale	23
III.1. Généralités sur la salinité	23
III.2. Importance de la salinité dans le monde et en Algérie	24
III.3. Effets de la salinité sur les plantes	26
III.3.1. Effet sur la germination	26
III.3.2. Effets sur la croissance et le développement	27
III.4. Mécanismes de la tolérance des plantes a la salinité	27
III.4.1. Homéostasie ionique	28
III.4.2. La production des antioxydants contre les ROS	30
III.4.3. Ajustement osmotique	31
III.4.4. Rôle des phytohormones dans la tolérance a la salinité	32
IV. Les rhizobactéries	32
IV.1.la rhizosphère	32
IV.1.1. Activité de la rhizosphère	33
IV.1.2. La microbiologie rhizosphérique	34
IV.2. Les Rhizobactéries promotrices de la croissance des plantes	34
IV.2.1. Définition de Rhizobacteria (PGPR)	34

IV.2.2 Biodiversité des PGPR dans la rhizosphère	34
IV.2.2.1. Alpha-proteobacteria	34
IV.2.2.2. Bêta-proteobacteria	35
IV.2.2.3. Actinobacteria.....	35
IV.2.2.4. Gamma-proteobacteria	35
IV.2.2.4. 1.Les entérobactéries	36
IV.2.2.4.2. Firmicutes	36
IV.3. Mécanismes impliqués dans la stimulation de la croissance des plantes par les PGPR	37
IV.3.1. Les mécanismes directs	38
IV.3.1.1. La fixation de l'azote.....	38
IV.3.1.2. La solubilisation du phosphate.....	39
IV.3.1.1.3. La solubilisation du potassium	39
IV.3.1.1.4. La production des sidérophores	40
IV.3.1.1.5. La production des phytohormones	39
IV.3.1.1.5.1. L'auxine.....	40
IV.3.1.1.5.2. Les cytokinines et les gibbérellines	40
IV.3.1.1.5.3. L'éthylène	41
IV.3.2. Les mécanismes indirects	41
IV.3.2.1. La compétition pour l'espace et les nutriment	41
IV.3.2.2. L'Antibiose	42
IV.3.2.3. Antagonisme	42
IV.3.2.4. Résistance systémique induite ISR (Induced Systemic Resistance)	42
IV.3.2.5. Effet phytoprotecteur des Sidérophores	43
IV.4. Effets des PGPR sur la croissance végétale	44
IV.4.1. Germination et émergence	44
IV.4.2. Rendement et composantes du rendement	46

IV.5. La tolérance des rhizobactéries vis-à-vis le stress salin	47
IV.5.1. Les solutés compatibles	47
IV.5.1.1. La proline	48
IV.5.1.2. Le tréhalose	48
IV.5.1.3. La glycine bêtaïne (GB)	49
IV.5.1.4. Les tétrahydropyrimidines (éctoïnes)	49
IV.5.2. L'ACC désaminase (Aminocyclopropane-1 carboxylate)	50
IV.5.3. Exopolysaccharides (EPS)	50
Conclusion.....	52

Liste des abréviations

PGPR: Plant growth promoting rhizobacteria

ROS : Espèces réactives de l'oxygène

U.V : Ultraviolet

O : Oxygène

H₂O₂ : peroxyde d'hydrogène

ROOH : Peroxydes alkyles

HO : Hydroxyles

ROO : Peroxydes

RO : Alkoxyles

L'ADN : Acide désoxyribonucléique

CO₂ : dioxyde de carbone

K⁺ : potassium

Na⁺ : sodium

Cl⁻ : chlore

(AAC) : La 1-aminocyclopropane-1-carboxylate

(AIA) : L'auxine acide indole 3-acétique

L'ISR : Résistance systémique induite

PEG : polyéthylène glycol

KNO₃ : Potassium Nitrate

Na Cl : chlorure de sodium

KCl : chlorure de potassium

% : Pourcentage.

PNDA ; Plan National De Developpement Agricole.

Liste des figures :

Figure 01 : Nécrose apicale causée par la salinité Sur le fruit de la tomate. (**Anonyme ;2020**)
.....11

Figure 02 : Cycle biologique de poivron et le stade plus sensible (**Haddadi.B, 2019**)
..... 15

Figure 03 : courbe théorique d'imbibition d'une semence (**D'après côme, 1982**)
..... 22

Figure 04 : Répartition des superficies des cultures maraîchères (**2006**). (**Anonyme.2008**)
..... 25

Figure 05 : Induction des voies de signalisation et de régulation de l'homéostasie ionique par la voie SOS (**Shi et Zhu 2002, Manchanda et Garg,2008**).29

Figure 06 : Les transporteurs ioniques du sodium au niveau cellulaire (**Mansour et al.,2003**).
..... 30

Figure 07 : Représentation schématique des zones de la rhizosphère (**Lepinay., 2015**)
..... 33

Figure 08 : Interactions entre les plantes et les bactéries dans la rhizosphère (**khan et al., 2009**). 38

Figure 09 : Augmentation de la tolérance et la survie des plantes induite par les rhizobactéries en milieu salin (**Ashraf et al., 2008**).51

Liste des tableaux

Tableau 01 : les maladies bactériennes de la tomate (Snoussi, 2010)	09
Tableau 02 : les maladies virales de la tomate (Snoussi, 2010)	09
Tableau 03 : Les principales maladies fongiques de la tomate (Cuasse, 2000, Naika et al.,2005)	10
Tableau 04 : Importance des superficies et des rendements du poivron sous serre en Algérie (2003-2013) (FAO, 2015)	12
Tableau 05 : Différents maladies cryptogamiques du poivron (Haddadi Bilal, 2019)	17
Tableau 06 : Principales maladies bactériennes du poivron (Haddadi Bilal, 2019)	18
Tableau 07 : Principales maladies virales du poivron. (Haddadi Bilal, 2019)	18
Tableau 08 : Classification des mécanismes de stimulation de la croissance des plantes contrôlées par les PGPR (Martinez-Miveros et al., 2010)	43

Résumé

L'interaction plantes-PGPR est fortement affectée par les stress biotiques et abiotiques tels que les phytopathogènes, le déséquilibre nutritionnel et la salinité élevée dans les régions arides et semi-arides où l'augmentation de la concentration du sel conduit à la réduction de la croissance et du développement de la production agricole.

L'utilisation des PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) comme une approche biologique semble être la solution prometteuse afin d'améliorer la production des cultures maraichères en Algérie. Des recherches ont prouvé que l'utilisation des PGPR comme inoculant constitue une alternative biologique soutenable pour la production végétale. Les PGPR sont très intéressantes pour l'application, en agriculture, comme Biofertilisants et biopesticides et en phytoremédiation.

L'objectif de notre recherche bibliographique consiste à montrer l'influence de la salinité en présence des rhizobactéries isolées des nodosités de légumineuses spontanées sur la germination des plantes maraichères.

Mots clé : PGPR, germination, salinité, Cultures maraichères.

Abstract

Plant-PGPR interaction is strongly affected by biotic and abiotic stresses such as phytopathogens, nutritional imbalance and high salinity in arid and semi-arid regions where increased salt concentration leads to reduced growth and development of agricultural production.

The use of PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) as a biological approach seems to be the promising solution to improve the production of vegetable crops in Algeria. Research has proven that the use of PGPR as an inoculant is a sustainable biological alternative for crop production. PGPRs are very interesting for application in agriculture as biofertilizers and biopesticides and in phytoremediation.

The objective of our bibliographical research is to show the influence of salinity in the presence of rhizobacteria isolated from the nodules of spontaneous legumes on the germination of market garden plants.

Keywords: PGPR, germination, salinity, Vegetable crops.

المخلص

يتأثر تفاعل النبات PGPR مع بشدة بالضغوط الحيوية وغير الحيوية مثل مسببات الأمراض النباتية وعدم التوازن الغذائي والملوحة العالية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة حيث يؤدي تركيز الملح المتزايد إلى انخفاض نمو وتطور الإنتاج الزراعي.

يبدو أن استخدام PGPR (البكتيريا الجذرية المعززة لنمو النبات) كنهج بيولوجي هو الحل الواعد لتحسين إنتاج محاصيل الخضر في الجزائر. أثبتت الأبحاث أن استخدام كمادة مُلقحة هو بديل بيولوجي مستدام لإنتاج المحاصيل.

تعتبر PGPR مثيرة للاهتمام للغاية للتطبيق في الزراعة مثل الأسمدة الحيوية والمبيدات الحيوية وفي المعالجة النباتية.

الهدف من بحثنا الببليوغرافي هو إظهار تأثير الملوحة في وجود البكتيريا الجذرية المعزولة من عقيدات البقوليات العفوية على إنبات نباتات حدائق السوق.

الكلمات المفتاحية: الإنبات ; الملوحة ; محاصيل ; الخضر ; PGPR

Introduction

La salinité du sol et de l'eau constitue le problème majeur dans beaucoup des pays du monde. Elle est considérée comme le principal facteur abiotique qui limite la productivité végétale et le rendement agricole (**Rozema & Flower, 2008 ; Abd latef, 2010**). La salinisation des terrains agricoles impose des défis énormes, à la fois aux scientifiques et aux agriculteurs, exigeant une exploitation croissante des ressources naturelles à la recherche de solutions prometteuses (**Ashraf et al., 2012**). Environ 6 % de la surface terrestre est affectée par la salinité, correspondant à 20 % des terrains irrigués au niveau mondial. Ces sites sont majoritairement localisés dans les zones arides et semi-arides du globe où la pluviométrie est insuffisante pour éliminer les sels accumulés dans les couches superficielles du sol. De plus, il a été estimé que plus de 50 % des terrains agricoles seront affectés par la salinité vers la fin de l'année 2050 (**Jamil et al., 2011 ; Dikilitas and Karakas, 2012 ; Stanković et al., 2015**). En Algérie, près de 10 à 15 % des terres irriguées sont affectés, occupant 3.2 millions d'hectares de la superficie totale, localisées aussi bien au Nord qu'au Sud du pays (**Silini, 2016**).

Actuellement, le stress est considéré comme l'un des problèmes de l'agriculture moderne, qu'il soit lié au sol, à l'eau d'irrigation ou La fertilisation chimique n'est pas étudiée de manière rationnelle, car elle affecte les différentes étapes de la croissance des plantes, y compris sa réduction Le rendement des cultures agricoles ou, à certains stades, conduit à la mort des plantes si elles sont en forte concentration. (**Kalib Amina ,2018**).

Diverses recherches, visant à développer les approches technologiques consistant à modifier le sol salé par des mesures de remise en état ou à l'adoption des approches biotiques par l'utilisation des cultures végétales tolérantes au sel, ne sont pas une démarche facile et économique pour une agriculture durable (**Rai Abdelwahab ,2017**). Plusieurs stratégies ont été développées afin de diminuer les effets toxiques causés par une salinité élevée sur la croissance des plantes. Une approche biologique existe, elle consiste en l'inoculation des plantes par les rhizobactéries (PGPR : *Plant Growth Promotiing Rhizobacteria*) afin de favoriser leur germination et leur croissance, ce groupe de bactéries vivant dans la rhizosphère des plantes et capable de conférer des avantages bénéfiques à la fois aux plantes et au sol. Outre leur pouvoir promoteur de la croissance des plantes sous condition non stressées, certains PGPR sont capables d'établir différentes formes d'interactions symbiotiques ou non-symbiotiques avec les plantes et la restauration de la croissance des plantes stressées (**Choudhary et Varma, 2016**).

En conséquence, la croissance des micro-organismes halotolérants, associés aux racines des plantes peuvent conduire à une meilleure fertilité des sols salins (**Hallman et al., 1997**). Le nombre d'espèces bactériennes identifiées comme PGPR a augmenté récemment en raison de nombreuses études portant sur une plus large gamme d'espèces végétales sur les progrès réalisés en matière de taxonomie bactérienne ainsi que sur les progrès développés dans la compréhension des différents mécanismes d'action de ces rhizobactéries. Les PGPR incluent des taxons bactériens très divers (**Ashraf et al., 2008**). Un nombre très important de bactéries incluant des espèces de *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Alcaligenes*, *Arthobacter*, *Burkholderia*, *Pantoea*, *Bacillus* et *Serratia* ont montré une capacité d'améliorer la croissance de la plante (**Kloepper et Beauchamp, 1992 ; Glick, 1995**). *Bacillus* et *Pantoea* sont des habitants communs de la rhizosphère et possèdent une grande activité dans le contrôle biologique de maladies liées au sol. Ces rhizobactéries ont la capacité de produire de nombreux métabolites et sont faciles à cultiver in vitro ou à manipuler au laboratoire (**Raaijmakers et al., 2002**). De plus, les *Bacillus* offrent un avantage par rapport aux autres bactéries en raison de leur capacité à former des endospores résistantes aux changements des conditions environnementales. (**Cavaglieri et al., 2005**).

En général, la salinité affecte presque tous les aspects de la physiologie et de la biochimie des plantes (**Cuartero et al., 2005**). La nécessité de développer des cultures avec une plus grande tolérance à la salinité a considérablement augmenté au cours de la dernière décennie, ce qui a accru les problèmes de salinité dans le monde (**Sivritepe et al., 2003**).

L'application des PGPR est considérée comme la méthode écologique la moins chère utilisée pour augmenter la production agricole via la stimulation de la croissance des plantes, le contrôle des microorganismes phytopathogènes, la dégradation des polluants et la bioremédiation des terrains dégradés (**Bhattacharyya et Jha 2012 ; Landa et al., 2013**).

Vivants dans un même environnement, les PGPR sont exposés aux mêmes concentrations de sels que les plantes, entravant, à des niveaux critiques, la croissance et l'interaction des deux partenaires. Suite à l'exposition des cellules à des concentrations élevées en sels, l'activité de l'eau dans leurs cytoplasmes diminue, altérant l'activité des protéines et inhibant plusieurs processus biologiques tels que la synthèse des macromolécules et la réplication de l'ADN (**Nabti et al., 2010 ; Bhattacharyya et Jha, 2012**). En réponse au stress salin, les plantes et les PGPR synthétisent et accumulent des solutés compatibles (osmoprotecteurs) ; des métabolites compatibles avec le comportement cellulaire, jouant un rôle important dans le rééquilibrage

osmotique et protégeant les cellules contre la plasmolyse (**Cánovas et al., 1997 ; Göller et al., 1998 ; Wani et al., 2013**).

Les objectifs de cette recherche bibliographique sont donc ; montrer l'importance des rhizobactéries isolées des nodosités de légumineuses spontanées de la région de Mithidja, leur effet sur la germination des graines de plantes maraichères en milieu salin.

I. PRESENTATION DES ESPECES

I.1. Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill)

I.1.1. Historique et origine de la tomate

La tomate est originaire de la région andine du Nord-Ouest de l'Amérique du Sud où sa domestication remonte à plus de 5000 ans. Elle a été introduite au Mexique puis via les Espagnols en Europe au XVIème siècle (**Verolet et al., 2001**).

I.1.2. Production de la tomate

- **Dans le monde** : En tête de classement nous retrouvons la Chine avec un volume de tomate produite de 56 308 910 tonnes soit 36 % du total mondial, vient ensuite l'Inde avec 18 399 000 tonnes mais avec un rendement très bas (2,42 kg/m²). Puis les Etats-Unis avec 13 038 410 tonnes et un rendement de 9,03 kg/m², la Turquie avec 12 600 000 tonnes est en 5^{ème} position et l'Egypte avec 7 943 000 tonnes (**Anonyme, 2016**).

- **En l'Algérie** : la production de la tomate s'est établie à 13.72 millions de quintaux durant la campagne 2017- 2018, le rendement a été de 428 qx/hectare pour la tomate plein champ et 1.225 qx/hectare pour la tomate sous serre. Les plus grandes wilayas productrices de la tomate sont Biskra avec une production de 2.33 millions de qx, Mostaganem avec une production de 1.33 millions de qx, Tipaza avec 1.04 million de qx et Ain Defla avec 728.250 qx. (**Anonyme, 2020**).

Pour l'expertise de l'institut technique des grandes cultures, les variétés de tomate les plus cultivées en Algérie sont les variétés fixes avec la Rio Grande, Elgon, Castlong, Heintz 1350, Sabra, Pico de Aneto, Giaron ; Il existe également les variétés hybrides, telles Aicha, Fehla, Baguira, Nun 6108, Issma, Bopcat, Zine 40, Jocker, Lesto, Fafety, Zigola, Zenith, Syhen, Chebli, Sabra, Storm... Pour les variétés à maturité groupée, les plus fréquentes sont les Albatros, Baraka, Ercola, Perfect Peel, Talent. (**Anonyme 2020**).

I.1.3. Classification, description et morphologie de la tomate :

I.1.3.1. Classification botanique

Règne : *Plantae*

Sous-Règne : *Tracheobionia*

Division : *Magnoliophyta*

Classe : *Magnoliopsida*

Sous-classe : *Asteridae*

Ordre : *Solanale*

Famille : *Solanaceae*

Genre : *Lycopersicum*

Espèce : *esculentum*. **Benton (2008).**

I.1.3.2. Classification variétale

Variétés déterminées : Les variétés à croissance déterminée se supportent elles-mêmes et n'ont généralement pas besoin de tuteur. Lorsque les conditions météorologiques sont rigoureuses, il est conseillé de protéger les plantes. Les variétés à croissance déterminée arrêtent leur croissance après la floraison (**Shankara et al., 2005**). Elles sont utilisées généralement lors de la culture en plein champs, en Algérie on trouve des variétés fixées et des variétés hybrides (**Snoussi, 2010**).

Variétés indéterminées : Ces variétés présentent une tige principale poussant avec régularité et formant un bouquet à fleurs toutes les trois feuilles généralement. Il en résulte que la production des fruits est prolongée. On peut l'arrêter par un pincement du bourgeon terminal à la hauteur souhaitée. Ce groupe se caractérise par un rendement important qui s'étale sur une longue période (**Laumonier, 1979**). En Algérie les variétés hybrides sont les plus utilisées citant quelques une Actana, agora, bond, Nedjma, Tafna, Tavira, Toufan, Tyerno et Tahra (**Snoussi, 2010**).

I.1.3.3. Description et morphologie de la tomate :

La tomate est une plante maraichère, herbacée, annuelle et aromatique appartenant à la famille Solanaceae. Sa taille varie entre 40 cm à plus de 5 mètres selon les variétés et le mode de culture (Bernard et al., 2009).

Grain : dans chaque fruit, les graines sont petites, nombreuses (environ 300 à 350 graines/gr), Elles sont de 3 à 5 mm de long et 2 à 4 mm de large, 1000 graines pèsent approximativement 2,5 à 3,5g (Shankara et al., 2005).

Système racinaire, tiges et feuilles : Le système racinaire est très développé et pivotant avec des nombreuses racines secondaires. La plupart des racines se situe à une profondeur de 30 à 40 cm. En sol profond des racines peuvent être retrouvées jusqu'à un mètre (Chaux, 1994 ; Blamey et al., 2007). La tige est pleine et anguleuse, pousse jusqu'à une longueur de 2 m (Shankara, 2005). Les feuilles sont simples, découpées, alternées, sans stipule, mesurant entre 15 à 50 mm de long et 10 à 30 mm de large, le pétiole mesure de 3 à 6 cm (Shankara et al., 2005).

Fleur et fruits : Les fleurs sont hermaphrodites en grappe et généralement de couleur jaune. Les pétales sont en partie soudés pour former une corolle étoilée. Les sépales sont verts. Les étamines sont jointes pour former un tube staminique et le pistil est caché dans ce tube (Chaux, 1994 ; Blamey et al., 2007). Les fruits sont de forme globulaire ou aplatie avec un diamètre de 2 à 15 cm. Lorsqu'il n'est pas encore mur, le fruit est vert et poilu. La couleur des fruits murs varie du jaune au rouge en passant par l'orange. En général les fruits sont ronds et réguliers ou côtelés (Shankara, et al. 2005). Un fruit charnu renferme des graines appelés pépins, ces pépins sont entourés d'une sorte de mucilage provenant de l'enveloppe de la graine (Polese, 2007).

I.1.4. Cycle biologique de la tomate :

Chez la tomate, la durée du cycle végétatif complet varie selon : les variétés l'époque et les conditions de culture. Il s'étend généralement de 3,5 à 6 mois, du semis jusqu'à la dernière récolte (Gallais et Bannerot, 1992). Le cycle de la tomate comprend cinq phases :

1.Phase de germination : C'est le passage de la graine de la vie ralentie à la vie active qui se traduit par la sortie des racines radicales et l'émergence de l'hypocotyle en surface. Les réserves sont hydrolysées et fournissent à l'embryon les métabolites nécessaires à ses synthèses et ses divisions cellulaires. : La germination s'effectue au bout de 6 à 8 jours après le semis à une température ambiante entre 18 et 24°C (Heller,1996).

2.Phase de croissance : Selon Laumonier (1979) la croissance déroule en deux phases dans deux milieux différents : à la pépinière et en plein champs ou sous serre.

En pépinière : la croissance dure de la levée jusqu'au stade 6 feuilles ; ou la plante assure la formation de racine fonctionnelles qui vont assurer l'alimentation à la plante en eau et éléments nutritifs. A la partie aérienne ; la tige s'allonge et forme des feuilles.

En plein champ ou serre : A partir du stade six feuilles la plante est transférée de la pépinière pour être repiquée en plein champ et continuer ainsi sa croissance. La tige augmente et le nombre de feuilles va progresser.

3.Phase de floraison et la pollinisation : Selon **Rey et Costes (1965)**. La floraison correspond à l'apparition et le développement des ébauches florales qui se traduit par la transformation du méristème apical en passant de l'état végétatif à l'état reproducteur. L'apex s'aplatit, s'élargit et les protubérances formées sont des ébauches des pièces florales. Celle-ci se transforment par la suite en boutons floraux et s'épanouissent en fleurs. Ces transformations dépendent de plusieurs facteurs : notamment la photopériode, la température et les éléments nutritifs.

En conditions favorables, 6 à 7 semaines après le semis apparaissent les bouquets floraux groupés en inflorescences, durant cette phase les températures nocturnes et diurnes doivent être 13°C et 23°C. la pollinisation nécessite l'intervention des agents extérieurs, le vent ou certains insectes comme le bourdon qui provoque la vibration des anthères, libérant ainsi le pollen pour la pollinisation (**Chaux et Foury, 1994**).

4.Phase de fécondation, de nouaison et de fructification : D'après **Rey et Costes (1965)**, le temps écoulé entre la pollinisation et la fécondation est 2 à 3 jours. Une bonne nouaison se produit à une température nocturne comprise entre 13°C et 15°C.

5.Phase de développement et de maturation des fruits : La maturation des fruits se caractérise par grossissement de ces derniers, changement de couleur, du vert au rouge. La lumière intense permet la synthèse active des hydrates de carbone transportés rapidement vers les fruits en croissance, pour cela il faut une température de 18°C la nuit et 27°C le jour nécessaire. (**Rey et Costes, 1965**).

I.1.5. Exigences écologiques et climatiques de la plante

La tomate n'est pas très exigeante en ce qui concerne la pluviosité. Elle préfère des périodes sèches avec un apport d'eau par irrigation : elle requiert un apport d'eau de 5 mm par jour de la plantation à la floraison et 10 mm par jour de la floraison à la récolte (**Nyabyenda, 2007**). Par

contre, elle est exigeante pour la lumière qui est un facteur écologique fondamental qui intervient dans la photosynthèse. Le manque de lumière peut inhiber l'induction florale et gêner la germination du pollen (**Chibane, 1999**). La tomate se développe à des températures dont l'optimum se situe entre 13 et 20 °C pendant la nuit et entre 20 et 27 °C pendant la journée. Pour obtenir une bonne production, un écart de 6 à 7 °C entre les températures diurnes et les températures nocturnes est nécessaire au moment de la floraison.

La tomate n'est pas très exigeante en ce qui concerne les sols, pourvu qu'ils soient fertiles et bien drainés (**Nyabyenda, 2007**). La tomate est classée parmi les plantes à tolérance modérée vis-à-vis de la salinité (**Morad et Martinez, 1999**). Sa tolérance vis-à-vis de l'acidité est très élevée. La tomate tolère modérément un large intervalle de valeurs du pH, mais, pousse le mieux dans des sols où la valeur du pH varie entre 5.5 et 6.8 (**Naika et al., 2005**).

I.1.6. La situation phytosanitaire de la tomate

De la levée et pratiquement jusqu'à la récolte, les cultures de la tomate sont sujettes à de nombreuses maladies causées par divers agents pathogènes tels que : les virus, les bactéries, les champignons, les nématodes et les insectes etc.... (**Causse et al., 2000**).

Les ravageurs de la tomate :

- Les nématodes : Les nématodes des racines noueuses présentent un problème important. Ils provoquent des galles (des tumeurs cancéreuses) sur les racines des plantes on peut citer *Meloïdogyne icognita*, *Meloïdogyne arenaria* et *Meloïdogyne javanica*. Les plantes atteintes restent petites de taille et sont sensibles aux maladies fongiques et bactériennes transmises par le sol (**Shankar, 2005**).

- Les insectes : Tous les insectes qui piquent et qui sucent, tels que les thrips, les pucerons, et les mouches blanches, ne provoquent des dommages mécaniques que lorsqu'ils surviennent en grands nombres, mais les virus qu'ils peuvent transmettre, provoquent des dommages bien plus importants (**Shankara, 2005**).

Les tableaux 1.2.3 montrent les principales maladies et pouvant affecter la tomate :

Tableau 01 : les maladies bactériennes de la tomate (**Snoussi, 2010**).

Maladie	Nom scientifique	Symptômes et dégâts
Chancre bactérien	<i>Clavibacter michiganensis</i> <i>subsp Michiganensis.</i>	Flétrissement unilatéral sur feuille, suivi d'un dessèchement total des coupes longitudinales sur tige et pétioles. Sur fruits, se forment des taches blanchâtres.
Moucheture de la tomate	<i>Pseudomonas syringae</i> <i>pv. tomato.</i>	Sur feuillage : Apparition des taches noires de contour irrégulier entourées d'un halo jaune. Les folioles se dessèchent et tombent.
Gale bactérienne	<i>Xanthomonas compestris</i> <i>pv.vesicatoria</i>	De nombreuses taches entraînent le dessèchement de folioles et la chute des feuilles, Sur fruit, de petits chancres pustuleux appariassent et prennent un aspect liégeux.
Flétrissement bactérienne des solanacées.	<i>Pseudomonas solanacearum</i>	Flétrissement de type <i>verticillium</i> où <i>fusarium</i> mais suivi de la mort très rapide de la plante.

Tableau 02 : les maladies virales de la tomate (Snoussi, 2010)

Maladie virale	Symptômes et dégâts
Virus de la mosaïque du tabac (TMV)	Transmis par la semence et par voie mécanique donnant des plages vert clair et vert foncé sur feuilles jeunes.
Virus de la mosaïque du pépino (PepMV)	Donne des décolorations de feuilles et une stérilisation des inflorescences, également transmis par les semences et par voie mécanique.
Virus Y de la pomme de terre (PVY)	Donne des nécroses sur feuilles avec dessèchement.

Tomato chlorosis virus (ToCV) Tomato yellow leaf –cruf (TYLCV).	Virus provoquant la crispation et le jaunissement sur feuilles.
Stolbur	Maladie à mycoplasmes, reprise ici dans les maladies à virus car elle a des caractéristiques similaires symptômes de chloroses, prolifération des rameaux, réduction du feuillage, et transmission par les insectes (cicadelles).

Tableau 03 : Les principales maladies fongiques de la tomate (Cuasse, 2000, Naika et al., 2005)

Maladie	Symptômes	Causées par
Anthraxnose	Tâches plus ou moins circulaires de 1 cm avec un centre noirâtre sur les fruits mûrs	<i>Colletotrichum coccodes</i>
Mildiou	Légères tâches foncées avec un point jaune en leur centre, sont visibles sur les feuilles ayant parfois un développement centrifuge et centripède. Sur la face inférieure des feuilles les tâches sont blanches. Les fruits se couvrent de taches brunes et les feuilles flétrissent	<i>Phytophthora infestans</i>
Verticilliose	Jaunissement en forme de V des feuilles de bas en haut suivi d'un flétrissement avec un léger brunissement des vaisseaux après une coupe	<i>Verticillium albo-atrum</i> et <i>Verticillium dahliae</i>

Alternariose	Tâches rondes et brunes avec des cercles concentriques apparaissant sur les feuilles avec un diamètre de 1,5 cm des grosseurs peuvent apparaitre sur les tiges et les feuilles. Les fleurs et les jeunes fruits tombent.	<i>Alternaria solani</i>
Flétrissure fusarienne	Jaunissement des feuilles de bas en haut, apparition de racines avortées au bas de la tige, Tissus ligneux brun rougeâtre	<i>Fusarium oxysporumf. sp lycopersici</i>
Pourriture des Racine set du collet	Brunissement des racines, de leur cylindre central et des vaisseaux situés au niveau du pivot et du collet,	<i>Fusarium oxysporumf.sp radicis-lycopersic</i>

De nombreuses recherches effectuées sur l'influence de la salinité sur la physiologie et la morphologie des plantes ont montré des interactions entre le stress salin et le développement des maladies des plantes, ainsi que les relations existantes entre la salinité et, les mycorhizes vésiculaires et arbusculaires, les trachéomycoses de la tomate dues à *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*, et à *Verticillium dahliae*, et sur certains *Phytophthora*. La sporulation du parasite dans les tissus vasculaires augmente avec la salinité de l'eau d'irrigation, ce qui augmente par conséquent la sévérité de la maladie. (Douakha Fatiha et Guernine Faten ; 2013). (Figure01)



Figure 01 : Nécrose apicale causée par la salinité Sur le fruit de la tomate. (Anonyme ;2020).

La salinité est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité (Allakhverdiev et al., 2000b in Parida et Das., 2005). La tomate est classée parmi les plantes à tolérance modérée vis-à-vis de la salinité. La chute de rendement est imperceptible pour une conductivité électrique de 2,50 mmhos/cm. Une baisse de rendement, peut être de 10% à une (CE) égale à 9,3 mmhos/cm et de 100% (maximale) quand la (CE) est de 12,5 mmhos/cm. La phase de sensibilité la plus importante au sel correspond à la germination et à la levée des jeunes plantules. (Doorenbos et al.,1980).

I.2. Poivron (*Capsicum annum*)

I.2.1. Origine et répartition dans le monde

Le poivron (*Capsicum annum* L.) est originaire d'Amérique centrale et d'Amérique du sud, elle a un peu plus d'un siècle abordé et conquis tous les continents dans leurs parties tropical sous tempérées chaudes (Pochard et al., 1992). Il est cultivé dans toutes les régions tropicales du monde, ainsi que dans les régions tempérées chaudes (Polese et Devaux, 2007).

I .2.2. Production du poivron

Dans de monde : La production mondiale de poivron a passé, pour la première fois de l'histoire, la barre des 34 millions de tonnes cultivées. C'est la toute première fois de l'histoire que la production mondiale de poivrons dépasse les 34 millions de tonnes ! Selon les données de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (Anonyme, 2016), le record de production mondial de poivron a été atteint en 2016 avec 34 497 460 T. Ce chiffre est 3,66% plus haut par rapport à l'année dernière et 25,78% supérieur à celui d'il y a 10 ans. Au total, dans le monde, 1 938 788 ha sont consacrés à cette culture ce qui induit un rendement de 1,78 kg/m².

En Algérie :

Tableau 04 : Importance des superficies et des rendements du poivron sous serre en Algérie (2003-2013) (Anonyme, 2015).

Année	Surface (Ha)	Production (Qx)	Rendement (Tonnes/Ha)
2003	17900	208232.00	116330.73
2004	18534	265307	143146.11
2005	20730	248614	119929.57

2006	21131	275888	130560.79
2007	20663	268055	129727.05
2008	20403	280397	137429.30
2009	21417	318949	148923.29
2010	21688	380412	175402.07
2011	21272	384267	180644.51
2012	22605	426566	188704.27
2013	22388	482471	215504.29

Le poivron produit dans toutes les régions d'Algérie : plaines côtières, semi-côtières, intérieures et méridionales. (**Anonyme ; 2010**)

I .2.2. Classification, description et morphologie du poivron

I .2.2.1. Classification botanique

Règne : *Plantae* ;

Division : *Magnoliophyta* ;

Classe : *Magnoliopsida* ;

Ordre : *Solanale* ;

Famille : *Solanaceae* ;

Genre : *Capsicum* ;

Espèce : *annuum* ; *Linnaean* (1753).

I .2.2.2. Description et morphologie du poivron

Système racinaire : Le système racinaire est pivotant. Les racines robustes ont tendance à se développer latéralement dans un rayon de 0.30 à 0.50 cm. La tige se lignifie progressivement favorisant à un mode de développement semi pérenne allant au-delà de deux ans (**Chaux et Foury, 1994**).

La tige : Elle est ligneuse à la base et herbacée en haut, suivant les variétés et les conditions de culture, la croissance peut être déterminée ou indéterminée (**Bonal, 1981**).

Les feuilles : Les feuilles ont une forme ovoïde de couleur verte, portant très souvent à leur base de poils fins. Ce caractère est fortement lié à la variété. Ils existent une

corrélation entre la taille des fruits et celle des feuilles. Ainsi les variétés à gros fruits portent normalement de grandes feuilles, longues, alors que celle avec un petit fruit se distinguent par des feuilles petites et étroites (**Kolev, 1976**).

Les fleurs : Blanchâtres, penchants ou dressées, elles sont situées à l'aisselle des feuilles, tandis que les pétales et les sépales sont soudés à la base. Soudées. La grandeur de la fleur est l'un des critères de distinction des variétés (**Laumonier, 1979**).

Les semences : Elles sont réniformes, plates, à tégument lisse et de couleur jaune pale. D'après **Belleti et Quagliotti, (1988)**, leur taille est jugée variable en fonction des conditions dans lesquelles elles mûrissent ; l'environnement général de la plante-mère, la position de la baie sur celle-ci, leur nombre par fruits, le moment de la récolte et celui de leur extraction du fruit. Un gramme compte environ entre 140 et 150 graines (**Chaux et Foury, 1994**). Les graines se classent pour leur longévité dans les semences microbiotiques. Leur viabilité, c'est-à-dire leur faculté germinative peut être préservée à 50% de pendant 3 ans, lorsqu'elles sont maintenues dans des conditions de faible humidité et de température et à l'abri de la lumière (**Ashworth, 1991**).

Les fruits : Les fruits sont sous forme de baies dont la forme, couleur, et grosseur change avec la maturation et suivant les variétés (**Kolev, 1976**).

I.2.4. Cycle biologique du poivron :

L'espèce du poivron « *Capsicum annum* L. » est une solanée de type annuel. Le cycle végétatif dépend des variétés, des températures aux différents stades végétatifs (germination, floraison, et maturation), de la durée de jour, et de l'intensité lumineuse (**Kolev, 1976**).

Le cycle végétatif du poivron suit plusieurs stades végétatifs qui sont :

Stade 0 : Levée

Stade 1 : Les cotylédones sont étalés

Stade 2 : Deux feuilles étalées sur la tige principale

Stade 3 : Davantage de feuilles étalées sur tige

Stade 4 : Début floraison

Stade 5 : Floraison

Stade 6 : Développement du fruit.

Grace a la durée de vie de poivron et notre suivi dans la serre nous avons remarqué que la première de croissance période la plus sensible aux maladies, ainsi que les ravageurs, permis se ravageur le puceron, parce que les feuilles de la plante sont sensibles aux

déférents facteurs pathogènes (Kolev, 1976).

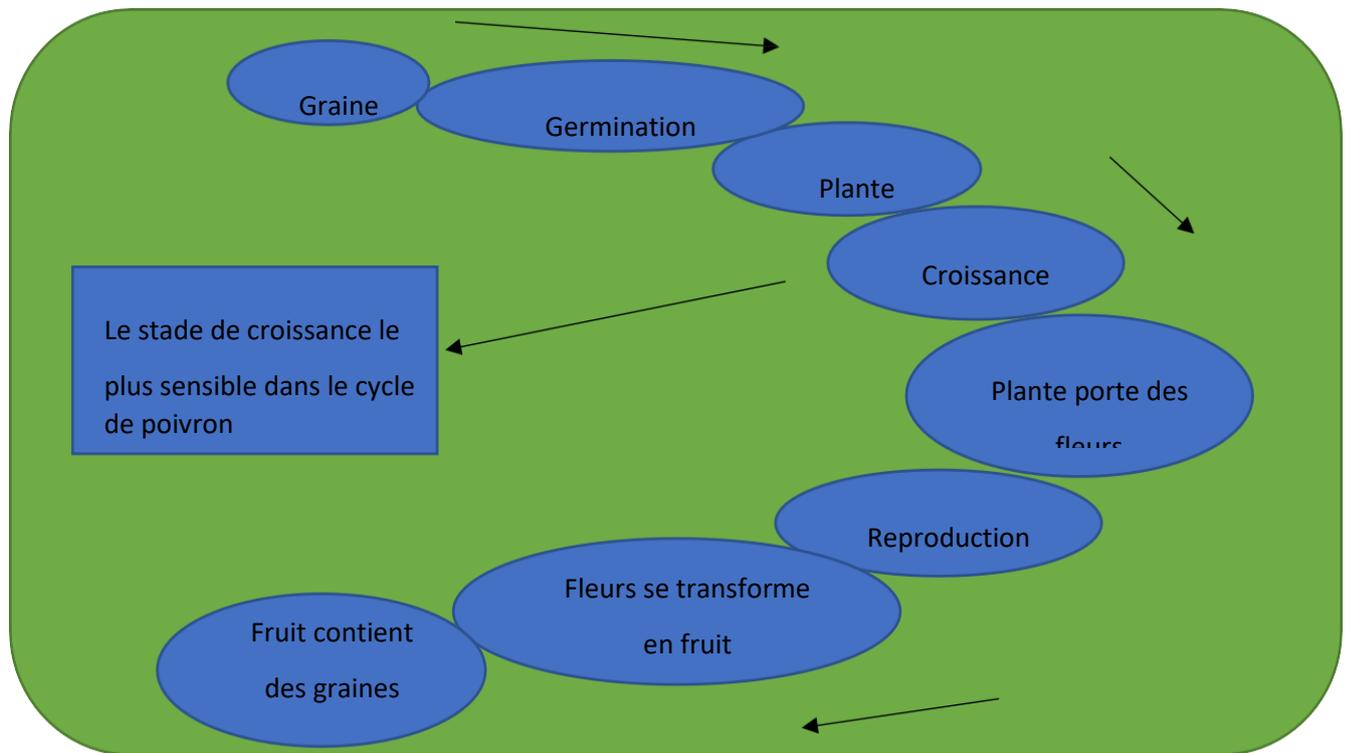


Figure 2 : Cycle biologique de poivron et le stade plus sensible. (Haddadi.B ;2019)

1.2. 5. Les exigences climatiques et édaphiques du poivron

La température : Le poivron est l'une des plantes maraichères les plus exigeantes en températures, mais moins exigeante en ensoleillement que la tomate (Skiredj et al., 2005). Une température journalière moyenne de 24 °C assure un développement convenable ; pendant la nuit, la température doit être aux environs de 16 à 18 °C. En dessous de 15 °C la végétation est perturbée, et en dessous de 10 °C elle est arrêtée (Chaux, 1976). Les températures supérieures à 35 °C réduisent la fructification et la photosynthèse (Skiredj et al., 2005).

La lumière : Selon Pochard (1982), les exigences du poivron en lumière sont très grandes pendant toute la végétation, car l'induction florale semble dépendante en partie d'un bon éclairage.

L'humidité : La culture du poivron se pratique de préférence dans les régions subhumides et humides. L'humidité de l'air doit être comprise entre 60% et 70%, une humidité faible même de courte durée, entraîne une couleur excessive des fleurs, et des accidents physiologiques sur

le fruit (**Pochard, 1982**). Aussi, il est exigeant en humidité du sol, celle-ci doit être se suite entre 80% et 85% pour de bons rendements (**Elattir et Skiredj, 2009**).

Le sol : Le poivron demande des sols profonds et humides (**Laumonier, 1979**), il s'adapte assez bien à une large gamme de sol, seulement, qu'ils soient bien drainés. D'autres comme **Williams et al., (1991)** estiment que l'espèce *Capsicum annum* peut avoir une bonne croissance dans les plaines sableuses. Par ailleurs, la culture du poivron fatigue rapidement le sol, elle est très exigeante en rotation de culture, il faut souligner que le cycle de plantation est d'environ 3 mois pour le poivron et 6 mois pour le piment (**Halli et Skaggs, 2008**).

Le pH : Le poivron redoute l'acidité du sol, car il demande un pH se situant entre 6,5 et 7 (**Wong et Lin, 2000**).

Les besoins en eau : Les besoins en eau du poivron se situent aux environs 600 et 800 mm pour le cycle entier. Par ailleurs, il faut mettre à la disponibilité de la culture la quantité d'eau nécessaire à ses besoins en temps opportun, car, toute insuffisance provoque un stress hydrique, qui donne des résultats graves dans la production, puisque la faculté restauratrice des racines du poivron est faible (**Skiredj et al., 2005**).

La fertilisation : La fumure de fond recommandé pour la plupart des sols moyens est :
Fumier décomposé : 40-50 T/ha ; N : 100 Kg/ha sous forme de sulfate d'ammoniaque ou d'urée ; P : 150 Kg/ha sou forme de super – triple 45% ; K : 120 – 150 Kg/ha sous forme de sulfate de potasse ou de KCI sauf en cas de forte salinité de sol.

Selon **Skiredj et al., 2005**), le poivron donne de bons résultats en présence d'un fumier bien décomposé, en plus, il demande de grandes quantités de fumure minérale et organique. La fertilisation minérale est fractionnée en trois apports. Le premier apport pendant le stade végétatif, le deuxième apport pendant la floraison et enfin, le troisième apport à la fructification.

-Les variétés les plus cultivées en Algérie :

Esterel, Lipari, Italico, Doux marconi, Doux d'Espagne (type doux)

Corne de chèvre, Nour, Foughal, Capel hot (type piquant) (**Anonyme ;2010**).

1.2. La situation phytosanitaire du poivron

- **Les adventices :** La lutte contre les adventices entraine des dépenses pour l'achat des produits chimiques et de machines et exige beaucoup d'heures de travail supplémentaires pour le sarclage (**Clarence, 1958**).

Des méthodes combinées utilisant des produits chimiques avec des pratiques culturales peuvent limiter les problèmes causés par les adventices.

-Les maladies cryptogamiques : Le sol est habité de façon permanente par de nombreux organismes. Pour les cultures maraichères, on rencontre plusieurs types de champignons responsables de maladies cryptogamiques (Tableau 5).

Tableau 05 : Différents maladies cryptogamiques du poivron (**Haddadi. B ;2019**)

Maladies	Agent responsable	Nature des dégâts
Mildiou	<i>Phytophthora capsici</i>	Nécrose brune bien délimitée au niveau du collet. Flétrissement brutal des plantes.
Oïdium	<i>Liveilla Leveillula taurica</i>	Taches jaunâtres sur les feuilles ponctuellement nécrotiques, parfois couverts d'un feutrage blanc.
Alternariose	<i>Alternaria solani</i>	Tâches noires de Taille variable, plus ou moins arrondies, bien délimitées, taches ovales sur tige.
Fusariose	<i>Fusarium oxysporum</i>	Flétrissement accompagné d'un jaunissement souvent unilatéral des feuilles pouvant se généraliser suivi du dessèchement complet de la plante et de la mort de celle-ci.
Verticilliose	<i>Verticillium sp.</i>	Flétrissement accompagne d'un jaunissement d'abord unilatéral suivi d'un dessèchement des feuilles de la base.
Pourriture grise	<i>Botrytis cineria</i>	Chancre brun, bien délimité, souvent à plusieurs centimètres au-dessus du niveau du sol. Tâches avec moisissure gris sur les feuilles et fruits. Flétrissement de la plante.
Anthracnose	<i>Colletotrichum Atramentarium</i>	Tâches déprimées Circulaires sur fruits, le centre de ces taches noircit légèrement.

-Les maladies bactériennes

Tableau 06 : Principales maladies bactériennes du poivron. (Haddadi.B. ;2019)

Maladies	Agent responsable	Nature des dégâts
Flétrissement Bactérien	<i>Ralstonia solanacearum</i> (<i>Pseudomonas solanacearum</i>)	Flétrissement irréversible d'abord unilatéral puis généralisé, brunissement des vaisseaux et des tissus contigus, chancres ouverts sur les pétioles.
Gale bactérienne	<i>Xanthomonas visicatoria</i>	Apparition de petites taches noires sur les sépales, ces taches sur fruits s'élargissent et prennent une apparence ligneuse et un contour festonné.
Le chancre Bactérien	<i>Corynebacterium michiganense</i>	Flétrissement accompagné de chancres longitudinaux sur tige et pétioles noircissement des Vaisseaux puis de la moelle.
Pourriture molle	<i>Erwinia carotovora</i>	Pourriture molle des tiges et des fruits.
Stolbur	Un organisme de type Mycoplasme et parfois de phyloïdie.	Jaunisse généralisée, dépérissement, chute des feuilles, parfois chute des fruits et flétrissement.

-Les maladies virales

Tableau 07 : Principales maladies virales du poivron. (Haddadi.B ;2019)

Maladies	Agent responsable	Nature des dégâts
Mosaïque du Concombre	Virus de la Mosaïque du Concombre (CMV)	Mosaïque en taches annulaires, en arabesque et marbrure.

Mosaïque de la Luzerne	Virus de la Mosaïque de la Luzerne (AIMV)	Il provoque des symptômes nécrotiques mort de certains bourgeons suivis de la production d'un nouveau feuillage présentant une forte mosaïque blanche et jaune.
Mosaïque de la Pomme de terre	Virus Y de la pomme de terre (PVY)	Mosaïque vert brillant avec Parfois nécroses des nervures.
Mosaïque du flétrissement de La fève	Virus de flétrissement de fève (BBWY)	Mosaïque jaune avec nécrose Sur jeunes pousses.
Mosaïque du Tabac	Virus de la Mosaïque du tabac (TMV)	Mosaïque verte ou blanche, Parfois associée à un aspect filiforme des feuilles.

Le poivron (*Capsicum. Annuum L.*) est considéré parmi les espèces légumières sensibles (**Cornillon et Palloix, 1997 ; Hakan et al., 2006**) ou modérément sensibles (**Navarro et al., 2010**) à la salinité.

L'effet de la salinité se manifeste généralement chez la plupart des plantes cultivées par une réduction de la croissance et le développement (**Munns et al., 1983**). Cet effet néfaste se traduit par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affecte négativement la croissance et la productivité végétale (**Ashraf et Harris, 2004**).

II. Germination des graines

II.1. Introduction

La germination est une étape primordiale qui comprend l'imbibition et la reprise du métabolisme de la graine et au final l'émergence de la radicule de l'embryon. Ce rétablissement métabolique, l'émergence de la radicule et la préparation pour la croissance ultérieure de la plantule supposent des processus de synthèse et de protection impliquant les composants initialement stockés dans la graine (**Bewley et black 1994, Nonogaki et al. 2010**).

II.2. Paramètres de la germination :

Les deux processus fondamentaux intervenant lors de la germination (hydrolyses enzymatiques dans l'amande et synthèses dans le germe) sont fortement influencés par la température, l'aération, la durée et l'humidité régnant au cours de cette étape.

II.3. Conditions de la germination :

II.3.1. Conditions externes :

- **L'eau** : est évidemment indispensable et doit être disponible dans le milieu extérieur en quantité suffisante mais aussi sous des liaisons suffisamment faibles pour que la graine puisse l'absorber (**Heller et al.,1990**). La nécessité de l'eau pour la germination est absolue, la quantité d'eau indispensable dépend de la nature spécifique des semences et de la température (**Binet et Brunel, 1968**).
- **L'oxygène** : l'oxygène est indispensable à la germination (même pour les plantes aquatiques, qui disposent de l'o₂ dissous) (**Heller et al.,1990**). La pression partielle ou le pourcentage d'oxygène minimum indispensable à la germination est, en effet, très variable d'une espèce à l'autre (**Binet et Brunel, 1968**).
- **La température** : dans le phénomène de la germination, la température interfère beaucoup avec l'oxygène pour deux raisons essentielles : elle agit sur la vitesse de consommation d'oxygène par l'embryon et elle modifie la solubilité de ce gaz. En effet, la solubilité de l'oxygène diminue quand la température s'élève (**Mazliak ,1982**).
- **La lumière** : la lumière agit de manière différente sur les espèces. Elle inhibe la germination des espèces photosensibles négatives et stimule les photosensibles positives (**Anzala, 2006**). Les espèces indifférentes à la photosensibilité sont rares (**Heller et al., 1990**).

II.3.2. Les conditions internes :

- **La longévité :** la longévité se définit comme le temps pendant lequel une graine peut être conservée sans perdre son aptitude à germer. La faible teneur en eau des graines orthodoxes engendre de profondes modifications physico-chimiques telles que la formation d'un état vitreux, mais aussi physiologiques : très fort ralentissement puis arrêt du métabolisme. Ces modifications vont leur conférer une excellente aptitude à la conservation (**Buitink et Leprince, 2004 in boucher, 2009**).

II.4. Physiologie et biochimie de la germination :

D'après **Evenari (1957)** la germination est validée par des mesures d'imbibition et d'activité respiratoire effectuée sur des semences en cours de germination. Elle est ainsi démontrée selon **Binnet et Brunnel (1968)** et **Côme (1982)**, que la germination comprend trois phases successives :

- La phase d'imbibition qui correspond à réhydratation de la graine par une prise d'eau rapide à l'état liquide, mais l'excès d'eau peut gêner la germination ;
- La phase de germination stricto sensu (la germination au sens strict) qui correspond à l'activation physiologique de la semence après l'imbibition et s'achève avec le début de l'allongement de la radicule ;
- La troisième est caractérisée par une reprise de l'absorption d'eau et une augmentation de la consommation d'oxygène, elle correspond à un processus de croissance de la Radicule puis la tigelle (**Heller et al., 2000 ; Raven et al., 2003 ; Meyer et al., 2004**). Alors, la germination au sens strict comme étant la phase de réactivation du métabolisme après réhydratation de la graine est sans changement morphologique apparent (**Meyer et al., 2004**).

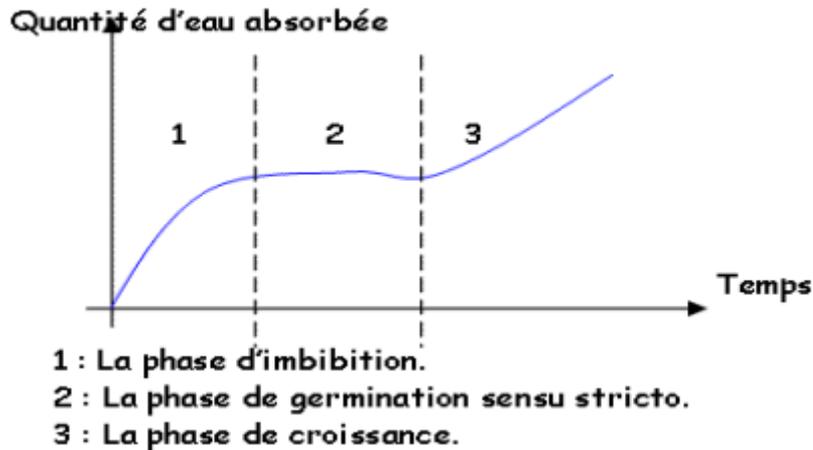


Figure 03 : courbe théorique d'imbibition d'une semence (D'après Côme, 1982)

II.5. Nature biochimique des réserves :

Les *protéines* : Les constituants protéiques sont présents en faible concentration dans la majorité des fruits et légumes. Ils sont toutefois d'une importance capitale en tant qu'enzymes impliquées dans le métabolisme des fruits au cours de leur croissance. La tomate malgré sa faible teneur en protéines (1,1%) contient pratiquement tous les acides aminés. (Alhagadow., 2006)

Les *sucres* : Les sucres contenus dans la tomate et le poivron sont essentiellement des sucres réducteurs, le glucose représente 0,88-1,25%, et le fructose quant à lui représente 1,08-1,48%. (Moresi and Livoretti, 1982)

Les *lipides* : La composition en lipides varie en fonction de la variété et du degré de maturité lors de la récolte ; il répertorie plus de 33 acides gras dans le péricarpe, la teneur en lipides est de 0,3 g par 100g de poids frais. (Benard C., 2009)

Les *glucides* :

-L'amidon constitue la forme principale des réserves glucidiques, notamment chez les Graminées dont il forme presque tout l'albumen (Zaghouane ,1991). Il représente le composé glucidique le plus important de notre régime alimentaire.

-Les hémicelluloses constituent les albumens cornés ou indurés type datte (polymères de pentoses et hexoses).

-Les sucres solubles sont en petites quantités dans la graine au repos. (Bewley ,1997)

II.6. Activité enzymatique au cours de la germination et les enzymes d'hydrolyse des réserves :

La reprise d'activités métaboliques est liée à l'augmentation du niveau d'activité de certaines enzymes que possède la graine et qui sont étroitement liées avec son contenu en réserves (**Bewley, 1997**) Et (**Heller et al., 2004**).

Elles aboutissent à la formation de substrats qui entrent dans la synthèse des constituants des nouvelles cellules ou qui seront utilisés par la voie respiratoire (**Heller et al. 1998**). Notons que chaque catégorie de graines possède des enzymes en relation avec son contenu en réserves ; nous trouvons, ainsi, l'amylase, la maltase et la phosphorylase servant à hydrolyser les réserves amylacées ; les lipases pour les lipides et les protéases pour les protéines (**Nivot, 2005**).

Nivot (2005) et **Gimeno-Gilles (2009)** rapportent que certaines de ces enzymes sont déjà présentes dans la graine sous une forme inactive et la réhydratation des tissus permet leur activité ; c'est le cas des protéases et des enzymes de la respiration. Cependant, et c'est le cas le plus fréquent selon **Bewley (1997)**, il y'a celles qui sont néosynthétisées avec le début de la germination.

III. Impact du stress salin sur la germination et sur la croissance végétale :

III.1. Généralité sur la salinité :

La salinisation des sols est un processus anthropogénique, alors que la salinité du sol est un élément naturel et un facteur écologique constitué par la teneur en sel (NaCl : représente un facteur limitant de première importance car, au-delà d'environ 5 pour 1 000, il interdit le développement des plantes) des eaux ou des sols. C'est un facteur limitant de nombreux écosystèmes. L'excès de sel dans les sols empêche le développement d'une végétation normale, seules quelques plantes halophiles pouvant y croître. À l'opposé, la carence en sel des sols peut entraver le développement de certaines populations animales. On a ainsi pu mettre en évidence que la déficience en chlorure de sodium édaphique s'accompagnait de très faibles densités de population de campagnols dans les prairies naturelles. (**Ramade 2008**).

La salinisation est contrôlée par un ensemble de facteurs liés aux conditions environnementales (climat, hydrologie), l'approvisionnement en eau et aux systèmes de contrôle (irrigation, drainage), et aux pratiques culturales (type et la densité du couvert végétal et les caractéristiques d'enracinement). Ces facteurs influent sur l'équilibre en eau du sol et donc le mouvement et l'accumulation de sels dans le sol. Les études d'**Abrol** en 1988 sur La remontée des sels ont distingué que l'infiltration des eaux est plus fréquente le long des canaux d'irrigation, à

proximité des réservoirs d'eau et les étangs de ferme, ce qui provoque la formation des croûtes de sel dans et autour des plantes. En collaboration avec l'excédent de l'eau d'irrigation appliquée au-dessus des besoins de cultures, et les mauvais entretiens des voies de drainage et les suintements contribuent à l'élévation de niveau de l'eau et qui peuvent former une nappe perchée.

III.2. Importance de la salinité dans le monde et en Algérie :

- Salinisation dans le monde :

Selon les estimations de la FAO, la salinisation affecte déjà au moins 400 millions d'ha et en menace gravement une surface équivalente (**Legros, 2009**). La plupart de ces terres affectées par le sel sont situées dans les zones arides et semi-arides, en Afrique du Nord, en Asie orientale, en Asie centrale et du Sud de l'Asie (**Anonyme, 2006**). Les sols salés sont principalement situés dans les zones arides, et leur proportion est notablement élevée au proche (Egypte, Tunisie) et moyen orient (Iran, Pakistan, Bangladesh), en Asie centrale (Ouzbékistan), au nord de la Chine et en Argentine. Les sols sodiques sont particulièrement étendus en Australie, mais aussi dans certaines situations spécifiques, comme en Hongrie ou en Ouzbékistan. Par comparaison, le développement d'une salinité liée aux activités humaines ne concernerait que 77 millions d'hectares (**Marlet et Job, 2006**). Dans les pays du Maghreb, les dommages de la salinisation sont connus, à cause de la mauvaise gestion des eaux d'irrigation (**Djilik et al, 2003**).

- Salinisation en Algérie :

Les régions de la plaine intérieure sont spécialisées grâce aux grands espaces de leurs terres.

Pour mieux localiser les régions à vocation maraîchère en Algérie il faut connaître la répartition des terres du pays selon les différentes zones agro écologiques afin de déterminer les systèmes de cultures possibles de ces dernières. En Algérie, nous distinguons trois zones :

1-le Nord : il est réparti en deux régions agro écologiques : le Sahel et la plaine sublittorale.

Le Sahel est caractérisé par un sol léger, un hiver doux et par de fortes précipitations (plus de 1500 mm dans certaines régions) ce qui le rend favorable aux cultures maraîchères et plus particulièrement à la culture des primeurs (**Abdelguerfi et al, 2005**).

Les régions de la plaine sublittorale sont caractérisées par un sol lourd et un grand périmètre d'irrigation. Le maraîchage de saison est très répandu dans ces territoires. En 2002, les superficies consacrées aux cultures maraîchères dans les deux zones (littoral et sublittoral)

représentaient 39 % du total des superficies nationales occupées par ce type de culture (Anonyme,2002).

2-La zone intermédiaire : dans la plupart des régions de cette zone le climat est un facteur limitant de l'agriculture, il est très froid en hiver et très chaud en été. Production du maraîchage de saison et d'arrière-saison. En 2002, la production des cultures maraîchères de cette plaine représentait 31 % du total de la production nationale et 30.81 % (Anonyme ,2002). Du total de la superficie nationale consacré à ce type de culture. Le maraîchage tend à se développer dans d'autres régions, tel que « les hauts plateaux » qui ont connu dernièrement une évolution des superficies consacrées aux cultures maraîchères de saison, qui est passée de 45 150 ha en 1997 à 55 676 ha en 2002 (Anonyme,2002). La mise en place des puits par le biais du PNDA a favorisé aussi le développement de ces cultures dans les zones steppiques du pays.

3-le Sud : Représente le désert saharien où les seules activités agricoles reposent sur l'agriculture oasienne et l'exploitation du palmier dattier.

Le système de cultures oasisien est basé sur les cultures en étage. Il est très intensif (palmier, arboriculture fruitière, maraîchage, céréales, fourrages). Les surfaces sont réduites et l'eau et le sel (salinisation des sols) constituent les facteurs limitants de la production. (Anonyme ;2005).

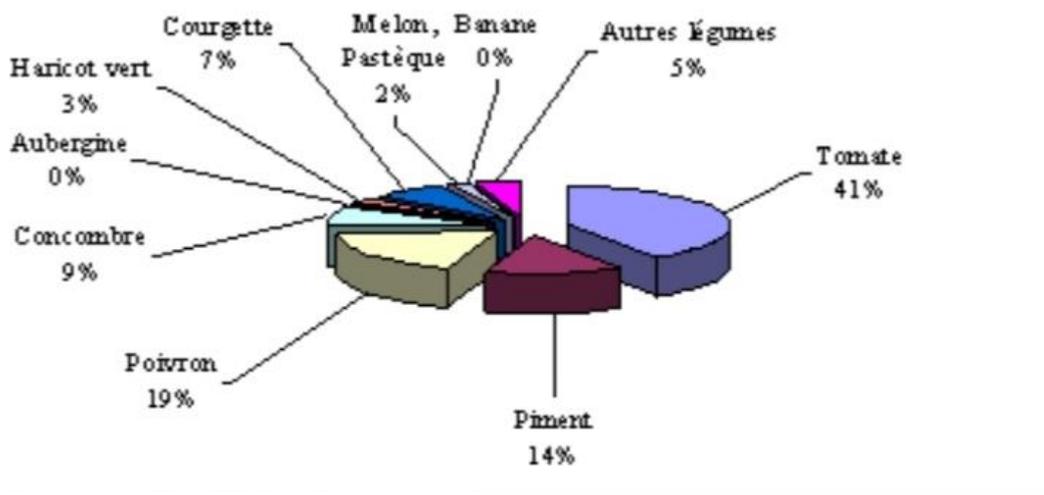


Figure 04 : Répartition des superficies des cultures maraîchères (2006). (Anonyme2008).

III.3. Effets de la salinité sur les plantes :

III.3.1. Effet sur la germination :

Dans les zones semi-arides, les processus de dégradation sont l'appauvrissement des sols en éléments minéraux et la salinisation (**Roose, 1994**). L'extension des surfaces irriguées entraîne l'augmentation des superficies salées. La charge en sel varie de 2 à 3 g/l pour les eaux d'irrigation provenant des barrages et de 4 à 7 g/l pour les eaux des puits (**Ben Naceur et al., 2001**). Le chlorure de sodium réduit le potentiel osmotique du milieu et limite l'absorption d'eau par les semences et des nutriments par les plantules. Les fortes doses de sel peuvent causer un déséquilibre ionique et une toxicité chez les plantes, ce qui peut affecter certains processus métaboliques vitaux (**Le Dily et al., 1993 ; El-Iklil et al., 2002 ; Munns, 2002 ; Kim et al., 2004 ; Taamalli et al., 2004 ; Trinchant et al. 2004**).

La germination des graines est une étape importante et vulnérable pour le cycle de développement des Angiospermes terrestres et de déterminer l'établissement du semi et la croissance des plantes. Malgré l'importance de la germination des graines sous stress salin (**Zhang et al., 2014**), le mécanisme de la tolérance à la salinité chez les graines est relativement mal compris, en particulier en comparaison avec la quantité d'information actuellement disponible sur la physiologie et la biochimie des végétaux de la tolérance à la salinité (**Rivero et al., 2014 ; Parihar et al., 2015**).

Bien que, la salinité des sols constitue un facteur limitant en agriculture, car elle inhibe la germination et le développement de la plantule. Le chlorure de sodium présent dans le sol retarde la germination des graines (**Siddikee et al., 2015**). La présence de NaCl dans la solution nutritive freine la germination d'autant plus que la concentration saline est élevée (**Saeed et al., 2014**). Selon les mêmes auteurs, la présence de chlorure de sodium entraîne une augmentation de la durée du processus de la germination et retarde par conséquent la levée, car, les stress salin et osmotique sont responsables à la fois de l'inhibition un retard de germination et de la levée des graines. D'autres travaux montrent que l'effet du stress salin sur la germination peut être attribué soit à un effet osmotique et/ou une toxicité des ions spécifiques à l'émergence de la radicule ou le développement des semis (**Abdelkader et al., 2015**). Ainsi, la germination, la levée et la survie précoce sont particulièrement sensibles à la salinité du substrat, cependant, la réussite du semis dépend de la fréquence et la quantité des précipitations ainsi que sur la capacité de la semence à germer et de lever, tandis qu'il y a une diminution de l'humidité du sol et du potentiel osmotique (**Cha-um et al., 2013**).

III.3.2. Effets sur la croissance et le développement

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes (**Bouaouina et al, 2000**). La salinité affecterait de plusieurs manières la croissance de la plante plusieurs recherches ont apporté une réduction de croissance de la plante en raison de la salinité, cependant, il existe des différences dans la tolérance au stress salin entre les espèces et les cultivars (**Omami, 2005 in Gaid, 2015**). La croissance des plantes est contrôlée par la division et l'expansion cellulaire. Sous un stress salin la plante augmente sa pression osmotique du milieu cellulaire, ce qui empêche l'absorption de l'eau par le système racinaire (**R'him et al., 2013**). Ceci entraîne, par conséquent une baisse du nombre de division cellulaires (**Benmahioul, 2009 in Alioua et al., 2016**), et aussi une réduction de la vitesse de l'expansion foliaire (**Wang et Nil, 2000 in Alioua et al., 2016**).

La concentration élevée de NaCl diminue également l'absorption de Ca²⁺ qui est relativement tolérante au sel, l'augmentation de la concentration en Na⁺ s'accompagne d'une réduction de la concentration en Mg²⁺, K⁺, N, P et Ca²⁺ dans la plante (**Levitt, 1980**). Ce déséquilibre nutritionnel est une cause possible des réductions de croissance en présence de sel lorsque des ions essentiels comme K⁺, Ca²⁺ ou NO₃⁻ deviennent limitant (**Soltani, 1988 in Haouala et al, 2004**.)

Les effets de la salinité se manifestent principalement par une diminution de la croissance de l'appareil végétatif, caractérisé par la faible ramification, le faible diamètre des organes, le nombre réduit des nœuds et les réductions du nombre de feuilles et de la longueur de la tige et par conséquent l'augmentation du rapport racine/tige. Une baisse des poids de matières fraîches et sèches est aussi démontrée (**Rush et Epstein, 1981**). Cette inhibition de la croissance des plantes se fait selon trois manières principales : par une toxicité ionique (surtout de Na⁺ et Cl⁻), un stress osmotique et une perturbation nutritionnelle (**Greenway et Munns, 1980 ; Levigneron et al., 1995**).

La production totale des fruits de plusieurs espèces et le poids moyen des fruits diminuent linéairement avec l'augmentation de la salinité. Normalement, l'obtention des fruits avec nécrose apicale est attribuée à un déséquilibre de Ca²⁺ et / ou à un stress hydrique (**Levigneron et al., 1995**).

III.4. Mécanismes de la tolérance des plantes à la salinité :

Les événements précoces de l'adaptation des plantes aux stress commencent par les mécanismes de perception puis de signalisation via une transduction de signaux et de messagers

Afin d'activer les diverses réponses physiologiques et métaboliques et même l'expression des gènes de réponses aux stress. Le signal du stress extracellulaire est d'abord perçu par les récepteurs membranaires qui vont par la suite activer une cascade complexe de signaux intracellulaires dont les ions Ca^{2+} , la voie de l'acide abscissique, via le complexe protéiques SOS, activation des protéines kinases (MAPK), la signalisation par l'éthylène et finalement par la variation du pH cytoplasmique.

La stratégie adoptée par la plante pour survivre en conditions de stress salin consiste à préserver les fonctions métaboliques et physiologiques ; à rétablir l'homéostasie ionique et osmotique et finalement protéger l'intégrité des structures cellulaires. Ceci est assuré par :

- Le maintien d'une homéostasie ionique dans les cellules par l'absorption d'ions et la compartimentation est non seulement crucial pour la croissance normale de la plante, mais est également un processus essentiel pour la croissance au cours du stress salin. En effet, pour préserver le fonctionnement des réactions métaboliques dans le cytosol, le potentiel ionique doit être constant. Par conséquent, l'excès de sel est soit transporté vers la vacuole ou séquestré dans les tissus âgés, protégeant ainsi la plante (**Zhu, 2003**).
- La biosynthèse des osmoprotectants et des solutés compatibles. Les légumineuses comme toutes les plantes répondent au stress salin par une régulation osmotique en accumulant des solutés tels que la proline, les sucres, les sucres alcools, la glycine bêtaïne pour protéger la plante, maintenir l'équilibre de l'eau entre la cellule végétale et l'environnement et stabiliser les macromolécules (**Chen et Murata 2002; Rontein et al., 2002**) ; en effet, un excès d'ions dans le cytosol provoque la dégradation des protéines et des changements dans la fluidité des membranes.
- L'activation du système antioxydant par l'activation des enzymes antioxydantes et la synthèse de composés antioxydants. (**Gupta and Huang, 2014**).

III.4.1. Homéostasie ionique

L'augmentation de la concentration en ions sodium dans le milieu extérieur active les complexes récepteurs – canaux cationiques de la membrane plasmique des cellules racinaires. Ces complexes permettent l'augmentation de la concentration cytoplasmique en ions calcium via son entrée de l'extérieur et/ou sa libération à partir du réticulum endoplasmique. La concentration élevée en Ca^{2+} déclenche au niveau du cytoplasme une cascade de signalisation par phosphorylation et déphosphorylation des protéines intermédiaires (transduction du signal) qui aboutit à l'activation de l'expression des gènes SOS, activation des transporteurs de la

membrane plasmique et du tonoplaste liés au flux du sodium (Pardo, 2010) (Figure 5). Cette réponse permet de limiter la concentration en Na^+ cytoplasmique via :

- La compartimentation vacuolaire du Na^+ par le transport antiport Na^+/H^+ du tonoplaste (NHX1)
- La réduction l'entrée du Na^+ via les transporteurs de la membrane plasmique HKT1 et AKT1
- L'activation de la sortie du Na^+ vers le milieu extracellulaire via le transporteur SOS1 qui à son tour est activée par le complexe protéique SOS-SOS2. (Figure 5)

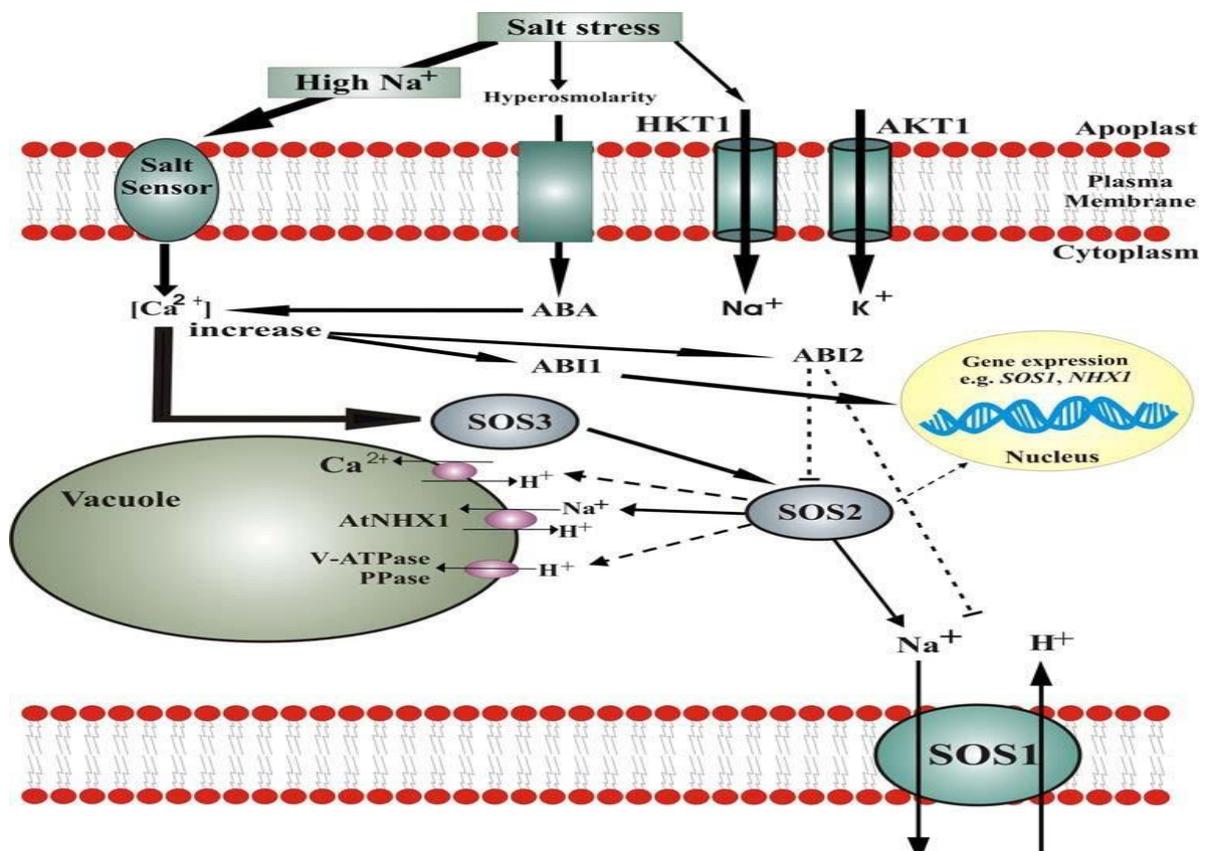


Figure 05 : Induction des voies de signalisation et de régulation de l'homéostasie ionique par la voie SOS (Shi et Zhu 2002, Manchanda et Garg,2008).

Ainsi, grâce à ces réponses, la cellule parvient à maintenir une faible concentration en sodium dans le cytoplasme, minimisant ainsi son effet toxique ; de plus, l'augmentation concomitante de la concentration en sodium dans la vacuole engendre une forte pression osmotique favorisant l'absorption d'eau et donc améliorer la turgescence des cellules (Apse et Blumwald,2007). (Figure 5)

Selon le type de flux du sodium dans la plante lors d'un stress salin, on distingue des plantes dites «incluser», essentiellement des halophytes, caractérisées par un flux ascendant de sodium qui sera accumulé dans les parties aériennes au niveau des vacuoles et des plantes de type «excluser» caractérisant les glycophytes, chez lesquelles la plus grande partie du sodium absorbé et véhiculé vers les feuilles est réexportée vers les racines via le phloème ou initialement stockée dans les racines (Berthomieu *et al.*,2003). (Figure 06)

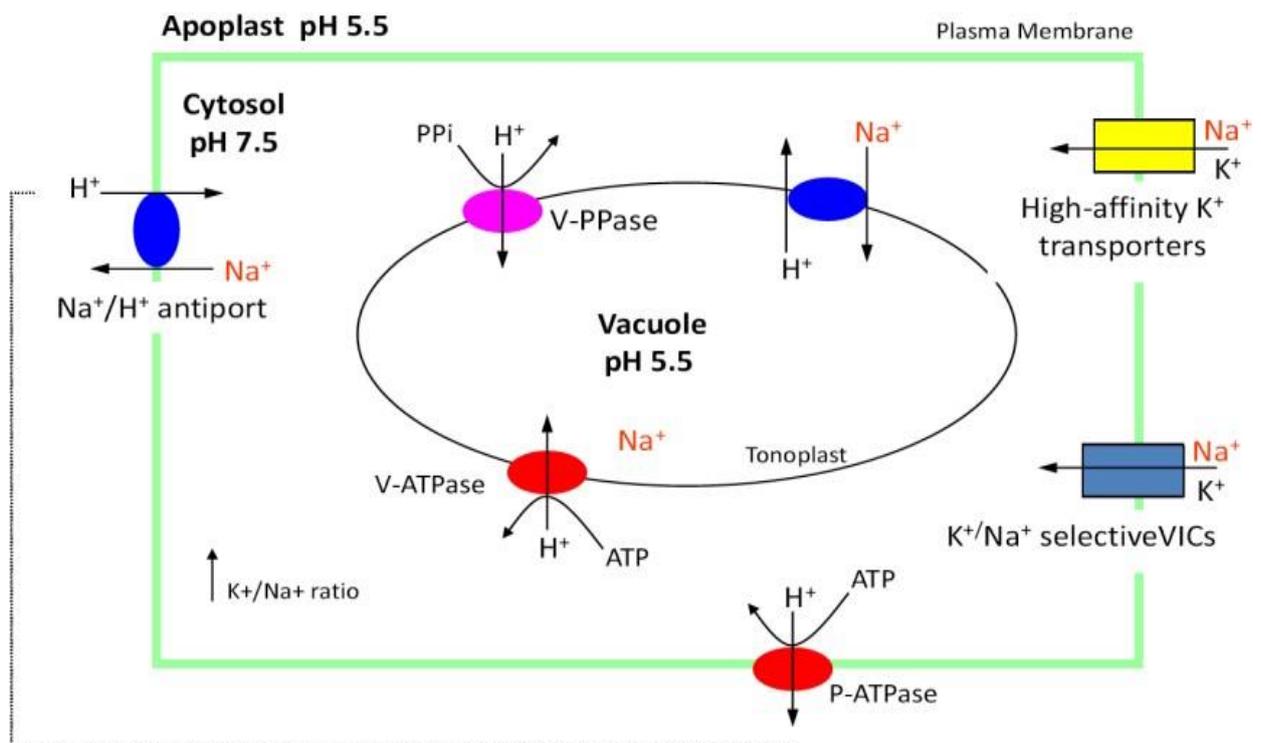


Figure 6 : Les transporteurs ioniques du sodium au niveau cellulaire (Mansour *et al.*,2003).

III.4.2. La production des antioxydants contre les ROS :

L'oxygène est la source de vie pour les organismes aérobies. Mais l'oxygène peut être également une source d'agression pour l'organisme (Ekoumou, 2003). En effet des dérivés hautement réactifs de l'oxygène peuvent apparaître au cours des réactions enzymatiques ou sous l'effet des rayons U.V. Les formes de l'oxygène provoquant ces troubles sont :

L'oxygène moléculaire (O_2) agit comme un accepteur d'électrons, en donnant lieu à l'accumulation de ROS. L'oxygène singulet (1O_2), le radical hydroxyle (OH^\cdot), le radical

superoxyde et le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) sont tous des composés fortement oxydants et donc potentiellement dangereux pour l'intégrité des cellules (**Groß et al., 2013**). Le système antioxydant, y compris les enzymes antioxydants et composés non enzymatiques, interviennent dans la détoxification des ROS. La tolérance à la salinité est positivement corrélée avec l'activité des enzymes anti-oxydantes, telles que la superoxydedismutase (SOD), la catalase (CAT), la glutathion peroxydase (GPX), l'ascorbateperoxydase (APX), et la glutathion réductase (GR) et à l'accumulation de composés antioxydants non enzymatiques comme les composés phénoliques, les flavonoïdes et l'acide ascorbique (**Asada, 1999**).

Les conséquences au niveau de l'organisme se font ressentir sur l'ADN, les lipides et les protéines (**Ahmet, 2003**).

III.4.3. Ajustement osmotique :

L'un des principaux caractères physiologiques de tolérance aux contraintes du milieu est l'ajustement osmotique. Celui-ci est réalisé grâce à une accumulation de composés osmorégulateurs qui peuvent être des ions tels que les K⁺, Na⁺ et Cl⁻ ou des composés organiques tels les sucres solubles (fructose, glucose, tréhalose, raffinose, fructanes) et certains amino-acides (proline, glycine bêtaïne, *β-alaninebêtaïne*, prolinebêtaïne) conduisant à une réduction du potentiel osmotique permettant ainsi le maintien du potentiel de turgescence. L'accumulation de ces composés a été mise en évidence chez plusieurs espèces végétales soumises à la contrainte saline Selon **El Midaoui et al., (2007)**.

Les solutés compatibles ou les osmolytes, proline (**Tahir et al., 2012**), glycine bêtaïne (**Hoque et al., 2007**), sucres solubles (**Kerepesiet Galiba, 2000**), et polyols (**Saxena et al., 2013**) sont des composés organiques chimiquement diversifiés non chargés, solubles, n'interférant pas avec le métabolisme cellulaire, même à haute concentration. Les osmolytes sont synthétisés et accumulés en quantités variables entre les différentes espèces de plantes. Le rôle de ces osmolytes est de protéger les structures cellulaires et de maintenir l'équilibre osmotique à l'intérieur de la cellule par l'intermédiaire d'influx continu d'eau (**Hasegawa et al., 2000**). La proline accumulée au cours du stress ne permet pas seulement la tolérance envers le stress, mais sert également comme une réserve d'azote organique. La proline est synthétisée soit à partir du glutamate ou de l'ornithine.

Cependant, lors du stress osmotique le glutamate constitue le précurseur primaire de la proline (**Gupta et Huang, 2014**).

III.4.4. Rôle des phytohormones dans la tolérance a la salinité :

L'Acide abscissique (ABA) est une phytohormone clé dans la tolérance de la plante au stress. L'acide abscissique ABA est un signal cellulaire vital qui module l'expression d'un certain nombre de gènes de la réponse au de déficit hydrique et à la salinité.

L'accumulation d'ABA en conditions de stress induit la fermeture des stomates ce qui réduit la perte en eau. Cette hormone stimule l'expression des gènes impliqués dans la réduction de l'influx d'eau et d'ions dans la plante en activant les protéines aquaporines (**Blumwald et al., 2004**). La relation positive entre l'accumulation de l'ABA et la tolérance à la salinité a été au moins partiellement attribuée à l'induction de l'accumulation d'ions (K^+ , Ca^{2+}) et de solutés compatibles, tels que la (proline et de sucres), dans racines, réduisant ainsi l'absorption de Na^+ et Cl^- (**Gurmani et al., 2011**).

IV. Les rhizobactéries

IV.1.la rhizosphère

Le mot rhizosphère a été introduit en 1904 par **Lorenz Hiltner** (**Anton et al., 2008**), bactériologiste spécialiste de microbiologie du sol et professeur d'agronomie au collège Technique de Munich. (**Lombi et al., 2001**). La rhizosphère est définie aujourd'hui comme étant le lieu d'interaction entre le sol, la plante et les microorganismes. Ces interactions dépendent des conditions physiques du milieu et des organismes mis en jeu (**Norini., 2007**). Les composantes physico-chimiques et biologiques de la rhizosphère diffèrent nettement de celles d'un sol cultivé et non cultivé (**Morgan et al., 2005., Cregut., 2009**). La rhizosphère est en fait un habitat dont les limites sont mal définies, car elle représente un gradient microbiologique et physico-chimique allant de la racine elle-même jusqu'à une distance plus ou moins grande de 1 à 5mm au-delà de laquelle l'effet rhizosphérique disparaît. (**Antoun., Prevost., 2005., Vega., 2007., Nihorimbere et al., 2010., Qureshi., 2012**). (**Figure 7**)

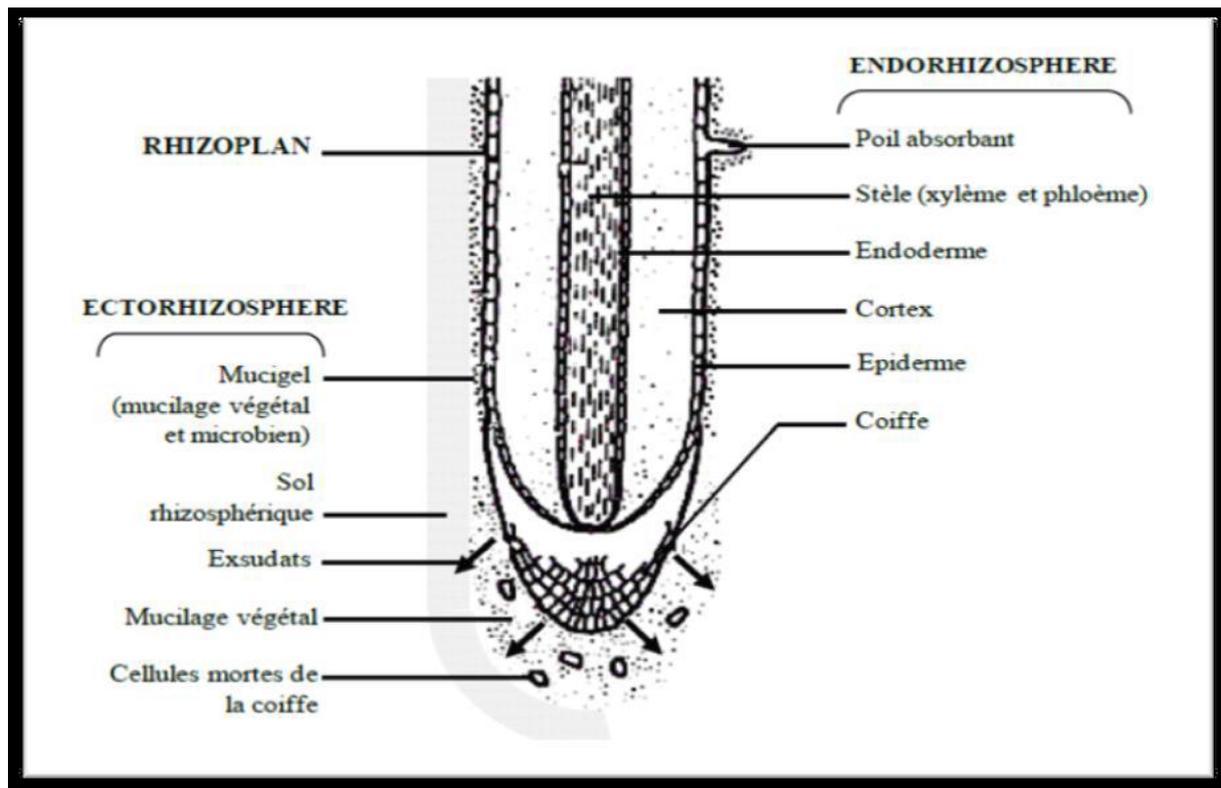


Figure 07 : Représentation schématique des zones de la rhizosphère (Lepinay., 2015)

IV.1.1. Activité de la rhizosphère

Des phénomènes écologiques particuliers se produisent au niveau de la rhizosphère. En effet, les racines libèrent beaucoup de matières organiques sous forme de mucilage, d'exsudats et plus que 40% des produits de photosynthèse passent au niveau des racines (Soufiane., 1989). La plante libère des exsudats racinaires qui sont constitués de substances organiques carbonées et azotées : polysaccharides, acides organiques et protéines (Mench., 1985). (Figure7)

La racine modifie les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du sol rhizosphérique. Cet effet résulte des prélèvements racinaires d'eau et d'éléments minéraux mais surtout de la libération de composés organiques. Le volume de sol soumis à l'effet Rhizosphérique est déterminé par la zone de diffusion des molécules organiques solubles et des composés volatils libéré par la racine (Stengel et Gelin., 1998). Les exsudats racinaires représentent un élément clé dans les échanges entre la plante et les rhizobactéries, dont la densité et la diversité microbienne au tour des racines est en liaison directe avec la nature et la

quantité des exsudats racinaires, cette influence se manifeste par une modification de la croissance de la plante (**Lemanceau., 1992**).

IV.1.2. La microbiologie rhizosphérique

La microbiologie du sol est complexe variée, Elle comprend les bactéries, des champignons, des protozoaires et des virus. La distribution des micro-organismes du sol est hétérogène et dépend des facteurs nutritionnels et des facteurs physico chimique (**Prescott et al., 2003**). Les bactéries sont les microorganismes les plus abondants et métaboliquement les plus actifs du sol. On estime 1 gramme de sol quand peut contenir jusqu'à 10^9 bactéries (**Malek., 2015**). Les mycètes sont également présents dans le sol. Leurs activités métaboliques sont multiples et fondamentales à l'équilibre écologique des sols. (**Noumeur., 2008**).

IV.2. Les Rhizobactéries promotrices de la croissance des plantes

IV.2.1. Définition de Rhizobacteria (PGPR)

Le terme PGPR provenant de l'anglais « Plant Growth Promoting Rhizobacteria" désigne les bactéries qui exercent un effet bénéfique sur la croissance et le développement des plantes par différents moyens (**Abnatura., 2013**). Les rhizobactéries sont des bactéries qui présentent l'aptitude à coloniser les racines de façon intense (**Schroth et Hancock., 1981., 1982**). Les bactéries non symbiotiques répondant à cette définition appartiennent à différents genres et espèces dont les plus étudiés sont : *Agrobacterium radiobacter*, *Azospirillum spp*, *Bacillus spp*, *Pseudomonas spp fluorescents* (**Lemanceau., 1992**).

IV.2.2 Biodiversité des PGPR dans la rhizosphère

Au cours des dernières années, le nombre des PGPR identifiées a augmenté d'une façon significative, principalement puisque le rôle de la rhizosphère comme écosystème a gagné de l'importance dans le fonctionnement de la biosphère et que les mécanismes d'action des PGPR ont été suffisamment étudiés. Ces microorganismes cultivables, présentant une diversité de genres et d'espèces, appartiennent majoritairement aux quatre phylums suivants : Proteobacteries, Firmicutes et Actinobacteries, actuellement, de nombreux genres bactériens incluent les PGPR (**Hugenholtz, 2002**).

IV.2.2.1. Alpha-Proteobacteria :

La classe des α -Protéobactéries rassemble la majorité des Protéobactéries capables de se développer même si la quantité de nutriments disponibles est très faible (**Tortora et al., 2003**). Les PGPR appartenant à cette classe sont les Rhizobia d'abord classés par leur capacité à fixer l'azote et à noduler les plantes de la famille des Légumineuses. Ces souches peuvent se

comporter comme PGPR quand elles colonisent les racines des plantes non légumineuses dans une relation non spécifique. En effet, le genre *Rhizobium* contient également des souches PGPR qui plus tard ont été considérées comme de nouveaux genres : *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium* et *Mesorhizobium* (Sawada et al., 2003). Le genre *Gluconacetobacter* de la famille des *Acetobacteraceae* composé de bactéries endophytes obligatoires colonise les racines, la tige et les feuilles de la canne à sucre (Tejera et al., 2003). Les espèces du genre *Azospirillum* décrites dans la famille de *Rhodospirillaceae* sont considérées comme promoteurs de la croissance des plantes. Les souches appartenant à ce genre se produisent sous forme de cellules libres dans le sol ou associées aux racines, tiges, feuilles et graines principalement des céréales et des graminées fourragères (Baldani et al., 2005).

IV.2.2.2. Bêta-proteobacteria :

Dans la famille *Burkholderiaceae*, le genre *Burkholderia* forme un groupe monophylétique qui contient diverses espèces ayant des propriétés physiologiques et écologiques variées, elles sont isolées à partir des sols et des plantes. Quelques souches ont la capacité de fixer de façon symbiotique l'azote. *Ralstonia* est un genre également attribué à la famille des *Burkholderiaceae*. Il est, comme le genre *Burkholderia*, omniprésent (Moulin et al., 2001).

IV.2.2.3. Actinobacteria :

Le genre *Frankia* est un fixateur symbiotique d'azote. Cette capacité est une caractéristique du genre. Ces bactéries sont associées à des plantes actinorhiziennes pionnier de la colonisation des sols pauvres ou perturbés. D'autres *Actinobacteria* sont également des promoteurs de croissance des plantes mais ne participent pas à la symbiose. Ils appartiennent aux genres *Arthrobacter*, *Micrococcus* (Gray et Smith, 2005), *Curtobacterium* (Barriuso et al., 2005) et *Streptomyces* (Siddiqui et Mahmood, 1999).

IV.2.2.4. Gamma-proteobacteria :

Les γ -proteobacteria constituent la classe de bactéries la plus nombreuse, et comprennent des microorganismes très diversifiés sur le plan physiologique (Tortora et al., 2003). Dans la famille des *Pseudomonadaceae*, le genre *Azotobacter* est composé de bactéries qui favorisent la croissance des plantes principalement à cause de sa capacité de fixer le l'azote et ne pas noduler les plantes (Sturz et Christie, 2003). De plus, *Pseudomonas* est le genre le plus abondant dans la rhizosphère parmi les bactéries à Gram-négatif du sol, et l'activité PGPR de certaines de ces souches est connue depuis de nombreuses années, résultant d'une large connaissance des mécanismes impliqués. En outre, les genres inclus dans la famille des *Enterobacteriaceae* assurant la fonction de PGPR sont *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Klebsiella*, *Kluyvera*, *Pantoea* et *Serratia* (Garrity, 2005).

IV.2.2.4.1. Les Entérobactéries :

Dans la classe des Gammaproteobacteria se trouve notamment l'ordre des Enterobacteriales. Cet ordre comprend trois familles : 1-famille des Enterobacteriaceae, 2- famille des Virionaceae et 3- famille des Pasteurellaceae. Celle des Enterobacteriaceae est la plus grande, englobe une large gamme de microorganismes dont 42 genres dans la dernière édition de Bergey's Manual of Systematic Bacteriology (**Garrity, 2005**). Les genres au sein de la famille Enterobacteriaceae qui comportent des membres décrits comme des bactéries favorisant la croissance des plantes (PGPR) sont *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Klebsiella*, *Kluyvera*, *Pantoea* et *Serratia*, bien que certains de ces genres contiennent également des espèces signalées comme agents pathogènes des plantes, par exemple *Erwinia carotovora*. Ces genres de cette famille sont caractérisés par une taille de 0.3-1 µm sur 1-6 µm, des bâtonnets droits ; flagelles péritriches ou non mobiles, oxydase négative (**Rodriguez-Diaz et al., 2008**).

Les entérobactéries ont le potentiel de contribuer au développement de systèmes agricoles durables. En règle générale, la fonction des Enterobactéries de trois manières différentes : la synthèse de composés particuliers pour les plantes, ce qui facilite l'absorption de certains nutriments du sol, et empêcher ou de diminuer des maladies des plantes. Les mécanismes de mise en valeur PGPR médiée par la croissance des plantes et le rendement de nombreuses cultures ne sont pas encore entièrement compris. Cependant, les explications possibles comprennent : la capacité à produire des enzymes essentielles, le 1- aminocyclopropane-1-carboxylate d'éthyle (ACC) désaminase pour réduire le taux d'éthylène dans la racine de plantes en développement, lipase et protéase et la capacité de produire des hormones telles que l'auxine, à savoir, AIA qui sont réalisées par quelques Entérobactéries tels que *Klebsiella* et *Erwinia* (**Ghodsalavi et al., 2013**), la fixation de l'azote par *Klebsiella pneumoniae* (**Riggs et al., 2001 ; Hayat et al., 2010 ; Solano et al., 2008**). L'antagonisme contre les bactéries phytopathogènes en produisant des sidérophores et la solubilisation et la minéralisation des substances nutritives, les phosphates minéraux en particulier par *Enterobacter*, *Serratia* et *Erwinia* (**Sturz et Nowak, 2000 ; Sudhakar et al., 2000 ; Mehnaz et Lazarovits, 2006 ; Zhuang et al., 2007**).

IV.2.2.4.2. Firmicutes :

Parmi les bactéries telluriques à Gram positif, les *Bacillus* sont les types les plus communs et les plus prédominants, ils représentent 95% de la flore isolée (**Cherif, 2014**). Ce sont des bactéries aérobies ou aéro-anaérobies facultatives formant des endospores. Depuis la découverte de la bactérie, la possession d'une spore a été utilisée comme une clé dans la classification. Les caractéristiques distinctives entre les membres du genre *Bacillus* et les autres bacilles sporulants sont la nature aérobie stricte ou facultative, la forme bacillaire et la production

de catalase. Le genre *Bacillus* a subi des changements taxonomiques considérables, il est composé de bactéries qui favorisent la croissance des plantes principalement à cause de ses capacités de fixation d'azote, solubilisation de phosphate et que sont des précepteurs de fer, oxydants et réduisant le manganèse (**Cherif, 2014**).

IV.3. Mécanismes impliqués dans la phytostimulation de la croissance des plantes par les PGPR

Plusieurs interactions, bénéfiques (symbioses) ou non, voire délétères (pathogénie) sont observées entre plantes, bactéries et champignons du sol fleuriront l'activité biologique de ce sol. (**Emily., 2015**). Les PGPR interviennent sur la croissance des plantes selon plusieurs mécanismes, de manière directe ou indirecte (**fig. 08**). Ces bactéries sont capables de coloniser efficacement les systèmes racinaires et influencent de manière bénéfique la plante en stimulant sa croissance et/ou en la protégeant contre des infections par des agents phytopathogènes. (**Haas et Defago., 2005**).

Les modes directs incluent la fixation d'azote atmosphérique, l'apport de nutriments non disponibles, (phosphore et autres nutriments minéraux), la production de régulateurs de croissance végétale (auxines, cytokinines et gibbérellines) et la répression de la synthèse d'éthylène (**Hassen et Labuschagne., 2010**).

Les mécanismes indirects sont les éliminations des agents phytopathogènes à travers la compétition pour l'espace et les nutriments, la synthèse d'enzymes hydrolytiques, l'inhibition des enzymes ou des toxines produites par les pathogènes, et l'induction des mécanismes de résistance de la plante (**Antoun et Prévost., 2005**). (Figure 8)

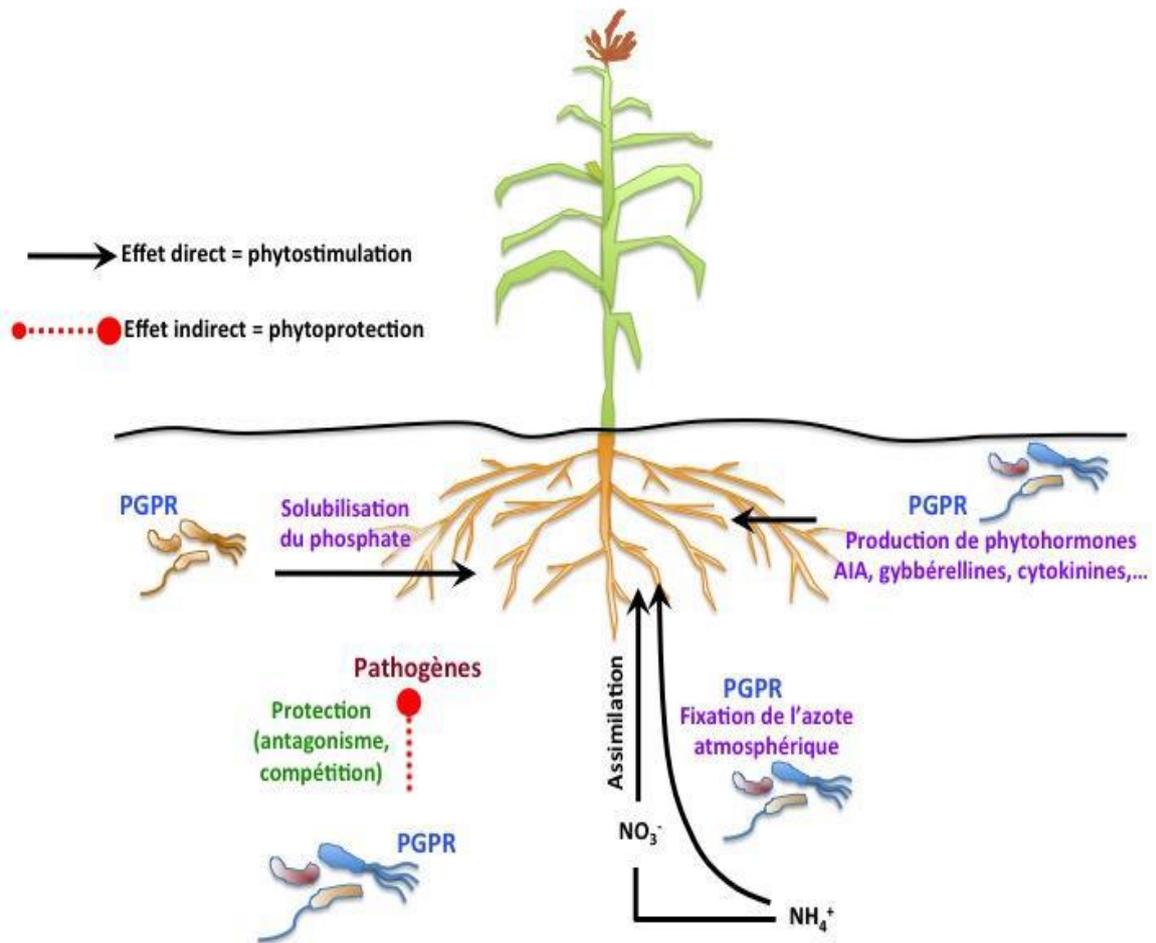


Figure 08 : Interactions entre les plantes et les bactéries dans la rhizosphère (**Khan et al., 2009**).

IV.3.1. Les mécanismes directs

L'effet direct de la phytostimulation de la croissance des plantes peut se produire par plusieurs processus :

IV.3.1.1. La fixation de l'azote

L'azote se trouve fréquemment sous forme gazeuse (N_2), inaccessible aux animaux et aux plantes où aucune espèce végétale n'est capable de fixer l'azote atmosphérique et de l'utiliser directement pour sa croissance (**Pujic et Normand, 2009 ; Arora et al., 2012**). Les PGPRs les plus connus pour leur rôle de stimulation des plantes grâce à leur capacité de fixer l'azote atmosphérique sont : *Azoarcus sp.*, *Burkholderia sp.*, *Gluconacetobacter diazotrophicus*,

Herbaspirillum ; *Azotobacter Paenibacillus* et *Azospirillum brasilense*, qui transforment l'azote atmosphérique en ammoniac en utilisant un système enzymatique complexe connu sous le nom de la nitrogénase (Weyens et al., 2010 ; Arora et al., 2012). Le rhizobium est un vaste groupe de rhizobactérie qui ont la capacité d'établir des interactions symbiotiques par la colonisation et forme de nodules racinaires dans le végétale (comme certaines légumineuses fourragères spontanées et cultivées, dans lesquelles l'azote atmosphérique organique est fixé et transformé en ammoniac qui est rapidement réduit en nitrites en nitrates et le rendre disponible pour l'hôte ; La bactérie entre d'abord dans la racine et plus tard sur les nodules dans lesquelles se produit la fixation de l'azote atmosphérique (Munees et Mulugeta., 2013). Ces bactéries participent dans le cycle biogéochimique de l'Azote.

IV.3.1.2. La solubilisation du phosphate

Le phosphore (P) est un élément largement distribué dans la nature. Il est considéré, avec l'azote (N) et le potassium (K), comme un constituant fondamental de la vie des plantes et des animaux. Le phosphore a un rôle important dans le métabolisme de la plante, et il est l'un des éléments nutritifs essentiels pour la croissance et le développement des végétaux. Cependant, le phosphore existe sous forme inaccessible pour la plante, il reste donc de le mobilisé dans le sol (Qureshi et al., 2012). Le phosphore est absorbé principalement pendant la croissance végétale et, par la suite, la majeure partie du phosphore absorbée est transférée dans les fruits et les graines pendant les étapes de reproduction. Toutefois, les plantes déficientes en phosphore montrent un retard de croissance (réduction de la croissance des cellules et des feuilles, perturbation de la respiration et de la photosynthèse) (Anonyme., 2004).

IV.3.1.1.3. La solubilisation du potassium

Les concentrations de potassium soluble dans le sol sont généralement très faibles et plus de 90% de potassium dans le sol existe sous forme de roches insolubles et de minéraux de silicate (Parmar et Sindhu., 2013). En raison de l'application déséquilibrée des engrais, la carence en potassium devient l'une des principales contraintes dans la production végétale. Sans potassium adéquat, les plantes ont des racines mal développées, poussent lentement, produisent de petites graines et ont des rendements plus faibles (Kumar et Dubey., 2012). Les microorganismes des sols jouent un rôle clé dans le cycle K naturel. Les microorganismes solubilisant de potassium présent dans le sol pourraient fournir une solution alternative pour rendre le potassium disponible pour l'absorption par les plantes (Rogers et al., 1998).

IV.3.1.1.4. La production des sidérophores

Le fer est un nutriment vital pour presque toutes les formes de vie (**Neilands., 1995**). Certains PGPR produisent des sidérophores, (comme les espèces appartenant au genre *Pseudomonas*), composés de faibles poids moléculaire,

Les sidérophores (sidéros = fer ; phoros = transport) (**Rossum et al., 1994**) sont des composés organiques ont une affinité très élevée et spécifique pour chélater le fer. Les Sidérophores augmentent aussi la disponibilité du fer par la complexassions forte de Fe³⁺. Ces complexes restent en solution et augmentent de ce fait la diffusion du fer sur la surface de cellules. Presque 500 structures de sidérophore sont connues jusqu'ici, qui sont produites par des bactéries, des mycètes et des plantes (**Boukhalfa et Crumbliss., 2002**).

IV.3.1.1.5. La production des phytohormones

Il existe deux sources de phytohormones naturellement disponibles pour les plantes :

Production endogène par les tissus de la plante et exogène par des micro-organismes associés. Les PGPRs produisent différentes phytohormones comme : l'AIA (Acide indole acétique : auxines), l'acide gibbérellique et les cytokinines. Ce sont des petites molécules de signal produites en très faible concentration influençant les processus biochimiques, physiologiques et morphologiques dans les plantes. (**Han et al., 2005 ; Baca et Elmerich., 2007 ; Kloepper et al., 2007 ; Martinezviveros et al., 2010**).

IV.3.1.1.5.1. L'auxine

La plus importante des hormones de croissance des plantes. Elle est impliquée dans plusieurs processus : la division cellulaire, la différenciation et la formation de faisceaux vasculaires, et elle a un effet positif sur l'initiation de la croissance et l'élongation des racinaire. Elle augmente également la ramification des racines et améliore l'absorption de minéraux et d'eau (**Patten et Glick, 2002 ; Ahmad et Kibret, 2013 ; Gupta et al., 2015**).

IV.3.1.1.5.2. Les cytokinines et les gibbérellines

Sont aussi des phytohormones impliquées dans la modification de la morphologie des plantes et la stimulation de la croissance de la partie aérienne (**Van Loom., 2007**). Les Gibbérellines forment le groupe de phytohormones impliqué dans la modification de la morphologie de la plante par l'extension des tissus, en particulier de la tige. Ils affectent les processus de reproduction dans une large variété de plantes et retarde la sénescence des fruits et des feuilles. Les cytokinines sont retrouvées dans les racines, les tiges, les feuilles, les fleurs, les fruits et les

graines, mais une forte évidence indique que la racine est le site principal de la biosynthèse de cytokinines (**Hopkins, 2003 ; De Salamone et al., 2005**).

IV.3.1.1.5.3. L'éthylène

L'éthylène est un régulateur impliqué dans la stimulation de la croissance des plantes à des concentrations modérées. Dans les conditions du stress (salinité, pollution par les métaux lourds...etc.), la plante augmente la sécrétion de l'éthylène, ce qui induit l'inhibition de la croissance des racines (**Saleem et al., 2007**).

IV.3.2. Les mécanismes indirects (Phytoprotection)

Le principal avantage de l'utilisation des PGPR est la résistance conférée aux plantes contre les maladies causées par les agents pathogènes. Les rhizobactéries jouent un rôle majeur dans la lutte contre ces agents, où un large spectre des maladies bactériennes, fongiques et parasitaires est supprimé via la production d'antibiotiques, compétition (pour les éléments nutritifs, l'oxygène et l'espace), l'activation de la résistance systémique induite (ISR) et la production des enzymes (chitinase, protéase, lipase), cette protection est nommée biocontrôle. De plus, les PGPR peuvent être utilisées comme un biofertilisant efficace dans l'amélioration du rendement des cultures par la production d'enzymes telles que (cellulases, amylases, etc.) (**Lugtenberg et Kamilova, 2009 ; Glick, 2012 ; Tariq et al., 2014**).

IV.3.2.1. La compétition pour l'espace et les nutriments

La compétition pour l'espace et les nutriments est un mécanisme biologique utilisé par les PGPR pour éliminer les phytopathogènes. Cette compétition entre deux ou plusieurs microorganismes concerne soit les éléments nutritifs, l'espace ou les autres facteurs environnementaux qui deviennent limitatifs pour leur croissance (**Dommergues et Mangenot., 1970 ; Shameer et Prasad., 2017**). Dans certains cas, une réduction de la maladie peut être associée à une colonisation importante des racines par les bactéries bénéfiques, ce qui réduit le nombre de sites habitables pour les micro-organismes pathogènes et, par conséquent, leur croissance (**Piano et al., 1997**). Mais, cette corrélation entre l'importance de la population de PGPR sur les racines et la protection observée n'est, dans certains cas, pas vérifiée et ne peut donc pas être considérée comme une règle générale (**Reyes et al., 2004**). L'idée qu'une rhizobactérie à croissance rapide pourrait éliminer les pathogènes fongiques par la compétition pour le carbone et les sources d'énergie fut beaucoup discutée. Le PGPR doit être présent sur les racines en nombre suffisant pour avoir un effet bénéfique et capable d'instaurer une

compétition pour les nutriments dans la rhizosphère (**Haas et Defago, 2005**). Toutefois, La compétition pour les nutriments et les différentes sources nécessaires pour la vie se produit généralement entre les microorganismes du sol. Ces PGPR fixateur du fer et du phosphore, inhiberont la croissance des pathogènes d'une part, et favoriseront celle des plantes, d'une autre part (**Pal et al., 2006**).

IV.3.2.2. L'Antibiose

La production et la libération des molécules qui tuent ou réduisent la croissance des pathogènes cibles est le mécanisme le plus efficace par lequel les microorganismes peuvent contrôler les maladies des plantes, (**Harman et Shores., 2007**). Il consiste à produire des antibiotiques efficaces contre l'agent pathogène par l'agent antagoniste. Ces molécules bioactives sont des métabolites secondaires à faible poids moléculaire tels que les antibiotiques comme l'amphicine, le 2,4-diacétylphloroglucinol (DAPG), cyanure d'hydrogène (HCN) et la phénazine qui agissent comme des facteurs contre l'attaque des pathogènes. (**Corbaz, 1990 ; Babalola, 2010 ; Shameer et Prasad, 2017**).

IV.3.2.3. Antagonisme

Ce mécanisme consiste en une interaction directe entre deux microorganismes où les tissus vivants de l'un constituent une base nutritive pour l'autre (**Helluy et Holmes., 2005**). Il implique l'invasion des cellules de l'agent pathogène par le microorganisme antagoniste. L'agent antagoniste utilisera des enzymes lytiques telles que les glucanases, les chitinases et les lysozymes pour dégrader les parois de l'agent pathogène (**Corbaz, 1990**).

IV.3.2.4. Résistance systémique induite ISR (Induced Systemic Resistance)

L'expression de mécanismes de défense systémique chez les plantes peut être initiée suite à l'interaction avec certaines rhizobactéries non pathogènes lors d'un phénomène appelé ISR, ce mécanisme rend la plante plus résistante contre d'éventuelle attaque des agents pathogènes (virus, bactéries et champignons). De nombreux composants bactériens tel que les lipopolysaccharides (LPS), sidérophores, lipopeptides cycliques, peuvent induire une résistance systémique des plantes (**Gupta et al., 2015 ; Shameer et Prasad., 2017**).

IV.3.2.5. Effet phytoprotecteur des Sidérophores

Les PGPR, notamment du genre *Pseudomonas sp*, sont connues pour leur capacité à produire des sidérophores dans le milieu. La chélation du fer est un phénomène qui participe efficacement à l'antagonisme contre les agents phytopathogènes en réduisant leurs effectifs dans le sol. (Kirdi et Zermane., 2010).

Tableau 08 : Classification des mécanismes de stimulation de la croissance des plantes contrôlées par les PGPR (Martinez-Viveros et al., 2010). Laradj Zazou Khalida ;2017.

Terme	Définition	Mécanismes	Référence
Biofertilisateurs	Une suspension contenant des microorganismes vivants qui, une fois appliquée sur des graines, sur une plante ou dans le sol, colonisent la rhizosphère ou l'intérieur de la plante et promeuvent la croissance par l'augmentation de la disponibilité des nutriments principaux pour la plante hôte.	- La fixation biologique de l'azote. - L'utilisation des formes insolubles de phosphore.	Vessey, 2003 ; Somers et al., 2004 ; Fuentes-Ramírez et Caballer o-Mellado, 2006.
Phytestimulateurs	Des microorganismes qui ont la capacité de produire ou de changer la concentration des régulateurs de la croissance comme l'acide indole acétique, l'acide gibbérellique, les cytokinines ou l'éthylène.	- Production des phytohormones (Les auxines, les cytokinines et les gibbérellines) - Réduction de la concentration de l'éthylène à l'intérieur de la plante.	Lugtenberg et al., 2002 ; Somers et al., 2004.
Biopesticides ou agents de biocontrôle	Des microorganismes qui stimulent la croissance d'une plante <i>via</i> le contrôle des agents phytopathogènes, principalement par la production des antibiotiques et des métabolites antifongiques.	- Production des antibiotiques (Siderophores, HCN, métabolites antifongiques) - Production des enzymes qui dégradent	Vessey, 2003; Somers et al., 2004; Chandler et al., 2008.

les membranes des
cellules fongiques
- La compétition
- L'ISR et l'ASR

IV.4. Effets des PGPR sur la croissance végétale

Depuis les dernières décennies, la réponse des cultures végétales à l'inoculation par des PGPR est étudiée dans de nombreuses expériences menées à travers le monde dans les champs et sous serres. Sur la base des données obtenues, il est évident que l'inoculation a entraîné des augmentations significatives des rendements de différentes cultures, sous différentes conditions. Les traitements avec les PGPR augmentent le pourcentage de germination, la vigueur des plantules, l'émergence, le développement des racines et des tiges, la biomasse totale des plantes, le poids des semences, la floraison précoce et les rendements de fruits et des graines. **(Van Loon et al., 1998 ; Ramamoorthy et al., 2001).**

IV.4.1. Germination et émergence

Les PGPR sont en mesure d'exercer un effet bénéfique sur la croissance des plantes telles que l'augmentation du taux de germination des graines. De nombreux travaux ont prouvé que l'utilisation des PGPR telles que *Azospirillum* spp **(Rodriguez et al., 2001)**, *Hafnia alvei* P3 **(Vargas et al., 2001)**, *Pseudomonas* PMZ2 ou avec *B. japonicum* **(Zaidi, 2003)**, *Azotobacter chroococcum* C2 **(Basavaraju et al., 2002)** et *Azotobacter* sp. **(Reyes et al., 2008)** ont donné une meilleure germination des graines de tomates, de poivre, de laitue, du radis, du maïs et des plants de soja.

De plus, les PGPR peuvent être employées pour lutter contre les stress abiotiques. Ainsi, différents souches rhizosphériques comme le *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* sont utilisées. Ces souches augmentent la germination et la vigueur des plantules vis-à-vis d'un stress salin **(Begum et al., 2003)**, **slini 2016** ; un stress métallique, **Degaichia 2015**, et un stress thermique **Lekhal R et Aziez S.E. 2016.**

Bien que les études mentionnées sur l'effet des souches bactériennes sur la germination des différentes espèces végétales aient été menées dans des conditions optimales, **Kaymak et al. (2009)** ont suggéré que *Agrobacterium rubi* A16, *Burkholderia gladii* BA7, *Pseudomonas putida* BA8, *Bacillus subtilis* BA142, *Bacillus megaterium* M3 appliquées sous stress salin

pourrait procurer un pourcentage de germination plus élevé. De plus, les PGPR peuvent être employées contre des agents pathogènes. Ainsi, différentes souches telles que *Bacillus pumilus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* et *Brevibacillus brevis* ont servi à traiter des semences afin de supprimer les maladies causées par des champignons phytopathogènes. Ces souches augmentant la germination et la vigueur des plantules à des taux très élevés ont réduit l'incidence de la mycoflore des semences (**Begum et al., 2003**). Selon **Araujo (2008)**, l'inoculation des semences avec *Bacillus subtilis* est une technologie prometteuse pour le traitement des semences.

Les travaux de **Lekhal R et Aziez S. E, 2016** vise à mettre en évidence la capacité d'une rhizobactérie *Bradyrhizobium sp* (lotus) isolée à partir des nodosités de *Lotus ornithopodioides*. Elle a été identifiée et caractérisée par les travaux de **Degaichia H 2010,2012,2015**. Elle a la capacité de promouvoir le contournement du stress thermique chez l'orge *Hordeum vulgare L* inoculé par cette bactérie au stade germination et plantule. Leurs résultats suggèrent que *Bradyrhizobium sp. (Lotus)* pourrait contribuer à la tolérance de l'orge en mobilisant les réserves amylolytiques des graines, l'eau et améliorer certains paramètres de germination pour surmonter les contraintes thermiques.

Les travaux de **Moula. E 2015** montrent que en comparant les résultats des deux lots de plantes de Haricot (inoculées et non inoculées), on note une augmentation de la croissance relative chez les plantes du lot inoculées par *Bradyrhizobium sp. (Lotus)*. Ces travaux révèlent ainsi une augmentation du taux de chlorophylle totale, en sucres solubles totaux et en proline et cela en dépit des concentrations en sel.

Degaichia, H,2015 constatent que l'inoculation de *Bradyrhizobium sp. (Lotus)* entraîne une augmentation des valeurs du taux cumulé de germination dans le milieu aux différentes concentrations en cuivre. Les résultats suggèrent que *Bradyrhizobium sp. (Lotus)* pourrait agir par détoxification ou chélation du cuivre afin de le rendre moins disponible et ainsi contribuer à la tolérance du lotier envers cet élément-trace métallique au stade germinatif. Cette bactérie protège le Lotus (légumineuse spontanée à intérêt fourrager) contre certains champignons phytopathogènes comme le *Fusarium oxysporum* en synthétisant des molécules antifongiques.

Les apports exogènes d'osmoregulateurs comme la proline et de glycine bêtaïne ou l'inoculation de bactéries rhizosphériques comme *Azotobacter chroococcum* sont une approche possible pour surmonter les effets délétères de l'environnement sur la croissance de l'orge *Hordeum vulgare L* en condition saline **Silini A ;2012**.

IV.4.2. Rendement et composantes du rendement

L'augmentation et la qualité de la productivité agricole sont indispensables. Les applications des PGPR sont les pratiques les plus fiables offrant de meilleurs rendements des cultures agricoles. Les souches *Pseudomonas BA-8* et *Bacillus OSU-142* appliquées sur les feuilles et les fleurs des pommiers ont considérablement amélioré le rendement de la superficie de la section transversale du tronc (de 13,3 à 118,5%), le poids des fruits (4,2 à 7,5%), la longueur des tiges (de 20,8 à 30,1 %), et le diamètre des tiges (9,0 à 19,8%) par rapport au témoin (**Pirlak et al., 2007**). Ainsi, les combinaisons *Bacillus M3* et/ou *OSU-142* et/ou *Microbacterium FS01* ont le potentiel d'accroître le rendement et la croissance des pommiers. En outre, *Pseudomonas BA-8*, *Bacillus OSU-142* et *M3* ont également donné un effet bénéfique sur la longueur, le rendement des cultures et la qualité des fruits d'abricot, de cerise et de framboise (**Esitken et al., 2005 ; Orhan et al., 2006**). Le poids moyen des fruits de tomate par plante traitée avec *Rhodopseudomonas sp KL9* (82,7 g) est supérieur par rapport au témoin non inoculé. La teneur en lycopène dans la tomate mûre a augmenté de 48,3% avec l'application de *Rhodopseudomonas sp. KL9* (**Lee et al., 2008**). D'autres études ont montré que *Burkholderia gladii BA-7*, *Pseudomonas BA-8*, et *Bacillus OSU-142* ont un grand potentiel pour accroître les paramètres de croissance des plantes de *Eruca sativa* (**Dursun et al., 2008**). Les espèces efficaces de *Bacillus*, comme *OSU-142*, *RC07* et *M-13*, *Paenibacillus polymyxa RC05*, *P. putida RC06* et *RC04* et *Rhodobacter capsulatus* peuvent être utilisées dans l'agriculture biologique et durable. Plusieurs études ont clairement démontré le potentiel de ces bactéries dans la croissance et le rendement des plantes (**De Freitas, 2000 ; Herman et al., 2008**).

Le biopriming contribue à diverses activités de PGPR qui ont été étudiées par les chercheurs ; **Saber et al. (2012)** ont utilisé la technique du biopriming avec un biofertilisant commercial ayant différentes espèces bactériennes dont *Bacillus lentus*, *B. subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *P. putida* et *Azospirillum spp.* Ils ont observé une augmentation de plusieurs caractères Agro-morphologiques des plants de blé. De plus, ils postulent également que les besoins en azote et en phosphore ont diminué chez les plantes bioprimes par rapport aux plantes témoins. Le poids frais de la tige et du semis total a augmenté avec l'amorçage du PGPR dans les semis de maïs dans une expérience de laboratoire (**Gholami, Shahsavani et Nezarat 2009**). L'amorçage des semences d'orge avec un consortium d'*Azotobacter chroococcum* et d'*Azospirillum lipoferum* en combinaison avec 80 kg /ha l'urée et 60 kg/ ha P2O5 a augmenté de manière significative les attributs de rendement tels que le poids de mille grains, l'accumulation de matière sèche, le rendement biologique, le rendement en grains et la récolte

(Mirshekari et al. 2012). Dans le maïs, différentes souches d'*Azotobacter* et d'*Azospirillum* ont été utilisées pour le biopriming des graines, et les résultats ont montré que le biopriming augmentait considérablement le taux de croissance des cultures, l'accumulation de matière sèche et le rendement en grains (Sharifi ;2011). Différentes souches bactériennes ont également été étudiées pour le bioprimage chez le carthame, et il a été observé que l'amorçage des graines avec la souche 186 de *Pseudomonas* avec une coapplication de 180 kg ha⁻¹ augmentait le nombre de branches, têtes par plante, diamètre de la tête, nombre de grains par tête, grains par plant, 1000 poids de grain et rendement en grain des plants (Sharifi 2012).

Kasim et al. (2013) ont utilisé la technique du bioprimage pour documenter ses effets contre le stress de la sécheresse. Ils ont utilisé deux souches, dont *A. brasilense* et *B. amyloliquefaciens* et ont observé que le biopriming avec ces souches augmentait la tolérance à la sécheresse chez les plants de blé grâce à une régulation positive des gènes liés au stress. Le rôle du biopriming dans la tolérance au stress de salinité est largement étudié et des résultats prometteurs ont été enregistrés. Le genre le plus notable utilisé dans la tolérance au stress abiotique est le *Bacillus* qui est utilisé dans la pomme de terre (Gururani et al. 2012), le radis (Kaymak et al. 2009), le riz, le haricot mungo et le pois chiche (Chakraborty et al. 2011).

Les travaux de Zibouche Fet Bentaib A 2017 Ont montré que l'inoculation par *Bradyrhizobium* sp (Lotus) protège beaucoup plus les plantules d'orge contre les effets délétères de la salinité. L'utilisation de molécules osmoprotectrices comme la proline, la glycine betaine et la présence de bactéries rhizosphériques pourraient jouer un rôle pour une meilleure tolérance de l'orge au stress salin à de faible concentration en NaCl.

IV.5. La tolérance des rhizobactéries vis-à-vis le stress salin :

Les rhizobactéries sont capables de s'adapter à des conditions défavorables et d'améliorer la croissance des plantes dans des milieux à forte osmolarité. Elles ont développé des mécanismes moléculaires leur permettant de survivre et de croître avec l'augmentation de la salinité :

IV.5.1. Les solutés compatibles : les micro-organismes réagissent au stress osmotique essentiellement par accumulation de solutés, comme « solutés compatibles ». Ils peuvent être accumulés à des taux élevés ou transportés sans interférence avec les processus vitaux de la cellule. En fait, de nombreux solutés compatibles se sont avérés des stabilisateurs efficaces des enzymes. Ils fournissent une protection cellulaire non seulement contre les teneurs élevées en sel mais aussi contre les hausses de température, le gel-dégel et la dessiccation (Yancey et al.,

1982). Ces osmolytes sont accumulés soit par absorption à partir de l'environnement (osmolytes exogènes) ou par la biosynthèse de novo (osmolytes endogènes). Les cellules bactériennes peuvent synthétiser (une partie) des solutés compatibles à la suite d'un choc osmotique et les dégrader à la suite d'une réduction de la pression osmotique externe. Cependant, elles peuvent, en guise de réponse précoce et plus rapide, accumuler ou libérer dans le milieu extérieur ces solutés par l'intermédiaire de systèmes de transport spécifiques responsables de l'osmorégulation (systèmes d'efflux spécifiques et aquaporines).

Certains sont largement répandus dans la nature tandis que d'autres semblent être exclusivement présents dans des groupes spécifiques d'organismes (**Galinski, 1995**). Ces solutés sont des acides aminés (par exemple, le glutamate et la proline), des dérivés d'acide aminé (peptides et acides aminés N-acétylés), les amines quaternaires (par exemple, la glycinebétaine et la carnitine), les sucres (par exemple, le saccharose et le tréhalose), et les tétrahydropyrimidines (ectoïnes) (**Galinski et Truper, 1994**).

IV.7.1.1. La proline :

La proline étant un soluté compatible important, elle joue un rôle crucial dans l'osmorégulation et l'osmotolérance (**Rhodes et Hanson, 1993 ; Hasegawa et al., 2000**). Dans les conditions de stress hydrique, la cellule entraîne une accumulation élevée de la proline endogène et pourrait donc constituer une approche efficace pour atténuer les effets néfastes de la dessiccation. En plus de son rôle dans l'ajustement osmotique, elle protège les enzymes, les structures des protéines et les membranes des organites. Elle fournit également de l'énergie pour la croissance et la survie de la plante (**Chandrasekhar et Sandhyarani, 1996 ; Ashraf et Foolad, 2007 ; Hoque et al., 2007**).

IV.5.1.2. Le tréhalose :

Est un disaccharide non-réducteur. Il joue un rôle important dans la protection des différents organismes contre divers types de stress y compris la dessiccation, l'oxydation, la congélation, la chaleur et l'hyperosmolarité (**Bremer et Kramer, 2000**). La synthèse du tréhalose en réponse au stress osmotique externe est régulée par l'accumulation de K⁺-glutamate (**Kempf et Bremer, 1998**). Chez *E. coli* le tréhalose exogène est utilisé comme source de carbone et d'énergie et non pas comme osmoprotecteur (**Strom et Kaasen, 1993**). Plusieurs microorganismes accumulent le tréhalose : *Azotobacter chroococum*, *E. coli* et *Salmonella*

thyohimurium, *Klebsiella pneumoniae*, *Rhizobium meliloti* (Talibart et al., 1997 ; Bremer et Kramer, 2000).

IV.5.1.3. La glycine bêtaïne (GB) :

La GB est l'ammonium quaternaire le plus répandu chez les plantes supérieures, elle est accumulée suite à un stress abiotique, telle une salinité élevée (Rhodes et Hanson, 1993). Elle joue un rôle majeur dans la stabilisation des structures des enzymes et des complexes protéiniques et dans le maintien de l'intégrité des membranes contre les effets délétères de l'excès de sel, du froid, de la chaleur et la congélation (Hayashi et al., 1997 ; Sakamoto et Murata, 2002). Le complexe de transport d'électrons (II) est protégé par la G.B contre les dommages de la salinité élevée d'où la restauration de la photosynthèse et l'augmentation du taux de 34 Chlorophylles (Yeo, 1998 ; Hamilton III et Heckathorn, 2001). La G.B stimule aussi la fixation d'azote par les plantes soumises à un stress salin (Pocard et al., 1991). Les halophytes accumulent des quantités énormes de G.B (Bessières, 1998 ; Sakamoto et Murata, 2002). D'un autre côté, les glycophytes aussi sont concernées par l'accumulation de GB exemple : les épinards (Sulpice et al., 1998), l'orge (Hayashi et al., 1997) et le blé (Sabry et al., 1995). Chez les plantes supérieures, la GB se concentre dans le cytoplasme (Yeo, 1998), alors que la synthèse se déroule dans les stromas des chloroplastes (Rhodes et Hanson, 1993 ; Hayashi et al., 1997 ; Yeo, 1998 ; Sakamoto et Murata, 2002). La G.B d'apport oxygène (au niveau des feuilles) est transportée vers toutes les parties de la plante en améliorant sa croissance (Mäkelä et al., 2003). La majorité des membres de la famille des Plumbiginaceae préfèrent la β -alanine bêtaïne à la G.B. Cet osmoprotecteur remplace la G.B dans des conditions salines hypoxiques (manque d'O₂) (Hanson et al., 1991).

IV.5.1.4. Les tétrahydropyrimidines (éctoïnes) :

L'éctoïne est un soluté compatible synthétisé par de nombreuses bactéries halotolérantes. Elle agit comme un puissant osmoprotecteur pour *Escherichia coli* et *Sinorhizobium meliloti* mais affiche des comportements très contrastés chez ces deux bactéries. L'éctoïne est retrouvée à de fortes concentrations intracellulaires chez les entérobactéries mais n'est pas détectée dans les cellules stressées de *S. meliloti* (Talibart et al., 1997).

IV.5.2. L'ACC désaminase (Aminocyclopropane-1-carboxylate) :

Comme réponse à la salinité, la sécheresse et la température, les bactéries produisant une ACC désaminase stimulent la croissance des plantes par la régulation de la production massive d'éthylène. La bactérie réduit la production d'éthylène dans les plantes après exposition à des concentrations croissantes de sel. Cependant, la teneur en sodium de la plante n'a pas diminué alors que l'absorption de phosphore et de potassium a été légèrement augmentée, ce qui a contribué en partie à l'activation des processus impliqués dans la réduction de l'effet néfaste du sel (**Cheng et al., 2007**).

IV.5.3. Exopolysaccharides (EPS) :

Les bactéries produisent des exopolysaccharides bactériens (EPS) qui se lient à différents cations. Ils diminuent la teneur en Na^+ disponibles contribuant ainsi à alléger le stress salin chez les plantes (**Ashraf et al., 2004**). Ainsi, ils augmentent nettement la tolérance de la plante en abaissant la concentration de sodium et par conséquent le rapport Na^+/K^+ (**Han et Lee, 2005**). Les EPS bactériens protègent aussi les bactéries de la dessiccation en modifiant leur microenvironnement (**Roberson et Firestone, 1992**).

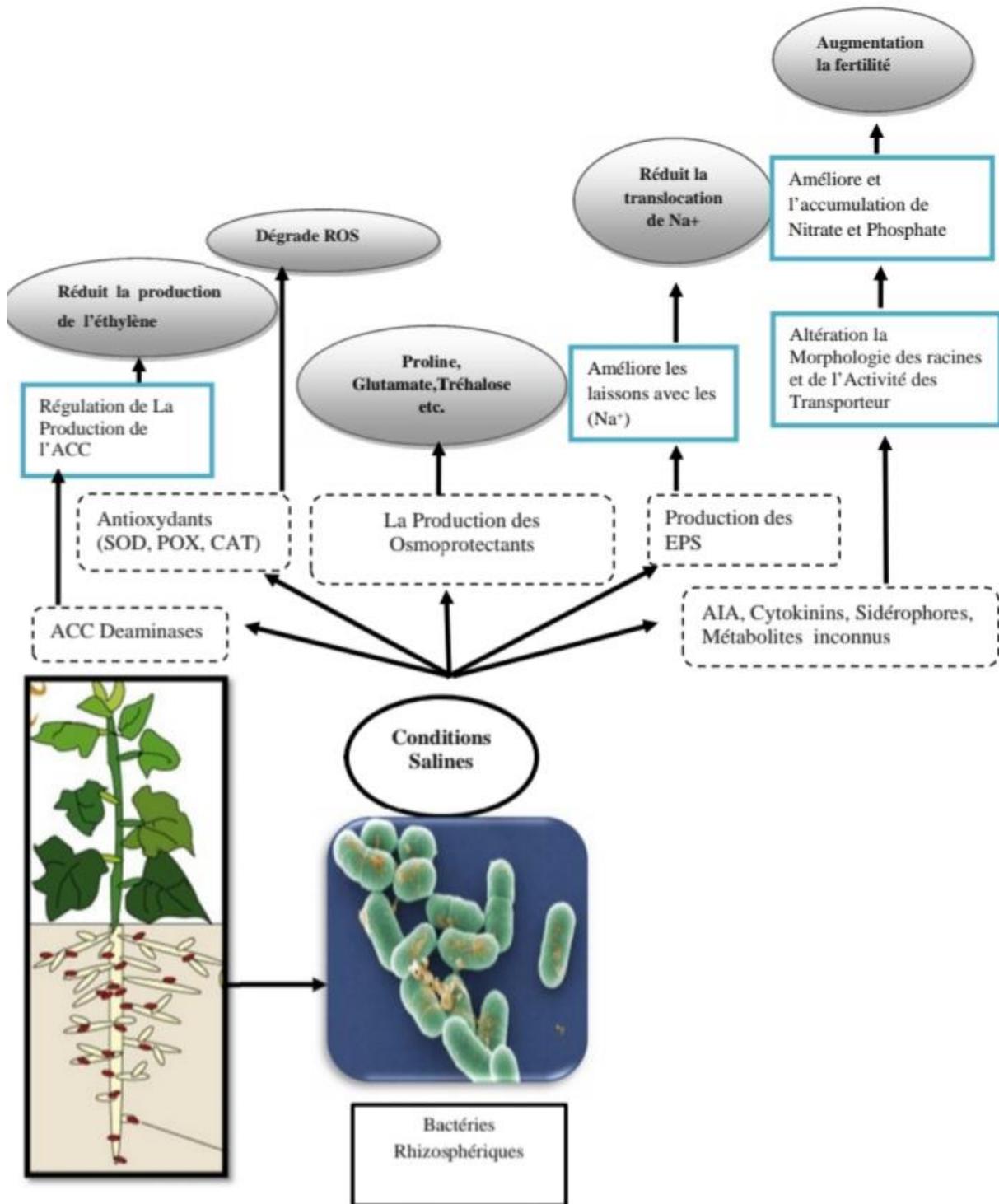


Figure 09 : Augmentation de la tolérance et la survie des plantes induite par les rhizobactéries en milieu salin (Ashraf et al., 2008).

Conclusion

Les bactéries promotrices de la croissance des plantes (PGPR) peuvent améliorer la performance et la tolérance des plantes lors de stress environnemental. Ceci est confirmé par les travaux de **Degaichia H, 2010,2012,2015**, de **Moula,2015**.

Ainsi que les résultats de **Lekhal. R et Aziez SE. ;2016** et **Zibouche.F, Bentaib.A. ; 2017** cités auparavant dans le paragraphe.

Nos travaux de cette année se sont uniquement à une recherche bibliographique ; qui nous a permis de monter l'importance de ces rhizobactéries (notamment celles qui seront isolées à partir des nodosités de certaines légumineuses spontanées fourragères) sur la germination et la croissance de quelques espèces maraichères soumises à un stress salin.

Nous n'avons pas pu évaluer les potentialités ayant trait à la germination et croissance de quelques espèces de cultures maraichères (ex : tomate, poivron) en présence des rhizobactéries isolées des nodosités de quelques espèces de légumineuses spontanées. Dans cette thématique nous avons voulu voir les effets de l'inoculation par ces souches sous stress salin chez quelques variétés de tomates et /ou poivron...au stade germination (estimer quelques paramètres de germination, et mesurer certaines activités enzymatiques montrant la tolérance de ces espèces.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdelguerfi A., Zeghida A., 2005.** “La Fertilisation En Algérie.” FAO, 34P.
AfricaFertilizer. 2012. “Manuel de Formation Statistiques Sur Les Engrais En Afrique.”
AfricaFertilizer.org, P :1–87.
- Abdelkader, S., Ramzi, C., Mustapha, R., Houcine, B., M'barek, BN, Inagaki, MN, & Abdallah, B. 2015.** Effect of Salt Stress on Germination and Biological Growth of 50 Genotypes of Durum Wheat (*Triticum durum* Desf). *Pakistan Journal of Nutrition*, 14 (12), 957.
- Abrol, I. P., Yadav, J. S. P., & Massoud, F. I. (1988).** Salt-Affected Soils and Their Management. FAO Soils Bulletin 39, Rome : FAO.
- Ahamet S. (2003).** Etudes phytochimiques et des activités biologiques de *Balanites aegyptica* (Balanitaceae). Thèse de pharmacie, Bamako, 117 p
- Ahmad, M. & Kibret, M. (2013).** Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. *J King Saud Univer-Scien* 26(01) : 1-20.
- Alhag Dow, M., (2006).** Caractérisation fonctionnelle de la GDP-D-MANNOSE- 3,5-EPIMERASE ET GALACTONO-1,4-LACTONE DESHYDROGENASE, enzyme de la voie de biosynthèse de la vitamine c chez la tomate. Thèse de doctorat. Université de Bordeaux 1. 245p.
- Alioua H. et Bouzenad I., 2016.** Influence du stress salin sur la germination, la croissance et le rendement de quelques populations locales du niébé (*Vigna unguiculata* subsp. *Unguiculata* (L) Walp.) Mémoire en vue de l'obtention de master en agronomie ENSA El Harrach : 111p.
- Allakhverdiev, S. I., Sakamoto, A., Nishiyama, Y., Inaba, M. and Murata, N. (2000)** Ionic and osmotic effects of NaCl-induced inactivation of photosystem I and II in *Synechococcus* sp. *Plant Physiol.*123, 1047-1056.
- Anonyme 2004 :** FAO. (2004). Utilisation des phosphates naturels pour une agriculture durable.
- Anonyme 2005 :** FAO2005 : Utilisation des engrais par culture en Algérie Première édition, publiée par la FAO, Rome, 2005
- Anonyme2008 :** M.A.D.R/D.S.A.S. I/S.D.S. A, ‘Commerce Extérieur Agricole’, 2008.
- Anonyme ; 2010 :** ITCMI 2010 : La culture du piment/poivron 2010. Fiches techniques valorisées des cultures maraîchères et industrielles, ITCMI, Staouali, Algérie.

Anonyme 2015 : FAO, 2015. Importance des superficies et des rendements du poivron sous serre en Algérie (2003-2013)

Anonyme 2015 : FAOSTAT., 2016 Base des données des statistiques de l'organisation des nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

Anonyme 2020 : <http://www.algerie-dz.com/forums/showthread.php?t=431307>.

Anonyme 2020 : <http://ephytia.inra.fr/fr/C/5158/Tomate-Necrose-apicale-sur-fruits>.

Anton Hartmann, Michael Rothballer et Michael Schmid, 2008. « Lorenz Hiltner, a pioneer in rhizosphere microbial ecology and soil bacteriology research », Plant and Soil, vol. 312, no 1-2, novembre, p.7

Antoun H. and Prévost D. (2005). Ecology of plant growth promoting rhizobacteria. Z. A. Siddiqui (ed.), PGPR : Biocontrol and Biofertilization. P 1–38.

Anzala F.J., 2006 - Contrôle de la vitesse de germination chez le maïs (*Zea mays*) : étude de la voie de biosynthèse des acides aminés issus de l'aspartate et recherche de QTLs. Thèse de Doctorat. Université d'Angers.148p.

Apse, M.P; Blumwald, E. (2007). Na⁺ transport in plants. FEBS Lett. 581(12) :2247-2254.

Araujo, F.F. (2008). Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostras edesenvolvimento de milho, soja e algodão. Ciênc. Agrotec. 32 :456–462

Arora NK, Tewari S, Singh S, Lal N, Maheshwari DK. (2012). PGPR for protection of plant health under saline conditions. In: Maheshwari DK (ed.) Bacteria in agrobiolgy: Stress management, pp.239-258.

Asada K. (1999) - The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygen and dissipation of excess photons. Annual Review of Plant Biology, 50: 601–639.

Ashraf, M., Ahmad, M. S. A., Öztürk, M. et Aksoy A. 2012. Crop Improvement through Different Means: Challenges and Prospects. In: Ashraf, M. et al. (Eds).

Ashraf, M., Athar, H.R., Harris, P.J.C., Kwon, T.R. (2008). Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. Adv. Agron. 97: 45-110.

Ashraf, M., Foolad, M.R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environ. Exp. Bot.59: 206-216.

Ashraf, M., H.R. Athar, P.J.C. Harris et T.R. Kwon (2008). Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. Adv. Agron. 97: 45-110.

Ashraf, M., Hasnain, S., Berge, O., Mahmood, T. (2004). Inoculating wheat seedlings with exopolysaccharide-producing bacteria restricts sodium uptake and stimulates plant growth under salt stress. Biol. Fertil. Soils, 40: 157-162.

Ashworth, S. 1991. Seed to seed. Seed Savers Exchange, Inc. Seed Saver Publications, Decorah, Iowa

Lekhal R et Aziez S., (2016). Bradyrhizobium sp. (Lotus) et son effet sur l'activité amylolytique et mobilisation des réserves des graines de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) sous contraintes thermiques ». Mémoire de master 2. Université de Blida 1.

Baca B.E. et Elmerich C. (2007). Microbial Production of Plant Hormones. In: Elmerich C., Newton W.E. (Eds). Associative and Endophytic Nitrogen-fixing Bacteria and Cyanobacterial Associations, Springer, Netherlands. pp. 113-143.

Baldani, J.I; Krieg, N.R; Divan-Baldani, V.L; Hartmann, A; Döbereiner, J. (2005). In Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. 2 ed. Springer- Verlag, Garrity. New York, Berlin, Heidelberg. 2: 7-26.

Barriuso, J., M. T. Pereyra, J. A. Lucas Garcia, M. Megias, F. J. Gutierrez Manero et B. Ramos (2005). Screening for putative PGPR to improve establishment of the symbiosis *Lactarius deliciosus*Pinus sp. Microb. Ecol.,50 :82–89

Basavaraju, O., A.R.M. Rao et T.H. Shankarappa (2002). Effect of Azotobacter inoculation and nitrogen levels on growth and yield of radish (*Raphanus sativus* L.). In: Proceedings of Microbial Technology for Sustainable Development and Productivity, (Ed., Rajak D.C.), Jabalpur, Biotechnology of Microbes and Sustainable Utilization, pp. 155-160

Begum, M., VR. Rai et S. Lokesh (2003). Effect of plant growth promoting rhizobacteria on seedborne fungal pathogens in okra. Indian Phytopathol. 56 :156–158.

Belletti P., Quagliotti L., 1988. Problems of seed production and storage of pepper. In: AVRDC, 1989. Tomato and Pepper production in the Tropics; Proceedings of the International Symposium on Integrated Management Practices. Tainan, Taiwan. 21-26 march 1988, pp 28-41

Belletti P. and Quagliotti, L. 1991. Tomato and pepper production in the tropics. Asian Vegetable Research and Development Center, Taiwan 4 :28-41

Ben Naceur M., C. Rahmoune, H. Sdiri, M. L. Meddahi et M. Selmi. 2001. Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés magrébines de blé. Science, Changements Planétaires et Sécheresse 12: 167 - 174.

Blamey RW, Ellis IO, Pinder SE, Lee AH, Macmillan RD, Morgan DA, Robertson JF, Mitchell MJ, Ball GR, Haybittle JL, Elston CW (2007) Survival of invasive

breast cancer according to the Nottingham Prognostic Index in cases diagnosed in 1990-1999.

Benard C., 2009. Étude de l'impact de la nutrition azotée et des conditions de culture sur le contenu en poly-phénols chez la tomate. Thèse de doctorat. Nancy Université-INRA Agronomie et Environnement, p 265.

Benmahioul B., Daguin F., Kaid-Harche M., 2009- Effet du stress salin sur la germination et la croissance *in vitro* du pistachier (*Pistacia vera* L.). *Comptes Rendus Biologies*, vol. 332 (8), p. 752-758.

Benton J. (2008). Tomato plant culture: In the field, Greenhouse, and home garden, Deuxième édition. Edition : Taylor et Francis Group. New York. 399p.

Berthomieu, P; Conéjéro, G; Nublat, A; Brackenbury, W. J; Lambert, C; Savio, C; Uozumi, N; Oiki, S; Yamada, K; Cellier, F; Gosti, F; Simonneau, T; Essah, P.A; Tester, M; Very, A.A, Sentenac, H; Casse, F. (2003): Functional analysis of ATHKT1 in Arabidopsis shows that Na⁺ recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. *Embo Journal*. 22 : 2004-2014. *Biotechnology*. 16 :123-132.

Bessieres, M. A. 1998. Solutés compatibles des halophytes littorales : production et possibilité de transfert vers les procaryotes associés. Thèse de Doctorat. Université de Rennes I, France.

Bewley J., Black M., 1994. Seeds: Physiology of development and germination. 2 e edition, Plenum Press, New-York, Londres. 445p.

Bewley, J.D., 1997 - Seed germination and dormancy. *Plant Cell* 9: 1055–1066.

Bhattacharyya, P. N. et Jha, D. K. 2012 Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 28: 1327–1350.

Binet P. et Brunel J.P. (1968) - Physiologie végétale. Ed. Doin, Paris, pp.774-782.

Blumwald E, Grover A, Good AG (2004) - Breeding for abiotic stress resistance: challenges and opportunities. 2004 « New directions for a diverse planet ». In Proceedings of the 4th

Bonnal A., 1981 : Formation de charge de gestion de domaine auto-géré. Outils et maraîchages

Bouaouina S., ZID E et Hajji M., 2000. Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.) CIHEAM–Options Méditerranéennes : 239-243.

Boukhalfa H. and Crumbliss AL. (2002). Chemical aspects of siderophore mediated iron transport. *BioMetals* 15 : 325–339.

Bouras M., Isolement et identification des pseudomonas spp fluorescents à partir de la rhizosphère des plantes actinorhiziennes, Faculté des sciences de la nature et de la vie Constantine, 2014, 94p.

Bremer, E., Kramer, R. (2000). Coping with osmotic challenges: osmoregulation through accumulation and release of compatible solutes in bacteria, p. 79-97. In G. Storz et R. Hengge-Aronis (éd.), Bacterial stress responses. ASM Press, Washington.

Buitink, J., and Leprince, O. (2004). Glass formation in plant anhydrobiotes: survival in the dry state. *Cryobiology* 48, 215-228.

Cánovas, D., Vargas, C., Iglesias, G. F., Csonka, L. N., Rhodes, D., Ventosa, A., et Nieto, J. J. 1997. Isolation and characterization of salt-sensitive mutants of the moderate halophile *Halomonas elongata* and cloning of the ectoine synthesis genes. *J. Biol. Chem.* 272 : 25794-25801.

Causse M., Caranta C., Saliba-Colonbani V., Moretti A., Damidaux R. and Rousselle P. (2000). Valorisation des ressources génétique de la tomate par l'utilisation de marqueurs moléculaires. *Cahier Agricultures* 9 :197-210.

Cavaglieri, I., J. Orlando, M.I. Rodriguez, S. Chulze et M. Etcheverry (2005). Biocontrol of *Bacillus subtilis* against *Fusarium verticillioides* in vitro and at the Maize root level. *Res. Microbiol.* 156 :748–754.

Chakraborty AP, Dey P, Chakraborty B et al (2011) Plant growth promotion and amelioration of salinity stress in crop plants by a salt-tolerant bacterium. *Recent Res Sci Technol* 3 :61–70.

Chandler D. et al., 2011. The development, regulation and use of biopesticides for integrated pest management. *Philos. Trans. R. Soc. London Ser. B.*, 366(1573), 1987-1998.

Chandrasekhar, K.R., Sandhyaran, S. I. (1996). Salinity induced chemical changes in *Crotalaria striata* DC. *Ind. J. Plant Physiol.* 1: 44-48.

Cha-um, S., Takabe, T., and Kirdmanee, C. 2013. Osmotic potential, photosynthetic abilities and growth characters of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) seedlings in responses to 126 polyethylene glycol-induced water deficit. *African Journal of Biotechnology*, 9(39), 6509-6516

Chaux C et Foury C, 1994. Productions légumières. Tome 3. Légumineuses potagères – Légumes Fruits. Coll. (agriculture d'aujourd'hui : Sciences, Techniques, Applications) Tec & Doc. Lavoisier, Paris, France. 563p.

- Chen, T.H., and Murata, N. 2002.** Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes. *Curr. Opin. Plant Biol.* 5(3): 250–257.
- Cheng, Z., Park, E., Glick, B. (2007).** 1-Aminocyclopropane-1-carboxylate desaminase from *Pseudomonas putida* UW4 facilitates the growth of canola in the presence of salt. *Can J. Microbiol.*, 53(7) :912-918.
- Cherif, H. (2014).** Amélioration de la croissance du blé dur en milieu salin par inoculation avec *Bacillus* sp et *Pantoea agglomerans* isolées de sols arides. Thèse de Doctorat en Sciences. Université de Ferhat Abbas, Sétif, Algérie. 162.
- Chibane (A.), 1999** – Tomate sous serre, Bulletin : transféré de technologie agriculture, n 57 Ed. P.N.T.T.A. Rabat.
- Choudhary, D. K. and Varma, A. 2016.** Microbial-mediated Induced Systemic Resistance in Plants. Springer Science+Business Media, Singapore.
- Clarence F. A., 1958** : Les mauvaises herbes du Canada. 45 p.
- Côme D., 1982** - Influence de la réfrigération et de la congélation sur la qualité et l’aptitude à la germination des graines. *Revue Internationale du Froid* 5(6) :33-336.
Commercialisation Ed fonction agromisa et CTA.105p.
- Corbaz R. (1990).** Principe de phytopathologie et de lutte contre les maladies des plantes. Presse polytechniques et universitaires romandes.
- Cornillon P. & Palloix A., 1997,** Influence of sodium chloride on the growth and mineral nutrition of pepper cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, 20, 1085-1094.
- Cregut M. (2009).** Caractérisation de la communauté bactérienne impliquées dans la minéralisation du soufre organique dans les rhizosphères de colza et d’orge. Thèse de doctorat. Nancy University INPL. Ecole Doctorale RP2E.INRA.15p.
- Cuartero J., Bolarin M.C., Asins M.J., Moreno V., 2006** - Increasing salt tolerance in tomato. *J. Exp. Bot.* 57, 1045-1058.
- De Freitas, J.R. et J.J. Germida (1992).** Growth promotion of winter wheat by fluorescent *Pseudomonads* under growth chamber conditions. *Soil Biol. Biochem.*, 24: 1127-1135.
- De Salamon I.G., Hynes R.K. and Nelson L.M. (2005).** Role of Cytokinins in plant growth promotion by rhizosphere bacteria. P. 173-195. In Siddiqui A. A. (ed.), *PGPR: Biocontrol and Biofertilization*.

Degaichia H. 2010 : contribution à l'identification des nodosités et caractérisation des bactéries nodolantes de trois espèces spontanées (*Lotus edulis*, *lotus ornithopodioides* et de *viscia sativa* ssp). Mémoire d'ingénieur. Mémoire de master. Université de Blida 1.

Degaichia H. 2012 : caractérisation de Bradyrhizobium sp isolée *lotus ornithopodioides*. Détermination de seuil de résistance maximale vis à vis d'éléments de traces métalliques (cas de cuivre et du cadmium) en vue d'introduction à la phytoremediation. Mémoire de Master 2 Université de Blida 1.

Degaichia H ;2015. Essai de rhizodégradation des éléments de traces métallique (cas du cuivre et du cadmium) par bradyrhizobium sp. Prélevé sur lotus ornithopodioides et analyse de son activité antifongique ; mémoire de master. Université de blida 1.

Degaichia H ; Abd El-Hamid A ; Bouchenak F ; Chaouch F.2016. Inoculation de bradyrhizobium sp. (*Lotus*) et son effet sur la germination du lotier (*lotus ornithopodioides* L.) en conditions de stress cuprique. Université de blida 1, faculté des sciences de la nature et de la vie, département des biotechnologies.

Dikilitas, M. et Karakas, S. 2012. Behavior of Plant Pathogens for Crops Under Stress During the Determination of Physiological, Biochemical, and Molecular Approaches for Salt Stress Tolerance. In: Ashraf, M. et al. (Eds). Crop Production for Agricultural Improvement. Springer Science+Business Media B.V. Dordrecht, The Netherlands, pp 417-441.

Djili K., Daoud Y., Touaf L., 2003. La salinisation et la sodisation des sols d'Algérie. Congrès scientifique sur l'apport de la recherche scientifique et des nouvelles technologies dans le développement et la mise en valeur des régions arides et semi-aride climat. 2-3 octobre. El-Oued, 9 p.

Dommergues, Y. et F. Mangenot (1970). Microbial Ecology of Soil. Pp : 33-45. Masson and Cie (eds.), Paris.

Doorenbos., J. et al. (1980)., Réponse des cultures à l'eau. Bulletin FAO d'irrigation et de drainage. Pp 192-194.

Douakha F. ; et Guernine F ; 2013. Contribution à l'étude de la tolérance à la salinité chez quelques variétés de la tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Mémoire de Master2. Phytopathologie et Phytopharmacie. UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA ; 21-22p

Dursun, A., M. Ekinici et MF. Donmez (2008). Effects of inoculation bacteria on chemical content, yield and growth in rocket (*Eruca vesicaria* subsp *sativa*). Asian J Chem. 20 :3197–3202

Ekoumou C. (2003). Etudes phytochimiques et pharmacologiques de 5 recettes traditionnelles utilisées dans le traitement des infections urinaires et de la cystite. Thèse pharmacie, Bamako, 145p.

El Midaoui M, Benbella M, Aït Houssa A, Ibriz M, Talouizte A (2007) - Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation à la salinité chez le tournesol cultivé (*Helianthus annuus* L.). Revue HTE 136 : 29-34

Elattir H, Skidedj A, Alfadl A, 2009 : Fiche technique V : La tomate, L'aubergine, le poivron, et gambo. Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA N°100. Ministère de l'agriculture et de développement rural. Royaume du Maroc. 10p.

El Hachemi moula (2015) ; Étude de l'effet de la salinité et de l'inoculation de *Bradyrhizobium* sp. (Lotus) sur le comportement écophysiole du haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) La mémoire d'ingénieur ; Production et amélioration végétale. Université de Blida 1.

El-Iklil Y., K. Mohammed, M. Rachid et B. Mohammed. 2002. Effet du stress salin sur la variation de certains métabolites chez *Lycopersicon esculentum* et *Lycopersicon shchermannii*. Canadian Journal of Plant Science 82: 177 - 183.

Emily claudia ricci, 2015. Investigating the role of *Pseudomonas* sp. and *Bacillus* sp. biofilms as plant growth promoting inoculants. McGill University, Montreal, Quebec, Canada. Environ. 15(2) : 327-337.

Esitken, A, S. Ercisli, H. Karlıdag et F. Sahin (2005). Potential use of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in organic apricot production. In: Libek A., Kaufman E., Sasnauskas A. (eds) International conference on environmentally friendly fruit growing. Tartu, Estonia, pp 90-97.

Faye E., 2003. Réponses au stress salin de jeunes plants de *Atriplex lentiformis* S. Wats. Calif. Biologiquement améliorés. DEA, UCAD, 30p.

Fuentes-Ramirez, L. et Caballero-Mellado, J. (2006). Bacterial biofertilizers, in PGPR: Biocontrol and Biofertilization. Springer-Verlag, Heidelberg, Germany. Pp :143-172

Gaid S., 2015. La tolérance à la salinité du pois-chiche (*Cicer aritinum* L.) Thèse de Magister faculté des sciences Ahmed ben Bella Oran, 46p.

Galinski, E.A., Trüper, H.G., Sauer, T., 1993, Eur Pat Appl EP93/03687 (Cl. C12P1/00)

Galinski, E.A. (1995). Osmoadaptation in bacteria. Adv. Microb. Physiol. 37 : 273- 328.

- Gallais A et Bannerot H., 1992.** Amélioration des espèces végétales cultivées objectif et critères de sélection. INRA, Paris. 765p.
- Garrity, G.M. (2005).** Bergey's manual of systematic bacteriology. 2e ed. Springer, Berlin
- Ghodsolavi, B; Ahmadzadeh, M; Soleimani, M; Madloo, P.B; Taghizad-Farid, R. (2013).** Isolation and characterization of rhizobacteria and their effects on root extracts of *Valeriana officinalis*. Aust J Crop Sci. 7:338-344.
- Gholami, A., Shahsavani, S., Nezarat, S (2009).** The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. International Journal of Biological and Life Sciences.5 : 35-40.
- Gimmeno-Gilles C., 2009 -** Étude cellulaire et moléculaire de la germination chez *Medicago truncatula*. Thèse de doctorat. Université d'Angers. 174p.
- Glick BR. (2012).** Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. Hindawi Publishing Corporation, Scientifica, Waterloo.
- Glick, B.R. (1995).** The enhancement of plant growth by free-living bacteria. **Can. J. Microbiol., 41 : 109-117.**
- Göller, K., Ofer, A. et Galinski, E.A. 1998.** Construction of an NaCl-sensitive mutant of *Halomonas elongata* impaired in ectoine biosynthesis. FEMS. Microbiol. Lett. 161: 293- 300.
- Gray, E.J; Smith, D.L. (2005).** Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. Soil Biol. Biochem. 37 :395-412.
- Greenway H., Munns R., 1980.** Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes, Ann, Rev, Plant Physiol, n°31, 149-190p.
- Groß F, Durner J, Gaupels F (2013) -** Nitric oxide, antioxidants and prooxidants in plant defence responses," *Frontiers in Plant Science*. 4: 419.
GTFS/REM/070/ITA. Algérie.52p
- Gupta B., Huang B. (2014):** Mechanism of salinity tolerance in plants: Physiological, biochemical, and molecular characterization. *International Journal of Genomics*, 2014: 701596.
- Gupta G, Singh Parihar S, Kumar Ahirwar N, Kumar Snehi S. et Singh V. (2015).** Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): Current and Future Prospects for Development of Sustainable Agriculture. *J Microb Biochem Technol*. Volume 7(2), 96-102.
- Gurmani R, Bano A, Khan SU, Din J, Zhang JL (2011) -** Alleviation of salt stress by seed treatment with abscisic acid (ABA), 6-benzylaminopurine (BA) and chlormequat chloride (CCC) optimizes ion and organic matter accumulation and increases yield of rice (*Oryza sativa* L.)," *Australian Journal of Crop Science*. 5(10): 1278–1285.

- Gururani MA, Park SW (2012)** Engineered resistance against filamentous pathogens in *Solanum tuberosum*. *Journal of General Plant Pathology* 78: 377–388
- Haas, D; Défago, G. (2005).** Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent pseudomonads. *Natra. Rev. Microb.* 1129.
- Haddadi B. ;2019.** Etude bioécologique des aphides du poivron sous serres et leurs ennemis naturels à Mazargan (Mostaganem). Mémoire de master2. Protection des cultures. Université Badis-Mostaganem ; p9.
- Hakan T, Ceran N, Edem I, et (2006)** bactirail brain abscesse; an evaluatin of 96 cases: *J Infect* 52-59-366.
- Hall T Y, Skaggs R K, 2008:** New Mexico's Chilies pepper industry: Chile Types and product sourcing. New Mexico Chile task force report 8p.
- Hallman, J., A. Quadt-Hallman, W.F. Mahaffee et J.W. Kloepper (1997).** Bacterial endophytes in agricultural crops. *Can. J. Microbiol.*,43: 895-914.
- Hamilton III, E. W. et S. A. Heckathorn. 2001.** Mitochondrial adaptations to NaCl. Complex I am protected by antioxidants and small heat shock proteins, whereas complex II is protected by proline and betaine. *Plant Physiol.* 126: 1266- 1274.
- Han J, Sun L, Dong X, Cai Z, Sun X, Yang H, Wang Y, Song W. (2005).** Characterization of a novel plant growth-promotingbacteria strain *Delftia tsuruhatensis* HR4 both as a diazotrophand a potential biocontrol agent against various plant pathogens. *Syst Appl Microbiol* 28(1) :66–76.
- Han, H.S., Lee, K.D. (2005).** Plant growth promoting rhizobacteria effect on antioxidant status, photosynthesis, mineral uptake and growth of lettuce under soil salinity. *Res. J. Agric. Biol. Sci.*, 1 : 210-215
- Hanson, A. D., B. Rathinasabapathi, B. Chamberlin et D. A. Gage. 1991.** Comparative physiological evidence that β -alanine betaine and choline-O-sulfate act as compatible osmolytes in halophylitic *Limonium* species. *Plant Physiol.*, 97 : 1199- 1205.
- Haouala F., Ferjani H., Ben El Hadj S., 2007** - Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na^+ , K^+ et Ca^{2+}) et du chlore (Cl^-) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 11 (3) ,235 - 244.
- Harman G. E. and Shores M. (2007).** The Mechanisms and Applications of Symbiotic Opportunistic Plant Symbionts.P.131-155. *In* Vurro M. and Gressel J. (eds.), *Novel Biotechnologies for Biocontrol Agent Enhancement and Management.*

- Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Zhu, J.K., Bohnert, H.J. (2000).** Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51: 463-499.
- Hassen A. I., Labuschagne N. (2010).** Root colonization and growth enhancement in wheat and tomato by rhizobacteria isolated from the rhizoplane of grasses. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 26, 1837–1846.
- Hayashi, H., Alia, L. Mustady, P. Deshnum, M. Ida et N. Murata. 1997.** Transformation of *Arabidopsis thaliana* with the *codA* gene for choline oxidase, accumulation of glycine betaine and enhanced tolerance to salt and cold stress. *Plant. J.* 12: 133-142.
- Hayat, R; Ali, S; Amara, U; Khalid, R; Ahmed, I. (2010).** Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. *Ann Microbiol.* 60 :579-598 Heidelberg, New York. 2: 1-1085.
- Heller R., Robert E., Claude L., 1998 -** *Physiologie végétale*. Vol. (1) Nutrition; Edit. Dunod, Paris. 322 p.
- Heller R; Esnault R Et Lance C., 2004 -** *Plant Physiology 1 Tome I. Nutrition*. Dunod, Paris, Pages : 350.
- Heller R ; Esnault S Et Lance C., 1990 -** *Physiologie Végétale*, Masson Paris P 16.
- Heller, J., 1996,** *physic Nut. Jatropha curcas L.* Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, 66 p.
- Heller, R., Esnault, R. and Lance, C. (1995)** *Physiologie végétale – Développement*, Ed. Masson, ISBN 2-225-84778-9, 248-255
- Helluy, S., & Holmes, J.C. (2005).** Parasitic manipulation: further considerations. *Behavioural processes*, 68(3), 205-210.
- Hopkins WG. (2003).** *Physiologie végétale*. Traduction de la 2^e édition américaine par SERGE R. Ed de Boeck.pp. 309-362.
- Hoque, M.A ; Okuma, E. Banu, M.N.A ; Nakamura, Y., Shimoishi, Y., Murata, Y. (2007).** Exogenous proline mitigates the detrimental effects of salt stress more than the betaine by increasing antioxidant enzyme activities. *J. Plant Physiol.*, 164: 553-561.
- Hughenoltz, P. (2002).** Exploring prokaryotic diversity in the genomic era. *Genome Biol.* 3, Reviews0003.INRA. P111.
- Jamil, A., Riaz, S., Ashraf, M. et Foolad, M. R. 2011.** Gene expression profiling of plants under salt stress. *Crit. Rev. Plant. Sci.* 30(5) : 435–458.

- Kalib A., 2018.** Contribution à l'étude de certains paramètres morphophysologiques d'une variété de tomate Marmande cultivée sous stress salin et traitement à la proline. Mémoire de master 2. Biologie et physiologie végétales. Université des frères Mentouri Constantine ; pp :1.
- WA Kasim, M.E. Osman, M.N. Omar, I.A. Abd El Daim, S. (2013),** Bejai, J. Meijer Control of drought stress in wheat using plant growth promoting bacteria J. Plant Growth Regul., 32 (2013), pp. 122-130.
- Kaymak, HC., I. Guvenc, F. Yarali et MF. Donmez (2009).** The effects of bio-priming with PGPR on germination of radish (*Raphanus sativus* L.) seeds under saline conditions. Turk J Agric Forest, 33 :173–179
- Kempf, B., Bremer, E. (1998).** Uptake and synthesis of compatible solutes as microbial stress-responses to high-osmolality environments. Arch. Microbiol. 170: 319-330.
- Kerepesi J, Galiba G (2000)** - Osmotic and salt stress- induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedling. Crop Science. 40(2): 482–487.
- Khan, M.S., Zaidi, A., Wani, P.A., Oves, M., 2009.** Role of plant growth promoting rhizobacteria in the remediation of metal contaminated soils. Environ. Chem. Lett. 7, 1–19.
- Kim T. H., B. R. Lee, W. J. Jung, K. Y. Kim, J. C. Avicé and A. Ourry. 2004.** De novo protein synthesis in relation to ammonia and proline accumulation in water stress white clover. Funct. Plant Biol., 31 : 847 - 855.
- Kirdi, B., Zermane, N., 2010.** Rôle des PGPR dans la stimulation de la croissance végétale et la lutte contre les phanérogames parasites : *Orobanche crenata* Forsk. Et *Cuscuta campestris* Yuncker / —Role of PGPR in plant growth promotion and control of the parasitic weeds: *Orobanche crenata* Forsk. And *Cuscuta campestris* Yunckerl.
- Kloepper JW, Gutierrez-Estrada A, McInroy JA. (2007).** Photoperiodregulates elicitation of growth promotion but not induced resistance by plant growth-promoting rhizobacteria. Can J Microbiol 53(2) :159–167.
- Kloepper, JW. Et C. J. Beauchamp (1992).** A review of issues related to measuring colonization of plant roots by bacteria. Can. J. Microbiol. 38, 1219–1232.
- Kolev N., 1976 :** Les cultures maraichères en Algérie : Légumes, Fruits, Edj. BAILLIÈRE. Paris. V. I : 207p.
- Kumar, P., Dubey, R.C., 2012.** Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Biocontrol of Phytopathogens and Yield Enhancement of *Phaseolus vulgaris* L. J. Curr. Perspect. Appl. Microbiol. 1, 6–38.
- Landa, B.B., Montes-Borrego, M. et Navas-Cortés, J.A. 2013.** Use of PGPR for controlling soilborne fungal pathogens: assessing the factors influencing its efficacy. In:

Maheshwari DK (ed.) *Bacteria in Agrobiolgy: Disease Management*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 259-292.

Laradj Zazou K. ; 2017. Isolement et caractérisation des rhizobactéries promotrices de la croissance des plantes capables de lutter contre le *Fusarium*. Diplome De Doctorat 3^{ème} Cycle. Sciences Biologiques. Université Djillali Liabes De Sidi Bel Abbes ;14p.

Laumonier R, 1979 : Les cultures légumières et maraichères, tome III. 3^{ème} édition. Collection (Encyclopédie Agricole) Editions J-B. Baillière, Paris, France, 276p.

Le Dily F., J. P. Billard, J. Le Saos and C. Huanlt. 1993. Effects of NaCl on chlorophyll and proline levels during growth of radish cotyledons. *Plant Physiology and Biochemistry* 31: 303 - 310.

Lee, KJ., S. Kamala-Kannan, HS. Sub, CK. Seong et GW. Lee (2008). Biological control of Phytophthora blight in red pepper (*Capsicum annum L*) using *Bacillus subtilis*. *World J. Microb. Biot.* 24 :1139–1145.

Legros J.P. (2009) – La salinisation des terres dans le monde. Académie des Sciences et Lettres de Montpellier, Séance du lundi 22/06/2009, Conférence n° 4069, Bulletin n° 40, 257-269.

Lemanceau, L., 1992. Effets bénéfiques de rhizobactéries sur les plantes : exemple des *Pseudomonas spp* fluorescents 413–437, 414.

Lepinay C., Etude des interactions plantes-microbes et microbes-microbes au sein de la rhizosphère, sous un aspect coûts-bénéfices, dans un contexte de variation environnementale, Université de Bourgogne, 2013, 263p.

Levigneron A., Lopez F., Varisuyt G., Berthomien P., et Casse-DelbarT., 1995. Les plantes face au stress salin. *Cahier d’agriculture* (4), 263-273p.

Levitt J. (1980). Salt and ion stress. *In* Levitt J. (eds). *Response of plant to environmental stresses*. Vol II, water radiation, salt and others stresses. New York: Academic Press, p. 365–406.

Linnaeus, C.1753. *Species plantarum, exhibentes plantas rite cognitatas, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas*. Holmiae, Impensis Laurentii salvii. [L. salvius, stockholm.], 1May 1753. [Starting point for spermatophyta, pteridophyta, sphagnaceae, Hepaticae, Fungi] (incl. slime moulds and lichen-forming fungi) and Algae (pro parte).

- Lombi, E., 2001.** Trace Elements in the Rhizosphere. CRC Press. Cité dans Microbial Health of the Rhizosphere.
- Lugtenberg B., Kamilova F. (2009).** Plant-growth-promoting rhizobacteria. *Annu. Rev. Microbiol.* 63 : 541-556.
- Lugtenberg, B. J. J., Dekkers, L. et Bloemberg, G. V. (2001).** Molecular determinants of rhizosphere colonization by *Pseudomonas*. *Annu Rev Phytopathol* 39 :461-490.
- Mäkelä, P., R. Munns, T. D. Colmer et P. S. Pirjo. 2003.** Growth of tomato and an ABA-deficient mutant (Sitiens) under saline conditions. *Physiol. Plant.*, 117 : 58- 63.
- Malek F, 2015.** interaction microbienne cours assure aux Master II microbiologie et Magistère Maitrise de la qualaté et du développement microbien. Université de Tlemcen. P :17
- Manchanda, G., Garg, N. (2008).** Salinity and its effects on the functional biology of legumes. *Acta Physiol. Plant* 30, 595–618.
- Marlet S., Job J.O., 2006.** Processus et gestion de la salinité des sols. In Tiercelin, J.R. *Traité d'irrigation*, seconde édition. Tec & Doc Lavoisier. p. 797-822.
- Martínez-Viveros 1, O., M.A. Jorquera, D.E. Crowley, G. Gajardo and M.L. Mora. (2010).** Mechanisms and practical considerations Involved in plant growth promotion by rhizobacteria. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 10 : 293 – 319.
- Mazliak P., 1982-** Physiologie végétale croissance et développement. Tome 3. Ed Hermann éditeurs des sciences et des arts, collecte méthodes. Paris, 420 P
- Mehnaz, S; Lazarovits, G. (2006).** Inoculation effects of *Pseudomonas putida*, *Gluconacetobacter azotocaptans*, and *Azospirillum lipoferum* on corn plant growth under greenhouse conditions. *Microb Ecol.* 51(3) : 326-335
- Mench M ,1985.** Influence des exsudats racinaires solubles sur la dynamique des métaux dans la rhizosphère du maïs (*Zea mays* L). Thèse de Dr del'INPL, Univ Nancy, 109 p
- Mirshekari, M., Amiri, R., Nezhad, H., Noori, S. A. S., Zandvakili, O. R. (2012) : Effects of planting date and water deficit on quantitative and qualitative traits of flax seed. – *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science* 12(7): 901-913.
- Morad P. and Martinez S.,1999.** Tomate progres. Un nouveau système de recyclage des solutions nutritives. Laboratoire d'ingénierie agronomique, ENSAT, BP107, 31320. Catagnet Tolosan, INP/Ecole nationale supérieure d'agronomie. Toulouse. 5p.
- Moresi M., Liverotti C., 1982.** Economic study of tomato paste production. *J. Food Technology* 17: 177-199.

- Morgan J. A. W., Bending G. D. and White P. J. (2005).** Biological costs and benefits to plant–microbe interactions in the rhizosphere. *Journal of Experimental Botany*.56 : 1729-1739.
- Moulin. (2001). In Silini, A. (2013).** Effet des molécules osmoprotectrices sur la survie et l'activité d'Azotobacter et sur la croissance du blé dur en milieu salin. Thèse de Doctorat en Sciences. Université de Ferhat Abbas, Sétif, Algérie. 138.
- Munees, A., Mulugeta, K., 2013.** Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. 28 Febr. 2013 1018–3647, 1–20.
- Munns R et al., 1983:** Halotolerante ukaryotes. In *Physiological Plant Ecology. III. Responses to the Chemical and Biological Environment.* Encycl. Plant Physiol., pp. 59- 135 New Series, Vol. 12C. Springer, Berlin.
- Munns R. 2002.** Comparative physiology of salt and Water stress. *Plant, cell and Environ.* 25: 239 - 250.
- Nabti, E., Sahnoune, M., Ghoul, M., Fischer, D., Hoffmann, A., Rothballer, M., Schmid, M. et Hartman, A. 2010.** Restoration of Growth of Durum Wheat (*Triticum durum* var. Waha) Under Saline Conditions Due to Inoculation with the Rhizosphere Bacterium *Azospirillum brasilense* NH and Extracts of the Marine Alga *Ulva lactuca*. *J. Plant. Growth. Regul.* 29: 6–22.
- Naika S., Lidt de Jeude JV., de Goffaux M., Hilmi M. and Van Dam B., 2005.** *Agrodok17 : La culture de la tomate. Production, transformation et commercialisation.* Fondation Agromisa et CTA, Digigrafi, Wageningen, Pays-Bas. 105p.
- Navarro J.M., Garrido C., flores p. & Martinez V., 2010,** The effect of salinity on yield and fruit quality of pepper grown in perlite. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8, 142-150.
- Neilands, J.B., 1995.** Siderophores: structure and function of microbial iron transport compounds. *J. Biol. Chem.* 270, 26723–26726.
- Nihorimbere V., Ongena M., Smargiassi M. and Thonart P. (2010).** Beneficial effect of the rhizosphere microbial community for plant growth and health. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 15(2) : 327-337.
- Nivot N., 2005 -** Essais de germination et de bouturage de six espèces indigènes sciaphytes du Canada. Thèse de doctorat ; Université de Saint Yacinthe (Québec). 116 p.
- Nonogaki, H., Bassel, G.W., Bewley D.J., 2010.** Germination–Still a mystery. *Plant Science* 179: 574-581.

- Norini M.P. (2007).** Ecodynamique des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et des communautés microbiennes dans des sols à pollution mixte (HAP), métaux, avant et après traitement par biopile et par désorption thermique : influence de la rhizosphère et de mycorhization. Thèse de Doctorat en Géosciences. Université Henri Poincaré Nancy.p33.
- Noumeur, S.** Biodégradation du 2,4-dichlorophénol par le microbiote tellurique de la région de Hamla (Batna). Th doctorat : Biologie : Université Mentouri Constantine, 2008.
- Nyabyenda P. (2007).** Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique : Culture industrielles et d'exportation, cultures fruitières, cultures maraichères. Edition : Presses Agronomique de Gembloux. Wageningen. Pays-Bas. 241p.
- Omami E.N., 2005.** Response of Amaranth to salinity stress. These Ph. D Horticulture. Departement of plant production and soil science, Faculty of natural and agricultural sciences, University of Pretoria. P 235.
- Orhan, E, A. Esitken, S. Ercisli, M. Turan et F. Sahin (2006)** Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient contents in organically growing raspberry. *Sci Hortic* 111 :38–43
- Pal K. K. and Gardener B. M. (2006).** Biological Control of Plant Pathogens. *The Plant Health Instructor*: 1-25.
- Pardo JM (2010)** Biotechnology of water and salinity stress tolerance. *Curr Opin Biotechnol* 21: 185–196
- Parida A.K., Das A.B. (2005):** Salt tolerance and salinity effect on plants: review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol.60, pp. 324-349.
- Parihar P., Singh S., Singh R., Singh V. P., Prasad S. M. (2015).** Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22 4056–4075. 10.1007/s11356-014-3739-1 [PubMed] [Cross Ref]
- Parmar, P., Sindhu, S.S., 2013.** Potassium Solubilization by Rhizosphere Bacteria: Influence of Nutritional and Environmental Conditions. *J. Microbiol. Res.* 3, 25–31.
- Patten CL, Glick BR (2002)** Role of *Pseudomonas putida* indoleacetic acid in development of the host plant root system. *Appl Environ Microbiol* 68 :3795–3801.
- Piano, S., V. Neyrotti, Q. Migheli et M.L Gullino (1997).** Biocontrol capability of *Metschnikowia pulcherrima* against *Botrytis* postharvest rot of apple. *Postharvest Biol. Technol.* 11(3) :131-140.

- Pirlak, L., M. Turan, F. Sahin et A. Esitken (2007).** Floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) to apples increases yield, growth, and nutrient element contents of leaves. *J. Sustain. Agric.* 30 :145–155.
- Pocard, J. A., T. Bernard et D. Le Rudulier. 1991.** Translocation and metabolism of glycine betaine in nodulated alfalfa plants subjected to salt stress. *Physiol. Plant.*, 81 : 95- 102.
- Polese J.M., 2007 : La culture des tomates. Institut nationale de recherche Agronomique.N° d'édition 84416.**
- Pochard E, Palloix A, Daubeze M, 1992 : Le piment. 420p.**
- Polese J-M. et Devaux S., 2007 : Plante aromatique et condimentaire, flore de France.100-102p.**
- Prescott L.M., J.P. Harley Et Klein D. (2003).** Microbiologie. 2eme édition française, Groupe de Boeck. Paris, pp 1163.
- Pujic, P., Normand, P. (2009)** La symbiose racinaire entre la bactérie Frankia et les plantes actinorhiziennes. *Biofuture*, 26-29.
- Qadir M., Ghaeoor A., Murtaza, 2000.** Amelioration strategies for saline soils: à review. *Land degradation and development*, 11: 501-521.
- Qureshi M. A., Ahmad Z. A., Akhtar. N., Iqbal A., Mujeeb F. and Shakir M. A. (2012)** Role of phosphate solubilizing bacteria (psb) in enhancing P availability and promoting cotton growth. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 22(1): 204-210.
- R'him T., Tlili I., Hnan I., Ilahy R., Benali A et Jebari H., 2013.** Effet de stress salin sur le comportement physiologique et métabolique de 3 variétés de piment (*Capsicum annum L.*). *J. Appl. Biosci.* 66 : 5060–5069.
- Raaijmakers, J.M., M. Vlami et J.T. de Souza (2002).** Antibiotic production by bacterial biocontrol agents. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 81 : 537-547.
- Rai A ; 2017.** Effet du stress salin sur les bactéries du sol : rôle d'extraits dérivés de *Enteromorpha intestinalis*, *Ulva lactuca* et *Opuntia ficus-indica* sur la relation bactérie-plante sous stress salin. Thèse de doctorat. Microbiologie
- Ramade F., 2006.** Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité, DUNOD Paris, 2008. 737p. ISBN 978-2-10-053670-2.
- Ramamoorthy, V., R. Viswanathan, T. Raghuchander, V. Prakasam et R. Samiyappan (2001)** Induction of systemic resistance by plant growth promoting rhizobacteria in crop plants against pests and diseases. *Crop Prot.* 20 :1–11.
- Ray Y et Costes., 1965 : La physiologie de la tomate, étude bibliographique**

- Reyes, I., L. Alvarez, H. El-Ayoubi et A. Valery (2008).** Selection and evaluation of growth promoting rhizobacteria on pepper and maize. *Bioagro*. 20 :37–48.
- Reyes, M.E.Q; Rohrbach, K.G; Paull, R.E. (2004).** Microbial antagonists control postharvest black rot of pineapple fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 33(2) :193-203.
- Rhodes, D., Hanson, A.D. (1993).** Quaternary ammonium and tertiary sulfonium compounds in higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 44: 357-384.
- Riggs, P.J; Chelius, M.K; Iniguez, A.L; Kaeppler, S.M; Triplett, E.W. (2001).** Enhanced maize productivity by inoculation with diazotrophic bacteria. *Aust J Plant Physiol* 28 :829- 836.
- Rivero, R.M. Teresa C. M., Mittler, R. Francisco Rubio, F. Garcia-Sanchez, F. and Martinez, V. 2014.** The combined effect of salinity and heat reveals a specific physiological, biochemical and molecular response in tomato plants *Plant, Cell and Environment* 37, 1059–1073
- Robertson, E.B., Firestone, M.K. (1992).** Relationship between desiccation and exopolysaccharide production in a soil *Pseudomonas* sp. *Appl. Environ. Microbiol.* 58 : 1284-1291.
- Rodríguez-Díaz, M ; Belén, R.G; Clementina, P.C; Maria Victoria, M ; Jesu's, G. (2008).** A review on the taxonomy and possible screening traits of plant growth promoting rhizobacteria. In: Iqbal, A; John, P; Shamsul, H. *Plant–bacteria interactions. Strategies and techniques to promote plant growth.* WILEY-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA, Weinheim.
- Rodriguez, MN., RD. Villalonga, RAJ. Castillo, AJL. Marques, LR. Gonzalez, SP. Llanes et FM. Peguero (2001).** Influence of application of a biofertilizer based on *Azospirillum* on germination of seed and production of vegetable crops. *Centro Agricola* 28 :38–41
- Rogers, J.R., Bennett, P.C., Choi, W.J., 1998.** Feldspars as a source of nutrients for microorganisms. *Am. Mineral.* 83, 1532-1540.
- Chauhan, J., Tomar, Y., Indrakumar, S., Seema, A., Debarati, A., 2009. Effect of growth hormones on seed germination and seedling growth of black gram and horse gram. *J Am Sci* 5, 79–84.
- Rontein, D., Basset, G., and Hanson, A.D. 2002.** Metabolic engineering of osmoprotectant accumulation in plants. *Metab.Eng.* 4(1) : 49–56.
- Roose E. 1994.** Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). *Bull. FAO*, 420 p.
- Rossum D. V., Muyotcha A., Verserveld V. W., Stouthmer. A. H. and Boogerd F. C. (1994).** Siderophore production by *Bradyrhizobium* spp. Stains nodulating groundnut. *Plant and soil* 163: 177-187.
- Rozema, J. & Flowers, T. (2008).** *Crops for a salinized world. Science* 322, 1478-1480.

- Rush D.W., et Epstein E., 1981.** Breeding and selection for salt-tolerance by incorporation of wild germplasm into a domestic tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* (106), 699-704p.
- Saber, A. (2012).** Phraseological patterns in a large corpus of biomedical articles. In *Corpus-informed research and learning in ESP: Issues and applications* (Boulton et al, 2012), pages 45-82.
- Sabry, S. R. S., L. T. Smith et G. M. Smith. 1995.** Osmoregulation in spring wheat under drought and salinity stress. *J. Gen. & Breed.*, 49 : 55- 60.
- Sadio S., 1989.** Pédogenèse et potentialités forestières des sols sulfatés acides salés des tannes du Sine Saloum, Sénégal. Thèse de doctorat, Université Wageningen, 269p.
- Saeed, S., Yousafzai, S. and Engelen, A. 2014.** On cultural and macroeconomic contingencies of the entrepreneurial orientation-performance relationship. *Entrepreneurship Theory and Practice* 38(2), pp. 255-290.
- Sakamoto, A. et N. Murata. 2002.** The role of glycine betaine in the protection of plants from stress: clues from transgenic plants. *Plant. Cell. Environ.* 25: 163-171
- Saleem M, Arshad M, Hussain S, Bhatti AS. (2007).** Perspective of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) containing ACC deaminase in stress agriculture. *J Ind Microbiol Biotechnol* 34(10) :635–64.
- Sawada, H; Kuykendall, L.D; Young; J.M. (2003).** Changing concepts in the systematics of bacterial nitrogen fixing legume symbionts. *J. Gen. Applied Microbiol.* 49: 155-179.
- Saxena SC, Kaur H, Verma P (2013) -** Osmoprotectants: potential for crop improvement under adverse conditions. In *Plant Acclimation to Environmental Stress*. Pp 197–232, Springer, New York, NY, USA.
- Shankara N., Josep Van Lido de J., Marja G., Martin H., Barbara Van Dama., 2005:** la
- Sharifi, R.S. (2011)** Study of grain yield and some of physiological growth indices in maize (*Zea mays* L.) hybrids under seed biopriming with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). *J Food Agri Environ* 189: 3-4.
- Sharifi, R.S. (2012) Study of nitrogen rates effects and seed biopriming with PGPR on quantitative and qualitative yield of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Tech J Eng Appl Sci* 2: 162-166.
- Schroth MN, Hancock JG (1981)** Selected topics in biological control. *Annu Rev Microbiol* 34, 453-476

Schroth MN, Hancock JG (1982) Disease suppressive soil and root colonizing bacteria. *Science* 216, 1376-1381.

Shi H., Zhu J.K., 2002- Regulation of expression of the vacuolar NaR / HR antiporter gene ATNHX1 by salt stress and ABA. *Plant Molecular Biology*, vol. 50 (3), p.543-550.

Siddikee, M. A., Sundaram, S., Chandrasekaran, M., Kim, K., Selvakumar, G., and Sa, T. 2015. Halotolerant bacteria with ACC deaminase activity alleviate salt stress effect in canola seed germination. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 58 (2), 237-241

Siddiqui, Z.A; Mahmood, I. (1999). *Bioresource. Technology.* 69 :167–179.

Silini a. ;2012. Effets des molécules osmoprotectrices sur la survie et l'activité d'azotobacter et sur la croissance du ble dur en milieu salin. Thèse de doctorat. Microbiologie ; université ferhat abbas sétif.

Silini, A., Cherif-Silini, H. Yahiaoui, B. (2016). Growing varieties durum wheat (*Triticum durum*) in response to the effect of osmolytes and inoculation by *Azotobacter chroococcum* under salt stress. *African J. Microbiol. Res.* 10: 387-399.

Sivritepe N., Sivritepe H.O., Eris A., 2003 - The effects of NaCl priming on salt tolerance in melon seedlings grown under saline conditions. *Scientia Horticulturae.* 97, 229-237.

Skiredj A, Elattir H, ElFadl A, 2005. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Département d'horticulture. Site Internet : www.legume-fruit-maroc.com, 2005. Consulté le 30 Mai 2007.

Snoussi S.A., 2010. Etude de base sur la tomate en Algérie. Rapport de mission. Programme régional de gestion intégrée des ravageurs pour le Proche-Orient. Rome, 52p.

Solano, B.R ; Maicas, J.B ; Gutierrez Manero, F.J. (2008). Physiological and molecular mechanisms of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). In: Ahmad, I; Pichtel, J; Hayat, S. *Plantbacteria interactions, strategies and techniques to promote plant growth.* Wiley, Weinheim.

Soltani A. (1988). Analyse des effets de NaCl et de la source d'azote sur la nutrition minérale de l'orge. Thèse de Doctorat d'État. Tunis : Faculté des Sciences de Tunis, 322 p.

Somers, E. et Vanderleyden, J. (2004). Rhizosphere bacterial signaling: a love parad beneath our feet. *Crit Rev Microbiol* 30 :205-240.

Soufiane, B., 1989. Isolement à partir de la rhizosphère des conifères de bactéries et d'actinomycètes antagonistes aux champignons phytopathogènes [WWW Document]. URL <http://docplayer.fr/15231957-De-bacteries-et-d-actinomycetes-antagonistes-aux-champignons-p-wtopathogenes.html> (accessed 6.14.18).

Stanković, M. S., Petrović, M., Godjevac, D. et Stevanović, Z. D. 2015. Screening inland halophytes from the central Balkan for their antioxidant activity in relation to total phenolic compounds and flavonoids: Are there any prospective medicinal plants? *J. Arid. Environ.* 120 : 26-32.

Stengel, P., Gelin, S., 1998. Sol : interface fragile, Inra. Ed. Schroth MN, Hancock JG ,1981. Selected topics in biological control. *Annu Rev Microbiol* 34, 453-476 Schroth MN, Hancock JG ,1982. Disease suppressive soil and root colonizing bacteria. *Science* 216, 1376-1381

Strom, A.R., Kaasen, I. (1993). Tréhalose metabolism in *Escherichia coli*: stress protection and stress regulation of gene expression. *Mol. Microbial.*

Sturz, A.V; Christie, B.R. (2003). Beneficial microbial allelopathies in the root zone: the management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. *Soil Till. Res.* 72 :107-123.

Sturz, A.V; Nowak, J. (2000). Endophytic communities of rhizobacteria and the strategies required to create yield enhancing associations with crops. *Appl Soil Ecol.* 15: 183-190.

Sudhakar, P; Chattopadhyay, G.N; Gangwar, S.K; Ghosh, J.K. (2000). Effect of foliar application of *Azotobacter*, *Azospirillum* and *Beijerinckia* on leaf yield and quality of mulberry (*Morus alba*). *J Agric Sci.* 134 :227-234.

Sulpice, R., Y. Gibon, A. Bouchereau et F. Larher. 1998. Exogenously supplied glycine betaine in spinach and rapessed leaf discs: compatibility or non-compatibility. *Plant. Cell. Environ.* 21: 1285-1292.

Syed Shameer, T. N. V. K. V Prasad. (2017). Plant growth promoting rhizobacteria for sustainable agricultural practices with special reference to biotic and abiotic stresses.

Taamalli W., L. Abaza, N. Ben Youssef, D. Daoud Ben Miled et M. Zarrouk. 2004. Dégradation des lipides dans les semences de tournesol (*Helianthus annuus L.*) au cours de la croissance post germinative en conditions de stress salin. *La Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse* 2: 90 - 97.

Tahir MA, Aziz T, Farooq M, Sarwar G (2012) - Silicon- induced changes in growth, ionic composition, water relations, chlorophyll contents and membrane permeability in two salt-stressed wheat genotypes. *Archives of Agronomy and Soil Science.* 58(3) : 247–256.

- Talibart, R., Jebbar, M., Gouffi, K., Pichereau, V., Gouesbet, G., Blanco, C., Bernard, T., Pocard, J. A. (1997).** Transient accumulation of glycine betaine and dynamics of endogenous osmolytes in salt-stressed cultures of *Sinorhizobium meliloti*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 63 : 4657-4663.
- Tariq M, Hameed S, Yasmeen T, Zahid M, et al. (2014)** Molecular characterization and identification of plant growth promoting endophytic bacteria isolated from the root nodules of pea (*Pisum sativum* L.) *World J Microbiol Biotechnol* 30: 719-725.
- Tejera, N.A; Ortega, E; González-López J; Lluch, C. (2003).** Effect of some abiotic factors on the biological activity of *Gluconacetobacter diazotrophicus*. *J. Appl. Microbiol.* 95 : 528-535.
- Tortora, Funke et Case. 2003.** L'éco-microbiologie. Chapitre 27. In : Introduction à la Microbiologie. Editions du renouveau pédagogique, Québec Canada. Pp : 822-847.
- Tortora, G.J; Funke, B.R; Case, C.L. (2011).** Introduction à la microbiologie. 2e ed. Pearson. Canada. 945.
- Trinchant J. C., A. Boscari, G. Spennato, G. Van de Sype and D. Le Rudulier. 2004.** Proline Betaine accumulation and metabolism in alfalfa plants under sodium chloride stress. Exploring its compartmentalization in nodules. *Plant physiol.*135: 1583 - 1594.
- Van Loon, L.C. (2007).** Plant responses to plant growth-promoting rhizobacteria. *Eur. J. Plant Pathol.* 119: 243-254.
- Van Loon, LC., PA. Bakker et CM. Pieterse (1998).** Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. *Annu. Rev. Phytopathol.* 36 :453–483
- Vargas, DP, R. Ferrera-Cerrato, JJ. Almaraz-Suarez, AG. Gonzalez (2001).** Inoculation of plant growth-promoting bacteria in lettuce. *Terra* 19 :327–335.
- Vega N. and Walter O. (2007).** A review on beneficial effects of rhizosphere bacteria on soil nutrient availability and plant nutrient uptake. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín.* 60 (1) :3621-3643.
- Verolet J-F., Raffin R., Jagu L. et Berry D. (2001).** Tomate sous grand tunnel froid, Fiche technique, 9p.
- Vessey, J.K (2003).** Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil*, 255: 571–586.
- Wang Y., Nil N. (2000):** Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase–oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 75, 623–627.

- Wani, S. H., Singh, N.B., Haribhushan, A. et Mir, J.I. 2013.** Compatible Solute Engineering in Plants for Abiotic Stress Tolerance - Role of Glycine Betaine. *Curr. Genomics*. 14(3): 157-165.
- Weyens N, Croes S, Dupae J, Newman L, van der Lelie D, Carleer R, Vangronsveld J (2010)** Endophytic bacteria improve phytoremediation of Ni and TCE co-contamination. *Environ Pollut* 158 :2422–2427
- Williams C.N., Uzo J.O., Peregrine W.T.H., 1991.** Vegetable Production in the Tropics. « Intermediate Tropical Agriculture series ». Ed. Longman Scientific & Technical. Malaysia, 179 p
- Wong J'Y et Lin H, 2000:** Effect of soil pH, nitrogen from and VA-mycorrhiza infection on acquisition of soil phosphorus by paprika plant. *Food Science and Agricultural Chemistry*, 2(3): 25-35p.
- Yancey, P., Clark, M.E., Hand, S.C., Bomlus, R. D., Somero, G.N. (1982).** Living with water stress: evolution of osmolyte system. *Science*. 21: 1214-1222.
- Yeo, A. 1998.** Molecular biology of salt tolerance in the context of whole- plant physiology. *J. Exp. Bot.*, 49: 913- 929.
- Zaghouane O., 1991 -** The situation of faba bean (*Vicia faba* L.) in Algeria. *Options Méditerranéennes; Série Séminaires* 10: 123-125.
- Zaidi, SFA. (2003)** Biocontrol of *Fusarium oxysporium* by plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) in soybean. *Ann. Agr. Res.* 24 :676–678.
- Zhang B, Liu K, Zheng Y, Wang Y, Wang J, Liao H. 2013.** Disruption of AtWNK8 Enhances Tolerance of Arabidopsis to Salt and Osmotic Stresses via Modulating Proline Content and Activities of Catalase and Peroxidase. *Int J Mol Sci* 14, 7032-7047.
- Zhu, J.K. 2003.** Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Curr. Opin. Plant Biol.* 6(5): 441–445.
- Zhuang, X.L; Chen, J; Shim, H; Bai, Z. (2007).** New advances in plant growth-promoting rhizobacteria for bioremediation. *Environ Int.* 33 : 406-413.
- Zhuang, X.L; Chen, J ; Shim, H ; Bai, Z. (2007).** New advances in plant growth-promoting rhizobacteria for bioremediation. *Environ Int.* 33 : 406-413.
- Bentaieb A., et Zibouche F., (2017).** Effet comparatif de l'apport exogène de proline et de l'inoculation de *Bradyrhizobium* sp. (*Lotus*) su l'orge (*Hordeum vulgare* L.) en condition de stress salin ». Mémoire de master 2, Université de Blida 1.

