

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DER L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOU MAMMERI DE TIZI OUZOU  
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES  
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



# Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master en sciences agronomiques  
Spécialité : Productions végétales

## Thème

**Etude de l'effet phytostimulateur des souches de *Pseudomonas spp.* Fluorescents sur la croissance de deux variétés de blé dur (*Triticum durum*) et leur effet de biocontrôle vis-à-vis des isolats de *Fusariums oxysporum***

Présenté par :

M<sup>elle</sup> Moudir Sihame

M<sup>elle</sup> Cherif Sylia

Soutenu le : 15/07/2021 devant le jury :

L'encadreur : M<sup>me</sup> Dahoumane-Larbaoui A. M.A.A

La présidente : M<sup>me</sup> Taleb K. M.C.B

L'examinatrice : M<sup>elle</sup> Boutebtoub W. M.C.B

2020/2021

# Annexes

## 1-Milieu Mannitol de mobilité (Gardan et Luisetti, 1981)

- Peptone .....20g
  - Nitrate de Potassium .....1g
  - Mannitol .....2g
  - Rouge de Phénol..... 40g
  - Géllose..... 4g
  - Eau distillé q.s.q .....1000Mml
- Ajuster à un PH= 8,1. Autoclavage à 120°C pendant 20mn

## 2-Bouillon nitraté(BN) (Garden et Luisitti, 1981)

- Peptone .....10g
  - Extrait de viande..... 5g
  - Chlorure de sodium .....5g
- Ajuster à un PH= 7,2. Autoclavage à 120°C pendant 20mn

## 3-Milieu Citrate de Simmons (Garden et Luisetti, 1981)

- Sulfate de magnésium (Mgso4).....0,2g
  - Ammonium dihydrogenophosphate..... 1g
  - Phosphate dipotassique .....1g
  - Citrate de Sodium..... 2g
  - Clorure de Sodium( Nacl) .....5g
  - Bleu de bromothymol..... 0,08g
  - Agar .....20g
  - Eau distillée q.s.q .....1000ml
- Ajuster à un PH= 6,6. Autoclavage à 120°C pendant 20mn

## 4-Milieu Mevag (Marchal et bourdon, 1981)

- Tryptone .....3g
  - Dipotassium phosphate..... 0,3g
  - Potassium chlori .....5g
  - Eau distillée q.s.q .....1000ml
- Ajuster à un PH= 7,8. Autoclavage à 120°C pendant 20mn

## 5-Milieu de Clark et lubs (Marchl et Bourdon, 1982)

- Peptone trypsique ou polypeptone.....5à7g
  - Glucose.....5g
  - Phosphate bipotassique (K2PO4).....5g
  - Zau distillé q.s.q.....1000ml
- Ajuster à un PH= 7,2. Autoclavage à 120°C pendant 20mn

## 6-Milieu Chapman

- Extrait de viande.....1g
- Nacl.....75g
- Peptone.....20g
- Mannitol.....10g
- Gélose.....20g
- Rouge de phenol.....0.25g
- Eau distillée q .s.p.....1000ml

## 7- Milieu TSI (Garden et Luisetti, 1981)

- Peptone .....20g
- Extrait de viande.....3g
- Extrait de levure .....3g
- Chlorure de Sodium.....5g
- Citrate ferrique .....0.3g
- Thiosulfate de Sodium .....0.3g
- Lactose.....10g
- Saccharose.....10g
- Glucose .....1g
- Rouge de Phénol ..... 0.5g
- Agar agar .....2g.
- Ajuster à un pH =7.4

## 8-Milieu Mineral Salt Medium (MS) (Edi, 2006)

- Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> ..... 4.0 g
- KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> ..... 1.5 g
- NH<sub>4</sub>Cl ..... 1.0 g
- MgSO<sub>4</sub> . 7H<sub>2</sub>O ..... 0.2 g
- Eau distillée..... 1000ml
- Ajuster à un PH= 7.

## 9-Milieu Pikovskaya (PVK) (Pikovskaya, 1948)

- Glucose.....10g
- Extrait de viande.....0,5g
- Phosphate Calcium(Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>).....5g
- Sulphate Ammonium (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> .....5g
- Potassium Chloride (KCl)..... 0.200g
- Sulphate Magnesium (MgSO<sub>4</sub>, 7H<sub>2</sub>O)..... 0.100g
- Sulphate Manganese (MnSO<sub>4</sub>)..... 0.0001g

Sulphate Ferrous (FeSO<sub>4</sub>) .....0.0001g

**10-Milieu de King « KB » (King et al., 1954)**

- Peptone.....20g
  - Glycérol.....15g
  - K<sub>2</sub> HPO<sub>4</sub>.....1,5g
  - Mg SO<sub>4</sub>.....1,5g
  - Agar agar.....1,5g
  - Eau distillée q.s.q.....1000ml
- Ajuster à un PH= 7,2. Autoclavage à 120°C pendant 20mn

**11-Potatos Dextrose Agar PDA (Jonsthorpe et booth, 1954)**

- Pomme de terre .....200g
  - Dextrose.....20g
  - Agar agar.....20g
  - Eau distillée q.s.q .....1000ml
- Ajuster à un PH= 6,8. Autoclavage à 120°C pendant 20mn

# Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et reconnaissance à notre promotrice Madame Dahoumane-Larbaoui A pour la confiance et le respect qu'elle nous a offert ; on la remercie de nous avoir encadrés, orientés, et pour sa patience et ses judicieux conseils.

Nos remerciements vont aux membres de jury :

Nos Sincères Remerciements à M<sup>me</sup> Taleb K d'avoir fait l'honneur de présider le Jury.

Nos Sincères Remerciements à M<sup>elle</sup> Boutebtoub W a accepté d'examiner et d'évaluer notre travail .

Nous tenons à remercier le personnel des laboratoires tout particulièrement à l'ingénieur de laboratoire D13 M<sup>me</sup> Haddadi K et D3 M<sup>me</sup> Zohra pour leur aide et encouragements, ainsi le personnel de la bibliothèque.

Nous Remercions Toute Personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

---

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à ceux que personne ne peut compenser les sacrifices qu'ils ont consentis pour notre éducation et notre bien-être, à MA MÈRE et MON PÈRE ma source de vie, d'amour et de joie, et l'origine de notre réussite que dieu leur procure bonne santé et longue vie.*

*A mon-âme sœur KAMILIA , à mes frères AMAR et ZINOÛ ma source de bonheur.*

*A ma chère copine et binôme SIHAME, à toutes nos amies, tout particulièrement à notre chère DIHIA qui nous a accordé son soutien.*

*Un grand merci pour votre amour, confiance, conseils ainsi que votre soutien inconditionnel.*

*SYLIA*

# *Dédicaces*

*À mes parents, mes sœurs et mon frère, qui ont tout fait pour que nous puissions mener à terme nos études ;*

*À la mémoire de ma défunte grand-mère, que Dieu lui pardonne et l'accueille dans son vaste paradis.*

*À celui que j'aime beaucoup et qui m'a soutenu tout au long de ce projet : Mon mari*

*SIHAME*

**PGPR:** Planth Growth Promoting Rhizobacteria

**AIA :** Acide indole acétique

**FOA:** *Fusarium oxysporum albedins*

**FOL:** *Fusarium oxysporum lycopersici*

**Fs :** *Fusarium sp* de blé

**HCN :** Acide cyanhydrique

**KB:** King B **MAN:**Manitol **MEL:** Melibiose

**PDA:** Potato-Dextrose Agare

**TG :** Taux de germination

**TMG :** Taux moyen de la germination

**MS :** Milieu Minéral Salt Medium

**LPS :** Lipopolysaccharides

**RSI :** Résistance systémique induite

**BSP :** Bactéries solubilisant le phosphate

**DAPG :** 2,4-diacetylphloroglucinol

**SAU :** Surface agricole utile

**RM :** Rouge de méthyle

**VP :** VogesProskauer

**TSI :** Milieu triple sugariron

**H<sub>2</sub>S :** Sulfure d'hydrogène

**PVK :** Pikovskaya

**VI :** L'indice de Vigueur

Figure 1 : Modes d'action des rhizobactéries bénéfiques, qui conduisent à des effets de phytostimulation ou de phytoprotection du blé (Vacheron et al., 2013; Levy et al., 2018).	6
Figure 2 : Structure du grain du blé dur	15
Figure 3 : Schéma représente l'épée du blé dur et ses constituants	15
Figure 4: A- Jaunissement de plusieurs folioles situées sur un même côté de la feuille. B - La chlorose unilatérale est typique d'une maladie vasculaire. C - Jaunissement et flétrissement des feuilles basses (Blancard, 2013)	20
Figure 5 : D- Jaunissement de plusieurs pétioles situés sur un des côtés du rachis foliaire.E- Un discret jaunissement longitudinal sur une portion de la tige (Blancard, 2013)	20
Figure 6 : Symptômes internes de la fusariose vasculaire de la tomate causés par <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> (Blancard, 2013).	20
Figure 7 : Epis de blé fusariés présentant des symptômes de nécroses (a) avec parfois un développement mycélien en surface des épillets (b) et des symptômes d'échaudage (c) (SIOU, 2013)	22
Figure 8 : Les grains fusariés selon la précocité de l'attaque.	22
Figure 9 : Premiers symptômes du Bayoud (Abdelkader Hakkou et al, 2012)	24
Figure 10 : Stade final de la maladie (Abdelkader Hakkou et al, 2012)	24
Figure 11: <i>Fusarium</i> sp. de blé Fusariose de la tomate, Fusariose de palmier dattier (Originale, 2021).	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 12: Etapes de la coloration de Gram	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 13: Frottis bactérien fixé et coloré (Originale, 2021).	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 14: La galerie biochimique classique (Originale, 2021).	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 15: Désinfection superficielle des semences des deux variétés (Originale, 2021).	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 16: Bactérisation des semences avec deux souches bactériennes B1 et B2 et témoin (Originale, 2021).	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 17: La mise en germination des semences des deux variétés (Originale, 2021).	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 18: Les plantules des deux variétés au stade 3 feuilles (Originale, 2021).	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 19: Production de pigment fluorescent jaune-vert chez les souches B1 et B2 (Originale, 2021).	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 20: Galerie biochimique des deux souches B1, B2 de <i>Pseudomonas</i> spp Fluorescents (Originale, 2021).	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 21: Technique KOH (3%) appliquée pour les souches B1 et B2 (Originale, 2021).	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 22: Test mannitol mobilité (Originale, 2021).	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 23: Test sur milieu Citrate de Simmons des deux	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 24: Test catalase des deux souches bactériennes B1 et B2 (Originale, 2021).	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 25: Production d'AIA par les deux souches sur milieu MS (Originale, 2021).	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

- Figure 26: Solubilisation du phosphore sur le milieu PVK par la souche B1 (Originale, 2021). **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 27: Solubilisation du phosphore sur le milieu PVK par la souche B2 (Originale, 2021). **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 28: Stimulation de la croissance de la première variété V1 avec les traitements (B1, B2) et le témoin non bactérié (Originale, 2021). **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 29: Stimulation de la croissance de la deuxième variété V2 avec les traitements (B1, B2) et le témoin non bactérié (Originale, 2021). **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 30: Stimulation de la croissance de la première variété au stade trois feuilles avec les traitements (B1, B2) et le témoin non bactérié (Originale, 2021). **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 31: Stimulation de la croissance de la deuxième variété au stade trois feuilles avec les traitements (B1, B2) et le témoin non bactérié (Originale, 2021). **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 32: Stimulation de la croissance de la première variété au stade six feuilles avec les traitements (B1, B2) et le témoin non bactérié (Originale, 2021). **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 33: Stimulation de la croissance de la deuxième variété au stade six feuilles avec les traitements (B1, B2) et le témoin non bactérié (Originale, 2021). **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 34: Taux d'inhibitions de F.O.A sur le milieu PDA. A : la méthode de spots B : la méthode des traits **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 35: Taux d'inhibitions de F.O.L sur le milieu PDA. A : la méthode de spots. B : la méthode des traits. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 36: Taux d'inhibitions de Fusarium sp du blé sur le milieu PDA. A : la méthode de spots. B : la méthode des traits. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 37: Inhibition de Fusarium oxysporum f.sp lycopersici (F.O.L) sur milieu KB par la souches B2 : Témoin (A), méthode des traits (B), méthode des spots (C) (Originale, 2021). **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 38: Inhibition de Fus du blé sur milieu KB: Témoin (A), méthode des spots par la souches B2 (B) (Originale, 2021). **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 39: Inhibition de Fusarium oxysporum f.sp albidinis (F.O.A) sur milieu PDA: méthode des spots par la souches B1 (Originale, 2021). **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 40: Inhibition de Fusarium oxysporum f.sp lycopersici (F.O.L) sur milieu PDA par la souches B1 : Témoin (A), méthode des spots (B) (Originale, 2021). **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 41: Inhibition de Fus du blé sur milieu PDA par la souches B1 : méthode des spots (A), méthode des traits (B) (Originale, 2021). **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 42: Inhibition de Fusarium oxysporum f.sp lycopersici (F.O.L) sur milieu PDA par la souches B2 : Témoin (A), méthode des spots (B), méthode des traits (C) (Originale, 2021). **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 43: Inhibition de Fus du blé sur milieu PDA par la souche B2 : méthode des spots (Originale, 2021). **Erreur ! Signet non défini.**



Tableau 1: Caractères physiologiques et biochimiques des deux souches B1 et B2. **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 2: Les diamètres des zones de clarification (halo) formés par solubilisation du phosphore sur le milieu PVK par les deux souches bactériennes. **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 3: Effet de la bactérisation sur les paramètres de la germination de deux variétés de blé dur (*Triticum durum*) par l'effet de *Pseudomonas* spp. Fluorescents. **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 4: Effet de la bactérisation sur la croissance des plants de deux variétés *Triticum durum* (Deuxième coupe) . **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 5: Effet de la bactérisation sur la croissance des plants de deux variétés *Triticum durum* (Première coupe) **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 6: Le taux d'inhibition (%) des trois isolats fongiques par les souches bactériennes sur milieu KB et PDA. **Erreur ! Signet non défini.**

Introduction .....	1
<b>Partie I :</b> .....	<b>3</b>
<b>Étude bibliographique</b> .....	<b>3</b>
<b>Chapitre I : Importance des Pseudomonas fluorescents</b> .....	<b>4</b>
1- Généralités sur les Pseudomonas fluorescents : .....	4
2- Les effets bénéfiques des Pseudomonas Fluorescents : .....	5
2-1- Effet directes : .....	6
2-1-1- Stimulation de la germination : .....	6
2-1-2- Stimulation de la croissance des plantules : .....	7
2-2- Les effets bénéfiques indirectes des Pseudomonas spp. Fluorescents : .....	8
2-2-1- Modification des équilibres microbiens : .....	8
2-2-2- Compétition : .....	8
2-2- Induction de la résistance systémique : .....	8
3- Mécanismes d'actions : .....	9
3-1- Production de l'acide indole - 3 – acétique : .....	10
3-2- Production de sidérophores .....	11
3-3- Solubilisation du phosphore : .....	12
3-4- Antibiose : .....	12
3-5- production de HCN : .....	13
<b>Chapitre II : Généralités sur le blé dur</b> .....	<b>14</b>
1- Présentation de Triticum durum : .....	14
2- Description de T.durum: .....	14
3- Importance du blé dur .....	16
3-1- Dans le monde .....	16
3-2- En Algérie .....	17
<b>Chapitre III : Les fusarioses vasculaires</b> .....	<b>18</b>
1- Fusariose vasculaire de la tomate : .....	18
2- Fusariose vasculaire du blé : .....	21
3- Fusariose vasculaire du palmier dattier : .....	22
4- La lutte : .....	25
<b>Partie II :</b> .....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
<b>Matériels et méthodes</b> .....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
1- Matériel biologique : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1-1- Souches bactériennes : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1-2- Matériel végétal : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1-3- Isolats fongiques : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2- Caractérisation morphologique des souches bactériennes : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2-1- Caractérisation macroscopique : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2-2- Caractérisation microscopique .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2-3- Caractérisation biochimique des souches bactériennes : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3- Production de l'acide indole acétique (AIA) : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

4-Solubilisation du phosphore par les souches bactériennes :	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
5- Essai de la biostimulation de la croissance végétale : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
5-1- Stimulation de la germination : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
5-1-2-Désinfection superficielle des semences : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
5-1-3- Bactérisation des graines : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
5-1-4- Mise en germination : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
6-Paramètres étudiés : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
6-1- Taux de germination :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
6-2- Temps moyen de germination (TMG) :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
6-3- Hauteur de la plumule : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
6-4-Longueur de la radicule :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
6-5-Indice vigor :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
7- Stimulation de la croissance des plantules de T.durum :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
7-1-Transplantation : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
7-2- Dispositif expérimentale :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
7-3- Paramètres étudiés : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
8-Analyse statistiques : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
9- L'activité antagoniste : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Partie III</b> .....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
<b>Résultats et discussion</b> .....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
1-Caractérisation des souches bactériennes :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1-1-Caractères morphologiques : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1-2-Caractérisation physiologique et biochimique des souchesbactériennes : ...	<b>Erreur !</b>
<b>Signet non défini.</b>	
1-3- Production de l'acide indole acétique (AIA) :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1-4-Solubilisation du phosphore par les souches bactériennes : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2- Résultats de la biostimulation de la croissance végétale .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2-1- Stimulation de la germination : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2-2- Stimulation de la croissance des plants de Triticum durum : ...	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>défini.</b>	
3- Antagonisme microbien in-vitro :.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Conclusion générale</b> .....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>26</b>

## **Introduction**

La pandémie de covid-19 a révélé la fragilité du système alimentaire mondiale et la nécessité de rendre les systèmes plus équitables, plus durables et plus résilients afin qu'ils fournissent de manière ininterrompue une alimentation nutritive à 8,5 milliards d'êtres humains d'ici à 2030. Une transformation radicale de nos systèmes agro-alimentaire est requise pour concrétiser les objectifs de développement durable (FAO, 2021).

Partout dans le monde, les systèmes agroalimentaires sont soumis à une pression considérable en raison de l'appauvrissement de la biodiversité et du changement climatique. D'autres facteurs de stress, tels que la salinité, la sécheresse, les ravageurs et maladies transfrontières, les catastrophes naturelles, l'appauvrissement de la biodiversité et la destruction des habitats ou encore les conflits, ont déjà une incidence sur nos systèmes agroalimentaires et sur le changement climatique. De toute évidence, l'un des plus grands défis du XXI<sup>e</sup> siècle sera de répondre à l'accroissement des besoins alimentaires de la population mondiale, tout en atténuant les répercussions de l'agriculture sur l'environnement (FAO, 2021).

Certaines maladies parasitaires notamment les fusarioses vasculaires restent mal maîtrisées et continuent à causer des dégâts et des pertes économiques considérables.

Les champignons du genre *Fusarium* sont associés à de nombreuses phytopathologies et dont la présence augmente l'incidence de la maladie sur les productions agricoles. Ils sont aussi responsables de la production de mycotoxines pouvant contaminer l'alimentation humaine et animale (Heit, 2015). Également ce genre de champignon est capable de produire des spores « Chlamydospores » qui peuvent subsister jusqu'à quatre ans dans la partie plus profonde du sol et résister longtemps à la sécheresse et l'asphyxie (Caron, 1993).

Le système de production agricole dominant apparaît verrouillé autour d'un paradigme technologique reposant sur un usage intensif des intrants chimiques (fertilisants, herbicides, pesticides, etc.) associé à une faible diversité des espèces végétales cultivées (Benoît-Magrini, 2017).

L'intensification écologique vise à accroître la productivité de l'agriculture en renforçant la biodiversité et les services écosystémiques associés, tout en minimisant l'utilisation d'intrants synthétiques et l'expansion des terres cultivées (Griffon, 2013 ; Montesinos, 2019).

Une grande part des recherches réalisées sur les rhizobactéries souligne l'importance et le potentiel du groupe des *Pseudomonas* spp. fluorescents (Cipriano et al., 2018). En effet, au cours des deux dernières décennies, des études ont signalé des augmentations significatives dans la croissance et le rendement des cultures en réponse à l'inoculation avec quelques souches de *Pseudomonas* spp. fluorescents (Taguet et al., 2015 ; Turatto et al., 2018) qui sont

des biofertilisants également appelés « biostimulants » ou « phytostimulants » (Faessel et al., 2015).

Dans l'ensemble, les bactéries ayant un impact positif sur la plante, par le biais d'un effet protecteur ou via une stimulation de sa croissance, ont communément été regroupées sous le terme de rhéobactéries promotrices de la croissance des plantes, ou PGPR (Plant Growth Promoting Rhizo bacteria) dont appartient les *Pseudomonas spp. Fluorescent* (Mercado-Blanco et al, 2007).

Les différentes approches en génétique, biologique et biochimique ont permis de mieux comprendre les interactions entre plantes et microorganismes dans le contexte de l'immunisation de l'hôte végétal. Ces interactions peuvent avoir lieu entre de phytopathogènes ou des PGPR est respectivement aboutir à l'établissement de la résistance systémique induite. Ce phénomène d'RSI par les *Pseudomonas spp* est considéré comme stratégie prometteuse dans la lutte biologique contre les maladies des cultures (Jourdan et al, 2008).

Les *Pseudomonas spp. Fluorescents* qui favorisent la croissance des plantes, stimulent directement la croissance de celles-ci en augmentant le prélèvement des éléments nutritifs du sol, en induisant et produisant des régulateurs de croissance végétale et en activant les mécanismes de résistance induite chez les végétaux. Les *Pseudomonas spp* stimulent indirectement la croissance des végétaux par leur effet antagoniste sur la microflore qui leur est néfaste, en transformant les métabolites toxiques et en stimulant la nodulation des légumineuses par les rhizobia. Leurs effets antagonistes impliquent la production d'antibiotiques et la compétition nutritionnelle avec les pathogènes végétaux (Beauchamp, 1993).

Notre étude consiste à mettre en évidence les potentialités de certaines souches bactériennes de *Pseudomonas spp. Fluorescents* dans la production de l'acide-indole-acétique et la solubilisation du phosphate tricalcique. Un essai d'évaluation des potentialités de biostimulation de la croissance végétale au stade germination et stade plantule a été effectué par la bactérisation des grains de deux variétés locales de blé dur (*T.durum*) . Un essai d'antagonisme microbien a été réalisé pour mettre en évidence l'activité inhibitrice des souches bactériennes vis-à-vis de trois isolats fongiques du genre *Fusarium*.

# **Partie I:**

# **Étude bibliographique**

## **Chapitre I : Importance des *Pseudomonas fluorescents***

La rhizosphère, représentant la fine couche de sol entourant les racines des plantes et le sol occupé par les racines, supporte de grands groupes actifs de bactéries appelées rhizobactéries favorisant la croissance des plantes (PGPR). Un groupe de bactéries végétales bénéfiques, comme potentiellement utiles pour stimuler la croissance des plantes et augmenter les rendements des cultures, a évolué au cours des dernières années pour que les chercheurs puissent aujourd'hui les utiliser à plusieurs reprises avec succès dans des expériences sur le terrain (Sivasakthi et al, 2014).

Les rhizobactéries phytoprotectrices réduisent l'impact des maladies via différents mécanismes d'action contre les agents pathogènes (Marchi, 2013).

Les plantes peuvent naturellement interagir avec les rhizobactéries bénéfiques pour médier les réponses de défense contre les infections foliaires pathogènes. Cependant, les mécanismes d'amélioration de la défense médiée par les rhizobactéries restent rarement clairs (Zhu, 2021).

Parmi ces rhizobactéries, Les *Pseudomonas* spp. Fluorescents qui présentent un intérêt scientifique majeur, ils se caractérisent par une diversité génétique et phénotypique en relation avec leur impact positif sur le fonctionnement de la rhizosphère, en exerçant des actions directes et/ou indirectes sur le développement de la plante; de plus ils représentent un modèle d'étude pour la compréhension des interactions avec les microorganismes. Ces rhizobactéries peuvent devenir un complément ou même une réelle alternative pour les techniques de lutte et de fertilisation chimiques (Benchabane et al, 2013).

### **1- Généralités sur les *Pseudomonas* spp. Fluorescents :**

Le genre *Pseudomonas* a été décrit pour la première fois par Migula en 1894. Actuellement les bactéries du genre *Pseudomonas* correspondent à des bacilles à Gram négatif, aérobies stricts, généralement mobiles grâce à des flagelles en position polaire (monotriche ou multitriche), chimiotrophes, à métabolisme oxydatif, catalase positive et oxydase positive à l'exception des espèces phytopathogènes du «complexe *P. syringae*». Les souches se cultivent facilement sur les milieux de culture usuels, type gélose nutritive et se développent entre -1°C (Yumoto et al, 2001) et +55°C (Mania et Moore, 2002).

Selon Palleroni, les *Pseudomonas* «*sensu stricto*» ou les «*Pseudomonas* vrais» correspondent au groupe I. Actuellement, il est subdivisé en 5 groupes d'homologies d'ARN ribosomal (ARNr) (Meghdas et al, 2004). Ainsi les *Pseudomonas* spp Fluorescents appartiennent à la classe des *Gamma proteobacteria*, famille des *Pseudomonaceae*, ordre des *Pseudomonales* (Moor et al. 2006). Deux espèces de groupe fluorescents des *Pseudomonas* à

savoir ; *P. fluorescens* et *P. putida*, sont prédominants et peuvent constituer plus de 60 % de la flore bactérienne (Digat et Gardan, 1987).

D'un point de vue taxonomique les *Pseudomonas* «fluorescents» sont très complexes (Stanier et al, 1966). Le genre comprend les espèces *P. aeruginosa* , *P. aureofaciens* , *P. chlororaphis* , *P. fluorescens* , *P. putida* , et plus récemment *P. protegens* ainsi que des espèces phytopathogènes telles que *P. cichorii* et *P. syringae* (María Lis Yanes, 2016). Ces espèces bactériennes sont principalement des microorganismes saprophytes d'origine essentiellement telluriques et aquatiques (Alquati et al, 2002).

Les espèces «fluorescentes» se caractérisent par la production de pyoverdines, qui sont des pigments fluorescents jaune-verts avec une longueur d'onde d'excitation maximale de 370nm. Ces pigments sont synthétisés en grande quantité dans des conditions de cultures carencées en fer (Meyer, 1977).

Les *Pseudomonas fluorescents* agissent comme PGPR et produisent un niveau multiple de substances favorisant la croissance des plantes comme l'acide indole -3-acétique (AIA) (Ricci et al, 2019), l'aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) désaminase (Win et al, 2018) et ils sont capables de solubiliser les phosphates insolubles (Naik et al, 2008).

Les *Pseudomonas fluorescents* sont connues depuis longtemps pour leur aptitude à réduire l'incidence des maladies racinaires dans certains champs, ainsi qu'à inhiber la croissance d'un grand nombre d'agents phytopathogènes in vitro (Allaire, 2005).

Divers agents pathogènes sont contrôlés par les souches de *Pseudomonas spp fluorescents* associés aux racines des plantes par la sécrétion de substances favorisant la croissance des plantes, de composés antimicrobiens et de protéines apparentées aux pathogènes ( Ashajyothi et, Agaras et al., 2020 ) tels que les substances volatiles, l'antibiose et les enzymes hydrolytiques telles que la production de chitinase et de protéase ( Shanmugaiyah et al., 2008 , Köhl et al., 2019).

*P. fluorescens* Pf-5 possède un ensemble étendu de gènes de transport. Il est capable de transporter divers sucres, vraisemblablement dérivés de la dégradation des glucides végétaux (Paulsen et al ; 2005).

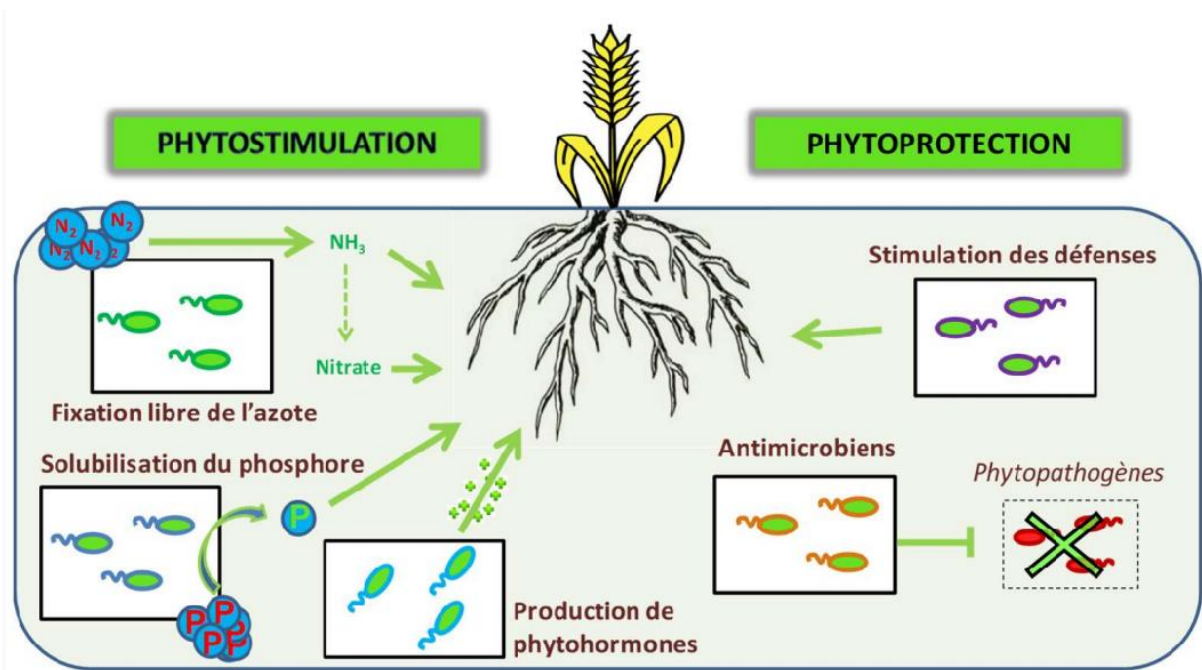
## **2- Les effets bénéfiques des *Pseudomonas Fluorescents* :**

La finalité de la bactérisation est d'augmenter le rendement des cultures. Seules certaines souches semblent présenter cette capacité (Weller, 1988). Elles ont été appelées «PlantGrowth Promoting Rhizobacteria» (PGPR) par Kloepper et Schroth (1978). L'augmentation de rendement d'une culture bactérisée résulte de deux effets bénéfiques principaux : la stimulation de croissance des plantes et la protection des plantes contre les maladies d'origine tellurique. Ainsi certaines souches de *Pseudomonas* stimulent la germination des graines. D'autres influencent positivement les interactions entre les

microorganismes symbiotiques (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*; champignons mycorhiziens) et la plante hôte (Lemanceau,1992).

Les rhizobactéries mobiles peuvent coloniser la rhizosphère plus abondamment que les organismes non mobiles, ce qui se traduit par une meilleure activité de la rhizosphère et une meilleure transformation des nutriments, améliorant ainsi la croissance des plantes.

Les PGPRs jouent un rôle dans la dégradation de l'humus et la formation de polymères extracellulaires qui contribuent à la formation des agrégats procurant au sol, stabilité et productivité (Tate, 2000 ; Jong-Soo *et al*, 2003).



**Figure 1** : Modes d'action des rhizobactéries bénéfiques, qui conduisent à des effets de phyto-stimulation ou de phyto-protection du blé (Vacheron *et al.*, 2013; Levy *et al.*, 2018).

## 2-1- Effet directes :

### 2-1-1- Stimulation de la germination :

Une des composantes du rendement agronomique des grandes cultures est la densité du peuplement végétal. Or, cette densité est liée à la faculté et à l'énergie germinative des semences. Parmi les effets bénéfiques des PGPR sur les plantes figurent la stimulation de la germination des graines et du développement végétal ainsi que l'amélioration de l'obtention des éléments minéraux et l'utilisation de l'eau. Ces effets se traduisent généralement par une phyto-stimulation (Jacoudet *et al*, 1999 ; Dobbelaere *et al*, 2002 ; Khalid *et al*, 2004). Certaines souches bactériennes de *Pseudomonas spp* fluorescents, semblent améliorer la germination des graines lorsque les conditions d'environnement sont défavorables (Lemanceau, 1992).

Les *Pseudomonas spp.* Fluorescents ont l'aptitude d'améliorer la germination des semences et la levée des plantules (Hofteet *al.*, 1991). En effet, ces bactéries colonisent efficacement la spermosphère et assurent une bioprotection des semences vis-à-vis des rhizobactéries délétères (DRB) (Alström, 1991) avant et pendant leur germination (Digat, 1994),

Ainsi Kloepper et al (1986) ont montré que le taux de germination de graines de colza, semées dans un sol froid et battant, pouvait être significativement augmenté grâce à l'inoculation par certaines souches bactériennes.

Récemment, Digat et *al* (1990) ont montré que certaines souches de *Pseudomonas* peuvent stimuler significativement la germination de graines de tomate même lorsque les conditions d'environnement ne semblent pas défavorables.

De même Hôte et *al* (1991) ont enregistré une augmentation significative du taux de germination de semences de maïs soumises au froid après inoculation de 2 souches de *Pseudomonas fluorescents*. L'une d'entre elles a permis de maintenir le pourcentage de germination d'un lot de semences âgé de 2 ans au même niveau que celui uniquement âgé de 1 an.

Des souches de *Pseudomonas* stimulent la germination de la semence du maïs cultivé dans des sols stérilisés ou non stérilisés sous serre et en plein champ (Kirdi, 2011).

### **2-1-2-Stimulation de la croissance des plantules :**

De nombreux travaux font état de la stimulation de la croissance des plantes de diverses origines botaniques et de l'amélioration de leur rendement, après leur bactérisation par des rhizobactéries bénéfiques (Yuen et Schroth, 1986 ; Digat et *al*, 1990). Les effets de la stimulation peuvent intervenir directement dans les différents stades de la croissance du végétal, se traduisant par des gains au niveau de la germination et de la levée, du fonctionnement et de la croissance du système racinaire et du bilan global en nutrition hydrominérale de la plante (Lemanceau, 1992 ; Digat, 1994).

Il a été montré que la stimulation de la croissance des plantes bactérisées est due à la synthèse microbienne de substances de croissance, telles que les auxines, les gibbérellines, les cytokinines et l'éthylène (Frankenberger et Arshad, 1991), l'acide succinique et certaines vitamines (Rodelas et *al*, 1993).

La synthèse de métabolites secondaires responsables de la stimulation de croissance et de la protection des plantes contre diverses maladies dépendent du métabolisme nutritionnel (Stephens et *al*, 1993 ; Voisard et *al*, 1994).

Cette stimulation touche la plante entière ou parfois les racines uniquement en produisant de nouvelles racines qui représentent un accès très facile des nutriments à la plante, et par conséquence l'amélioration de sa nutrition (Yang et Crowley, 2000).

## **2-2- Les effets bénéfiques indirectes des *Pseudomonas spp.* Fluorescents :**

### **2-2-1-Modification des équilibres microbiens :**

La protection contre les microorganismes pathogènes par des *Pseudomonas fluorescents* antagonistes permet de soustraire la plante à leur activité néfaste. Selon l'efficacité de la protection biologique, la croissance des plantes bactérisées peut atteindre celle des plantes cultivées en absence de microorganismes pathogènes (Lemanceau ,1992).

Ainsi, il apparaît que la réduction de la gravité de la maladie s'accompagne d'une augmentation de rendement de la culture bactérisée (Weller et Cook, 1986 ; Lemanceau et Alabouvette, 1991).

Il apparaît clairement qu'un des mécanismes responsables des effets bénéfiques de certaines souches de *Pseudomonas spp fluorescents* repose sur l'activité antagoniste qu'ils exercent à l'encontre de microorganismes pathogènes inducteurs de maladies et de réductions de croissance. Parmi les modes d'action antagonistes de ces *Pseudomonas fluorescents*, la compétition et l'antibiose ont été particulièrement étudiées (Lemanceau ,1992).

### **2-2-2-Compétition :**

Les interactions microbiennes sont conditionnées par la nature et l'intensité de la compétition entre microorganismes (Alabouvette, 1983). Cette compétition peut s'instaurer pour l'espace et pour les nutriments.

Les *Pseudomonas Fluorescents* antagonistes participent à ces 2 types de compétition. Même si le rôle de la compétition pour l'espace ne peut être complètement exclu, l'essentiel des travaux relatifs à la compétition, instaurée par les *Pseudomonas fluorescents*, porte sur la compétition trophique et, en particulier, sur la compétition pour le fer (Lemanceau ,1992).

## **2-2- Induction de la résistance systémique :**

Les PGPR sont indigènes au sol et à la rhizosphère végétale et jouent un rôle majeur dans la lutte biologique contre les agents pathogènes des plantes. Ils peuvent supprimer un large spectre de maladies bactériennes, fongiques et nématodes. Le PGPR peut également fournir une protection contre les maladies virales (Sivasakthi et *al*, 2014).

Les plantes peuvent acquérir des mécanismes de défense contre les organismes pathogènes par le phénomène de résistance systémique induite (RSI). Généralement, les plantes reconnaissent les agents pathogènes par des mécanismes de réponses induits, qui

permettent de déclencher immédiatement leurs mécanismes de résistance après le premier contact avec des molécules étrangères et sont renforcés par l'interaction prolongée avec les agents pathogènes (Göhre et Robatzek, 2008). Certaines PGPR peuvent stimuler ces mécanismes et amènent la plante toute en tière à un état de résistance appelée la résistance systémique induite, RSI (Induced Systemic Resistance, ISR) (Pieterse et *al*, 1996 ; Van Loon et *al*, 1998). Par opposition, la résistance systémique acquise, RSA (Systemic Acquired Resistance, SAR) est induite par les pathogènes (Ryals et *al*, 1997).

En effet, de nombreux composants bactériens (lipopolysaccharides (LPS), flagelles, acide salicylique, sidérophores, lipopeptides cycliques, acétoïne et 2,3-butanedio) activent les défenses de la plante contre différentes maladies. Lors d'une invasion pathogénique, cette « immunité » s'initie suite à la perception de la plante de molécules dites « éliciteurs » produites par les microorganismes bénéfiques (Jourdan et *al*, 2008).

Le phénomène (RSI) fait appel à la reconnaissance d'éliciteurs chez l'hôte par l'agent inducteur, ce qui va activer l'expression des mécanismes de défense sensu stricto et limiter la pénétration de pathogènes dans les tissus de la plante. Cette étape nécessite des changements structurels comme la formation de nouveaux obstacles, l'activité accrue des enzymes lytiques, la production des métabolites secondaires et des enzymes extracellulaires (Chen et *al*, 2009).

Defago et *al*, (1990) suggèrent que la production de HCN par la souche CHAO provoquerait sur la plante un stress auquel elle réagirait par une augmentation de son système racinaire et de sa résistance naturelle. De même pour la souche bactérienne CHAO qui a provoqué une augmentation du chevelu racinaire et la résistance naturelle au *Thielaviopsis basicola* des plantes de tabac bactérisées (Voisard et *al*, 1989).

### **3-Mécanismes d'actions :**

Les bactéries PGPR, qui colonisent les racines, sont connues pour influencer la croissance des plantes par divers mécanismes directs ou indirects. Plusieurs changements chimiques dans le sol sont associés au PGPR. On rapporte que les bactéries favorisant la croissance des plantes (PGPB) influencent la croissance, le rendement et l'absorption des nutriments par un éventail de mécanismes. Certaines souches bactériennes régulent directement la physiologie des plantes en imitant la synthèse des hormones végétales, tandis que d'autres augmentent la disponibilité des minéraux et de l'azote dans le sol afin d'augmenter la croissance (Sivasakthi et *al*, 2014).

### 3-1-Production de l'acide indole - 3 - acétique :

Les hormones végétales ou phytohormones telles que : les auxines, gibbérellines et cytokinines régissent la croissance des plantes par le contrôle spatial et temporel de la division, de la croissance et de la différenciation des cellules. Les phytohormones jouent également un rôle essentiel dans les réponses aux stress biotiques et abiotiques (Peleg et Blumwald ; 2011).

Les micro-organismes qui produisent des composés de type phytohormone contribuent au pool d'hormones produites par la plante hôte, intervenant dans la physiologie et favorisant la survie de la plante (Dodd et *al.*2010 ; Morel et Castro-Sowinski ; 2013).

L'acide indole-3-acétique (AIA) fait partie du groupe des phytohormones, généralement considéré comme l'Auxine natif le plus important (Ashrafuzzaman et *al.*, 2009). Il existe au moins cinq voies de biosynthèse pour la synthèse de l'AIA, qui utilisent principalement le tryptophane (Trp) comme précurseur (Duca et *al.*2014). Les plantes qui produisent des exsudats racinaires riches en tryptophane sont plus susceptibles d'être affectées par les bactéries productrices d'AIA que celles qui n'excrètent pas ce précurseur d'acide aminé (Kamilova et *al.*2006).

Il fonctionne comme une molécule signal importante dans la régulation du développement des plantes, y compris l'organogenèse, les réponses tropiques, les réponses cellulaires telles que l'expansion, la division et la différenciation cellulaires et la régulation des gènes.

Les interactions entre les bactéries productrices d'AIA et les plantes conduisent à des résultats divers du côté des plantes, allant de la pathogénèse à la phytostimulation (Sivasakthi et *al.*, 2014).

D'après (Ahemad et Kibret, 2014), l'AIA :

- affecte la division cellulaire, l'extension et la différenciation,
- stimule la germination des graines des semences et des tubercules
- augmente le taux de xylème et le développement des racines
- contrôle des processus de croissance végétative
- stimule la formation des racines latérale et adventives, ce qui augmente considérablement la surface d'absorption des racines (Duca et *al.*2014).
- intervient dans les tropismes en réponse à la gravité (gravitropisme) ou à la lumière (phototropisme).

### 3-2- Production de sidérophores

Le fer est un élément de croissance essentiel pour tous les organismes vivants. La rareté du fer biodisponible dans les habitats du sol et à la surface des plantes favorise une concurrence féroce (Whipps, 2001).

Dans le sol et à la valeur du pH 7, il règne sous forme d'hydroxyde ferrique ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ). La concentration de  $\text{Fe}^{3+}$  libre est au mieux  $10^{-17}$  mol/L tandis que les microorganismes ont besoin de  $10^{-6}$  mol/L (Chen et al, 2019).

Les microorganismes ont donc développé des systèmes d'acquisition de fer spécifiques et performants pour assurer leur survie par la sécrétion de sidérophores (Renshaw et al, 2002 ; Fresenborg et al ;2020).

Les sidérophores, (en grec : «transporteur de fer») (Miller et Marvin, 2009) sont des molécules de faible poids moléculaires (<10 kD), produites par les bactéries et les champignons, avec une forte affinité pour chélater le fer ferrique. Ils sont synthétisés et sécrétés par beaucoup de micro-organismes en réponse aux carences de fer (Renshaw et al, 2002).

Néanmoins, dans l'environnement, cette production est fortement influencée par une grande variété de facteurs tels que la concentration du fer, la nature et la concentration en source de carbone et d'azote, les teneurs en phosphate, ainsi que la présence d'éléments traces comme le magnésium, le zinc (O'Sullivan et Ogara, 1992).

L'optimum de pH pour la production de sidérophore s'est avéré égal à 7,0 dans lequel les bactéries se sont développées mieux et le fer se présente en forme insoluble et n'étaient pas donc disponibles aux bactéries (Bholay et al, 2012).

PGPR produit des sidérophores extracellulaires qui complexent efficacement le fer environnemental, le rendant moins disponible pour certaines microflore natives.

Les sidérophores sont également importants pour certaines bactéries pathogènes pour leur acquisition de fer.

L'inoculation des semences par des bactéries PGPR productrices de sidérophores améliore la croissance végétale et augmente le taux de chlorophylle (Sharma et al, 2003).

Les *Pseudomonas* Fluorescents produisent de la pyoverdine, pyochéline et l'acide salicylique dont le rôle est important dans la suppression des maladies des plantes par induction de la résistance (Maurhofer et al, 1998).

### 3-3-Solubilisation du phosphore :

Le phosphore est l'un des principaux nutriments après l'azote dans les besoins des plantes. La majeure partie du phosphore dans le sol est présente sous forme de phosphates insolubles et ne peut pas être utilisée par les plantes (Pradhan et Sukla, 2006).

La capacité des bactéries à solubiliser les phosphates minéraux a été intéressante pour les microbiologistes agricoles car elle peut améliorer la disponibilité du phosphore pour la croissance des plantes (Sivasakthi et al, 2014).

L'amélioration de l'alimentation minérale de la plante en phosphore a été la première hypothèse proposée pour expliquer l'effet bénéfique enregistré à la suite de la bactérisation de plantes (Gerretsen, 1948). Les bactéries solubilisant le phosphate (BSP) peuvent augmenter la teneur en phosphore des tissus végétaux (Awasthi et al.2011).

Les espèces, *Bacillus megaterium* var *phosphaticum* et *Pseudomonas* spp. fluorescents, augmenteraient la concentration en phosphore soluble soit par minéralisation des phosphates organiques, grâce à des phosphatases, soit par solubilisation des phosphates inorganiques, sous l'effet d'acides (Krasilnikov, 1961).

### 3-4-Antibiose :

L'antibiose consiste en une inhibition directe de la croissance du pathogène via la production de métabolites aux propriétés antifongiques et/ou antibiotiques. Les souches de *Pseudomonas* produisent une variété de métabolites antifongiques puissants impliqués dans le biocontrôle, par exemple l'acide cyanhydrique (HCN), la viscosamide, la pyolutéorine, le 2,4-diacetylphloroglucinol (DAPG), la pyrrolnitrine, les phénazines, les butyrolactones, les tensines et les tropolones (Defago, 1993 ; Haas et Defago 2005). Les phénazines qui représentent une vaste famille de molécules hétérocycliques azotées fortement pigmentées et capables d'une action antibiotique à large spectre.

Certaines souches bactériennes peuvent produire jusqu'à 10 dérivés phénaziniques différents en même temps (Mavrodi et al, 1998 ; Delaney et al, 2001 ; ChinA-Woeng et al, 2003).

Plusieurs espèces de *Pseudomonas* ont la capacité de produire des phénazines. Ces métabolites ont différentes fonctions biologiques et participent notamment à la virulence de la bactérie (Mazzola et al, 1992 ; Mahajan-Miklos et al, 1999 ; Wang et al., 2010).

La perte de l'aptitude à produire des phénazines se traduit par une réduction marquée de l'aptitude à coloniser la rhizosphère du blé et à survivre dans le sol en compétition avec la communauté microbienne. Cette capacité de colonisation et de survie est restaurée et égale à

celle des souches parentales, par la complémentation génétique des mutants (Mazzola et al, 1992)

L'implication des phénazines dans la compétition écologique se traduit également par une action directe sur le biocontrôle des pathogènes racinaires fongiques (Cook et al, 1995; Chin-A-Woeng et al., 2003).

### **3-5-production de HCN :**

Les agents de biocontrôle sont un groupe de micro-organismes qui présentent un potentiel pour limiter les maladies des plantes soit en induisant des réponses de défense des plantes et/ou en inhibant directement l'agent pathogène en produisant des agents antimicrobiens (Haas, et al, 2005).

Parmi les agents antimicrobiens, le cyanure d'hydrogène (HCN) a été rapporté par de nombreuses études comme un trait clé de la lutte biologique et s'est avéré être produit par plusieurs espèces de *Pseudomonas* (Ahl et al, 1986).

La glycine est un acide aminé considéré comme le meilleur précurseur de la production des cyanides chez les microorganismes (Askeland et Morrison, 1983). Le HCN produit par le PGPR assure un rôle bénéfique pour la plante par son effet antagoniste contre les maladies des racines (Defago et Hass, 1990).

Le Cyanure produit par la souche CHAO *P. fluorescens* un rôle écologique dans la mesure où ce métabolite représente une partie de la capacité de biocontrôle de la souche CHAO, qui supprime les maladies fongiques sur les racines des plantes, il contribue également à l'acquisition de certains ions métalliques en formant des complexes avec ceux-ci (Blumer et Haas, 2000).

Les travaux de Voisard et al (1989) ont démontré l'efficacité des cyanides produits par des souches de *Pseudomonas Fluorescens* dans la suppression des agents telluriques phytopathogènes.

## Chapitre II : Généralités sur le blé dur

### 1- Présentation de *Triticum durum*:

Le blé dur (*Triticum turgidum* var. *durum* Desf.) est une espèce tétraploïde ( $2n = 4x = 28$ , AABB) qui est originaire et domestiquée dans le Croissant Fertile (Moragues et al, 2007; Kabbaj et al, 2017). Des restes de blé, diploïde et tétraploïdes, remontant au VII<sup>ème</sup> millénaire avant J.C ont été découverts sur des sites archéologiques au Proche Orient (Harlan,1975). Ces données archéologiques fournissent des preuves tangibles de la synchronie entre les débuts de la culture des blés et l'organisation de sociétés sédentaires, marquant ainsi la fin de la période nomade au cours de laquelle chasse et cueillette constituent les principaux moyens de subsistance (Diamond, 2002).

Le blé dur appartient au groupe des Spermaphytes et au groupe des Angiospermes, à la classe des Monocotylédones (Grignac, 1965 ; Prats, 1966).

D'après la classification proposée par Dhalgren et Clifford (1985), cité par Zerari (1992), le blé appartient à : Super-ordre : des Commeliniflorales, Ordre : des Poales, Famille : Poaceae, Genre : *Triticum* ;Espèce : *Triticum durum*. D'après Prats (1966), on distingue trois sous espèces : *Mediterraneum*, *Syriacum* et *Europeum*.

### 2- Description de *T.durum*:

#### ▪ La morphologie

Le blé dur possède une tige cylindrique, dressée, habituellement creuse et subdivisée en Antre-noeuds, certaines variétés possèdent toutefois des tiges pleines (Clarke et al, 2002). Le chaume (talles) se forme à partir de bourgeons axillaires aux nœuds à la base de la tige principale. Le nombre de brins dépend de la variété, des conditions de croissance et de la densité de plantation. Dans des conditions normales, une plante peut produire en tout trois brins en plus de la tige principale, mais tous ne donnent pas nécessairement des épis (Bozzini, 1988).

Les feuilles de blé se composent d'une base (limbe) entourant la tige, d'une partie terminale qui s'aligne avec les nervures parallèles et d'une extrémité pointue. Au point d'attache de la gaine de la feuille se trouve une membrane mince et transparente (ligule) comportant deux petits appendices latéraux (oreillettes). La tige principale et chaque brin portent une inflorescence en épi terminal (Bozzini, 1988).

L'épi est muni d'un rachis portant des épillets séparés par de courts entre-noeuds. Chaque épillet compte deux glumes (bractées) renfermant de deux à cinq fleurs distiques sur une rachéole. Chaque fleur parfaite est enfermée dans des structures semblables à des bractées, soit la glumelle inférieure (lemma ou lemme) et la glumelle supérieure (paléa). Chacune compte trois étamines à anthères biloculaires, ainsi qu'un pistil à deux styles à stigmates plumeux. À maturité, le grain de pollen fusiforme contient habituellement trois noyaux. Chaque fleur peut produire un fruit à une seule graine, soit le caryopse. Chaque graine contient un large endosperme et un embryon aplati situé à l'apex de la graine et à proximité de la base de la fleur (Bozzini, 1988).

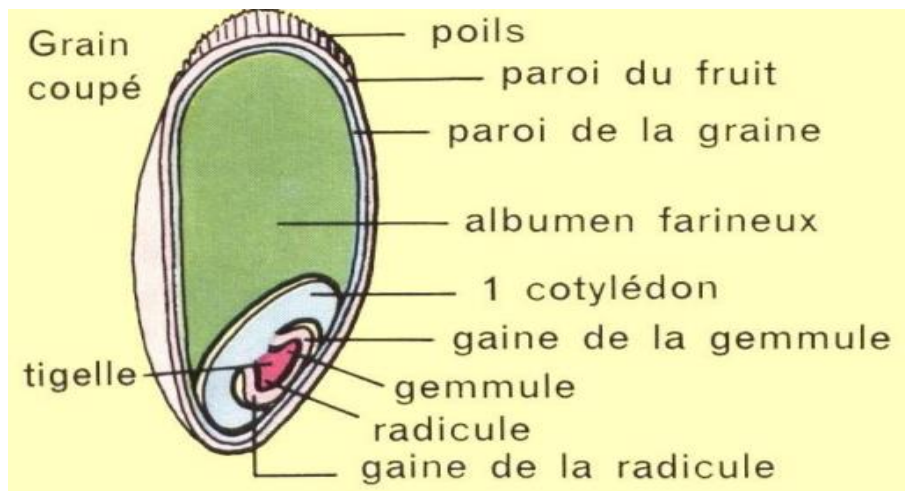


Figure 2 : Structure du grain du blé dur

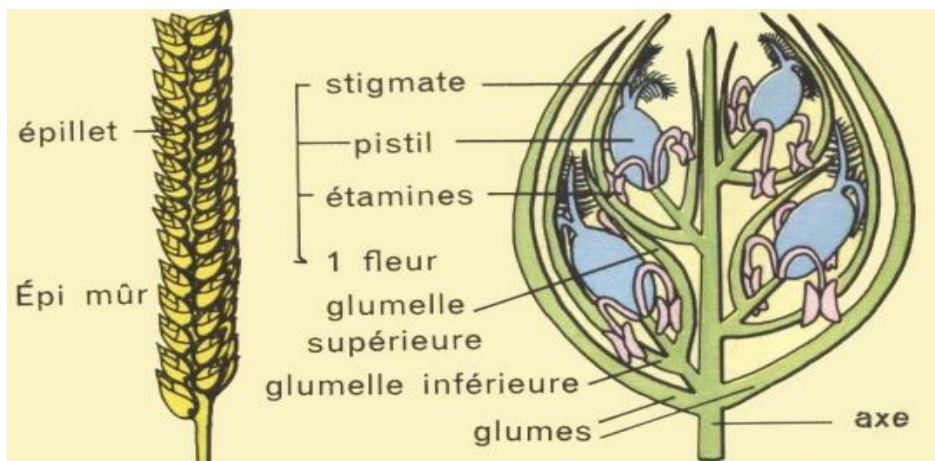


Figure 3 : Schéma représente l'épi du blé dur et ses constituants

### •La levée et la germination

La germination est l'ensemble des phénomènes par lesquels la plantule, en vie ralentie dans la graine mure, commence une vie active et se développe grâce aux réserves contenues dans cette dernière (Mazoyer, 2002). Elle se débute lorsque la graine commence à absorber de l'eau (Bill, 2007) et elle se traduit par la sortie des racines séminales et par la croissance du coléoptile (Boulal et *al.* 2007).

La levée est notée quand 50% de plantules sont sorties de sol (Karou et *al.* 1998). et que la première feuille pointe au grand jour son limbe. Deux autres feuilles suivent. (Davidson et Chevalier., 1990. Hucl et Baker, 1998). Pendant cette phase, les jeunes plantes sont sensibles au manque d'eau qui provoque une diminution de leur nombre (Karou et *al.* 1998).

En zones céréalières algériennes, les dates de semis habituellement adoptées s'étalent du 10 novembre au 15 décembre pour les variétés précoces et du 25 octobre au 31 novembre pour les variétés tardives (ITGC, 2001).

Dans les hautes plaines algériennes où la céréale est cultivée en pluvial, les pratiques agricoles de semis sont ancestrales et débutent dès l'apparition des premières pluies, pendant les périodes traditionnelles du 10 novembre au 15 décembre si la variété est précoce et entre le 25 octobre et le 30 novembre si elle est tardive. Poursuivant la démarche initiée par Chourghal et *al.*, 2016).

## 3- Importance du blé dur

### 3-1- Dans le monde

Le blé dur (*Triticum turgidum* var. *durum*) est l'espèce la plus cultivée dans le bassin méditerranéen de l'Afrique du Nord (Bonjean et al, 2016), il occupe dans le monde 5 % du total des terres réservées aux blés, avec une production de 38 million métrique de tons en 2014 (Ranieri, 2015).

Sur la période de 2018 à 2019, l'Union européenne menait le classement des principaux producteurs mondiaux de blé, affichant une production supérieure à 137 millions de tonnes. Sur la même période, la Chine, classée deuxième, produisait près de 131 millions de tonnes de blé. Viennent ensuite l'Inde 99 millions de tonnes. (Statista Research Department, 2019).

En Afrique du Nord, le blé (surtout le blé dur et à un moindre degré, le blé tendre) représente et a toujours représenté une ressource alimentaire importante : les grains de cette céréale noble interviennent en effet dans l'alimentation humaine, en concurrence avec ceux de l'orge (Erroux, 1991).

### 3-2- En Algérie

Les céréales d'hivers, en partie le blé dur, demeurent l'aliment de base des régimes alimentaires algériens et revêtent une importance stratégique dans la nutrition humaine et l'alimentation animale, de ce fait, elles occupent une place privilégiée dans l'agriculture algérienne (Boulal et al., 2007).

En Algérie, le blé dur occupe 45% de la sole réservée aux céréales, soit 1,6 Mha (ONFA, 2017), et qui offre une production de 2,5 millions de tonnes (CIG, 2016). Une moyenne de 2 MT de blé dur est importée chaque année (USDA, 2017). La productivité agricole est limitée principalement par la sécheresse dans les régions arides et semi-arides (Mir et al., 2012). Comme la zone méditerranéenne, est caractérisée par des précipitations irrégulières (Habash et al., 2009), le déficit hydrique et les températures élevées de fin de cycle, sont deux majoritaires contraintes influençant la culture de blé dur en Algérie (Mekhlouf et al., 2006). L'introduction des variétés à haut rendement a causé la disparition de nombreuses variétés Algériennes locales, caractérisées par leurs adaptations au milieu (Bouzerzour et al., 2003).

En Algérie, la surface agricole utile (SAU) ne représente qu'un peu moins de 3,6 % de la surface totale du pays, et seulement 30 % de cette SAU reçoivent plus de 400 mm de pluie par an. La céréaliculture dominée par le blé dur représente 85 % de la SAU et est localisée dans les zones semi-arides, se caractérisant par des pluies variables, aléatoires et déficitaires (Bessaoud, 2019).

Compte tenu de l'importance socio-économique de l'agriculture, il est fondamental d'évaluer les effets futurs du changement climatique sur le rendement des cultures (Olesen, 2011). Les travaux sur le blé d'hiver en région méditerranéenne montrent que les augmentations futures des températures induisent un avancement dans l'apparition des stades phénologiques, accompagné d'un raccourcissement de leurs durées (Mo et al., 2016 ; Rezaei et al., 2018), ce qui se traduit par une plus faible accumulation de matière sèche totale et une réduction des rendements (Tubiello et al., 2000 ; kopoulos et al., 2009; Moriondo et al., 2011). Toutefois, ces résultats peuvent être influencés par la prise en considération de pratiques culturales telles que la fertilisation, l'irrigation et le choix de la date de semis (Minguez, 1995; Ventrella et al., 2012).

## Chapitre III: Les fusarioses vasculaires

Les *Fusariums* sont des champignons telluriques qui se trouvent dans la plupart des sols, notamment cultivés et font partie de la microflore rhizosphérique. La plupart sont saprophytes, alors que certains sont bien connus par leur effet néfaste. Ces champignons sont filamenteux, imparfaits et caractérisés par une reproduction asexuée, en produisant trois types de spores : les macroconidies, les microconidies et les chlamydospores. *Fusarium oxysporum* appartient au phylum : *Ascomycota*, classe : Ascomycète, ordre: *Hypocreales* et le genre *Fusarium* (Leslie,1995).

La caractérisation morphologique,microscopique et culturale des *Fusariums* n'est pas suffisante pour les mettre en évidence (Leong et al, 2009). Plusieurs méthodes basées sur des caractères génétiques ont été développées afin de caractériser les souches de ce champignon, qui ont montré l'existence d'une grande diversité touchant cette population tellurique (Fravel et al,2003). Les espèces de *Fusariums* ont été divisées en différentes formes spéciales (*forma specialis*.sp.), spécifiques selon leurs plantes hôtes (Steve et al,2004).

Les souches pathogènes de *Fusarium oxysporum* sont responsables de la pourriture des racines et le flétrissement de plusieurs espèces végétales (Inoue et al,2002; Fravel et al, 2003 ; Berrocal-Lobo et Molina, 2007), y compris les cultures herbacées, ligneuses (Moretti,2009; Leeetal,2010) et ornementales (Aboul-Soud et al,2003).

Trois sources d'inoculum qui peuvent être à l'origine du développement de fusarioses sont :

- Les résidus de culture infectés l'année précédente (source principale) (Osborne et Stein, 2007).
- Les semences infectées (Xu et Nicholson, 2009).
- Les plantes hôtes (Agrostis, Bromus, Medicago, Festuca...)(Champeil et al, 2004).

### 1-Fusariose vasculaire de la tomate :

*Fusariumoxysporum*f. sp. *Lycopersici* (Sacc) Snyder & Hans (FOL) est l'agent responsable du flétrissement vasculaire des cultures de tomate (*Lycopersi conescu lentum*L.) à travers le monde (Snyder et Hansen, 1940). FOL a été caractérisé pour la première fois en 1895 en Angleterre par Masee. Les souches pathogènes de ce champignon causent d'importantes pertes économiques (Aboul-Soud et al.,2003; Ohara et al.,2004). Au moins 32 pays avaient signalé la maladie,qui est particulièrement grave dans les pays à climat chaud. Cette maladie a souvent détruit des cultures entières des tomates cultivées (Etebarian,1992).

Les symptômes de **fusariose** peuvent s'exprimer aussi bien sur **plantules** que sur **plantes adultes**. Il affecte les jeunes plantes où il occasionne un ralentissement de croissance, le flétrissement et le jaunissement des feuilles basses et les tissus vasculaires seront fortement brunis. Bien que souvent les plantules finissent par se dessécher et mourir .

Sur les plantes adultes se sont les vieilles feuilles qui expriment les premiers symptômes et quelques folioles présentent des chloroses sectorielles (Figure 4-A). Par la suite, le jaunissement gagne l'ensemble du limbe et s'étend à d'autres folioles situées sur le même côté des feuilles (Figure 4-C).

Les pétioles et la tige présentent également un jaunissement longitudinal (Figure 5-D) qui s'amplifié progressivement et donne naissance à une lésion nécrotique affectant un seul côté de la tige sur plusieurs centimètres (Figures 5-E et 6). Une coupe réalisée sur la tige permet de dégager les vaisseaux et de constater qu'il y a une teinte brune très marquée (Figure 6), la moelle ne semble pas affectée (Blancard, 2013).

Le flétrissement fusarien de la tomate est causé par trois races de FOL, connues et nommées dans l'ordre de leur découverte (race1, race2, et race3), qui se distinguent par leur pathogénicité différentielle aux cultivars de tomate (Schneider, 1991; Mes et al., 1999).

*Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* colonise les tissus vasculaires de la tomate en pénétrant directement par les racines (Inoue et al., 2002). Les chlamydo spores de ce champignon se conservent très longtemps et souvent très profondément dans le sol; leur germination peut être déclenchée par les exsudats racinaires de la tomate (Kamilova et al., 2008). Potentiellement, les nutriments utiles dans ces exsudats racinaires peuvent contenir des acides organiques. Chez la tomate les blessures favorisent et régularisent l'infection. Les températures de l'agressivité peuvent être différentes selon les couples hôte-parasite : 30 °C pour *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* 18-20 °C pour *F. oxysporum* f. sp. *Melonis* (Messiaen et al., 1991).



A

B

C

**Figure 2:** A- Jaunissement de plusieurs folioles situées sur un même côté de la feuille. B - La chlorose unilatérale est typique d'une maladie vasculaire. C - Jaunissement et flétrissement des feuilles basses (Blancard, 2013)



D

E

**Figure 3 :** D- Jaunissement de plusieurs pétioles situés sur un des côtés du rachis foliaire. E- Un discret jaunissement longitudinal sur une portion de la tige (Blancard, 2013)



**Figure 4 :** Symptômes internes de la fusariose vasculaire de la tomate causés par *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Blancard, 2013).

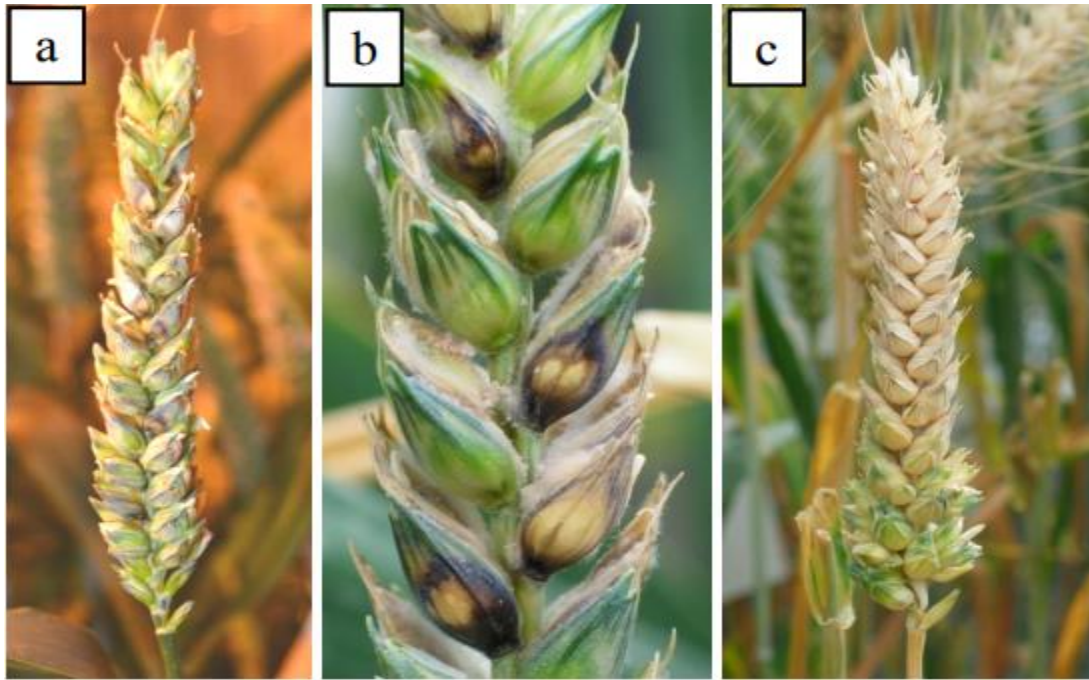
## 2-Fusariose vasculaire du blé :

Le *Fusarium. graminearum*, est le principal agent causal de la fusariose des épis de blé.

La fusariose de l'épi a été décrite pour la première fois par W. G. Smith en 1884 et nommée « gale du blé », C'est une maladie destructive du blé (*Triticum aestivum*) qui peut dévaster une culture quelques semaines avant la récolte. Elle peut être associée à la fois à de fortes pertes de rendement (avortement et faible poids des grains), une réduction de leur qualité germinative ou encore une diminution de leur qualité par la présence de toxines dans les grains. Outre le blé, elle est également retrouvée sur de nombreuses autres plantes comme l'avoine (*Avenasativa* L.), l'orge (*Hordeumvulgare* L.), le riz (*Zizania palustris* L.), le maïs (*Zeamays* L.), le sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), l'accacia (Mill.), l'Eucalyptus, et l'oeillet (*Dianthuscaryophyllus* L.) ce qui en fait une maladie à très fort impact agroéconomique au niveau mondial puisque des champignons du genre *Fusarium* ont été retrouvés dans les sols de chaque continent excepté en Antarctique (Miedaner, 1997).

Les premiers symptômes de décoloration apparaissent au (« bleaching ») 2 à 4 jours après l'infection. Les symptômes de nécrose peuvent être associés à des tâches brunes des glumes et rachis (Christ et al, 2011 ; Bottalico&Perrone, 2002) (Figure 7 a et b). Le pathogène circule via le rachis et colonise préférentiellement les épillets adjacents et plutôt inférieurs à l'infection (Argyris et al, 2005). Cette propagation dans le rachis entraîne un dysfonctionnement du système vasculaire associé à une maturation précoce de la partie de l'épi supérieure à l'infection, l'échaudage (Figure 7 c).

Les symptômes observés sur grains sont très divers (Fig. 8). Lorsque l'attaque a lieu avant la formation des grains, ceux-ci seront très atteints voire absents (Bai et Shaner, 1994) ; ils sont plus petits et présentent une coloration blanche ou rose, correspondant au développement mycélien, un aspect rugueux, ridé, galeux et sont souvent liés à de fortes concentrations en toxines ; des taches noires sont également remarquables autour de l'embryon (Christ et al., 2011). Lorsque l'attaque est tardive, les grains ont un volume normal mais sont susceptibles de contenir des toxines (Leonard & Bushnell, 2003). A partir de cela, le stade de développement du grain apparaît clairement important dans l'impact de la maladie sur la récolte.



**Figure 5** : Epis de blé fusariés présentant des symptômes de nécroses (a) avec parfois un développement mycélien en surface des épillets (b) et des symptômes d'échaudage (c) (SIOU, 2013)



**Figure 6** : Les grains fusariés selon la précocité de l'attaque.

Les épis de blé ont été inoculés par la souche fg178 à partir du début de la floraison (attaques précoces) à gauche, jusqu'à 28 jours post floraison (attaques tardives) à droite, le dernier grain de droite étant issu d'un témoin non inoculé (SIOU, 2013).

### **3-Fusariose vasculaire du palmier dattier :**

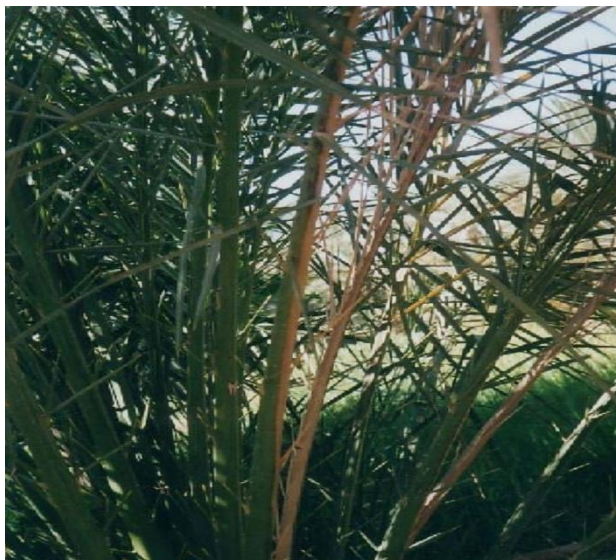
Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) est une angiosperme pérenne dont la culture se localise principalement dans l'hémisphère nord du globe entre les parallèles 9° et 33° (Toutain, 1967; Munier, 1973).

La culture du palmier dattier est sujette à divers problèmes phytosanitaires qui entravent son développement et son extension. Le Bayoud, fusariose vasculaire du palmier dattier (*phoenix dactylifera L*) causée par un champignon d'origine tellurique

*Fusariumoxysporumfupalbedinis* (Killian et Maire 1930), est la maladie la plus destructive et la plus menaçante dans l'Afrique du nord. Elle est répandue surtout au Maroc et dans une grande partie des palmeraies de l'Algérie (Pereau Leroy 1958 ; Djerbi 1982 ; Brac et Benkhalifa 1991). La catastrophe causée par le Bayoud ne s'arrête pas à l'érosion génétique causée par la disparition de nombreuses variétés parmi les meilleures, mais conduit également à l'accentuation de la désertification et à l'appauvrissement des phoeniciculteurs qui finissent par émigrer. Par ailleurs, le Bayoud constitue un véritable fléau des zones phoenicicoles d'une partie de l'Afrique du Nord et aussi une menace potentielle pour la Tunisie et les autres pays producteurs de dattes.

Le premier symptôme externe de la maladie s'observe sur une palme de la couronne moyenne ; cette palme prend un aspect plombé et se dessèche selon un processus très particulier. En effet, les folioles ou les épines situées d'un côté de cette palme se dessèchent progressivement du bas vers le sommet, et se replient vers le rachis (Figure 9). Ce dessèchement gagne ensuite les folioles du côté opposé, progressant cette fois de haut en bas, et toute la palme finit par se dessécher complètement et prend une couleur blanchâtre. Ce symptôme est à l'origine du nom de la maladie, bayoud dérivant du mot arabe « abyed » qui veut dire blanc, et de la forme spéciale *albedinis* du *Fusarium oxysporum* responsable de la maladie, tiré du latin *albus* (blanc).

Les mêmes symptômes apparaissent ensuite sur les palmes voisines ; puis l'attaque se généralise à l'ensemble du palmier entraînant sa mort au bout de 6 mois à 2 ans (Figure 10) (Djerbi 1988 ; Hakkou *et al*, 2011).



**Figure 7 :** Premiers symptômes du Bayoud (Abdelkader Hakkou et *al*, 2012)



**Figure 8:** Stade final de la maladie (Abdelkader Hakkou et *al*, 2012)

#### **4- La lutte :**

Le contrôle de la fusariose vasculaire est difficile en raison de la nature du pathogène transmis par le sol et sa capacité de persister de longues périodes, même en l'absence de la plante hôte (Frederix et DenBrader,1989).Il a été signalé l'importance de certaines méthodes prophylactiques telle que la solarisation des sols et le choix conforme d'une conduite culturale défavorisant l'installation et la croissance de l'agent pathogène. Les fusarioses vasculaires sévissent moins en conditions d'irrigation réduite ainsi que dans des sols à pH élevé,riche en calcium et potassium, pauvres en oligoéléments, magnésium et dont l'azote est surtout sous forme nitrique plutôt qu'ammoniacale (Woltzetjones,1981). Toutes ces conditions ne sont pas suffisantes pour protéger totalement contre les infections et en outre, la plupart d'entre elles sont défavorables à une bonne productivité (Bulit et *al*, 1967).

Généralement, le contrôle de la maladie se réalise par la combinaison de plusieurs techniques : lutte génétique, lutte chimique et lutte biologique (Kavanagh , 2005).

# **Références bibliographiques**

1. Aboul-Soud M A M., Yun B-W, Harrier L A., and Loake G.J., 2003. Transformation of *Fusarium oxysporum* by particle bombardment and characterisation of the resulting transformants expressing a GFP transgene. *Mycopathologia*, 00, pp 1-8.
2. Achal V, Savant VV, rougemourir MME. 2007. Solubilisation des phosphates par un type sauvage souche et Induit par les UV mutants de *Aspergillus tubingensis*. *Sol BiolBiochem.*, 39 : 695.
3. African J. Biotechnol., 7 (2008), pp. 2562-2568
4. Ahemad, M., & Kibret, M. (2014). Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. *Journal of King saud University-science*, 26(1), 1-20.
5. Alabouvette C (1983) La réceptivité des sols aux fusarioses vasculaires. Rôle de la compétition nutritive entre microorganismes. Thèse dr es scinat, univ Nancy, 158 p.
6. Alquati, C., De Gioia, L., Santarossa, G., Alberghina, L., Fantucci, P., Lotti, M. 2002. The cold-active lipase of *Pseudomonas fragi*. Heterologous expression, biochemical characterization and molecular modeling. *Eur. J. Biochem.*, 269: 3321-3328.
7. ALSTRÖM, S. (1991). Induction of disease resistance in common bean susceptible to halo blight bacterial pathogen after seed bacterization with rhizosphere pseudomonads. *The Journal of General and Applied Microbiology*, 37(6), 495-501.
8. *Appl. Soil Ecol.*, 138 (2019), pp. 61-68.
9. Argyris J, TeKrony D, Hershman D, VanSanford D, Hall M, Kennedy B, Rucker M, Edge C, 2005. *Fusarium* head blight infection following point inoculation in the greenhouse compared with movement of *Fusarium graminearum* in seed and floral components. *Crop Science* 45, 626–634.
10. Ashajyothi et al., (2020) M. Ashajyothi , A. Kumar , N. Sheoran , P. Ganesan , R. Gogoi , GK Subbaiyan , R. Bhattacharya. Le poivre noir (*Piper nigrum* L.) associé à l'endophyte *Pseudomonas putida* BP25 altère le phénotype racinaire et induit une défense chez le riz (*Oryza sativa* L. ) contre la pyriculariose provoquée par *Magnaporthe oryzae*. *Biol. Contrôle* , 143 (2020) , p. 104181.
11. Ashrafuzzaman, M., Hossen, F. A., Ismail, M. R., Hoque, A., Islam, M. Z., Shahidullah, S. M., & Meon, S. (2009). Efficiency of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) for the enhancement of rice growth. *African Journal of Biotechnology*, 8(7).
12. Askeland, R. A., & Morrison, S. M. (1983). Cyanide production by *Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Applied and Environmental Microbiology*, 45(6), 1802-1807.
13. Assessment of genetic and functional diversity of phosphate solubilizing fluorescent pseudomonads isolated from rhizospheric soil. *BMC Microbiol.*, 8 (2008), pp. 1-14.
14. BadrSatrani, Nouhad El Ouadihi , Abdelhamid Guedira , Pascale Frey-Klett , Mustapha Arahou , Jean Garbaye , 2008. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2009 13(3), 367-372.
15. Bai G, Shaner G, 1994. Scab of wheat: Prospects for control. *Plant Disease* 78, 760–766.
16. BANI M. : Prospection, isolement et caractérisation phénotypique d'isolats de *Fusarium oxysporum* Schlechtendahl f.sp. *albedinis* (Killian & Maire) essais d'antagonisme bactérien. Thèse Magister. ENSA. Alger (Algérie). 2011. 90 pages.
17. Bationo, A., Kaola, S, Ayuk. E. (1998). Fertility of soil for cereal production in the sahelosoudanian zone and evaluation of natural phosphates. *Cahiers Agricultures*. 7 (5): 365-371.

18. Beauchamp C.J. (1993). Mode d'action des rhizobactéries favorisant la croissance des plantes et potentiel de leur utilisation comme agent de lutte biologique Volume 74, numéro 1.
19. BENCHABANE M., TOUA D., ABEDELMOUMEN A. et FADIL D. : Valorisation de souches de *Pseudomonas fluorescens* isolées de palmeraies dans la lutte microbiologique contre le Bayoud. Revue des Régions Arides - Actes du séminaire international : Gestion des ressources et applications biotechnologiques en aridoculture et cultures oasiennes. 2006 : 1177-1183.
20. BENOUSSAID Nacéra , BENCHABANE Messaoud1 et THONART Philippe, (2018).
21. Berrocal-Lobo M. and MolinaA.,2007. *Arabidopsis* defense response against *Fusarium oxysporum*. Trends in Plant Science, 13, (3), pp145-150.
22. Bholay A. D., Jadhav Priyanka U., Borkhataria B. V., Mayuri and Dhalkari V., Fluorescent *Pseudomonas* as Plant Growth Promoting Rhizobacteria and Their Siderophore genesis, IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences. 3 (1) (2012) : 27
23. BioRessources Vol 7 ()
24. Bonjean AP, Angus WJ, Ginkel M, Van, (2016). The World Wheat Book: A History of Wheat Breeding; Paris: Lav, Vol 3.
25. Bottalico, A. Perrone, G. 2002. Toxinogenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small grains cereals in Europe, European Journal of Plant Pathology 108, 667- 673.
26. Boulal h., zaghouane o., el mourid m. et rezgui s., (2007) - guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le maghreb (algérie, maroc, tunisie). ed. tigg, inra, icarda, algérie, 176 p.
27. Bouzerzour H, Abbas K, Benmahammed A. (2003). Les céréales, les légumineuses alimentaires, les plantes fourragères et pastorales. Recueil Des Communications. Ateliers N°3 «Biodiversité Importante Pour L'agriculture» MATE-GEF/PNUD. Projet ALG/97/G31.
28. Bozzini A., 1988. Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. In Fabriani G. et C. Lintas (éd). Durum:Chemistry and Technology. AACCC (Minnesota), Etats-Unis, pp: 1-16.
29. Brac de la Perriere, R.A., Benkhalifa, A., 1991. Progression de la fusariose du palmier dattier en Algérie. Sécheresse, 2 : 119-128.
30. Bult J., Louvet J., Bouhot D., Toutain G., 1967. Travaux sur le Bayoud, fusariose du Palmier dattier en Afrique du Nord. Ann, Epiphyties, 18, pp 213-239.
31. Caron D, 1993. Les Fusarioses. Dans Maladies des blés et orges : ITCF, ed., 30-39.
32. Champeil, A., Doré, T., Fourbet, J.F. 2004. *Fusarium* head blight: epidemiological origin of the effects of cultural practices on head blight attacks and the production of mycotoxins by *Fusarium* in wheat grains. Plant Science 166, 1389-1415.
33. Chen YP, Rekha PD, Arun AB, Shen FT, Lai WA, Young CC. 2006. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities .Appl Soil Ecol.P ; 34:33–41.

34. Chen, X. H., A. Koumoutsi, R. Scholz, K. Schneider, J. Vater, R. Süssmuth, J. Piel et R. Borriss. 2009. Genome analysis of *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42 reveals its potential for biocontrol of plant pathogens. *J. Biotechnol.*, 140: 27-37.
35. Cherif Hafsa , (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. Laboratoire de Microbiologie Appliquée. Université Ferhat Abbas Sétif.
36. Chin-A-Woeng, T. F. C., Bloemberg, G. V. et Lugtenberg, B. J. J. (2003). Phenazines and their role in biocontrol by *Pseudomonas* bacteria. *New Phytologist* 157, 503-523.
37. Chourghal N, Lhomme JP, Huard F, Aidaoui A, (2016). Climate change in Algeria and its impact on durum wheat. *Reg Environ Change* 16: 1623–1634. DOI: 10.1007/s10113-015-0889-8.
38. Christ DS, Gödecke R, von Tiedemann A, Varrelmann M, 2011. Pathogenicity, symptom development, and mycotoxin formation in wheat by *Fusarium* species frequently isolated from sugar beet. *Phytopathology* 101, 1338-1345.
39. Cipriano M. A. P. and Freitas S. S. (2018). Effect of *Pseudomonas putida* on chrysanthemum growth under greenhouse and field conditions. *African Journal of Agricultural Research*. 13(6): 302-310.
40. Clarke J.M., Norvell W.A., Clarke F.R. et Buckley T.W., 2002. Concentration of cadmium and other elements in the grain of near-isogenic durum lines. *Can. J. Plant Sci./Revue canadienne de phytotechnie*, 82: 27-33.
41. Claude LANCE, « PREMIÈRE HORMONE VÉGÉTALE : L'AUXINE », *Encyclopædia Universalis* [en ligne], consulté le 11 juillet 2021.
42. Cook, R. J., Thomashow, L. S., Weller, D. M., Fujimoto, D., Mazzola, M., Banger, G. et Kim, D. S. (1995). Molecular Mechanisms of Defense by Rhizobacteria Against Root Disease. *PNAS* 92, 4197-4201.
43. Cook, R.J. 1993. Making greater use of introduced microorganisms for biological control of plant pathogens. *Annual Review of Phytopathology* 31: 53-80.
44. Defago, G. 1993. 2,4-Diacetylphloroglucinol, a promising compound in biocontrol. *Plant Pathol.* 42: 311–312
45. Defago, G. E. N. E. V. I. È. V. E., & Haas, D. (1990). *Pseudomonads* as antagonists of soilborne plant pathogens: modes of action and genetic analysis. *Soil Biochem*, 6(49), 291.
46. Defago, G., Berling, C. H., Burger, U., Haas, D., Kahr, G., Keel, C., ... & Wüthrich, B. (1990). Suppression of black root rot of tobacco and other root diseases by strains of *Pseudomonas fluorescens*: Potential applications and mechanisms. *Biological control of soil-borne plant pathogens.*, 93-108.
47. Delaney, C. P., Fazio, V. W., Senagore, A. J., Robinson, B., Halverson, A. L., & Remzi, F. H. (2001). 'Fast track' postoperative management protocol for patients with high comorbidity undergoing complex abdominal and pelvic colorectal surgery. *Journal of British Surgery*, 88(11), 1533-1538.
48. Delvasto P, Valverde A, Ballester A, Igual JM, Muñoz JA, González F, Blazquez ML, Garcia C. 2006. Caractérisation de brushite comme unerecrystallisationsurprocanal formé durant bactérien solubiliserilisation de hydroxyapatite dans grouper ccultures. *Sol Biol. Biochimie.* ,38 : 2645-2654

49. Diamond, J.(2002). Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature*, 418(6898) :700–707.
50. Digat B, Gaudillat M, Labadie JM (1990) Susceptibility of various tomato and lettuce genotypes to plantgrowth-promoting *Pseudomonas*. *Symbiosis* 9, 295- 303
51. Digat B, Mattar J, (1990) Effects of temperature on growth and siderophore production of *Pseudomonas fluorescens-putida* strains. *Symbiosis* 9, 307-313 Digat B, Caille C, Guigneault P, Trillot M (1988) Pommier. Fertilisation bactériologique. *Infos-CTIFL* 41, 8-12Digat B.
52. Digat, B. 1994. Les bactéries stimulatrices de la croissance des plantes : Le cas des *Pseudomonas* .The plant growthpromotingrhizobacteria. An example with *Pseudomonas*..*C.R. Acad. Agric. Fr.* 80(2) ,125-140.
53. Djerbi, M., 1982 b. Bayoud disease in North Africa: history, distribution, diagnosis and control. *Date palm Journal*, 1 (2): 153-97.
54. Djerbi, M., 1988. Les maladie des palmiers dattiers : Le Bayoud (15-36). Rapport de Projet Régional de lutte contre le Bayoud (RAB/84/018).
55. Dobbelaere S, Croonenborgh A, Thys A, Vande Broek A, Vanderleyden J (1999) Phytostimulatory effect of *Azospirillumbrasilense* wild type and mutant strains altred in IAA production on wheat. *Plant sol* 212:155-164
56. Dobbelaere, S., Croonenborghs, A., Thys, A., Ptacek, D., Okon, Y., &Vanderleyden, J. (2002). Effect of inoculation with wild type *Azospirillumbrasilense* and *A. irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. *Biology and Fertility of Soils*, 36(4), 284-297.
57. Duca, D., Lorv, J., Patten, C. L., Rose, D., & Glick, B. R. (2014). Indole-3-acetic acid in plant–microbe interactions. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 106(1), 85-125.
58. Effet de la bactérisation des graines sur la croissance des plants de *Cedrusatlantica*Manetti Badr Satrani (1), Nouhad El Ouadihi (1,2), Abdelhamid Guedira (1), Pascale Frey-Klett (3), Mustapha Arahou (2), Jean Garbaye (3).*Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2009 13(3), 367-372.
59. El HADRAMI I., BELLAJ M., IDRISSE A., J'AITI F., JAAFARI S. et DAAYF F. : Biotechnologie végétales et amélioration du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.), pivot de l'agriculture oasisienne marocaine. *Cahiers Agriculture*. 1998 ; 7 (6): 463-468.
60. [Elias K.S.](#), [Schneider R.W.](#), 1991. Vegetative compatibility groups in *Fusarium oxysporum*f.sp.*lycopersici*.[Phytopathology](#), 81, (2), pp159-162.
61. Elisa Gamalero and Bernard R. Glick, (2011).Mechanisms Used by Plant Growth-Promoting Bacteria. *Bacteria in Agrobiolgy : Plant Nutrient Management* (pp.17-46).
62. Emmanuel Jourdan, Marc Ongena& Philippe Thonart, «Caractéristiques moléculaires de l'immunité des plantes induite par les rhizobactéries non pathogènes», *BASE* [En ligne], numéro 4, volume 12 (2008), 437-449 URL : <http://popups.ulg.be/1780-4507/index.php?id=3304>.
63. Erroux J. (1991). Blé p. 1526-1536
64. Etebarian H.R., 1992. Studies of *Fusarium* wilt of tomato and its chemical control in Varamin area. *Iranian Journal of Agricultural sciences*, 23, pp 1-14.
65. Ezawa, T, Smith SE et Smith FA. (2002).P metabolism and transport in AM fungi. *Plant Soil*, 244: 221– 230.

66. Faessel, L., Tostivint, C., et Schaller, N. 2015. Produits de stimulation en agriculture visant à améliorer les fonctionnalités biologiques des sols et des plantes : état des lieux et perspectives. Rapport final d'une étude commanditée par le Centre d'Etude et de Prospective du Ministère de l'Agriculture, de l'Agronoalimentaire et de la Forêt. 2015. 8 p.
67. Flash, E. N., Quak, W., Van Diest, A. (1987). A comparison of the rock phosphate-mobilizing capacities of various crop species. *Trop. Agric.* 64: 347 - 352.
68. Frankenberger, W.T., and Arshad, M. 1991. Microbial production of plant growth regulating substances in soil. In *Plant Growth-Promoting rhizobacteria. Progress and Prospects*. C. Keel, B. Koller, and G. Défago, (eds.), IOB/WPRS *Bulletin XIV / 8* , 162-171.
69. Fravel D., Olivain C., and Alabouvette C., 2003. *Fusarium oxysporum* and its biocontrol. *New Phytologist*, 157, pp 493-502.
70. Fravel D., Olivain C., and Alabouvette C., 2003. *Fusarium oxysporum* and its biocontrol. *New Phytologist*, 157, pp 493-502.
71. Frederix M.J.J., Den Brader K., 1989. Résultats des essais de désinfection des sols contenant des échantillons de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. FAO/PNUD/RAB/88/024. Ghardaia, Algérie.
72. Fresenborg, L. S., Graf, J., Schätzle, H., & Schleiff, E. (2020). Iron homeostasis of cyanobacteria: advancements in siderophores and metal transporters. In *Advances in cyanobacterial biology* (pp. 85-117). Academic Press.
73. *Front. Plant Sci.*, 10 (2019), pp. 1-19.
74. Gamalero E. et al., 2002. Morphogenetic modifications induced by *Pseudomonas fluorescens* A6RI and *Glomus mosseae* BEG12 in the root system of tomato differ according to plant growth conditions. *New Phytol.*, 155, 293-300.
75. Gamalero, E., Martinotti, M. G., Trotta, A., Lemanceau, P., & Berta, G. (2002). Morphogenetic modifications induced by *Pseudomonas fluorescens* A6RI and *Glomus mosseae* BEG12 in the root system of tomato differ according to plant growth conditions. *New phytologist*, 155(2), 293-300.
76. Geels FP, Schippers B (1983) Reduction of yield depressing in high frequency potato cropping soil after seed tuber treatment with antagonistic fluorescent *Pseudomonas* spp. *Phytopathol Z* 108, 207- 214
77. Georgakopoulos, D. G., Henderson, M., Panopoulos, N. J., & Schroth, M. N. (1994). Cloning of a phenazine biosynthetic locus of *Pseudomonas aureofaciens* PGS12 and analysis of its expression in vitro with the ice nucleation reporter gene. *Applied and Environmental Microbiology*, 60(8), 2931-2938.
78. Glick B.R., (2012). *Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and applications* Hindawi Publishing Corporation, Scientifica.
79. Glick B.R., 1995. The enhancement of plant growth by freeliving bacteria. *Can. J. Microbiol.*, 41, 109-117
80. Glick, B.R. 1995. The enhancement of plant growth free-living bacteria. *Canadian Journal of Microbiology* 41: 109-117.
81. Göhre, V., & Robatzek, S. (2008). Breaking the barriers: microbial effector molecules subvert plant immunity. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 46, 189-215.

82. Griffon, M., (2013), Qu'est-ce que l'agriculture écologiquement intensive ? éditions Quae, 221p.
83. Growth promotion of greenhouse tomatoes with *Pseudomonas* sp. and *Bacillus* sp. biofilms and planktonic cells
84. Haas D., Défago G., 2005. Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent pseudomonads. *Nature Review of Microbiology*, 3, pp 307-319.
85. Haas, D., & Défago, G. (2005). Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent pseudomonads. *Nature reviews microbiology*, 3(4), 307-319.
86. Habash DZ, Kehel Z, Nachit M, (2009). Genomic approaches for designing durum wheat ready for climate change with a focus on drought. *Journal of Experimental Botany*, 60(10), 2805–2815.
87. Hafidi M. 1996. Cotisations une la valorisation des composts par ajouts de phosphate naturel marocains. Celles-ci Doctorat d'Etat FSS Marrakech, p.155.
88. Haichour N, Mezaache-aichour S, Boukhalfa A, Madaci I, Guechi A, Zerroug MM. Métabolites impliqués dans la promotion de la croissance des plantes et leur protection. AFPP – Cinquième Conférence Internationale sur les Méthodes Alternatives en Protection des Plantes. Lille, 10, 11 et 12 Mars. 2015;309-316.
89. Hakkou A., Khadija Chakroune, Mohammed Bouakka, Faiza Souana, LurdesCotxarrera; Marie Isabel Trillas. 2011. Effect of nitrogen sources on the composting of date palm (*Phoenix dactylifera*) by-products infected by *Fusarium oxysporum* sp. *albedinis*. *Advances in Environmental Biology*. 2011, 5(7) : 1638-1646
90. Harlan, J.R. 1975. *Crops & Man*. 2nd Edition, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Inc., Madison.
91. Hassimi SM. 2014. Contribution une l'étude des mécanismes de la solubilisation du phosphate naturel au cours de la biotransformation anaérobie des déchets organiques. Thèse de doctorat, INP-Université Paul Sabatier de Toulouse, Touous. p176.
92. Höfte M, Boelens J, Vestraete W, (1991) Seed protection and promotion of seedling emergence by the plant growth beneficial *Pseudomonas* strain 7NSK2 and ANP15. *Soil Biol Biochem* 23, 407-410.
93. Höfte M., Boelens J., Vestraete W., 1991. Seed protection and promotion of seedling emergence by the plant growth beneficial *Pseudomonas* strain 7NSK2 and ANP15. *Soil Biol Biochem* 23, 407-410.
94. Hucl, P., Baker, R.J. (1998). Tillering Patterns of spring wheat genotype grown in a semi arid environment. *Can J Plant Sci* 1989 , 69 ;71, 9.
95. Ian T Paulsen et all (2005). Complete genome sequence of the plant commensal *Pseudomonas fluorescens* Pf-5. *Nature biotechnology*
96. Identification de souches de *pseudomonas* fluorescents et application de leurs lyophilisats pour le biocontrôle de la fusariose vasculaire de la tomate. *Revue agrobiologia* 8(1): 753-764
97. Inoue I., Namiki F., and Tsuge T., 2002. Plant Colonization by the Vascular Wilt Fungus *Fusarium oxysporum* Requires *FOW1*, a Gene Encoding a Mitochondrial Protein. *The Plant Cell*, 14, pp 1869-1883.

98. Inoue I., Namiki F., and Tsuge T., 2002. Plant Colonization by the Vascular Wilt Fungus *Fusarium oxysporum* Requires *FOWI*, a Gene Encoding a Mitochondrial Protein. *The Plant Cell*, 14, pp 1869-1883.
99. ITGC, (2001). La culture intensive du blé, 2e éd. actualisée. Alger: Éditions ITGC, 45 p.
100. Jacoud, C., Job, D., Wadoux, P., & Bally, R. (1999). Initiation of root growth stimulation by *Azospirillum lipoferum* CRT1 during maize seed germination. *Canadian Journal of Microbiology*, 45(4), 339-342.
101. Jong-Soo J., Sang-Soo L., Hyoun-Young K., Tae-Seok A., Hong-Gyu S., 2003. Plant Growth Promotion in Soil by Some Inoculated Microorganisms. *The Journal of Microbiology*, (41) 4, 271-276.
102. Jourdan, E. M. Ongena et P. Thonart. 2008. Caractéristiques moléculaires de l'immunité des plantes induite par les rhizobactéries non pathogènes. *Biotechnol. Agron. Soc Environ* 12 : 437-449.
103. K.T. Win, T. Fukuyo, O. Keiki, Y. Ohwaki
104. Kabbaj H, Sall AT, Al-Abdallat A, Geleta M, Amri A, Filali-Maltouf A, Belkadi B, Ortiz R, Bassi FM, (2017). La diversité génétique au sein d'un panel mondial de races locales de blé dur ( *Triticum durum* ) et de matériel génétique moderne révèle l'histoire de l'échange d'allèles. *Plante avant Sci.*;8:1277.
105. Kamilova F., Lamers G., Lugtenberg B., 2008. Biocontrol strain *Pseudomonas fluorescens* WCS365 inhibits germination of *Fusarium oxysporum* spores in tomato root exudate as well as subsequent formation of new spores. *Environmental Microbiology*, [10](#), [\(9\)](#), pp 2455-2461.
106. Karnwal A., (2009) - Production of indole acetic acid by fluorescent *Pseudomonas* in the presence of L-tryptophan and rice root exudates. *J Plant Pathol*, 91, 1, 61-63.
107. Karou, M., Haffid, R., Smith, D.N., Samir, K. (1998). Roots and shoot growth water use and water use efficiency of spring durum wheat under early –season drouth. *Agronomie* 18:18:186.
108. [Kavanagh](#) K., 2005, *Fungi: Biology and applications*. John Wiley and Sons, England, 267 p.
109. Khalid, A., Arshad, M., & Zahir, Z. A. (2004). Screening plant growth-promoting rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. *Journal of Applied Microbiology*, 96(3), 473-480.
110. Khan, M. S., Zaidi, A., Wani, P. A., & Oves, M. (2009). Role of plant growth promoting rhizobacteria in the remediation of metal contaminated soils. *Environmental chemistry letters*, 7(1), 1-19.
111. KHENE B, BELGHIT S , MEHAYA H , ATTOUT F (2017). CONTRIBUTION A LA RECHERCHE D'ANTAGONISTES MICROBIENS VIS-A-VIS DE *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* DANS LES SOLS DE QUELQUES PALMERAIES DU SUD ALGERIEN (REGION DE GHARDAÏA). P 80- 90 *Revue des*
112. Killian, C., Maire, R., (1930). Le Bayoud, maladie du dattier. *Bull. Soc. Hist. Nat. Agr.*, 21: 89-101.
113. KIRDI, B. (2011). *Rôle des PGPR «Plant Growth Promoting Rhizobacteria» dans la croissance végétale et la lutte contre les phanérogames parasites* (Doctoral dissertation).

114. Kloepper JW, Scher FM, Laliberte M, Tipping B (1986) Emergence-promoting rhizobacteria: description and implications for agriculture. In: Iron, siderophores and plant diseases (TR Swinburne, ed) NATO ASI Series A, Life Sci, Plenum Press, New York, 351, 155-164
115. Kloepper JW, Scher FM, Laliberte M, Tipping B, (1986) Emergence-promoting rhizobacteria: description and implications for agriculture. In: Iron, siderophores and plant diseases (TR Swinburne, ed) NATO ASI Series A, Life Sci, Plenum Press, New York, 351, 155-164.
116. Kloepper JW, Schroth MN (1978) Plant growth promoting rhizobacteria on radishes. In: Proc Int Conf Plant Pathol Bact Angers, 379-382.
117. Köhl et al., (2019)
118. Köhl J, R. Kolnaar, W.J. Ravensberg
119. Krasilnikov, N. (1961). On the role of soil bacteria in plant nutrition. *The Journal of General and Applied Microbiology*, 7(2), 128-144.
120. Lambrecht M, Okon Y, Vande Broek A, Vanderleyden J (2000) Indole-3-acetic acid: a reciprocal signalling molecule in bacteria-plant interactions. *Trends Microbiol* 8:298–300.
121. Latour, X., & Lemanceau, P. (1997). Métabolisme carboné et énergétique des *Pseudomonas* spp fluorescents saprophytes à oxydase positive. *Agronomie*, 17(9-10), 427-443.
122. Lee H., Damsz B., Woloshuk C.P., Bressan R.A., Narasimhan M.L., 2010. Use of the plant defense protein osmotin to identify *Fusarium oxysporum* genes that control cell wall properties. *Eukaryot Cell*, 9 (4), pp558-68.
123. Lemanceau P (1992) Effets bénéfiques de rhizobactéries sur les plantes : exemple des *Pseudomonas* spp fluorescents. *agronomie* 12, 413-437.
124. Lemanceau P, (1992). Effets bénéfiques de rhizobactéries sur les plantes : exemple des *Pseudomonas* spp fluorescents. INRA, Laboratoire de recherches sur la flore pathogène et la faune du sol, 17, rue Sully, BV 1540 F21034 Dijon Cedex, France.
125. Lemanceau P, Alabouvette C (1991) Biological control of *Fusarium* diseases by fluorescent *Pseudomonas* and non-pathogenic *Fusarium*. *Crop Protec* 10, 279-286.
126. Leonard KJ, Bushnell WR, 2003. *Fusarium* head blight of wheat and barley. St. Paul, U.S.A.: APS Press.
127. Leong S., Latiffah K.Z. and Baharuddin S., 2009. Molecular Characterization of *Fusarium Oxysporum* sp. *Cubense* of Banana American Journal of Applied Sciences. 6, (7), pp 1301-1307.
128. Leslie J.F., 1995. *Gibberella fujikuroi*: Available populations and variable traits. *Canad. J. Botany*, 73 (suppl. 1), 282
129. Lin Zhu<sup>1</sup>, Nana Qian<sup>1</sup>, Yujun Sun<sup>1,2</sup>, Xiaoming Lu<sup>1</sup>, Haiming Duan<sup>1</sup> and Lisheng Qian<sup>1,2</sup> (2021). *Pseudomonas fluorescens* DN16 Enhances Cucumber Defense Responses Against the Necrotrophic Pathogen *Botrytis cinerea* by Regulating Thermospermine Catabolism. *Frontiers in Plant Science*.
130. Lin, R. J., Su, V. C., Wang, S., Chen, M. K., Chung, T. L., Chen, Y. H., ... & Tsai, D. P. (2019). Achromatic metalens array for full-colour light-field imaging. *Nature nanotechnology*, 14(3), 227-231.

131. M. Ashajyothi, A. Kumar, N. Sheoran, P. Ganesan, R. Gogoi, G.K. Subbaiyan, R. Bhattacharya, 2020. Black pepper (*Piper nigrum* L.) associated endophytic *Pseudomonas putida* BP25 alters root phenotype and induces defense in rice (*Oryza sativa* L.) against blast disease incited by *Magnaportheorizae*. *Biol. Control*, 143 (2020), p. 104181
132. Mahajan-Miklos, S., Tan, M. W., Rahme, L. G., & Ausubel, F. M. (1999). Molecular mechanisms of bacterial virulence elucidated using a *Pseudomonas aeruginosa*–*Caenorhabditis elegans* pathogenesis model. *Cell*, 96(1), 47-56.
133. Manaia, C.M. and Moore, E.R.B. 2002. *Pseudomonas thermotolerans* sp. nov., a thermotolerant species of the genus *Pseudomonas* «sensu stricto». *J. Syst. Evol. Microbiol.*, 52: 2203-2209.
134. María Lis Yanes et Natalia Bajsa, (2016). Fluorescent *Pseudomonas*: A Natural Resource from Soil to Enhance Crop Growth and Health. *Microbial Models: From Environmental to Industrial Sustainability* pp 323-349.
135. Marie-Benoît Magrini, Marc Anton, Célia Cholez, Gérard Duc, Guenaëlle Hellou, Marie-Hélène Jeuffroy, Jean-Marc Meynard, Élise Pelzer, Anne-Sophie Voisin, Stéphane Walrand. Transition vers des systèmes agricole et agroalimentaire durables : quelle place et qualification pour les légumineuses à graines (2017) Dans *Revue Française de Socio-Économie* (n° 18), pages 53 à 75
136. Mathieu Allaire, (2005). DIVERSITÉ FONCTIONNELLE DES PSEUDOMONAS PRODUCTEURS D'ANTIBIOTIQUES DANS LES RHIZOSPHÈRES DE CONIFÈRES EN PÉPINIÈRES ET EN MILIEU NATUREL. mémoire Québec
137. Maurhofer, M., Reimmann, C., Schmidli-Sacherer, P., Heeb, S., Haas, D., & D'Éfago, G. (1998). Salicylic acid biosynthetic genes expressed in *Pseudomonas fluorescens* strain P3 improve the induction of systemic resistance in tobacco against tobacco necrosis virus. *Phytopathology*, 88(7), 678-684.
138. Mavrodi, D. V., Ksenzenko, V. N., Bonsall, R. F., Cook, R. J., Boronin, A. M., & Thomashow, L. S. (1998). A seven-gene locus for synthesis of phenazine-1-carboxylic acid by *Pseudomonas fluorescens* 2-79. *Journal of bacteriology*, 180(9), 2541-2548.
139. Mazoyer, M. (2002). *La rousse agricole*. Ed. PP: 320\_321; 673.
140. Mazzola, M., Cook, R. J., Thomashow, L. S., Weller, D. M., & Pierson 3rd, L. S. (1992). Contribution of phenazine antibiotic biosynthesis to the ecological competence of fluorescent pseudomonads in soil habitats. *Applied and environmental microbiology*, 58(8), 2616-2624.
141. Mekhlouf A, Bouzerzour H, Benmahammed A, Hadj Sahraoui A, Harkati N, (2006). Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au climat semi-aride. *Sécheresse*, 17(4), 507–513.
142. Mercado-Blanco J. & Bakker P.A.H.M., (2007). Interactions between plants and beneficial *Pseudomonas* spp.: exploiting bacterial traits for crop protection. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 92, 367-389.
143. Mes J.J., Weststeijn E.A., Herlaar F., Lambalk J.M., 1999. Biological and molecular characterization of *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* divides race 1 isolates into separate virulence groups. *Phytopathology*, 89, 156-160.

144. Messaoud Benchabane, Dalila Toua, Rabah Bakour, (2013). Les Pseudomonas Spp. Fluorescents Phytobénéfiques. Presses Académiques Francophones, 672 page(livre).
145. Messaoud Benchabane, Dalila Toua, Rabah Bakour, 2013. Les pseudomonasspp. fluorescentsphytobénéfiques. Biocontrol et phytostimulation. livre
146. [Messiaen C.](#), [Blancard D.](#), Rouxel F. et [Lafon R.](#), 1991. Les Maladies des plantes maraîchères :Quae, Paris, 552 p.
147. Meyer, J. M. 1977. Pigment fluorescent et métabolisme du fer chez Pseudomonas fluorescens. Thèse de Doctorat d'Etat, Strasbourg.
148. Miedaner T, 1997. Breeding wheat and rye for resistance to Fusarium diseases. Plant Breeding 116, 201-220.
149. Mir RR, Zaman-Allah M, Sreenivasulu N, Trethowan R, Varshney RK, (2012). Integrated genomics, physiology and breeding approaches for improving drought tolerance in crops. Theoretical and Applied Genetics, 125(4), 625–645.
150. Mo F, Sun M, Yan Liu X, et al. 2016. Phenological responses of spring wheat and maize to changes in crop management and rising temperatures from 1992 to 2013 across the Loess Plateau. Field Crop Res (196): 337–347. DOI: 10.1016/j.fcr.2016.06.024.
151. Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: Relevance beyond efficacy
152. Montesinos, D., (2019), Forest ecological intensification. Trends in Ecology & Evolution, vol. 24, No. 6, pp. 484-486
153. Moore, R. B., Maul, M., Arnscheidt, A., Bottger, E.C., Roger, A. Hutson, M. D., Collins, J., De Peer Y.v., De Wachter, R., And. Timmis, K. N., 1996. The Determination and Comparison of the 16S rRNA Gene Sequences of Species of the Genus Pseudomonas (sensu stricto) and Estimation of the Natural Intrageneric Relationships). System. Appl. Microbiol. 19-478-492.
154. Moragues M, Moralejo M, Sorrells ME, Royo C, (2007). Dispersion des variétés locales de blé dur à travers le bassin méditerranéen évaluée par AFLP et microsatellites. Genet Resour Culture Evol.;54:1133–44.
155. Mordukhova, E.A., Skvortsova, N.P., Kochettor, V.V., Dubeikovskii, A.N. and Boronin, A.M. 1991. Synthesis of the phytohormone indole-3-acetic acid by rhizosphere bacteria of the genus *Pseudomonas*. *Mikrobiologiya*60:494-500.
156. Morel, M. A., & Castro-Sowinski, S. (2013). The complex molecular signaling network in microbe–plant interaction. In *Plant microbe symbiosis: Fundamentals and advances* (pp. 169-199). Springer, New Delhi.
157. Moriondo M, Giannakopoulos C, Bindi M. 2011. Climate change impact assessment: the role of climate extremes in crop yield simulation. Clim Change 104: 679–701. DOI: 10.1007/s10584-010-9871-0.
158. Munier P. (1973). Le palmier dattier. Techniques agricoles et production tropicales. Paris, XXIV, Ed. Maisonneuve et Larose, 221p.
159. Muriel Marchi, (2013). Analyse du génome de la bactérie phytoprotectrice *Pseudomonas fluorescens* P Arp et implication de systèmes de sécrétion protéique de type VI dans la capacité bactérienne à coloniser des surfaces. thèse.fr

160. Naik R.-P., Sakthivel N., (2006) - Functional characterization of a novel hydrocarbonoclastic *Pseudomonas* sp. strain PUP6 with plant-growth-promoting traits and antifungal potential. *Res Microbiol*, 157, 538–546.
161. Naik et al., 2008. P.R. Naik, G. Raman, K.B. Narayanan, N. Sakthivel
162. Nautiyal, C. S. (1999). An efficient microbiological growth medium for screening phosphate solubilizing microorganisms. *FEMS Microbiol. Lett.* 170: 265 - 270.
163. O'sullivan, D. J., & O'Gara, F. (1992). Traits of fluorescent *Pseudomonas* spp. involved in suppression of plant root pathogens. *Microbiological reviews*, 56(4), 662-676.
164. Ohara T., Inoue I., Namiki F., Kunoh H. and Tsuge T., 2004. *REN1* is required for development of microconidia and macroconidia, but not of chlamydospores, in the plant pathogenic fungus *Fusarium oxysporum*. *Genetics Society of America*, 166, pp 113-124.
165. ONFA. (2017). Pré-Bilan de la campagne céréalière 2016/2017. N°2.
166. Optimization of cultural conditions for production of chitinase by *Bacillus laterosporus* MML2270 isolated from rice rhizosphere soil
167. Osborne LE, Stein JM, 2007. Epidemiology of *Fusarium* head blight on small-grain cereals. *International Journal of Food Microbiology* 119, 103– 108.
168. Oulebsir-Mohandkaci, H., Tihar-Benzina, F., Belkacem, C. A., & Belgrade, A. N. (2020). Recherche de molécules bioactives d'intérêt à partir d'une collection de souches bactériennes rhizosphériques et étude de leur effet antifongique. *Algerian Journal of Environmental Science and Technology*, 6(3).
169. OUSERIR Samira, CHENNAOUI Nabila et BENCHABANE Messaoud. (2018). EFFETS DE LA BACTÉRIISATION PAR *PSEUDOMONAS FLUORESCENS* ET *RHIZOBIUM FABAE* SUR LA STIMULATION DE LA NODULATION ET DE LA CROISSANCE DE LA FÈVE (*VICIA FABAE* L. VAR. *HISTAL*), 8(1): 775-785.
170. Peleg, Z., & Blumwald, E. (2011). Hormone balance and abiotic stress tolerance in crop plants. *Current opinion in plant biology*, 14(3), 290-295.
171. Pereau-Leroy, P., (1958). Le Palmier dattier au Maroc. Min .Agric. Maroc, Service. Rech. Agron. et Inst Français Rech. Fruit Outre Mer, (I.F.A.C), 142 p.
172. Pierson III LS, Keppenne VD, Wood DW (1994) Phenazine antibiotic biosynthesis in *Pseudomonas aureofaciens* 30-84 is regulated by PhzR in response to cell density. *J Bacteriol* 176, 3966-3974.
173. Pierson III LS, Wood DW (1994) A diffusible signal molecule regulates phenazine expression in *Pseudomonas aureofaciens*. *Phytopathology* 84, 1082.
174. Pieterse, C. M., Van Wees, S. C., Hoffland, E., Van Pelt, J. A., & Van Loon, L. C. (1996). Systemic resistance in *Arabidopsis* induced by biocontrol bacteria is independent of salicylic acid accumulation and pathogenesis-related gene expression. *The Plant Cell*, 8(8), 1225-1237.
175. *Plant Physiol. Biochem.*, 127 (2018), pp. 599-607
176. Pradhan, N., & Sukla, L. B. (2006). Solubilization of inorganic phosphates by fungi isolated from agriculture soil. *African Journal of Biotechnology*, 5(10).
177. Prats J., (1966). La fertilisation raisonnée. Ministère de l'agriculture. Direction générale de production et de marchés. 7 édition. Paris. 87 p.

178. PRivière J (1966) Action des micro-organismes de la rhizosphère sur la croissance du blé. III. Isolement et identification des bactéries dégradant l'acide indole-3-acétique. *Ann Inst Pasteur* 111, 250-256.
179. Ranieri R, (2015). Geography of the Durum Wheat Crop, *pastaria international* 6.
180. Ravel, J., & Cornelis, P. (2003). Genomics of pyoverdine-mediated iron uptake in pseudomonads. *Trends in microbiology*, 11(5), 195-200.
181. Renshaw, J. C., Robson, G. D., Trinci, A. P., Wiebe, M. G., Livens, F. R., Collison, D., & Taylor, R. J. (2002). Fungal siderophores: structures, functions and applications. *Mycological Research*, 106(10), 1123-1142.
182. Renshaw, J. C., Robson, G. D., Trinci, A. P., Wiebe, M. G., Livens, F. R., Collison, D., & Taylor, R. J. (2002). Fungal siderophores: structures, functions and applications. *Mycological Research*, 106(10), 1123-1142.
183. Rezaei EE, Siebert S, Hüging H, Hüging H, Ewert F. 2018. Climate change effect on wheat phenology depends on cultivar change. *Sci Rep* 8: 489. DOI: 10.1038/s41598-018-23101-2. CrossRef PubMed.
184. Ricci et al., (2019). E. Ricci, T. Schwinghamer, D. Fan, D.L. Smith, V. Gravel
185. Rodelas, B., V. Salmeron, M. V. Martinz – Toledo et G. J. Loper. 1993. Production of vitamins by *Azospirillum brasilense* in chemically defined media. *Plant Soil* 153 , 97 – 101.
186. Rolfe, B. G., Djordjevic, M. A., Weinman, J. J., Mathesius, U., Pittock, C., Gärtner, E., ... & McIver, J. (1997). Root morphogenesis in legumes and cereals and the effect of bacterial inoculation on root development. In *Opportunities for Biological Nitrogen Fixation in Rice and Other Non-Legumes* (pp. 131-144). Springer, Dordrecht.
187. Ryals, J., Weymann, K., Lawton, K., Friedrich, L., Ellis, D., Steiner, H. Y., ... & Uknes, S. (1997). The Arabidopsis NIM1 protein shows homology to the mammalian transcription factor inhibitor I kappa B. *The Plant Cell*, 9(3), 425-439.
188. Scher FM, Baker R (1982) Effect of *Pseudomonas putida* and a synthetic iron chelator on induction of suppressiveness to *Fusarium-wilt* pathogens. *Phytopathology* 72, 1567-1573
189. SEDRA M.H : La maladie du Bayoud du palmier dattier en Afrique du Nord : Diagnostic et caractérisation. Actes du Symposium International sur le Développement Durable des Systèmes Oasiens. BOULANOUAR B.& KRADI C. (Eds.). Erfoud (Maroc). Mars 2006 ; 26-34.
190. Shaharoon, B., Jamro, G. M., Zahir, Z. A., Arshad, M., & Memon, K. S. (2007). Effectiveness of various *Pseudomonas* spp. and *Burkholderia caryophylli* containing ACC-deaminase for improving growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of microbiology and biotechnology*, 17(8), 1300-1307.
191. Shanmugaiah et al., 2008
192. Shanmugaiah V, Mathivanan N, Balasubramanian N, P.T. Manoharan
193. Sharma K, Dak G, Agrawal A, Bhatnagar M, Sharma R. 2007. Effect of phosphate solubilizing bacteria on the germination of *Cicer arietinum* seed and seedling growth. *J. Herb. Med. Toxicol.* 1: 61-63.
194. Sharma, A. and B. N. Johri. 2003. Combat of iron-deprivation through a plant growth promoting fluorescent *Pseudomonas* strain GRP3A in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilzeck). *Microbiol. Res.*, 158: 77-81

195. Singh S, Kapoor KK. (1994). Solubilization of insoluble phosphates by bacteria isolated from different sources. *Environ Ecol* 12:51–55.
196. Sivasakthi S, Usharani G and P. Saranraj, (2014) Biocontrol potentiality of plant growth promoting bacteria (PGPR) - *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis*. Vol. 9(16), pp. 1265-1277, *African Journal of Agricultural Research*.
197. Sivasakthi, S., Usharani, G., & Saranraj, P. (2014). Potentiel de biocontrôle des bactéries favorisant la croissance des plantes (PGPR) - *Pseudomonas fluorescens* et *Bacillus subtilis* : une revue. *Revue africaine de recherche agricole*, 9 (16), 1265-1277.
198. Snyder W.C., Hansen H.N., 1940. The species concept in *Fusarium*. *American Journal of Botany*, 27, pp 64-67.
199. Stanier, R. Y., Palleroni, N. J. and Doudoroff, N. 1966. The aerobic pseudomonads : taxonomic study. *J. Gen. Microbiol.*, 43 : 159-271.
200. Steenhoudt O, Vanderleyden J (2000) *Azospirillum*, biochemical and ecological aspects. *FEMS Microbiol Rev* 24:487-506.
201. Stephens PM, Crowley JJ, O'Connell C . 1993. Selection of pseudomonad strains inhibiting *Pvthiumultinuem* on sugarbeet seeds in *Soil Biol Biochem* 9, 1283-1288.
202. Steve H.D., Jack K.C., Mary L.F., 2004. Pests of landscape trees and shrubs : an integrated pest management guide-2 *nd Edition*. ANR publication. 501p.
203. Stratégies pour Amélioration des cultures, Khan
204. Strzelczyk E, Kampert M, Dahm H (1973) Production and decomposition of indole acetic acid (IAA) by microorganisms isolated from the root zone of two crop plants. *Acta Microbiol Pol, Ser B5* (22), 71-79.
205. Taguet F., Boisset B.C., Heyraud B.A, Buon L.B. and Kaci Y. (2015). Characterization and structure of the polysaccharide produced by *Pseudomonas fluorescens* strain TF7 isolated from an arid region of Algeria. *C. R. Biologies* .338:335– 342.
206. Tarnawski S., Hamelin J., Jossi M., Aragno M., Fromin N., (2006) - Phenotypic structure of *Pseudomonas* populations is altered under elevated p CO<sub>2</sub> in the rhizosphere of perennial grasses. *Soil Biol Biochem*, 38, 1193–1201.
207. Tate R.L., 2000. *Soil Microbiology*. Ed. John Wiley & Sons, Inc. New York. , 149- 152.
208. The ACC deaminase expressing endophyte *Pseudomonas* spp. Enhances NaCl stress tolerance by reducing stress-related ethylene production, resulting in improved growth, photosynthetic performance, and ionic balance in tomato plants
209. Thomashow L.S. and Weller D.M. (1988). Role of a phenazine antibiotic from *Pseudomonas fluorescens* in biological control of *Gaeumannomycesgraminis var tritici* .*JBacteriol* 170: 3499-3508.
210. Thomashow, L.S. and Weller, D.M. 1996. Current concepts in the use of introduced bacteria for biological disease control mechanisms and antifungal metabolites. pp. 187-235. In: *Plant-microbe interactions*. Vol. I. Stacey, G. and Keen, M. (Eds.). Chapman and Hall, New York, USA.
211. Toutain G. (1967). Le palmier dattier, culture et protection. *Al Awamiya*. 25: 83-15, INRA-Rabat Maroc.
212. Turatto M.F., Dourado F.S., Zilli, J.E. and Botelho, G.R. (2018). Control potential of *Meloidogyne javanica* and *Ditylenchus* spp. Using fluorescent *Pseudomonas* and *Bacillus* spp. *Brazilian journal of microbiology*. 49: 54–58

213. USDA, (2017). Algeria Exporter Guide.
214. Van Loon, L. C., Bakker, P. A. H. M., & Pieterse, C. M. J. (1998). Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. *Annual review of phytopathology*, 36(1), 453-483.
215. Van Peer R, Schippers B (1989) Plant growth responses to bacterization with selected *Pseudomonas* spp strains and rhizosphere microbial development in hydroponic cultures. *Can J Microbiol* 35, 456-463
216. Varma, A., & Chincholkar, S. B. (Eds.). (2007). *Microbial siderophores* (Vol. 12). Springer Science & Business Media.
217. Ventrella D, Charfeddine M, Moriondo M, Rinaldi M, Bindi M. 2012. Agronomic adaptation strategies under climate change for winter durum wheat and tomato in southern Italy: irrigation and nitrogen fertilization. *Reg Environ Change* 3: 204–219. DOI: 10.1007/s10113-011-0256-3.
218. Vessey J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil*, 255: 571–586.
219. Voisard C, Bull C, Keel C, Laville J, Maurhofer M, Schnider U, Défago G, Haas D .1994. Biocontrol of root diseases by *Pseudomonas fluorescens* CHAO: current concepts and experimental approaches. In : *Molecular Ecology of Rhizosphere Microorganisms*. F O'Gara, D Dowling, B Boesten. eds., VCH, Weinheim, 67-89.
220. Voisard, C., Keel, C., Haas, D., & Défago, G. (1989). Cyanide production by *Pseudomonas fluorescens* helps suppress black root rot of tobacco under gnotobiotic conditions. *The EMBO Journal*, 8(2), 351-358.
221. Voisard, C., Keel, C., Haas, D., & Défago, G. (1989). Cyanide production by *Pseudomonas fluorescens* helps suppress black root rot of tobacco under gnotobiotic conditions. *The EMBO Journal*, 8(2), 351-358.
222. Wang, Y., Kern, S. E. et Newman, D. K. 2010. Endogenous Phenazine Antibiotics Promote Anaerobic Survival of *Pseudomonas Aeruginosa* Via Extracellular Electron Transfer. *J Bacteriol* 192, 365-369.
223. Wani PA, Khan MS, Zaidi A. 2007. Synergistic effects of the inoculation with nitrogen-fixing and phosphate-solubilizing rhizobacteria on the performance of field-grown chickpea. *J Plant Nutr Soil Sci* 170:283–28.
224. Weller DM (1988) Biological control of soilborne plant pathogens in the rhizosphere with bacteria. *Annu Rev Phytopathol* 26, 379-407.
225. Weller DM, Cook RJ (1986) Increased growth of wheat by seed treatments with fluorescent pseudomonads, and implications of *Pythium* control. *Can J Plant Pathol* 8, 328-334
226. Whipps, J. M. (2001). Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere. *Journal of experimental Botany*, 52(suppl\_1), 487-511.
227. Whitelaw MA. 2000. Promotion de la croissance de les plantes inoculé avec phosphate champignons solubilisants. *Av. Agron.*, 69 : 99.
228. Whitelaw MA. 2000. Growth promotion of plants inoculated with phosphate solubilizing fungi. *AdvAgron.* 69:99-151.
229. Win et al., 2018
230. Woltz, S.S. and J.P. Jones. 1981. Nutritional requirements of *Fusarium oxysporum*: Basis for a disease control system, pp. 340-349.

231. Wu, S. C., Cao, Z. H., Li, Z. G., Cheung, K. C., & Wong, M. H. (2005). Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma*, 125(1-2), 155-166.
232. Xu XM, Nicholson P, 2009. Community ecology of fungal pathogens causing wheat head blight. *Annual Review of Phytopathology* 47, 83–103.
233. Yang, C. H., & Crowley, D. E. (2000). Rhizosphere microbial community structure in relation to root location and plant iron nutritional status. *Applied and environmental microbiology*, 66(1), 345-351.
234. Yuen GY, Schroth MN (1986) Interactions of *Pseudomonas fluorescens* strain E6 with ornamental plants and its effect on the composition of rootcolonizing microflora. *Phytopathology* 76, 176-180
235. Yumoto, I., Yamazaki, K., Hishinuma, M., Nodasaka, Y., Suemori, A., Nakajima, K., Inoue, N. and Kawasaki, K. 2001. *Pseudomonas alcaliphila* sp. nov., a novel facultatively psychrophilic alkaliphile isolated from seawater. *J. Syst. Evol. Microbiol.*, 51 : 349-355.
236. Zaïdi A, Khan M, Ahmad M, oves M, Wani PENNSYLVANIE. 2009 .Récent Avances dans Plante Croissance Promotion par Phosphate- Solubilisant Microbes. Dans Microbien MS, Zaïdi UNE, Musarat J (éds). Springer : Berlin, Allemagne; 23-50
237. Zaidi, S., Usmani, S., Singh, B. R., & Musarrat, J. (2006). Significance of *Bacillus subtilis* strain SJ-101 as a bioinoculant for concurrent plant growth promotion and nickel accumulation in *Brassica juncea*. *Chemosphere*, 64(6), 991-997.
238. Zerari A., (1992). L'évaluation de la biomasse- plante et du poids de mille grains comme critère de sélection pour améliorer le rendement en F4 des trois croisements de blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans les hauts plateaux sétifiens. 56 p.

### Webography

1. Bessaoud O, (2019). Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie. [https://www.iamm.ciheam.org/ress\\_doc/opac\\_css/doc\\_num.php?explnum\\_id=18246](https://www.iamm.ciheam.org/ress_doc/opac_css/doc_num.php?explnum_id=18246). Site consulté le 5/04/2020
2. FAO, 2021. <http://www.fao.org/news/story/fr/item/1397819/icode/> Site consulté le 15/01/2021
3. Statista Research Department, 2 oct. (2019) [.https://fr.statista.com/statistiques/559831/principaux-pays-producteurs-de-ble-dans-le-monde](https://fr.statista.com/statistiques/559831/principaux-pays-producteurs-de-ble-dans-le-monde) Site consulté le 08/06/2021
4. [www.world-grain.com](http://www.world-grain.com) Site consulté le 15/04/2021

