

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة عبد الحميد بن باديس _ م _
Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem

ة علوم الطبيعة و الحياة _
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie



م البيولوجيا و
Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de
Magister en biologie

Option

«Science du Sol et Environnement»

par

M. DJOUDI Abdelhak

Thème

***Pseudomonas* des sols salés de l'ouest Algérien,
taxonomie et production des métabolites rares.**

Laboratoire de la biodiversité et conservation des eaux et des sols, université de Mostaganem.

Laboratoire de la microbiologie et la physiologie végétale, université de Mostaganem.

Devant le jury :

Nom et prénom	Grade	Qualité	Appartenance administrative
BELAHCEN M.	Pr	Président	Université de Mostaganem
DJIBAOUI R.	MC _A	Encadreur	Université de Mostaganem
REGUIEG YSSAAD H.A.	MC _A	Co-encadreur	Université de Mostaganem
BELKHODJA M.	Pr	Examineur	Université d'Oran
BENSOLTANE A.	Pr	Examineur	Université d'Oran

Année universitaire : 2011 / 2012

Remerciement

Je remercie Dieu qui m'a guidé tout le long de ce chemin afin de réaliser ce modeste travail.

*Je remercie **Mr. DJIBAOUI Rachid** et **Mr. REGUIEG YSSAAD H.A.** d'avoir accepté de m'encadrer, pour leur patience et leurs précieux conseils.*

*Je remercie vivement **Mr. BELAHCEN Miloud**, professeur à l'université de Mostaganem, qui m'a fait l'honneur de présider ce jury.*

*Je remercie vivement **Mr. BELKHODJA Moulay**, professeur à l'université d'Oran, d'avoir accepté de faire partie du jury et juger mon travail.*

*Je remercie vivement **Mr. BENSOLTANE Ahmed**, professeur à l'université d'Oran, d'avoir accepté de faire partie du jury et juger mon travail.*

Je remercie le Laboratoire de la microbiologie et la physiologie végétale de l'université de Mostaganem.

Je remercie tous les enseignants de la faculté des sciences exacts et sciences de la nature et de la vie,

*Je tiens à remercier les techniciens du laboratoire de microbiologie **Mr. BENBOUZIANE Dj.** et **Mme AMIR F.** qui ont facilité notre tâche.*

Enfin, je remercie tous qui ont participé de près où de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL:

*À MES TRÈS CHERS PARENTS QUI ONT FAIT BEAUCOUP
DE SACRIFICES TOUT EN VEILLANT SUR MON ÉDUCATION ET
MON INSTRUCTION POUR QUE JE SOIS UN JOUR LE DIGNE DE LEUR
BONNE FOI.*

*À MES FRÈRES ET SŒURS, MES ONCLES ET TANTES ET À TOUTE
FAMILLE DJOUDI.*

*À MES COLLÈGUES QUI ONT PASSÉ AVEC MOI LES MOMENTS LES PLUS
AGRÉABLES À LA CITÉ UNIVERSITAIRE ET À L'INES DE CHIMIE
SLIMANE, TAYÉB, ABDERRAHMEN, HADJ, MOKHTAR.*

*ET UNE DÉDICACE EXCEPTIONNELLE POUR MA FEMME *Khalidia**

*À TOUS CEUX QUI M'ONT ENCOURAGÉ ET M'AIDER DE
PRÈS OU DE LOIN POUR RÉALISER*

CE TRAVAIL

Abdelhak

Liste des tableaux

Tableau 01: Les cinq groupes génomiques de *Pseudomonas*.

Tableau 02: caractères permettant de caractériser quelque espèce *Pseudomonas*.

Tableau 03 : Stimulation de la croissance des plantes et du rendement des cultures après inoculation de souches de *Pseudomonas spp* fluorescents.

Tableau 04 : Exemples de suppression des maladies bactérienne par des *Pseudomonas*.

Tableau 05 : Exemples des *Pseudomonas* utilisées pour lutter contre les maladies fongiques des plantes.

Tableau 06: Exemples des *Pseudomonas* utilisées pour lutter contre les maladies virales des plantes.

Tableau 07 Exemples des *Pseudomonas* utilisées pour lutter contre les nématodes phytopathogènes.

Tableau 08 : résultats analytiques du profil.

Tableau 09 : Les températures mensuelles moyennes, maximales et minimales (°C).

Tableau 10: résultats du dénombrement des microorganismes suivant les différents degrés de salinités.

Tableau 11 : les isolats de *Pseudomonas* et leurs origines de l'isolement.

Tableau 12 : les résultats des différents tests biochimiques.

Tableau 13 : tolérance des isolats vis a vis les concentrations du NaCl.

Tableau 14: résultats des tests d'antagonisme.

Liste des figures

Fig. 1: représentation du rôle de l'ACC désaminase empêchant l'élongation des racines par l'éthylène.

Fig. 02: types de plantes selon le niveau de tolérance à la salinité du sol exprimé en termes de réduction de la croissance.

Fig. 03 : Régulation et compartimentation ionique.

Fig. 04 : Rôle de l'acide abscéique dans la réponse au stress salin.

Fig. 05 : Diagramme de production et caractérisation de l'antibiotique.

Fig. 06 : Diagramme de production et caractérisation de la pyoverdine.

Fig. 07 : Diagramme expérimentale.

Fig. 08: Représentation géographique de la zone d'étude.

Fig. 09 : Schéma du réseau hydrographique de la zone d'étude.

Fig. 10 : Représentation graphiques des pourcentages de différentes spéculations.

Fig. 11 : Représentation graphiques des pourcentages des superficies en fonction de degrés de salinité.

Fig. 12 : Profil analysé.

Fig. 13 : Les moyennes mensuelles des pluviométries de la zone d'étude de la période 1988 – 2010.

Fig. 14 : Courbe ombrothermique de Gaussen.

Fig. 15 : Climatgramme ombrothermique d'Emberger.

Fig. 16 : Boîtes Pétriensemencées par les différentes dilutions en milieux king B qui présentent des colonies jaunes verdâtres.

Fig. 17 : Repiquage de différentes colonies qui présentent des colorations jaunes verdâtres.

Fig. 18 : Feuillet de la fève présentant des maladies fongiques récoltées des champs de Mostaganem, à partir desquelles on a isolé *Alternaria*.

Fig. 19 : L'effet antimicrobien de la souche P8 sur les différentes bactéries, actinomycètes et champignon utilisées.

Fig. 20 : L'effet antimicrobien de la souche P5 sur *Actinomycète sp* et *Alternaria alternata*.

Fig. 21 : La couleur du milieu après 40h de d'incubation.

Fig. 22 : Graphe montre les résultats d'analyse de la pyoverdine par spectrophotomètre UV-Visible.

Fig. 23 : Spectre d'absorption de la pyoverdine.

Fig. 24 : Graphe montrant les résultats d'analyse de l'antibiotique par spectrophotomètre UV-Visible.

Fig. 25 : Spectre d'absorption de la pyocyanine.

Fig. 26 : L'effet de la pyoverdine et l'antibiotique sur la croissance mycélienne d'*Alternaria alternata*.

Fig. 27 : Evaluation de la croissance des souches P5 et P8 en densité optique en fonction du temps.

Fig. 28 : L'effet de l'inoculation des souches P5 et P8 sur la hauteur des tiges.

Fig. 29 : L'effet de l'inoculation des souches P5 et P8 sur la longueur des racines.

Fig. 30 : L'effet de l'inoculation des souches P5 et P8 sur la longueur des plantes.

Fig. 31 : L'effet de l'inoculation des souches P5 et P8 sur le poids frais des tiges.

Fig. 32 : L'effet de l'inoculation des souches P5 et P8 sur le poids frais des racines.

Fig. 33 : L'effet de l'inoculation des souches P5 et P8 sur le poids frais des plantes entières.

Fig. 34 : L'effet de l'inoculation des souches P5 et P8 sur le poids sec des tiges.

Fig. 35 : L'effet de l'inoculation des souches P5 et P8 sur le poids sec des racines.

Fig. 36 : L'effet de l'inoculation des souches P5 et P8 sur le poids sec des plantes entières.

Fig. 37 : plantes inoculée par les souches de *Pseudomonas*.

Fig. 38 : plantes infectées par *Alternaria alternata* mais n'ont pas présenté les symptômes.

Liste des abréviations

°C	Degrés Celsius
ABA	Acide abscissique
ACC	Acide 1-aminocyclopropane-1-carboxylic
ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydriques
CE	Conductivité Electrique
CEC	Capacité D'échange Cationique
CPCS	Commission de Pédologie et de Cartographie de Sols
EDT	Eau Déminéralisée Totale
ESP	Pourcentage de Sodium Echangeable
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
GPS	Global Position Système
IAA	Acide indole-3-acétique
INSID	Institut National des Sols, de l'Irrigation et du Drainage
MADR	Ministère de l'Agriculture et le Développement Rural
MO	Matière Organique
PGPR	Bactéries Favorisant la Croissance des Plantes
PIB	Production Interne Brute
Q	Quotient ombrothermique d'Emberger
SAR	Sodium Absorption Ration
SAU	Surface Agricole Utile
USDA	Etats Unit Département de l'Agriculture
UV	Ultra Violet
ADHS	Avec une différence hautement significative
ADS	Avec une différence significative
ADNS	Avec une différence non significative

Sommaire

Introduction.....	1
-------------------	---

Partie bibliographique

Chapitre I: Taxonomie des *Pseudomonas*

1. La classification de <i>Pseudomonas</i>	5
2. Caractères généraux	7
2.1. Morphologie et structure	7
2.2. Croissance et nutrition	7
3. Caractères physiologiques	7
3.1. Métabolisme.....	8
4. Autres propriétés biochimiques	8
5. Production de pigments	10
5.1. Pigments fluorescents	10
5.2. Pigments phénaziniques	11
5.3. Milieux favorisant la synthèse des pigments.....	11
6. Pouvoir pathogène	11
7. Quelques <i>Pseudomonas</i> du sol	12
7.1. <i>Pseudomonas fluorescens</i>	12
7.2. <i>Pseudomonas putida</i>	12
7.3. <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	12

Chapitre II: *Pseudomonas* Comme PGPR

1. L'effet bénéfique des <i>Pseudomonas</i> sur le développement des plantes.....	15
2. <i>Pseudomonas</i> comme biofertilisateurs	15
2.1. Stimulation de la croissance des plantes	16
2.2. Stimulation de la germination	16
2.3. Stimulation de l'interaction entre la microflore symbiotique et la plante haute.....	17
2.4. Rôle biopesticide.....	18
2.4.1. Lutte contre les maladies bactérienne des plantes	18
2.4.2. Lutte contre les maladies fongiques des plantes.....	19
2.4.3. Lutte contre les maladies virales	20
2.4.4. Lutte contre les nématodes	21
2.4. Stimulation de la croissance des plantes dans les conditions salines	22
2.4.1. L'éthylène et ACC désaminase.....	22
2.4.1.1. L'effet de l'ACC désaminase sur la croissance des plantes dans les conditions salines	23

Chapitre III: Généralités sur la Salinité des Sols

1. Définition de la salinité.....	26
-----------------------------------	----

2.	les sols salés.....	26
3.	Les sols salsodiques.....	26
4.	Classification des sols salsodiques	27
4.1.	Classification française C.P.C.S (1967).....	27
4.1.1.	Sous classe des sols sodiques à structure non dégradée :.....	27
4.1.2.	Sous classe des sols sodiques à structure dégradée :.....	28
4.2.	Classification Américaine (U.S.D.A. 1975).....	28
4.3.	Classification F.AO.....	29
5.	Facteurs de la salinisation des sols	29
5.1.	La salinisation primaire:	29
5.2.	La salinisation secondaire:.....	29
5.3.	Conditions climatiques de la salinisation	30
6.	Mesure de la salinité	30
6.1.	Conductivité électrique	30
6.2.	sodicité.....	31
6.3.	Pourcentage de sodium échangeable (ESP)	31

Chapitre IV: Effet de la Salinité sur les Plantes

1.	Action de sel sur la croissance et le développement.....	35
1.1.	Impacts de la salinité sur l'eau dans la plante	36
1.2.	Sur l'anatomie des feuilles.....	36
1.3.	Sur la photosynthèse	36
1.4.	Sur les lipides.....	36
1.5.	Sur l'absorption minérale.....	37
1.6.	Effet de la salinité sur les enzymes antioxydants	37
2.	Effet de la salinité sur les glycophytes et les halophytes	38
3.	Tolérance des plantes à la salinité.....	38
3.1.	Régulation ionique et compartimentation	38
3.2.	Accumulation de proline.....	39
3.3.	Autres modes de tolérance à la salinité.....	39
4.	Mécanisme de Tolérance vis-à-vis la salinité	41
4.1.	L'exclusion.....	41
4.2.	L'inclusion.....	41
5.	microorganismes des sols salins	42

Partie Expérimentale

Chapitre I: Matériels et Méthodologie de Travail

I.	Caractérisation de la zone d'étude	46
1.	Etude préliminaire	46

1.2.	à regroupé des données climatiques, des données topographiques, géomorphologiques et des informations sur l'occupation des sols.	46
2.	Prospection sur terrain	46
2.1.	Prospection de reconnaissance	46
2.1.1.	Critère de choix du profil pédologique.....	46
2.1.2.	Etude morphologique stationnelle.....	47
3.	Analyses physico-chimiques des sols	47
3.1.	Analyses physiques	47
3.1.1.	Granulométrie	47
3.1.2.	Mesure du pH.....	47
3.2.	Analyses chimiques	47
3.2.1.	Calcaire total : méthode de calcimètre de Bernard.....	47
3.2.2.	Calcaire actif	48
3.2.3.	Carbone organique	48
II.	Analyse microbiologique des sols.....	49
1.	Echantillonnage du sol.....	49
2.	Dénombrement des bactéries	49
2.1.	Préparation des suspensions dilutions	49
2.2.	Ensemencement	49
3.	Isolement, purification et conservation des <i>Pseudomonas</i>	49
4.	Identification des isolats de <i>Pseudomonas</i>	50
4.1.	Etude macroscopique	50
4.2.	Etude microscopique.....	50
4.3.	Etude biochimique et physiologique	50
4.3.1.	Test de RM.....	50
4.3.2.	Test de VP	50
4.3.3.	Catalase	50
4.3.4.	Mobilité et fermentation du mannitol.....	51
4.3.5.	Croissance a 4°C et a 42°C	51
4.3.6.	Recherche de la lécithinase	51
4.3.7.	Hydrolyse de l'amidon	51
4.3.8.	Hydrolyse de la gélatine	51
4.3.9.	Production des pigments	52
4.3.10.	Croissance dans différents degrés de salinités.....	52
5.	Détermination du pouvoir antagoniste des souches	52
5.1.	Isolement d'un champignon pathogène de la fève (<i>Vicia faba</i>).....	52
5.1.1.	Bactéries et actinomycètes tests	53
5.2.	Test d'antagonisme <i>in vitro</i>	53
5.2.1.	Mesure de la zone d'inhibition de croissance.....	53

6.	Production et caractérisation de la Pyoverdine et d'antibiotique	53
6.1.	Production et caractérisation d'antibiotique	53
	<i>Extraction de l'antibiotique</i>	53
	<i>Caractérisation de l'antibiotique par spectrophotomètre UV-Visible</i>	54
6.2.	Production et caractérisation de la Pyoverdine	54
	<i>L'extraction de la Pyoverdine</i>	54
	<i>Caractérisation de la Pyoverdine par spectrophotomètre UV-Visible</i>	55
7.	Effet de la pyoverdine et de l'antibiotique sur la croissance mycélienne d' <i>Alternaria alternata</i>	56
8.	Détermination du taux de croissance et du temps de génération des souches antagonistes	56
III.	Etude de l'effet de l'inoculation du support pédologique par des souches P8 et P5 sur la croissance de la fève (<i>Vicia faba</i>) : l'expérience est faite en présence et en absence du sel	57
1.	L'obtention des graines	57
1.1.	Prégermination des graines	57
1.2.	Préparation du support pédologique	57
1.3.	Repiquage des graines germées	57
2.	Etude de l'effet de l'inoculation du support pédologique par des souches P8 et P5 en présence et absence du sel sur la croissance de la fève (<i>Vicia faba</i>)	58
2.1.	Préparation de l'inoculum	58
2.2.	Expérimentation	58
2.2.1.	Expérimentation en présence du sel	58
2.2.2.	Expérimentation en absence du sel	58
IV.	Etude de l'effet de l'inoculation des feuilles par les souches P5 et P8 sur l'expression en taches de l'alternariose causé par l'agent phytopathogène <i>Alternaria alternata</i> sur la fève (<i>Vicia faba</i>).	60
1.	Préparation de la suspension bactérienne	60
2.	Préparation de la suspension des spores d' <i>Alternaria alternata</i>	60
3.	Expérimentation	60
4.	Expérimentation en présence du sel	60
5.	Expérimentation en absence du sel	61

Chapitre II: Résultats et Discussions

I.	Présentation de la zone d'étude	64
1.	Situation géographique de la zone d'étude	64
2.	Géologie :	65
3.	Géomorphologie	65
4.	Hydrogéologie	65
5.	Hydrographie	65
6.	Topographie de la zone d'étude	66
7.	La végétation	66
7.1.	La végétation naturelle	66
7.2.	Les cultures pratiquées	67

8.	la salinité des sols	67
II.	Caractérisation édaphique et climatique de la zone d'étude.....	69
1.	Caractérisation édaphique.....	69
1.1.	Description du milieu.....	69
1.2.	Description du profil type	69
2.	Caractérisation climatique	71
2.1.	Pluviométrie.....	71
2.2.	La température	72
2.3.	Courbes ombrothermiques de Gaussen.....	72
2.4.	Quotient ombrothermique d'Emberger.....	73
III.	<i>Pseudomonas</i> , taxonomie et production des métabolites.....	75
1.	Dénombrement des microorganismes.....	75
2.	Isolement, purification et conservation des <i>Pseudomonas</i>	75
3.	Identification des isolats de <i>Pseudomonas</i>	77
3.1.	Etude macroscopique	77
3.2.	Etude microscopique.....	77
3.3.	Résultats des tests biochimiques des souches isolées	77
4.	Croissance dans les différents degrés de salinités.....	78
5.	Détermination de la compétitivité des souches.....	79
5.1.	Isolement de l'agent causal de l'alternariose (<i>Alternaria alternata</i>) de la fève (<i>Vicia faba</i>)	79
5.2.	Etude macroscopique et microscopique de l'isolat <i>Alternaria</i>	79
5.3.	Test d'antagonisme in vitro.....	80
6.	Production et caractérisation de la Pyoverdine et de l'antibiotique	84
6.1.	Production et caractérisation de la pyoverdine	84
6.2.	Production et caractérisation de l'antibiotique	85
7.	Effet de la pyoverdine et d'antibiotique sur la croissance mycélienne d' <i>Alternaria alternata</i>	86
8.	Calcul du taux de croissance et temps de génération	87
IV.	Etude de l'effet de l'inoculation du support pédologique par des souches P8 et P5 sur la croissance de la fève (<i>Vicia faba</i>).	89
1.	L'effet sur la croissance de la fève en hauteur des tiges et longueur des racines et des plantes entières.	89
2.	L'effet sur la croissance de la fève en poids frais des tiges, des racines et des plantes entières. ...	92
3.	L'effet sur la croissance de la fève en poids sec des tiges, des racines et des plantes entières.	95
V.	Etude de l'effet de l'inoculation des feuilles par les souches P5 et P8 sur l'expression en taches de l'alternariose causé par l'agent phytopathogène <i>Alternaria alternata</i> sur la fève (<i>Vicia faba</i>).	100
	Conclusion	102

Introduction Générale

Introduction

Bien que secondaire par rapport aux secteurs pétroliers et industriels, l'agriculture joue un rôle important dans l'économie Algérienne, en employant 23% de la population active et en participant à 11% du P.I.B. dans cette dernière décennie (World Bank, 2008).

Les importations des denrées alimentaires couvrent entre 20 à 30% du totale des importations, il est intéressant de noter que 73% de ces importations concerne les produits agricoles (FAO, 2006). Cette situation rend l'Algérie parmi les dix principaux pays importateurs des produits alimentaires au niveau mondial d'où une dépendance alimentaire marquée vis-à-vis du marché international.

La fève constitue un aliment nutritif très important surtout pour les populations à faibles revenus, qui ne peuvent pas toujours s'approvisionner en protéine d'origine animale (Daoui, 2007). Elle peut être utilisée également dans l'alimentation animale pour combler le déficit azoté.

En 2005, les pays méditerranéens ont produit 1 093 milles tonnes de fèves, soit le ¼ de la production mondiale. La Chine, avec 1,8 millions tonnes est considérée comme le premier producteur mondial. L'Algérie, avec 27 milles tonnes occupe le 17^{ème} rang au niveau mondial et le 6^{ème} rang au niveau continental devancée par l'Éthiopie (516 milles tonnes), l'Égypte (350 milles tonnes), le Soudan (112 milles tonnes), le Maroc (73 milles tonnes) et la Tunisie (45 milles tonnes) (Giove et Abis, 2007).

En Algérie, la culture de la fève *Vicia faba* L. est pratiquée surtout dans les plaines côtières et de l'intérieure. Une superficie de 58 milles ha est réservée à cette culture et dont 50 % de celle-ci est répartie entre Tlemcen, Chlef, Skikda, Ain Témouchent et Biskra (Maatougui, 1996).

L'un des grands problèmes de l'agriculture Algérienne est la salinisation des sols qui est de l'ordre de 1.5 millions d'hectares (MADR, 2006). Ces sols sont soumis à la dégradation de jour en jour et les techniques de remédiation sont souvent extrêmement chères.

En plus des contraintes de la salinité et les autres facteurs abiotiques comme le froid, les gelées, les chaleurs, ...ect, les fèves sont exposées aux effets néfastes des

adventices, des maladies fongiques et virales, des nématodes et enfin des insectes (Maatougui, 1996).

Certains rhizobactéries ont la tendance de favoriser directement la croissance des plantes par la production des biostimulateurs de croissance, et indirectement par répercussion de l'incidence des agents phytopathogènes, ces rhizobactéries sont reconnues par le nom « PGPR » (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) (Maheshwari, 2011).

Depuis une vingtaine d'années, un grand intérêt est porté envers les rhizobactéries du genre *Pseudomonas* à cause de leur capacité remarquable à promouvoir la croissance des plantes et à inhiber la croissance des agents phytopathogènes. (Singh *et al.*, 2011).

L'expérimentation de cette présente recherche consiste à déterminer l'effet de l'inoculation du support pédologique par deux souches de *Pseudomonas* sur la croissance en paramètres biométriques de la fève (*Vicia faba*), et l'effet de l'inoculation des feuillettes par ces souches et leurs métabolites sur l'expression en taches de la maladie de l'alternariose causée par l'agent pathogène *Alternaria alternata* sur la même plante.

Plusieurs souches de *Pseudomonas* sont isolées à partir des sols salins de l'Ouest Algérien et subies les différents tests d'identification. Les souches qui présentent un pouvoir antagoniste intéressant vont être utilisées dans notre expérience.

Pour réaliser ce travail nous avons effectué les étapes suivantes :

1. Recherche bibliographique ;
2. Présentation et caractérisation de la zone d'étude ;
3. Isolement et caractérisation des *Pseudomonas* présentant un effet inhibiteur ;
4. Utilisation des *Pseudomonas* pour stimuler la croissance de la fève dans les conditions salées et non salées ;
5. Essai de lutte de l'alternariose de la fève par les *Pseudomonas* antagonistes.

Partie

Bibliographique

Chapitre I:
Taxonomie des
Pseudomonas

Les *Pseudomonas* forment un large groupe colonisant le sol, les plantes et l'eau. Ces bactéries Gram négatives, non sporulantes, sont aérobies strictes, à l'exception de certaines pouvant utiliser le NO_3 comme accepteur d'électrons. Leur mobilité est assurée par plusieurs flagelles polaires, et elles ont un métabolisme mésophile et chimioorganothorphe, la plupart étant saprophytes (Bossis *et al.*, 2000). Quelques espèces comme *P. syringae*, sont phytopathogènes et certaines peuvent causer des infections chez l'humain, Particulièrement *P. aeruginosa*, reconnu comme pathogène opportuniste et causant des infections pulmonaires mortelles chez les patients atteints de fibrose kystique (Mavrodi *et al.*, 2001).

1. La classification de *Pseudomonas*

Le genre *Pseudomonas* est un taxon exceptionnellement hétérogène fait des espèces distribuées en cinq groupes d'homologie d'ARNr et en plus de 60 espèces moins bien étudiées. Les trois groupes les mieux caractérisés : les groupes ARNr I à III qui sont subdivisés selon des propriétés différentes telles que la présence de polyhydroxybutyrate, la production d'un pigment fluorescent, la pathogénicité, la présence d'arginine dihydrolase et l'utilisation du glucose (Klein, *et al.*, 2003). Il faut noter que ce genre a beaucoup changé depuis la validation de la taxonomie par analyse de L'ARNr. Le genre original a été séparé en plusieurs genres supplémentaires, dont Comamonas (un genre de subdivision alpha ne produisant pas des pigments fluorescents) ; *Deleya* et *Holomonas*, qui sont marins; *Stenotrophomas* (avec une seule espèce, *Stenotrophomas maltophilia*); *Hydrogenophoga* (chimioolithotrophe facultatif oxydans H_2) et *Burkholderia* (Perry *et al.*, 2004). Les études d'hybridation (ADN/ADN et ARNr/ADN) ont permis d'établir la classification actuelle qui rassemble les espèces figurant dans le tableau 01.

Tableau 01: Les cinq groupes génomiques de *Pseudomonas* (Leclert *et al.*, 1995).

Groupe ARNr	Espèce	Caractère principale	Situation actuelle
I	<i>P. aeruginosa</i> *	Fluorescent, oxydase +	<i>Statu quo</i>
	<i>P. fluorescens</i>		
	<i>P. putida</i>		
	<i>P. chlororaphis</i>		
	<i>P. syringae</i> *	Fluorescent, oxydase -	
	<i>P. Viridiflava</i> *		
	<i>P. cichoi</i> *	Fluorescent, oxydase+	
	<i>P. stutzeri</i>		
	<i>P. mendocina</i>	Non Fluorescent	
	<i>P. alcaligenes</i>		
<i>P. pseudoalcaligenes</i>			
<i>P. fragi</i>			
<i>P. agrici</i> *			
<i>P. asplenii</i> *			
II	<i>P. cepacia</i> *		<i>Burkholderia</i>
	<i>P. mallei</i> *		
	<i>P. pseudomallei</i> *		
	<i>P. gladioli</i> *		
	<i>P. caryophylli</i> *		
	<i>P. salancerum</i> *		
	<i>P. picketteii</i> *		
	<i>P. pyrrocinia</i> *		
III	<i>P. acidovorans</i>	Hétérotrophe	<i>Comamonas</i>
	<i>P. testosteroni</i>		
	<i>P. andropogonis</i>		
	<i>P. avenae</i>		
	<i>P. facilis</i>	Autotrophe facultatif	<i>Acidovorax</i> <i>Hydrogenaphaga</i>
	<i>P. flava</i>		
	<i>P. Saccharophila</i>		
	<i>P. pseudoflava</i>		
<i>P. palleronii</i>			
IV	<i>P. diminuta</i>		<i>Statu quo</i>
	<i>P. vesicularis</i>		
V	<i>P. maltophilia</i>		<i>Stenotrophomanas</i> (<i>xanthoman</i>)

* : pathogène pour les plantes ou les animaux (Palleroni, 1992)

+ : positive.

- : négative.

2. Caractères généraux

2.1. Morphologie et structure

Les cellules de *Pseudomonas* sont des bâtonnets habituellement fins rectilignes ou plus rarement incurvées (Pilet *et al.*, 1986), leurs dimensions sont de 0,5 à 1,3 μ m.

La mobilité est très vive en aérobiose. La ciliature est polaire: monotriche ou multitriche. Pour les espèces multitriches, le type de ciliature ne peut être établi que statistiquement en déterminant l'index flagellaire. Il peut varier selon les conditions de culture. Quelques souches sont immobiles et aciliées (André, 2000)

2.2. Croissance et nutrition

De nombreuses espèces ou souches de *Pseudomonas* ne se cultive pas à 37°C. Alors que la température de 30°C convient à tous pathogènes et saprophytes (André, 2000). Certaines souches peuvent croître à 4°C et capables donc d'être des contaminants dangereux des produits biologiques conservés à la glacière (Le Minor et Véron, 1982).

La culture est facile sur milieu complexe avec ou sans production de pigment. Ils sont capables de se cultiver sur des milieux minéraux synthétiques avec une source simple de carbone: acétate, pyruvate

Ces propriétés sont utilisées pour mettre en évidence les auxotrophies nécessaires pour l'identification (auxanogramme) par l'étude des substrats carbonés utilisables comme source d'énergie pour la croissance (André, 2000).

3. Caractères physiologiques

Ces bactéries ont une longévité faible en culture même à 4°C. Tous les modes de conservation possibles sont proposés: lyophilisation, eau distillée stérile avec une anse de culture à température ordinaire de 18°C (*Pseudomonas* phytopathogènes), gélose inclinée avec huile de paraffine en surface d'une gélose molle, tube à vis comme pour les Entérobactéries, congélation.

Pour la sensibilité aux agents lytiques plusieurs espèces de *Pseudomonases* sont lysogènes et bactériocinogènes. *P. aeruginosa* par exemple présente une autolyse tardive (4 à 5 jours) ou précoce (taches irisées à reflets métalliques sur gélose (Marvodi *et al.*, 2001).

3.1. Métabolisme

Les membres du genre *Pseudomonas* montrent une grande adaptabilité nutritionnelle, la plupart peut croître sur plus de 50 substrats différents, et certains peuvent utiliser plus de 100 composés organiques comme source de carbone et d'énergie. En raison de cette versatilité, les espèces de *Pseudomonas* sont très actives dans la dégradation des composés organiques dans le sol et dans les environnements aquatiques (Perry *et al.*, 2004).

Les *Pseudomonas* constituent le modèle des bactéries oxydantes ou dites soxybiontiques. Le rendement de la croissance est strictement dépendant de la concentration en oxygène dissout donc de l'agitation. Les enzymes de la glycolyse sont absentes. L'oxydation complète du glucose en aérobiose est réalisée dans le shunt de l'hexose mono-phosphate ou voie de Warburg-Dickens-Horecker par l'intermédiaire du 6p-gluconate. La voie du 2-céto-3-désoxygluconate (voie d'Entner-Doudoroff aboutissant au pyruvate qui alimente le cycle de Krebs) D'où l'intérêt du milieu de Hugh et Leifson (acidification dans le tube sans vaseline en aérobiose) (Perry *et al.*, 2004).

Paradoxalement, pour des organismes aérobies stricts, certains *Pseudomonas* peuvent tirer leur énergie d'une réaction catabolique en anaérobiose, par hydrolyse de l'arginine (système de l'arginine dihydrolase « ADH ») qui est constitutif, L'attaque des hydrates de carbone par oxydation peut être à la base de l'identification des *Pseudomonas*, mais toutes les espèces ne donnent pas de produits acides à partir de sucres comme le glucose ; certaines donnent une alcalinisation ou restent inactives (André, 2000).

Les *Pseudomonas* du sol sont capables de métaboliser certains composés aromatiques, tels que les acides vanilliques, isovanilliques et 4-hydroxybenzoïque (Borel, 1987).

4. Autres propriétés biochimiques

Les réactions de Voges-Proskauer et du rouge de méthyle sont toujours négatives en raison de l'absence de métabolisme fermentatif (Le Minor et Véron, 1982).

Pseudomonas fluorescens peut provoquer une alcalinisation importante avec formation d'urée, d'ammoniac et de carbonate (Guiraud, 1998).

La présence d'une lécithinase, qui souvent ne peut être révélée qu'en milieu liquide (Pilet *et al.*, 1986).

Les caractéristiques métaboliques des principaux *Pseudomonas* sont données dans le tableau 02.

Tableau 02: caractères permettant de caractériser quelque espèce *Pseudomonas*.

		<i>Pseudomonas</i> <i>aeruginosa</i>	<i>Pseudomonas</i> <i>fluorescens</i>	<i>Pseudomonas</i> <i>putida</i>	<i>Pseudomonas</i> <i>stutzeri</i>	<i>Pseudomonas</i> <i>alcaligenes</i>	<i>Pseudomonas</i> <i>pseudoalcaligenes</i>
Oxydase	OX	+	+	+	+	+	+
NO3	NO3	+	V	-	+	+	V
Glucose (a)	GLUa	+	+	+	+	-	-
Lactose	LAC	-	-	-	-	-	-
ONPG	ONPG	V	-	-	-	-	-
Mannitol (a)	MANa	+	+	V	+	-	-
Inositol (a)	INOa	-	+	+	-	-	-
Fructose (a)	FRUa	+	+	+	+	-	+
Mannose (a)	MNEa	V	+	+	+	-	-
LDC	LDC	-	-	-	-	-	-
Uréase	URE	-	-	-	-	-	-
TDA	TDA	-	-	-	V	V	V
Indole	IND	-	-	-	-	-	-
Gélatinase	GEL	+	+	-	-	-	-
Citrate (a)	CIT	+	+	+	+	V	?
Pyocyanine		+	-	-	-	-	-
Pyoverdine		+	+	+	+	-	-
Lécithinase		V	+	-	-	-	-
DNase		V	-	-	-	-	-

+: Caractère positif pour plus de 90 % des souches de l'espèce

-: Caractère négatif pour plus de 90 % des souches de l'espèce

V: Caractère variable selon les souches de l'espèce

? : Caractère non déterminé

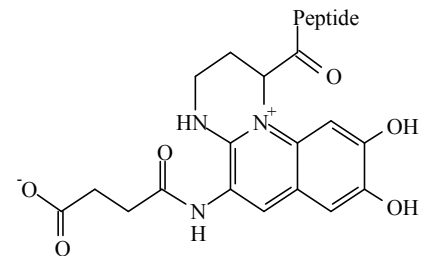
5. Production de pigments

Les *Pseudomonas spp.* peuvent produire des pigments diffusants dans les milieux de culture. Deux types de pigments hydrosolubles peuvent être synthétisés: des pigments fluorescents hydrosolubles et des pigments phénaziniques non fluorescents insoluble dans l'eau (Euzéby, 2005).

5.1. Pigments fluorescents

La présence ou l'absence de pigments fluorescents ou pyoverdines permet de séparer les espèces du genre en deux groupes, les *Pseudomonas* fluorescents (comme : *Pseudomonas aeruginosa* *P. chlororaphis* *P. fluorescens* , *P. monteilii*, *P. plecoglossicida* , *P. putida* , *P. simiae* , *P. syringae*) et les *Pseudomonas* non-fluorescents (comme *P. alcaligenes*, *P. anguilliseptica* , *P. fragi* , *P. mendocina*, *P. pseudoalcaligenes* *P. stutzeri*) (Euzéby, 2005).

Les pyoverdines est le terme générique d'une vaste famille de pigments jaunes-verts fluorescents, solubles dans l'eau et insolubles dans le chloroforme. Leur structure générale est celle d'un chromophore (du grec : qui porte la couleur) quinolinique associé à des peptides dont la taille et la composition en acides aminés sont variables. La pyoverdine joue pour la bactérie le rôle d'un sidérophore : molécule captant les ions fer ferrique. Cette capture est fondamentale pour la croissance des bactéries, croissance nécessitant impérativement des ions Fe^{+3} . Dans les milieux carencés en fer une production abondante de pyoverdine est réalisée sur milieu King B (Euzéby, 2005).



structure générale des
pyoverdines

(Peptide = chaîne de 6 à 12
acides aminés)

5.2. Pigments phénaziniques

Les pigments phénaziniques contiennent un noyau insaturé polycyclique, la phénasine, *Pseudomonas aeruginosa* produit un pigment soluble dans le chloroforme, spécifique à cette espèce et appelé la pyocyanine. En solution aqueuse, la pyocyanine est généralement de couleur bleue. La pyocyanine est un accepteur d'électrons permettant à *Pseudomonas aeruginosa* de croître en anaérobiose. Elle possède une activité bactériostatique, notamment vis-à-vis des bactéries à Gram positif (Le Minor et Véron, 1982).

5.3. Milieux favorisant la synthèse des pigments

En raison de l'importance de ces pigments dans le diagnostic, leur recherche doit s'effectuer dans des milieux spéciaux favorisant leur synthèse, les milieux les plus sensibles et les plus utilisés sont les milieux de King.

Le milieu de King A favorise sélectivement la production de pyocyanine et il convient également pour la mise en évidence des autres pigments phénaziniques. Le milieu de King B favorise la production des pyoverdines. La pyoverdine de *Pseudomonas aeruginosa* peut être produite en faibles quantités sur le milieu de King A. Le mélange de pyocyanine et de pyoverdine conduit à l'obtention d'une couleur bleue. L'adjonction de chloroforme dans le milieu permettra alors de révéler spécifiquement la pyocyanine. Les milieux de King doivent être incubés en aérobiose à 30 °C, pendant un à trois jours (Euzéby, 2005).

6. Pouvoir pathogène

En raison de la richesse de leurs voies métaboliques, les *Pseudomonas* sont souvent capables de résister à de nombreux antiseptiques ou antibiotiques ce qui explique leur présence de plus en plus fréquente en milieu hospitalier.

Plusieurs espèces du genre *Pseudomonas* sont des bactéries phytopathogènes, surtout *Pseudomonas syringae*. Cette dernière espèce compte au moins 37 pathovars capables d'infecter de multiples espèces végétales.

Les *Pseudomonas* spp sont rarement présents sur la peau ou les muqueuses de l'homme et des animaux. En revanche, elles sont souvent présentes dans la flore intestinale. Les *Pseudomonas* spp se comportent comme des agents opportunistes et ils

peuvent être à l'origine d'infections iatrogènes et/ou nosocomiales. Chez l'homme, comme chez les animaux, l'espèce la plus importante est *Pseudomonas aeruginosa* (Euzéby, 2005).

7. Quelques *Pseudomonas* du sol

7.1. *Pseudomonas fluorescens*

Dans les anciennes cultures, *P. fluorescens* apparaît singulière ou sous forme de paires mobiles grâce aux flagelles amphitriches dont leur mouvement est lié au taux d'ATP qui est conditionné lui-même à la tension partielle d'oxygène dans le milieu. Elle produit un seul pigment fluorescent très souvent la pyoverdine qui est le sidérophore de cette bactérie. La température optimale de croissance est de l'ordre de 25 à 30°C, la plupart des souches de cette espèce poussent à 4°C et ne poussent pas 42°C (Stanier *et al.*, 1966).

7.2. *Pseudomonas putida*

Isolée en 1886, a comme principal habitat le sol, l'eau et les plantes, pouvant se trouver dans l'oropharynx, est mobile grâce aux flagelles mutitriches, dépourvues de lécithinase, gélatinasse et nitrate réductase, elle possède plusieurs caractéristiques nutritionnelles qui permettent la caractérisation de cette espèce à partir des autres espèces fluorescentes de *Pseudomonas*, dont le pouvoir d'utiliser la benzylamine et l'incapacité d'utiliser le tréhalose, l'inositol et la géraniol. Le sucrose et la créatine sont utilisés par la majorité des souches de cette espèce, elle secrète des pigments fluorescents particulièrement dans les milieux ayant une carence en fer (King *et al.*, 1954).

La température optimale de croissance est située entre 25°C et 30°C, ainsi que la majorité des souches poussent à 4°C et ne poussent pas 42°C (Stanier *et al.*, 1966).

Certaines souches de *P. putida* stimulent la nodulation du haricot que ce soit en présence de population indigène de rhyzobactéries ou après l'apport d'un inoculum étranger de *Rhizobium phaseoli* (Davet, 1996).

7.3. *Pseudomonas aeruginosa*

Très répandu dans la nature, le bacille pyocyanique est trouvé dans les eaux, et le sol où il joue un rôle très important dans la dégradation des substances organiques. Il est

également saprophyte de la peau et du tube digestif de l'homme et des animaux. De simple agent d'infection des plaies et des brûlures, il a pris une place importante en pathologie humaine depuis la dernière guerre mondiale.

A l'état frais, c'est un fin bâtonnet rectiligne, parfois incurvé de 1 à 3 μm de long, mobile grâce à la présence d'un seul cil polaire. Et comme tous les *Pseudomonas*, *P. aeruginosa* est aérobie stricte, cependant il pousse dans la profondeur des milieux contenant des nitrates qu'il peut utiliser comme accepteur d'hydrogène (Daguet, 1972).

D'autre part, cette bactérie produit deux types de pigments chélateurs de fer; pyoverdine et chiline, et huit récepteurs membranaires pour les sidérophores ferriques (Dean et Poole, 1993).

Chapitre II:

Pseudomonas

Comme PGPR

Les rhizobactéries sont des germes qui présentent l'aptitude à coloniser les racines de façon intense (Schroth et Hancock, 1981). Les bactéries non symbiotiques répondant à cette définition appartiennent à différents genres et espèces dont les plus étudiés sont *Agrobacterium radiobacter*, *Azospirillum spp*, *Bacillus spp*, et *Pseudomonas spp*. (Leong, 1986).

Les différentes espèces de *Pseudomonas* qui colonisent la rhizosphère possèdent plusieurs caractéristiques intrinsèques qui les rendent particulièrement intéressantes pour une utilisation comme agents de lutte biologique. Premièrement, leur capacité à coloniser les racines et à y maintenir une forte densité de population est remarquable (Haas and Keel, 2003). Cette grande rhizocompétence vient de leur taux de croissance plus élevé que celui de la plupart des autres rhizobactéries et de leur capacité à métaboliser efficacement plusieurs composés des exsudats racinaires (Chin-A-Woeng *et al.*, 2002). De plus, ces bactéries sont très faciles à isoler et à cultiver au laboratoire (Chin-A-Woeng *et al.*, 2001).

1. L'effet bénéfique des *Pseudomonas* sur le développement des plantes

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 «Plant Growth 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. D'autres effets bénéfiques ont également été décrits. 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).

2. *Pseudomonas* comme biofertilisateurs

Dans la plupart des sols, l'azote et le phosphate sont les deux nutriments les plus limitant de la croissance des plantes. Beaucoup de bactéries et champignons du sol ont

la capacité d'agir comme des biofertilisants en augmentant le taux d'azote et de phosphate biodisponible. (Maheshwari, 2011b)

Certaines espèces de *Pseudomonas* produit des métabolites secondaires qui peuvent solubiliser plusieurs formes inorganique de phosphore (Siddiqui, 2005). Le Phosphate organique est également un important réservoir de phosphate immobilisé dans les sols et la capacité de minéraliser le phosphore organique des formes via les actions de la phosphatase, divers enzymes ont été étudiées dans plusieurs *Pseudomonas sp* (Bernd, 2008).

2.1. Stimulation de la croissance des plantes

L'Auxines et la cytokinines sont des hormones qui jouent un rôle significatif dans la croissance des plantes, ils régulent les processus physiologiques tels que l'élongation et la division cellulaire, différenciation des tissus et la dominance apicale (Chin-A-Woeng *et al.*, 2005).

La production de l'auxine « acide indole-3-acétique » (IAA) par les *Pseudomonas* est directement liée au développement de la plante hôte sur la croissance et la ramification des racines et sur la hauteur des tiges (Heurlie *et al.*, 2003). Le tableau 03 montre la stimulation de la croissance des plantes et du rendement des cultures après inoculation de souches de *Pseudomonas spp* fluorescents.

2.2. Stimulation de la germination

L'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.

Certaines souches bactériennes, appartenant en particulier au groupe des *Pseudomonas spp* fluorescents, semblent améliorer la germination des graines lorsque les conditions d'environnement sont défavorables. Ainsi Hofte *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. 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.

2.3. Stimulation de l'interaction entre la microflore symbiotique et la plante haute

Certaines souches de *Pseudomonas spp* fluorescents stimulent la nodulation des légumineuses. Ainsi, Grimes et Mount (1987) ont montré qu'une souche de *P Putida* augmente de façon significative la nodulation du haricot par Rhizobium. Ces souches stimulent la croissance racinaires, produisent de l'acide indole acétique et sont pectinolytiques. Elles provoquent une augmentation de la masse de nodosités plutôt que de leur nombre (Zablotowicz, in Howell et Okon, 1987). De même, certaines souches de bactéries influencent positivement la colonisation racinaire de la plante hôte par des endomycorhizes (von Alten *et al.*, 1991) ou par des ectomycorhizes (Garbaye et Bowen, 1987). Mamoun et Olivier (1992) ont montré que certaines souches de *Pseudomonas spp* fluorescents améliorent la pérennité de l'association symbiotique entre l'ectomycorhize *Tuber melanosporum* et le noisetier. Par ailleurs, l'effet bénéfique, de l'inoculation mycorhizienne sur la plante, pourrait être stimulé par certaines rhizobactéries productrices de substances de croissance (Linderman et Paulitz, 1990) et par les rhizobactéries qui augmentent la solubilité des phosphates dans le sol (RAJ *et al.*, 1981). Ainsi l'association d'endomycorhizes et de *Pseudomonas* fluorescents s'accompagne d'une plus grande stimulation de la croissance de la plante que la seule inoculation bactérienne ou fongique (Meyer et Linderman, 1986; Oliveira *et al.*, 1987).

De nombreux travaux font état d'une stimulation de la croissance des plantes et du rendement des cultures après bactérisation. Comme en atteste le tableau 03, ces études ont été réalisées avec des plantes hôtes et des conditions expérimentales variées, Il apparaît clairement que l'augmentation de rendement, observée en conditions normales de production, est toujours inférieure à l'augmentation de croissance des plantes bactérisées (Lemanceau 1992).

Tableau 03 : Stimulation de la croissance des plantes et du rendement des cultures après inoculation de souches de *Pseudomonas spp* fluorescents (Lemanceau, 1992).

Plante hôte		Augmentations (% du témoin)	
Nom scientifique	Nom commun	Croissance	Rendement
<i>Beta vulgaris</i>	La betterave	20 à 69	21 à 77
<i>Brassica campestris</i>	Le chou-fleur	22 à 65	7 à 19
<i>Citrus sp</i>	Les agrumes	→116	
<i>Cucumis sativus</i>	Le concombre	36 à 58	
<i>Espèces florales</i>		18 à 41	
<i>Lactuca sativa</i>	La laitue	38 à 86	
<i>Lycopersicon esculentum</i>	La tomate	25 à 93	
<i>Phaseolus vulgaris</i>	le haricot	4 à 28	→ 567
<i>Raphanus sativus</i>	les radis	83 à 320	10 à 11
<i>Solanum tuberosum</i>	La pomme de terre	47 à 500	17 à 37
<i>Triticum sp</i>	Céréales		2 à 26

2.4. Rôle biopesticide

Les souches bactériennes appartenant à plusieurs lignées de *Pseudomonas* dont *P. putida*, *P. aureofaciens*, *P. fluorescens*, et *P. chlororaphis* possèdent des activités de lutte biologique intrinsèque contre une gamme de pathogènes des plantes économiquement dévastatrice. Cela se produit par la sécrétion d'une gamme de métabolites antibiotiques notamment la pyoverdine, phénazines, la pyoluteorin, la pyrrolnitrine, le cyanure d'hydrogène, les lipopeptides cyclique et les phloroglucinoles (Haas et Efago, 2005). La capacité de lutte biologique due à la capacité de l'inoculant microbiens de survivre dans la rhizosphère et de rivaliser avec les populations microbiennes indigènes ainsi que la capacité à produire des concentrations efficaces de métabolites antibiotiques (Chin-A-Woeng *et al.*, 2001).

2.4.1. Lutte contre les maladies bactérienne des plantes

Plusieurs travaux ont été réalisés sur la lutte biologique contre les maladies bactériennes des plantes par d'autres bactéries qui sont bénéfique pour la croissance des plantes « PGPR » (Maheshwari, 2010). Le tableau 04 montre les différentes espèces et

souche de *Pseudomonas* utilisées dans la lutte contre les maladies bactériennes des plantes.

Tableau 04 : Exemples de suppression des maladies bactérienne par des *Pseudomonas* (Maheshwari, 2010).

La plante hôte	bactérie phytopathogène	PGPR
concombre	<i>Pseudomonas syringae pv.</i>	<i>Pseudomonas putida 89B-27</i>
soja	<i>Pseudomonas syringae pv.</i>	<i>Pseudomonas sp.</i>
Pomme de terre	<i>Erwinia amylovora</i>	<i>Pseudomonas fluorescens A506</i>
Tomate	<i>Ralstonia solanacearum</i>	<i>Pseudomonas sp. (APF1)</i>
eucalyptus	<i>Ralstonia solanacearum</i>	<i>Pseudomonas fluorescens WCS417r</i>

2.4.2. Lutte contre les maladies fongiques des plantes

Les champignons pathogènes trouvés sur les plantes peuvent être classés en différents groupes taxonomiques. Quelques agents pathogènes fongiques comme la rouille, l'oïdium et le mildiou sont des parasites obligatoires. Cependant, la plupart des agents pathogènes des plantes sont nécrotrophes, tuant les tissus des plantes pour leur nutrition (Waller et Cannon, 2002). Des substances chimiques ou biologiques très efficace ont été suggérées pour protéger les plantes contre les pathogènes fongiques. Récemment, de plus en plus les PGPRs sont largement utilisés dans le contrôle biologique des maladies fongiques des plantes (Altindag *et al.*, 2006; Lourenço *et al.*, 2006; Saravanakumar *et al.*, 2007; Akgul et Mirik 2008; Sang *et al.*, 2008; Dutta *et al.*, 2008) Plusieurs espèces de *Pseudomonas* ont été utilisées pour lutter contre ces maladies (Maheshwari, 2010). Le tableau 05 montre les espèces de *Pseudomonas* utilisées pour cette lutte.

Tableau 05 : Exemples des *Pseudomonas* utilisées pour lutter contre les maladies fongiques des plantes (Maheshwari, 2010).

La plante hôte	Le champignon	PGPR
soja	<i>Fusarium oxysporium</i>	<i>Pseudomonas PMZ2</i>
Pearl millet	<i>Sclerospora graminicola</i>	<i>Pseudomonas fluorescens UOM</i>
Eucalyptus	<i>Puccinia psidii</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa FL2</i>
Eucalyptus	<i>Puccinia psidii</i>	<i>Pseudomonas sp. MF4</i>
cantaloup	<i>Didymella bryoniae</i>	<i>Pseudomona s fluorescens</i>
thé	<i>Exobasidium vexans</i>	<i>Pseudomonas fluorescens Pfl</i>

2.4.3. Lutte contre les maladies virales

Les virus sont des parasites obligatoires de taille moins de 200 nm. Les particules virales, ou virions, sont constitués de segments de double ou simple brin d'ARN ou d'ADN enfermé dans des structures de protéines, dans certains cas avec des lipides et substances supplémentaires (Waller, 2002). Jusqu'à présent au moins 700 virus de plantes ont été découverts, dont plusieurs responsables de maladies catastrophiques et ont des gammes d'hôte très large. Ils ont été classés en trois familles et 32 groupes (Martelli, 1992; Waller, 2002).

Certains produits chimiques sont utilisés pour protéger les plantes contre les virus, car ils inhibent la réplication du virus dans les cultures agricoles et d'autre part l'utilisation de cultivars génétiquement résistants permet de lutter efficacement contre de nombreuses maladies virales. des travaux récents sont diriger vers l'utilisation des PGPR pour la lutte contre les maladies virales et le tableau 06 montre quelques exemples.

Tableau 06: Exemples des *Pseudomonas* utilisées pour lutter contre les maladies virales des plantes (Maheshwari, 2010).

La plante hôte	Le virus	PGPR
Le Tabac	mosaïque du tabac	<i>Pseudomonas B-25</i>
la tomate	Taches de flétrissement de la tomate	<i>P. fluorescens</i>
Le Banane	maladie de haut	<i>P. fluorescens PF1</i>
la féverole	mosaïque jaune	<i>P. fluorescens FB11</i>

2.4.4. Lutte contre les nématodes

Les nématodes parasites des plantes causent des pertes graves des récoltes dans les zones de production, par exemple, les pertes des rendements de la tomate en raison de nématodes à galles varie de 39,7 à 46,0% en Inde (Reddy, 1985), et sont parmi les ravageurs agricoles les plus importants (Koenning *et al.*, 1999; Siddiqui et Akhtar, 2008). La lutte contre les nématodes est difficile car la plupart d'entre eux vivent dans le sol autour et dans les racines des plantes. Durant les dernières décennies le contrôle des maladies des plantes a été largement basé sur l'utilisation de produits chimiques (Siddiqui *et al.*, 2001). Bien que les nématicides chimiques sont efficaces, faciles à appliquer, et montrent des effets rapides, ils ont commencé à être retirés du marché dans certains pays développés à raison de préoccupations au sujet de la santé publique et sécurité environnementale (Schneider et coll. 2003; Nico *et al.*, 2004). La recherche de nouvelles solutions écologiques pour combattre les populations de nématodes phytoparasites devient de plus en plus important (Tian *et al.*, 2007). La lutte biologique utilisant des antagonistes microbiens est une alternative potentielle à la nématicides chimiques. Les PGPRs peuvent également être utilisés pour la lutte biologique des nématodes parasites des plantes (Burkett-Cadena *et al.*, 2008). Le tableau 07 montre les espèces de *Pseudomonas* utilisées pour cette lutte.

Tableau 07 Exemples des *Pseudomonas* utilisées pour lutter contre les nématodes phytopathogènes (Maheshwari, 2010).

La plante hôte	Le nématode	PGPR
La laitue et tomate	<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Pseudomonas sp. W34</i>
La tomate	<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Pseudomonas fluorescens,</i>
Le banane	<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Pseudomonas chlororaphis</i>
La tomate	<i>Meloidogyne javanica</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
La pomme de terre	<i>Globodera rostochiensis</i>	<i>Pseudomonas oryzihabitans</i>
La lentille	<i>Meloidogyne javanica</i>	<i>Pseudomonas putida,</i>

2.4. Stimulation de la croissance des plantes dans les conditions salines

La salinité des sols est l'une des contraintes les plus sévères de l'environnement sur les plantes, elle peut causer des déséquilibres et inhibition de la croissance. Les sols qui contiennent un taux élevé de Na^+ présentent des carences en éléments minéraux indispensables à la croissance des plantes, par exemple, le taux élevé de Na^+ perturbe le transport sélectif de certains éléments tels que K^+ et Ca^{++} au niveau des canaux ioniques sur les membranes cellulaires des racines.

2.4.1. L'éthylène et ACC désaminase

L'éthylène est un régulateur puissant de la croissance végétale qui affecte divers processus de développement, il est produit presque dans toutes les plantes. L'éthylène est impliqué dans la germination des graines, la différenciation des tissus, la formation des racines et des pousses primordiales, l'élongation des racines, la formation des bourgeons latéraux, l'initiation de la floraison, l'ouverture de la fleur, la maturation de fruit et la réponse des plantes aux stress biotiques et abiotiques. (Saraf et Tank 2005 ; McKeon et Yang 1987; Reid, 1987).

Lorsque les plantes sont exposées à des contraintes qui menacent leur capacité à survivre, le même mécanisme qui produit de l'éthylène pour le développement normal produit au lieu de «l'éthylène de stress», qui peut être défini comme une surproduction de l'éthylène, cette surproduction est associée à des contraintes biologiques et environnementales qui peuvent stresser les plantes comme l'inondation, les températures

extrêmes, la présence de substances toxiques organiques et inorganiques, les phytopathogènes, la sécheresse et fortes concentrations en sel (Maheshwari, 2010). Blumwald (2000) affirme que Le stress de la salinité augmente la production d'éthylène endogène dans les plantes et sert comme une hormone de stress.

Certaines PGPR sont capables d'inhiber la production de l'éthylène de stress chez les plantes par hydrolyse de son précurseur, l'ACC « acide 1-aminocyclopropane-1-carboxylique » (Glick *et al.*, 1998).

Glick *et al.* (1998) ont postulé qu'une proportion importante des ACC produite par les plantes peut être exsudé des racines des plantes ou de graines et ensuite hydrolysés par l'ACC désaminase produite par PGPR. L'ACC désaminase produit par les PGPR abaisse la concentration d'éthylène et empêche l'inhibition de l'élongation des racines par ce dernier (figure 01).

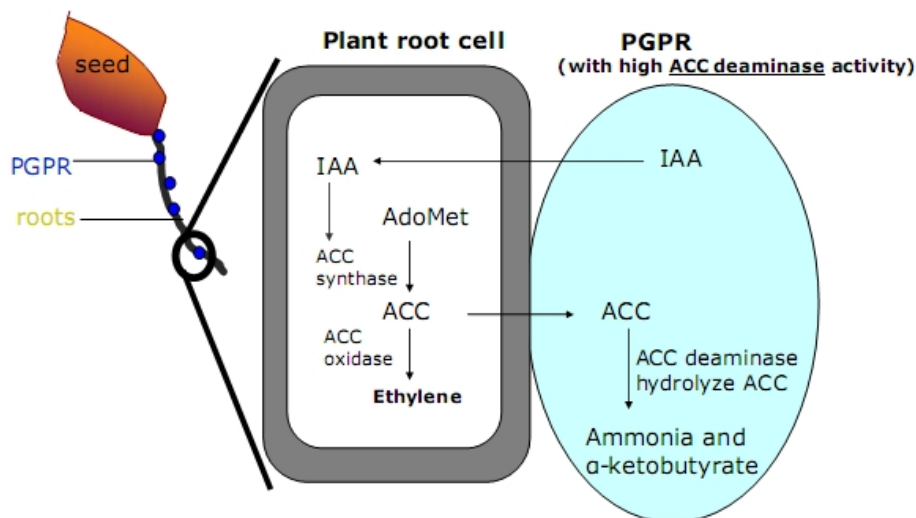


Fig01: Représentation du rôle de l'ACC désaminase empêchant l'élongation des racines par l'éthylène (Glick *et al.*, 1998)

2.4.1.1. L'effet de l'ACC désaminase sur la croissance des plantes dans les conditions salines

Des études récentes ont révélé que les plantes inoculées par des PGPR contenant l'ACC désaminase ont pu se développer normalement dans les conditions de salinité, l'inhibition de la croissance causée par une forte salinité peut également être atténuée

par ACC désaminase produit par les PGPR (Maheshwari, 2010). L'absorption et l'hydrolyse de l'ACC par les PGPR diminuent le niveau du ACC dans les plantes, la biosynthèse de «l'éthylène de stress» est entravée, ce qui facilite la croissance des plantes dans les conditions salines (Tank et Saraf, 2010).

Saravanakumar et Samiyappan (2007) ont rapporté que *Pseudomonas fluorescens* TDK1 possédant d'activité ACC désaminase améliore la résistance saline de l'arachide et augmente les rendements observés plus que les arachides traitées par des *Pseudomonas spp.* qui manquent d'activité ACC désaminase.

Glick (1998) a également constaté qu'une souche de *P. putida GR12-2* a promu la croissance des racines et des pousses de canola dans des sols salins, mais son mutant désaminase moins *CAC GR12-2/acd68* n'a pas promu cette croissance.

Chapitre III:
Généralités sur
la Salinité des
Sols

1. Définition de la salinité

La salinité désigne la concentration, en volume ou en masse, des sels présents dans l'eau ou dans le sol. Les principaux ions concernés sont des dérivés de sels alcalins (les cations Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} et K^+ , et les anions Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-}), le processus de concentration des sels est connu sous le nom de salinisation (Marlet *et al.*, 2005).

Le terme "salure" désigne la concentration en sels solubles rencontrés dans le sol ou dans l'eau. Salé ou salin: Certains auteurs maintiennent la différence entre ces deux adjectifs, sachant que "salé" implique la seule présence du chlorure de sodium, et "salin" celle d'autres chlorures et sulfates.

La concentration en sels est estimée en mg/l ou en mol/l, mais elle est souvent estimée par la conductivité électrique de l'extrait de la pâte saturée à 25°C, (CE), exprimée en déci Siemens par mètre (dS/m) ou en millimhos par centimètre (mmhos/cm), qui est l'unité traditionnelle équivalente.

2. les sols salés

La salinisation est le processus par le lequel les sels solubles s'accumulent dans le sol et elle a été identifiée comme un processus majeur de la dégradation des terres (USDA, 1998). Les causes techniques les plus importantes à l'origine de la diminution de la production sur de nombreux périmètres est l'irrigation, particulièrement dans les zones arides et semi-arides. Il est estimé, à partir de diverses données disponibles que : Le monde perd au moins 3 ha de terres arables chaque minute à cause de la salinité du sol (Iptribid, 2006)

Un sol est salin si la CE est supérieure à 4mmhos/cm (Richard, 1954), plusieurs chercheurs divergents sur la valeur seuil de la sensibilité des cultures à la salinité du sol. Selon Servent (1978), un sol est salin si la CE est supérieure à 8mmhos/cm par contre selon Ayers et Westcot (1988), le seuil est fixé à 3mmhos/cm.

3. Les sols salsodiques

La désignation des sols salsodiques est la nouvelle terminologie qui englobe les sols salins (présence d'une quantité importante de sels) et les sols sodiques (présence d'une quantité importante de sodium).

Selon Maillard (2001), La formation des sols salsodiques est en relation étroite avec la présence de l'ion sodium Na^+ sous forme NaCl ou Na_2SO_4 ou même sous forme échangeable.

- Les sols salins (Solontchaks) sont riches en sels de sodium neutres (NaCl , Na_2SO_4) et contenant également des quantités appréciables d'ions chlorites et de sulfates de sodium, calcium et magnésium. Ces sols sont généralement dominants dans les régions arides et semi arides.
- Les sols alcalins (Solonetz) sont riches en sodium échangeable et en revanche pauvres en sels solubles (sels alcalins, carbonates et bicarbonates de sodium principalement). Les sols alcalins se trouvent plutôt dans les zones semi-aride et sub-humide.

4. Classification des sols salsodiques

La classification des sols sodiques est délicate du fait des variations saisonnières ou sous l'action de l'homme. En particulier, dans ce dernier cas, elles peuvent être extrêmement importantes comme dans les sols très sableux des oasis dans les zones sahariennes. Dans certaines classifications ils sont considérés dès le niveau supérieur (Classification russe, française); dans d'autres à un niveau beaucoup plus bas.

4.1. Classification française C.P.C.S (1967)

La classification Française paraît la plus appropriée dans les zones arides et en particulier pour les sols salés (Halitim, 1988). Dans cette classification les sols salés sont rangés dans la classe des sols salsodiques, elle – même subdivisée en deux (02) sous classes :

4.1.1. Sous classe des sols sodiques à structure non dégradée :

Ce sont des sols salins (solonchak), soumis à l'influence d'une nappe salée peu profonde, riches en sels de sodium, caractérisés par une conductivité électrique supérieure à 4 mmhos/cm (Duchauffour, 1988).

4.1.1.1. Sols salins à complexe calcique (solontchaks) :

Très fréquents en Algérie (FAO, 2005), caractérisés par : $\text{ESP} < 15\%$ et un profil peu différencié.

Ils se rencontrent dans les zones steppiques ou désertiques dans les quelles des nappes salées contiennent à l'instar des sels solubles, une quantité importante de calcium qui alimente le profil (Halitim, 1973).

4.1.1.2. Sols salins à complexe sodique (Solontchak sodique) :

Ce type de sol est caractérisé par un ESP) 15% se rencontre en bordure de mer, ou dans les lagunes côtières, sa structure tend à se dégrader et devient poudreuse (Duchauffour, 1988).

4.1.2. Sous classe des sols sodiques à structure dégradée :

Ce sont des sols alcalins, et une structure détruite (Duchauffour, 1976). Selon Duchauffour (1988), on distingue trois (03) groupes selon les étapes d'évolution des profils :

4.1.2.1. Sols alcalins non lessives (stontchaks solonetz) :

Leur profil est de type AC ou A (B) C. Ils sont fréquents en Algérie (Durand, 1983).

4.1.2.2. Sols alcalins lessives de type ABC.

L'horizon de surface A, pauvre en argile (migration par l'effet de lessivage) (Duchauffour, 1983). Ces sols existent en Algérie, mais sont très localisés dans les zones humides (Durand, 1983).

4.1.2.3. Sols alcalins dégradés (Solods) :

Présentent une structure dégradée complètement en surface avec un pH de 4 à 5 en profondeur un pH élevé de 9 à 10.

4.2. Classification Américaine (U.S.D.A. 1975)

Cette classification se base sur des caractères morphologiques avec des horizons d'accumulation de carbonate, des sels solubles du gypse et ou des horizons (couches) cimentées On appelle des horizons diagnostiques argilliques ou natriques présentant des valeurs de $SAR > 13\%$ ou $Na/T > 15\%$. La présence de l'horizon natrique permet de définir 12 groupes de sols dans les trois ordres: alfisols, aridisols et mollisols; l'horizon salique, un seul groupe celui des salorthids. Les caractères de salure et d'alcalisation interviennent par contre plus souvent au niveau des sous-groupes.

4.3. Classification F.AO

La plupart des sols salés du Maghreb sont des Solontchaks. Ils peuvent être classés comme orthiques, gleyiques, ou parfois, takyriques. Les Solonetz y sont rarement représentés. Par contre, les phases salines et natriques y caractérisent des sols sur de grandes étendues.

5. Facteurs de la salinisation des sols

5.1. La salinisation primaire:

Elle provient de l'altération de la roche mère saline par les facteurs d'érosion (Duchaufour *et al.*, 1979). Le processus d'altération chimique, qui implique hydrolyse, hydratation, solution, oxydation et carbonatation, les sels sont libérés progressivement avant de subir une solubilisation. Cependant les causes premières de salure sont fréquemment éloignées dans l'espace, du territoire prospecté, dans la plupart des cas, les sels sont apportés au sol par l'eau qui contient des sels solubles dont la nature et la concentration dépendent des matériaux géologiques avec lesquels l'eau a été en contact (Duchaufour *et al.*, 1979).

5.2. La salinisation secondaire:

C'est un processus d'enrichissement d'un sol en sels solubles causé par l'approvisionnement en eau par l'irrigation et qui aboutit à la formation d'un sol salin. L'irrigation altère le bilan hydrique du sol en générant un apport d'eau supplémentaire ; cet apport est toujours associé à un apport de sels. En effet, même une eau douce de meilleure qualité contient des sels dissous, et si la quantité de sels apportée par cette eau peut sembler négligeable, les quantités d'eau apportées au fil du temps entraînent un dépôt cumulé de sels dans les sols qui peut s'avérer considérable (Iprid, 2006).

Selon Stitou et Gallez (1982) Le degré avec lequel s'opère la salinisation dépend de deux facteurs:

- La composition de cette eau, qui à son tour est en fonction de la teneur en sel du sol et des matériaux géologiques avec lesquels elle a été en contact ;
- Le bilan entre l'apport d'eau d'irrigation à la surface du sol et le déplacement de l'eau de drainage de la limite inférieure du profil.

En outre, les nappes des zones arides et semi-arides véhiculent des eaux souvent chargées en sels solubles, la source la plus importante de ces sels reste l'eau d'irrigation. Ainsi l'augmentation du niveau de la nappe phréatique, due à l'irrigation, favorise l'accumulation des sels en surface et ce, suite à une évapotranspiration intense (Stitou et Gallez, 1982),

5.3. Conditions climatiques de la salinisation

Le climat aride et semi aride favorisent l'accumulation des sels dans le sol où le lessivage et le transport des ces sels est faible. Ce type de climat est caractérisé par une saison humide courte à régime pluviométrique irrégulier et insuffisant suivit d'une saison sèche, chaude, ensoleillé et prolongée, provoquant une évaporation intense accélérant l'acheminement des eaux chargées de sels par capillarité de la nappe salée vers la surface du sol. Les eaux vont être évaporées et les sels s'accumulent (Halitim *et al.*, 1983).

6. Mesure de la salinité

6.1. Conductivité électrique

La conductivité électrique traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. La conductivité est directement proportionnelle à la quantité de solides (les sels minéraux) dissous dans l'eau. Généralement, le rapport entre conductivité et concentration ionique s'exprime par approximation de la façon suivante:

$$1\text{mmhos/cm} = 640\text{mg de sels à } 25^{\circ}\text{C}.$$

Echelle de salure en fonction de la conductivité électrique de la pate saturée US
SALINITY LABORATORY.

Degrés de salinité	Non salé	Peu salé	Salé	Très salé	Extrême-ment salé
CE de l'extrait de la pate saturée (mmhos/cm)	0 à 2	2 à 4	4 à 8	8 à 16	>16

6.2. sodicité

Selon Gupta et Abroul (1990) La sodicité décrit la quantité du sodium en excès par rapport aux cations calcium et magnésium, qui eau, peuvent être tolérés en relativement grande quantité dans l'eau d'irrigation et exprime l'équilibre entre le cation monovalent Na^+ et les principaux cations bivalents Ca^{++} et Mg^{++} , il est défini par la relation :

$$\text{SAR} = \frac{[\text{Na}^+]}{\sqrt{\frac{([\text{Ca}^{+2}] + [\text{Mg}^{+2}])}{2}}}$$

Ou $[\text{Na}^+]$, $[\text{Ca}^{+2}]$ et $[\text{Mg}^{+2}]$ désignent respectivement les concentrations des cations Na, Ca et Mg, exprimées en meq/l.

Le SAR est un paramètre qui prend en compte uniquement les cations et ignore l'alcalinité causée par les anioniques.

Classe de risque en fonction du SAR (Gupta et Abroul, 1990):

Classe de risque	risque faible	risque moyenne	risque élevé	risque très élevé
SAR	SAR < 10	10 < SAR < 18	18 < SAR < 26	SAR > 26

6.3. Pourcentage de sodium échangeable (ESP)

L'ESP est le pourcentage de sodium échangeable par unité de masse de sol, PSE ou ESP comme indicateur de sodicité. Il est défini de la façon suivante:

$$\text{ESP} = 100 \times \frac{[\text{Na}^+]}{\text{CEC}}$$

Ou CEC désigne la capacité d'échange cationique en meq/100 g de sol et $[\text{Na}^+]$ est la concentration du sodium en meq/100g. Le SAR a remplacé l'ESP habituellement employé pour l'étude de la sodicité, car l'ESP nécessite des mesures au laboratoire relativement délicates et souvent non fiables (Jurinak et Suarez, 1990).

La limite de classe pour l'ESP (Jurinak et Suarez, 1990):

limites des classes	Légère alcalinité	Alcalinité modérée	Alcalinité grave	Alcalinité très graves
ESP en %	ESP < 5	5 < ESP < 20	20 < ESP < 45	ESP > 45

D'après McIntyre (1979) un sol est dit sodique lorsque son ESP est supérieure à 15 %. Cette valeur est souvent critiquée par les chercheurs qui montrent que la structure du sol se dégrade pour des valeurs de 5-6%.

Certains auteurs définissent des seuils de sodicité (en ESP) par type d'argile. Richards (1954) suggère, par exemple, les valeurs seuils de 5% pour les illites et 13% pour les montmorillonites.

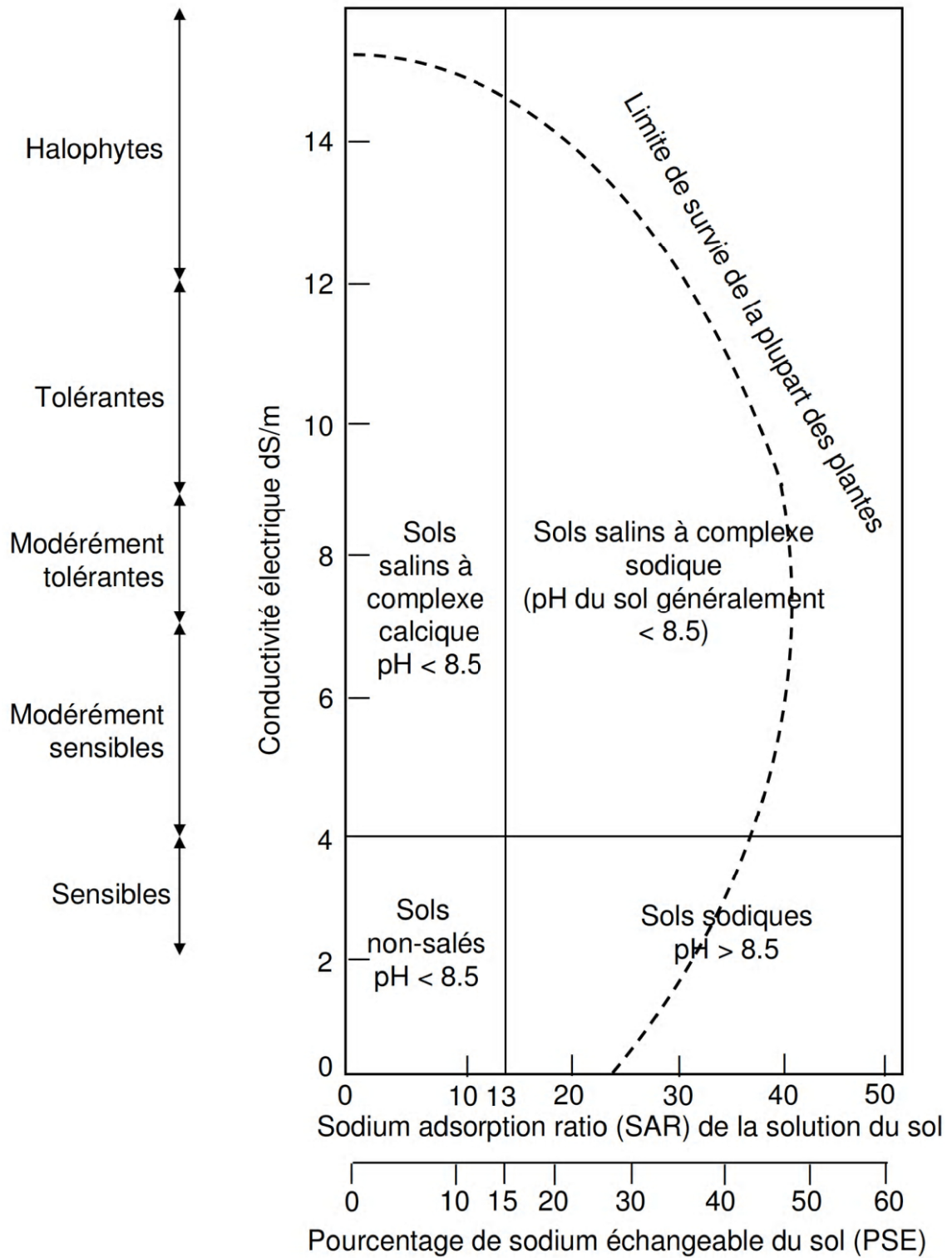


Fig. 02: types de plantes selon le niveau de tolérance à la salinité du sol exprimé en termes de réduction de la croissance (Tabet, 1999).

Chapitre IV:
Effet de la
Salinité sur les
Plantes

Les effets de la salinité sur les plantes sont complexes et ses conséquences incluent la toxicité par les ions (Pang *et al.*, 2007), le déficit hydrique (Desclos *et al.*, 2008), la déficience et le déséquilibre nutritifs. La grande majorité des stress salins est provoquée par des sels de sodium, particulièrement le NaCl. De ce fait, les termes halophytes et glycophytes font essentiellement référence aux stress provoqués par un excès de Na⁺ (Gregory., 2005). La première difficulté d'une plante en milieu salin est d'assurer son apport en eau. Pour cela, il faut que la plante puisse ajuster la pression osmotique de ses tissus par rapport à la pression osmotique du sol. Ce phénomène nommé l'épictèse, permet donc à la plante d'assurer une hypertonie constante (Heller *et al.*, 2004). A l'échelle agronomique, les risques de salinisation varient de 4 à 16 mmhos/cm. A partir de 8 mmhos/cm, la plupart des plantes cultivées ont leurs rendements fortement abaissés par la salinité. Seuls les végétaux halophiles prospèrent dans des milieux à salinité supérieure à 16 mmhos/cm (Kenfaoui., 1997). .Durant le début et le développement du stress salin à l'intérieur de la plante, tous les processus majeurs tels que : la photosynthèse, la synthèse des protéines, le métabolisme énergétiques sont affectés. La première réponse est la réduction de la vitesse d'extension de la surface foliaire, suivi par l'arrêt de l'extension avec l'intensification du stress. (Parida et Das, 2005).

1. Action de sel sur la croissance et le développement

La réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire ce qui conduit à l'arrêt de l'expansion si la concentration du sel augmente (Wang et Nil, 2000). Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines (Chartzoulakis et Klapaki, 2000). Les sels solubles peuvent empêcher les racines d'absorber l'eau et les éléments nutritifs et, ainsi, restreindre la croissance des plantes cultivées, d'où un rendement plus faible (Wiebe *et al.*, 2001). La salinité accrue est accompagnée par une réduction significative dans la biomasse racinaire, la hauteur de la plante, le nombre de feuilles par plante, la longueur des racines et la surface racinaire chez la tomate. Le taux élevé de NaCl se manifeste par une faible croissance dans la biomasse des racines, tiges et feuilles et une augmentation dans le ratio partie racinaire/partie aérienne chez le coton (Meloni *et al.*, 2001).

1.1. Impacts de la salinité sur l'eau dans la plante

Le stress salin induit des changements au niveau du statut hydrique de la plante (Hasegawa *et al*, 2000 ; Fricke et Peters, 2002). Le stress salin réduit le contenu relatif en eau des feuilles (Albouchi *et al*, 2003). Il diminue la transpiration (Rengasamy, 2006), l'absorption hydrique par les racines, ce fait a été établi chez des plantes de résistance différentes (Snoussi *et al*, 2004).

1.2. Sur l'anatomie des feuilles

La salinité cause une augmentation de l'épaisseur de l'épiderme, l'épaisseur du mésophylle, la longueur des cellules palissadiques le diamètre des cellules palissadiques dans les feuilles de l'haricot, du coton et de l'atriplex. La salinité réduit aussi l'espace intercellulaire dans les feuilles. L'épaisseur du mésophylle et de l'épiderme ainsi que l'espace intercellulaire diminuent significativement dans les feuilles traitées avec le NaCl de la mangrove *B. parviflorai*. Le stress salin cause le développement de la vacuolisation et un gonflement partiel du réticulum endoplasmique, le gonflement de la mitochondrie et la vésiculation et la fragmentation du tonoplaste en plus de la dégradation du cytoplasme par le mélange de la matrice cytoplasmique et vacuolaire des feuilles de la patate douce (*Ipomoea batatas*) (Parida et Das, 2005).

1.3. Sur la photosynthèse

L'excès de sel devient toxique à un certain degré et accélère la sénescence naturelle des feuilles, en réduisant la capacité photosynthétique causé par la fermeture des stomates qui limite l'entrée du CO₂ (Zhu,2001; Munns,2002), La salinité affecte l'ultrastructure des chloroplastes (Ackerson,1981) et plus particulièrement celle des granas (Rahman, 2002).

1.4. Sur les lipides

Les lipides sont la source la plus efficace du stockage de l'énergie, ils fonctionnent comme des isolateurs des hormones et organes délicats, et jouent un rôle important comme des constituants des structures de la plupart des cellules membranaires (Singh *et al*, 2002). Ils ont aussi un rôle vital dans la tolérance à différents stress physiologiques chez une variété d'organismes comme les cyanobactérie. L'insaturation des acides gras contrecarre le stress salin ou hydrique. Wu

et al, (1998) ont analysé le changement de la composition des lipides soumis à un stress salin dans la membrane plasmique des racines chez *Spartina patens* et ont rapporté que les pourcentages molaires des stérols et les phospholipides diminuent avec l'augmentation de la salinité, mais le ratio stérols/phospholipides n'est pas affecté par le NaCl.

1.5. Sur l'absorption minérale

L'absorption à haute concentration de NaCl engendre une compétition entre les éléments minéraux, spécialement le Na^+ , ce qui conduit à une déficience minérale des autres éléments. Le traitement accru de NaCl induit une augmentation dans le taux du Na^+ et Cl^- et une diminution dans le taux du Ca^{2+} , K^+ et le Mg^{2+} chez de nombreuses plantes (Khan *et al.*, 2002). La salinité fait augmenter le contenu de Na^+ , Ca^{2+} et Cl^- chez *Vicia faba L* et le rapport K^+/Na^+ . Les effets nutritionnels de la salinité incluent les deux actions primaires du sel sur les plantes: la toxicité directe due à l'accumulation excessive des ions Na^+ et Cl^- dans les tissus et un déséquilibre nutritionnel provoqué par l'excès de certains ions. L'accumulation des ions Na^+ dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que K^+ et Ca^{2+} . Il y aurait une compétition entre Na^+ et Ca^{2+} pour les mêmes sites de fixation apoplasmique. L'accumulation des ions Na^+ affecte l'absorption de K^+ et ceci en fonction de la concentration du premier élément, cependant, la présence de Na^+ en faible concentration peut augmenter l'absorption de K^+ , tandis qu'une concentration élevée en Na^+ diminue.

1.6. Effet de la salinité sur les enzymes antioxydants

Les effets inhibiteurs imposés par la salinité sur le processus de la germination peuvent être également expliqué par l'altération de l'activité enzymatique, indispensable à la réactivation cellulaire pendant cette phase. Ainsi la salinité inhibe l'activité de plusieurs enzymes (Blum, 1988 ; Larcher, 1995). La réponse aux stress chez un organisme fait intervenir un grand nombre d'enzymes, telles que la superoxyde dismutase, les peroxydases, la catalase et la glutathion réductase (Pelmont, 1995 ; Vincent, 2006). Les composés réduits de l'oxygène ont une chimie très étendue, sont à l'origine d'effets mutagènes et entraînent des altérations sur les protéines et les lipides. Pour faire face à ces inconvénients, les cellules vivantes se sont dotées de plusieurs armes efficaces pour éliminer les réactifs EAO. Ces mécanismes peuvent être divisés en

deux catégories selon qu'ils impliquent des enzymes de façon directe ou indirecte (Sofa *et al.*, 2004).

2. Effet de la salinité sur les glycophytes et les halophytes

Les halophytes sont des plantes capables de réaliser leur cycle entier en survivant dans des conditions salines, ils s'opposent aux glycophytes, plantes des milieux non salés par leur morphologie (feuilles, tiges) et par leurs caractères physiologiques (pression osmotique, résistance à la nature et à la concentration des sels) (Genoux *et al.*, 2000). Bien que certaines halophytes puissent résister à d'importantes accumulations de sel ; d'autres ne peuvent se développer complètement qu'en présence de fortes concentrations salines, ce sont des halophytes obligatoires considérées comme étant «halophiles» qui signifie plantes aimant le sel (Genoux *et al.* 2000). La grande majorité des stress salins est provoquée par des sels de sodium, particulièrement le NaCl. De ce fait, les termes halophytes et glycophytes font essentiellement référence aux stress provoqués par un excès de Na⁺. Une plante halophile obligatoire ne peut pas se développer sans un excès de sel alors qu'une plante halophile facultative se développera normalement dans des conditions non stressantes. À l'inverse, une plante glycophile obligatoire ne se développera jamais en présence d'un excès de sels. (Tester et Davenport, 2003).

3. Tolérance des plantes à la salinité

3.1. Régulation ionique et compartimentation

L'absorption ionique et la compartimentation sont importantes non seulement pour la croissance normale mais aussi pour la croissance sous des conditions de salinité (Parida et Das, 2005) parce que le stress perturbe l'homéostasie ionique. Les plantes qu'elles soient glycophytes ou halophytes, ne peuvent tolérer une grande quantité de sel dans le cytoplasme, et par conséquent sous des conditions de salinité, elles limitent l'excès de sel dans la vacuole ou compartimentent les ions dans différents tissus pour faciliter leurs formes métaboliques (Zhu, 2001). Les glycophytes limitent l'absorption ou la translocation du sodium dans les tissus âgés qui servent de compartiments de stockage qui sont éventuellement sacrifiés. La suppression du sodium du cytoplasme ou la compartimentation dans les vacuoles est réalisée par des enzymes induites par le sel: le transporteur membranaire (antiporteur) Na⁺/H⁺ (Parida et DAS, 2005) (Figure.3).

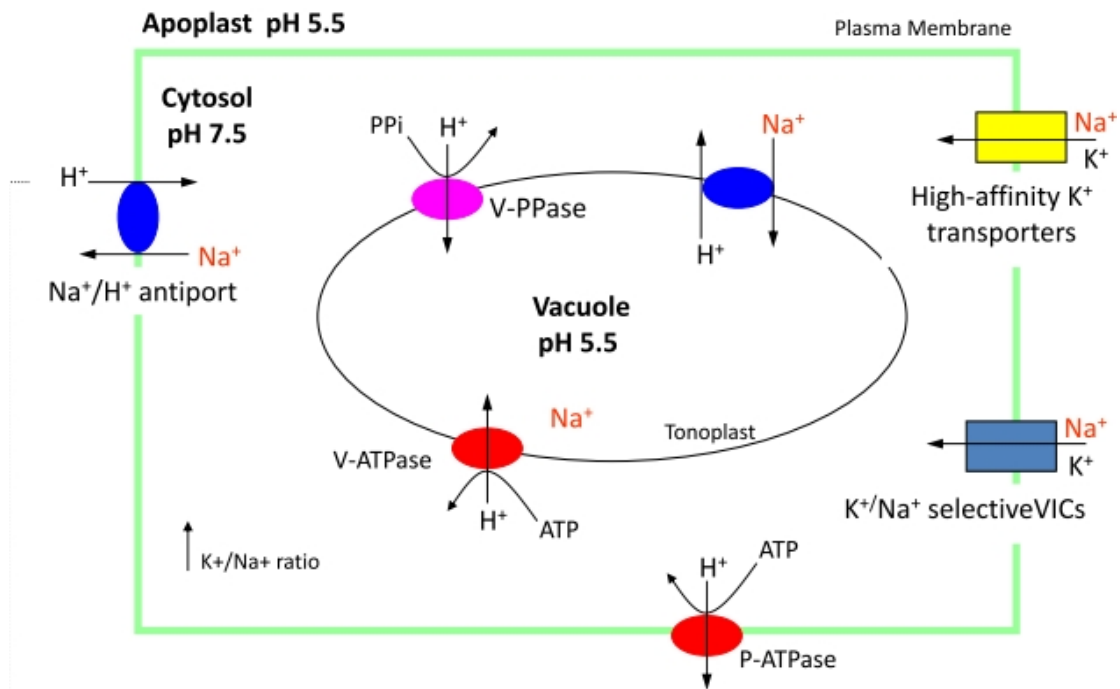


Fig. 03 : Régulation et compartimentation ionique (Mehdi, 2008).

3.2. Accumulation de proline

L'accumulation de proline est l'une des manifestations les plus remarquables du stress salin et hydrique (Belkhodja, 1996 ; Chen et Murata., 2002 ; Di Martino *et al*, 2003). Le rôle de la proline dans la résistance au stress salin n'est pas encore élucidé. Il peut s'agir d'un osmoticum dont l'accumulation cytoplasmique permet de neutraliser les effets ioniques et osmotiques de l'accumulation du sel dans la vacuole (Rontein *et al*, 2002). Selon un autre point de vue, l'accumulation de la proline n'est pas une réaction d'adaptation au stress, mais plutôt le signe d'une perturbation métabolique (Dix et Pearce., 1981). L'accumulation de proline en présence de Na Cl est plus faible chez les espèces sauvages tolérantes que chez l'espèce cultivée sensible, ceci laisse penser que la proline ne joue pas un rôle essentiel dans la résistance au sel (Naidoo, 2001).

3.3. Autres modes de tolérance à la salinité

L'accumulation des sucres solubles est très prononcée chez les plantes soumises à la contrainte saline, ces sucres ont pour rôle l'établissement de l'équilibre osmotique (Balibrea *et al*, 2000 ; Munns, 2002 ; Gregory, 2005). Parmi les Hormones on cite l'acide abscissique (ABA), synthétisé en réponse à l'effort de sécheresse et de salinité est connu pour induire la fermeture des stomates et pour réduire la perte d'eau par transpiration. L'ABA règle également la croissance de plantes et les processus

développementaux, tels que la maturation d'embryon, sèment la dormance, et l'adaptation au stress salin (Leung et Giraudat, 1998; Finkelstein, 2002). Parmi les divers phytohormones, L'ABA semble jouer le rôle le plus important dans la commande la réponse des stomates (Dodd, 2003 ; Yu *et al.*, 2005). Des nombreuses études récentes indiquent un effet coopératif entre L'ABA et d'autres phytohormones en réponse aux contrainte saline tel que l'éthylène (Lovegrove et Hooley,2000) .Un apport exogène de l'acide salicylique sur les jeunes plantes d'*Atriplex halimus* a diminué les effets nocifs de la salinité (Boukraa, 2008).L'éthylène règle de nombreux processus métaboliques y compris la germination de graine, le développement des racine, des feuilles et la sénescence et l'abscission des fleurs, la maturation du fruit, le nodulation, et les réponses des plantes à une grande variété de stress (Bleecker et Kende,2000), Bien que son rôle dans la fermeture des stomates a été suggéré (Giulivo,1986). Dans des conditions de stress salin ou hydrique, les niveaux endogènes accrus d'ABA limitent la production d'éthylène et ainsi maintenir le rapport adéquat de croissance pousses/ racines (Sharp, 2002).Un autre mode de tolérance qui est l'ajustement osmotique est défini en tant qu'abaissement du potentiel osmotique dans le tissu végétal dû à l'accumulation des corps dissous compatibles qui peuvent agir en tant qu'osmolytes cytoplasmiques facilitant l'absorption et la conservation d'eau mais également comme protecteurs et stabilisateurs des macromolécules et des structures cellulaires (Bohnert et Jensen,1996 ; Di Martino *et al.*,2003).

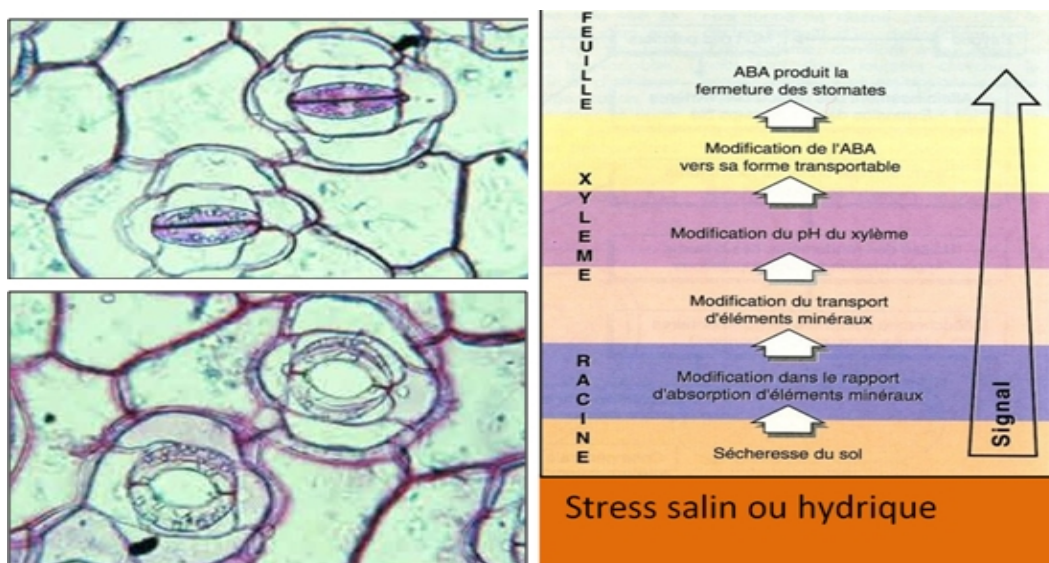


Fig. 04 : Rôle de l'acide abscécique dans la réponse au stress salin (anonyme, 2008).

4. Mécanisme de Tolérance vis-à-vis la salinité

Beaucoup d'informations sont disponibles sur les adaptations morphologiques et anatomiques en réponse à la salinité (Poljakof-Mayber., 1975). Les plantes poussant dans les conditions où le sol est affecté par la salinité subissent des perturbations d'ordre physiologique et biochimique (Ben Naceur *et al*, 2001). La réponse au sel des espèces végétales dépend de l'espèce même, de sa variété, de la concentration en sel, des conditions de culture et du stade de développement de la plante.

La plante peut s'adapter au stress salin de différentes manières:

4.1. L'exclusion

La plante empêche le sel de remonter jusqu'aux feuilles. Une première barrière existe au niveau de l'endoderme, couche interne des cellules de la racine, ainsi que le transport sélectif permet d'adsorber les ions nutritifs utiles et de réexcréter les ions Na^+ (Genoux *et al*, 2000).

4.2. L'inclusion

La plante capte le sel qui parvient aux feuilles au même titre que l'eau par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de pompes moléculaires et ainsi le sel est isolé des constituants cellulaires vitaux (Berthomieu *et al.*, 2003). La résistance des plantes à la salinité est définie par Shannon et Grieve (1999) comme étant la capacité inhérente des plantes à résister aux effets des concentrations élevées en sels dans le profil racinaire où sur les feuilles sans subir des effets nuisibles significatifs. la tolérance à la salinité comme étant la capacité des plantes d'accroître et d'accomplir son cycle de vie sur un substrat qui contient des concentrations élevées en sels solubles. Dans cet habitat la plante doit répondre à deux exigences: l'adaptation osmotique et l'acquisition des éléments minéraux dont elle a besoin pour la croissance et le fonctionnement du métabolisme (Shannon et Grieve, 1999).

5. microorganismes des sols salins

Les microorganismes montrent des réponses très différentes selon la concentration en sels nécessaires à leur croissance optimale, plusieurs groupes physiologiques de microorganismes sont considérés:

- Non halophiles nécessitent moins de 1% de NaCl ;
- Halotolérante non halophiles micro-organismes qui peuvent tolérer des concentrations de sel élevées, dans certains cas jusqu'à 25% de NaCl ;
- Les halophiles légères poussent mieux dans les médias avec 1 à 3% de NaCl ;
- Les halophiles modérés croissance optimale dans les médias avec 3-15% de NaCl ;
- Les halophiles extrêmes se développent mieux dans un milieu contenant 15 à 25% de NaCl et sont capables de croître, même à des concentrations salines saturées (Kushner et Kamekura 1988).

Tous ces groupes peuvent coexister et l'explication de ce phénomène est l'hétérogénéité des habitats du sol, où la salinité peut changer de façon marquée dans l'espace et dans le temps. Comme conséquence de cette hétérogénéité, les organismes halophiles peuvent périodiquement être éliminés et les types euryhalins plus systématiquement favorisés. La plupart des bactéries halophiles et modérément tolérantes isolées et décrites dans les sols salins sont des bactéries hétérotrophes. (Dion et Nautiyal, 2008).

5.1. Rhizobactéries des sols salins

La composition microbienne de la rhizosphère, en raison de diverses interactions plantes-microbes, diffère souvent beaucoup de celle du sol environnant et de l'espèce végétale (Tripathi *et al.*, 2002). La salinité cause une grande perturbation à l'interaction plante-microbe dans les écosystèmes dégradés, il est rapporté que la formation de nodules dans l'interaction légumineuses-Rhizobium est plus sensible au stress salin que les rhizobiums eux-mêmes (Zahran, 1991). Les souches *Pseudomonas Alcaligenes* et *P. pseudoalcaligenes* ont été isolées des sols salins et ont été trouvées capables de fixer l'azote atmosphérique et de solubiliser des phosphates en présence de sels (Oren, 1994 ; Kamekura, 1998 ; Loganathan et Nair, 2004).

La colonisation bactérienne des racines dépend des facteurs biotiques et abiotiques tels que les exsudats racinaires, la concurrence, les nutriments, le pH, la température et la concentration en sels. Les bactéries Tolérantes aux sels présentent de nombreux mécanismes de l'exploitation de leurs environnements et diffèrent grandement dans leurs capacités biochimiques à utiliser les différents réservoirs de carbone organique comme sources d'énergie et de la nourriture (Van Veen *et al.*, 1997).

Partie Expérimentale

Chapitre I: Matériels et méthodes de travail

I. Caractérisation de la zone d'étude

L'objectif de ce travail est de caractériser les sols salés de la zone de la plaine de la Mina de Relizane a fin d'isoler les bactéries du sol.

1. Etude préliminaire

Cette phase consiste :

1.1. à la consultation des documents de base et à rassembler le maximum d'informations et tous les travaux à caractères techniques qui pourront nous être utiles pour le choix du profil type représentant la zone d'étude.

1.2. à regroupé des données climatiques, des données topographiques, géomorphologiques et des informations sur l'occupation des sols.

2. Prospection sur terrain

2.1. Prospection de reconnaissance

Cette opération a pour but de déterminer les limites définitives de la zone à étudier ainsi que la compréhension du degré de complexité du milieu naturel afin de préciser les moyens à mettre en œuvre.

Dans une première prospection, notre objectif était de comprendre le milieu naturel, en étudiant la zone dans son contexte, on a déterminé les limites définitives en utilisant d'abord la carte de salinité de la région et vérifiant les pourtours de la zone d'étude en parcourant toute la zone.

Aussi, on a pu comparer et relier les données sur la topographie et la géomorphologie.

Nous avons procédé à l'observation et à la description de tout le paysage de manière à dégager les relations entre la morphologie et les critères suivants l'aspect de surface, la charge caillouteuse, la texture, les affleurissances des sels et le couvert végétal mise en place.

2.1.1. Critère de choix du profil pédologique

Après délimitation de l'unité pédologique vient le choix de l'implantation du profil type, en tenant compte de la géomorphologie, de la géologie, de la végétation et

les conditions climatiques. Cette description consiste dans la caractérisation du profil dans son milieu naturel (environnement et caractères intrinsèques).

2.1.2. Etude morphologique stationnelle

Pour bien caractériser notre profil pédologique, on a retenu comme critères essentiels : la profondeur, la charge caillouteuse, la couleur, la texture, la structure, le calcaire total et sa répartition dans le profil, l'aspect de surface, matière organique, activité biologique et enfin drainage interne et externe du sol.

3. Analyses physico-chimiques des sols

Les échantillons prélevés ont fait l'objet de plusieurs analyses physiques et chimiques, nécessaires pour la classification des sols. Ces analyses sont effectués au niveau de laboratoire de l'institut national des sols et d'irrigation et drainage de Relizane.

3.1. Analyses physiques

3.1.1. Granulométrie

La granulométrie est réalisée selon la méthode internationale à la pipette de Robinson.

3.1.2. Mesure du pH

Le pH est mesuré de l'extrait de la pate saturé après quatre heures de repos. La lecture se fait à l'aide d'un pH-mètre préalablement étalonné .

3.2. Analyses chimiques

3.2.1. Calcaire total : méthode de calcimètre de Bernard

Le calcaire total est analysé selon le principe de la réaction caractéristique de carbonate de calcium au contact de l'acide chlorhydrique, il s'agit de comparer le volume de CO₂ dégagé par le contact d'HCl avec un certain poids connu de terre. Le volume de CO₂ dégagé est proportionnel à la teneur en carbonate de calcium.

3.2.2. Calcaire actif

Le dosage du calcaire actif est basé sur la propriété du calcaire à se combiner à l'oxalate d'ammonium. L'excès de ce dernier est titré par manganimétrie.

3.2.3. Carbone organique

le dosage du carbone organique est réalisé selon la méthode d'Anne, le carbone est oxydé par le bichromate de potassium en présence d'acide sulfurique. L'excès de bichromate est titré par le sel de Mhor en présence de dipliénylamine et le fluorure de sodium. La quantité réduite est proportionnelle à la teneur en carbone organique, ce dernier est lié à la matière organique par la relation suivante :

$$\text{MO}(\%) = 1.72 \times \text{C}(\%).$$

II. Analyse microbiologique des sols

1. Echantillonnage du sol

Le prélèvement des quatre échantillons est fait selon la carte de salinité et à l'aide d'un GPS à partir des zones à degrés de salinité suivants (de 0 à 2 ; 2 à 4 ; 4 à 8 et de 8 à 16mmhos/cm) chaque échantillon du sol est prélevée à 10 cm de profondeur.

Dosage de l'humidité

Pour la détermination du taux d'humidité on pèse 10g de sol. Cette quantité du sol est mise dans une étuve à 105°C pendant 24h

2. Dénombrement des bactéries

2.1. Préparation des suspensions dilutions

Les étapes réalisées pour chaque échantillon sont les suivantes :

On pèse 1g de chaque échantillon de sol on le met dans un tube à essai contenant 10ml d'eau distillée stérile

On prépare une série de dilutions de 10^{-1} allant jusqu'à 10^{-6}

2.2. Ensemencement

Chaque dilution est ensemencée en surface dans des boîtes Pétri contenant la gélose nutritive (Annexe A). L'incubation des boîtes est effectuée à 30°C pendant 48h.

3. Isolement, purification et conservation des *Pseudomonas*

A partir des dilutions préparées précédemment on fait des ensemencements en surface dans des boîtes Pétri contenant le milieu king B (Annexe A).

A partir des boîtes retenues, on a sélectionné les colonies qui ont une fluorescence jaune verdâtre que l'on effectue une purification par la méthode dite « stries simples » sur le même milieu (king B) pour obtenir des souches pures. Ces souches vont être conservées à 4°C.

4. Identification des isolats de *Pseudomonas*

4.1. Etude macroscopique

Cette étude est réalisée par observation à l'œil nu de la taille, la forme, la couleur, et l'aspect des colonies.

4.2. Etude microscopique

Cette étude est réalisée par l'observation sous microscope optique de la forme de la disposition des bactéries à la suite d'une coloration de Gram.

4.3. Etude biochimique et physiologique

4.3.1. Test de RM

Le test de rouge de méthyle est une réaction utilisée pour mettre en évidence la voie fermentative des acides mixtes.

On ensemence largement un tube Clark et Lubs et on incube à 30°C pendant 24h. La lecture est faite après l'addition de 2 à 3 gouttes du rouge de méthyle. Le test est positif si la couleur rouge apparaît.

4.3.2. Test de VP

La réaction de Voges Proskauer consiste à mettre en évidence la production d'acétone par une réaction colorée.

Le tube contenant du milieu Clark et Lubs est ensemencé et puis incubé pendant 24h à 30°C.

La lecture se fait par l'addition de 5 gouttes d'alpha naphthol (VP1) et le même volume d'hydroxyde de potassium (VP2).

Après une agitation, on attend quelque minute jusqu'à une heure, si la couleur devient rouge le test est VP+.

4.3.3. Catalase

Ce test permet de mettre en évidence une enzyme respiratoire présente chez les bactéries à métabolisme oxydatif, cette enzyme permet d'empêcher l'accumulation d'eau oxygénée.

Sur une colonie jeune de 24h on dépose une goutte d'eau oxygéné, l'apparition de bulles par dégagement d'oxygène signifie la présence de la catalase.

4.3.4. Mobilité et fermentation du mannitol

Un tube de milieu mannitol mobilité est ensemencé par piqure centrale jusqu'au fond du tube et incubé pendant 24h à 30°C si le milieu devient jaune la bactérie est mannitol (+).

4.3.5. Croissance à 4°C et à 42°C

Des stries seront réalisées sur le milieu gélose nutritive, ensuite on incube pendant 48h à 4°C et à 42°C. La lecture se base sur la présence ou l'absence de croissance.

4.3.6. Recherche de la lécithinase

Cette recherche est utilisée pour différencier entre *P. fluorescens* qui est lécithinase (+) et *P. putida*. Les souches sont ensemencées en touches dans des boîtes Pétri contenant la gélose nutritive à base de jaune d'œuf (Annexe A). L'incubation se fait à 30°C pendant 30h. Si un halo opaque est observé autour de la colonie, alors la bactérie est dite lécithinase (+).

4.3.7. Hydrolyse de l'amidon

Le milieu amidon est préparé par l'addition de l'amidon à raison de 10g/l au milieu gélose nutritive. Les souches sont ensemencées en touches et l'incubation se fait à 30°C pendant 48h, on peut rendre la lecture plus nette en versant sur le milieu quelques gouttes de lugol, si le pourtour de la colonie devient bleu alors la bactérie est dite amidon négative.

4.3.8. Hydrolyse de la gélatine

On ajoute de la gélatine au milieu GN à raison de 4g/l. Les souches seront ensemencées en touches et puis incubées à 30°C pendant 48h. On verse en suite sur la surface du milieu de culture une solution diluée de 0,1g/l de CuSO₄. S'il y a apparition d'une zone claire autour de la colonie, la bactérie est dite gélatine (+), et en absence de cette zone la bactérie est dite gélatine (-).

4.3.9. Production des pigments

L'élaboration des pigments est influencée par la composition du milieu, ce qui justifie l'utilisation de deux milieux différents. King A (Annexe A). Sera utilisé pour la recherche de la pyocyanine (à cause de la présence d'ions inorganiques). Le King B milieu favorable pour la production de la pyoverdine (à cause de sa teneur élevée en phosphate).

4.3.10. Croissance dans différents degrés de salinités

On ajoute des concentrations croissantes de NaCl à la gélose nutritive (2,5; 5; 5,5; 6; 6,5; 7; 7,5; 8 et 9% de NaCl) les bactéries serontensemencées en stries à la surface du milieu, ensuite on incube pendant 48h à 30°C. La lecture se base sur la présence ou l'absence de croissance.

5. Détermination du pouvoir antagoniste des souches

Pour déterminer la compétitivité des isolats on doit effectuer un test d'antagonisme entre les souches de *Pseudomonas* isolées et des espèces à pouvoir compétitif connu.

5.1. Isolement d'un champignon pathogène de la fève (*Vicia faba*)

A partir des plantes de la fève qui présentent des symptômes des maladies fongiques on a pris des feuilles malades, les parties atteintes ont été désinfecter par l'eau de javel diluée à 25% pendant 15min puis rincés cinq fois par l'eau distillées stérile, les morceaux sontensemencés dans des boites Pétri contenant le milieu de culture PDA (Annexe A) à 28°C pendant 5j.

Purification et conservation de l'agent pathogène

La purification a été effectuée par ensemencement en stries d'une partie de mycélium dans des boites de Pétri contenant le milieu de culture PDA, incubé à 28 °C pendant 7j ensuite conservé à 4°C.

Identification du champignon

L'identification est basé sur l'aspect micro et macroscopique des colonies du champignon.

5.1.1. Bactéries et actinomycètes tests

Le laboratoire de la microbiologie de l'université de Mostaganem nous a fourni deux bactérie (*Bacillus subtilus* et *Bacillus sp*) et deux actinomycètes (*Streptomyces sp* n°1; *Streptomyces sp* n°2). Et un *Penicillium sp* isole des feuilles atteintes de la fève.

5.2. Test d'antagonisme *in vitro*

Le test d'antagonisme a été effectué entre les souches de *Pseudomonas* et *Alternaria alternata*; *Pinicilium sp*; *Bacillus subtilis*; *Bacillus sp*; *Streptomyces sp* n°1; *Streptomyces sp* n°2.

Ce test consiste à déposer la souche de *Pseudomonas* en trait dans des boites de pétri contenant le milieu king B ou PDA, après incubation de 48h a 30°C on dépose aseptiquement un trait perpendiculaire au trait de *Pseudomonas* des microorganismes qu'on veut tester leur antagonisme.

5.2.1. Mesure de la zone d'inhibition de croissance

L'inhibition de croissance a été évaluée par la distance entre le trait de *Pseudomonas* et la croissance de microorganisme antagoniste à l'aide d'un pied à coulisse.

6. Production et caractérisation de la Pyoverdine et d'antibiotique

6.1. Production et caractérisation d'antibiotique

On ensemence la souche performante P8 dans 3tubes contenant 3ml de bouillon nutritif (Annexe A) et incubés pendant 24h. Chaque tube est versé dans un erlen meyer de 500ml contenant 125ml de bouillon nutritif, les erlens sont incubés dans un incubateur agitateur à 30°C pendant 48h avec une agitation de 250t/min.

Extraction de l'antibiotique

La culture est centrifugé à 6000t/min pendant 10min, on ajoute au surnagent de l'hexane a raison de 1V/1V, dans un ballon à décanter on laisse le mélange se sépare pendant environ 3h puis on fait passé la phase organique à travers un papier filtre de Watman n°1 contenant du sulfate de sodium anhydre, le filtra sera concentré a sec (Kurachi, 1958).

Caractérisation de l'antibiotique par spectrophotomètre UV-Visible

Notre échantillon est balayé de 220 à 700nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible.

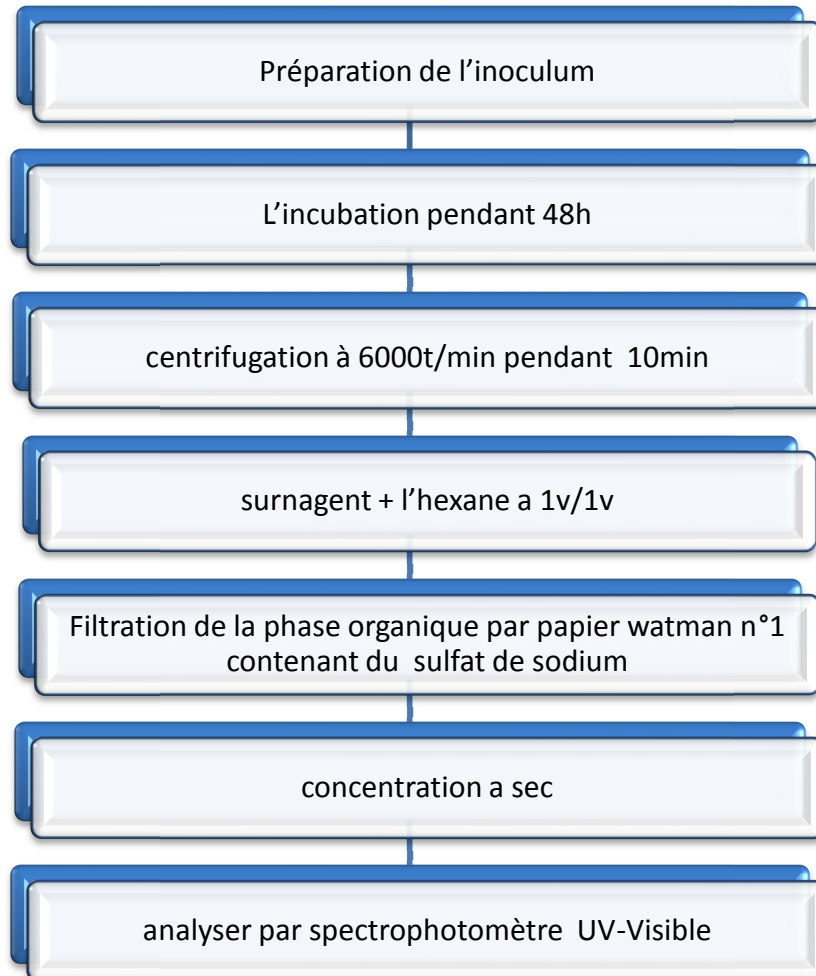


Fig. n=05 : Diagramme de production et caractérisation de l'antibiotique

6.2. Production et caractérisation de la Pyoverdine

Pour la méthode de la production de la pyoverdine est la même utilisée pour la production de l'antibiotique mais la durée d'incubation est de 40h et le milieu de culture utilisé est le King B.

L'extraction de la Pyoverdine

La culture est centrifugée à 6000t/min pendant 10min, on ajoute ½ le volume du surnageant du mélange chloroforme/phénole (1V/1V) dans un ballon à décanter, on le laisse une nuit puis on prend la phase organique, on ajoute à cette phase 1,5 le volume par le diéthyléther on agite bien puis on le laisse se séparer pendant environ 3h dans un

ballon à décanter, la phase organique est passé a travers un papier filtre de Watman n1 contenant du sulfate de sodium anhydre, le filtra est concentré a sec (Meyer et Abdallah, 1978).

Caractérisation de la Pyoverdine par spectrophotomètre UV-Visible

Notre échantillon est balayé de 220 à 700nm dans un spectrophotomètre UV-Visible.

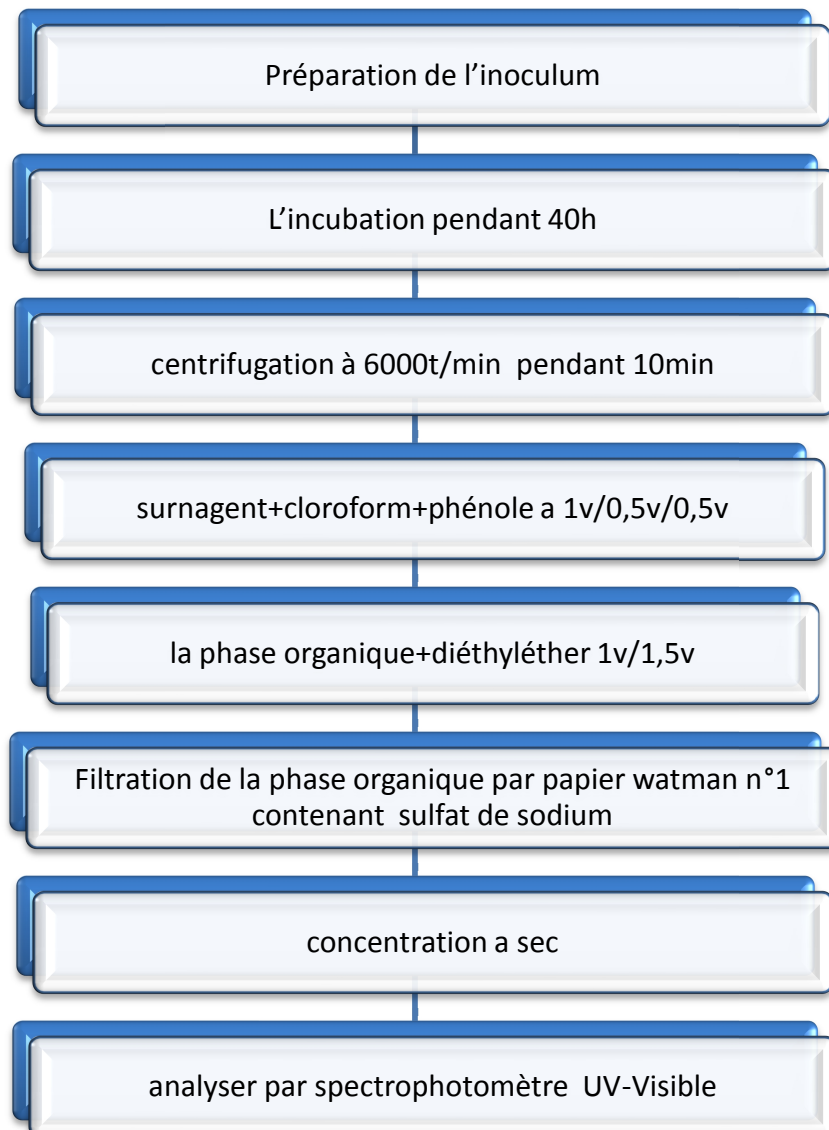


Fig. n=06 : Diagramme de production et caractérisation de la pyoverdine

7. Effet de la pyoverdine et de l'antibiotique sur la croissance mycélienne d'*Alternaria alternata*

Dans cette expérience on a mit 2ml de la solution contenant de la pyoverdine ou 1ml de la solution contenant de l'antibiotique dans 15ml de gélose nutritive, on a mit dans le centre de la boîte un disque du champignon poussé sur PDA.

8. Détermination du taux de croissance et du temps de génération des souches antagonistes

Deux tubes de bouillon nutritif de 3ml sont inoculés par 0,5 Macferland de P8 (productrice de l'antibiotique) et l'autre tube par P5 (productrice de la pyoverdine), les tubes sont incubés à 30°C pendant 24h puis versés aseptiquement dans des erlen meyer de 500ml contenant 125ml du milieu king B puis incubés dans un agitateur incubateur à 30°C.

La mesure de la croissance est réalisée par un spectrophotomètre à $t_0 = 0h$; $t_1 = 4h$; $t_2 = 24h$ à 620nm.

$$\mu = \frac{2,303(\lg DO_2 - \lg DO_1)}{t_2 - t_1}$$

$$t_d = \frac{\ln 2}{\mu}$$

DO ₁	Densité optique initiale
DO ₂	Densité optique finale
t ₁	Temps initial
t ₂	Temps final
t _d	Temps de génération
μ	Constant sur la croissance des bactéries

III. Etude de l'effet de l'inoculation du support pédologique par des souches P8 et P5 sur la croissance de la fève (*Vicia faba*) : l'expérience est faite en présence et en absence du sel

L'objectif principal de ce travail est de montrer l'effet de l'inoculation des *Pseudomonas* dans les conditions salines sur l'expression en paramètres biométrique du développement végétatif d'une plante stratégique qui est la fève.

1. L'obtention des graines

Les grains de la fève de variété *Semilla violita* sont fournis par laboratoire de physiologie végétale de l'université Essania Oran.

1.1. Prégermination des graines

Les graines sont désinfectées à l'eau de javel à 25% pendant 15min rincées cinq fois à l'eau distillée stérile, puis déposées sur des papiers filtre imbibé par l'eau distillée stérile, on laisse les graines germer pendant 3 jours.

1.2. Préparation du support pédologique

Le support pédologique utilisé dans notre expérience est un sable de la mer issu de plage CHAAYBIA à Mostaganem

Le sable est lavé 5 fois par l'eau de robinet puis une fois par l'esprit de sel puis 2fois par l'eau de robinet puis une fois par l'eau de javel et finalement trois fois par l'eau déminéralisée totale.

1.3. Repiquage des graines germées

Les graines germées sont repiquées dans des pots de 1kg de support pédologique à raison de 3 graines par pot. Le repiquage est effectué le 27 mars 2011.

L'irrigation est effectuée d'une manière régulière par l'eau déminéralisée totale en tenant compte de la capacité de rétention de l'eau de notre support pédologique.

2. Etude de l'effet de l'inoculation du support pédologique par des souches P8 et P5 en présence et absence du sel sur la croissance de la fève (*Vicia faba*)

2.1. Préparation de l'inoculum

Des colonies de 24h de P8 et P5 sont utilisées pour ensemercer des tubes de 3ml de bouillon nutritif, les tubes sont incubés à 30°C pendant 24h, puis versés aseptiquement dans des flacons de 250ml contenant 100ml de bouillon nutritif et incubés à 30°C pendant 48h.

Une quantité de 30ml de la suspension bactérienne est mélangée avec le 1kg du support pédologique juste avant le repiquage des graines.

2.2. Expérimentation

L'expérience est menée par l'inoculation du support pédologique par des suspensions bactériennes soit de la souche P8 soit de la souche P5 juste avant le repiquage. Durant les 30 premiers jours tous les pots sont irrigués par l'EDT puis on applique sur 30 pots un stress salin de 60mM/l de NaCl.

2.2.1. Expérimentation en présence du sel

Dans cette partie de l'expérience tous les pots ont été irrigués pendant les 30 premiers jours par la solution nutritive (Hoagland) (Annexe B) seulement, puis ont été irrigués par cette solution nutritive en ajoutant 60mM/l de NaCl durant les 20 jours qui suivent.

Les expériences réalisées sont les suivantes.

Témoin: 30 plantes ont été plantées dans des pots non inoculés

Essai P8: 30 plantes ont été plantées dans des pots inoculés par la souche P8

Essai P5: 30 plantes ont été plantées dans des pots inoculés par la souche P5

2.2.2. Expérimentation en absence du sel

Dans cette partie de l'expérience tous les pots ont été irrigués durant toute l'expérience par la solution nutritive (Hoagland) seulement.

Les expériences réalisées sont les suivantes :

Témoin: 30 plantes ont été plantées dans des pots non inoculés

Essai P8: 30 plantes ont été plantées dans des pots inoculés par la souche P8

Essai P5: 30 plantes ont été plantées dans des pots inoculés par la souche P5

Les résultats de l'expérience sont basés sur la mesure des paramètres biométrique de la croissance végétale en longueur, poids secs et poids frais des tiges, des racines et des plantes entières.

IV. Etude de l'effet de l'inoculation des feuilles par les souches P5 et P8 sur l'expression en taches de l'alternariose causé par l'agent phytopathogène *Alternaria alternata* sur la fève (*Vicia faba*).

1. Préparation de la suspension bactérienne

Des colonies de 24h de P8 et P5 sont utilisées pour ensemercer des tubes de 3ml de bouillon nutritif, les tubes sont incubés à 30°C pendant 24h, puis versés aseptiquement dans des flacons de 250ml contenant 100ml de bouillon nutritif et incubés à 30°C pendant 48h.

2. Préparation de la suspension des spores d'*Alternaria alternata*

Les spores d'*Alternaria alternata* sont recueillies dans de l'eau distillée stérile de cultures âgées de 10 jours et poussant sur le milieu PDA.

3. Expérimentation

L'expérience est menée par la contamination des feuilles par pulvérisation d'une suspension de spores du champignon phytopathogène causal de l'alternariose (*Alternaria alternata*).

Cette contamination est suivie directement (après 10min) par une pulvérisation soit par une suspension bactérienne de la souche P8 ou de la souche P5 soit par l'antibiotique ou par la pyoverdine.

La contamination et le traitement ont été faits le 27 avril 2011, donc après un mois du repiquage des graines germées.

4. Expérimentation en présence du sel

Dans cette partie de l'expérience tous les pots ont été irrigués pendant les 30 premiers jours par la solution nutritive (Hoagland) seulement, puis ont été irrigués par cette solution nutritive en ajoutant 60mM/l de NaCl durant les 20 jours qui suivent.

Les expériences réalisées sont les suivantes.

Témoin négatif: 30 plantes ont été pulvérisées par l'eau distillée stérile.

Témoin positif: 30 plantes ont été pulvérisées par une suspension de spores d'*Alternaria alternata*.

Essai P8: 30 plantes ont été pulvérisées par la suspension de spores *d'Alternaria alternata*, puis pulvérisées par une suspension bactérienne de la souche P8.

Essai P5: 30 plantes ont été pulvérisées par la suspension de spores *d'Alternaria alternata*, puis pulvérisées par une suspension bactérienne de la souche P8.

Essai antibiotique: 30 plantes ont été pulvérisées par la suspension de spores *d'Alternaria alternata*, puis pulvérisées par l'antibiotique.

Essai pyoverdine: 30 plantes ont été pulvérisées par la suspension de spores *d'Alternaria alternata*, puis pulvérisées par la pyoverdine.

5. Expérimentation en absence du sel

Dans cette partie de l'expérience tous les pots ont été irrigués durant toute l'expérience par la solution nutritive (Hoagland) seulement.

Les expériences réalisées sont les suivants.

Témoin négatif: 30 plantes ont été pulvérisées par l'eau distillée stérile.

Témoin positif: 30 plantes ont été pulvérisées par une suspension de spores *d'Alternaria alternata*.

Essai P8: 30 plantes ont été pulvérisées par la suspension de spores *d'Alternaria alternata*, puis pulvérisées par une suspension bactérienne de la souche P8.

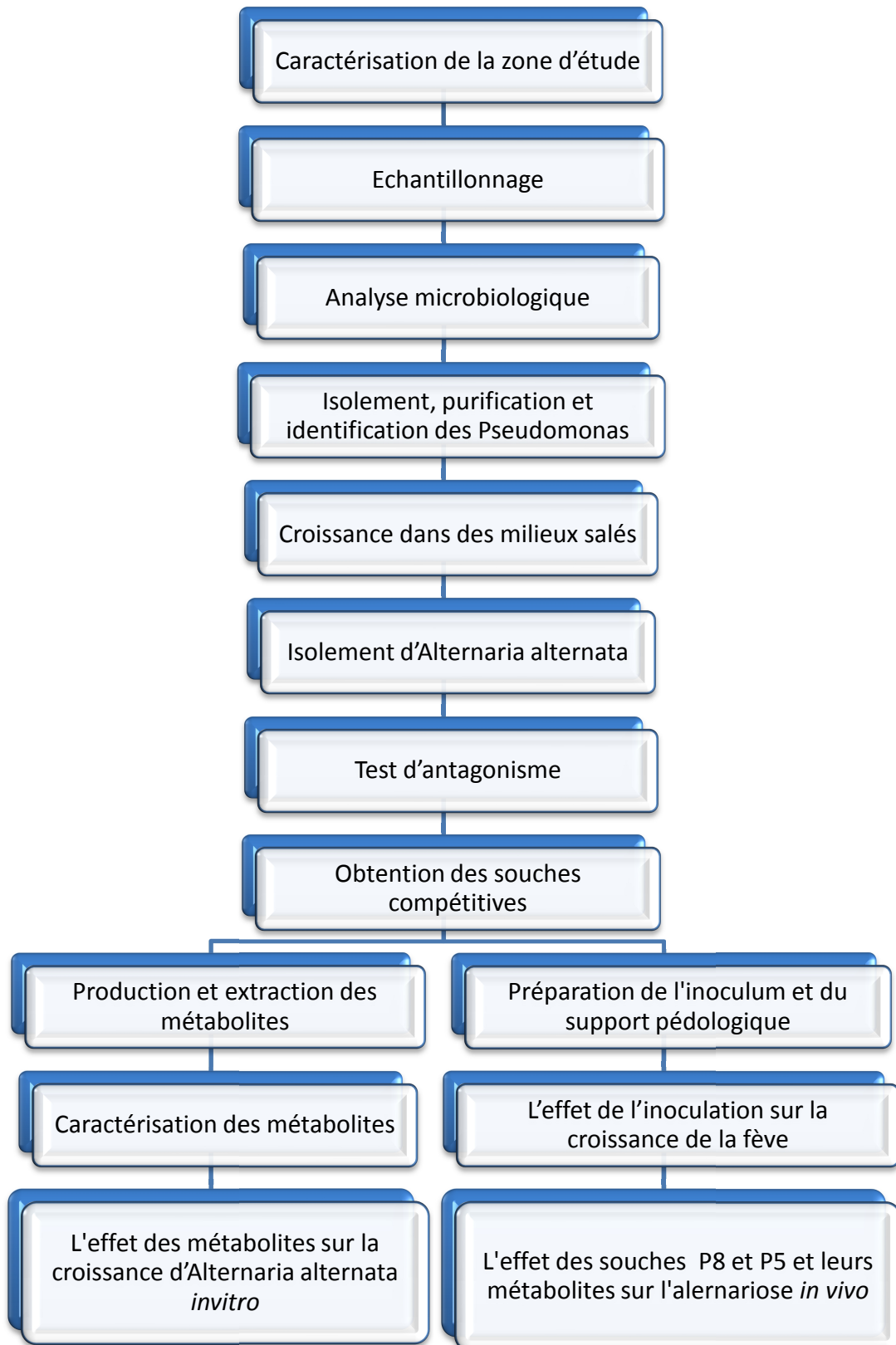
Essai P5: 30 plantes ont été pulvérisées par la suspension de spores *d'Alternaria alternata*, puis pulvérisées par une suspension bactérienne de la souche P8.

Essai antibiotique: 30 plantes ont été pulvérisées par la suspension de spores *d'Alternaria alternata*, puis pulvérisées par l'antibiotique.

Essai pyoverdine: 30 plantes ont été pulvérisées par la suspension de spores *d'Alternaria alternata*, puis pulvérisées par la pyoverdine.

Les résultats de l'expérience sont basés sur le nombre des taches dues à la contamination des feuilles par *Alternaria alternata*.

Les pots sont placés dans une serre en verre non automatisée au niveau de la ferme expérimentale de Mazaghran.

**Fig. 07** : Diagramme expérimentale

Chapitre II: Résultats et discussions

I. Présentation de la zone d'étude

1. Situation géographique de la zone d'étude

Le périmètre irrigué de la Mina, créé en 1943, occupe une superficie totale de 13.647 ha, dont 9592 ha sont irrigables sur les 10.580 ha que compte la SAU. La zone d'étude est située dans la vallée du plus grand affluent du Chélif (Oued Mina). Elle est traversée par la route nationale N°04.

La partie centrale du périmètre se trouve dans le nord de l'Oued Mina qui coule vers le Nord et se jette dans l'Oued Chélif. La partie Ouest du périmètre s'étend à gauche et à droite de la route menant à la ville d'Oran et comprend le voisinage immédiat de la ville d'El Matmar. La partie Est s'étend à gauche et à droite de la route menant vers la ville de Chlef et comprend les environs de la localité de la ville de Oued Djemaa.



Fig. 08: représentation géographique de la zone d'étude (INSID, 2009).

2. Géologie :

Le site d'étude fait partie de la plaine du Mina. Cette plaine est un bassin déprimé bordé du Sud à l'Est et à l'Ouest de montagnes. Au Nord-Ouest, par les monts de Bel-Hacel qui sont formés, dans leur partie drainée vers la plaine de grés pliocènes et de désagrégation de ces grés (sables du plateau de Mostaganem) qui peuvent donner des dunes (région Nord-est de Yellel), le piedmont de cette zone est encroûté (croûte calcaire).

Au Sud, les monts de Guerbouça sont formés de grés dans leur partie occidentale et de grés et marnes pliocènes. Ces formations se raccordent à la plaine par un glacis encroûté. Au Sud et à l'Est, la vallée est bordée de massifs érodés de marnes Miocènes (Helvétiques) à petits cristaux de gypse.

Au niveau de la confluence de l'Oued Mina et de l'Oued Malah, la vallée est bordée à l'Ouest par les collines de Relizane formées de grés et de poudingues et localement encroûtées. Sur la partie Sud et Sud-ouest de Oued Djema, les affleurements de marnes et d'argiles miocènes, se raccordent à la plaine de Relizane par un glacis de piedmont ancien, recouvert d'une croûte calcaire. À l'Est et au Sud-est, les monts environnants sont formés de marnes et argiles miocènes.

3. Géomorphologie

La zone d'étude est une vaste vallée de plus de 15km de largeur issue de la disposition des alluvions d'oued mina, oued Yellel et oued Malah.

4. Hydrogéologie

Dans la plaine de Mina il y a une série de nappes dont le cloisonnement dépend surtout de la constitution physique des alluvions. La notion d'une nappe unique ne correspond pas à la réalité ; il y a autant de niveaux aquifères que de niveaux relativement perméables (Aubert, 1943).

5. Hydrographie

Le réseau hydrographique est constitué par deux oueds principaux drainent la plaine de la Mina, oued Yellel à l'ouest et oued Mina au centre. Ce dernier reçoit un

affluent salé au sud du périmètre oued Malah. Ces oueds sont pratiquement à sec pendant la période estivale.

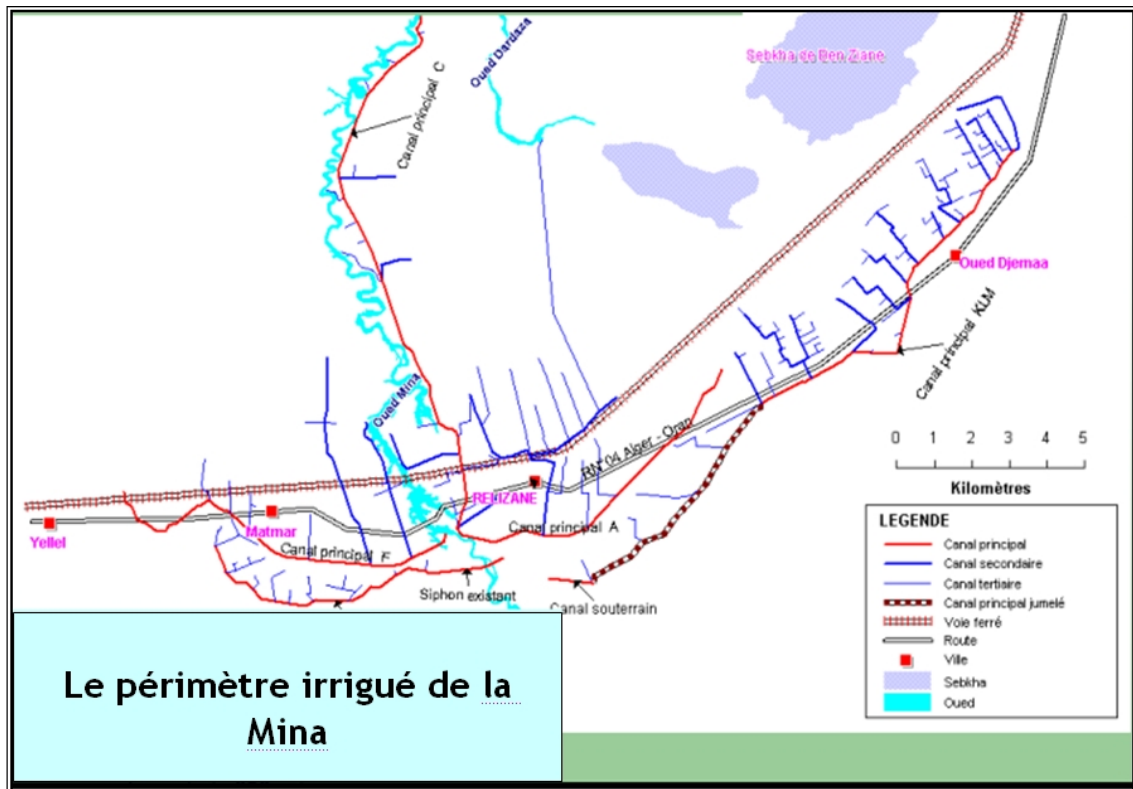


Fig. 09 : schéma du réseau hydrographique de la zone d'étude (INSID, 2009).

6. Topographie de la zone d'étude

Le paysage de la zone d'étude présente une morphologie très légèrement ondulée. L'altitude de celle-ci varie entre 60 et 70 mètres avec des pentes dépassant très rarement les 2%.

7. La végétation

7.1. La végétation naturelle

La zone d'étude est colonisée par la végétation naturelle, composée de plantes halophytes comme l'Atriplex, *Suaeda fructicosa* et *Salsola vermiculata*, avec une association d'espèces moins tolérantes à la salinité. Ces espèces appartiennent à la famille des graminées. L'ensemble constitue le cortège floristique du paysage avec la décroissance de la salinité (INSID, 2009).

7.2. Les cultures pratiquées

L'agriculture dans le périmètre est très diversifiée. En effet les cultures pratiquées sont les céréales, les fourrages, le maraîchage et l'arboriculture (agrumes, olivier, grenadier et autres fruitiers).

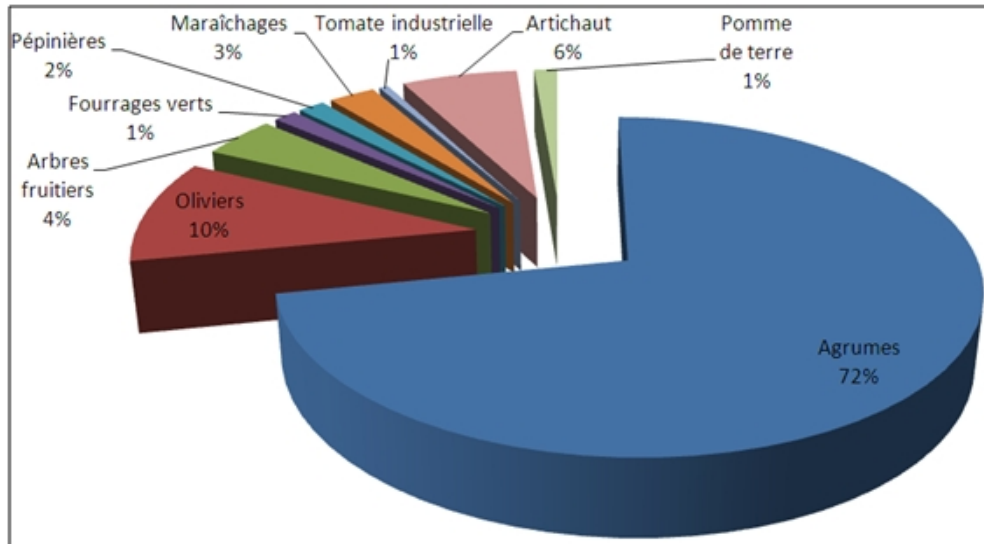


Fig. 10 : Représentation graphique des pourcentages de différentes spéculations (INSID, 2009).

8. la salinité des sols

Les sols affectés par la salinité occupent une superficie relativement importante dans la région de Relizane.

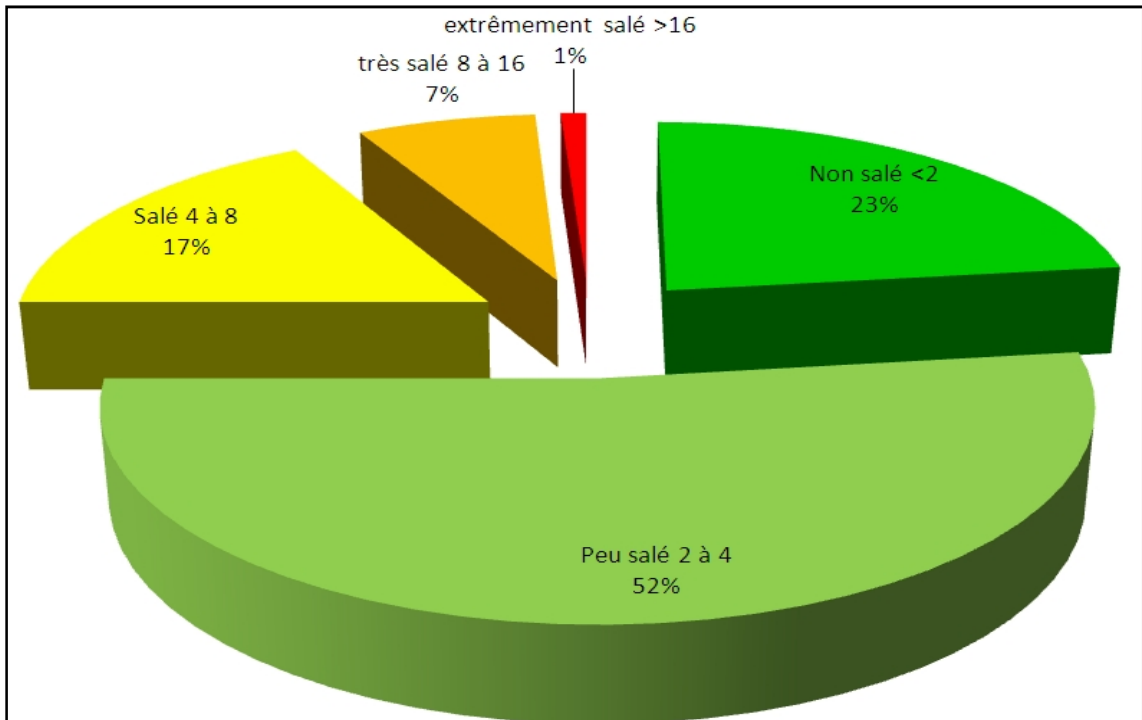


Fig. 11 : Représentation graphiques des pourcentages des superficies en fonction de degrés de salinité (INSID, 2009).

Dans la plaine de la Mina, l'origine des sols sodiques est très diverse en général, ces sols proviennent de l'altération de minéraux et de roches sodiques, localisés sur les monts de l'Ouarsenis formés de marnes grises à petits cristaux de gypse et des monts du Daiwa formés de croûte calcaire, mais, principalement d'une action de la mer assez récente par la présence de dépôts lagunaires salés et gypseux (INSID, 2009).

II. Caractérisation édaphique et climatique de la zone d'étude

1. Caractérisation édaphique

Les prospections pédologiques effectuées sous la base de la cartographie libre, l'exploitation des relations sol-géomorphologie-lithologie ont permis de déterminer le type de sol de la couverture pédologique du périmètre irrigué de la Mina.

Le type de sol qui représente cette couverture pédologique cultivée par les arbres fruitiers, a été caractérisé par un profil décrit et analysé :

1.1. Description du milieu

Date de description	28/05/2011
Situation	GPS N35° 43'43,9''E0°29'18.7''
Altitude	66m
Pente	00-01%
Topographie	terrain plat
Occupation du sol	végétation spontanée halophyte
Lithologie	alluvions
Drainage externe	bon
Climat	ensoleillé
Géomorphologie	vallée
Aspect de la surface	efflorescences salés

Classification : CPCS, 1967 : Sols Salsodiques, Sous Classe des Sols Salins

1.2. Description du profil type

A_p (0 – 26cm): peu humide ; 5YR4/3 (brun rougeâtre claire) ; structure prismatique nette ; texture argileuse ; dure ; peu poreux ; forte effervescence à l'HCl ; peu organique ; activité biologique faible ; présence faible des taches salines ; transition graduelle.

B (26 – 44cm): humide ; 5YR 3/3 (brun rougeâtre fonçais) ; structure prismatique arrondie nette ; texture très argileuse ; très dure ; très peu poreux ; très forte

effervescence a l'HCl ; très peu organique ; très faible activité biologique ; forte présence des taches salines.

1.3. Résultats analytiques

Les résultats analytiques du profil sont représentés dans le tableau 08.

Tableau 08 : résultats analytiques du profil

Horizon (cm)	Analyse granulométrique (%)						pH PS	CE PS mmhos/cm	C _t	C _a	MO
	A	L Fin	L grossier	S fin	S grossier	Classe texturale					
A _p	49,60	12,26	31,92	4,93	1,49	Argilo limoneuse	7,54	13,89	18,12	10,50	2,75
B	46,36	32,53	14,40	5,50	1,21	Argilo limoneuse	7,31	22,40	16,55	6,37	2,53



Fig.12 : profil analysé

Les sols de la zone d'étude sont développés sur les alluvions d'Oued Mina. Ils occupent la vallée d'oued Mina. Ils sont peu profonds (44cm). La couleur de l'horizon A_P du sol est plus claire par rapport à l'horizon B. La texture du sol est argilo limoneuse. La structure dans l'horizon A_P est prismatique nette par contre dans l'horizon B est prismatique arrondie. Le calcaire est plus abondant dans l'horizon A_P que dans l'horizon B. la teneur de la matière organique est moyenne dans tout le profil pédologique. L'activité biologique est faible. La teneur en sels solubles est très élevée (22,40mmhos/cm).

2. Caractérisation climatique

L'étude du climat de la zone d'étude est effectuée sur la base des données de la station climatique de l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH). Ces données couvrent une période de dix années, allant de 2001 à 2010.

2.1. Pluviométrie

Les moyennes mensuelles de la pluviométrie de la période 2001–2010 sont résumées dans la figure 13

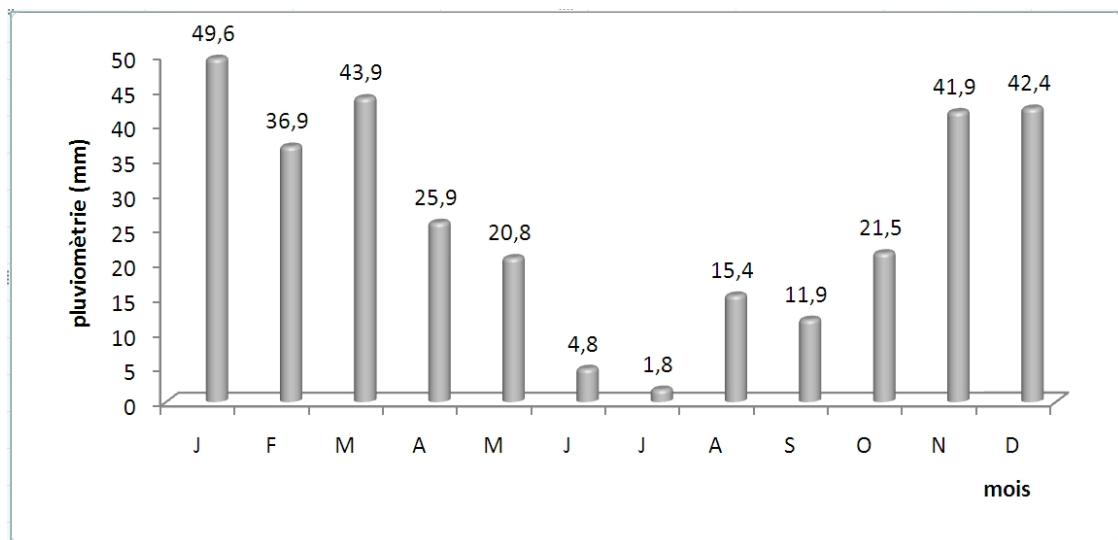


Fig. 13 : les moyennes mensuelles des pluviométries de la zone d'étude de la période 1988 – 2010 (ANRH, 2011).

La figure 13 montrent que la moyenne annuelle de la pluviométrie de la zone d'étude est de 316,8mm et le mois le plus pluvieux est janvier avec une moyenne de 49,6mm, et le mois le plus sec est juillet avec une moyenne de 1,8mm.

2.2. La température

Les températures mensuelles moyennes, maximales et minimales sont résumées dans le tableau 09.

Tableau 09 : Les températures mensuelles moyennes, maximales et minimales (°C)

Mois Paramètres	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Moyennes des Température minimales mensuelle	6,9	7,0	8,7	10,5	14,5	18,2	21,7	21,8	18,2	14,5	9,8	7,6
Moyennes des Température mensuelle maximales	6,8	9,1	1,7	4,6	9,4	4,7	6,6	8,4	1,9	7,6	1,6	8,2
Moyennes des Température mensuelle moyennes	2,1	3,7	6,0	8,9	3,1	7,7	1,7	1,1	5,9	1,8	6,2	3,3

Source : (ANRH, 2011).

La zone d'étude est caractérisée par un hiver froid et vigoureux, et un été chaud et sec durant la saison estivale (juin – septembre).

Parmi les variables thermiques enregistrés, les moyennes des températures minimales du mois le plus froid (m) et les températures maximales du mois le plus chaud (M) sont considérés comme des facteurs limitants pour toute sorte de vie.

Les températures moyennes oscillent autour de 12,1°C en Janvier et 31,7°C en Juillet. Les valeurs minimales sont enregistrées durant les mois de Janvier (6,9°C) et Décembre (7,6°C), les valeurs maximales marquent les mois de Juillet (36,6°C) et Août (38,4°C).

2.3. Courbes ombrothermiques de Gaussen

Les courbes ombrothermiques représentées dans la figure 14 font ressortir les périodes sèches et les périodes humides à partir de la pluviométrie mensuelle et la température

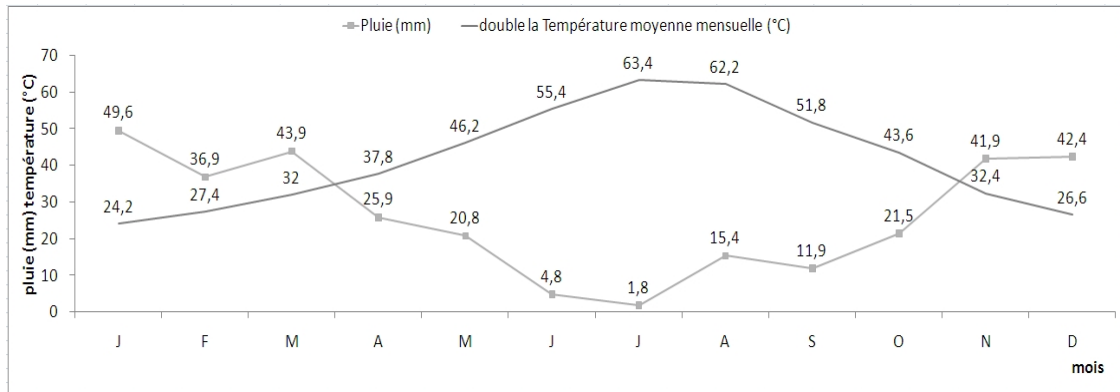


Fig. 14 : courbe ombrothermique de Gaussen

Selon le diagramme ombrothermique de Gaussen la durée de la période sèche est de sept (07) mois qui sont avril, mai, juin, juillet, août, septembre et octobre, et la durée de la période humide est de cinq (05) mois qui sont janvier, février, mars, novembre et décembre.

2.4. Quotient ombrothermique d'Emberger

Cet indice permet d'apprécier physiquement la notion d'aridité annuelle en tenant compte des précipitations et de la température, suivant la formule :

$$Q = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

P : Hauteur annuelle moyenne des précipitations en (mm).

M : Température moyenne des maximal du mois le plus chaud en °K.

m : Température moyenne des minimal du mois le plus froid en °K.

P = 316.8mm.

M = 38.4 + 273 = 311.4K.

m = 6.9 + 273 = 279,9K.

Donc Q = 34,02.

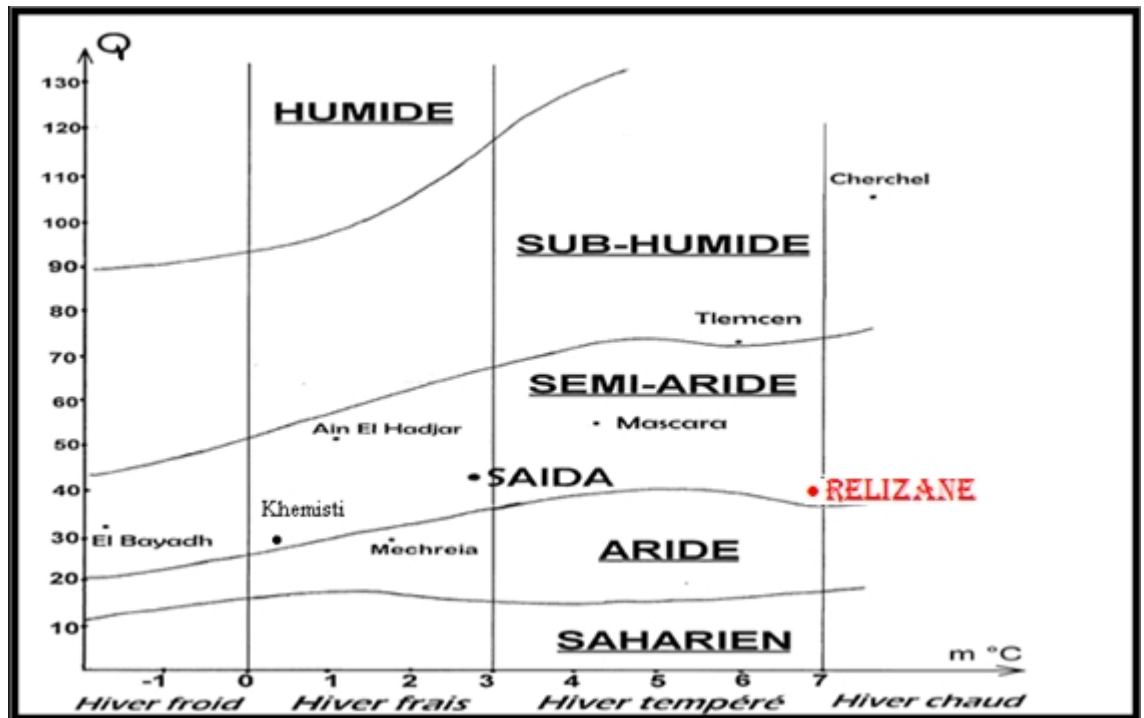


Fig. 15 : climatgramme ombrothermique d'Emberger

Selon le climatgramme ombrothermique d'Emberger le climat de la zone d'étude est classé dans l'étage bioclimatique semi aride.

III. *Pseudomonas*, taxonomie et production des métabolites

1. Dénombrement des microorganismes

L'utilisation de la gélose nutritive permet la croissance d'une partie de microorganismes non parasites obligatoires qui peuvent exister dans le sol.

Tableau 10: résultats du dénombrement des microorganismes suivant les différents degrés de salinités.

Echantillons (CE mmhos/cm)	0 à 2	2 à 4	4 à 8	8 à 16	Profile Ap	Profil Bt
Nombre de microorganismes Par 1g de sol sec	1,19.10⁷	1,30.10⁷	1,47.10⁷	3,94.10⁶	3,89.10⁶	9,88.10⁵

Les résultats présentés par le tableau 10 indiquent qu'il n'y a pas une grande différence entre le nombre totale des microorganismes dans les différents degrés de salinité 0 à 2, 2 à 4 et 4 à 8 mmhos/cm, mais il y a une réduction de nombre totale des microorganismes quand la salinité s'élève de 8 à 16 mmhos/cm.

Dans le profil pédologique le nombre total des microorganismes se diminue en fonction de la profondeur.

2. Isolement, purification et conservation des *Pseudomonas*

L'utilisation de milieu king B pauvre en fer stimule la production des sidérophores de couleur jaune verdâtre fluorescentes (pyoverdines) par quelques espèces de *Pseudomonas* ce qui nous permet de les détecter.

Après ensemencement de différentes dilutions en milieu king B les colonies qui présentent ces pigments vont être choisis et repiqués.

Les colonies obtenus sont nommées de P1 à P8 et vont subir les différents tests d'identification.

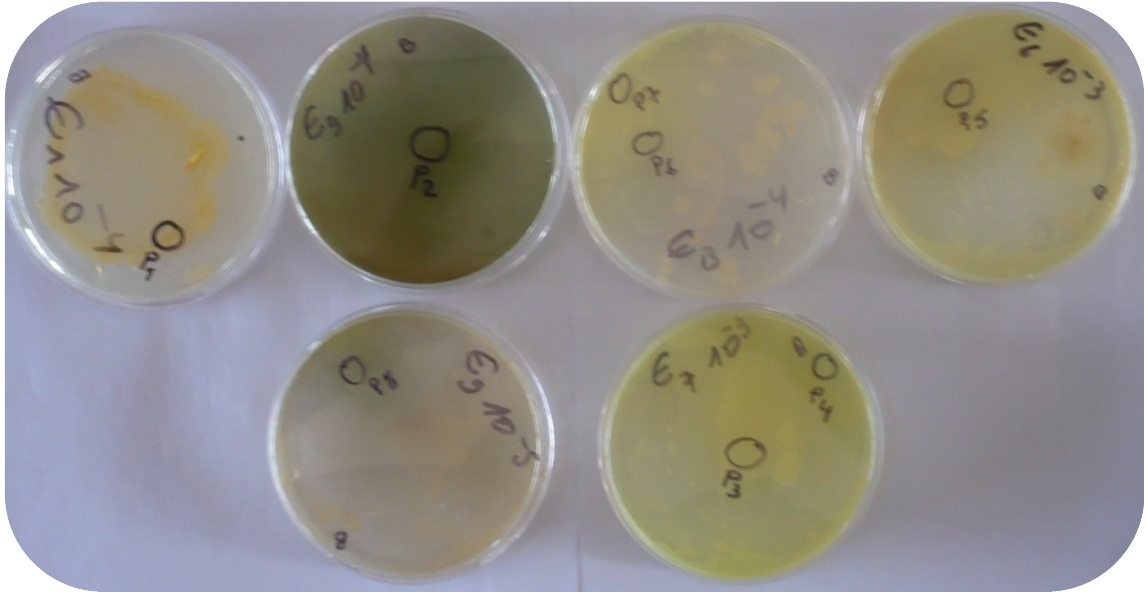


Fig. 16 : boîtes Pétriensemencées par les différentes dilutions en milieux king B qui présentent des colonies jaunes verdâtres.

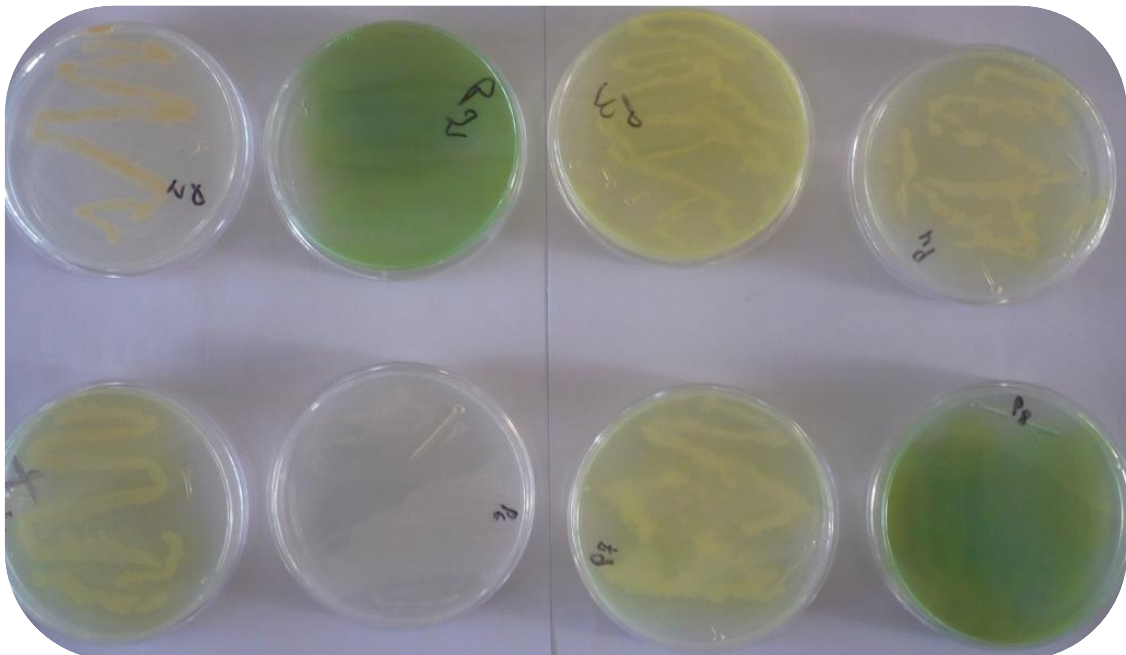


Fig. 17 : repiquage de différentes colonies qui présentent des colorations jaunes verdâtres.

Les souches P2 et P8 ont été isolées à partir du profil pédologique étudié, les autres souches ont été isolées à 10cm de profondeur des régions montrés dans le tableau 11.

Tableau 11 : les isolats de *Pseudomonas* et leurs origines de l'isolement

<i>Pseudomonas</i> isolée	Degrés de salinité mmhos/cm
P3 et P4	0 à 2
P5	2 à 4
P7	4 à 8

3. Identification des isolats de *Pseudomonas*

3.1. Etude macroscopique

L'observation macroscopique des colonies développées sur le milieu King B à 30°C pendant 48h a montré une forme bombée et opaque de diamètre d'environ 2mm, circulaire, régulière, brillante, muqueuse, avec une pigmentation jaune verdâtre et bleue verdâtre.

3.2. Etude microscopique

Toutes les souches isolées sont des bacilles droit ou légèrement incurvés présentent une coloration de Gram négative.

3.3. Résultats des tests biochimiques des souches isolées

Les résultats des différents tests biochimiques appliqués sur les souches de *Pseudomonas* isolées sont résumés dans le tableau 12.

Tableau 12 : les résultats des différents tests biochimiques

<i>Pseudomonas</i> Test	P2	P3	P4	P5	P7	P8
Test de RM	+	-	-	-	-	+
Test de VP	-	-	-	-	-	-
Catalase	+	+	+	+	+	+
Mannitol	-	-	-	-	-	-
Mobilité	++	+	+	+	+	++
Croissance a 42°C	+	-	-	-	-	+
Croissance a 4°C	-	+	+	+	-	-
Gélatinase	+	-	-	+	-	+
Lécithinase	-	-	-	+	-	-
Hydrolyse de l'amidon	-	-	-	-	-	-
Nitrate réductase	+	-	-	-	-	+
Production de pyoverdine	+	+	+	+	+	+
Production de pyocianines	+	-	-	-	-	+

Les résultats obtenus lors de l'étude phénotypique montrent que tous les isolats, produisent un pigment jaune verdâtre à coloration de Gram négative.

Les isolats P2 et P8 ont poussé à 42° C et produisent de la pyocyanine. C'est pour cela elles sont rapprochées à *Pseudomonas aeruginosa*.

L'isolat P5 est le seule qui possède une lécithinase et une gélatinase et croit a 4°C, c'est pour cela elle est raprochée à *Pseudomonas fluorescens* .

Les autres isolats (P3, P4 et P7) sont rapprochés à *Pseudomonas putida* car ils rassemblent à l'isolat P5 mais ils n'hydrolysent pas la gélatine et ils ne possèdent pas une lécithinase.

4. Croissance dans les différents degrés de salinités

Les résultats de la tolérance des souches à des concentrations de NaCl sont résumés dans le tableau 13.

Tableau 13 : tolérance des isolats vis a vis les concentrations du NaCl

NaCl(%)	2,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	9
P									
P2	+++	++	/	/	/	/	+	-	/
P3	+++	++	++	++	+	+	-	-	/
P4	+++	++	++	++	+	+	-	-	/
P5	+++	+++	/	/	/	/	+++	++	-
P7	+++	+	++	+	+-	-	-	-	/
P8	+++	++	/	/	/	/	+	-	/

+++ : Pleine croissance

+ : traces de croissance

/ : Non déterminé

++ : Peu de croissance

D'après les résultats, la souche P5 est la plus tolérante vis a vie la salinité, sa tolérance arrive jusqu'à 8% de NaCl, les souches P2 et P8 tolèrent jusqu'à 7,5%, les souches P3et P4 tolèrent jusqu'à 7% et en dernier lieu P7 tolère 6,5% de NaCl.

Shiladitya et Priya (2001) ont trouvé que *Pseudomonas* sp est modérément halophile ce qui confirme nos résultats. Ces résultats sont aussi confirmés par Ventosa *et al.* (1998) et Kamekura (1998).

Touts les isolats sont plus tolérants par rapport à celle trouvés par Karam H. Z. et Karam N. E. (2006). Ces derniers ont indiqué que les *Lactococcus lactis* tolèrent la salinité jusqu'à 4.5% de NaCl.

5. Détermination de la compétitivité des souches

5.1. Isolement de l'agent causal de l'alternariose (*Alternaria alternata*) de la fève (*Vicia faba*)

Les feuilles malades présentent des petites taches de structure plus ou moins circulaire avec des cercles concentriques. Dans l'état plus avancé, les lésions peuvent se détacher et faire place à des trous (figure 18).

Après incubation sur gélose PDA des parties malades des feuilles de la fève un examen macroscopique et microscopique a été fait pour caractériser les champignons obtenus.

L'étude macroscopique a révélé une dominance remarquable du genre *Alternaria*. La plus parts des morceaux incubés ont donné des développements mycélienne d'*Alternaria alternata*.

5.2. Etude macroscopique et microscopique de l'isolat *Alternaria*

Cette étude a montré que les colonies du champignon sont duveteuse de couleur noir verdâtre au recto et au verso, les filaments sont septés et ramifiés, les spores piriformes à base élargie avec des septations transversales, regroupées en chaînes ramifiées.



Fig. 18 : feuillettes de la fève présentant des maladies fongique récoltées des champs de Mostaganem, a partir des quelles on a isolé *Alternaria*.

Sur la base des caractères symptomatiques de la maladie et des caractères macro et microscopique du champignon nous pouvons dire que notre champignon est rapproché à *Alternaria alternata* (Campbell *et al.*, 1996).

5.3. Test d'antagonisme in vitro

Les résultats de ce test montrent l'effet inhibiteur des isolats P5 et P8 sur souches tests. Ces résultats sont résumés dans le tableau 14.

Tableau 14: Les résultats des tests d'antagonisme

<i>Pseudomonas</i>	souche antagoniste	Milieu <i>in vitro</i>	Zone d'inhibition (mm)	observation
P3	<i>Bacillus subtilis</i>	KingB		Pas d'inhibition
		GN		
	<i>Bacillus sp</i>	KingB+GN	23.2	
		GN	0	
	<i>Streptomyces sp n°1</i>	KingB	12.6	Présence des petites colonies dans la Z H
		GN	0	
	<i>Streptomyces sp n°2</i>	KingB	0	
		GN	0	
	<i>Alternaria alternata</i>	KingB	0	
		GN	0	
<i>Penicillium sp</i>	KingB+PDA	0		
	GN+PDA	0		
P5	<i>Bacillus subtilis</i>	KingB	0	
		GN	0	
	<i>Bacillus sp</i>	KingB+GN	0	
		GN	0	
	<i>Streptomyces sp n°1</i>	KingB	20.0	Présence des petites colonies dans la Z H
		GN	0	
	<i>Streptomyces sp n°2</i>	KingB	+ -	Présence des petites colonies dans la Z H
		GN	0	
	<i>Alternaria alternata</i>	KingB	23.1	Présence de croissance avec inhibition de sporulation

		GN	0
	<i>Penicillium sp</i>	KingB+PDA	0
		GN+PDA	0
P7	<i>Bacillus subtilis</i>	KingB	23.8
		GN	0
	<i>Bacillus sp</i>	KingB+GN	0
		GN	0
	<i>Streptomyces sp n°1</i>	KingB	0
		GN	0
	<i>Streptomyces sp n°2</i>	KingB	0
		GN	0
	<i>Alternaria alternata</i>	KingB	0
		GN	0
<i>Penicillium sp</i>	KingB+PDA	0	
	GN+PDA	0	
P8	<i>Bacillus subtilis</i>	KingB	19.9
		GN	27.9
	<i>Bacillus sp</i>	KingB	56.3
		GN	31.7
	<i>Streptomyces sp n°1</i>	KingB	27.6
		GN	33.3
	<i>Streptomyces sp n°2</i>	KingB	24.0
		GN	44.0
	<i>Alternaria alternata</i>	KingB	20.0
		GN	12.0
<i>Penicillium sp</i>	KingB+PDA	12.0	
	GN+PDA	18.9	

L'activité antimicrobienne de la souche P8 est la plus forte par rapport aux autres souches, le spectre est large et s'étend sur tous les bactéries, les actinomycètes et les champignons et dans les différents milieux de culture utilisés dans ce test (fig 19).

L'effet inhibiteur des *Pseudomonas* sur la croissance microbienne est confirmé par d'autres chercheurs comme Maheshwari (2010), sang *et al* (2008), Dutta *et al* (2008), Akgul et Mirik (2008) et Burkettcadena (2008).



Alternaria alternata sur G N



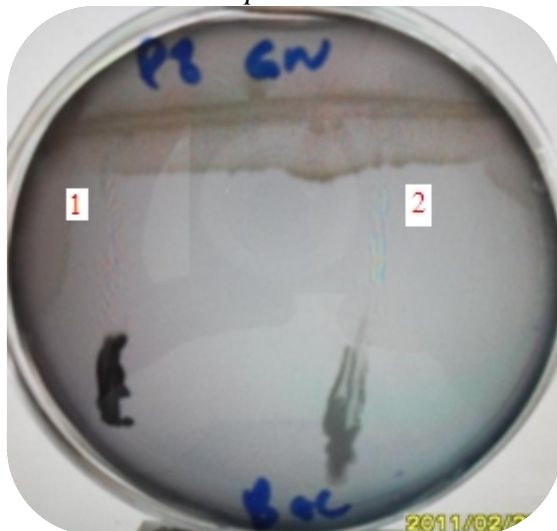
Alternaria alternata sur king B



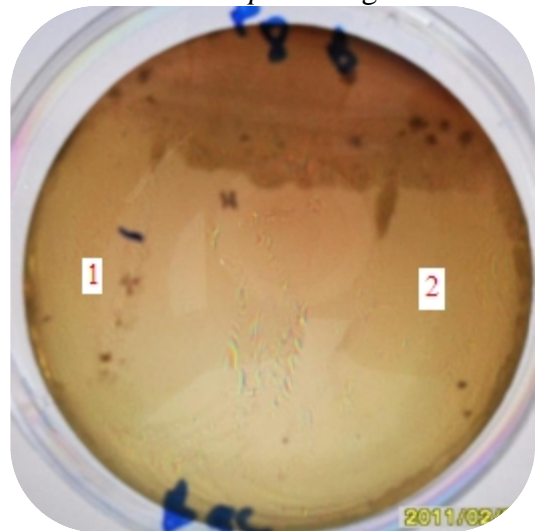
Penicillium sp sur G N



Penicillium sp sur king B



1- *Bacillus subtilis* 2- *Bacillus* sp sur G N



1- *Bacillus subtilis* 2- *Bacillus* sp sur king B

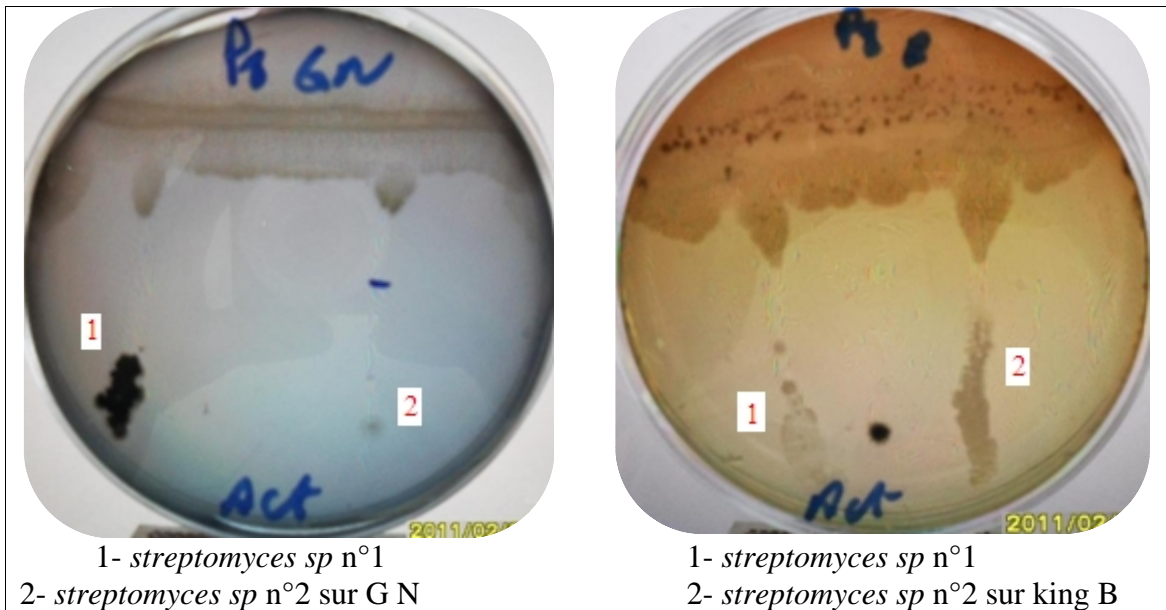


Fig. 19 : l'effet antimicrobien de la souche P8 sur les différentes bactéries, actinomycètes et champignon utilisées.

La souche P8 a montré un effet sur la sporulation d'*Alternaria alternata* sans réduction de la croissance mycélienne, et a inhibé la croissance des *streptomyces sp*.(fig 19

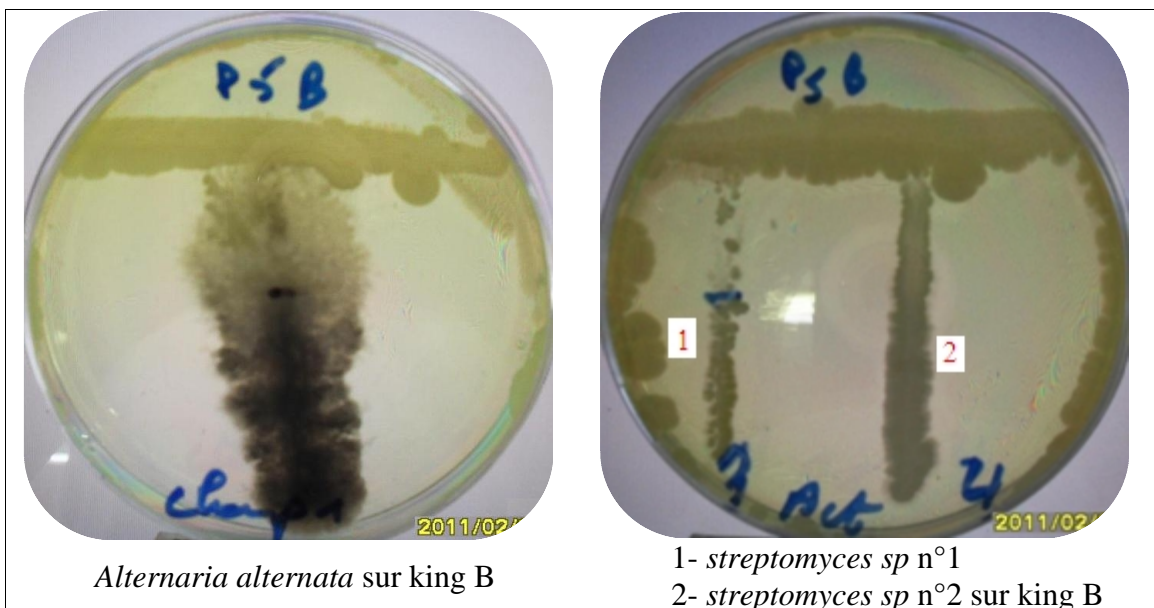


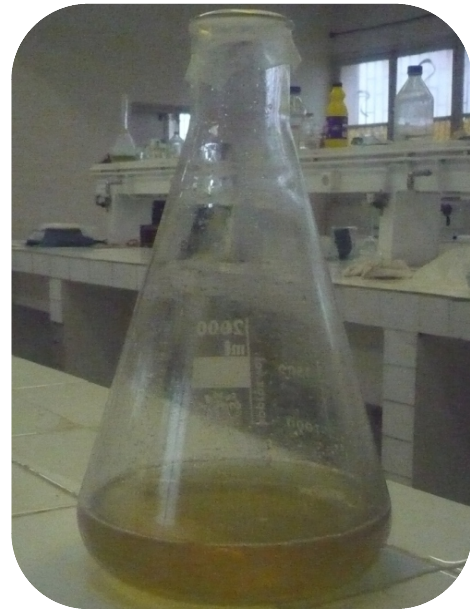
Fig. 20 : l'effet antimicrobien de la souche P5 sur Actinomycète *sp* et *Alternaria alternata*.

6. Production et caractérisation de la Pyoverdine et de l'antibiotique

6.1. Production et caractérisation de la pyoverdine

Après 40h d'incubation à 30°C le milieu deviens jaune verdâtre.

Fig. 21 : couleur du milieu après 40h d'incubation.



L'analyse par le spectrophotomètre UV-Visible donne le graphe montré dans la figure 22

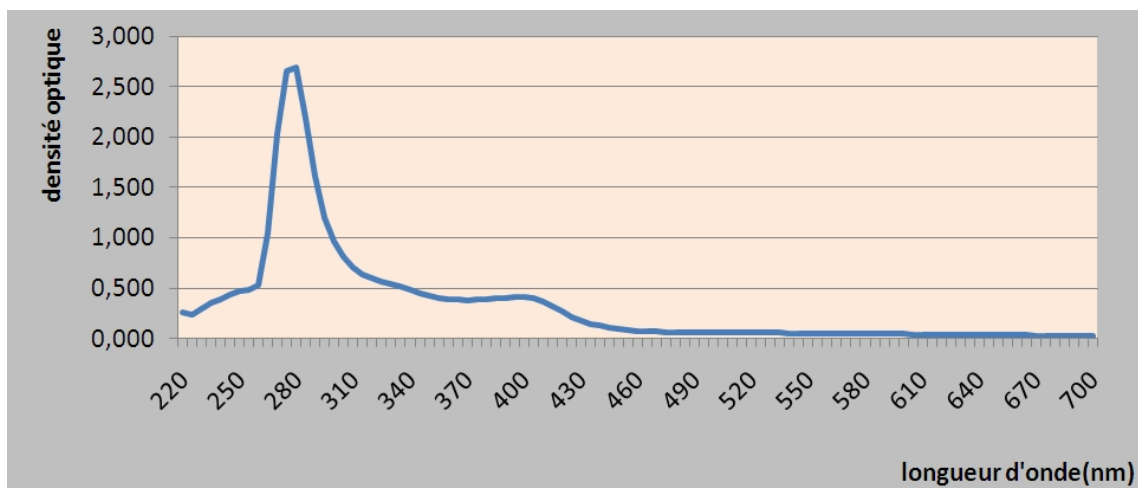


Fig. 22 : graphe montre les résultats d'analyse de la pyoverdine par spectrophotomètre UV-Visible.

Le graphe montre que le spectre d'absorption de notre produit a deux pics le premier dans la partie UV (DO= 2,816 à 277nm) et le deuxième dans la partie visible (DO=0,408 à 400nm) ce qui corespnd au spectre d'absorption de la pyoverdine.comme l'a idiqué plusieurs chercheurs.

La figure 23 montre le spectre d'absorption trouvé par Meyer et Abdellah (1978) après l'extraction et purification de pyoverdine secrété par *Pseudomonas*.

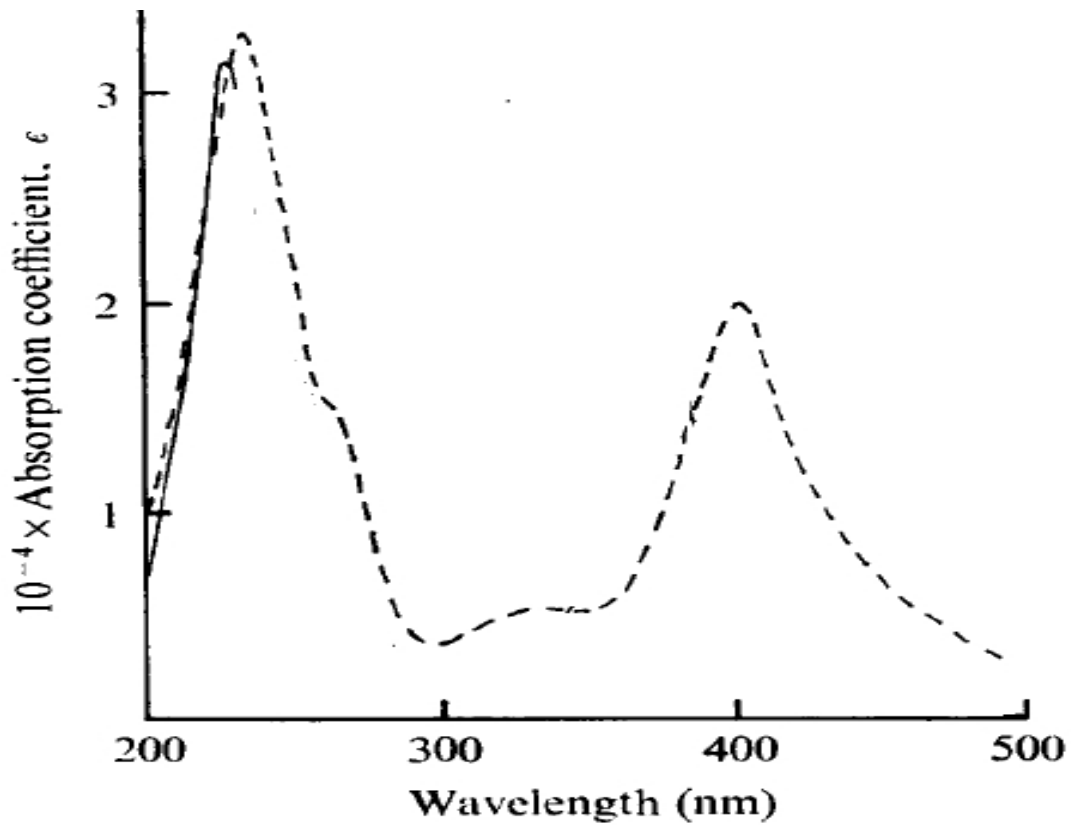


Fig. 23 : spectre d'absorption de la pyoverdine (Meyer et Abdallah, 1978).

6.2. Production et caractérisation de l'antibiotique

Après 48h d'incubation à 30°C le milieu devint bleu verdâtre. L'analyse par le spectrophotomètre UV-Visible donne le graphe montré dans la figure 24.

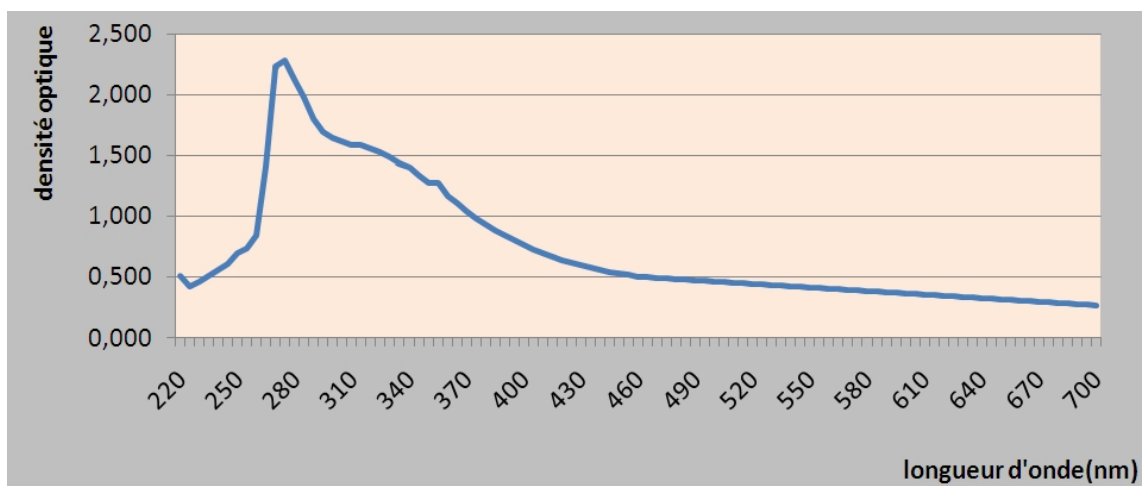


Fig. 24 : graphe montre les résultats d'analyse de l'antibiotique par spectrophotomètre UV-Visible.

Le graphe montre que le spectre d'absorption de notre produit a un pic dans la partie UV (DO= 2,327 à 274nm) ce qui indique que notre substance est peut être de la pyovyanine comparé a celle obtenue par Kurachi (1958) (figure 25).

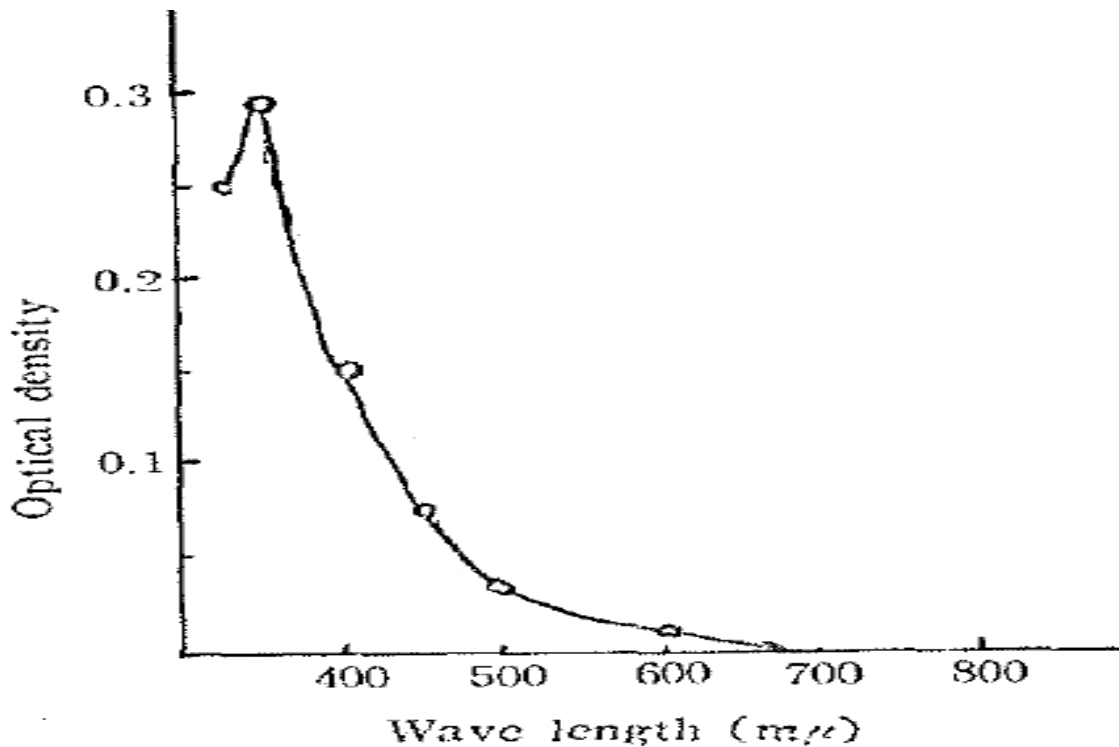


Fig. 25 : spectre d'absorption de la pyocyanine (Kurachi, 1958)

7. Effet de la pyoverdine et d'antibiotique sur la croissance mycélienne d'*Alternaria alternata*

Les résultats qui indiquent le pouvoir inhibiteur exercé par l'antibiotique et la pyoverdine produites par les *Pseudomonas* sur *Alternaria alternata* sont montrés dans la figure 26.

L'antibiotique a inhibé la croissance mycélienne de *Alternaria alternata* de 51,39% cette inhibition est proche de celle trouvé par Reddy et Reddy (2009) chez l'isolat PF003 de *Pseudomonas* qui a inhibé 50% de la croissance de *Pyricularia oryzae*.

La pyoverdine a inhibé la croissance mycélienne du même champignon de 19,5% cette inhibition est proche de celle trouvé par Reddy et Reddy (2009) chez l'isolat PF004 de *Pseudomonas* qui a inhibé 21% de la croissance de *Rhizoctonia solani*.

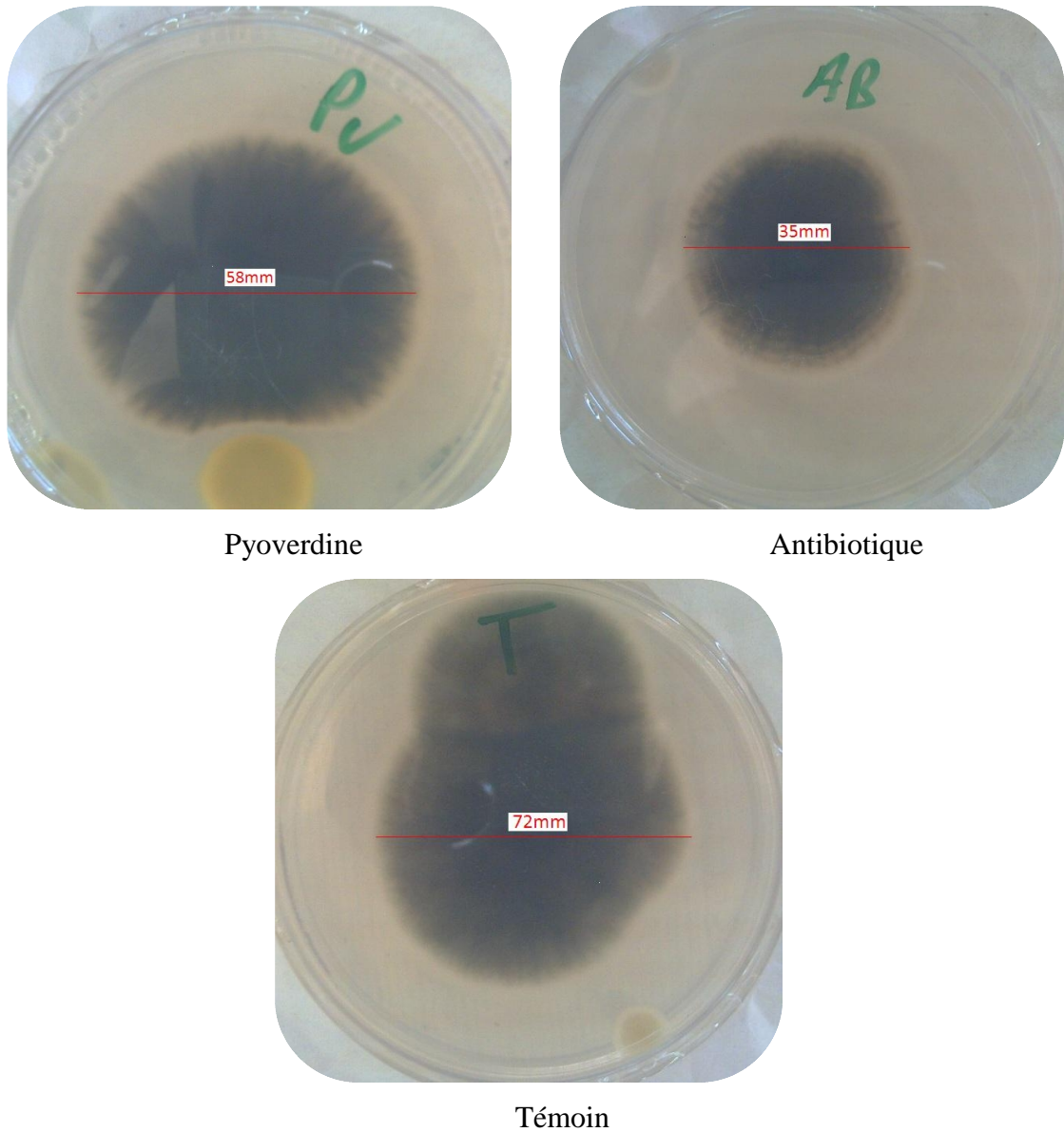


Fig. 26 : l'effet de la pyoverdine et l'antibiotique sur la croissance mycélienne d'*Alternaria alternata*.

8. Calcule du taux de croissance et temps de génération

Le taux de croissance de nos souches est évalué par la densité optique de la culture à 620nm et les résultats sont représentés dans la figure 27.

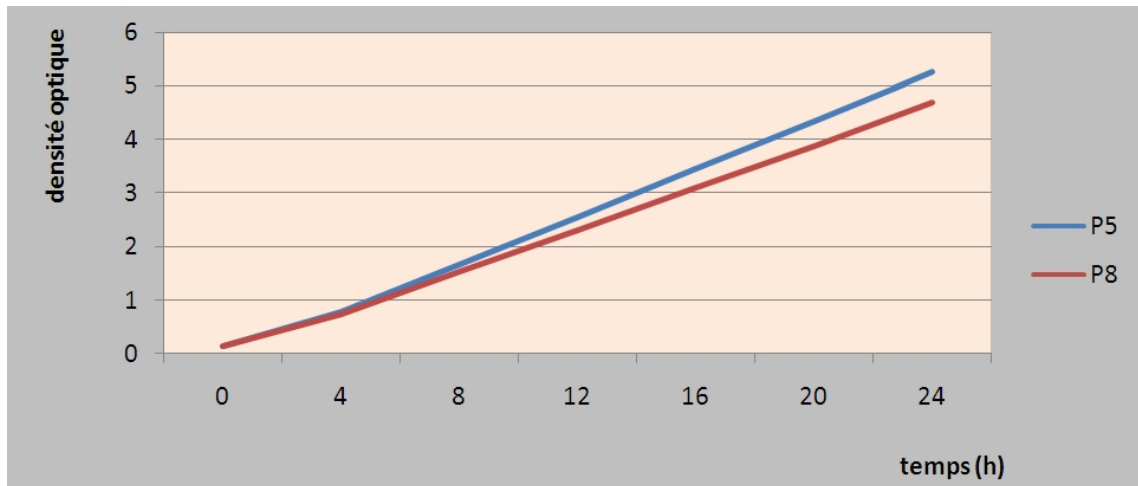


Fig. 27 : évaluation de la croissance des souches P5 et P8 en densité optique en fonction du temps.

Le temps de doublement des deux isolats est calculé par les deux équations suivantes :

$$\mu = \frac{2,303(\lg DO_2 - \lg DO_1)}{t_2 - t_1}$$

$$t_d = \frac{\ln 2}{\mu}$$

Pour la souche P5

$$\mu = \frac{2,303(\lg 5,26 - \lg 0,871)}{24 - 4} = 0,0899$$

$$t_d = \frac{\ln 2}{0,0899} = 7,7\text{h} = 7\text{h } 42\text{min}$$

Pour la souche P8

$$\mu = \frac{2,303(\lg 4,68 - \lg 0,75)}{24 - 4} = 0,0915$$

$$t_d = \frac{\ln 2}{0,0915} = 7,57\text{h} = 7\text{h } 34\text{min}$$

μ : taux de croissance

t_d : temps de génération

IV. Etude de l'effet de l'inoculation du support pédologique par des souches P8 et P5 sur la croissance de la fève (*Vicia faba*).

Les résultats de l'inoculation des *Pseudomonas* en présence et en absence du sel sur l'expression en paramètres biométrique du développement végétatif de la fève (*Vicia faba*) sont représentés dans l'Annexe C.

1. L'effet sur la croissance de la fève en hauteur des tiges et longueur des racines et des plantes entières.

Les résultats de l'effet de l'inoculation du support pédologique par les souches P5 et P8 exprimés sur la hauteur des tiges et la longueur des racines et les plantes entières sont représentés dans les figures 28, 29 et 30.

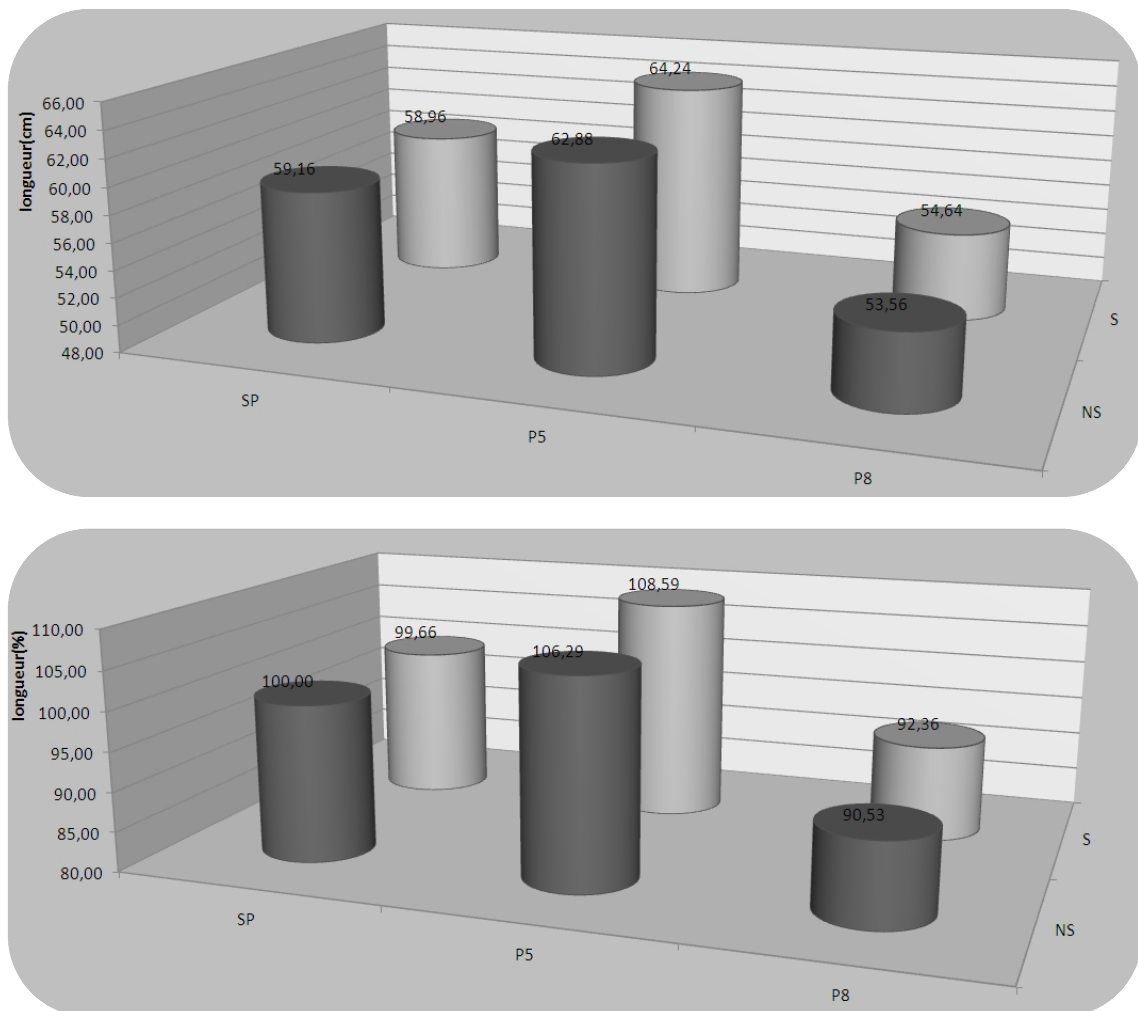


Fig. 28 : L'effet de l'inoculation des souches P5 et P8 sur la hauteur des tiges.

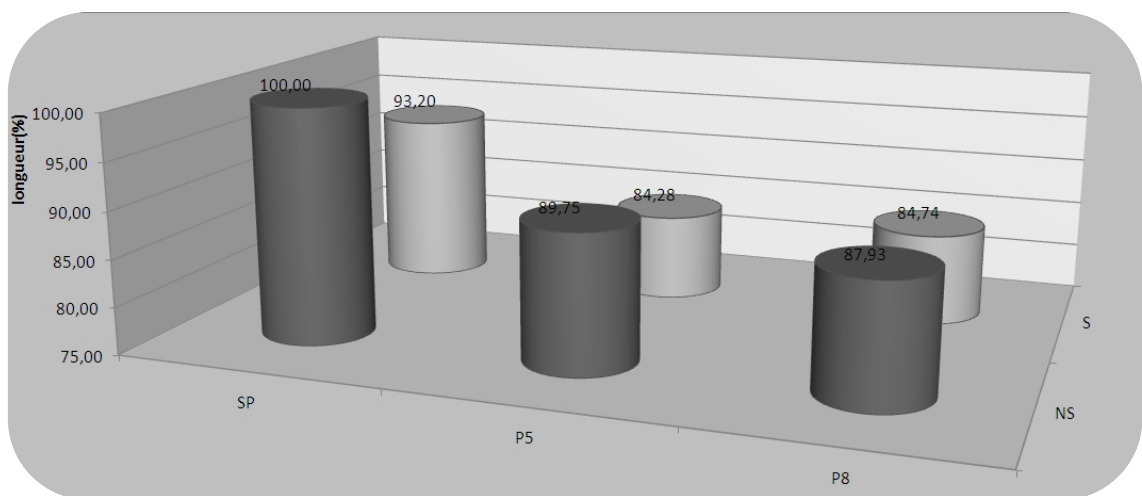
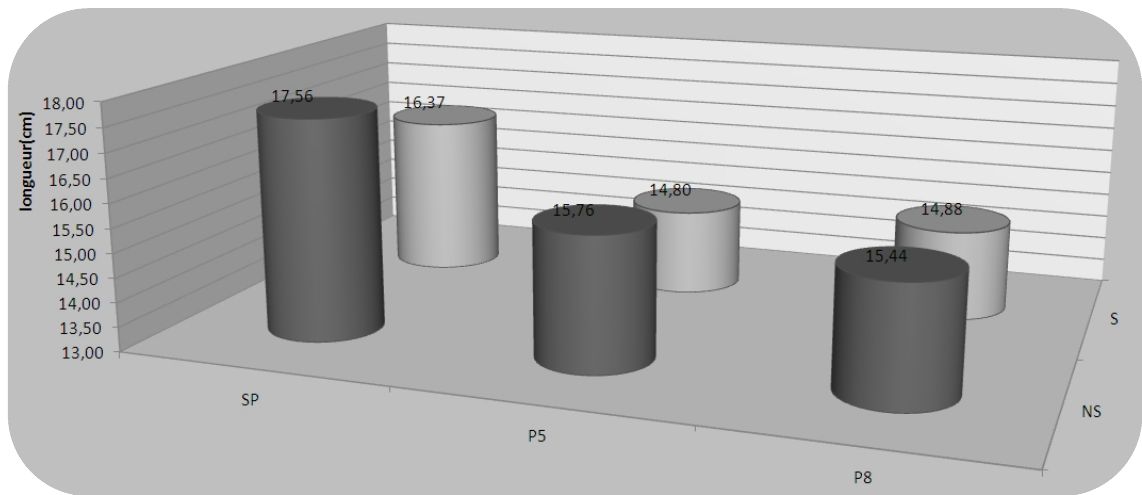
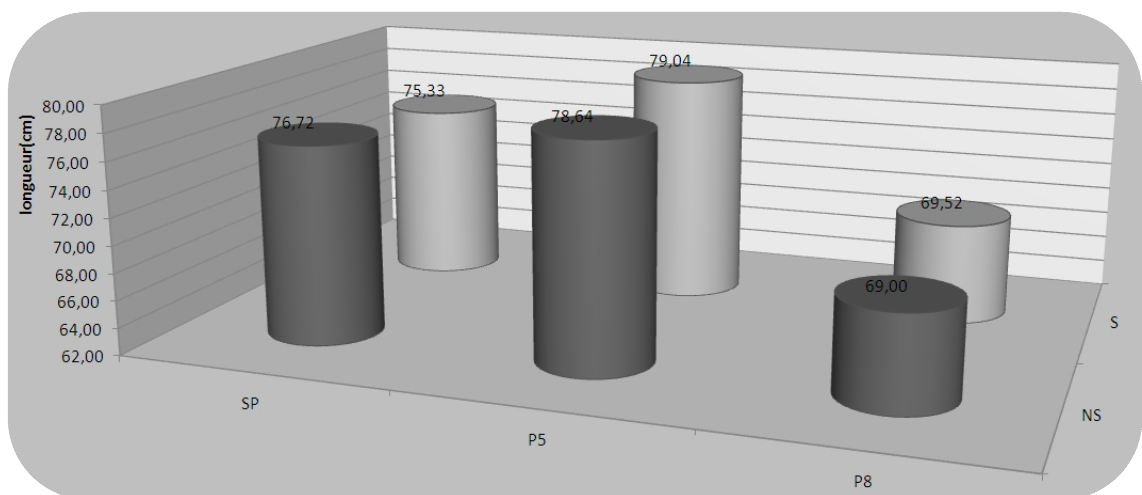


Fig. 29 : L'effet de l'inoculation des souches P5 et P8 sur la longueur des racines.



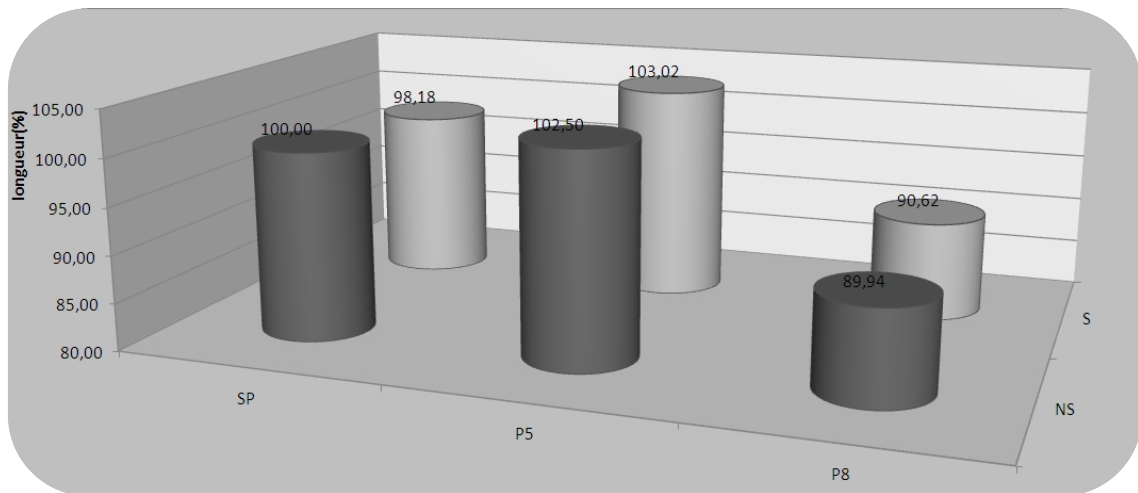


Fig. 30 : L'effet de l'inoculation des souches P5 et P8 sur la longueur des plantes.

SP : sans inoculation
 P5 : inoculation avec la souche P5
 P8 : inoculation avec la souche P8
 NS : irrigation avec la solution non saline
 S : irrigation avec la solution saline

L'inoculation du support pédologique par la souche P5 a favorisé la croissance de la fève en hauteur des tiges en présence du sel à 108,59% (ADS) (Voir Annexe D pour la comparaison des moyennes), et en absence du sel à 106,29% (ADNS).

Cette inoculation a retardé la croissance en longueur des racines de 84,28% (ADS) en présence du sel, et de 89,75% (ADNS) en absence du sel.

L'inoculation par la même souche a promu la croissance en longueur de chez la plante entière à 103,02% (ADNS) en présence du sel et de 102,50% (ADNS) en absence du sel.

Par contre l'inoculation du support pédologique par la souche P8 a retardé la croissance de la fève en hauteur des tiges en présence du sel de 92,36% (ADS), et en absence du sel de 90,53% (ADHS) et sur la longueur des racines en présence du sel de 84,74% (ADS), et de 87,93% (ADNS) en absence du sel.

Donc cette inoculation a retardé la croissance de la fève en longueur des plantes entières de 90,62% (ADHS) en présence du sel, et de 89,94% (ADHS) en absence du sel.

En présence du sel, l'inoculation du support pédologique par la souche P5 a promu la croissance de la fève en hauteur des tiges (108,59%) mieux qu'en absence du

sel (106,29%) (ADNS). La dose du sel appliquée n'a pas affaibli la plante (99,66%) mais a poussé la bactérie à promouvoir en plus la croissance en longueur de celle-ci.

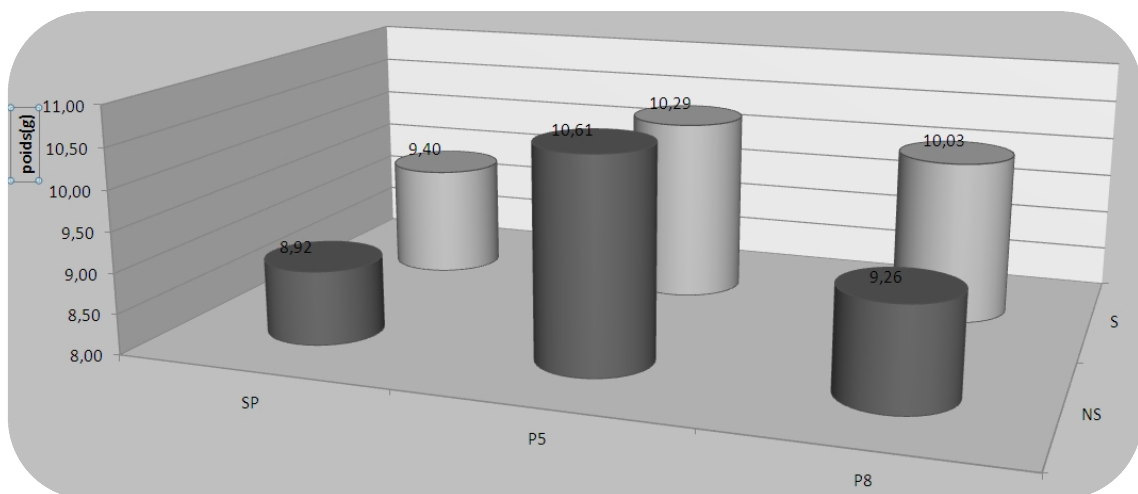
Ces résultats sont convenables avec celle-ci trouvé par Lemanceau et Sanson, (1983) sur la croissance de l'haricot inoculé par des souches de *Pseudomonas spp* fluorescents cette inoculation a stimulé la croissance de cette plante de 104 à 128%.

L'analyse de variance (Annexe D) a montré un effet très hautement significatif de l'inoculation du support pédologique par les isolats de *Pseudomonas* sur la croissance de la fève en hauteur des tiges et la longueur des plantes, et un effet significatif sur la longueur des racines.

Par contre cette analyse a montré un effet non significatif de la salinité sur la croissance de la fève en hauteur des tiges, la longueur des racines et la longueur des plantes.

2. L'effet sur la croissance de la fève en poids frais des tiges, des racines et des plantes entières.

Les résultats de l'effet de l'inoculation du support pédologique par les souches P5 et P8 exprimés sur les poids frais des tiges, des racines et des plantes entières sont représentés dans les figures 31, 32 et 33.



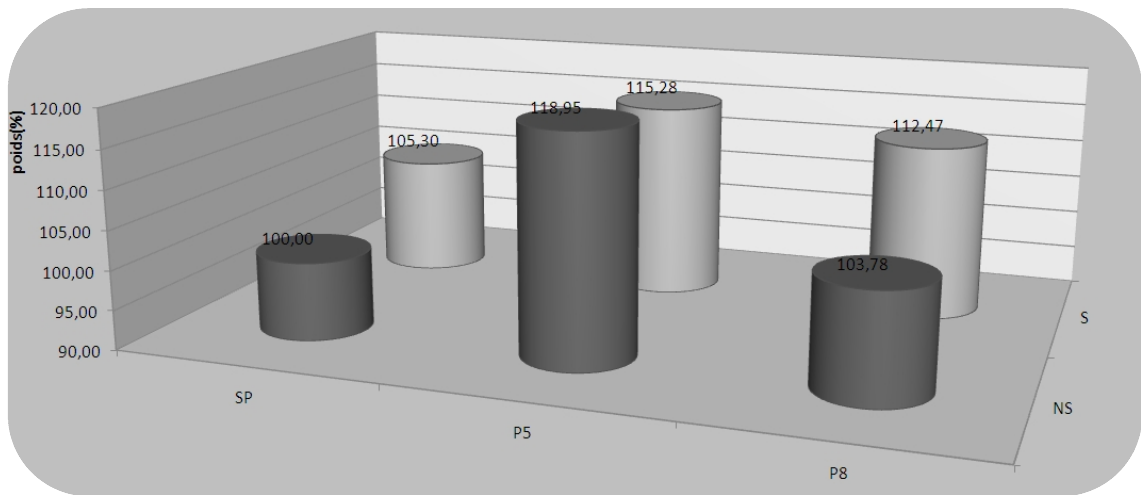


Fig. 31 : L'effet de l'inoculation des souches P5 et P8 sur le poids frais des tiges.

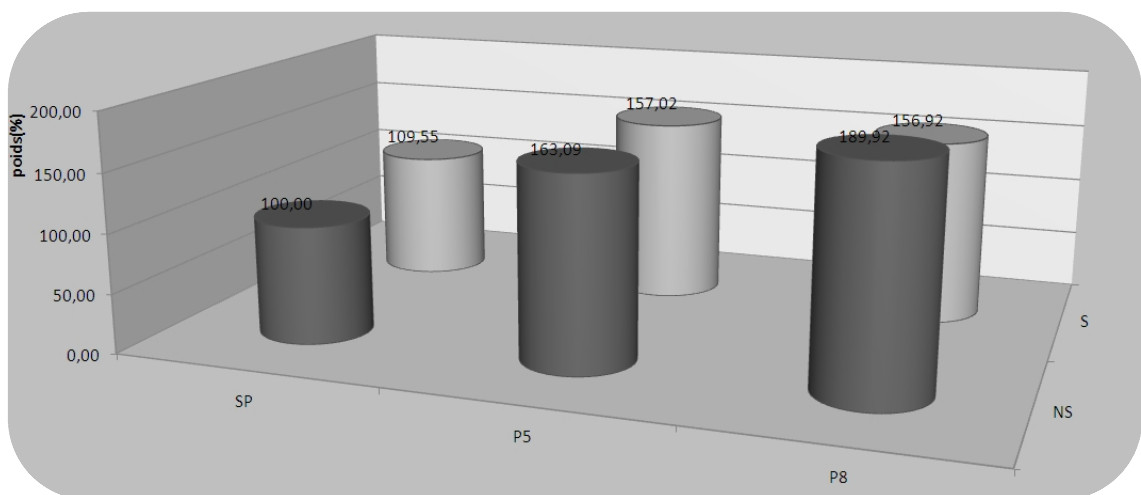
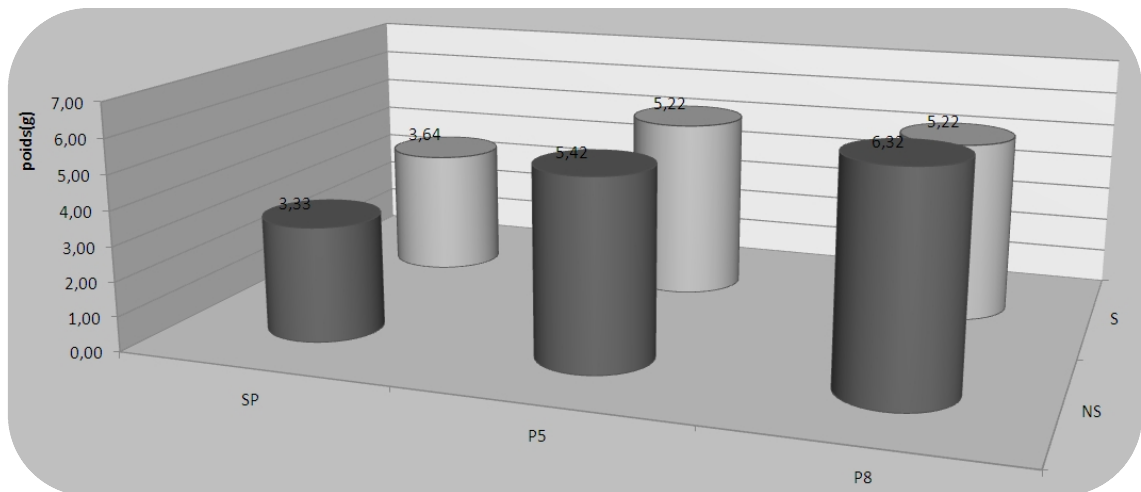


Fig. 32 : L'effet de l'inoculation des souches P5 et P8 sur le poids frais des racines.

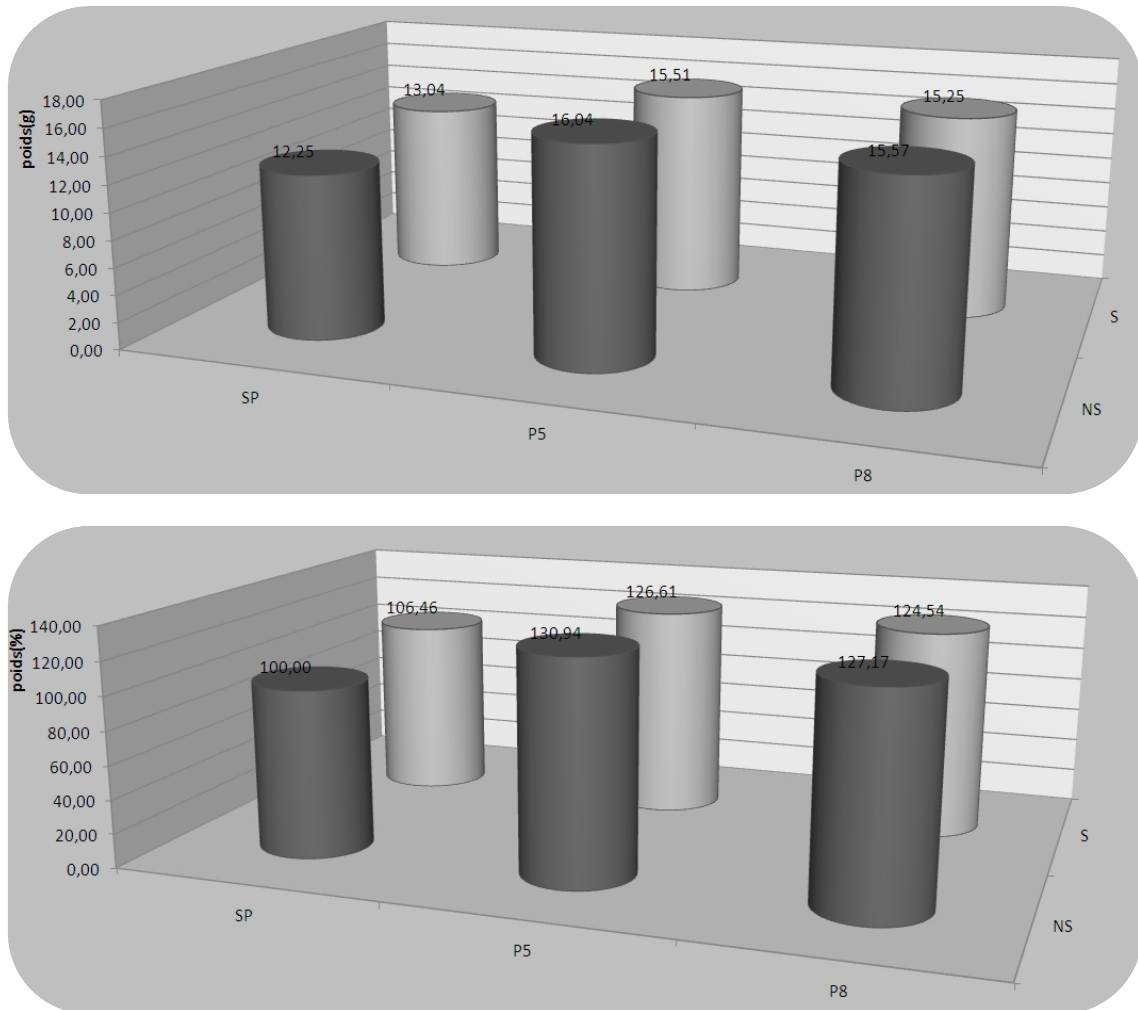


Fig. 33 : L'effet de l'inoculation des souches P5 et P8 sur le poids frais des plantes entières.

SP : sans inoculation
 P5 : inoculation avec la souche P5
 P8 : inoculation avec la souche P8
 NS : irrigation avec la solution non saline
 S : irrigation avec la solution saline

L'inoculation du support pédologique par la souche P5 a promu la croissance de la fève en poids frais des tiges, des racines et des plantes entières en présence du sel 115,28% (ADNS) ; 157,02% (ADS) ; 126,61% (ADNS) respectivement, et en absence du sel 118,95%(ADS) ; 163,09(ADHS) ; 130,94% (ADHS) respectivement.

L'inoculation du support pédologique par la souche P8 a favorisé la croissance de la fève en poids frais des tiges, des racines et des plantes entières en présence du sel 112,47% (ADNS) ; 156,92% (ADHS) ; 124,54% (ADS) respectivement, et en absence du sel 103,78%(ADNS) ; 189,92% (ADHS); 127 ; 17% (ADHS) respectivement.

Cette inoculation a promu la croissance de la fève en poids frais des tiges en présence du sel (112,47%) mieux qu'en absence du sel (103,78%) (ADNS) en tenant compte que la présence du sel a augmenté le poids frais des tiges de (105,30%), donc l'effet de l'inoculation est de 107,17% tandis que en absence du sel est de 103,78%.

En présence du sel, l'inoculation du support pédologique par la souche P5 a promu la croissance de la fève en poids frais des tiges mieux que l'inoculation par la souche P8 (115,28 contre 112,47%) (ADNS), et aussi en absence du sel (118,95 contre 112,47%) (ADNS).

Ces résultats sont convenables avec celle-ci trouvée par Digat *et al.*, (1990) sur la croissance de la tomate inoculé par des souches de *Pseudomonas spp* fluorescents cette inoculation a stimulé la croissance de cette plante de 126 à 130%.

L'analyse de variance a montré un effet non significatif de l'inoculation du support pédologique par les isolats de *Pseudomonas* sur la croissance de la fève en poids frais des tiges et un effet hautement significatif du poids frais des racines et des plantes.

Par contre cette analyse a montré un effet non significatif de la salinité sur la croissance de la fève en poids frais des tiges, des racines et des plantes entières.

3. L'effet sur la croissance de la fève en poids sec des tiges, des racines et des plantes entières.

Les résultats de l'effet de l'inoculation du support pédologique par les souches P5 et P8 exprimés sur poids sec des tiges, des racines et des plantes entières sont représentés dans les figures 34, 35 et 36.

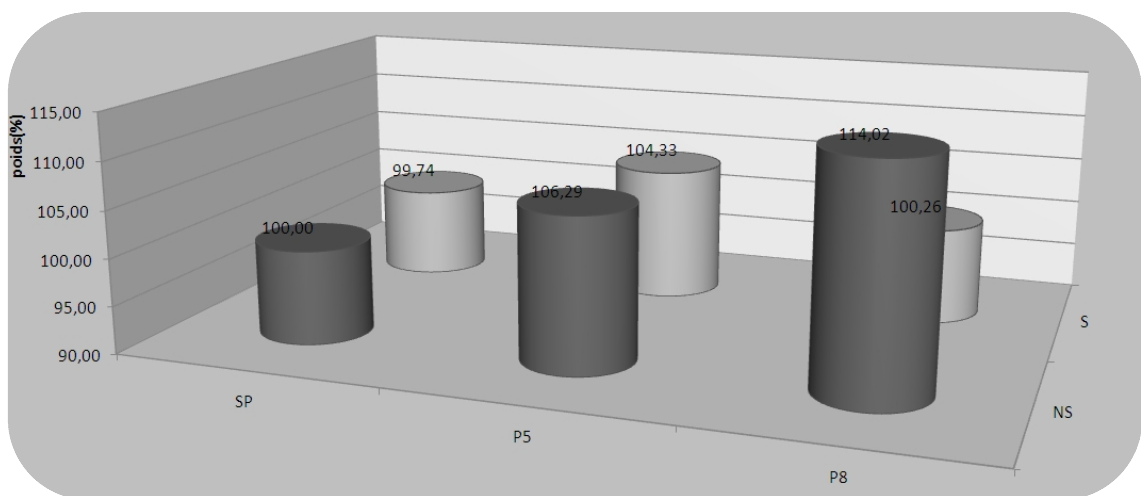
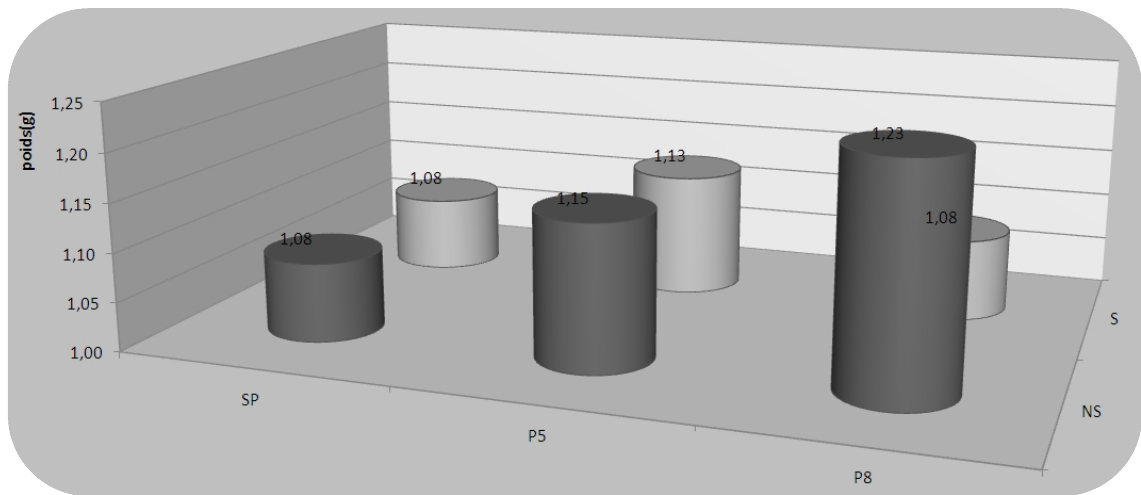
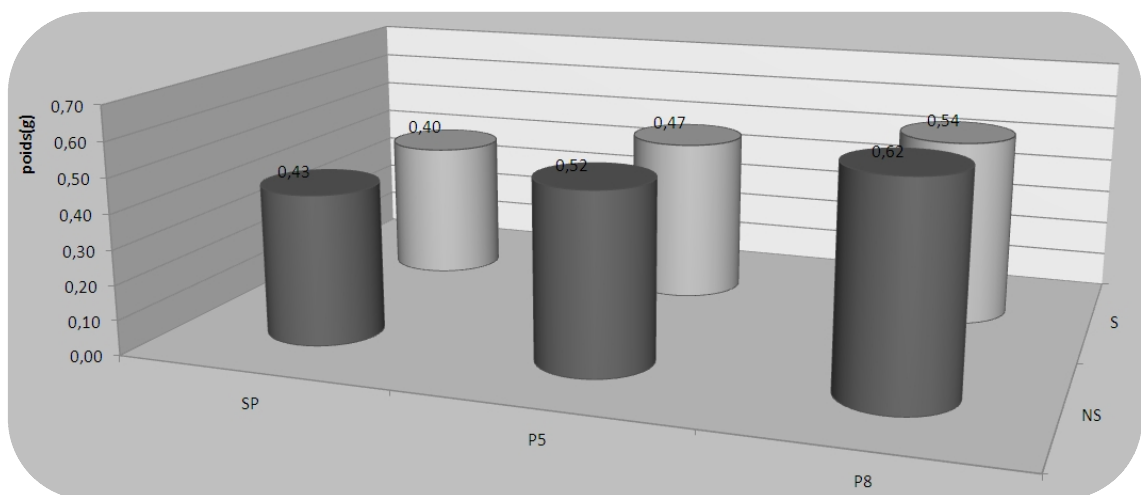


Fig. 34 : L'effet de l'inoculation des souches P5 et P8 sur le poids sec des tiges.



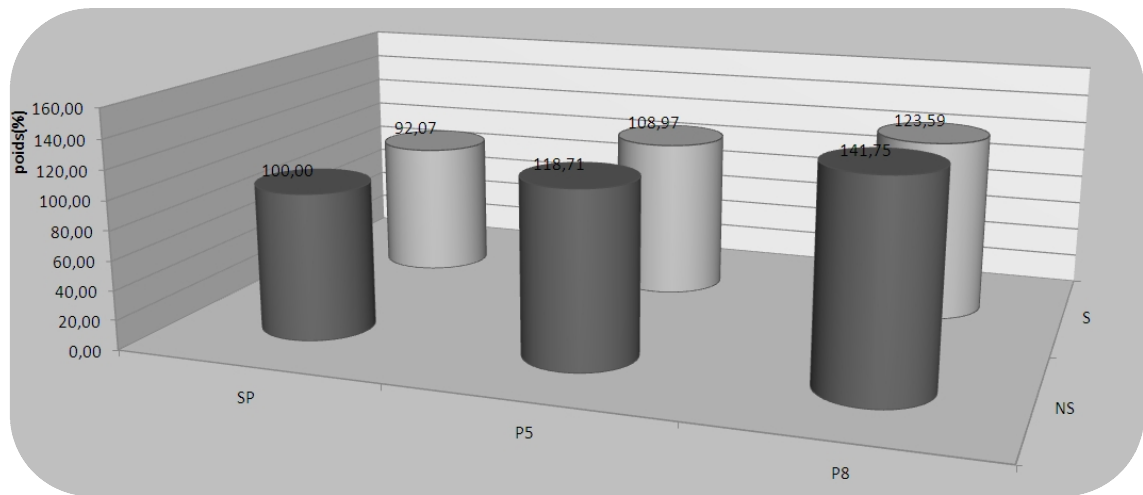


Fig. 35 : L'effet de l'inoculation des souches P5 et P8 sur le poids sec des racines.

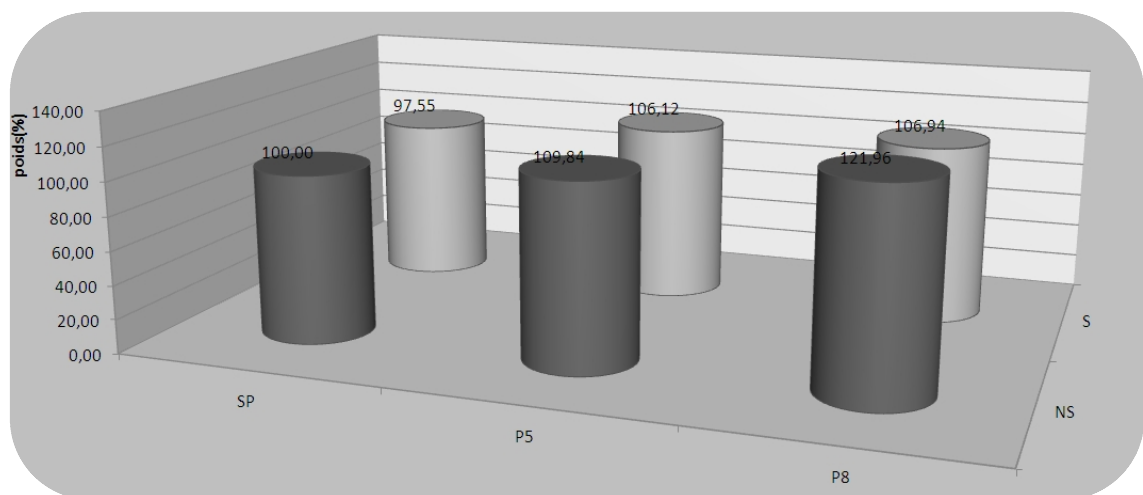
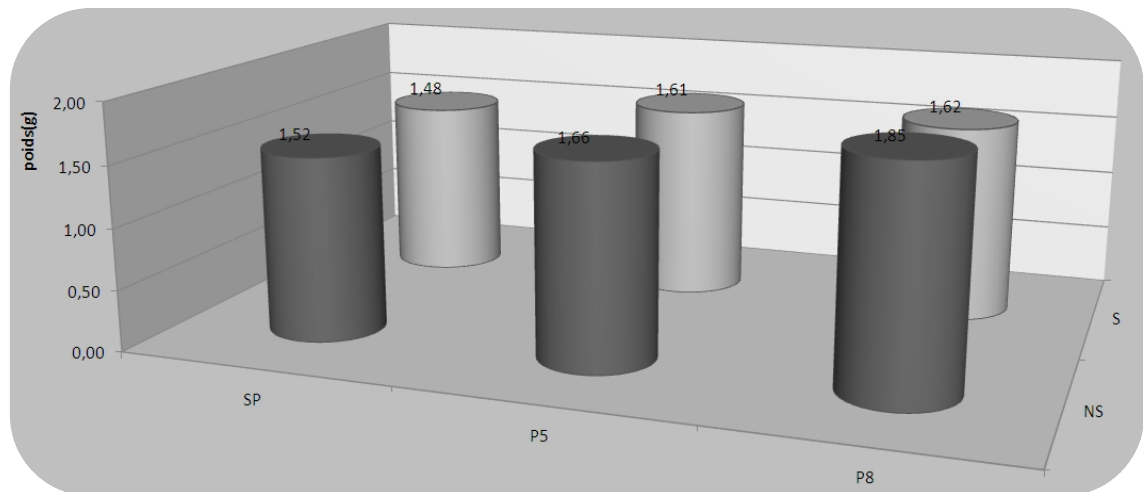


Fig. 36 : L'effet de l'inoculation des souches P5 et P8 sur le poids sec des plantes entières.

SP : sans inoculation
 P5 : inoculation avec la souche P5
 P8 : inoculation avec la souche P8
 NS : irrigation avec la solution non saline
 S : irrigation avec la solution saline

L'inoculation du support pédologique par la souche P5 a promu la croissance de la fève en poids sec des tiges, des racines et des plantes entières en présence du sel 104,33% ; 108,97% ; 106,12% contre 99,74% (Avec une différence non significative) ; 92,07% (ADNS) ; 97,55% (ADNS) respectivement. En absence du sel 106,29% ; 118,71% ; 109,84% contre 100% (ADNS) ; 100% (ADNS) ; 100% (ADS) respectivement.

L'inoculation du support pédologique par la souche P8 a favorisé la croissance de la fève en poids sec des tiges, des racines et des plantes entières en présence du sel 100,26% ; 123,59% ; 106,94% contre 99,74% (ADNS) ; 92,07% (ADS) ; 97,55% (ADNS) respectivement, et en absence du sel 114,02% ; 141,75% ; 109,84% contre 100% 0, (ADNS) ; 100% (ADHS) ; 100% (ADS) respectivement.

En absence du sel, l'inoculation du support pédologique par la souche P8 a promu la croissance de la fève en poids sec des tiges mieux que l'inoculation par la souche P5 (114,02 contre 106,29%) (ADNS), par contre en présence du sel l'inoculation par la souche P5 a promu la croissance de la fève en poids sec des tiges mieux que l'inoculation par la souche P8 (104,33 contre 100,26%) (ADNS).

Ces résultats sont convenables avec celle-ci trouvé par Suslow et Schroth, (1982b) sur la croissance de la betterave inoculée par des souches de *Pseudomonasi spp* fluorescents cette inoculation a stimulé la croissance de cette plante de 120 à 169%.

L'analyse de variance a montré un effet non significatif de l'inoculation du support pédologique par les isolats de *Pseudomonas* sur la croissance de la fève en poids sec des tiges et un effet hautement significatif du poids sec des racines et un effet significatif du poids sec des plantes.

Par contre cette analyse a montré un effet non significatif de la salinité sur la croissance de la fève en poids sec des tiges, des racines et des plantes entières.



Fig. 37 : plantes inoculée par les souches de *Pseudomonas*

V. Etude de l'effet de l'inoculation des feuilles par les souches P5 et P8 sur l'expression en taches de l'alternariose causé par l'agent phytopathogène *Alternaria alternata* sur la fève (*Vicia faba*).

L'expérience a été suivie pendant 50 jours dans une serre non contrôlée et les essais effectués pour infecter la fève n'ont pas abouti à des symptômes d'alternariose sur la plante étudiée, ceci est peut être due aux conditions de culture sous serre non contrôlées (figure 38).

D'après Hagedorn et Ingils (1986) l'infection des feuilles de plantes par *Alternaria* s'effectue dans des conditions fraîches et humides, les feuilles doivent rester humides pendant des périodes de 24 heures ou plus. ces conditions sont indispensables à la germination des spores et à l'infection.

Ce travail reflète le comportement des souches microbiennes *in situ* ou *in vivo* par rapport à leur comportement après culture *in vitro*. D'après Anonymes (2007) des champignons cultivés *in vitro* peuvent perdre leur agressivité et leur pouvoir pathogène qui est due au changement des conditions de l'environnement qu'induisent les gènes à synthétiser les facteurs de virulence.

Sur ceci le travail de l'inoculation des feuilles par les souches P5 et P8 sera répétés après un diagnostic qui va prendre en considération les conditions de culture et la variété de la fève sensible à notre champignon *Alternaria alternata*.



Fig. 38 : plantes de la fève infectées par *Alternaria alternata* sans symptômes de la maladie.

Conclusion Générale et Perspectives

Conclusion

Les *Pseudomonas* représentent un potentiel important de contrôle de croissance et santé des végétaux. En effet, ces dernières décennies, plusieurs études se sont intéressées au rôle que pourraient jouer ces microorganismes dans la suppression des agents phytopathogènes, qui provoquent des maladies chez de nombreuses plantes.

La salinité constitue une contrainte majeure au développement des végétaux, elle provoque une réduction du rendement, dégradation de la structure, voire une stérilité totale des sols, ce problème touche 1,5 million d'hectares des bonnes terres agricoles en Algérie (MADR, 2006). Certains *Pseudomonas* ont le pouvoir d'amortir l'incidence de la salinité sur la physiologie des plantes par la production de l'ACC « acide 1-aminocyclopropane-1-carboxylic » diaminase (Saravanakumar et Samiyappan 2007).

Dans notre travail nous avons effectué une étude pédoclimatique sur la zone d'étude qui se trouve au niveau du périmètre irrigué de la Mina (Relizane). Cette étude montre que le couvert pédologique est un sol salsodique, sous classe des sols salins par la classification CPCSC, Avec un étage bioclimatique semi-aride.

A partir des différents degrés de salinité six (06) isolats de *Pseudomonas* (nommés P2, P3, P4, P5, P7 et P8) ont été isolés et identifiés dont P2 et P8 sont rapprochés à *Pseudomonas aeruginosa*, P5 est rapproché à *Pseudomonas fluorescens* et les autres isolats (P3, P4 et P7) sont rapprochés à *Pseudomonas putida*.

Les isolats P5 et P8 ont présentés une activité microbienne très intéressante contre des bactéries et actinomycètes tests et sur tout contre l'agent causal de l'alternariose (*Alternaria alternata*) isolé à partir des plantes malades de la fève (*Vicia faba*) de la région de Mostaganem.

Pour mettre en évidence cette propriété antimicrobienne on a produit et caractérisé la pyoverdine de l'isolat P5 et l'antibiotique de l'isolat P8.

Ces métabolites ont été testés à nouveau sur le champignon *Alternaria alternata*, ce test *in-vitro* a montré un effet remarquable de la pyoverdine et l'antibiotique sur la croissance mycélienne de ce champignon.

Un test *in-vivo* des isolats à effet antimicrobien intéressant pour la stimulation de la croissance en paramètres biométriques d'une plante légumineuse potagère la fève (*Vicia faba*) par l'inoculation du support pédologique, cette expérience a été faite en présence et en absence de sel.

L'inoculation du support pédologique par la souche P5 en présence de sel a promu la croissance de la fève en hauteur des tiges (108,59%) mieux qu'en absence de sel (106,29%). La dose de sel appliquée n'a pas affaibli la plante (99,66%) mais a poussé la bactérie à promouvoir en plus la croissance en longueur de celle-ci.

Cette inoculation a promu la croissance de la fève en poids frais des tiges mieux que l'inoculation par la souche P8 (115,28 contre 112,47%), et aussi en absence de sel (118,95 contre 112,47%).

L'inoculation du support pédologique par la souche P8 a promu la croissance de la fève en poids frais des tiges en présence de sel (112,47%) mieux qu'en absence de sel (103,78%).

En absence de sel, l'inoculation du support pédologique par la souche P8 a promu la croissance de la fève en poids sec des tiges mieux que l'inoculation par la souche P5 (114,02 contre 106,29%). Par contre en présence de sel l'inoculation par la souche P5 a promu la croissance de la fève en poids sec des tiges mieux que l'inoculation par la souche P8 (104,33 contre 100,26%).

Ceci ouvre les perspectives suivantes :

- Refaire l'expérience dans des conditions climatiques contrôlées et en utilisant une variété sensible aux maladies fongiques ;
- Compléter l'expérience par des essais *in-situ* ;
- Utilisation des souches P5 et P8 et leurs métabolites comme biofertilisateurs dans sols salés.

Références

Bibliographiques

Référence bibliographique

1. Ackerson R.C. et Herbert R.R.(1981). - Osmoregulation in cotton in response to water stress. I. Alterations in photosynthesis, leaf conductance, translocation, and ultrastructure. *Plant Physiol.*, 67, 484-488.
2. Akgul DS. et Mirik M. (2008). -biocontrol of *phytophthora capsici* on pepper plants by *bacillus megaterium* strains. *J. Plant. Pathol.*, 90, 29-34.
3. Albouchi A., Béjaoui Z., Hédi et El Aouni M. (2003). -Influence of moderate or severe water stress on the growth of *Casuarina glauca Sieb. Seedlings*. *Sécheresse*, 14, 137-142.
4. Altindag M., Sahin M., Esitken A., Ercisli S., Guleryuz M., Donmez MF. et Sahin F. (2006). -Biological control of brown rot (*Moniliana laxa Ehr.*) on apricot (*Prunus armeniaca L. cv. Hacihalilog lu*) by *Bacillus* , *Burkholdria* , and *Pseudomonas* application under in vitro and in vivo conditions. *Biol. Control.*, 38, 369–372.
5. André E., Joseph A. et Luc M. (2000). -Traité de microbiologie clinique : deuxièmes mises à jour et compléments, 238 p.
6. Anonyme (2007). -Inoculation and growth with foliar pathogenic fungi. *Medicago truncatula handbook*. 14p.
7. Anonyme (2008). -les hormones végétales du stress. Document de cours de physiologie végétale université d'oran.
8. ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydriques) (2011)
9. Ayers R.S. et Westcod D.W. (1988). -Bulletin FAO d'irrigation et de drainage n°29 rev.I. La qualité de l'eau en agriculture. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome, 180 p.
10. Baize. D. (2000). -Guide des analyses en pédologie. 2^{ième} éd INRA Paris
11. Balibrea J.E., Dell'amico J., Bolarin M.C. et Perez-Alfocea F. (2000) - Division de carbone et métabolisme de sucrose en plantes de tomate accroissant sous la salinité. *Plant Physiol.*, 110, 503-511.
12. Belkhodja M. (1996). -Action de la salinité sur les teneurs en proline des organes adultes de trois lignées de fève (*Vicia faba L.*) au cours de leur développement. *Acta Botanica Gallica*, 1, 21-28.
13. Ben Naceur M., Rahmoune C., Sdiri H., Maddah M. et Selmi M. (2001) -Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Sécheresse* 12, 167-174.

14. Berg G., Eberl L. et Hartmann A. (2005). -The rhizosphere as a reservoir for opportunistic human pathogenic bacteria. *Environmental Microbiology*, 7, 1673-1685.
15. Bernd H.A.R. (2008). -*Pseudomonas*: Model Organism, Pathogen, Cell Factory. WILEY-VCH., Weinheim, 402 p.
16. Berthomieu P., Conejero G., Nublat A., Brackenbury W. J., Labert C., Savio C., Uozumi N., Oiki S., Yamada K., Cellier F., Gosti F., Simonneau T., Essah P.A., Tester M. et Very A.A. (2003). -Functional analysis of AtHKT 1 in *Arabidopsis* shows that Na⁺ recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. *Embo journal* 22 :2004-2014.
17. Bleeker A.B. et Kende H. (2000). - Ethylene: a gaseous signal molecule in plants. *Annu. Rev. Cell. Dev. Biol.*, 1, 1–18.
18. Blum A. (1988). -Plant breeding for stress environments. *Boca. Raton.*, 31, 163-178.
19. Blumwald E. (2000). -Sodium transport and salt tolerance in plants. *Curr. Opin. Cell. Biol.*, 12, 431–434.
20. Bohnert H.J. et Jensen R.G., (1996) -Strategies for engineering water-stress tolerance in plants. *Trends in Biotechnology*, 14, 89–97.
21. Borel M. (1987). -Dégradation des composés Benzoïques par *Pseudomonas* du sol. Thèse de doctorat troisième cycle. Université scientifique technologique et médicale de Grenoble.
22. Bossis E., Lemanceau P., Latour X. et Gardan L. (2000) -The taxonomy of *Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas putida*, current status and need for revision. *Biol. Control.* vol., 1, 51-63.
23. Boukraa DJ. (2008). Interaction acide sulfosalicylique et salinité sur la réponse de la proline et des variations minérales chez des plantes juvénile d'*Atriplex halimus*. Laboratoire de physiologie végétale université es'senia Oran.
24. Burkett-Cadena M., Kokalis-Bure N., Lawrence KS., van Santen E. et Kloepper JW. (2008). -Suppressiveness of root-knot nematodes mediated by rhizobacteria. *Biol. Control.*, 47, 55-59.
25. C.P.C.S. (1967). -classification des sols: commission de pédologie et de cartographie de sols. Doc. Mult. INRA, Grignon, 96p.
26. Campbell C.K., Johnson E.M., Philpot C.M. et Warnock D.W. (1996). -Identification of pathogenic fungi. Public Health Laboratory Service, London, 106–107.
27. Chartzoulakis K., Klapaki G. (2000). -Response of two green house pepper hybrids

- to NaCl salinity during different growth stages. *Sci. Hortic.*, 86, 247-260.
28. Chen T. et Murata N. (2002). -Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes, current opinion in *Plant. Biology.*, 5, 250- 257.
 29. Chin-A-Woeng T.F.C., Van Den Broek D., Lugtenberg B.J.J. et Bloemberg G.V. (2005). -The *Pseudomonas chlororaphis* PCL1391 sigma regulator psrA represses the production of the antifungal metabolite phenazine-1-carboxamide. *Mol. Plant Microbe Interact*, 18, 244 –253.
 30. Chin-A-Woeng, T. F., Thomas-Oates J. E., Lugtenberg B.J. et Bloemberg G.V. (2001). -Introduction of the phzH gene of *Pseudomonas chlororaphis* PCL1391 extends the range of biocontrol ability of phenazine-1-carboxylic acid-producing *Pseudomonas* spp. strains. *Mol. Plant Microbe Interact*, 14, 1006-1015.
 31. Daguet G.L. (1972). -Technique en bactériologie. *Aerobic*, 360.
 32. Daoui K. (2007). -Recherche de stratégies d'amélioration de l'efficience d'utilisation du phosphore chez la fève (*Vicia faba* L.) dans les conditions d'agriculture pluviale au Maroc. Thèse de Doctorat, Sciences agronomiques et ingénierie biologique, Louvain, 227p.
 33. Davet Pierre (1996). -La vie microbienne du sol. 181-370.
 34. Dean C.R. et Poole K. (1993). -Cloning and characterization of the ferric enterobactin receptor gene (pfe A) of *Pseudomonas aeruginosa*. *J Bacteriol*, 75, 317–324.
 35. Desclos M., Dubousset L., Etienne P., Caherec F., Hiroyushi S. et Avice J. (2008). -A Proteomic Profiling Approach to Reveal a Novel Role of Brassica napus Drought 22 kD/Water-Soluble Chlorophyll-Binding Protein in Young Leaves during Nitrogen Remobilization Induced by Stress ful Conditions. *Plant Physiol.*, 147, 1830-1844.
 36. Di martino C., Delfine S., Pizzuto R., Loreto F. et Fuggi A., (2003). -Free amino acids and glycine betaine in leaf osmoregulation of spinach responding to increasing salt stress. *New Phytologist*, 158, 455–463.
 37. Digat B. et Mattar J. (1990). -effect of temperature on growth and siderophore production of *Pseudomonas fluorescens-putida* strains. *Symbiosis*, 9, 307-313.
 38. Digat B., Gaudillat M. et Labadie J.M. (1990). -Susceptibility of various tomato and lettuce genotypes to pant-growth-promoting-*Pseudomonas*. *Symbiosis*, 9, 295-303.
 39. Dion P. et Nautiyal C.S. (2008). -Microbiology of Extreme Soils: *Soil Biology*, Volume 13. Springer, Berlin, 369 p.
 40. Dix P.J. et Pearce P.S. (1981) -Proline accumulation in NaCl-resistant and sensitive

cell lines of *Nicotiana sylvestris*. Z. Pflanzen. physiol. Bd.; 102, 243-248.

41. Dodd I.C. (2003). -Hormonal interactions and stomatal responses. J. Plant Growth Regul., 22, 32- 46.
42. Duchaufour Ph. (1991). -Pédologie: sol, végétation, environnement. Masson, Paris, 291p.
43. Duchaufour Ph., Faivre P. et Michel G. (1976). -Atlas écologique des sols du monde. Masson, Paris, 178p.
44. Duchaufour Ph., Bernard S. et Bonneau M. (1979). -Pédologie : Constituants et propriétés du sol. Masson, Paris, 489p.
45. Durand J.H. (1983). -Les sols irrigables: étude pédologique. Masson, Paris, 399p.
46. Dutta S., Mishra A.K. et Kumar B.S.D. (2008). -Induction of systemic resistance against fusarial wilt in pigeon pea through interaction of plant growth promoting rhizobacteria and rhizobia. Soil Biol. Biochem., 40, 452–461.
47. Euzéby J.P. (2005). -Dictionnaire de Bactériologie Vétérinaire.
48. F.A.O. (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture) (2006). -l'irrigation en Afrique en chiffres. Enquête aquastat 2005. pp. 11
49. Finkelstein R. (2002). -Abscisic acid signaling in seeds and seedlings. Plant Cell. suppl., p 15.
50. Fricke W. et Peters W.S. (2002). -The biophysics of leaf growth in salt stressed barley. A study at the cell level. Plant Physiol., 129, 374-388.
51. Garbaye J. et Bowen G.D. (1987). -Effect of different microflora on the success of ectomycorrhizal inoculation of *Pinus radiata*. Can. J. For Res., 17, 941-943.
52. Gaucher G. et Burdin S. (1974). -Géologie, géomorphologie et hydrologie des terrains salés: contribution aux techniques d'amélioration des terrains salés. Presses universitaires de France, 230p.
53. Genoux C., Putzola F. et Maurin G. (2000). -La Lagune méditerranéenne : Les plantes halophiles. TPE. 1 ère S-2, 22p.
54. Giove R.M. et Abis S. (2007). -Place de la Méditerranée dans la production mondiale de fruits et légumes. Les notes d'analyse du CIHEAM. 23, 1-21.
55. Giulivo C. (1986). -Hormonal control of water transport in soil-plant-atmosphere continuum. Acta. Hortic., 179, 385-393.
56. Glick B.R., Liu C., Ghosh S. et Dumbroff E.B. (1997). -Early development of canola seedlings in the presence of the plant growth-promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2. Soil Biol. Biochem., 29, 1233–1239.

57. Glick BR., Penrose D.M. et Li J.P. (1998). -A model for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growth-promoting bacteria. *J. Theor. Biol.*, 190, 63-68.
58. Granowitz E.V. et Keenholz S.L. (1998). -A pseudoepidemic of *Alcaligenes xylosoxidans* attributable to contaminated saline. *Am. J. Infect. Control*, 26,146-148.
59. Gregory B. (2005). -Écophysologie de semis de conifères ectomycorhizés en milieu salin et sodique .Thèse de mémoire .Université Lava Canada .Chapitre 1.
60. Grimes H.D. et Mount M.S. (1987). -Influence of *Pseudomonas putida* on nodulation of *Phaseolus vulgaris*. *Soil Biol. Biochem.*, 6, 27-30.
61. Guiraud J.P. (1998). -Microbiologie alimentaire. Danond, Paris, PP 85.
62. Haas D. et Defago G. (2005). -Biological control of soil-borne pathogens by *fluorescent Pseudomonas*. *Nat. Rev. Microbiol.*, 3, 307–319.
63. Haas D. et Keel C. (2003). -Regulation of antibiotic production in root-colonized *Pseudomonas* spp, and relevance for biological control of plant disease. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 41,117–153.
64. Hagedorn D.J. et Inglis D.A. (1986). -Bean diseases. Madison, wisconsin, 25p.
65. Halitim A. (1973). -Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie. Thèse Doc. U.E.R des sciences biologiques.
66. Halitim A. (1988). -Sols des régions arides d'Algérie. O.P.U., Alger; 384 p.
67. Halitim A., Robert M. et Pedro G. (1983). -Etude expérimentale de l'épigénie calcaire des silicates en milieu confiné. Caractérisation des conditions de son développement et des modalités de mise en jeu. *Sci. Géol., Mém., Strasbourg*, 71, 63-73.
68. Hasegawa P.M., Bressan R.A., Zhu J.K. et Bonhert H.J. (2000). -plantcellular and molecular responses to high salinity. *Annu. Rev. Plant. Physiol. Mol. Biol.*, 51, 463-499.
69. Heller R., Esnault R. et Lance C. (2004). -Physiologie végétale. Nutrition, Paris, 350p.
70. Heurlier K., Denervaud V., Pessi G., Reimmann C. et Haas D. (2003). -Negative control of quorum sensing by RpoN (s54) in *Pseudomonas aeruginosa PAO1*. *J. Bacteriol.*, 185, 2227– 2235.
71. Howell C.R. et Okon Y. (1987). -Recent results of greenhouse and field trials on bacterial-induced plant growth promotion with no obvious symptoms of plant disease. In: *Proc Int Workshop PGPR*. Ontario, Canada, 29-33.
72. I.N.S.I.D. (Institut National des Sols de l'Irrigation et du Drainage) (2009). -Suivi des

périmètres irrigués de l'Ouest Algérien, Cas du périmètre irrigué de la Mina.

73. Iprid (2006). -conférence électronique sur la salinisation. Extension de la salinisation et stratégie de prévention et réhabilitation. p2, 11.
74. Jurinak, J.J. et Suarez, D.L. (1990). -The Chemistry of Salt-Affected Soils and Waters. In: "Agricultural Salinity Assessment and Management". (Ed.): Tanji, K. K., American Society of Civil Engineers, pp. 42-63.
75. Kamekura M. (1998). -diversity of extremely halophilic bacteria. *Extremophiles*, 2, 289–295.
76. Karam H. Z. et Karam N. E. (2006). –Bactéries lactiques du lait de chamelle d'Algérie : mise en évidence de souche de *Lactococcus* résistant au sel. *Tropicultura*, 24, 153-156.
77. Kenfaoui A. (1997) -La salinité des eaux d'irrigation .Synthèse bibliographique réalisé par les élèves ingénieurs de l'école nationale du génie rural des eaux et des forêts de Montpellier.
78. Khan M.A., Gu, B. et Weber D.J. (2002). -Seed germination in the Great Basin halophyte *Salsola iberica* .*Can. J. Bot.* Vol., 80, 650-655.
79. King E., Waed M. et Raney D. (1954). -Two simple media for demonstration of pyocyanin of fluorein. *J. Lab. Clin. Med.*, 44,301-307.
80. Klein E.K., Lavigne C., Foueillassar X., Gouyon, PH. et Larédo C. (2003). -Corn pollen dispersal: semi-mechanistic models and field experiments. *Ecological Monographs*, 73, 131-150.
81. Kloepper J.W. et Schroth M.N. (1978). -Plant growth promoting rhizobacteria on radishes, In: Proceedings of the 4th international conference on plant pathogenic bacteria. Angers, France, 879–882.
82. Koenning S.R., Overstreet C., Noling J.W., Donald P.A., Becker J.O. et Fortnum B.A. (1999). -Survey of crop losses in response to phytoparasitic nematodes in the United States for 1994. *J. Nematol.*, 31, 587–618.
83. Kurachi, M. (1958). -Studies on the Biosynthesis of Pyocyanine: Isolation and Determination of Pyocyanine. *Bulletin de l'Institut des recherches chimiques université Kyoto*, 36, 174-187.
84. Kushner D.J. et Kamekura M. (1988). -Physiology of halophilic eubacteria. *Halophilic Bacteria*, 13, 109–138.
85. Larcher W. (1995). -Physiological Plant Ecology: plant growth regulation. 3rd edition. Springer, Verlag berlin, pp 506.

86. Latour X., Corberand T., Laguerre G., Allard, F. et Lemanceau P. (1996). -The composition of fluorescent *Pseudomonas* populations associated with roots is influenced by plant and soil type. *Appl. Environ. Microbiol.*, 62, 2449–2456.
87. Le Minor L. et Véron M. (1989). -Bactériologie médicale, deuxième édition. Flammarion Médecine-Sciences, Paris, 1107 p.
88. Leclert H., Gaillard J. L. et Simonet M. (1995). -Microbiologie général, La bactérie et le monde bactérien. 4^{ème} Ed, doin PP, 199-408.
89. Legoupil J.C. (1981) –Evolution de la salure du sol sous irrigation, aménagement et mise en valeur des sols salés. Institut de Technologie Agricole Mostaganem, pp 139.
90. Lemanceau P. (1992). -Effets bénéfiques de rhizobactéries sur les plantes, Exemple des *Pseudomonas spp* fluorescents. *Agronomie*, 12, 413-437.
91. Lemanceau P. et Samson R. (1983). -Relation entre quelques caractéristiques *in vitro* de 10 *Pseudomonas* fluorescents et leurs effets sur la croissance du haricot (*Phaseolus vulgaris* L). *In* : les antagonismes microbiens, 24^e colloque SFP Bordeaux INRA, 327-328.
92. Leong J. (1986). -Siderophores: their biochemistry and possible role in the biocontrol of plant pathogens. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 24, 187–209.
93. Leung J. et Giraudat J. (1998) -Abscisic acid signal transduction. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 49, 199–222.
94. Levitt J. (1980) -Salt and ion stress. *In* Levitt J. (eds). *Response of plant to environmental stresses. Vol II, water radiation, salt and others stresses.* New York, Academic Press, p. 365–406.
95. Linderman R.G. et Paulitz T.C. (1990). -Mycorrhizal-rhizobacterial interactions . *In* : *Biological control of soil-borne plants pathogens.* CAB, Int, 261-283.
96. Loganathan P. et Nair S. (2004). - *Swaminathania salitolerans* gen. nov., sp nov., a salt-tolerant, nitrogen-fixing and phosphate-solubilizing bacterium from wild rice (*Porteresia coarctata* Tateoka). *International Journal of Systematic Evolutionary Microbiology* 54, 1185-1190.
97. Lovegrove A. et Hooley R. (2000). -Gibberellin and abscisic acid signalling in aleurone. *Trends Plant Sci*, 5, 102–110.
98. Lugtenberg B.J.J., Chin-A-Woeng T.F.C. et Bloemberg G.V. (2002). -Microbe-plant interactions: principles and mechanisms. *Antonie Leeuwenhoek*, 81, 373–383.
99. M.A.D.R. (2008). –statistiques agricoles superficies et productions. Pp, 68.
100. Maatougui M.E.H. (1996). -Situation de la culture des fèves en Algérie et

- perspectives de relance. Rev. Céréales, 29, 6-14.
101. Maheshwari D.K. (2010). -Plant Growth and Health Promoting Bacteria, Volume 18. Springer, Berlin, 445 p.
102. Maheshwari D.K. (2011a). -Bacteria in Agrobiolgy: Plant Growth Responses. Springer, Berlin, 370 p.
103. Maheshwari D.K. (2011b). -Bacteria in Agrobiolgy: Plant Nutrient Management. Springer, Berlin, 345 p.
104. Maillard J. (2001). -le point sur l'irrigation et la salinité des sols en zones sahélienne: risques et recommandation. Handicap international, document du centre d'action et de réalisation internationale, France, 35 p.
105. Mamoun M. et Olivier J.M. (1992) -Effect of soil *Pseudomonas* on colonisation of hazel roots by ectomycorrhizal species *Tuber melanosporum* and its competitors. Plant Soil, 139, 265-273.
106. Marlet S., Vincent b., Vidal A., Bouarfa S., Wu J., Yang J., N'diaye., kuper M. et Zimmer. (2005). -gestion de l'eau et de la salinité et redistribution des sels dans les périmètres irrigues, commissions international de l'irrigation et de drainage. Nineteenth Beiging, Congrée 2005, 2, 12-18 p.
107. Martelli G.P. (1992). -Classification and nomenclature of plant viruses state of the art. Plant Dis., 76, 436-442.
108. Mavrodi D. V., Bonsall R. F., Delaney S. M., Soule M. J., Phillips G. et Thomashow L. S. (2001). -Functional analysis of genes for biosynthesis of pyocyanin and phenazine-1-carboxamide from *Pseudomonas aeruginosa* PAO1. J. Bacteriol., 183, 6454-6465.
109. McIntyre D.S. (1979). -Exchange sodium, subplasticity and hydraulic conductivity of some Australian soils. Australian Journal of soil research, 17, 115-120.
110. McKeon T. et Yang S.F. (1987). - Biosynthesis and metabolism of ethylene. Agrobios Newsl, 4, 20-21.
111. Meloni D.A., Oliva M.A., Ruiz H.A. et Martinez C.A. (2001). -Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. J. Plant Nutr., 24, 599-612.
112. Meunier et Pierre (1993). -Droit de l'environnement, lois et règlement, Cowansville ; Editions Yvon Blais Inc., 439 p.
113. Meyer J.M. et Abdallah M.A. (1978). -The Fluorescent Pigment of *Pseudomonas fluorescens*: Biosynthesis, Purification and Physicochemical Properties. Journal of

- General Microbiology, 107, 319-328.
114. Meyer J.R. et Linderman R.G. (1986). -Response of subterranean clover to dual inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and a plant growth promoting bacteria, *Pseudomonas putida*. Soil Biol. Biochem., 18, 185-190.
115. Miller K.J. et Wood J.M. (1996). -Osmoadaptation by rhizosphere bacteria. Annual Review of Microbiology, 50, 101–136.
116. Munns R. (2002). -Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ., 25, 239-250.
117. Naidoo Y. (2001) -Effects of salinity and nitrogen on the growth, relations of ion and accumulation of proline in the bulbosa of Triglochin. Wetlands Ecol. Manag., 9, 491-497.
118. Nico A.I., Rafael R.M., Jimenez-Díaz M. et Castillo P. (2004). -Control of root-knot nematodes by composted agro-industrial wastes in potting mixtures. Crop Prot., 23, 581–587.
119. Oliveira E., Sieverding E. et Toros (1987). -Interaction between three species of VAM fungi and an isolate of *Pseudomonas putida* on cassava. In: Proc 7th North Am Cont Mycorrhizae. Univ. Florida, Gainesville, F.L., 216p.
120. Oren A. (1994). -The ecology of the extremely halophilic archaea. FEMS Microbiology Reviews, 13, 415–440.
121. Palleroni N.J. (1992). -Introduction to the family Pseudomonadaceae. In: The Prokaryotes (MP Balows, ed). Springer, New York, 3071-3085.
122. Pang J., Cui T., Shabala L., Zhou M., Mendham N. et Shabala S. (2007) -Effect of Secondary Metabolites Associated with Anaerobic Soil Conditions on Ion Fluxes and Electrophysiology in Barley Roots. Plant Physiol., 145, 266-276.
123. Parida A.K. et Das A.B. (2005). -Salt tolerance and salinity effects on plants. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60, 324-349.
124. Pelmont J. (1995). -Enzymes, catalyseurs du monde vivant. Presses universitaires de Grenoble.
125. Perry J.J., Janes T.S. et Stephen L. (2004). -Microbiologie, cours et questions de révision, Ed, Dunod, PP, 431-432.
126. Pilet Ch., Bourdon J.L., Toma B. et Marchal N. (1986). -Bactériologie médicale et vétérinaire. Systématique bactérienne, PP, 190-191.
127. Poljakoff-Mayber A. (1975) -Morphological and anatomical changes in plants as a response to salinity. In: Poljakoff-Mayber A and Gale J eds. Plants in Saline

- Environments. Springer-Verlag, Berlin, pp 97-117.
128. Prasanna R. B. et Reddy M.S. (2009). - Siderophore-mediated Antibiosis of rhizobacterial fluorescent *Pseudomonads* against Rice fungal pathogens. International Journal of PharmTech Research, 2, pp 227-229.
 129. Rahman M.S., Miyake H. et Takeoka Y. (2002). -Effects of exogenous glycinebetaine on growth and ultrastructure of salt-stressed rice seedlings (*Oryza sativa* L.). Plant Prod. Sci., 5, 33–44.
 130. Rahman S.M., Banat I.M., Thaira J. et Thayumanavan T. (2002). -Bioremediation of gasoline contaminated soil by a bacterial consortium amended with poultry litter, coir pith and rhamnolipid biosurfactant. Bioresource Technol., 81, 25–32.
 131. Raj J., Bagyaraj D.J. et Manjunath A. (1981). -Influence of soil inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhiza and a phosphate-dissolving bacterium on plant growth and P-uptake. Soil Biol. Biochem., 13, 105-108.
 132. Rangarajan S., Saleena L.M. et Nair S. (2002). -Diversité of *Pseudomonas* spp. Isolated from rice rhizosphere population grown a salinity gradient. Microbial Ecology, 43, 280–289.
 133. Rattray E.A.S., Tyrrell J.A., Prosser J.I., Glover L.A. et Killham K. (1993). -Effect of soil bulk-density and temperature on wheat rhizosphere colonization by lux-marked *Pseudomonas fluorescens*. European Journal of Soil Biology 29, 73-82.
 134. Reddy D.D.R. (1985). -Analysis of crop losses in tomato due to *Meloidogyne incognita*. Indian J. Nematol., 15, 55-59.
 135. Reid M (1987) Ethylene in plant growth, development and senescence. European Journal of Soil Biology, 50, 101–136.
 136. Rengasamy P. (2006) -World salinization with emphasis on Australia .Journal of Experimental Botany, 57, 1017-1023.
 137. Richards L.A. (1954). -Diagnostic and improvement of saline and alkali soils. USSSL Handbook, 60 p.
 138. Rontein D. et Basset-hound G. (2002) -Metabolic Technologies of ac advertisement - cumulation of osmoprotectants to the factories. Metab. Engineer, 4, p, 49-56.
 139. Sang M.K., Chun S.C. et Kim K.D. (2008). -Biological control of *Phytophthora blight* of pepper by antagonistic rhizobacteria selected from a sequential screening procedure. Biol. Control., 46, 424–433.
 140. Saraf M. et Tank N. (2005). -Increased plant fitness by ACC deaminase containing bacteria. Agrobios Newsl, 4, 20–21.

141. Saravanakumar D. et Samiyappan R. (2007). -ACC deaminase from *Pseudomonas fluorescens* mediated saline resistance in groundnut (*Arachis hypogea*) plants. J. Appl. Microbiol., 102, 1283–1292.
142. Saravanakumar D., Vijayakumar C., Kumar N. et Samiyappan R. (2007). -PGPR induced defense responses in the tea plant against blister blight disease. Crop Prot., 26, 556–565.
143. Schroth M.N. et Hancock J.G. (1981). -Selected topics in biological control. Annu. Rev. Microbiol., 34, 453-476.
144. Shannon M.C. et Grieve C.M. (1999). -Tolerance of vegetable crops to salinity. Sci. Hortic., 7, 35-38.
145. Sharp R.E. (2002) -Interaction with ethylene: changing views on the role of abscisic acid in root and shoot growth responses to water stress. Plant Cell Environ, 25, 211–222.
146. Siddiqui Z.A. et Akhtar M.S. (2008). -Effects of fertilizers, AM fungus and plant growth promoting rhizobacterium on the growth of tomato and on the reproduction of root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. J. Plant Interac., 3, 263–271.
147. Siddiqui Z.A., Iqbal A. et Mahmood I. (2001). -Effects of *Pseudomonas fluorescens* and fertilizers on the reproduction of *Meloidogyne incognita* and growth of tomato. Appl. Soil Ecol., 16, 179–185.
148. Singh A., Parmar N., Kuhad R.C. et Ward O.P. (2011). -Bioaugmentation, Biostimulation and Biocontrol, Soil Biology. Volume 28, Springer, Berlin, 364p.
149. Singh S.C., Sinha R.P. et Hader D.P. (2002). -Role of lipids and fatty acids in stress tolerance in cyanobacteria. Acta Protozool. 41, 297–308.
150. Snoussi S.A., Halitim A. et Valles V. (2004) -Absorption hydrique en milieu salin chez la tomate et le haricot. Agriculture, 13, 283-287.
151. Sofo A., Dichio B., Xiloyannis E. et Massia A. (2004). -Effects of different irradiance levels on some antioxidant enzymes and on malondialdehyde content during rewatering in olive tree. plant. Science, 166, 293-303
152. Stanier R.Y., Digat B. et Gardan L. (1966). -the aerobic *Pseudomonas*, a taxonomic study. J. Gen. Microbiol., 43, 159-271.
153. Stitou M. et Gallez A. (1982). -Dessalage et desodification d'un sol marocain irrigué. Ilri, Wageningen, The Netherlands, 31, 103-136.
154. Suslow T.V. et Schroth M.N. (1982b). -Rhizobacteria of sugarbeet: effects of seed application and root colonization on yield. Phytopathology, 72, 199-206.

155. Tabet D.H. (1999). -Intérêt d'une approche spatiale pour le suivi de la salinité des sols dans les systèmes irrigués. Cas de la subdivision de Chistain dans le Punjab (Pakistan). Thèse de l'ENGREF Montpellier, 435 p.
156. Tank N. et Saraf M. (2010). -Salinity resistant PGPR ameliorates NaCl stress on tomato plants. *J. Plant Interact* 5, 51–58
157. Tester M. et Davenport R. (2003). -Na⁺ resistance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of botany*, 91, 503-527.
158. Tian B., Yang J. et Ke-Qin Z. (2007). -Bacteria used in the biological control of plant-parasitic nematodes: populations, mechanisms of action, and future prospects. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 61, 197–213.
159. Tripathi A. K., Verma S. C., Ron E. Z. et Tripathi P. (2002). -Molecular characterization of a salt-tolerant bacterial community in the rice rhizosphere. *Research in Microbiology*, 153, 579-584.
160. U.S.D.A. (1975) Département de l'Agriculture des Etats Unies.
161. Van Veen J.A., Van Overbeek L.S. et Van Elsas J.D. (1997). -Fate and activity of microorganisms introduced into soil. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, 61, 121–135.
162. Vincent R. (2006). -Recherche et étude de marqueurs moléculaires de la réponse au stress chez l'algue brune *Laminaria digitata*. Thèse de doctorat. Biologie. Université de Rennes, 237pp
163. Waller J.M. (2002). -Virus diseases. In: Waller J.M., Lenne J.M. et Waller S.J. (eds) *Plant pathologist's pocketbook*, 3rd Edn. CABI Publishing, CAB International, Wallingford, Oxon, UK, pp 108–125.
164. Waller J.M. et Cannon P.F. (2002). -Fungi as plant pathogens. In: Waller J.M., Lenne J.M. et Waller S.J. (eds) *Plant pathologist's pocketbook*, 3rd Edn. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, UK, pp 318–327.
165. Wang Y. et Nil N. (2000). -Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase–oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.*, 75, 623–627.
166. Weller D.M. (1988). -Biological control of soilborne plant pathogens in the rhizosphere with bacteria. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 26, 379–407.
167. Wiebe B.H., Eilers R.G., Eilers W.G. et Brierley T. (2001) -Development of risk indicator for dryland salinisation on the Canadian prairies. *Proceeding of the International Salinity Forum*, p.473-476.
168. World Bank (2008). -Indicateurs de développement dans le monde.

169. Wu J.L., Seliskar D.M. et Gallagher J.L. (1998). -Stress tolerance in the marsh plant *Spartina patens*: impact of NaCl on growth and root plasma membrane lipid composition. *Physiol. Plant*, 102, 307–317.
170. Yu T., Ralph S. et Quatrano. (2005) -Cis-regulatory element based targeted gene finding: genome-wide identification of abscisic acid- and abiotic stress-responsive genes in *Arabidopsis thaliana*. *Bioinformatics*, 21, 3074 - 3081.
171. Zahran H.H. (1991). -Conditions for successful *Rhizobium*-legume symbiosis in saline environments. *Biology and Fertility Soils*, 12, 73–80.
172. Zhu J.K. (2001) -Plant salt tolerance. *Trends in plant Science*, 6, 66-71.

Annexe

Annexe A

Les milieux de culture

Gélose nutritive

Peptone :.....	6g
Extrait de viande:	1g
Extrait de levure :.....	2g
NaCl:	5g
Agar:.....	20g
Eau distillée :	1000 mL
pH :.....	7,2

Bouillon nutritif

Peptone :.....	6g
Extrait de viande:	1g
Extrait de levure :.....	2g
NaCl:	5g
Eau distillée :	1000 mL
pH :.....	7,2

Gélose nutritive à base de jaune d'œuf

Peptone :.....	6g
Extrait de viande:	1g
Extrait de levure :.....	2g
Emulsion de jaune d'œuf	10%
NaCl:	5g
Agar:.....	20g
Eau distillée :	1000 mL
pH :.....	7,2

King B solide

Peptone de caséine	20g
Sulfate de magnésium	1,5g
Phosphate bipotassique	1,5g
Glycérol	10ml
Agar	20g
Eau distillée	1000ml
pH :.....	7,2

King B liquide

Peptone de caséine	20g
Sulfate de magnésium	1,5g
Phosphate bipotassique	1,5g
Glycérol	10ml
Eau distillée	1000ml
pH :.....	7,2

King A

Peptone de caséine	20g
Sulfate de potassium.....	10g
Chlorure de magnésium	1,4g
Glycérol	10ml
Agar	20g
Eau distillée	1000ml
pH :.....	7,2

Milieu PDA

Filtrat de pomme de terre*.....	500 mL
Glucose:	20 g
Agar:	20 g
Eau distillée:	500 mL
pH	6,5

*Le filtrat est préparé en mettant à bouillir 200g de pomme de terre épluchée dans 500 ml d'eau distillée.

Annexe B

La solution nutritive (Haogland)

Produit	Composition	Poids en g/l
Nitrate de potassium	KNO_3	191.90
Nitrate de calcium	$(\text{NO}_3)_2 \text{Ca} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	129.80
Nitrate d'Ammonium	$\text{NO}_3 \text{NH}_4$	210
Sulfate de magnésium	$\text{SO}_4\text{Mg} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	61.5
Phosphate monopotassique	$\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$	54.40
Di-potassium hydrogénophosphate	$\text{PO}_4\text{K}_2\text{H} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	34.23
Chlorure de manganèse	$\text{Cl}_2\text{Mn} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1.80
Sulfate de cuivre	$\text{Cu} \text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.176
Sulfate de zinc	$\text{Zn} \text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.219
Acide borique	H_3BO_3	2.861
Molybdate d'ammonium	$\text{MO}_7 \text{O}_{24} (\text{NH}_4) \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.285
Complexe ferrique	EDTA ferrique $(\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{FeN}_2\text{NaO}_8)$	0.050

Annexe C

Résultats de l'effet de l'inoculation du support pédologique par *Pseudomonas*

Effet de l'inoculation sur la longueur des tiges.

Salinité	S.0mM/l			S.60mM/l		
Inoculation	SP	P5	P8	SP	P5	P8
1	60,00	77,00	53,00	55,00	68,00	48,00
2	64,00	68,00	50,00	49,00	60,00	57,00
3	62,00	69,00	58,00	61,00	60,00	54,00
4	66,00	73,00	48,00	59,00	58,00	47,00
5	64,00	55,00	49,00	55,00	60,00	70,00
6	55,00	55,00	67,00	56,00	68,00	52,00
7	60,00	64,00	40,00	63,00	70,00	64,00
8	67,00	69,00	63,00	66,00	60,00	47,00
9	51,00	57,00	58,00	51,00	68,00	56,00
10	51,00	56,00	64,00	60,00	75,00	61,00
11	50,00	49,00	59,00	54,00	75,00	58,00
12	60,00	58,00	46,00	61,00	75,00	54,00
13	67,00	70,00	48,00	63,00	55,00	52,00
14	59,00	50,00	47,00	63,00	82,00	50,00
15	52,00	66,00	51,00	54,00	56,00	62,00
16	56,00	55,00	50,00	54,00	58,00	48,00
17	59,00	50,00	60,00	56,00	42,00	51,00
18	63,00	66,00	59,00	57,00	39,00	65,00
19	57,00	68,00	61,00	52,00	64,00	50,00
20	52,00	70,00	45,00	56,00	56,00	51,00
21	64,00	70,00	57,00	64,00	66,00	58,00
22	51,00	75,00	40,00	62,00	74,00	55,00
23	66,00	54,00	52,00	72,00	75,00	55,00
24	57,00	69,00	60,00	64,00	70,00	53,00
25	66,00	59,00	54,00	67,00	72,00	48,00
Moyenne	59,16	62,88	53,56	58,96	64,24	54,64

Effet de l'inoculation sur la longueur des racines

Salinité	S.0mM/l			S.60mM/l		
Inoculation	SP	P5	P8	SP	P5	P8
1	14,00	14,00	13,00	18,00	15,00	13,00
2	15,00	19,00	17,00	11,00	19,00	15,00
3	21,00	18,00	13,00	19,00	17,00	14,00
4	21,00	17,00	15,00	20,00	15,00	13,00
5	18,00	20,00	11,00	24,00	10,00	15,00
6	24,00	16,00	20,00	15,00	17,00	15,00
7	18,00	13,00	14,00	19,00	13,00	15,00

8	18,00	12,00	18,00	16,00	13,00	14,00
9	8,00	18,00	22,00	17,00	12,00	17,00
10	8,00	17,00	12,00	18,00	18,00	16,00
11	27,00	18,00	14,00	13,00	16,00	18,00
12	22,00	17,00	19,00	19,00	14,00	13,00
13	13,00	19,00	18,00	20,00	13,00	13,00
14	19,00	16,00	16,00	19,00	15,00	14,00
15	17,00	16,00	19,00	12,00	14,00	15,00
16	23,00	16,00	18,00	24,00	12,00	14,00
17	17,00	15,00	13,00	21,00	14,00	12,00
18	15,00	17,00	13,00	19,00	12,00	17,00
19	17,00	14,00	17,00	20,00	17,00	16,00
20	18,00	16,00	14,00	17,00	12,00	16,00
21	17,00	15,00	14,00	7,00	15,00	16,00
22	11,00	15,00	15,00	14,00	17,00	16,00
23	20,00	8,00	11,00	0,15	17,00	14,00
24	19,00	15,00	15,00	13,00	15,00	16,00
25	19,00	13,00	15,00	14,00	18,00	15,00
Moyenne	17,56	15,76	15,44	16,37	14,80	14,88

Effet de l'inoculation sur la longueur des plantes.

Salinité	S.0mM/l			S.60mM/l		
	Inoculation	SP	P5	P8	SP	P5
1	74,00	91,00	66,00	73,00	83,00	61,00
2	79,00	87,00	67,00	60,00	79,00	72,00
3	83,00	87,00	71,00	80,00	77,00	68,00
4	87,00	90,00	63,00	79,00	73,00	60,00
5	82,00	75,00	60,00	79,00	70,00	85,00
6	79,00	71,00	87,00	71,00	85,00	67,00
7	78,00	77,00	54,00	82,00	83,00	79,00
8	85,00	81,00	81,00	82,00	73,00	61,00
9	59,00	75,00	80,00	68,00	80,00	73,00
10	59,00	73,00	76,00	78,00	93,00	77,00
11	77,00	67,00	73,00	67,00	91,00	76,00
12	82,00	75,00	65,00	80,00	89,00	67,00
13	80,00	89,00	66,00	83,00	68,00	65,00
14	78,00	66,00	63,00	82,00	97,00	64,00
15	69,00	82,00	70,00	66,00	70,00	77,00
16	79,00	71,00	68,00	78,00	70,00	62,00
17	76,00	65,00	73,00	77,00	56,00	63,00
18	78,00	83,00	72,00	76,00	51,00	82,00
19	74,00	82,00	78,00	72,00	81,00	66,00
20	70,00	86,00	59,00	73,00	68,00	67,00
21	81,00	85,00	71,00	71,00	81,00	74,00

22	62,00	90,00	55,00	76,00	91,00	71,00
23	86,00	62,00	63,00	72,15	92,00	69,00
24	76,00	84,00	75,00	77,00	85,00	69,00
25	85,00	72,00	69,00	81,00	90,00	63,00
Moyenne	76,72	78,64	69,00	75,33	79,04	69,52

Effet de l'inoculation sur le poids frais des tiges.

Salinité	S.0mM/l			S.60mM/l		
Inoculation	SP	P5	P8	SP	P5	P8
1	7,70	18,39	11,14	8,31	12,21	6,62
2	10,72	12,51	8,30	7,96	10,21	7,96
3	8,37	16,06	9,20	12,08	12,51	15,17
4	11,85	12,37	10,43	8,44	5,13	10,01
5	10,44	8,38	3,73	6,62	6,65	11,82
6	9,48	9,88	12,16	7,77	8,52	12,23
7	7,89	8,55	7,10	9,72	10,34	8,78
8	6,89	11,93	12,50	9,33	9,15	9,62
9	10,64	7,85	9,97	7,73	7,48	9,50
10	4,23	7,93	10,02	12,07	12,96	13,90
11	13,85	7,47	7,88	5,51	12,44	6,49
12	4,82	10,80	7,99	9,79	15,61	12,45
13	9,62	12,58	8,35	13,58	9,36	5,50
14	10,78	6,38	6,87	9,66	16,29	9,02
15	8,23	12,46	8,61	6,18	7,91	13,32
16	6,23	11,46	8,56	9,96	6,94	10,58
17	6,20	4,68	7,95	6,01	4,55	6,34
18	13,41	7,75	9,55	6,89	5,47	7,17
19	9,02	13,17	9,78	12,86	15,44	10,53
20	9,65	11,21	6,69	11,93	7,32	12,80
21	6,07	10,65	11,01	6,33	9,36	10,40
22	9,56	13,66	8,36	12,45	12,77	8,54
23	5,15	6,60	10,16	11,98	11,31	10,45
24	9,87	14,65	13,97	10,85	12,71	11,96
25	12,38	7,95	11,20	10,87	14,49	9,71
Moyenne	8,92	10,61	9,26	9,40	10,29	10,03

Effet de l'inoculation sur les poids frais des racines.

Salinité	S.0mM/l			S.60mM/l		
Inoculation	SP	P5	P8	SP	P5	P8
1	2,46	12,57	5,21	4,13	7,59	3,20
2	4,50	10,77	7,69	2,67	4,67	3,26
3	3,29	8,72	4,37	4,38	7,09	9,74
4	2,47	4,89	4,06	3,66	2,37	5,53
5	4,80	5,01	0,87	2,32	1,91	5,97

6	3,77	3,12	11,34	2,24	5,71	4,89
7	3,75	3,80	8,38	4,60	7,02	5,17
8	3,16	5,28	11,16	3,32	4,01	3,46
9	1,18	5,10	12,75	7,90	3,37	6,58
10	1,42	6,32	4,78	3,38	7,62	7,81
11	3,84	5,54	4,27	1,83	6,95	5,33
12	4,41	3,80	3,54	3,58	6,91	1,52
13	3,66	5,35	3,85	9,00	4,58	1,90
14	6,22	2,47	4,27	1,07	5,51	4,70
15	2,41	6,58	5,07	1,05	2,20	7,73
16	2,25	7,35	4,99	4,14	2,67	2,74
17	4,21	1,39	3,53	1,69	2,83	9,96
18	1,96	3,17	3,13	3,69	2,63	5,57
19	3,12	7,77	6,57	4,31	11,92	5,81
20	1,27	4,31	6,98	5,49	3,38	5,82
21	5,19	5,72	9,25	0,72	4,35	5,13
22	1,61	6,51	6,20	4,37	5,13	4,34
23	4,08	2,22	4,65	4,34	3,39	5,34
24	4,41	5,70	8,62	3,42	8,05	4,20
25	3,69	2,12	12,35	3,77	8,67	4,75
Moyenne	3,33	5,42	6,32	3,64	5,22	5,22

Effet de l'inoculation sur le poids frais des plantes.

Salinité	S.0mM/l			S.60mM/l		
	SP	P5	P8	SP	P5	P8
1	10,16	30,96	16,35	12,44	19,80	9,82
2	15,22	23,28	15,99	10,63	14,88	11,22
3	11,66	24,78	13,57	16,46	19,60	24,91
4	14,32	17,26	14,49	12,10	7,50	15,54
5	15,24	13,39	4,60	8,94	8,56	17,79
6	13,25	13,00	23,50	10,01	14,23	17,12
7	11,64	12,35	15,48	14,32	17,36	13,95
8	10,05	17,21	23,66	12,65	13,16	13,08
9	11,82	12,95	22,72	15,63	10,85	16,08
10	5,65	14,25	14,80	15,45	20,58	21,71
11	17,69	13,01	12,15	7,34	19,39	11,82
12	9,23	14,60	11,53	13,37	22,52	13,97
13	13,28	17,93	12,20	22,58	13,94	7,40
14	17,00	8,85	11,14	10,73	21,80	13,72
15	10,64	19,04	13,68	7,23	10,11	21,05
16	8,48	18,81	13,55	14,10	9,61	13,32
17	10,41	6,07	11,48	7,70	7,38	16,30
18	15,37	10,92	12,68	10,58	8,10	12,74
19	12,14	20,94	16,35	17,17	27,36	16,34

20	10,92	15,52	13,67	17,42	10,70	18,62
21	11,26	16,37	20,26	7,05	13,71	15,53
22	11,17	20,17	14,56	16,82	17,90	12,88
23	9,23	8,82	14,81	16,32	14,70	15,79
24	14,28	20,35	22,59	14,27	20,76	16,16
25	16,07	10,07	23,55	14,64	23,16	14,46
Moyenne	12,25	16,04	15,57	13,04	15,51	15,25

Effet de l'inoculation sur le poids sec des tiges.

Salinité	S.0mM/l			S.60mM/l		
Inoculation	SP	P5	P8	SP	P5	P8
1	0,98	1,94	1,30	1,10	1,43	0,68
2	1,30	1,44	1,20	0,87	1,23	1,00
3	1,04	1,63	1,23	1,47	1,40	1,30
4	1,39	1,22	1,23	0,95	0,55	1,01
5	1,34	0,88	0,63	0,73	0,60	1,18
6	1,28	1,07	1,65	0,90	0,91	1,35
7	0,95	0,85	0,88	1,14	1,19	0,99
8	0,78	1,25	1,59	1,08	0,96	1,08
9	1,25	0,95	1,30	0,93	0,76	0,98
10	0,44	0,95	1,34	1,33	1,28	1,43
11	1,67	0,93	1,02	0,59	1,25	0,75
12	0,55	1,09	1,17	1,13	1,72	1,25
13	1,17	1,41	1,13	1,57	1,13	0,67
14	1,26	0,83	1,01	1,21	1,83	1,41
15	1,08	1,59	0,99	0,73	0,83	1,25
16	0,66	1,27	0,98	1,07	0,80	1,04
17	0,77	0,47	0,97	0,71	0,53	0,59
18	1,78	0,86	1,19	0,78	0,59	0,68
19	1,06	1,36	1,36	1,18	1,76	0,98
20	1,20	1,23	0,90	1,33	0,80	1,36
21	0,73	1,07	1,27	0,85	1,05	1,53
22	1,13	1,51	1,07	1,31	1,48	1,34
23	0,63	0,61	1,23	1,44	1,19	0,97
24	1,19	1,51	2,34	1,25	1,39	1,29
25	1,41	0,82	1,85	1,32	1,55	1,00
Moyenne	1,08	1,15	1,23	1,08	1,13	1,08

Effet de l'inoculation sur le poids sec des racines.

Salinité	S.0mM/l			S.60mM/l		
Inoculation	SP	P5	P8	SP	P5	P8
1	0,32	1,10	0,48	0,63	0,48	0,40
2	0,45	0,95	0,83	0,44	0,59	0,32
3	0,41	0,71	0,44	0,51	0,24	0,95

4	0,38	0,40	0,39	0,45	0,17	0,53
5	0,55	0,42	0,13	0,41	0,47	0,52
6	0,50	0,36	1,17	0,18	0,67	0,43
7	0,43	0,33	0,61	0,37	0,37	0,53
8	0,44	0,49	0,75	0,37	0,28	0,33
9	0,14	0,50	1,22	0,70	0,62	0,66
10	0,23	0,54	0,50	0,42	0,58	0,88
11	0,58	0,57	0,46	0,22	0,65	0,56
12	0,53	0,37	0,42	0,38	0,49	0,20
13	0,47	0,56	0,49	0,84	0,56	0,20
14	0,65	0,22	0,40	0,20	0,24	0,45
15	0,31	0,66	0,53	0,17	0,28	0,71
16	0,34	0,73	0,52	0,40	0,37	0,28
17	0,56	0,19	0,40	0,22	0,35	0,92
18	0,28	0,36	0,33	0,32	0,96	0,62
19	0,38	0,73	0,56	0,42	0,33	0,62
20	0,22	0,38	0,65	0,55	0,42	0,66
21	0,57	0,54	0,88	0,13	0,44	0,67
22	0,24	0,63	0,62	0,34	0,38	0,44
23	0,55	0,24	0,48	0,40	0,68	0,59
24	0,81	0,62	0,96	0,45	0,73	0,46
25	0,51	0,28	1,16	0,47		0,48
Moyenne	0,43	0,52	0,62	0,40	0,47	0,54

Effet de l'inoculation sur le poids frais des plantes.

Salinité	S.0mM/l			S.60mM/l		
Inoculation	SP	P5	P8	SP	P5	P8
1	1,30	3,04	1,78	1,73	2,08	1,08
2	1,75	2,39	2,03	1,31	1,71	1,32
3	1,45	2,34	1,67	1,98	1,99	2,25
4	1,77	1,62	1,62	1,40	0,79	1,54
5	1,89	1,30	0,76	1,14	0,77	1,70
6	1,78	1,43	2,82	1,08	1,38	1,78
7	1,38	1,18	1,49	1,51	1,86	1,52
8	1,22	1,74	2,34	1,45	1,33	1,41
9	1,39	1,45	2,52	1,63	1,04	1,64
10	0,67	1,49	1,84	1,75	1,90	2,31
11	2,25	1,50	1,48	0,81	1,83	1,31
12	1,08	1,46	1,59	1,51	2,37	1,45
13	1,64	1,97	1,62	2,41	1,62	0,87
14	1,91	1,05	1,41	1,41	2,39	1,86
15	1,39	2,25	1,52	0,90	1,07	1,96
16	1,00	2,00	1,50	1,47	1,08	1,32
17	1,33	0,66	1,37	0,93	0,90	1,51

18	2,06	1,22	1,52	1,10	0,94	1,30
19	1,44	2,09	1,92	1,60	2,72	1,60
20	1,42	1,61	1,55	1,88	1,13	2,02
21	1,30	1,61	2,15	0,98	1,47	2,20
22	1,37	2,14	1,69	1,65	1,92	1,78
23	1,18	0,85	1,71	1,84	1,57	1,56
24	2,00	2,13	3,30	1,70	2,07	1,75
25	1,92	1,10	3,01	1,79	2,28	1,48
Moyenne	1,52	1,66	1,85	1,48	1,61	1,62

Annexe D

Analyse de variance

Longueur des tiges

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
var.totale	10230,69	149	68,662				
var.facteur 1	2239,053	2	1119,526	20,269	0		
var.facteur 2	20,908	1	20,908	0,379	0,54678		
var.inter f1*2	17,292	2	8,646	0,157	0,85611		
var.residuelle 1	7953,44	144	55,232			7,432	12,62%

Longueur des racines

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
var.totale	1817,282	149	12,197				
var.facteur 1	101,628	2	50,814	4,349	0,01453		
var.facteur 2	30,69	1	30,69	2,627	0,10308		
var.inter f1*2	2,57	2	1,285	0,11	0,89575		
var.residuelle 1	1682,394	144	11,683			3,418	21,63%

Longueur des plantes

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
var.totale	12426,3	149	83,398				
var.facteur 1	2424,167	2	1212,083	17,502	0		
var.facteur 2	0,936	1	0,936	0,014	0,90369		
var.inter f1*2	28,734	2	14,367	0,207	0,81512		
var.residuelle 1	9972,466	144	69,253			8,322	11,14%

Poids frais des tiges

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
var.totale	1159,707	149	7,783				
var.facteur 1	42,449	2	21,224	2,764	0,06468		
var.facteur 2	3,536	1	3,536	0,461	0,50565		
var.inter f1*2	8,124	2	4,062	0,529	0,596		
var.residuelle 1	1105,598	144	7,678			2,771	28,41%

Poids frais des racines

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
var.totale	946,761	149	6,354				
var.facteur 1	146,444	2	73,222	13,458	0,00001		
var.facteur 2	4,015	1	4,015	0,738	0,39614		
var.inter f1*2	12,804	2	6,402	1,177	0,31143		
var.residuelle 1	783,498	144	5,441			2,333	48,02%

Poids frais des plantes

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
var.totale	3254,088	149	21,84				
var.facteur 1	293,24	2	146,62	7,161	0,00122		
var.facteur 2	0,014	1	0,014	0,001	0,9773		
var.inter f1*2	12,602	2	6,301	0,308	0,74002		
var.residuelle 1	2948,232	144	20,474			4,525	30,97%

Poids sec des tiges

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
var.totale	15,951	149	0,107				
var.facteur 1	0,167	2	0,084	0,776	0,46581		
var.facteur 2	0,124	1	0,124	1,156	0,28411		
var.inter f1*2	0,158	2	0,079	0,734	0,48593		
var.residuelle 1	15,501	144	0,108			0,328	29,14%

Poids sec des racines

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
var.totale	6,821	149	0,046				
var.facteur 1	0,632	2	0,316	7,494	0,00093		
var.facteur 2	0,101	1	0,101	2,391	0,11997		
var.inter f1*2	0,014	2	0,007	0,166	0,84834		
var.residuelle 1	6,074	144	0,042			0,205	41,45%

Poids sec des plantes

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
var.totale	6,821	149	0,046				
var.facteur 1	0,632	2	0,316	7,494	0,00093		
var.facteur 2	0,101	1	0,101	2,391	0,11997		
var.inter f1*2	0,014	2	0,007	0,166	0,84834		
var.residuelle 1	6,074	144	0,042			0,205	41,45%

Facteur 1 : inoculation par *Pseudomonas*

Facteur 2 : salinité

Comparaison entre les moyennes

Longueur des tiges

	Moyenne	Moyenne	valeur t	dl	p	N Actifs	N Actifs	Ec-Type	Ec-Type	Ratio F
P1-S0 vs. P0-S0	62,88000	59,16000	1,83049	48	0,073389	25	25	8,40793	5,705845	2,171393
P1-S0 vs. P0-S1	62,88000	58,96000	1,94164	48	0,058063	25	25	8,40793	5,586293	2,265328
P2-S0 vs. P0-S0	53,56000	59,16000	-3,01675	48	0,004079	25	25	7,32052	5,705845	1,646053
P2-S0 vs. P0-S1	53,56000	58,96000	-2,93207	48	0,005146	25	25	7,32052	5,586293	1,717261
P1-S1 vs. P0-S0	64,24000	59,16000	2,15637	48	0,036095	25	25	10,30485	5,705845	3,261698
P1-S1 vs. P0-S1	64,24000	58,96000	2,25225	48	0,028917	25	25	10,30485	5,586293	3,402799
P2-S1 vs. P0-S0	54,64000	59,16000	-2,70676	48	0,009382	25	25	6,09563	5,705845	1,141292
P2-S1 vs. P0-S1	54,64000	58,96000	-2,61241	48	0,011967	25	25	6,09563	5,586293	1,190664
P0-S0 vs. P1-S0	59,16000	62,88000	-1,83049	48	0,073389	25	25	5,70584	8,407933	2,171393
P0-S0 vs. P0-S1	59,16000	58,96000	0,12523	48	0,900863	25	25	5,70584	5,586293	1,043260
P1-S1 vs. P1-S0	64,24000	62,88000	0,51129	48	0,611494	25	25	10,30485	8,407933	1,502122
P1-S1 vs. P0-S1	64,24000	58,96000	2,25225	48	0,028917	25	25	10,30485	5,586293	3,402799

Longueur des racines

	Moyenne	Moyenne	valeur t	dl	p	N Actifs	N Actifs	Ec-Type	Ec-Type	Ratio F
P1-S0 vs. P0-S0	15,76000	17,56000	-1,73109	48	0,089860	25	25	2,570344	4,519218	3,091322
P1-S0 vs. P0-S1	15,76000	16,96000	-1,26313	48	0,212642	25	25	2,570344	3,994580	2,415237
P2-S0 vs. P0-S0	15,44000	17,56000	-1,97932	48	0,053531	25	25	2,873442	4,519218	2,473557
P2-S0 vs. P0-S1	15,44000	16,96000	-1,54449	48	0,129037	25	25	2,873442	3,994580	1,932580
P1-S1 vs. P0-S0	14,80000	17,56000	-2,71477	48	0,009188	25	25	2,327373	4,519218	3,770462
P1-S1 vs. P0-S1	14,80000	16,96000	-2,33608	48	0,023711	25	25	2,327373	3,994580	2,945846
P2-S1 vs. P0-S0	14,88000	17,56000	-2,81767	48	0,007004	25	25	1,480991	4,519218	9,311550
P2-S1 vs. P0-S1	14,88000	16,96000	-2,44115	48	0,018379	25	25	1,480991	3,994580	7,275076
P0-S0 vs. P0-S1	17,56000	16,96000	0,497382	48	0,621191	25	25	4,519218	3,994580	1,279925

Longueur des plantes

	Moyenne	Moyenne	valeur t	dl	p	N Actifs	N Actifs	Ec-Type	Ec-Type	Ratio F
P1-S0 vs. P0-S0	78,64000	76,72000	0,82360	48	0,414242	25	25	8,71244	7,743384	1,265955
P1-S0 vs. P0-S1	78,64000	75,32600	1,57624	48	0,121539	25	25	8,71244	5,882409	2,193661
P2-S0 vs. P0-S0	69,00000	76,72000	-3,45650	48	0,001155	25	25	8,04674	7,743384	1,079887
P2-S0 vs. P0-S1	69,00000	75,32600	-3,17329	48	0,002630	25	25	8,04674	5,882409	1,871239
P1-S1 vs. P0-S0	79,04000	76,72000	0,83571	48	0,407460	25	25	11,51984	7,743384	2,213253
P1-S1 vs. P0-S1	79,04000	75,32600	1,43566	48	0,157584	25	25	11,51984	5,882409	3,835150
P2-S1 vs. P0-S0	69,52000	76,72000	-3,47129	48	0,001106	25	25	6,89879	7,743384	1,259840
P2-S1 vs. P0-S1	69,52000	75,32600	-3,20200	48	0,002423	25	25	6,89879	5,882409	1,375421
P0-S0 vs. P0-S1	76,72000	75,32600	0,716758	48	0,476996	25	25	7,743384	5,882409	1,732811

Poids frais des tiges

	Moyenne	Moyenne	valeur t	dl	p	N Actifs	N Actifs	Ec-Type	Ec-Type	Ratio F
P1-S0 vs. P0-S0	10,61280	8,922000	2,018593	48	0,049135	25	25	3,279254	2,605069	1,584571
P1-S0 vs. P0-S1	10,61280	9,395200	1,492784	48	0,142038	25	25	3,279254	2,424645	1,829169

P2-S0 vs. P0-S0	9,25920	8,922000	0,498791	48	0,620205	25	25	2,153872	2,605069	1,462846
P2-S0 vs. P0-S1	9,25920	9,395200	0,209672	48	0,834811	25	25	2,153872	2,424645	1,267232
P1-S1 vs. P0-S0	10,28520	8,922000	1,590824	48	0,118215	25	25	3,401642	2,605069	1,705057
P1-S1 vs. P0-S1	10,28520	9,395200	1,065274	48	0,292081	25	25	3,401642	2,424645	1,968254
P2-S1 vs. P0-S0	10,03480	8,922000	1,530057	48	0,132567	25	25	2,537221	2,605069	1,054197
P2-S1 vs. P0-S1	10,03480	9,395200	0,911248	48	0,366718	25	25	2,537221	2,424645	1,095016
P0-S0 vs. P1-S0	8,92200	10,61280	-2,01859	48	0,049135	25	25	2,605069	3,279254	1,584571
P0-S0 vs. P0-S1	8,92200	9,39520	-0,66482	48	0,509344	25	25	2,605069	2,424645	1,154363
P2-S1 vs. P1-S0	10,03480	10,61280	-0,69702	48	0,489150	25	25	2,537221	3,279254	1,670449
P2-S1 vs. P0-S1	10,03480	9,39520	0,91125	48	0,366718	25	25	2,537221	2,424645	1,095016
P1-S1 vs. P2-S1	10,28520	10,03480	0,295028	48	0,769245	25	25	3,401642	2,537221	1,797465
P1-S0 vs. P2-S0	10,61280	9,259200	1,725057	48	0,090951	25	25	3,279254	2,153872	2,317982
P2-S1 vs. P2-S0	10,03480	9,259200	1,165208	48	0,249693	25	25	2,537221	2,153872	1,387640

Poids frais des racines

	Moyenne	Moyenne	valeur t	dl	p	N Actifs	N Actifs	Ec-Type	Ec-Type	Ratio F
P1-S0 vs. P0-S0	5,423200	3,325200	3,565814	48	0,000834	25	25	2,637007	1,304042	4,089209
P1-S0 vs. P0-S1	5,423200	3,642800	2,734093	48	0,008735	25	25	2,637007	1,909774	1,906595
P2-S0 vs. P0-S0	6,315200	3,325200	4,407055	48	0,000059	25	25	3,131628	1,304042	5,767094
P2-S0 vs. P0-S1	6,315200	3,642800	3,642843	48	0,000660	25	25	3,131628	1,909774	2,688910
P1-S1 vs. P0-S0	5,221200	3,325200	3,368209	48	0,001499	25	25	2,494229	1,304042	3,658384
P1-S1 vs. P0-S1	5,221200	3,642800	2,512253	48	0,015412	25	25	2,494229	1,909774	1,705723
P2-S1 vs. P0-S0	5,218000	3,325200	3,858413	48	0,000340	25	25	2,077452	1,304042	2,537926
P2-S1 vs. P0-S1	5,218000	3,642800	2,791040	48	0,007518	25	25	2,077452	1,909774	1,183309
P0-S0 vs. P0-S1	3,325200	3,642800	0,686696	48	0,495579	25	25	1,304042	1,909774	2,144770

Poids frais des plantes

	Moyenne	Moyenne	valeur t	dl	p	N Actifs	N Actifs	Ec-Type	Ec-Type	Ratio F
P1-S0 vs. P0-S0	16,03600	12,24720	3,004327	48	0,004221	25	25	5,603211	2,892105	3,753582
P1-S0 vs. P0-S1	16,03600	13,03800	2,202009	48	0,032503	25	25	5,603211	3,865877	2,100767
P2-S0 vs. P0-S0	15,57440	12,24720	2,996796	48	0,004310	25	25	4,738379	2,892105	2,684303
P2-S0 vs. P0-S1	15,57440	13,03800	2,073805	48	0,043486	25	25	4,738379	3,865877	1,502323
P1-S1 vs. P0-S0	15,50640	12,24720	2,580406	48	0,012983	25	25	5,614140	2,892105	3,768238
P1-S1 vs. P0-S1	15,50640	13,03800	1,810628	48	0,076460	25	25	5,614140	3,865877	2,108969
P2-S1 vs. P0-S0	15,25280	12,24720	3,165971	48	0,002685	25	25	3,763927	2,892105	1,693769
P2-S1 vs. P0-S1	15,25280	13,03800	2,052425	48	0,045603	25	25	3,763927	3,865877	1,054906
P0-S0 vs. P0-S1	12,24720	13,03800	0,818978	48	0,416847	25	25	2,892105	3,865877	1,786768

Poids sec des tiges

	Moyenne	Moyenne	valeur t	dl	p	N Actifs	N Actifs	Ec-Type	Ec-Type	Ratio F
P1-S0 vs. P0-S0	1,149600	1,081600	0,703852	48	0,484925	25	25	0,347365	0,335679	1,070834
P1-S0 vs. P0-S1	1,149600	1,078800	0,808913	48	0,422557	25	25	0,347365	0,266182	1,703003
P2-S0 vs. P0-S0	1,233200	1,081600	1,571979	48	0,122525	25	25	0,346166	0,335679	1,063457

P2-S0 vs. P0-S1	1,233200	1,078800	1,767912	48	0,083431	25	25	0,346166	0,266182	1,691270
P1-S1 vs. P0-S0	1,128400	1,081600	0,455995	48	0,650450	25	25	0,388144	0,335679	1,337014
P1-S1 vs. P0-S1	1,128400	1,078800	0,526935	48	0,600666	25	25	0,388144	0,266182	2,126323
P2-S1 vs. P0-S0	1,084400	1,081600	0,032647	48	0,974092	25	25	0,266866	0,335679	1,582208
P2-S1 vs. P0-S1	1,084400	1,078800	0,074286	48	0,941092	25	25	0,266866	0,266182	1,005147
P0-S0 vs. P1-S0	1,081600	1,149600	0,703852	48	0,484925	25	25	0,335679	0,347365	1,070834
P0-S0 vs. P0-S1	1,081600	1,078800	0,032679	48	0,974066	25	25	0,335679	0,266182	1,590352
P0-S0 vs. P2-S1	1,081600	1,084400	0,032647	48	0,974092	25	25	0,335679	0,266866	1,582208
P2-S0 vs. P1-S0	1,233200	1,149600	0,852363	48	0,398245	25	25	0,346166	0,347365	1,006938
P2-S0 vs. P0-S1	1,233200	1,078800	1,767912	48	0,083431	25	25	0,346166	0,266182	1,691270
P2-S0 vs. P2-S1	1,233200	1,084400	1,702164	48	0,095194	25	25	0,346166	0,266866	1,682610
P1-S1 vs. P1-S0	1,128400	1,149600	0,203501	48	0,839604	25	25	0,388144	0,347365	1,248572
P1-S1 vs. P0-S1	1,128400	1,078800	0,526935	48	0,600666	25	25	0,388144	0,266182	2,126323
P1-S1 vs. P2-S1	1,128400	1,084400	0,467058	48	0,642572	25	25	0,388144	0,266866	2,115435

Poids sec des racines

	Moyenne	Moyenne	valeur t	dl	p	N Actifs	N Actifs	Ec-Type	Ec-Type	Ratio F
P1-S0 vs. P0-S0	0,515200	0,434000	1,502663	48	0,139477	25	25	0,221888	0,154164	2,071571
P1-S0 vs. P0-S1	0,515200	0,399600	2,078294	48	0,043052	25	25	0,221888	0,167667	1,751343
P2-S0 vs. P0-S0	0,615200	0,434000	2,845396	48	0,006504	25	25	0,278599	0,154164	3,265820
P2-S0 vs. P0-S1	0,615200	0,399600	3,315276	48	0,001749	25	25	0,278599	0,167667	2,760983
P1-S1 vs. P0-S0	0,472800	0,434000	0,807427	48	0,423404	25	25	0,184290	0,154164	1,429004
P1-S1 vs. P0-S1	0,472800	0,399600	1,469003	48	0,148356	25	25	0,184290	0,167667	1,208106
P2-S1 vs. P0-S0	0,536400	0,434000	2,021112	48	0,048864	25	25	0,201016	0,154164	1,700168
P2-S1 vs. P0-S1	0,536400	0,399600	2,613055	48	0,011948	25	25	0,201016	0,167667	1,437353
P0-S0 vs. P0-S1	0,434000	0,399600	0,755149	48	0,453849	25	25	0,154164	0,167667	1,182847

Poids sec des plantes

	Moyenne	Moyenne	valeur t	dl	p	N Actifs	N Actifs	Ec-Type	Ec-Type	Ratio F
P1-S0 vs. P0-S0	1,664800	1,515600	1,126878	48	0,265396	25	25	0,547533	0,372101	2,165209
P1-S0 vs. P0-S1	1,664800	1,478400	1,392833	48	0,170088	25	25	0,547533	0,384650	2,026233
P2-S0 vs. P0-S0	1,848400	1,515600	2,447549	48	0,018092	25	25	0,568995	0,372101	2,338278
P2-S0 vs. P0-S1	1,848400	1,478400	2,693603	48	0,009708	25	25	0,568995	0,384650	2,188194
P1-S1 vs. P0-S0	1,608400	1,515600	0,695587	48	0,490042	25	25	0,553637	0,372101	2,213753
P1-S1 vs. P0-S1	1,608400	1,478400	0,964186	48	0,339785	25	25	0,553637	0,384650	2,071661
P2-S1 vs. P0-S0	1,620800	1,515600	1,026794	48	0,309664	25	25	0,352088	0,372101	1,116911
P2-S1 vs. P0-S1	1,620800	1,478400	1,365394	48	0,178494	25	25	0,352088	0,384650	1,193518
P0-S0 vs. P0-S1	1,515600	1,478400	0,347548	48	0,729699	25	25	0,372101	0,384650	1,068588

P0 : sans inoculation.

P1 : inoculation par la souche P5.

P2 : inoculation par la souche P8.

S0 : sans salinité.

S1 : avec salinité.

Résumé

Notre étude porte sur l'identification de quelques espèces de *Pseudomonas* (P4, P5, P7 et P8) isolées des sols salés du nord ouest Algérien et l'effet de leurs métabolites sur la croissance de *Alternaria alternata* l'agent causal de la maladie de l'alternariose de la fève (*Vicia fabae*). Nous nous sommes intéressés aussi à la stimulation de la croissance de cette espèce végétale dans les conditions salines (60mM/l de NaCl) et en absence du sel. Les analyses portent sur les taux d'inhibition de la croissance mycélienne de la souche *Alternaria alternata* et le taux de croissance des plantes inoculées par les souches de *Pseudomonas* exprimé par les paramètres biométriques.

D'après les résultats obtenus du test *in-vitro*, les espèces P5 et P8 et leurs métabolites ont montré un effet important sur la croissance mycélienne et la production des spores d'*Alternaria alternata*.

Le test *in-vivo* montre que les espèces P8 et P5 ont influé significativement et positivement la croissance en paramètres biométriques de la fève en condition salines et sans sel.

L'inoculation par la souche P5 a promu la croissance de la fève en hauteur des tiges, poids frais et poids sec des tiges de 108,59%, 115,28%, 104,33% respectivement en présence du sel

L'inoculation par la souche P5 a favorisé la croissance de la fève en poids frais des tiges de 112,47%, en présence du sel

L'effet de ces espèces de *Pseudomonas* sur le développement de *vicia fabae* et sur la croissance de *Alternaria alternata* envisage des nouvelles techniques et méthodes biologiques de production et protection des cultures.

Mots clés : *Pseudomonas*, *Vicia faba*, métabolites, *Alternaria alternata*, stimulation de la croissance des plantes.

Summary

Our study focuses on the identification of some species of *Pseudomonas* (P4, P5, P7 and P8) isolated from saline soils in northwestern Algeria and the effect of their metabolites on the growth of *Alternaria alternata* the causative agent of the blight of the bean disease (*Vicia faba*). We are also interested in stimulating the growth of this plant species in saline conditions (60 mM / l NaCl) and absence of salts. The analysis focuses on rates of inhibition of mycelial growth of *Alternaria alternata* strain and the rate of growth of plants inoculated with strains of *Pseudomonas* expressed by biometrics.

According to the results of *in-vitro* test, P5 and P8 species and their metabolites showed a significant effect on mycelia growth and production of spores of *Alternaria alternata*.

The *in-vivo* test shows that the species P8 and P5 were significantly and positively influencing the growth in biometric parameters of the bean in saline and salt-free condition.

Inoculation with strain P5 has promoted the growth of the bean in stem height, stem fresh weight and dry weight of stems of 108.59%, 115.28%, 104.33%, respectively, in the presence of salt

Inoculation with strain P5 has fostered the growth of the bean stem fresh weight of 112.47% in the presence of salt

The effect of *Pseudomonas* species on the development of *Vicia faba* and the growth of *Alternaria alternata* is considering new techniques and methods of biological production and crop protection.

Key worlds : *Pseudomonas*, *Vicia faba*, metabolites, *Alternaria alternata*, promoting of plant growth.

ملخص

تحديد *Pseudomonas* (P8 P7 P5 P4) وتأثير مستقلباتها الثانوية
Alternaria alternata وalternariose (*Vicia faba*). مهمون أيضا تحفيز هذا تثبيط النمو
 60 / كلوريد الصوديوم) . ويركز التحليل عنها *Pseudomonas* *Alternaria alternata*
 القياسات الحيوية. ل عليها P8 P5 تفاعلاتها أظهر تأثير كبير
Alternaria alternata يدل P5 P8 إيجابي القياسات الحيوية للقول
 .
 التلقيح P5 للسيقان، السيقان، 104.33 115.28 108.59
 الطازج لسيقان الفول بنسبة 112.47 P8 التلقيح
 تأثير *Pseudomonas* تحسين نمو أثرها على نمو *Alternaria alternata*
 إلى تطوير تقنيات وأساليب بيولوجية جديدة وحماية المحاصيل
 الكلمات الدالة : *Vicia faba* ، *Pseudomonas* ، *Alternaria alternata* ، الثانوية ،
 تحسين نمو .