

Popular Democratic Republic of Algeria
Ministry of High Education and Scientific
Research
Abbes Laghrou University- Khenchela-
Natural and life sciences Faculty
Molecular and Cellular Biology Department



N° de série :

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
DE MASTER ACADEMIQUE

Domaine : **Sciences de la nature et de la vie**

Filière : **Sciences Biologiques**

Spécialité : **Génétique.**

Présenté par :

MAAMERI ANFEL

LEBOUAZDA ROMAISSA

Thème

**Etude Retrospective Sur les Application
De PGPR Durant les Dernières Années**

Mémoire soutenu publiquement le 22/06/ 2025

Devant le jury composé de :

Examinatrice BENDJEMANA Katia Pr Université Abbés Laghrou Khenchela

Présidente: DEROUICHE Faouzia MCA Université Abbés Laghrou Khenchela

Directrice: SEBIHI Fatima Zohra MCA Université Abbés Laghrou Khenchela

Année Universitaire

2024/2025

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي
بَدَأَ خَلْقَ الْإِنسَانِ
مِنْ طِينٍ ثُمَّ عَلَّمَهُ
الْقُرْآنَ وَعَلَّمَكَ
مِثْقَالَ ذَرَّةٍ
وَإِنْ أَنْتَ إِلاَّ
كَاذِبٌ كَرِيمٌ

Table des matières

Remerciement	
Résumé.....I	I
Abstract.....II	II
ملخص.....III	III
Liste des figure.....III	III
Lise des tableaux.....IV	IV
Liste des abreviations.....V	V
Introduction..... 1	1
Chapitre01 :LaRhizosphère Concepts Microorganisme et Dynamique des Interactions.....3	3
1. Sol..... 4	4
2. La Rhizosphère..... 4	4
3. Rôle de la Rhizosphère..... 4	4
4. La Microflore Rhizosphérique..... 5	5
5. Interaction Plante-Bactéries..... 5	5
6. Les Rhizobactéries..... 6	6
7. Les Types de PGPC..... 7	7
a. Les Rhizobium..... 7	7
b. Pseudomonas..... 7	7
c. Azospirillum..... 7	7
d. Frankia..... 7	7
e. Bacillus..... 7	7
Chapitre 02 : Mécanisme de PGP..... 8	8
1. Mécanismes Directs..... 9	9
a. La Fixation de l'Azote..... 9	9
b. La Solubilisation du Phosphate..... 12	12
c. La Production des Phytohormones..... 13	13
d. Production d'Acide Indole-Acétique..... 14	14
e. Production de Sidérophore..... 17	17

f. Production des EPS	18
2. Mécanismes Indirects	18
a. Antibiose	18
b. Enzymes lytiques	19
c. La Compétition pour l'Espace et les Nutriments	19
d. Résistance Systémique Induite (ISR)	20
Chapitre 03 Les Application des PGPR	22
1. Divers Application de PGPR	23
a. Amelioration de la Croissance des Plantes	23
b. Augmentation de la Résistance des Plantes au Stress	23
c. Bio Contrôlé et Protection des Cultures	23
d. Réduction de l'Utilisation des Substances Chimiques	23
2. L'Etudes Statistiques des Applications	23
Résultats	26
Conclusion	40
les référence	38
Annexes	60

Liste des figures :

N°	Nom de figures	Page
1	représentation schématique de la rhizosphère	03
2	Représentation schématique décrivant les interactions plantes-micro-organismes dans la rhizosphère	05
3	Promotion de la croissance des plantes par les PGPR	08
4	Groupe de gènes de fixation de l'azote (nif) de <i>Klebsiella pneumoniae</i>	09
5	Fixation biologique de l'azote	10
6	Mécanismes d'action des bactéries solubilisant les phosphates	11
7	Gène pqqC de la pyrroloquinoléine-quinone synthèse	12
8	Rôle de l'AIA dans l'amélioration de la croissance végétale	14
9	Fonctions biologiques des sidérophores	16
10	histogramme représentant des modifications à l'utilisation des PGPR dans le blé dans chaque année	24
11	un cercle relatif qui représente les taux de but des utilisations des PGPR sur le blé,	25
12	histogramme représentant des modifications à l'utilisation des PGPR dans le Riz dans chaque année.	26
13	Histogrammes représente le nombre des utilisations des PGPR sur le RIZ	27
14	histogramme représentant des modifications à l'utilisation des PGPR en le Mais dans chaque année	28
15	un cercle relatif qui représente les taux de but des utilisations des PGPR sur le MAIS	29
16	histogramme représentant des modifications à l'utilisation des PGPR en la Tomate dans chaque année	30
17	Histogrammes représente le nombre des utilisations des PGPR sur la tomate.	31
18	histogramme représentant des modifications de nombre de travaux effectués pour quatre types de plantes (blé, riz, maïs, tomate) sur une période allant de 2013 à 2025.	32
19	histogramme représentant des modifications à l'utilisation des PGPR dans chaque plantes	33

Liste des tableaux :

N°	Nom de tableau	Page
1	Les applications des PGPR dans le Blé 2013_2024.	39
2	Les applications des PGPR dans le Riz 2013_2024.	41
3	Les applications des PGPR dans le Mais 2013_2024.	43
4	Les applications des PGPR dans le Tomate 2013_2024	47

Liste des Abréviation :

ADN : Acide désoxyribonucléique

AIA : Acide Indole-3-Acétique

ARN/RNA : Acide RiboNucléique

Da : Dalton

Fe : Fer

Fe³⁺ : le fer ferrique

H : Hydrogène

H₂S : Sulfure d'hydrogène

ISR : Resistance systémique induite

LPS : Lipopolysaccharides

N₂ : Azote

P : Phosphate

PGPB : Bactéries Promoteurs de Croissance des Plantes

PGPR : Plant Growth Promoting Rhizobacteria

PGPRe : Rhizobactéries promotrices de la croissance végétale extracellulaires

PGPRi : Rhizobactéries promotrices de la croissance végétale intracellulaires

PH : Potentiel d'hydrogène

Remerciements

Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux, Louange à **Allah**, Seigneur de l'univers, pour Ses innombrables bienfaits. Je Le remercie infiniment pour m'avoir accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires à l'achèvement de ce modeste travail. Sans Sa grâce et Son aide, je n'aurais jamais pu parvenir à cette étape. À Lui la louange, en tout temps et en toute circonstance.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à ma chère professeure et encadrante « **Sebihi Fatima Zohra** », à qui j'adresse mes remerciements les plus sincères. Elle n'a pas été qu'une simple directrice de mémoire, mais une véritable mère au sens noble du terme. Qu'Allah la récompense abondamment et la préserve en tant que source de bien pour notre communauté. Elle m'a entourée de sa bienveillance et de ses conseils avisés tout au long de ce parcours académique, avec une patience inestimable et une gentillesse touchante. Par sa présence constante, son soutien inconditionnel et sa vision éclairée, elle a su me guider, me relever dans les moments difficiles, et m'orienter avec sagesse et bienveillance.
Qu'Allah la protège de tout mal.

Aucune parole ne saurait exprimer pleinement ma reconnaissance. Que Dieu la récompense pour tout ce qu'elle a fait pour moi, qu'Il bénisse sa vie, son savoir et ses efforts, et qu'Il les inscrive dans le registre de ses bonnes œuvres. Il est, en vérité, le Meilleur Rétributeur.

J'adresse également mes plus profonds remerciements et mon respect à Madame **Katia Bendjemana**, présidente du jury, auprès de qui j'ai eu le privilège d'étudier durant trois années consécutives. Elle a toujours été un modèle de rigueur, de discipline et d'excellence académique et morale. Elle m'a appris à réfléchir, à chercher et à surmonter les obstacles avec confiance. Je lui exprime toute ma reconnaissance et ma gratitude.

Je ne saurais oublier de remercier chaleureusement Madame **Derouiche Faouzia** pour avoir accepté de faire partie du jury de soutenance, et pour l'honneur qu'elle m'a fait en y participant. Sa présence représente un apport scientifique précieux et une grande fierté pour moi.

Nous remercions tous les enseignants(es) du département des sciences de la nature ; qui ont contribué à notre formation chacun par son nom.

Merci à tous nos collègues pour tous les bons moments, pour leur gentillesse, leur disponibilité et leur compétence. Merci du fond du cœur. Egaleme nt les membres de promotion de biologie 2020 /2021.

Je renouvelle enfin mes remerciements à toutes celles et tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail. Je prie Dieu pour que cet effort soit sincère et bénéfique, et qu'il porte les fruits d'un savoir utile et d'un bien commun pour tous.

الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

"واخر دعواهم أن الحمد لله رب العالمين"

صدق الله العظيم

الحمد لله

الحمد لله الذي يسر البدايات وأكمل النهايات وبلغنا الغايات

الحمد لله الذي بلغني هذا العلم

الحمد لله حبا وشكرا وامتنانا

بمشاعر يملؤها الفخر وقلبي ينبض بالامتنان، أقف اليوم وأنا أول خريجة من عائلة " معمري رشيد". أهدي ثمرة تخرجي

إلى نفسي العظيمة

القوية التي تحملت كل العثرات رغم الصعوبات

"رشيد معمري "

إلى الذي لا ينفصل اسمي عن إسمه، ذلك الرجل العظيم الذي ساندني وشجعني للوصول إلى طموحاتي إلى الذي بذل كل ما

بوسعه ولم يبخل، سندي ومأمني وأغلى ما أملك، أبي الغالي

"حيمر فتحة"

إلى من كانت الجنة تحت أقدامها ، إلى من كانت دعواتها سر نجاحي ، من رافقتني في كل أوقاتي إلى قدوتي ، أمي الحبيبة

"سماني دليلة"

إلى من إحتضنتني قلبها قبل يديها، إلى صاحبة القلب الحنون

" اختي وأخوتي "

إلى روافد الوفاء، إلى نبع المحبة والحنان ، ادامكم الله لي ورعاكم

" إلى جميع أفراد عائلتي الغالية"

إلى من حبهم يعلو فوق كل حب .. لكل من كان لي عوناً وسندا في هذا الطريق (سعاد .حنان. ريم. صباح. نجاه)

" صديقاتي "

(لميس.ملاك.إكرام.رميساء.أمينة)

إلى الذين غمروني بالحب والتوجيه وأمدوني دائما بالقوة إلى أصدقاء العمر

و أخيرا

من قال انا "لها" نالها . وأنا لها وإن أبت رغما عنها أتيت بها

Anfel

الإهداء

الحمد لله حبا و رضا و امتنانا على البدء و الختام . الهى، لا يطيب الليل الى بشرك، و لا تهنا الحياة الى بطاعتك، و لا تحلو اللحظات إلا بذكرك ، لك الحمد و الثناء العظيم الذي يليق بجلالك ، و الشكر على كرمك و عطائك المليء بالرحمة.والصلاة والسلام على سيدنا ونبينا محمد، خاتم الأنبياء والمرسلين، شفيعنا يوم الدين، و على آله وصحبه أجمعين، عدد ما ذكره الذاكرون و غفل عن ذكره الغافلون.

قال تعالى وَقُلْ رَبِّ ادْخُلْنِيْ مُدْخَلَ صِدْقٍ وَاَخْرِجْنِيْ مُخْرَجَ صِدْقٍ وَاَجْعَلْ لِّيْ مِنْ اٰذْنِكَ سُلْطٰنًا نَّصِيْرًا ﴿٨٠﴾ [الإسراء: 80]

إلى جدي الحنون "عمر" و عمي العزيز "مولود"، إلى من كانا رمزًا للقوة والشهامة، إلى من عاشا رجالاً وماتا أبطالاً، أرفع دعائي و امتناني. كنتما قدوتين في الكرم، في الصبر، في الرجولة الحقة. غيابكما وجع لا يزول، لكن أتركما باقٍ فينا، في كل نجاح نحققه، وفي كل خطوة نخطوها نحو الأفضل. أرجو من المولى أن يجعل مثواكما الجنة، وأن يُبقي سيرتكما الطيبة حية في قلوبنا دعواتكم لهم بالرحمة و المغفرة و الصواب و ان يسكنهم فسيح جناته يارب .

لقد شارفت دراستي الجامعية على الانتهاء بعد كل التعب والتحديات، وها أنا ذا أنهى أطروحتي النهائية بكل عزم ونشاط وكرمز للحب والمودة، أهدي هذا العمل المتواضع بكل فخر إلى من يستحقون كل العرفان:

رجل حياتي الى اليد الخفية التي ازلت الاشواك و المصاعب، صاحب السيرة العظيمة العطرة، الى من أحمل اسمه بكل فخر و إعتزاز، قدوتي في الحياة ، من كان وجوده أماناً، وصوته طمأنينة، ونصائحه درباً لا يضل ، علمني ان الدنيا كفاح و ان سلاحها العلم و الايمان . مصدر فرحي ، سعادتي، سندي المعنوي، الذي ضحى بنفسه من اجل أن يراني في أعلى المراتب ، مشجعي الدائم الذي جعل من نفسه شمعة تحترق لتضيء لنا درب النجاح، أسأل المولى عزوجل ان يمد في عمرك لترى ثمار ما غرست ، اهديك هذا العمل ثمرة اجتهادي و جهدي ، لاكون بهذا قد حققت احد الاحل التي تشاركناها بتفاصيلها معا فأنت احق بها مني .

ابي الغالي يا تاج راسي

الى من جعل الله الجنة تحت اقدامها ، معلمتي الاولى، من غرست في حب العلم و المعرفة، ملاكي في الحياة، معنى الحب و الحنان ، سر نضجي ، الى من اضاءت دربي في الليالي المظلمة، من سهرت و كافحت لاجلي ، تلك الانسانة العظيمة من كان دعائها سر كل نجاح، بفضلها وصلت الى هذه المرحلة

نبيح الحنان ماما شهرة

الى أمي ثانية صاحبة الوجه الطيب و الفعل الصالح، "امال" ذات الوجه البشوش، و القلب النقي و الروح الدافئة ، التي لم تبخل يوماً بدعواتها الصادقة ، و لا بحنانها الهاديء، شكرا على لطفك و احتوائك لي كأبنتك، فوجودك في حياتي نعمة انعم الله عليها.

أسأل الله من قلبي أن يحفظكما لي، ويرزقكما الصحة والعافية، ويبارك في عمركما ووجودكما في حياتي نعمة لا تقدر بثمن، وأمان يسكن قلبي. رضاكما عني هو أعلى ما أسعى إليه، ودعاؤكما هو النور الذي أضاء دربي في كل لحظة ضعف وتعيب. كل نجاح وصلت إليه، وكل خطوة خطوتها بثبات، كانت بفضل الله ثم بدعائكما الذي كان سر قوتي واستمراري.

الى رفيق دربي ، روعي ، حلمي، الذي شاركني خطوات هذا الطريق و هون تعب الطريق، الذي يعني الكثير بالنسبة لي، منحني القوة وقت الضعف ، و الاستمرار، الرفيق الذي لم يخذلني دائما، كنت الحضور الدائم في غيابي عن نفسي، نصفي الاخر في التفاصيل ، النور وقت عتمتي ، و الدفاء وقت الخوف ، كنت أعظم هدية ، انت الحب الذي لا يشبه شيئا بك اكتمل المعنى محمد اشكرك من قلبي على كل الدعم و كل شيء .

الى من يحملون في عيونهم ذكرياتي طفولتي و شبابي، الى الذين دعموني في الاوقات الصعبة و في كل اللحظات اخواتي ، و خاصة اختي الصغيرة و بالاحرى ابنتي التي ربيتها ساجدة ،

و أود أيضا أن أعتنم هذه الفرصة لأشكر عائلتي بأكملها الذين دعموني دائما وشجعوني وأرشدوني إلى الطريق الصحيح

إلى جدي العزيزة من جهة أبي، التي أحاطتني بحبها ودعمها وعاطفتها، حفظها الله لي. عماتي و اعمامي و زوجاتهم. خالتي، خالي ، الى ابنائهم واحد بواحد ، كل بإسمه و مقامه.

لن أنسى زملائي وأصدقائي الذين شاركتم أجمل اللحظات خلال دراستي و طفولتي ، وأيضا أصعب اللحظات التي ستبقى محفورة في كتاب الذكريات: شيماء. ليندة. مروى. أسماء. ملاك. انفال. رباب. اكرام و هناك من لم اذكرهم لكن لهم مني كل الشكر.

و إلى كل من ساهم و له المفضل بالمساعدة، بطريقة او بأخرى في مسيرتي شكرا لكم .

إلى من ضحوا بحريتهم لأجل غيرهم ، الى المعتقلين . الى من اكرمهم الله بالشهادة ،شهداء فلسطين . الى كل الاساتذة الذين علموني الحرف و الكلمة .لم تكن رحلتي قصيرة و لا مليئة بتسهيلات، المغامرة التي لم تتوقف عن السعي نحو المعركة و التطور، حتى و إن كانت الظروف موحشة، ولكنني فعلتها بفضل الله ، الحمد لله كثيرا ، أهدي نفسي الطموحة التي صبرت و جاهدت من أجل الوصول الى هذا النجاح.

و أختم قائلا : من قال : " انا لها " ، نالها ، و انا رغما عنها اتيت بيها. ما كنت لأفعل، لولا توفيق الله ، الحمد لله الذي غمرنا خيرا ، و اغرقنا سرورا، و فرحا ينسينا المشقة .
" وأخر دعواهم ان الحمد لله ربي العالمين"

Maissa

Résumé:**Etude rétrospective sur les applications de PGPR durant ces vingt dernières années**

Les PGPR sont des bactéries qui vivent dans le sol. Ils sont retrouvés dans la rhizosphère, à la surface des racines .ces bactéries peuvent aider à favoriser la croissance des plantes par des mécanismes directs et indirects. Les PGPR sont utilisées dans divers domaines agricoles grâce à leurs effets bénéfiques sur la croissance des plantes et la santé des sols. Leurs principales applications incluent : l'amélioration de la croissance des plantes, l'augmentation de la résistance des plantes au stress, le bio contrôle et protection des cultures, et dernier la réduction de l'utilisation des engrais chimiques. Sur cette base s'inscrit notre travail afin de citer l'utilisation des PGPR dans quel intérêt, et sur quel hôte végétale a été appliqué durant ces vingt dernières années. A travers notre étude, on a découvert que ces recherches récentes ont démontré leur application étendue dans des cultures alimentaires majeures telles que le blé, le riz, le maïs et la tomate, dans le but d'améliorer la productivité et la qualité des récoltes.

Mots clé : PGPR, Sol, Rhizobacteries, Agricole, Culture.

Abstract:**Retrospective study on the applications of PGPR over the last twenty years**

PGPRs are soil-dwelling bacteria. They are found in the rhizosphere, on the surface of roots. These bacteria can help promote plant growth through direct and indirect mechanisms. PGPRs are used in various agricultural fields due to their beneficial effects on plant growth and soil health. Their main applications include: improving plant growth, increasing plant resistance to stress, biocontrol and crop protection, and reducing the use of chemical fertilizers. Based on this, our work is based on citing the use of PGPRs, for what purpose, and on which plant hosts they have been applied over the past twenty years. Through our study, we discovered that recent research has demonstrated their widespread application in major food crops such as wheat, rice, corn, and tomato, with the aim of improving crop productivity and quality.

Keywords: PGPR, Soil, Rhizobacteria, Agricultural, Culture.

ملخص :

دراسة استرجاعية لتطبيقات PGPR على مدى العشرين عامًا الماضية

هي بكتيريا تعيش في التربة. تتواجد في منطقة الجذور، على سطح الجذور. يمكن لهذه البكتيريا أن تساعد في تعزيز نمو النبات من خلال آليات مباشرة وغير مباشرة. تُستخدم PGPRs في مختلف المجالات الزراعية بسبب تأثيراتها المفيدة على نمو النبات وصحة التربة. وتشمل تطبيقاتها الرئيسية: تحسين نمو النبات، وزيادة مقاومة النبات للإجهاد، والمكافحة البيولوجية وحماية المحاصيل، وأخيرا الحد من استخدام الأسمدة الكيماوية. وعلى هذا الأساس، يعتمد عملنا على الاستشهاد باستخدام PGPR في أي مصلحة، وعلى أي نبات مضيف تم تطبيقه خلال السنوات العشرين الماضية. ومن خلال دراستنا، اكتشفنا أن هذه الأبحاث الحديثة أثبتت تطبيقها على نطاق واسع في المحاصيل الغذائية الرئيسية مثل القمح والأرز والذرة والبطاطم، بهدف تحسين الإنتاجية وجودة المحاصيل.

الكلمات المفتاحية : التربة، البكتيريا الجذرية، الزراعة، المحاصيل، PGPR .

Introduction

L'histoire des PGPR (Rhizobactéries Favorisant la Croissance des Plantes) remonte aux années 1970, lorsque Kloepper et Schroth ont défini ce terme pour décrire les bactéries du sol qui améliorent la croissance des plantes après inoculation sur les graines. Ces bactéries, naturellement présentes dans la rhizosphère, interagissent avec les racines des plantes et peuvent améliorer leur croissance de diverses manières.

Voici une chronologie plus détaillée de l'histoire des PGPR :

1970s:

Définition du terme PGPR par Kloepper et Schroth, qui ont démontré que certaines souches de *Pseudomonas fluorescens* pouvaient augmenter le rendement des cultures de pommes de terre.

Années 1980-1990:

Des recherches approfondies ont été menées pour comprendre les mécanismes d'action des PGPR et identifier de nouvelles espèces bénéfiques.

Aujourd'hui:

Les PGPR sont largement étudiés et utilisés en agriculture comme alternative aux engrais chimiques et aux pesticides.

Introduction

L'agriculture moderne est confrontée à plusieurs défis, notamment l'augmentation de la demande alimentaire, la dégradation des sols, et la nécessité de réduire l'usage des intrants chimiques pour préserver l'environnement. Dans ce contexte, les Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) représentent une alternative prometteuse pour améliorer la croissance des plantes tout en réduisant l'impact environnemental des pratiques agricoles conventionnelles (Bhattacharyya & Jha, 2012). Les PGPR sont des bactéries qui vivent dans le sol. Ils sont retrouvés dans la rhizosphère, à la surface des racines ou encore en association avec les racines des nutriments disponible. Ces bactéries peuvent aider à favoriser la croissance des plantes par des moyens directs et indirects (Dhayalan.V et al 2021) L'objectif principal de notre étude est de citer et d'examiner les applications des PGPR dans le secteur agricole au cours des deux dernières décennies. Ces bactéries bénéfiques ont vu leur usage s'étendre à travers une large gamme de cultures, illustrant leur potentiel

en tant qu'alternative durable aux pratiques agricoles intensives. Elles améliorent la croissance végétale en facilitant l'absorption des nutriments et en stimulant la production de régulateurs de croissance. Les PGPR représentent un levier essentiel pour réduire l'usage des intrants chimiques et renforcer la durabilité des systèmes agricoles modernes (Mishra et al., 2021). A travers ces notions, nous nous référons à la problématique de notre recherche, qui est: Quels sont les applications des PGPR durant les vingt dernières années? ET sur quel hôte végétale a été appliqué et pour quels raison? nDans ce travail nous avons abordé une étude bibliographique approfondie sur les PGPR, suivi d'une étude rétrospective sur des articles publiés durant ces vingt dernières années. Ce mémoire est rédigé et subdivisée en 3 chapitres qui sont :

- *Le premier consacré a décrire la rhizosphère, et les interactions établie entre les microorganismes,

- *Le second chapitre illustre les différents mécanismes d'action de ces PGPR,

- *Le troisième discute les applications des PGPR selon les articles traités durant les vingt dernières années, Et en dernier,une conclusion

Chapitre 01 :
La Rhizosphère : Concepts
Microorganisme et Dynamique
des Interactions

1. Sol

Le sol représente la surface extérieure de la croûte terrestre, constituée de substances minérales, de matière vivante, d'eau, d'air et de microorganismes (**Ladjabi .CH,2019**), Ils exercent des rôles écologiques cruciaux et indispensables, offrant ainsi une multitude de services écologiques aux humains (**Thiele-Bruhn.S, 2021**).

Il est considéré comme l'un des milieux les plus nuancés de la biosphère et, de ce fait, constitue un réservoir essentiel de la diversité microbienne. Il se compose de cinq éléments principaux : fraction minérale, matière organique, eau, air et êtres vivants (**Aibeche .H ,Bousnane .O , 2020**).

2. La Rhizosphère

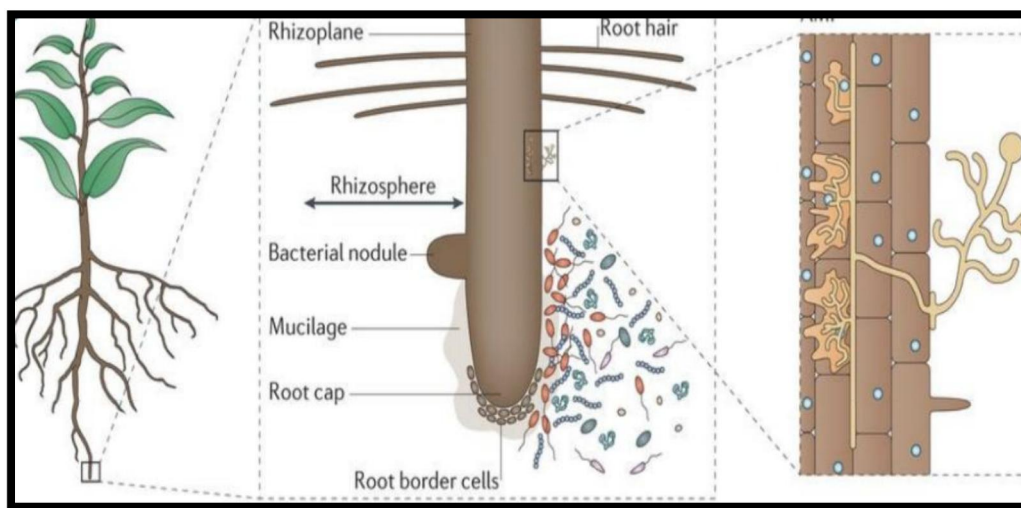
Le mot rhizosphère désigne la fine pellicule de terre qui enveloppe les racines absorbantes et dont la structure est fortement altérée par les actions et le fonctionnement de la racine (**Benhacene et al., 2016**). Elle se présente donc comme un espace de communication entre le végétal et le minéral ; c'est un environnement complexe aux nombreuses interactions (**Naidji.M et Benguedouad .I.,2020**).

Cette région est affectée par divers composés d'exsudats racinaires, tels que les acides aminés, les polysaccharides et les protéines, qui facilitent la colonisation des racines des plantes par les bactéries (**Bassair.A et al.,2022**).

Rôle de la Rhizosphère

Le rôle de la rhizosphère peut être résumé dans les éléments suivants :

- La rhizosphère est cruciale dans les mécanismes de décontamination végétale (**Maalem.A et Sansri.D ,2014**) ;



- **Figure 1.** Représentation schématique de la rhizosphère (**Benhacene et al ., 2016**).

- La rhizosphère exerce une influence dynamique sur la régulation des relations entre les végétaux et les micro-organismes (**Ladjabi.CH , 2019**) ;
- La zone racinaire est l'endroit où se déroulent des processus physiques et chimiques particuliers en rapport avec l'approvisionnement en eau et en éléments nutritifs des végétaux (**Benhacene et al. , 2016**) ;
- Permettent le développement d'une flore symbiotique qui favorise une croissance saine des plantes, en générant des substances propices à leur développement telles que les phytohormones et les antibiotiques garantissant une protection contre les agents phytopathogènes (**Ladjabi.CH, 2019**).

3. La Microflore Rhizosphérique

La biodiversité du sol est riche et diversifiée. Elle inclut des bactéries, des champignons, des protozoaires et d'autres organismes. Néanmoins, les bactéries et les champignons conservent les entités les plus prédominantes (**Naidji .M, Benguedouad.I ,2020**).

La répartition des micro-organismes du sol est hétérogène et dépend des facteurs nutritionnels et des facteurs physicochimiques. Les bactéries sont les microorganismes les plus répandues et les plus dynamiques d'énergie du sol (**Bendjida. H et Aouadi .S, 2019**). Ces microorganismes ne se trouvent pas séparément dans le sol, mais forment des communautés sophistiquées où se déroulent différentes interactions entre les micro-organismes (**Benchaib .F et Hachi.M ,2021**).

4. Interaction Plante-Bactéries

La majorité des recherches sur la microflore de la rhizosphère, notamment celles illustrant les interactions coopératives entre plantes et microbes, se focalisent principalement sur les bactéries et les champignons (**Djebrit.S et al .,2023**). Les plantes et leurs phytomicrobiomes forment un halobiole (**Lyu.D et al., 2021**).

Les interactions entre les plantes et les micro-organismes dans la rhizosphère sont :

- La libération d'exsudats racinaires ;
- Ces exsudats favorisent des populations microbiennes particulières au sein de la communauté tellurique (**Kaioua .A et Grairi .I , 2015**) ;
- Les bactéries et les champignons adoptent des comportements alimentaires variés, ainsi que des interactions saprophytiques ou symbiotiques multiples, qu'elles soient nuisibles (pathogènes) ou avantageuses (mutualistes), les bactéries et champignons saprophytes bénéfiques soutenant la croissance et le bien-être des plantes (**Djebrit.S et al .,2023**).

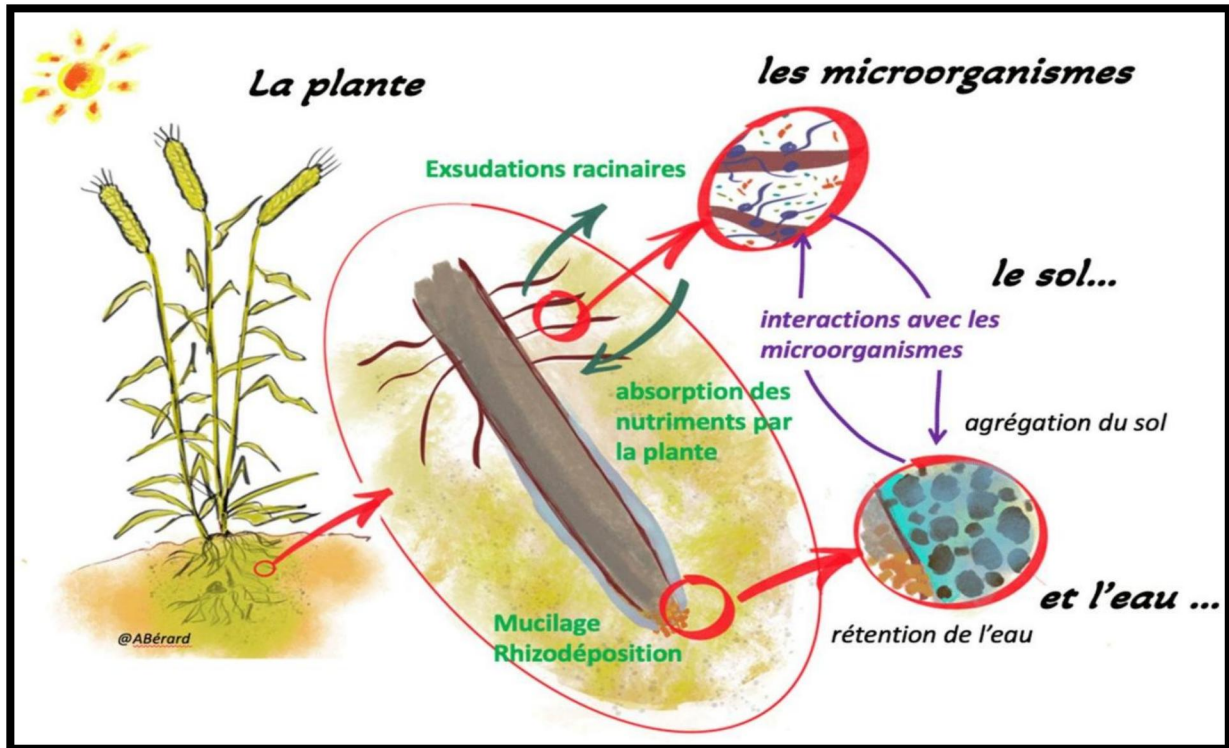


Figure : Représentation schématique décrivant les interactions plantes-microorganismes dans la rhizosphère (Doussan.C et al ., 2024).

5. Les Rhizobactéries

Les bactérie rhizosphère sont capables de coloniser l'intérieur ou l'extérieur des racines de nombreuses espèces des plantes (Rahim.L et FetimiM , 2022). Ces microorganismes bénéfiques, également désignés sous le terme de PGPB, ou "Bactéries Promoteurs de Croissance des Plantes", proviennent de diverses niches écologiques telles que la rhizosphère. En règle générale, ce sont des souches très compétitives capables de coloniser le système racinaire des plantes nourries en éléments nutritifs. Leur présence abondante dans le sol s'explique par leur multiplication rapide et leur aptitude à exploiter une large gamme de substrats comme sources d'énergie et de nutriments (Ladjabi .CH, 2019).

Les effets bénéfiques des rhizobactéries sont liés à leur position stratégique à l'interface sol racine. En effet, le rhizoplan et la rhizosphère sont le lieu d'échanges soutenus entre la plante et son environnement (Abdesselam .N et Latache.N, 2017).

Les PGPR se divisent en deux catégories ; les bactéries extracellulaires (PGPRE) qui se trouvent dans la rhizosphère ou dans les interstices des cellules du cortex racinaire, sur le rhizoplan, et les

bactéries intracellulaires (PGPRi) qui résident à l'intérieur des cellules racinaires et dans les structures nodulaires (Mohamed . A et Lakhdar .F ,2022).

6. Les Types de PGPC

a. Les Rhizobium

Les rhizobiums sont des bactéries réputées pour leur capacité à fixer l'azote. Ils sont classés comme gram-négatives, aérobies, et se trouvent soit libres dans le sol, soit en symbiose avec des plantes légumineuses (Lehas.S et *al.*, 2024).

b. Pseudomonas

Les *Pseudomonas* sont des bacilles à Gram négatif, droits et fins, aux extrémités arrondies, d'une taille moyenne de 2 sur 0,5 μm (Nekkaa.I , 2022). Elle sont des bactéries aux capacités métaboliques variées, habitant divers environnements, et elles ont fait l'objet de recherches approfondies, principalement en raison de leur potentiel à générer divers produits d'intérêt industriel (Jjustyn mozejko.C, 2021).

c. Azospirillum

Azospirillum est une bactérie mobile, de type Gram négatif, qui se trouve aux racines des plantes monocotyles. Plusieurs souches d'*Azospirillum* ont démontré des effets bénéfiques sur la croissance des plantes et sur le rendement des cultures(Nekkaa.I , 2022).

d. Frankia

Frankia sont des actinobactéries fixatrices d'azote à Gram positif qui peuvent vivre à l'état libre dans la rhizosphère ou en association symbiotique avec des plantes actinorhiziennes non légumineuses (Didier.B, et Claudine.F , 2020).

À la différence des bactéries capables de fixer l'azote telles que les *Rhizobium*, *Frankia* a la capacité de capter l'azote de l'air sous forme libre. Elle a été identifiée dans des sols sans la présence de plantes actinorhiziennes (Nekkaa .I, 2022).

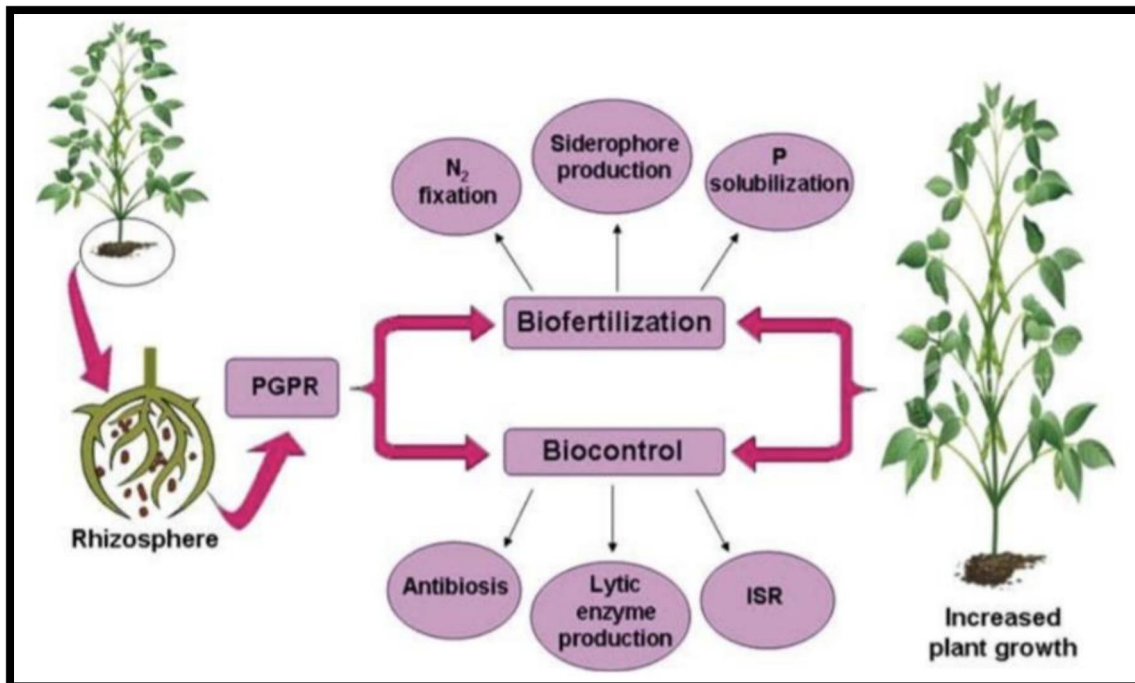
e. Bacillus

Le genre *Bacillus* a la capacité d' former des endospores, ce qui leur permet de survivre dans des conditions environnementales hostiles. Ce genre est le plus répandu dans la rhizosphère, et l'activité PGPR de certaines de ses souches est connue depuis de nombreuses années. Elles pourraient être bénéfiques en tant qu'agents de lutte biologique et ont la capacité desolubiliser le phosphate, de produire de l'AIA, des sidérophores et des agents antifongiques (Letrech.A et Kermiche.A, 2021)

Chapitre 02 :

Mécanisme de PGPR

- La promotion de la croissance des plantes sont des processus complexes et interdépendants impliquant des mécanismes directs et indirects (Adesemoye .AO et Obini.M ,2008) . Généralement, Les PGPR stimulent le développement des plantes en facilitant l'accès aux ressources (azote, phosphore et minéraux essentiels) , synthèse des phytohormones (cytokinine, acide indole-acétique et gibbérellines) , synthèse des sidérophores , ou de façon indirecte en diminuant les effets inhibiteurs de divers agents pathogènes sur sur la croissance



et l'évolution des végétaux en tant qu'agents de lutte biologique (Cherif. H . 2018).

Figure 1 : Promotion de la croissance des plantes par les PGPR (Cherif . H 2018) .

1. Mécanismes Directs

a. La Fixation de l'Azote

L'azote est indispensable à la synthèse cellulaire des enzymes, des protéines, de la chlorophylle, de l'ADN et de l'ARN, et est donc l'azote (N) constitue l'élément nutritif le plus essentiel pour le développement et la productivité des plantes (Hayat.R et Ali.set Amara.U ., 2010). Les PGPR les plus célèbres pour leur fonction de stimulation des plantes en raison de leur faculté de fixer l'azote atmosphérique sont : *Azoarcus sp.*, *Burkholderia sp.*, *Gluconacetobacter diazotrophicus*, *Herbaspirillum* ; *Azotobacter Paenibacillus* (Bahlouli .F et Hamimid.Z , 2021) qui à réduire l'azote (N₂) de l'atmosphère en ammoniac forme de l'azote assimilable par les végétaux , Ce processus de

fixation est réalisé par la nitrogénase, une enzyme qui catalyse plusieurs réactions de réduction (AZIB . S 2020).

Les gènes responsables de la fixation de l'azote, connus sous le nom de gènes nif, se retrouvent dans les systèmes symbiotiques et libres (Ahemad . M et Kibret . M 2014), ils incluent des gènes structurels, des gènes concernés par l'activation de la protéine "La synthèse du cofacteur à base de molybdène, le transfert des électrons et les gènes régulateurs jouent un rôle essentiel dans ce processus." à la création et à la fonctionnalité de l'enzyme (Glick . B 2012). Par exemple, les bactéries Azospirillum et Rhizobium possèdent des gènes nif qui leur confèrent la capacité de fixer l'azote en association avec les légumineuses. Les gènes nif fondamentaux comprennent

- Nif H: Responsable de la nitrogénase réductase.
- Nif D : Responsable de la dinitrogénase.
- Nif K : Responsable d'une autre sous-unité de la dinitrogénase (Massaoud Boureghda. B et Rihane .N, 2024).

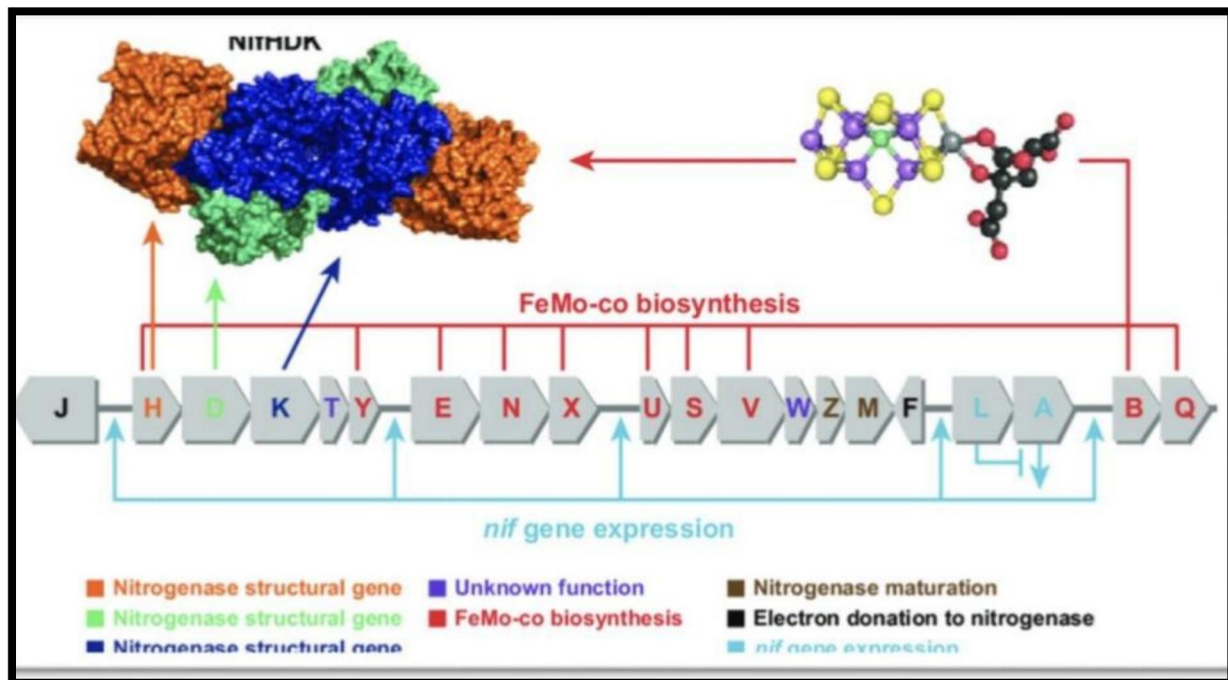


Figure 2 : Groupe de gènes de fixation de l'azote (nif) de Klebsiella pneumoniae (Massaoud Boureghda B et Rihane N ,2024).

- ✓ **NifHDK** : Ces lettres représentent des protéines spécifiques qui jouent un rôle crucial dans la fixation de l'azote.

- ✓ **FeMo-co biosynthesis** : Cela se réfère à la biosynthèse du cofacteur fer-molybdène, essentiel pour l'activité des nitrogénases.
- ✓ **Légende des lettres (J, H, D, K, etc.)** : Ces lettres indiquent différents gènes ou éléments fonctionnels associés à l'expression du gène nif, chacun ayant un rôle spécifique dans le processus de fixation de l'azote.

La fixation biologique de l'azote se produit généralement à des températures modérées grâce à des micro-organismes fixateurs d'azote, largement répandus dans la nature (Ahemad . M et Kibret .M 2014).

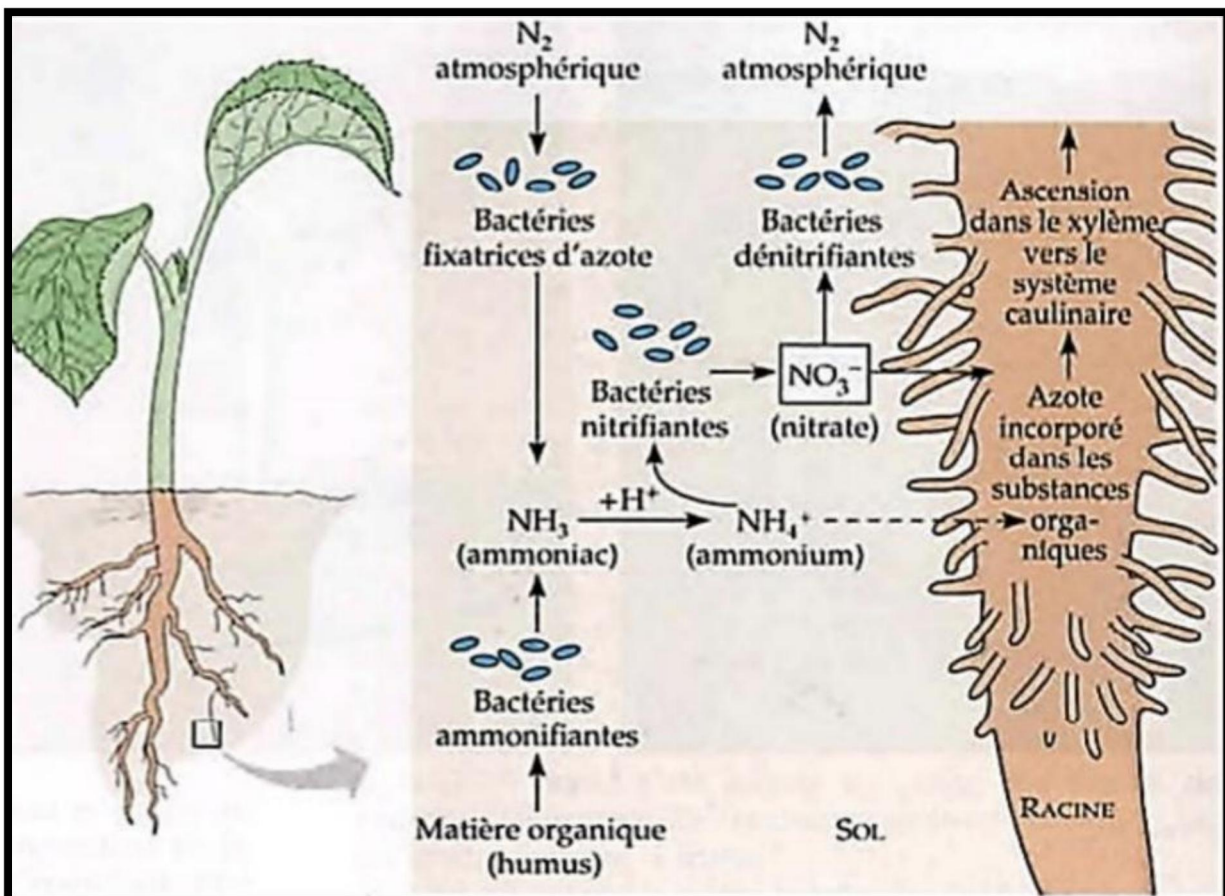


Figure 3 : Fixation biologique de l'azote (Bouaali. F et Hamimid. Z 2021).

b. La Solubilisation du Phosphate

Les plantes ne peuvent pas exploiter le phosphate sous sa forme insoluble, immobilisée et précipitée. Elles absorbent le phosphate uniquement sous deux formes solubles : les ions monobasiques (H_2PO_4^-) basiques (HPO_4^{2-})."(Abdesselam .N et Latache .N, 2017).

La solubilisation des phosphates est la capacité des microorganismes de convertir le phosphate insoluble à une forme accessible. Cette méthode contribue à diminuer l'utilisation de fertilisants phosphorés. Les bactéries rhizosphériques capables de solubiliser le phosphate pourraient ainsi représenter une ressource prometteuse en tant qu'agents biofertilisants pour l'agriculture (Benhacene .Z et Messiasd .M .,2016).

Le mécanisme principal est la production d'acides organiques. Les acides gluconiques et 2-cétogluconique sont les plus fréquemment rencontrés (Bahlouli .F et Hamimid .Z, 2021).

Des exemples de ces bactéries rhizosphériques sont *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus spp.*, *Bradyrhizobium spp.*, *Enterobacter agglomerans*, *Pseudomonas putida* et *Rhizobium spp.*, qui solubilisent le phosphate inorganique en produisant de l'acide gluconique et de l'acide 2-cétogluconique (Massaoud .B et Rihane .N, 2024).

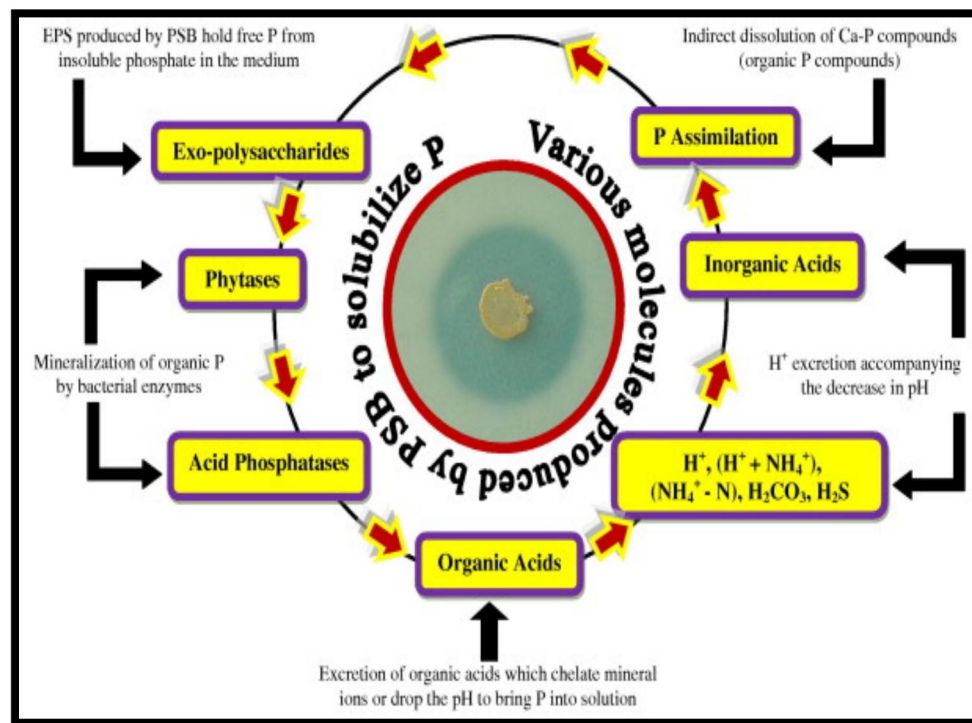


Figure 4: Mécanismes d'action des bactéries solubilisant les phosphates (Khan . M et Zaidi .A et all 2009).

Les gènes associés à la solubilisation des phosphates, tels que *phn* et *pqq*, facilitent aux PGPR l'accès au phosphate inorganique pour les plantes. Ces gènes sont responsables de la production d'enzymes telles que la phosphatase et la gluconate déshydrogénase, qui libèrent les phosphates minéraux présents dans le sol. Ces gènes comprennent :

- *Pqq* : Cela code pour la pyrroloquinoline quinone, un cofacteur de la gluconate déshydrogénase.
- *Gcd* : Cela code pour la glucose déshydrogénase, qui joue un rôle dans la synthèse d'acides organiques servant à solubiliser les phosphates. Ces gènes se retrouvent chez des bactéries telles que *Pseudomonadota* et *Alphaproteobacteria* (Sharma .S et al., 2013).
- *pho*: Il existe trois familles de gènes: *phoA*, *phoD* et *phoX*, qui codent pour la phosphatase alcaline, courante chez les organismes procaryotes. La phosphatase alcaline libère un phosphate

inorganique soluble libre à partir de nombreux composés organiques contenant du phosphate et fournit aux bactéries le phosphate inorganique soluble comme nutriment (Neal . A et al., 2017).

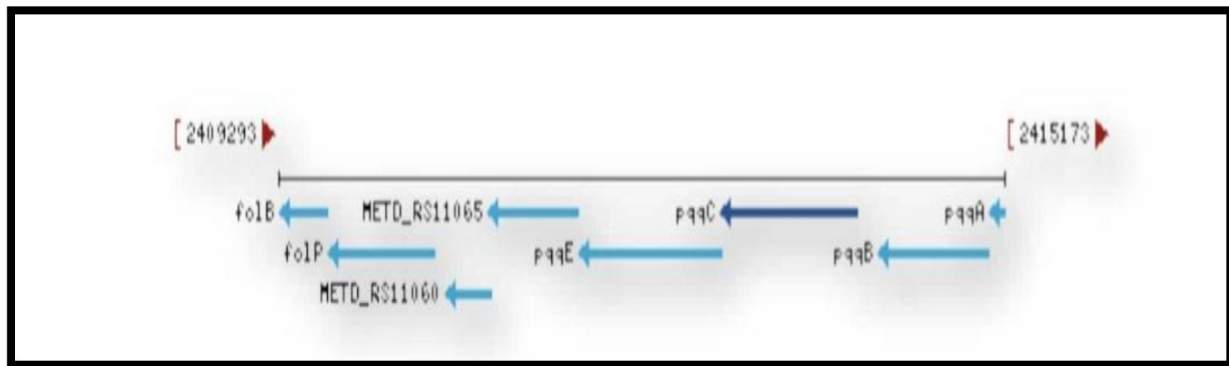


Figure 5: Gène *pqqC* de la pyrroloquinoléine-quinone synthase (National Library of Medicine NIH) (Massaoud Boureghda B et Rihane N ,2024).

c. La Production des Phytohormones

Les phytohormones ou hormones végétales, sont des molécules de signalisation qui agissent en tant que messagers chimiques pour orchestrer la régulation de la croissance des plantes, produites en quantités diverses au cours de leur développement (Kerim .M et Mohammedi .C 2011).

Les PGPR impactent le développement des plantes en synthétisant des phytohormones, lesquelles se répartissent en cinq catégories distinctes : l'auxine, les cytokinines, les gibbérellines et l'acide indole-acétique (**Letrech.A et Kermiche . A ,2021**).

Les gènes codant pour la production de phytohormones, comme l'acide indole-3-acétique (IAA), la cytokinine et la gibberelline, sont présents dans de nombreux PGPR. Par exemple, *Pseudomonas fluorescens* et *Bacillus subtilis* produisent de l'IAA, une hormone de croissance végétale qui stimule la formation des racines et le développement des plantes.

Les gènes responsables de la production de phytohormones incluent:

- iaaM : Code pour la tryptophane monooxygénase.
- iaaH : Code pour l'indole-3-acétamide hydrolase (**Lambrech et al.,2000**).

d. Production d'Acide Indole-Acétique

L'acide indole-acétique fait partie de la famille des auxines, un groupe de phytohormones que la plupart des bactéries du sol sont capables de synthétiser et sécréter (**Kerim . M et Mohammedi .C 2011**). L'AIA est fréquemment présente chez les bactéries qui occupent la rhizosphère des plantes, Il a un rôle très important dans le développement du système racinaire (**Patten . CL et Glick . BR , 1996**).

Parmi les genres bactériennes capables de synthétiser de l'IAA, le genre *Azospirillum* est l'un des plus étudiées. D'autres bactéries appartenant aussi bien aux genres *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, et *Rhizobium* qu'aux espèces *Alcaligenes faecalis*, *Enterobacter cloacae*, *Acetobacter diazotrophicus* et *Bradyrhizobium Japonicum* sont également reconnues comme de potentiels producteurs d'AIA (**Bouznad .A 2016**).

La production d'AIA par les bactéries implique cinq voies dépendantes du tryptophane : voie de l'indole-3-acétamide, voie de l'acide indole-3-pyruvique, voie de la tryptamine, voie de l'indole-3-acétonitrile et voie de l'oxydase de la chaîne latérale tryptophane, et une voie indépendante (**Ben merara. K et Ben Hammada . M 2022**).

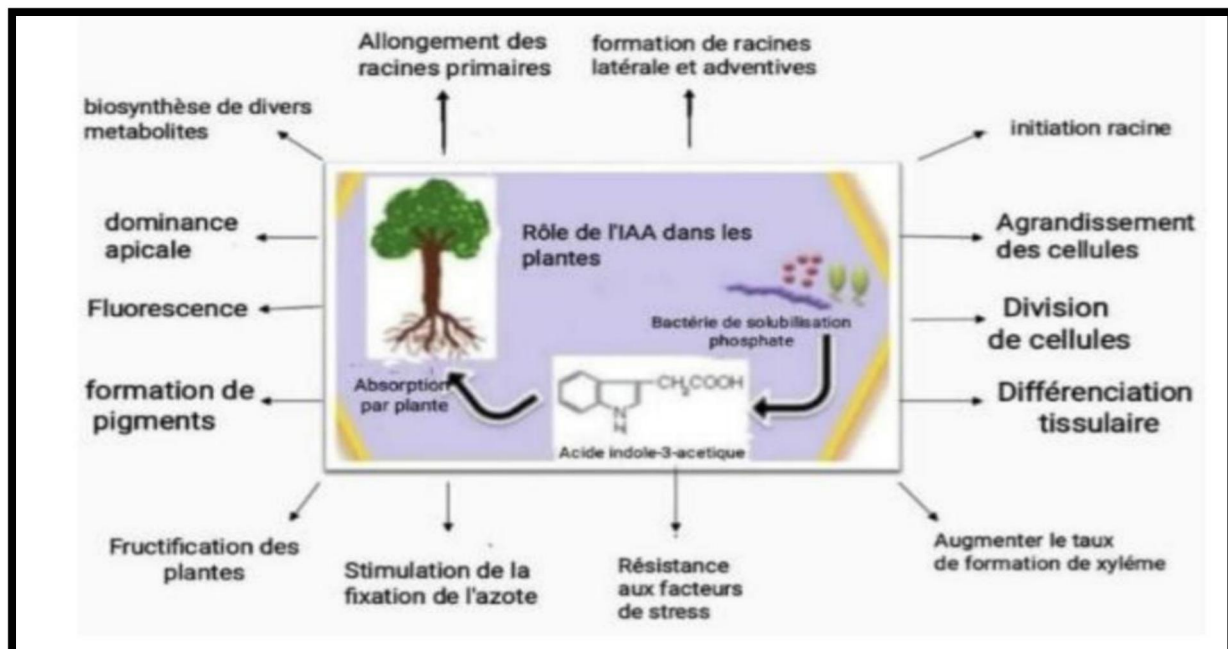
Le niveau d'expression de l'AIA est lié au chemin métabolique ; à la position des gènes concernés, qu'ils soient sur de l'ADN chromosomique ou plasmidique, ainsi qu'à leurs séquences régulateurs ; et à la présence d'enzymes qui peuvent transformer la forme d'AIA libre et active en une forme conjuguée inactive (**Patten. CL et Glick . BR 1996**).

- **Rôles de L'AIA** : L'AIA fonctionne tel un message moléculaire réciproque, affectant l'expression des gènes chez divers micro-organismes (Massaoud . B et Rihane . N 2024) , il joue un rôle crucial dans presque tous les domaines de la croissance et du développement chez la plante (Giroux .L, 2015) tout au long du cycle cellulaire de la plante, de la division cellulaire, de l'allongement cellulaire et de la différenciation (Abdesselam .N et Latache .N 2017).

En conséquence, L'AIA agit comme une molécule de signalisation cruciale dans la régulation du développement des végétaux, agissant sur l'organogenèse, les réponses nutritives, les réponses cellulaires telles que l'extension des cellules, la multiplication, la différenciation et la régulation des gP9-13(Abdesselam.N et Latache .N 2017).

Finalement, cette phytohormone favorise la transcription d'un large éventail de gènes appelés gènes primaires de réponse auxine, et ces gènes ont été découverts et analysés dans diverses espèces végétales telles que le riz, et le soja (Sekhara .F et Sai . A 2022).

Dans le cas des bactéries à Gram positif, aucun gène associé à la production d'IAA n'a été découvert à ce jour (Idris et Al... 2007). Certaines recherches ont révélé, auprès de *Bacillus amyloliquefaciens* FBZ42, la présence de gènes similaires à ceux impliqués dans la synthèse de l'IAA. Par exemple, on identifie le gène ysnE qui code pour une protéine analogue à l'acétyltransférase d'IAA chez *Azospirillum brasilense*, le gène dhaS qui ressemble à l'indole-3-acétaldéhyde déshydrogénase chez *Ustilago maydis*, et le gène yhcX qui code une nitrilase potentielle semblable à la nitrilase 2 trouvée chez *Arabidopsis thaliana* (Idris et Al... 2007). La sécrétion d' IAA favorise la croissance et la division cellulaire des plantes. JD37 contenait le gène iaa M codant pour la tryptophane-2-monooxygénase, une enzyme clé impliquée dans la biosynthèse de l'IAA via une voie dépendante du tryptophane. L'inoculation de *P. putida* GR12-2 a augmenté la longueur de la racine de colza de



20 à 30 % en sécrétant un faible niveau d'IAA (Zhang .L ,2020).

Figure 4 : Rôle de l'AIA dans l'amélioration de la croissance végétale (Rahimi .I et Fetimi .F 2022).

- **Cytokinine :** Les cytokinines sont des substances appréciables simples qui fonctionnent comme des facteurs de croissance et développement des plantes, générées principalement dans les racines et ensuite transportées à travers la plante (Benhacene .Z et aMessiad.M. 2016).

Représentent un élément clé pour le choix de PGPR performants. Leur rôle est fondamental dans la régulation de la division cellulaire des plantes, du cycle cellulaire, de la sénescence des feuilles, de l'activation des nutriments, de la formation des méristèmes apicaux des jeunes pousses, de la dormance et la germination des graines, ainsi que dans le développement des fleurs, etc (Sekhara .F et Sai . A ,2022). De Plus, les cytokines régulent l'expression du gène qui code pour l'expansine, une protéine qui favorise le relâchement des parois cellulaires dans les plantes et facilite l'expansion des cellules végétales, entraînant ainsi leur turgescence. Cela influence à la fois sur la taille et la forme des cellules (Cherif .H 2018).

Ce genre de composés est synthétisé par divers PGPR : *Azotobacter sp*, *Pantoea agglomerans*, *Rhizobium sp*, *Rhodospirillum rubrum*, *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum* et *Bacillus subtilis* (Amari .H et Hadji .CH et al ., 2022). Le voie de la biosynthèse de la cytokinine se caractérise par la création de N6-isopentényleadénosine monophosphate à partir d'adénosine monophosphate (AMP) et du pyrophosphate de diméthylallyle (DMAPP). En revanche, chez les bactéries, la production implique le transfert de l'isopentényle de l'hydroxyl diméthyl butényldiphosphate (HMBDP) vers l'AMP (Letrech. A et Kermiche. A 2021).

- **Gibbérelline :** Se sont des hormones végétales produites à la fois par les champignons et les plantes supérieures, le seul groupe d'hormone végétale pouvant être défini par leur composition chimique plutôt que par leurs effets biologiques (Benhacene . Z et Messiad . M et al ., 2016) .Elle jouent également un rôle dans la promotion de la croissance de la racine car elles régulent l'abondance des poils racinaires (Guettaf . G et Chohri . N 2021).

Elles sont impliquées principale e »t dans le processus de développement des plantes comme la division cellulaire, la germination des graines, le développement des fruits .Elles jouent également un rôle crucial dans le transport des produits métaboliques, la création des chloroplastes et le développement des tiges (Amari . H e Hadji . CH et al ., 2022).

De nombreuses bactéries rhizosphériques telles qu'*Arthrobacter*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Acinetobacter*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, *Flavobacterium*, *Rhizobium*, *Bacillus*,

Xanthomonas et *Clostridium* sont connues pour produire des gibbérellines (Bouaali . M et Boudjatat. W et al ., 2022).

e. Production de Sidérophore

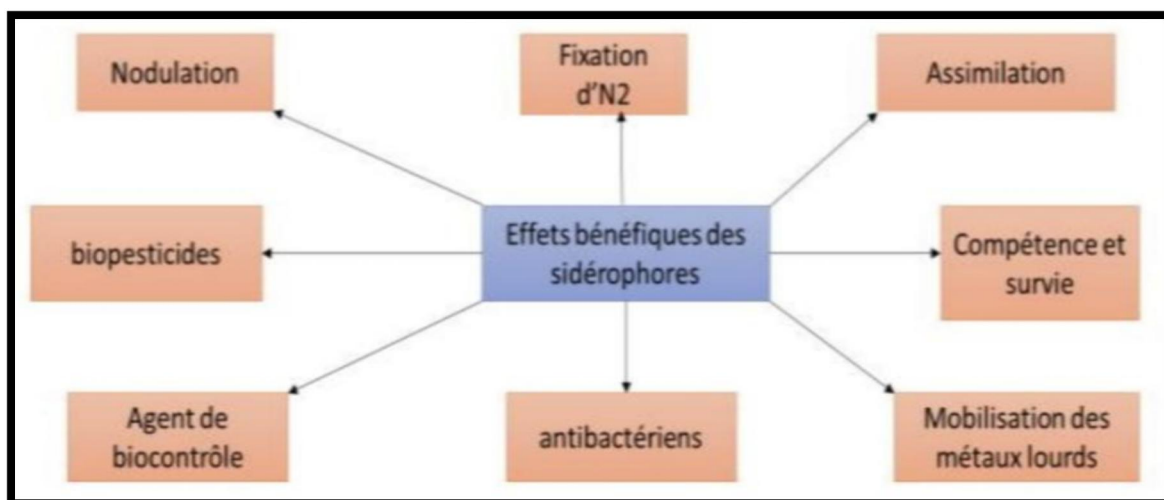
Le fer se classe au quatrième rang des éléments le plus répandus sur notre planète. Dans les sols aérobies, le fer est difficilement absorbé par les bactéries ou les plantes, car l'ion ferrique, ou Fe^{+3} , qui est la forme la plus courante dans la nature, à une faible solubilité, rendant ainsi la quantité de fer accessible pour l'assimilation par les être vivant extrêmement réduite (Glick .B 2012). Pour favoriser la croissance microbienne, les micro-organismes du sol produisent des molécules de faible masse moléculaire (~ 400-1000 daltons) appelés sidérophores, qui se lient au Fe^{+3} avec une affinité extrêmement élevée ($K_d = 10^{-20}$ à 10^{-50}) (Letrech .A et Kermiche.A 2021).

Les sidérophores sont des agents chélateurs spécifiques des ions ferriques, possédant un poids moléculaire relativement faible, produits par des bactéries et des champignons qui se développent dans des conditions de stress ferrique réduit (Neilands .JB 1995).

Les PGPR chélatent le fer minéral par la formation d'un complexe soluble Fe^{3+} . Le fer lié au sidérophore n'est absorbable que par les microbes producteurs ou ayant des récepteurs membranaires particuliers capables de l'identifier et de le transporter via un mécanisme actif (Benhacee .Z et Messiad .M et al. 2016).

Les sidérophores ont été examinés pour leur rôle essentiel dans la lutte contre les maladies végétales en favorisant la compétition nutritionnelle pour le fer et participer directement à la compétitivité rhizosphérique des bactéries qui colonisent les racines (Crowley .D 2000).

Les *Pseudomonas fluorescens* et *Pseudomonas putida* sont les espèces PGPR productrices de



sidérophores les plus connues (Bouaali .M et N ., 2022).

Figure 6 : Fonctions biologiques des sidérophores (Rahim . I et Fetimi . F ,2022)

La production de sidérophores est régulée par des gènes spécifiques qui varient selon les espèces bactériennes. Par exemple, chez *Pseudomonas fluorescens*, plusieurs gènes comme *pvdA*, *pvdL*, et *pvdS* sont impliqués dans la biosynthèse de la pyoverdine, un type de sidérophore. Chez *Pseudomonas putida*, les gènes *pchEFGHI* et *pchR* sont responsables de la production de la pseudobactine. Ces gènes sont activés en réponse à une carence en fer, permettant aux bactéries de s'adapter à leur environnement (Cornelis et al .,2002).

f. Production des EPS

Les exopolysaccharides bactériens (EPS) constituent un assemblage naturel de polymères de haut poids moléculaire libérés par les bactéries dans leur environnement, sécrétion qui est produite en réponse à divers stress externes, tels que la salinité, la sécheresse, la contamination des métaux lourds et les changements de température (Bouaali. M et Boudjatat. W et al., 2022).

Ils jouent un rôle important dans la protection contre la déshydratation, l'agrégation microbienne, l'interaction entre plantes et microbes, l'adhésion de surface, la bioremédiation et leur utilisation dans diverses industries pour la stabilisation, l'épaississement, la coagulation, la gélification, la mise en suspension et la formation de films (Naseem. H e Ahsan. M et al., 2018).

La rhizosphère des végétaux constitue une source de bactéries inédites générant des EPS méconnus qui ont des effets variés sur le sol (Sekhara. F et Sai. A ,2022), Ainsi, de nombreux PGPR sont capables de libérer des exopolysaccharides (EPS) qui forment des bio films et facilitent l'adhésion à la surface des racines des végétaux. En conséquence, les PGPR produisant les EPS peuvent jouer un rôle crucial dans l'absorption du stress abiotique chez les plantes (Morcillo .R et Manzanera .M, 2021).

2. Mécanismes Indirects

a. Antibiose

L'antibiose est un type d'antagonisme caractérisée par la synthèse des métabolites qu'ils soient spécifiques ou non d'origine microbienne, ainsi que par des agents lytiques, des substances volatils ou d'autres composés toxiques qui exercent une influence directe sur l'autre organismes (Foughalia .A 2022).

C'est le mécanisme le plus connu et le plus crucial, qui est employé par les PGPR pour limiter l'invasion de pathogènes dans les tissus de la plante hôte. Cela implique une suppression directe du développement du pathogène grâce à la fabrication de métabolites aux caractéristiques antifongiques et/ou antibiotiques (Adam.A 2008).

Par conséquent, L'antibiose implique la production d'antibiotiques efficaces visant l'agent pathogène par l'agent antagoniste. Ces composés biologiques sont des métabolites secondaires à faible masse moléculaire tels que les antibiotiques comme l'ampiciline, le 2,4-diacétylphloroglucinol (DAPG), cyanure d'hydrogène (HCN) et la phénazine qui servent de défenses contre l'assaut des pathogènes (Bendjida.H et Aouadi .A, 2019).

b. Enzymes lytiques

L'amélioration de la croissance par l'activité enzymatique est un autre mécanisme employé par les rhizobactéries qui stimulent le développement des plantes. Ces micro-organismes jouent un rôle important dans la stimulation de la croissance végétale, notamment en protégeant les plantes des stress biotiques et abiotiques (Amari .H et al ., 2022) en supprimant les champignons pathogènes, tels que *Botrytis cinerea*, *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora sp*, *Rhizoctonia solani* et *Pythium ultimum* (Benchaib .F et Hachi .M 2021).

Les PGPR ont la capacité de synthétiser diverses enzymes telles que: les chitinases, la déshydrogénase, la β -glucanase, les lipases, les phosphatases, les protéases, etc (Benchaib.F et Hachi .Z 2021). Par ailleurs, *Bacillus cereus* et *Bacillus cepacia* synthétisent de l'amylase, de la β -1,3-glucanase, de la cellulase, de la protéase, de la xylanase et de la lipase, qui altèrent les membranes cellulaires de plusieurs agents pathogènes présents dans le sol (Djebrit .S et Slammat .K 2023).

Cette production enzymatique présente une activité hyper parasitaire ciblant les agents pathogènes via la sécrétion d'hydrolase à partir de la paroi cellulaire (Amari et .H 2022) . Les antibiotiques et les enzymes lytiques démontrent une activité antagoniste contre des phytopathogènes, des virus, des insectes et des helminthes spécifiques tout en présentant des effets phytotoxique, antioxydante, cytotoxique et antitumorale (Rahim .I et Fetimi .F 2022).

c. La Compétition pour l'Espace et les Nutriments

La compétition pour l'espace et les éléments nutritifs est un processus biologique utilisé par les PGPR pour éliminer les agents pathogènes des plantes (Bendjida . H et Aouadi .A2019). Dans certains cas, une diminution de la maladie peut être lié à une colonisation importante des racines par les

bactéries bénéfiques, ce qui diminue le nombre de niches disponibles pour les micro-organismes nuisibles (Dam, 2008).

Les PGPR, capables de concurrencer les autres communautés microbiennes de la rhizosphère, peuvent éliminer les pathogènes fongiques. Ils colonisent efficacement l'espace rhizosphérique et exploitent ses ressources nutritives, réduisant ainsi les phytopathogènes du sol grâce à la compétition." (Hamdi et Mehaouat, 2018).

Les caractéristiques qui permettent la colonisation des racines sont : la mobilité (présence de flagelles), le chimiotactisme, la présence de lipopolysaccharides (LPS), la capacité de produire des vitamines et des macromolécules, ainsi que le pouvoir d'exploiter les composés excrétés par les racines (Massaoud . B et Rihane.N 2024).

En conséquence, la compétition pour les nutriments et les diverses sources nécessaires pour la vie se produit généralement entre les microorganismes du sol. Ces PGPR capables de fixer le fer et du phosphore, empêcheront d'une part le développement des agents pathogènes, et favoriseront d'autre part la croissance des plantes (Pal . K et Gardener .B 2006).

d. Résistance Systémique Induite (ISR)

L'expression de mécanisme de défense systémique chez les végétaux peut être déclenchée par l'interaction avec certaines rhizobactéries bénéfiques au cours d'un processus appelé ISR, ce mécanisme renforce la résistance de la plante face à des agressions potentielles provenant d'agents pathogènes (virus, bactéries et champignons) (Bendjida . H et Aouadi . S 2019).

La résistance systémique induite est une forme de résistance particulièrement favorisée par les PGPR, car ceux-ci peuvent induire des effets indirects en alertant les plantes sur la nécessité de se défendre contre les agressions microbiennes. Elle peut être induite par divers microorganismes Gram-positifs ou gram-négatifs tels que *Bacillus* et *Pseudomonas* (Djebrit .S et Slamati .K .2023). Le mécanisme peut être synthétisé en trois étapes :

- 1. Élicitation :** Les PGPR interagissent avec les racines des plantes et produisent des éliciteurs (LPS, sidérophores, etc.) qui seront perçus par la plante.
- 2. Transmission du signal :** Après cette reconnaissance, un signal d'alerte est transmis au sein de la plante.
- 3. Réponse à l'agression :** En cas d'attaque par un pathogène, la plante pourra alors réagir efficacement à l'agression.(Kerim . M et Mohammedi . H).

Chapitre 03 :

Les Application des PGPR

1. Divers Application de PGPR

Les PGPR sont utilisés dans diverses zones agricoles en raison de leurs effets bénéfiques sur la croissance des plantes et la santé des sols, leurs principales applications comprennent :

a. Amélioration de la Croissance des Plantes

Les PGPR favorisent la croissance végétale en produisant des hormones comme l'auxine, les gibbérellines et les cytokinines, qui stimulent la division et l'élongation cellulaire. Elles facilitent aussi l'absorption des nutriments par la solubilisation du phosphore et la fixation biologique de l'azote, ce qui améliore significativement la productivité des plantes. (Glick, B.R. 2012).

b. Augmentation de la Résistance des Plantes au Stress

Les PGPR aident les plantes à faire face aux stress abiotiques (sécheresse, salinité, métaux lourds) en régulant les niveaux de stress via la production de l'enzyme ACC désaminase, qui diminue la synthèse d'éthylène, une hormone du stress. Ce mécanisme améliore la résilience des plantes dans des conditions environnementales défavorables. (Glick, B.R.2014).

c. Bio Contrôlé et Protection des Cultures

Les PGPR offrent un effet protecteur contre les agents pathogènes en produisant des métabolites antimicrobiens, des enzymes de dégradation des parois fongiques, et en induisant une résistance systémique dans les plantes. Ce rôle de bio contrôlé réduit le besoin en fongicides chimiques. (Backer, R. et al 2018).

d. Réduction de l'Utilisation des Substances Chimiques

En remplaçant partiellement les engrais minéraux et les pesticides, les PGPR permettent de diminuer l'impact écologique de l'agriculture. Leur utilisation contribue à une agriculture durable en réduisant la pollution des sols et des nappes phréatiques. (Campant, S , et al. 2019).

2. L'Etudes Statistiques des Applications

Au cours des dernières décennies, les rhizobactéries promotrices de croissance des plantes (PGPR) ont suscité un intérêt croissant en raison de leur potentiel à renforcer la productivité agricole tout en répondant aux exigences de durabilité environnementale. Ces micro-organismes bénéfiques interagissent étroitement avec les racines des plantes et exercent divers effets positifs sur leur développement, leur santé et leur résistance aux stress (Kour et al., 2020).

D'après le recensement de près de 141 articles scientifiques analysés dans le cadre de ce travail, il ressort clairement que la majorité des recherches se sont concentrées sur l'application des PGPR (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria) sur le blé. Ce constat n'est pas surprenant étant donné que le blé représente l'une des principales cultures alimentaires à l'échelle mondiale. Il joue un rôle fondamental

dans la sécurité alimentaire, en particulier dans les régions tempérées et semi-arides. Les études montrent que l'utilisation des PGPR chez le blé permet d'améliorer significativement la germination, la

croissance végétative, la résistance aux stress abiotiques (comme la sécheresse et la salinité), ainsi que le rendement en grains. Certaines souches de PGPR, notamment du genre *Bacillus* et *Pseudomonas*, sont particulièrement efficaces dans l'induction de la tolérance systémique acquise et dans la solubilisation du phosphate, ce qui favorise une meilleure nutrition des plantes (**Rubin et al ;2017 .Ansari et al ;2021**).

Pour **la tomate**, culture maraîchère d'importance économique mondiale, les PGPR se sont révélées être des agents biologiques efficaces pour améliorer à la fois la croissance et la résistance aux pathogènes. Bien que les travaux soient moins nombreux comparés au blé, ils ont montré que certaines souches bactériennes comme *Azospirillum*, *Bacillus subtilis* et *Pseudomonas fluorescens* peuvent stimuler la floraison, la nouaison, ainsi que la qualité des fruits. En outre, les PGPR permettent de réduire l'utilisation d'engrais chimiques et de pesticides, contribuant ainsi à une agriculture plus durable. (**Sah ,S , K ,2024**).

Le maïs, qui constitue la deuxième céréale la plus cultivée après le blé, a également fait l'objet d'un nombre important de recherches. Les PGPR appliqués au maïs ont montré une capacité remarquable à améliorer l'absorption des nutriments, en particulier l'azote et le phosphore, grâce à des mécanismes tels que la fixation biologique de l'azote et la production d'acides organiques. Ces bactéries aident aussi à renforcer la résistance aux conditions de stress hydrique, en stimulant la croissance racinaire et en améliorant l'efficacité d'utilisation de l'eau. Le recours aux PGPR dans les systèmes de culture de maïs contribue également à une meilleure stabilité des rendements face aux aléas climatiques. (**Sharma .D , et al , 2022**).

En ce qui concerne le **riz**, culture essentielle pour plus de la moitié de la population mondiale, notamment en Asie et en Afrique, l'usage des PGPR devient de plus en plus répandu dans le cadre de pratiques agricoles éco-responsables. Les recherches démontrent que ces bactéries peuvent non seulement stimuler la croissance du riz, mais aussi réduire les pertes dues à des maladies comme la pyriculariose ou les pourritures racinaires. Des souches comme *Burkholderia*, *Rhizobium* et *Enterobacter* ont montré des résultats positifs en matière de développement racinaire, de tallage, de rendement en grains et de résistance aux conditions de submersion. Dans les rizières à faible fertilité, l'utilisation des PGPR est une stratégie prometteuse pour limiter la dépendance aux intrants chimiques. (**Nadarajah. K , et al . 2023**) ,(Wang .H , et al 2023).

Le tableau suivant présente les principales applications des PGPR dans les systèmes agricoles modernes, accompagnées de références scientifiques récentes comme illustré dans les Annexes.

Résultats

A partir le traitement de nous résultat les tableaux suivant on va présenter les paramètres suivant :

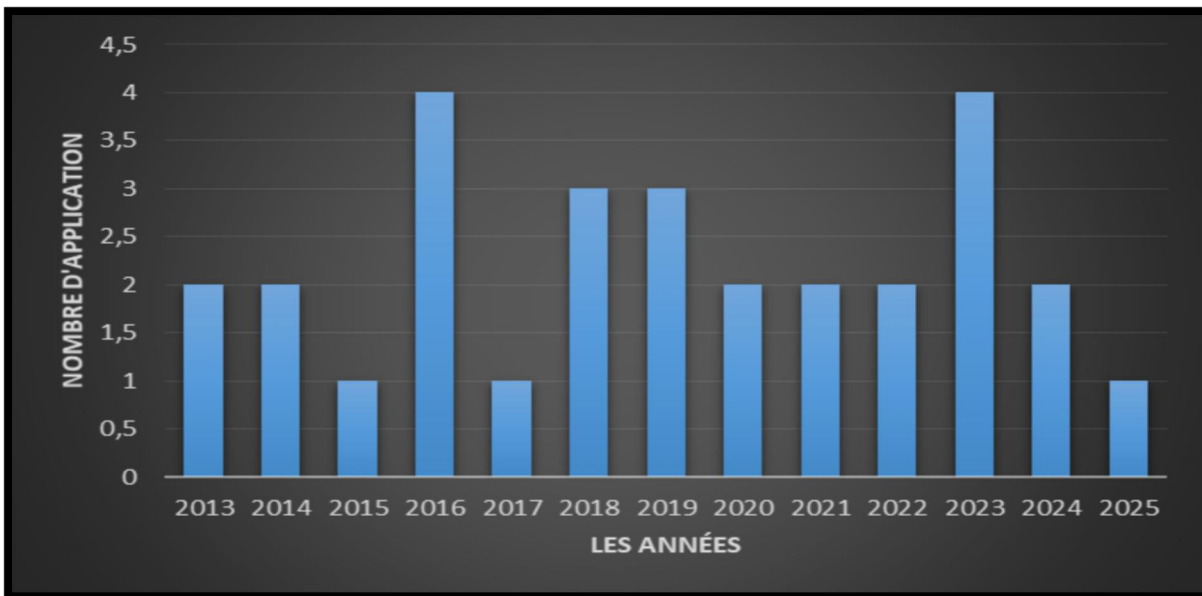


Figure 10: histogramme représentant des modifications à l'utilisation des PGPR dans le blé dans chaque année

L'analyse :

Le graphique est un histogramme représentant des modifications à l'utilisation des PGPR dans le blé dans chaque année :

2013-2014 : Le nombre d'applications est de 2 pour chaque année, indiquant un début stable.

2015 : Il y a une baisse significative à 1 application.

2016 : L'année 2016 marque le premier pic d'applications, atteignant presque 4 C'est le niveau le plus élevé d'applications pour la première partie de la période.

2017 : Chute brutale à 1 application après le pic de 2016.

2018-2019 : Le nombre d'applications remonte à 3 pour ces deux années.

2020-2022 : On observe une stabilité avec 2 applications par an sur cette période de trois ans.

2023 : Un second pic majeur se produit en 2023, atteignant un niveau similaire à celui de 2016

2024-2025 : Une tendance à la baisse est observée, avec 2 applications en 2024 et 1 application en 2025. Ces valeurs représentent probablement des projections ou prévisions.

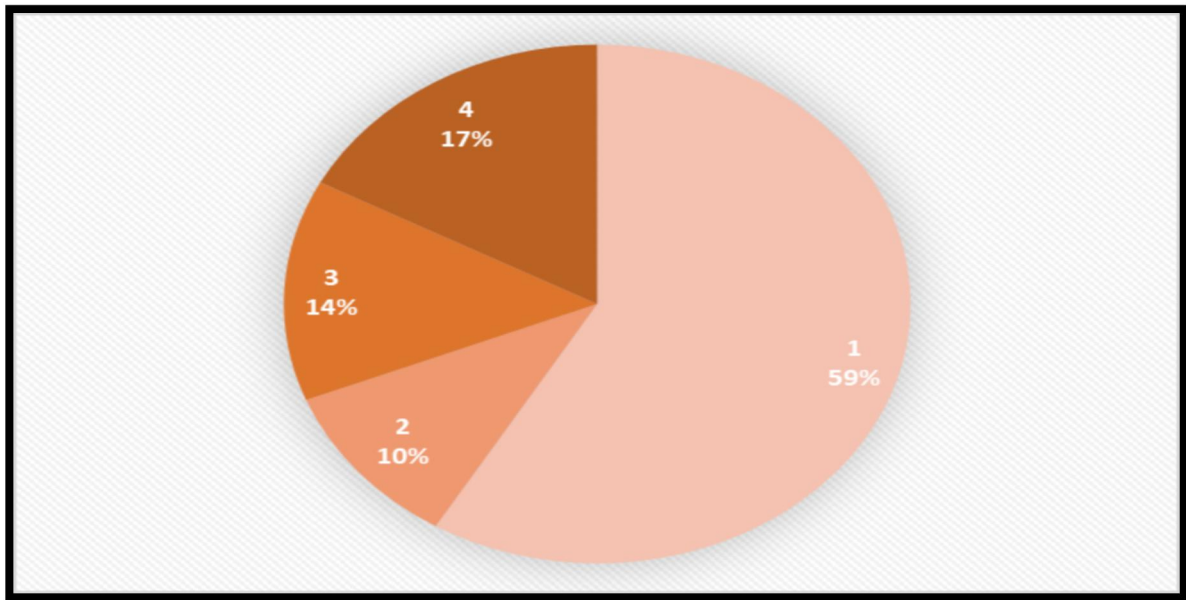


Figure 11 : un cercle relatif qui représente les taux de but des utilisations des PGPR sur le blé,

1. Améliorent la croissance du blé
2. Augmentation de la résistance des plantes au stress
3. Bio contrôle et protection des cultures
4. Réduction de l'utilisation des engrais chimiques

Analyse :

Le dessin représente un cercle relatif qui représente les taux de but des utilisations des PGPR sur le blé, où nous notons : que le pourcentage d'utilisation des PGPR afin améliorent la croissance du blé est important de 59% puis suivi d'un pourcentage de 17% pour réduction de l'utilisation des engrais chimiques depuis on a le pourcentage de 14% pour la Bio contrôle et protection des cultures et en fin le Pourcentage le plus bas est 10% pour Augmentation de la résistance des plantes au stress

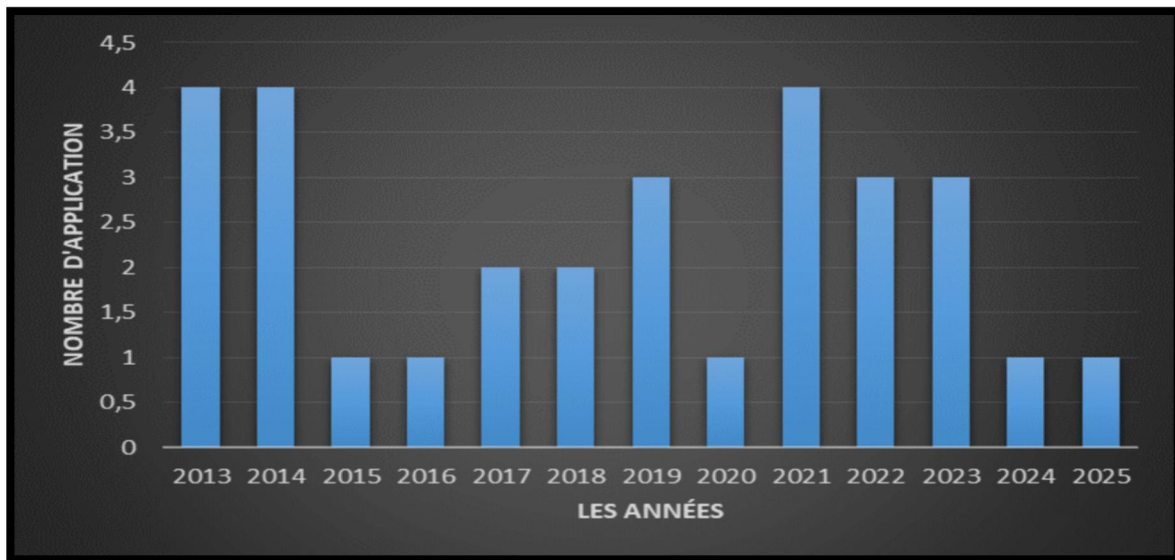


Figure 12 : histogramme représentant des modifications à l'utilisation des PGPR dans le Riz dans chaque année.

Analyse :

Figure représenter un histogramme représentant des modifications à l'utilisation des PGPR dans le Riz dans chaque année.

2013-2014-2021 : Le nombre d'applications est élevé et stable à 4 applications pour chaque année. C'est le pic le plus élevé sur toute la période représentée, suggérant un fort intérêt ou une adoption généralisée à cette époque.

2015-2016-2020-2024-2025 : Une chute drastique est observée, avec seulement 1 application par an. Cela marque une période de très faible utilisation après l'engouement initial.

2017-2018 : Le nombre d'applications remonte à 2 pour ces deux années, indiquant une légère reprise.

2019 : On observe une nouvelle augmentation à 3 applications.

2022 : Le nombre d'applications diminue légèrement à 3.

2023 : Le nombre d'applications reste stable à 3.

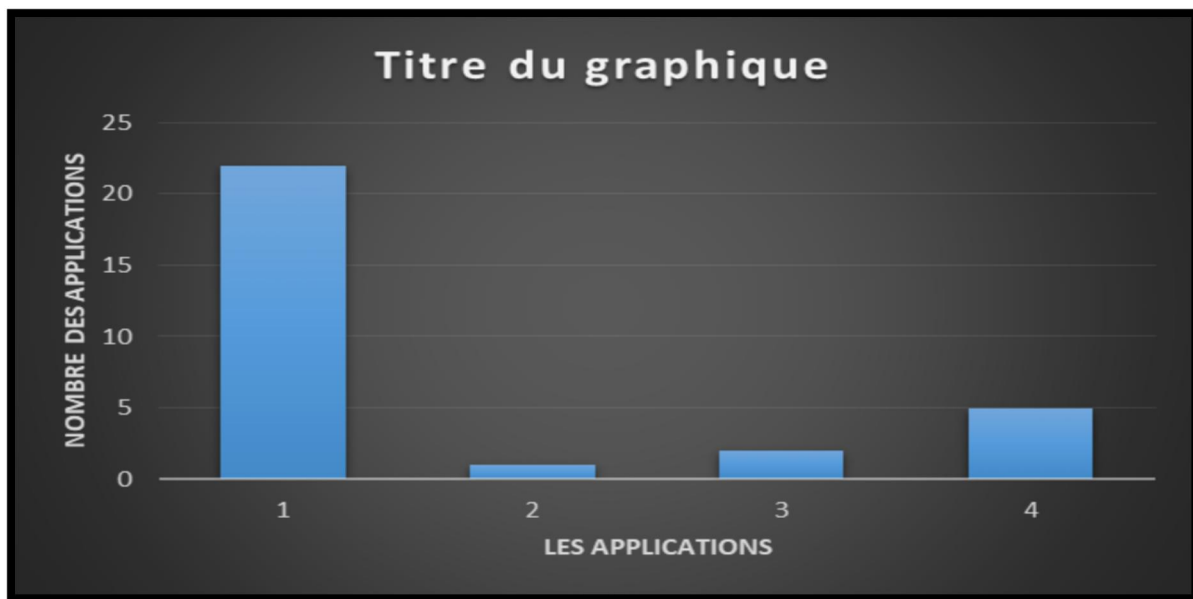


Figure 13 : Histogrammes représente le nombre des utilisations des PGPR sur le RIZ

1. Améliorent la croissance du Riz
2. Augmentation de la résistance des plantes au stress
3. Bio contrôle et protection des cultures
4. Réduction de l'utilisation des engrais chimiques

Analyse :

La figure est un Histogrammes représente le nombre des utilisations des PGPR sur le RIZ on a remarqué que

-Améliorent la croissance du Riz : La barre pour cette catégorie est la plus haute, atteignant environ 21 ou 22

-Augmentation de la résistance des plantes au stress : La barre pour cette catégorie est très basse, atteignant environ 1. Cela indique que l'utilisation des PGPR spécifiquement pour augmenter la résistance des plantes au stress est très rare comparé aux autres raisons.

-Biocontrôle et protection des cultures : La barre pour cette catégorie est également très basse, atteignant environ 1. Similaire à la catégorie 2, le rôle des PGPR dans le biocontrôle et la protection des cultures semble être une raison d'application marginale.

-Réduction de l'utilisation des engrais chimiques : La barre pour cette catégorie est plus élevée que les catégories 2 et 3, atteignant environ 4 ou 5. Bien que nettement inférieure à la catégorie 1, cette raison d'utilisation est plus fréquente que l'amélioration de la résistance au stress ou le biocontrôle.

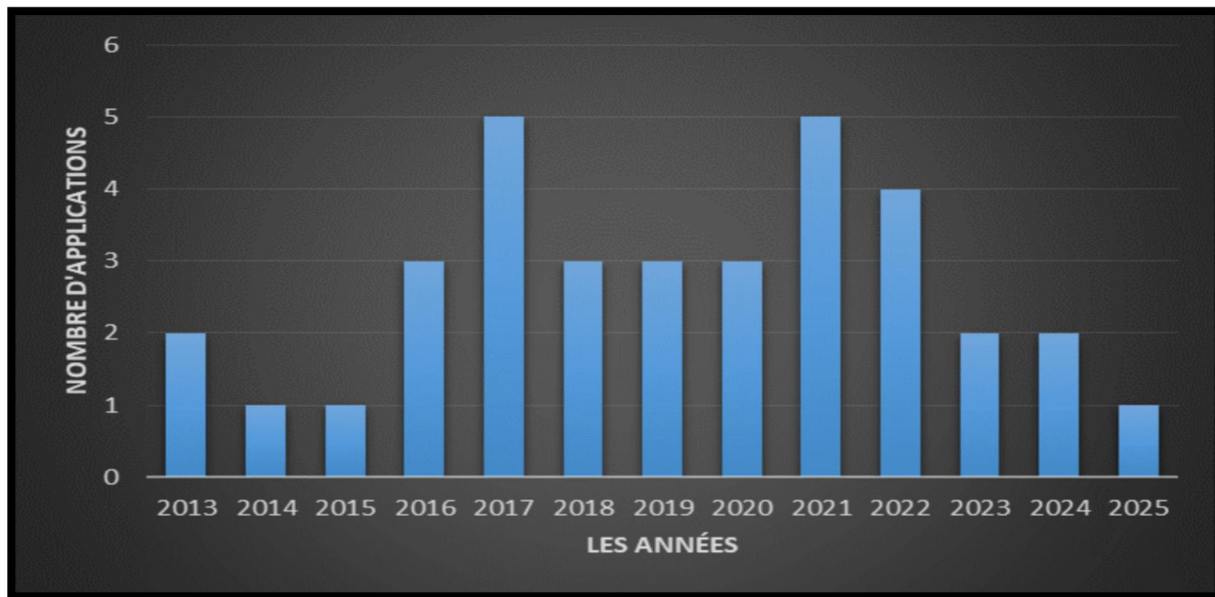


Figure 14: histogramme représentant des modifications à l'utilisation des PGPR en le Mais dans chaque année

Analyse :

Le figure est histogramme représentant des modifications à l'utilisation des PGPR en le Mais dans chaque année .on remarque que :

2013-2023-2024 : Le nombre d'applications est de 2.

2014-2015-2025 : Chute à 1 application par an.

2016-2018-2019-2020 : Remontée à 3 applications.

2017-2021 : Pic le plus élevé de la période, avec 5 applications.

2022 : Diminution à 4 applications.

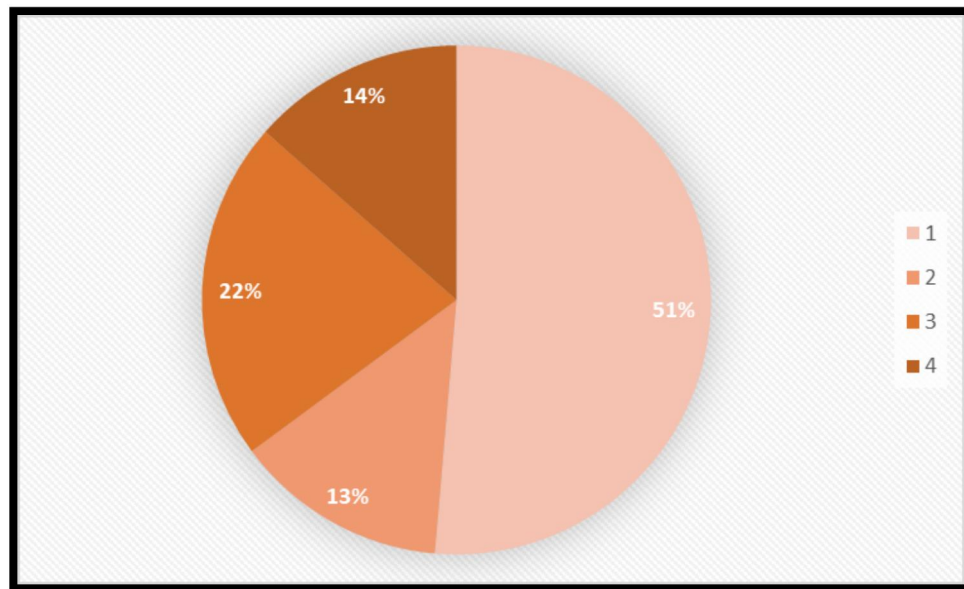


Figure 15: Un cercle relatif qui représente les taux de but des utilisations des PGPR sur le MAIS

- 1- Amélioration de la croissance des plantes.
- 2- Augmentation la résistance des plantes au stress.
- 3- Bio contrôlé et protection des cultures.
- 4- Réduction de l'utilisation des substances chimique.

Analyse :

La figure représente un cercle relatif qui représente les taux de but des utilisations des PGPR sur le Mais, où nous notons : que le pourcentage d'utilisation des PGPR afin améliorent la croissance du maïs est important de 51% puis suivi d'un pourcentage de 22% pour Bio contrôlé et protection des cultures. Depuis on a le pourcentage de 14% pour Réduction de l'utilisation des substances chimique, et enfin le pourcentage le plus bas est de 13% pour l'augmentation de la résistance des plantes au stress.

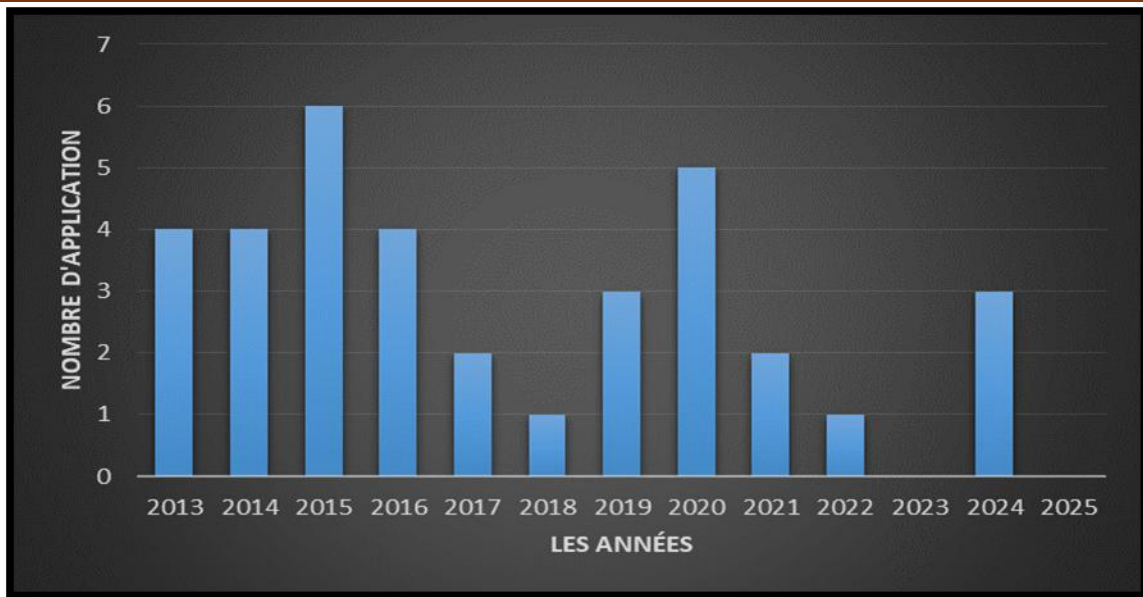


Figure 16: histogramme représentant des modifications à l'utilisation des PGPR en la Tomate dans chaque année

Analyse :

Le figure est histogramme représentant des modifications à l'utilisation des PGPR en la tomate dans chaque année .on remarque que :

2013-2014-2016 : Le nombre d'applications est de 4

2015 : pic le plus élevé avec 6 applications

2017-2020 : Remontée à 2 applications.

2018-2022 : Remontée a 1 application

2019-2024 : avec 3 applications

2020 : le nombre d'application est 5 applications

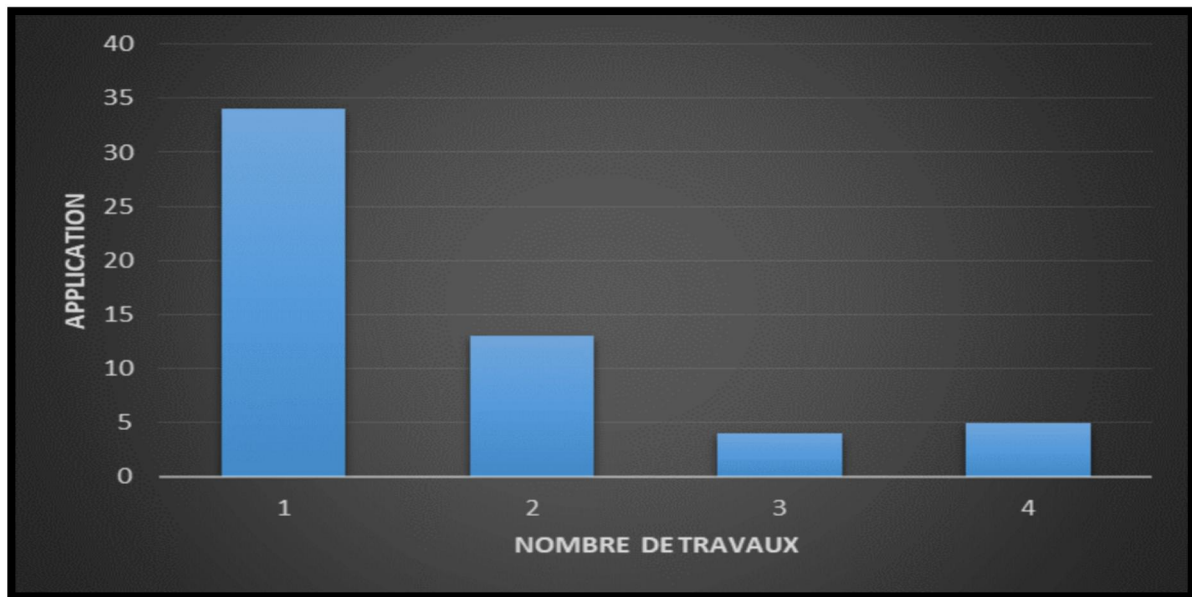


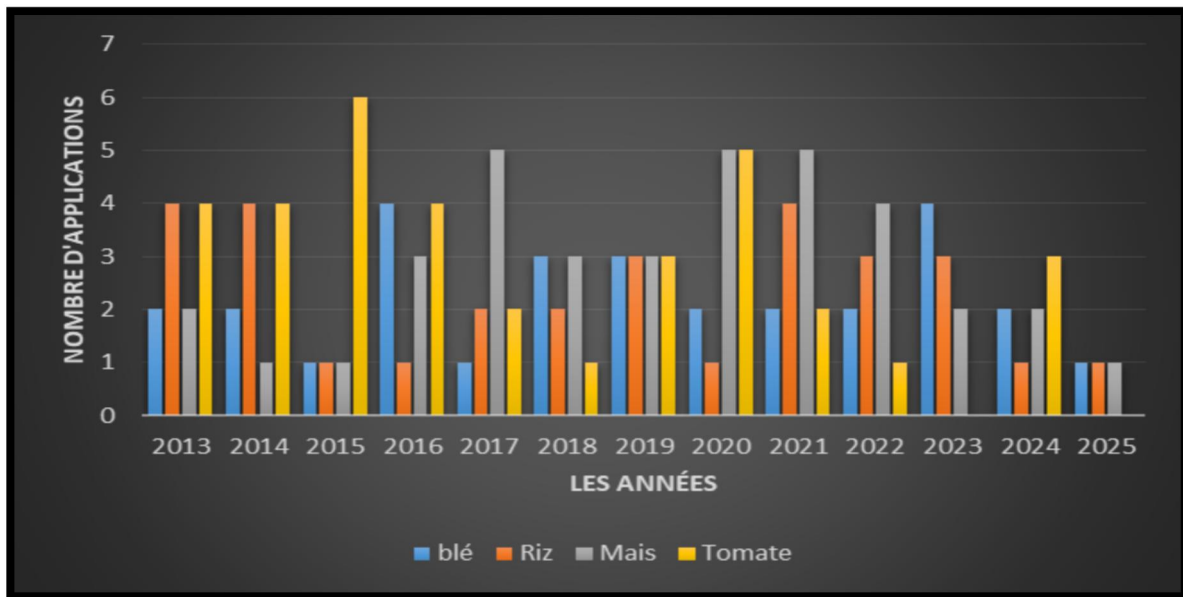
Figure 17: Histogrammes représente le nombre des utilisations des PGPR sur la tomate.

1. Amélioration de la croissance des plantes.
2. Augmentation la résistance des plantes au stress.
3. Bio contrôle et protection des cultures.
4. Réduction de l'utilisation des substances chimique Le graphe

Analyse :

Le graphique présenté est un histogramme intitulé "histogramme représentant des modifications à l'utilisation des PGPR dans le tomate. on a remarqué que

Améliorent la croissance du Riz : La barre pour cette catégorie est la plus haute, atteignant environ 34 application .et:pour la Bio contrôle et protection des cultures est La barre très basse avec 4 application . Cela indique que l'utilisation des PGPR spécifiquement pour augmenter la résistance des plantes au stress est de 13 application. Et pour la réduction de l'utilisation des substances chimique Le graphe avec 5 application



F

figure 18: histogramme représentant des modifications de nombre de travaux effectués pour quatre types de plantes (blé, riz, maïs, tomate) sur une période allant de 2013 à 2025.

L'analyse :

graphique représente l'évolution du nombre d'applications des PGPR sur quatre cultures principales : le blé, le riz, le maïs et la tomate, durant la période de 2013 à 2025.

◆ **Blé:**

Le blé montre une tendance relativement stable, avec un pic en 2016 et un autre en 2023, ce qui reflète l'importance économique de cette céréale. La recherche reste continue, même si elle varie légèrement d'une année à l'autre.

◆ **Riz :**

Le riz présente une hausse notable en 2014, avec 4 études recensées. Il reste bien représenté dans les recherches, surtout dans les régions où il constitue un aliment de base.

◆ **Maïs :**

On observe deux pics importants : un en 2017 et un en 2020. Cela peut s'expliquer par l'intérêt croissant pour les céréales à haut rendement, et le besoin de limiter l'usage des produits chimiques dans ces cultures.

◆ **Tomate :**

C'est la culture qui présente le plus de variations. On note un maximum en 2015 et 2020 (6 applications), mais aucune étude enregistrée en 2023 et 2025. Cette irrégularité peut être liée à la sensibilité de la tomate à l'environnement et aux défis d'application des PGPR sur ce type de culture.

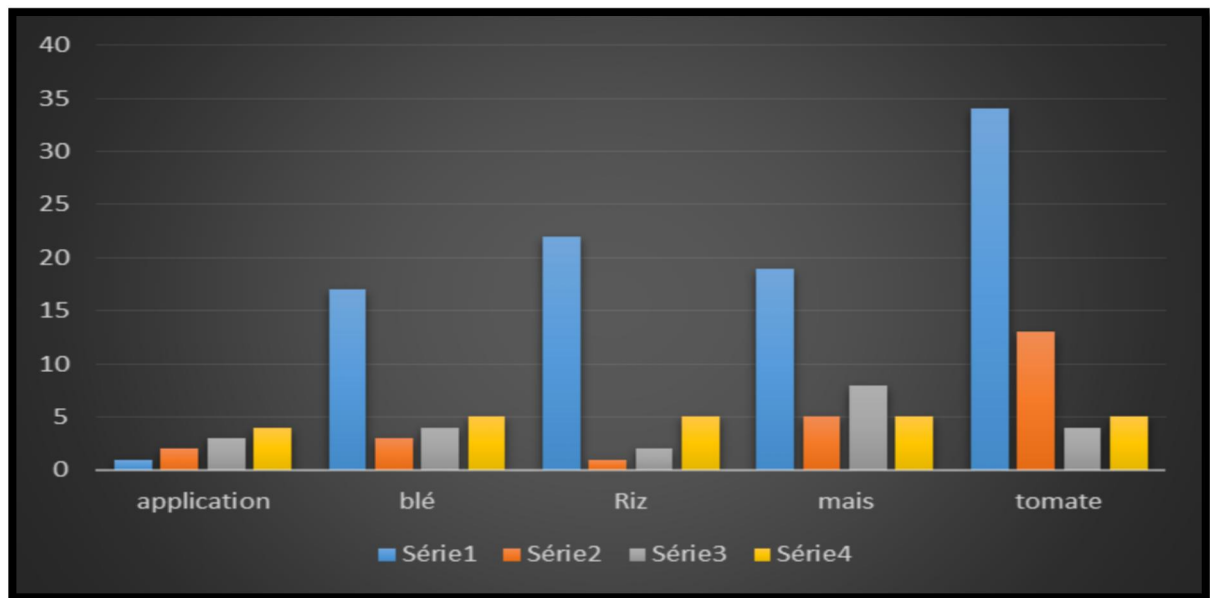


Figure 19: histogramme représentant des modifications à l'utilisation des PGPR dans chaque plantes

L'analyse :

graphique représente l'utilisation des PGPR selon quatre types d'applications (numérotées de 1 à 4), appliquées sur quatre cultures différentes : le blé, le riz, le maïs et la tomate.

❖ **Application 1 :** Amélioration de la croissance des plantes

C'est l'application la plus étudiée.

La tomate présente la valeur la plus élevée (34), suivie du riz (22), puis du maïs (19) et enfin du blé (17).

Cela peut représenter une phase initiale dans l'usage des PGPR, souvent centrée sur l'optimisation de la croissance.

❖ **Application 2 :** Résistance au stress abiotique

Ici, on observe une diminution notable des valeurs.

Le riz passe de 22 à seulement 3, le maïs à 5, la tomate à 8 et le blé à 13.

Cela pourrait indiquer une étape transitoire dans le développement de stratégies de stress, mais moins ciblée que la croissance.

❖ **Application 3 :** Biocontrôle et protection des cultures

Les valeurs sont irrégulières :

Le blé atteint 6, le riz 2, la tomate 3, et le maïs 8.

Cela montre que l'intérêt pour le biocontrôle varie selon les cultures et que cette application reste encore en développement.

◆ **Application 4** : Réduction de l'utilisation des substances chimiques

Tous les végétaux ont la même valeur de 5.

Application, soit une stabilisation des recherches à ce stade.

L'amélioration de la croissance des plantes est l'une des applications les plus utilisées des PGPR (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria) pour plusieurs raisons :

1. *Stimulation de la croissance* : Les PGPR peuvent produire des hormones de croissance, telles que l'auxine, qui stimulent la croissance des plantes.

2. *Augmentation de la disponibilité des nutriments* : Les PGPR peuvent solubiliser les nutriments du sol, les rendant plus accessibles aux plantes.

3. *Amélioration de la santé des plantes* : Les PGPR peuvent aider les plantes à résister aux maladies et aux stress environnementaux.

4. *Augmentation du rendement* : L'amélioration de la croissance et de la santé des plantes peut entraîner une augmentation du rendement.

Les PGPR offrent une alternative durable et écologique aux engrais chimiques et aux pesticides, ce qui explique leur popularité croissante dans l'agriculture et l'horticulture.

Les PGPR (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria) sont souvent étudiées et utilisées sur des cultures telles que la tomate, le blé, le maïs et le riz pour plusieurs raisons :

1. *Importance économique* : Ces cultures sont des denrées alimentaires de base et ont une grande importance économique dans de nombreux pays.

2. *Rendement et productivité* : Les PGPR peuvent aider à améliorer le rendement et la productivité de ces cultures, ce qui peut contribuer à la sécurité alimentaire et à la rentabilité des exploitations agricoles.

3. *Sensibilité aux stress* : Ces cultures peuvent être sensibles aux stress environnementaux tels que la sécheresse, les maladies et les ravageurs, et les PGPR peuvent aider à améliorer leur résistance.

4. *Potentiel d'application* : Les résultats des recherches sur ces cultures peuvent être facilement transposés à d'autres cultures, ce qui en fait des modèles intéressants pour l'étude des PGPR.

Ces cultures sont donc des cibles privilégiées pour les recherches et les applications des PGPR en raison de leur importance économique et alimentaire, ainsi que de leur potentiel d'amélioration grâce à ces bactéries bénéfiques

Conclusion

Conclusion

À travers cette étude, il a été clairement mis en évidence que les rhizobactéries promotrices de la croissance des plantes (PGPR) représentent une alternative prometteuse pour répondre aux enjeux actuels de l'agriculture durable. Grâce à leurs multiples mécanismes d'action — stimulation de la croissance, amélioration de la tolérance au stress, biocontrôle des pathogènes, et réduction de l'usage des intrants chimiques . les PGPR se positionnent comme des alliées précieuses pour optimiser les performances agricoles tout en préservant l'environnement.

Parmi leurs principales applications, on peut citer l'amélioration de la croissance des plantes par l'augmentation de la résistance au stress hydrique, salin ou métallique, le biocontrôle des agents pathogènes par la production de métabolites antimicrobiens, ainsi que la réduction de l'usage des substances chimiques grâce à une meilleure efficacité biologique. L'importance des PGPR réside donc non seulement dans leur rôle écologique, mais aussi dans leur potentiel agronomique.

En favorisant une agriculture plus résiliente, moins dépendante des produits chimiques, ces bactéries peuvent contribuer à renforcer la sécurité alimentaire mondiale. Pour que cette transition vers une agriculture durable soit efficace, leur utilisation sur le terrain doit être encouragée à travers des formulations adaptées, des inoculants commerciaux spécifiques, et une meilleure vulgarisation scientifique auprès des agriculteurs et des décideurs. Leur intégration dans les pratiques agricoles modernes représente une voie d'avenir prometteuse pour concilier productivité, durabilité et respect de l'environnement .

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

1. Abdesselam N , Latache N.,(2017). Identifications Et Caractérisations Des Bactéries Isolees A Partir De Différents Sols. Mémoire De Master. Université De Tlemcen . P9-13.
2. Abdesselam.N Et Latache.N.,(2017). Identifications Et Caractérisations Des Bactéries Isolees A Partir De Différents Sols. Mémoire De Master. Université De Tlemcen . P5-13.
3. Adam, A. (2008). Etude De La Résistance Systémique Induite Chez La Tomate Et Le Concombre Et Activation De La Voie De La Lipoxygénase Par Des Rhizobactéries Non-Pathogènes .Thèse De Doctorat. Université De Liège (Belgium). P 7-9.
4. Adesemoye. Ao, Obini. M., Et Ugoji.E. (2008). Comparaison De La Stimulation De La Croissance Des Plantes Par *Pseudomonas Aeruginosa* Et *Bacillus Subtilis* Dans Trois Légumes. *Revue Brésilienne De Microbiologie*, 39, 423-426.
5. Adoko My, Agbodjato Na, Noumavo Ap, Amogou O., Adjanohoun A., Baba-Moussa L. (2021). Bioformulations A Base De Rhizobactéries Favorisant La Croissance Des Plantes Pour Une Agriculture Durable : Biofertilisant Ou Biostimulant ? *Afr. J. Agric. Res.* 17 (9), 1256–1260. Doi : 10.5897/Ajar2021.15756 [Doi] [Google Scholar..
6. Agbodjato An, Noumavo Ap, Amogou O. ,Adoko M.1, Dagbenonbain G, Falcon Rodriguez A,De La Noval Pons Mb , Adjanohoun A, Baba-Moussa L.(2018), Impact De L'utilisation Des Rhizobactéries Promotricesde La Croissance Des Plantes (Pgpr) En Combinaisonavec Le Chitosane Sur La Croissance Et Le Rendement Du Maïs(*Zea Mays* L.) Sur Sol Ferrallitique Au Sud-Bénin , *Revue Semestrielle De La Recherche Du Centre National De La Recherche Scientifique Et Technologique (Cnrst)* .
7. Ahemad, M., Et Kibret, M. (2014). Mécanismes Et Applications Des Rhizobactéries Favorisant La Croissance Des Plantes : Perspectives Actuelles. *Journal Of King Saud Université-Science*, 26 (1), 1-20.
8. Ahmead Muhammad, Imtiaz Muhammad ,Imran Asma , (2022) ,Le Consortium Pgpr Thermotolérant B3p Module La Machinerie Physio-Biochimique Et Moléculaire Pour Une Tolérance Accrue A La Chaleur Chez Le Mais Pendant La Croissance Végétative Précoce ,*Annales De Microbiologie* .
9. Ahmead Muhammad, Imtiaz Muhammad ,Imran Asma , (2023) , Thermotolerant Pgpr Consortium B3p Modulates Physio-Biochemical And Molecular Machinery For Enhanced Heat Tolerance In Maize During Early Vegetative Growth , *Ann Microbiol* 73 , 34 .

10. Aibeche. Het Bousnane. O., (2020). Etude Bibliographique Sur L'effet Antagoniste Des Microorganismes Rhizosphériques Sur Les Espèces Phytopathogènes. Mémoire De Master. Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou. Pp2.
11. Akram Ms, Shahid M, Tariq M, Azeem M, Javed Mt, Saleem S, Riaz S (2016) Deciphering Staphylococcus Sciuri Sat-17 Mediated Anti-Oxidative Defense Mechanisms And Growth Modulations In Salt Stressed Maize (*Zea Mays L.*). *Front Microbiol* 7:867.
12. Alaskar.A Et Hind .A, (2023) Effet Des Rhizobactéries Favorisant La Croissance Des Plantes Sur Les Propriétés Du Sol Et Les Caractéristiques Physiologiques Et Anatomiques Du Blé Dans Des Conditions De Stress Hydrique
13. Amaresan N Jayakumar V Kumar K Thajuddin N ;2012 ;Pgpr Endophytes Des Racines De Tomate :Isolment ;Caractérisation In Vitro Et Evulation In Vivo Des Toates Traitées
14. Amari, H., Hadj Chaib, D., & Sadek, S. (2022). Isolement Et Identification Des Bactéries Halophiles Stimulatrices De La Croissance Du Blé Dur. Mémoire De Master. Université Mouloud Mammeri. P 6.
15. Amenan Fanny Akpo ;2022 ; Mise En Place D'une Méthode De Conservation De La Tomate (*Solanum Lycopersicum*) Par L'application Du Froid Et D'extraits Végétaux Aux Effets Anti-Murissement Et Antifongique. Sciences De La Terre. Université D'avignon; Université Nangui Abrogoua (Abidjan), 2022. Français. Université Nangui Abrogoua Ecole Doctorale 536-Agrosciences & Sciences Ecole Doctorale Sciences – Technologie & Environnement
16. Ansari, F.A., Jabeen, M., & Al. (2021). *Pseudomonas Azotoformans* Fap5, A Novel Biofilmforming Pgpr Strain, Alleviates Drought Stress In Wheat Plant. *Int. J. Environ. Sci. Technol.*
17. Ansari, R. A., Et Al. (2021). *Pseudomonas Azotoformans* Fap5 Forms Biofilms And Mitigates Drought Stress In Wheat By Modulating Antioxidant Defense And Stress-Related Genes. *Biological Control*, 152, 104495.
18. Anzuay, M.S.; Ciancio, M.G.R.; Ludueña, L.M.; Angelini, J.G.; Barros, G.; Pastor, N.; Taurian, T. (2017) Growth Promotion Of Peanut (*Arachis Hypogaea L.*) And Maize (*Zea Mays L.*) Plants By Single And Mixed Cultures Of Efficient Phosphate Solubilizing Bacteria That Are Tolerant To Abiotic Stress And Pesticides. *Microbiol. Res.* 199, 98–109
19. Arun Karnwal ; (2017), Isolation And Identifi Cation Of Plant Growth Promoting Rhizobacteria From Maize (*Zea Mays L.*) Rhizosphere And Their Plant Growth Promoting Eff Ect On Rice (*Oryza Sativa L.*), *Journal Of Plant Protection Research.*

20. Azib, S. (2020). La Symbiose Rhizobium-Luzerne : Etude De La Diversité Rhizobienne Et Essais D'inoculation En Vue D'améliorer Les Rendements En Fourrage Dans Le Sahara Septentrional Est-Algérien. Thèse De Doctorat. Université Kasdi Merbah Ouargla. P 6.
21. Backer, R., Rokem, J. S., Ilangumaran, G., Lamont, J., Praslickova, D., Ricci, E., ... & Smith, D. L. (2018). Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Context, Mechanisms Of Action, And
22. Bahlouli .Fl, Hamimid.Z. (2021). Rôles Et Effets Bénéfiques Des Microorganismes Pgpr .Mémoire De Master. Université Mohamed El Bachir El Ibrahim – B.B.A. P 9.
23. Bassair A, Et Lakhdar F, Mohamed A., (2022). Pgpr : Outils Microbiologiques Potentiellement Promotrices De La Croissance Des Plantes Aux Vertus Médicinales, Cas De Cresson (*Lepidium Sativum*) . Mémoire De Master. Université De Tissemsilt. P2-3.
24. Ben Merara K, Ben Hammada M, Ben Hassani N., (2022). Les Pgpr Et Leur Impact Sur Les Mécanismes De Bio Contrôle. Mémoire De Master. Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila. P 24.
25. Benaoufia.N Et Medjoudj.S Et All (2015) Amélioration De La Germination De Blé Dur Sous Stress Salin Par L'apport Des Bactéries Pgpr Et D'osmoprotecteurs Dérivés De L'algue arine *Ulva Lactuca*
26. Benchaib .F Z, Hachi M ., (2021). Isolement Et Caractérisation Des Rhizobactéries D'intérêt Biotechnologique . Mémoire De Master. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem. P14.
28. Bendjida. H , Aouadi S., (2019). Effet Promoteur Des Bactéries Pgpr Sur La Croissance De La Fève (*Vicia Faba L*). Mémoire De Master. Université Echahid Hamma Lakhdar El-Oued. P11-
29. Bendjida. H Et Aouadi .S.,(2019).Effet Promoteur Des Bactéries Pgpr Sur La Croissance De La Fève (*Vicia Faba L*).Thèse De Doctorat.Université Echahid Hamma Lakhdar El-Oued.P6-7.
30. Benhacene. Z, Messiad. M, Slimane Bouhrem. I., (2016). Evaluation Et Taxonomie Numérique Des Bactéries Promotrices Des Plantes Isolées De Rhizosphère Du Caps Cum Annum.Mémoire De Master. Université 8 Mai 1945 Guelma. P 25-28.
31. Benkemouche Souhila, Ghazi Zeyneb ; 2013 ; Effet De Certains Fongicides De Synthèse Sur La Croissance Mycelienne De *Fusarium Oxysporum* Pathogène De La Tomate
32. Bhattacharyya. P, & Jha. D, (2012). Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (Pgpr): Emergence In Agriculture. *World Journal Of Microbiology And Biotechnology*, 28(4), 1327–1350.
33. Borisade. O, Uwaidem. Yi Et Salami. A (2017). Rapport Préliminaire Sur *Fusarium Oxysporum* F. Sp. *Lycopersici* (Sensu Lato) De Certaines Zones Agroécologiques Productrices De Tomates Dans Le Sud-Ouest Du Nigeria Et La Sensibilité A L'infection des Hybrides De Tomate Résistants A La F1 (F1-Lindo). *Recherche Et Revue Annuelles En Biologie* ,1-9.

34. Bouaali. M, Boudjatat. W, Yassad .W, (2022). . Pgpr Et Leur Action Sur Les Mécanismes De Tolérance Au Stress Abiotiques. , Mémoire De Master. Centre Universitaire Abd Elhafid Boussouf Mila. P 15-22.
35. Bouaouina .I, Kamouche .I,Zitouni M , 2015 , Criblage Visant La Sélection Des Bactéries Promotrices De Croissance Des Plantes Isolées De La Rhizosphère De La Tomate Cultivée Dans La Région De Guelma
36. Boukerma. L ,2012 , Effet Des Pgpr (Pseudomonas Spp. Fluorescents) Sur Le Biocontrôle Et L'induction De La Résistance Systémique (Irs) Chez La Tomate Vis-A-Vis De La Fusariose Vasculaire ; Thèse – Mémoire
37. Bouneb. N, Boucceredj .H , 2015 . La Réponse Biochimique De Culture De Tomate A L'action Combinée De La Salinité Et De Botrytis Cinerea ; Mémoire De Master ; Université 8 Mai 1945 Guelma.
38. Boutoumou .H, And Boumaza. M. (2016). Etude De L'activité De Trichoderma Sp. Contre L'alternariose De La Tomate. Thèse De Master. Université Mentouri Constantine, Algérie.
39. Bouznad .A, (2016). Isolement Et Caractérisation Des Rhizobactéries Libres Et Endophytes (Bacillus Sp Et Pseudomonas Sp) : Etude De Leur Pouvoir Protecteur Vis-A-Vis De Fusarium Oxysporum F. Sp Lycopersici Et Leur Caractères Liés A La Promotion De La Croissance Des Plantes. Thèse De Doctorat.Université Mostaganem. P 22-30.
40. Bouznad.A And Bellahcene. M. (2015). Screening Of Free-Living And Endophytic Rhizobacteria With Potential Antagonistic Activity Against F. Oxysporum F. Sp Lycopersici For Their Potential As Plant Growth Promoters. Asian Jr. Of Microbiol. Biotech. Env.
41. Camille. R , Florence .G,Sonia et All (2019), Bioamorçage De La Germination Du Maïs Par La Rhizobactérie Favorisant La Croissance Des Plantes Azospirillum Lipoferum Crt1 , Journal De Physiologie Végétale 237
42. Campo. S, Martín-Cardoso H, Olivé M, Et Al (2020) Effect Of Root Colonization By Arbuscular Mycorrhizal Fungi On Growth, Productivity And Blast Resistance In Rice. Rice.
43. Cardinale, M.; Ratering, S.; Suarez, C.; Montoya, A.M.Z.; Geissler-Plaum, R.; Schnell, S.; Maria, A.; Montoya, Z.; Geissler-Plaum, R.; Schnell, S. (2015) Paradox Of Plant Growth Promotion Potential Of Rhizobacteria And Their Actual Promotion Effect On Growth Of Barley (Hordeum Vulgare L.) Under Saltstre
44. Carraier.J .(2018) Croissance Mycelin Des Champignons Et Implique Dans La Formations De Biofilm Et Agissent A Titre De Surfactants.

45. Chandra.D, Srivastava. R, (2019). Field Performance Of Bacterial Inoculants To Alleviate Water Stress Effects In Wheat (*Triticum Aestivum L.*). *Plant Soil* 441, 261–281.
46. Chen .X, Wu. L, Luo .N, Et All (2019) Arbuscular Mycorrhizal Fungi And The Associated Bacterial Community Influence The Uptake Of Cadmium In Rice. *Geoderma* 337:749–757.
47. Cherif. H. (2018). Amélioration De La Croissance Du Blé Dur En Milieu Salin Par Inoculation Avec *Bacillus Sp.* Et *Pantoea Agglomerans* Isolées De Sols. Thèse De Doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif 1.
49. Compant. S, Samad. A, Faist. H, & Sessitsch. A, (2019).A Review On The Plant Microbiome: Ecology, Functions, And Emerging Trends In Microbial Application. *Journal Of Advanced Research*, 19, 29–37
50. Cornelis. P, & Andrews. S. (2010). *Iron Uptake And Homeostasis In Microorganisms*. Caister Academic Press.
51. Crowley. D. (2000). Fonction Des Sidérophores Dans La Rhizosphère Végétale. Dans *La Rhizosphère* (Pp. 239-278). Crc Presse.
52. Dakar.N, 2012, *Techniques De Production De Semences De Tomate Au Sénégal*, Centre Pour Le Développement De L'horticulture Cambérène.
53. Darika. N And Sangeeta .S, Jorhat .C (2021) *Pgpr For Sustainable Rice Cultivation*, *Journal Of Applied And Fundamental Sciences*
54. Delaï. C, Munawar .S, Mian. N, Muhammad .R, Waqas .A, Zeshan. H, Muhammad. Z Et All (2023)*L'application Combinée De Rhizobactéries Favorisant La Croissance Des Plantes (Pgpr) Et De Champignons Mycorrhiziens Arbusculaires Révèle Une Fertilité Du Sol Et Une Production De Riz Améliorées*
55. Dhayalan. V., Babu. S., Rajendran, R, & Ramkumar, V. (2021). *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (Pgpr) And Their Role In Sustainable Agriculture*. In: Giri, B. (Ed.), *Plant-Microbe Symbiosis: Fundamentals And Advances*,
56. Didier. B et Claudine. F, (2020). *Frankia And The Actinorhizal Symbiosis. Molecular Aspects Of Plant Beneficial Microbes In Agriculture*. P 367-380.
57. Djaffri Sofia Et Khelifa Manel.2020 ; *Biocontrôle De La Fusariose Vasculaire De La Tomate Causée Par Fusarium Oxysporum* ; Université Saad Dahleb Blida 1.
58. Djebrit, S Et Slamati , K., & Salmi, F. (2023). *Isolement Et Caractérisation Des Bactéries A Potentiel Favorisant La Croissance Des Plantes, Associée A Quelques Plantes Spontanées Sahariennes*. Mémoire De Master. Université De Ghardaia. P 6-18.

60. Djelouat .W ,Mahdeb .D, (2019), Effet Pgp De Quelques Souches Actinomycétales Sur Les Caractères Morpho-Biochimiques De La Tomate *Solanum Lycopersicum*. Mémoire Présenté En Vue De L'obtention Du Diplôme De Master Université Des Frères Mentouri Constantine .
61. Douakha .F Et Guernine .F , 2013. Contribution A L'étude De La Tolérance A La Salinité Chez Quelques Variétés De La Tomate (*Solanum Lycopersicum L.*). Mémoire De Master2. Phytopathologie Et Phytopharmacie. Université 8 Mai 1945 Guelma ; 21-22p .
62. Doussan, C et Legall. S, Ruy.S & Bérard, A. (2024). Utiliser Les Racines Pour Moduler Les Impacts Des Déficits En Eau Et Améliorer La Gestion De L'eau Dans Les Agrosystèmes. *Sciences Eaux & Territoires*, 45, 8144.
63. Drogue B., Sanguin H., Borland S, Prigent-Combaret C., Wisniewski-Dyé F. 2014.Profilage D'expression De La Bactérie Phytostimulatrice *Azospirillum Lipoferum* A La Cour De L'interaction Avec Les Racines De Riz : Poster 37
64. Durairaj .J, Sugitha.S Thankappan.B. (2021)L'ingénierie De La Rhizosphère Du Riz Avec Des Rhizobactéries Favorisant La Croissance Des Plantes (Pgp) Stimule La Croissance Des Cultures Et Le Microcosme Du Sol Dans Un Sol Contaminé Par Un Colorant Blue-R
65. Elizabeth .D ;2020 ; Effet Répressif De *Bacillus Subtilis* Et De *Bacillus Pumilus* Envers *Rhizoctonia Solani* Sur Tomate Et Concombre De Serre ; Maîtrise En Biologie Végétale - Mémoire Maître Es Sciences (M. Sc.) Québec, Canada
66. Erika .S, (2023), Interactions Entre Les Communautés Microbiennes Du Sol Et Les Pgp Et Leur Influence Sur La Promotion De La Croissance Du Blé Et L'induction De La Résistance Contre *Mycosphaerella Graminicola*
67. Eshaghi .E , Mousae . S , Hendiyani . A (2021) . Evaluation Of The Potential Of Multi-Trait Pgp Isolates As Inoculants For Maize (*Zea Mays L*)Growth . *Iranlan Journal Of Microbiologie*.
68. Eshaghi E, Nosrati R, Owlia P, Malboobi Ma, Ghaseminejad P, Ganjali Mr. Caractéristiques De Solubilisation Du Zinc Chez Des Bactéries Du Sol Productrices De Sidérophores Efficaces. *Iran J Microbiol* 2019 ; 11 : 419–430. [Article Pmc Gratuit] [Pubmed] [Google Scholar
69. Foughalia, A. (2022). Recherche D'agents De Lutte Biologique D'origine Microbienne Contre Des Champignons Phytopathogènes. Thèse De Doctorat. Université Mohamed Khider De Biskra. P17.
70. Foughalia. A,2022 ; Recherche D'agents De Lutte Biologique D'origine Microbienne Contre Des Champignons Phytopathogènes. Université Biskra

71. Fradj.F ,Louibda. H ; 2019 ; Impact De L'inoculation De Microbionte Pgpr Isolé De La Rhizosphère De Plantes Steppiques Et Mise En Evidence De Leur Intérêt Agricole Dans La Culture De Tomate ; Université Ibn Khaldoun-Tiaret
72. Français Amogou, O, Agbodjato. N, Dagbénonbakin. G, Noumavo, P. Sina. H , Sylvestre. A , Adoko. M , Nounagnon. M , Kakaï. R , Adjanohoun. A. Et Baba-Moussa.L, (2019) Croissance Améliorée Du Maïs En Conditions Contrôlées Par Inoculation De Pgpr Sur Sol Ferrugineux Au Centre Du Bénin. Sciences De L'alimentation Et De La Nutrition , 10 , 1433-1451. Doi: 10.4236/Fns.2019.1012102
73. García. J, , Maroniche. G & All (2017). In Vitro Pgpr Properties And Osmotic Tolerance Of Different Azospirillum Native Strains And Their Effects On Growth Of Maize Under Drought Stress. Microbiol. Res. 202, 21–29ss. Microbiol. Res. 181, 22–
74. Ghaffari.H, Gholizadeh.A, Biabani.A ,(2018) Application De Rhizobactéries Favorisant La Croissance Des Plantes (Pgpr) Avec Différents Niveaux D'engrais Azotés Dans Le Riz (*Oryza Sativa* L.)
75. Gholami .A, Biyarib .A, Ghlipoor. M, Asadirahmani. H,(2012). Growth Promootion Of Maize (*Zea Mays* L.)By Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria Under Field Conditions. Communications In Soil Science And Plant Analysis, 43:1263-1272.
76. Giroux. L, (2015). Caractérisation De Rhizobactéries Du Groupe Des Bacillus Bénéfiques A La Croissance De La Tomate .Thèse De Doctorat. Université Du Québec A Trois-Rivières. P 35.
77. Glick. B, (2012). Plant Growth-Promoting Bacteria : Mechanisms And Applications. Scientifica, 2012(1), 963401.
79. Glick. B. , (2014).** *Bacteria With Acc Deaminase Can Promote Plant Growth And Help To Feed The World.* Microbiological Research, **169**(1), 30–39.
80. Gou, W, Tian. L, Ruan. Z, Zheng. P, Chen.F, Zhang. L & Hu.J, (2015). Accumulation Of Choline And Glycinebetaine And Drought Stress Tolerance Induced In Maize (*Zea Mays*) By Three Plant Growth Promoting Rhizobacteria (Pgpr) Strains. Pak J Bot, 47(2), 581-586.
81. Guettaf, G, & Chohri. N, (2021). Isolement Et Caractérisation Des Rhizobactéries Promotrices De La Germination Et De La Croissance Du Pois Chiche .Mémoire De Master. Université Ibn Khaldoun–Tiaret.P 8.
82. Guigars .L (2023) Reponses Phenotypiques Et Moleculaires Du Riz Au Coud'inyeractions Avec Des Microorganismes Du Sol
83. Hamdi. L, Et Mehaouat.N. (2018). Effet Promouvoir Des Bactéries Pgpr Sur La Croissance De La Fève (*Vicia Faba*). Mémoire De Master. Université Echahid Hamma Lakhdar El-Oued. P 26-

84. Hassan .E, Méthodes. X(2015), Caractère De Production D'acide-3- Acétique (Iaa), Un Criblage Utile Pour Sélectionner Des Bactéries Néophytes Pour Les Agents Favorisant La Croissance De Riz
85. Hayat. R., Ali. S., Amara.U., Khalid. R., Et Ahmed, I. (2010). Bactéries Bénéfiques Du Sol Et Leur Rôle Dans La Croissance Des Plantes : Une Revue. Annales De Microbiologie, 60, 579-598.
86. Idris. S, Iglesias, Dj, Talon. M. And Borriss. R. (2007) Tryptophan-Dependent Production Of Indole-3-Acetic Acid (Iaa) Affects Level Of Plant Growth Promotion By Bacillus Amyloliquefaciens Fzb42 Molecular Plant-Microbe Interactions 20 : 6,619-626.
87. Ijaz .A, Mumtaz .M, Wang. X, Ahmad .M, Saqib .M, Maqbool. H, Et All. Aperçu De La Solubilisation Du Manganèse Par Bacillus Spp. Pour Améliorer La Croissance Des Plantes Et L'absorption Du Manganèse Chez Le Maïs. Front Plant Sci 2021 ; 12 : 719504. [Doi] [Article Pmc Gratuit] [Pubmed] [Google Scholar]
88. Imran.M,Hammeda.B Et Kumar.K Et All (2022)Rhizobactéries Diazotrophes Indigènes Multiples Du Riz (Oryza Sativa L.) Rhizosphère Et Leur Effet Sur La Promotion De La Croissance Des Plantes
89. Jambhulkar. P, Sharma. P. (2013). Amélioration Des Caractéristiques De Croissance Des Plantules De Riz Par Le Développement Et L'utilisation D'une Bioformulation De Pseudomonas Fluorescens. Indian J. Agric. Sci. 83, 136–142. [Google Scholar]
90. Jha, Y,Subramanian. R, (2013) Paddy Plants Inoculated With Pgpr Show Better Growth Physiology And Nutrient Content Under Saline Condition. Chil. J. Agric. Res.
91. Jiban. S ,(2022)Promotion De La Croissance Des Plants De Riz (Oryza Sativa L.) A L'aide De Rhizobactéries Favorisant La Croissance Des Plantes (Pgpr) Isolées Du Nord-Ouest De L'éthiopie
92. Justyna Mozejko.C, 2021. Microbial Cell Factories Engineering For Production Of Biomolecules, Chapter 10 Pseudomonas Putida-Based Cell Factories. 2021, 165-181.
93. Kaioua. A Et ,Gairi .I.,(2015).Solubilisation Du Phosphate, Production De Sidérophores Et Activité Antifongique De Souches D'actinomycètes Et Du Genre Pseudomonas Isolées Des Sols Rhizosphériques. Identification De Souches Représentatives. Mémoire De Master. Université Des Frères Mentouri Constantine.P 3-4.
94. Kalam.S, Basu .A ;Podile. A , 2014 .Promtion Préférentielle De La Croissance De Lycopersicon Esculentum (Tomate) Par Des Bactérie Favorisent De La Croissance Des Plantes Associées A La Tomate . Journal Indien De Microbiologie .
95. Kaur. A, Devi. S , Vyas, Pratibha,(2018), Stress-Tolerant Antagonistic Plant Growth-Promoting Rhizobacteria From Zea Mays ,Journal Of Plant Protection Research.

96. Kerim. M, Mohammedi. H., & Mihoubi. C. (2011). Etude Des Propriétés Pgp D'une Rhizobactérie Isolée A Partir De La Rhizosphère Du Blé Dur. Mémoire De Master. Université Of Algiers 1 Benyoucef Benkhedda. P 10-18
97. Khan. M, Zaidi.H Et Javed.M , (2009). Microbille Stratégies For Croup Improvement. P : 1-371. Springer-Verlag Berlin Heidelberg
98. Kias .N, Ouadi. Ch (2017) . Effet Pgp De Quelques Streptomyces. Impact Sur Les Caractères Morpho-Biochimiques De La Tomate Lycopersicon Esculentum ; Mémoire Présenté En Vue De L'obtention Du Diplôme De Master Université Des Frères Mentouri Constantine .
99. Kour. D, Rana.K. L, Kaur. T, Yadav. N, Yadav.A & Dhaliwal, H. S. (2020). Plant Growth Promoting Rhizobacteria (Pgp): Current And Future Prospects For Sustainable Agriculture. In: Plant-Microbe Interactions In Agro-Ecological Perspectives, Springer, Pp. 431–459.
100. Kuan. Kb, Othman. R., Rahim. Ka, Et Shamsuddin. Zh (2016). Inoculation De Rhizobactéries Favorisant La Croissance Des Plantes Pour Améliorer La Croissance Végétative, La Fixation Et La Remobilisation De L'azote Du Maïs En Serre. Plos One 11:19. Doi: 10.1371/Journal.Pone.0152478
101. Ladjabi.Ch,(2019).Isolement Et Identification Des Bactéries Dans La Rhizosphère De 5 Variétés De Fèves Et Détermination Leurs Caractères Pgp . Mémoire De Master.Université Des Frères Mentouri Constantine 1. P7
102. Lambrecht. M,Okon.Y,Vande Broek. A, & Vanderleyden. J, (2000) . "Indole-3-Acetic Acid: A Reciprocal Signalling Molecule In Bacteria-Plant Interactions."; Trends In Microbiology, 8(7), 298-300.
103. Lamia .B ;2012 ;Effet Des Pgp (Pseudomonas Spp. Fluorescents) Sur Le Biocontrôle Et L'induction De La Résistance Systémique (Irs) Chez La Tomate Vis-A-Vis De La Fusariose Vasculaire
104. Larbi. D, Zourdani .S , (2022)Caractérisation Des Pgp « Bactéries Promotrices De La Croissance Des Plantes » Isolées De La Rhizosphère Du Blé Dur (Triticum Durum)
- 105.Lauriane. G ; Caractérisation De Rhizobactéries Du Groupe Des Bacillus Bénéfiques A La Croissance De La Tomate ; Mémoire Présenté A L'université Du Québec A Trois-Rivières .
106. Lehas .S ,Boumezbeur. R Et Bourouh.M.,(2024).Etude Des Microorganismes Bénéfiques Pour La Croissance Des Plantes. Université Constantine 1. P 9-10.
107. Lephatsi,M . Nephali ,L . Meyer , V. (2022) , Mécanismes Moléculaires Associés A L'amélioration De La Croissance , A L'amorçage Et A La Tolérance Au Stress Hydrique Induits Par Les Biostimulants Microbiens Chez Le Maïs . Sci Rep 12 , 10450 .

108. Letrech .A, Kermiche. A., (2021). Caractérisation De Quelques Modes D'action Des Pgp Chez Des Souches Isolées Des Deux Régions De La Wilaya De Constantine. Mémoire De Master. Université Des Frères Mentouri Constantine 1. P10.
110. Lin .Y, Myat T., Alessandro. O, John .A, Martin .A. ,Parry.J , Et Maureen. R. Hanson. 2014. « A Faster Rubisco With Potential To Increase Photosynthesis In Crops ». *Nature* 513 (7519): 547-550. Doi:10.1038/Nature13776.
111. Lin. Y., Watts. D, Kloepper, J.W., Torbert Iii, H.A. 2014. Influence Of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria On Corn Growth Under Different Fertility Sources. *Communications In Soil Science And Plant Analysis*. 49:1239-1255.
112. Lucas. P,(2024) . Etude De L'effet De L'inoculation De Plants De Tomate Hors Sol, Par Suivi Agronomique Et Approche Métabolomique *Sciences Du Vivant [Q-Bio]*. 2024. Ffdumas-04874368f.
113. Lyu.D Et Zajonc. J., Page..A Et Tanney. C Et Shah. A.Et Monjezi . N Et All , (2021). Plant Holobionttheory : The Phytomicrobiomeplays A Central Role In Evolution And Success. *Microorganisms*, 9(4), 675.
114. Derieux.M , Darrigrand.M , Yves. Y. Barrière, Bloc.D, Montalant.M Et Al.. (2020),Estimation Du Progres Genetique Realise Chez Le Mais Grain En France Entre 1950 Et 1985. *Agronomie*, 1987, 7 (1), Pp.1-11.
115. Maalem. A Et Sansri .D. (2014). Activité Anti-Phytopathogènes De Quelques Souches Rhizosphériques Appartenant Aux Groupes Des Actinomycètes Filamenteux Et Des Pseudomonas Spp Fluorescents.Université 8 Mai 1945 Guelma. 22p.
116. Madeh. A . Alonazi ,Hend .A . Alwathnani ;Fahd N .I.Al-Barakah , (2025), Native Plant Growth –Promting Rhizobacteria Containing Acc Deaminase Promte Plant Grawth And Alleviate Salinity Heat Stress In Maize (*Zea Mays L*).*Plants In Saudi Arabia* , King Saud University P.O. Box 2460 ,Riyadh 11451.
117. Mangmang. J , Dealer. R , Rogers .G ; 2015 .Effet Des Rhizobactéries Favorisant La Croissance Des Plantes Sur Les Caractéristiques De Germination Des Graines De Tomate Et Laitue ,Université De Sydney .
118. Marc. S Et Jean-Marc. J , (2013). Caractérisation De Rhizobactéries Augmentant Le Rendement De La Tomate De Serre , Département De Biologie Médicale, Université Du Québec A Trois-Rivières.

119. Marcel .Y , Agossou. D, Nadège.A, Olaréwadjou. A et all , (2022) , Effet De L'application Ou De L'enrobage D'un Biostimulant A Base De Pgpr Sur La Croissance, Le Rendement Et L'état Nutritionnel Du Maïs Au Bénin .
120. Massaoud. B, Rihane .N,(2024). Utilisation Des Bactéries (Pgpr) Pour Améliorer La Production Agricole Et Lutter Contre Les Champignons Nuisibles : Etude Appliquée Sur Le Blé. Mémoire De Master. Université Constantine 1 Frères Mentouri. P 11-13.
121. Massaoud .B,Rihane .N.(2024).Utilisation Des Bactéries (Pgpr) Pour améliorer La Production Agricole Et Lutter Contre Les Champignons Nuisibles : Etude Appliquée Sur Le Blé. Master.Université Constantine.79 :16-18.
122. Maude .P;2024 ; Evolution Expérimentale De Bacillus Subtilis Sur La Racine De Tomate En Présence Ou Non De Pseudomonas Fluorescens ; Mémoire Présenté Au Département De Biologie ; Université De Sherbrooke Sherbrooke, Québec, Canada
123. McGovern.R,(2015).Managementoftomatodiseasescausedbyfusariumoxysporum.Crop Protection, 73,78-92.
124. Metin .T, Fikrettin .S. (2014) The Effet Of Plant Growth Promoting Rhizobacter Strain On Wheat Yield And Qualité Paramètres
125. Bouchra.M Et Mlle Belhadjar. H ,(2021) , Isolement Et Caractérisation Des Bactéries Antagonistes Contre Fusarium Oxysporum F Sp Lycopersici Agent Causal De La Fusariose Vasculaire De La Tomate. Mémoire De Fin D'études En Vue De L'obtention Du Diplôme De Master Académique ; Université Deblida1.
126. Mohamed. A Et Lakhdar. F, (2022). Pgpr : Outils Microbiologiques Potentiellement Promotrices De La Croissance Des Plantes Aux Vertus Médicinales, Cas De Cresson (Lepidium Sativum) . Mémoire De Master. Université De Tissemsilt.P3.
127. Morcillo, R., Manzanera, M. (2021). The Effects Of Plant-Associated Bacterial Exopolysaccharides On Plant Abiotic Stress Tolérance. Metabolites 11, 33.
128. Nadarajah, K., Et Al. (2023). Pgpr Enhance Drought And Disease Resistance In Rice: Molecular And Physiological Insights. Plant And Soil, 488(1), 45–58.
129. Naidji. M Et Benguedouad. I.,(2020).Les Bactéries Rhizosphériques : Méthodes D'isolement D'identification Et D'étude De Leurs Activités Enzymatiques. Mémoire De Master. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A. P 3-5.
130. Nancib .N, (2025), Effets Des Pgpr Sur L'amélioration De La Croissance Végétale Sous Stress Abiotique P, 1

131. Narjes. H, Nedaa. Y, A, Vineetha. M. Cherian ,Magdy .S, (2012) , Application De Rhizobactéries Favorisant La Croissance Des Plantes (Pgpr) En Combinaison Avec Une Souche Bénigne Du Virus De La Mosaïque Du Concombre (Cmv) Associée A Des Arn Satellites Viraux Pour Améliorer La Croissance Et La Protection Contre Une Souche Virulente De Cmv Chez La Tomatev Chez La Tomate
132. Naseem. H,Ahsan. M, Shahid.M, & Khan. N. (2018). Exopolysaccharides Producing Rhizobacteria And Their Role In Plant Growth And Drought Tolerance. *Journal Of Basic Microbiology*, 58(12), 1009–1022.
133. Nautiyal. C ; Srivastava, S, Chauhan. Ps, Seem.K, Mishra.A ,Sopory. S. (2013). Plant Growth-Promoting Bacteria *Bacillus Amyloliquefaciens* Nbrsn13 Modulates Gene Expression Profile Of Leaf And Rhizosphere Community In Rice During Salt Stress. *Plant Physiol. Biochem.*
134. Neal. A , , Blackwell. M, Akkari.E., Guyomar. C, Clark. I, And Hirsch. P (2017). Phylogenetic Distribution, Biogeography And The Effects Of Land Management Upon Bacterial Non-Specific Acid Phosphatase Gene Diversity And Abundance. *Plant Soil*, 427(1-2), 175– 189. Doi:10.1007/S11104-017-3301-2
135. Neilands. J ,(1995). Sidérophores : Structure Et Fonction Des Composés Microbiens De Transport Du Fer. *Journal Of Biological Chemistry* , 270 (45), 26723-26726.
136. Nekkaa. I, (2022).Caractérisation Biochimique Et Effet De Bactéries Rhizosphériques Sur La Promotion De La Croissance De La Féve (*Vicia Faba L.*) En Hydroaéroponie. Thèse De Doctorat. Université Des Frères Mentouri Constantine 1. P4.
137. Noumavo. P , Kochoni. E, Didagbé. Y, Adjanohoun. A, Allagbé. M,Sikirou. R & Baba-Moussa, L. (2013). Effect Of Different Plant Growth Promoting Rhizobacteria On Maize Seed Germination And Seedling Development. *American Journal Of Pla-* Pelmont, J. (1995). Bactérie Et Enivrement.Adaptation Physiologique.
138. Ordookhani .K , Moezi .A ,Khavazi .K , Rejali. F ,(2013) . Effet Des Rhizobactéries Et Des Mycorhizes Favorisant La Croissance Des Plantes Sur La Qualité Des Fruits De La Tomate *Ishs Acta Horticulturae* 989 .
139. Orhan. F, (2016). Alleviation Of Salt Stress By Halotolerant And Halophilic Plant Growth-Promoting Bacteria In Wheat (*Triticum Aestivum*). *Braz. J. Microbiol.* 47, 621–627.
140. Pal K. K. And Gardener B. M, (2006). Biological Control Of Plant Pathogènes. *The Plant Health Instructor* : 1-25.
141. Patten. C Et Glick.Br (1996). Biosynthèse Bactérienne De L'acide Indole-3-Acétique. *Revue Canadienne De Microbiologie*, 42 (3), 207-220.

142. Peng . J, Jai M,Zang C, Wang. Z, (2021) ; Accumulation Of Beneficial Bacteria In The Rhizosphere Of Maize . (Zea Mays L) Grown In A Saline Soil In Responding To A Consortium Of Plant Grwth Promoting Rhizobacteria , Annals Of Microbiology 71 , Article Number :40
143. Pereira .S, Abreu.D, Moreira .H, Vega .A, Castro. P, Les Rhizobactéries Favorisant La Croissance Des Plantes (Pgpr) Améliorent La Croissance Et L'efficacité De L'utilisation Des Nutriments Chez Le Maïs (Zea Mays L.) En Conditions De Déficit Hydrique. Heliyon 2020 ; 6(10) : E05106. [Doi] [Article Pmc Gratuit] [Pubmed] [Google Scholar]
144. Pilipavicius. V,(2014). Organic Agriculture Towards Sustainability. Bod – Books On Demand. Isbn 978-953-51-1340-9
145. Purwanto. T, Widjonarko.B, Et Teguh .W(2019)Indol Acetic Acid Production Of Indigenous Plant Growth Promotion Rhizobacteria From Paddy Soil
146. Rahim. I, Fetimi.F, (2022). Effets Des Pgpr Et Les Méthodes Utilisées Pour Leur Caractérisation. Mémoire De Master. Université Frères Mentouri Constantine 1 . P 15-20.
147. Rajput. L. ; Imran. A. ; Maben. F. ; Hafez.F, Fauzia. A, Hafeez. Y, Hafeez. F, (2013). Salt-Tolerant Pgpr String Planococcus Rifietoensis Promotes The Growth And Yield Of Wheat (Triticum Aestivum L.) Cultivated In Saline Soil. Pak. J. Bot., 45, 1955–1962.
148. Rakotoarimanga.N, Zananirina. J, Ramamonjisoa.D, &Ramanankierana. H. (2014). Lutte Biologique Antifongique: Actinomycètes Du Sol Rhizosphérique Antagonistes De Fusarium Isolé Du Fruit De Tomate (Solanum Lycopersicum L., 1753) Pourri. Afrique Science: Revue Internationale Des Sciences Et Technologie .
149. Ramos.A, (2024)ldéveloppement D'une Bactérie Pgpr Endophyte Génétiquement Modifiée (Pantoea Agglomerans) Pour Améliorer La Tolérance Du Blé Dur (Triticum Turgidum Subsp. Durum) Aux Contraintes Biotiques
150. Rivero.R, Teresa .C. , Mittler. R, Francisco . F. Garcia-Sanchez, F. And Martinez, V. 2014. The Combined Effect Of Salinity And Heat Reveals A Specific Physiological, Biochemical And Molecular Response In Tomato Plants Plant, Cell And Environment 37, 1059–1073
151. Roadmap .T Commercialization Of Biostimulants For Sustainable Agriculture. Frontiers In Plant Science, 9, 1473.
152. Rojas-Tapias. D, Moreno-Galván. A, Pardo-Díaz.S., Obando.M., Rivera.D, And Bonilla. R. (2012).Effect Of Inoculation With Plant Growth-Promoting Bacteria (Pgp) On Amelioration Of Saline Stress In Maize (Zea Mays). Appl. Soilecol. 61, 264–272.

153. Rosa. P, Mortinho. E, Jalal. A, Galindo. F, Buzetti. S, Fernandes. G, Et Al. (2020). Inoculation De Bactéries Favorisant La Croissance Associée A La Réduction De La Fertilisation Phosphatée Dans La Canne A Sucre. *Front. Environ. Sci.* 8:32. Doi: 10.3389/Fenvs.2020.00032
154. Rosa-Rodríguez. R, Lara-Herrera. A, Trejo-Téllez. L, Padilla-Bernal. L, Solis-Sánchez, L Et Ortiz-Rodríguez. J, (2020). Water And Fertilizers Use Efficiency In Two Hydroponic Systems For Tomato Production. *Horticultura Brasileira.* 30 Mars 2020. Vol. 38, Pp. 47-52. Doi 10.1590/S0102-053620200107.
155. Rouf Shah. T, Prasad. K Et Kumar. P, (2016). Le Maïs : Une Source Potentielle De Nutrition Et De Santé Humaines : Une Revue. *Cogent Food Agric.* 54 : 1166995. Doi : 10.1080/23311932.2016.1166995
156. Rubin. R, Van Groenigen. K & Hungate. B, (2017). Plant Growth Promoting Rhizobacteria Are More Effective Under Drought: A Meta-Analysis. *Plant And Soil*, 416(1), 309–323.
157. Sagar. A, Dhusiya. K, Shukla. P, Ramteke. P, (2016). Salt Tolerance Plant Growth Promoting Bacterium *Enterobacter Cloacae* (Kp226569) In Sustainable Maize Production Under Salt Stress. In *Proceedings Of The International Conference On Advancing Frontiers In Biotechnologies For Sustainable Agriculture And Health (Afbsah)*, Allahabad, India, 25–26.
158. Sah. S, (2024). Effects Of Bioeffectors On Crop Productivity And Soil Health: A Meta-Analysis Across Crops And Environments. *Frontiers In Plant Science*, 15, 1333249.
159. Saino. T, 2020 ; Evaluacion De Bacterias Promotoras Del Crecimiento En Tomate ; Informe De Trabajo Final
160. Sanghun .L Et Front ,(2024) La Rhizobactérie *Bacillus Megaterium*, Qui Favorise La Croissance Des Plantes, Module L'expression Des Gènes Liés Aux Antioxydants Et Sensibles A La Sécheresse Pour Protéger Le Riz (*Oryza Sativa L.*) De La Sécheresse
161. Sarkar. J, Chakraborty. B, And Chakraborty, U. (2018). Plant Growth Promoting Rhizobacteria Protect Wheat Plants Against Temperature Stress Through Antioxidant
162. Sekhara .F, Sai . A, (2022). Rôle Des Pgp Dans La Promotion De La Croissance De La Culture De Blé Dur Et La Lutte Contre Les Microorganismes Nuisibles Qui Lui Sont Associés . Mémoire De Master. Université Mohamed El Bachir El Ibrahim B.B.A. P 22-23.
163. Shah, G, Jan. M, Afreen. M, Anees. M, Rehman. S, Daud. M, Malook. I, Jamil. M, (2017). Halophilic Bacteria Mediated Phytoremediation Of Salt-Affected Soils Cultivated With Rice. *J. Geochem. Explor.*, 174, 59–65.
164. Shahi. P, Et Al., (2016). Dynamique Nucléaire Et Réarrangement Génétique Dans Les Colonies Hétérocaryotes De *Fusarium Oxysporum*. *Fungal Gen. Biol.*, 91(2016), Pp.20-31.

165. Shahzed . A, Rupesh. T, Sayed. N,(2021) , Evaluation Potential Of Pgp To Protect Tomato Against Fusarium Will And Promote Plant Growth Laborty Of Plant Functional Genomics , School Of Applied Biosciences , Kyungbook National University , Daogu South Korea .
166. Sharma. D,Et All, (2022). Zinc-Mobilizing Pgp: Mechanisms And Their Potential For Sustainable Crop Production. *Agronomy*, 3(2), 5.
167. Sharma. S, Sayyed. R. Z, Trivedi.M, & Gobi.T,(2013), « Phosphate Solubilizing Microbes : Sustainable Approach For Managing Phosphorus Deficiency In Agricultural Soils. » Springerplus, 2(1), 587.
168. Sharma.A , Shankhdhar .D , Et Shankhdhar .Sc (2014)Promotion De La Croissance Des Géotypes De Riz Par Des Pgp Isolés De La Rhizosphère Du Riz
169. Signalling And Reducing Chloroplast And Membrane Injury. *J. Plant Growth Regul.* 37, 1396–1412.
170. Silva, R., Filgueiras, L., And Al., (2020). Gluconacetobacter Diazotrophicus Changes The Molecular Mechanisms Of Root Development In *Oryza Sativa L.* Growing Under Water Stress. *Int. J. Mol. Sci.* 21.
171. Sinawo .T , Samah. H , Kazeem .A , Mai .R, Stephen. A , Rasheed .A ,(2024) , Contribution Des Endophytes A L'amélioration Des Métabolites Bioactifs Des Plantes : Une Solution De Secours Contre La Bureaucratie Des Plantes Médicinales ,Pub Med.
172. Singh Swapnil ,Rajib Roychowdhury , Arkadeepjagota ,Surinder Sandhu ,Vinod Meshram ,Ashish Sharma ,(2023) , Impact Des Rhizobactéries Favorisant La Roissance Des Plantes (Pgp) Spécifiques A Chaque Espèce Sur La Diversité Phénotypique Et Biochimique Du Mais , Cold Spring Harbor Laboratory.
173. Singh. R,Jha. P, Jha. P, (2017). Bio-Inoculation Of Plant Growth-Promoting Rhizobacterium *Enterobacter Cloacae Znp-3* Increased Resistance Against Salt And Temperature Stresses In Wheat Plant (*Triticum Aestivum L.*). *J. Plant Growth Regul.* 36, 783–798.
174. Springer. J, Singh.R., & Arora. N, (2021). Plant Growth-Promoting Microbes: Diverse Roles In Agriculture For Sustainable Development. *Symbiosis*, 83(2), 199–216. 2
175. Stefano. P, Youness. R, Pegah .P, Romain .C, Julien. C Et François. L, Haute Ecole Du Paysage, D'ingénierie Et D'architecture (Hepia), Hes-So//Genève, 1254 Jussy, 2016
176. Susana. R, Jennifer .M, Vicente. M,Fernando P. (2023)Les Rhizobactéries Favorisant La Croissance Des Plantes Améliorent La Réponse Du Riz Aux Conditions De Changement Climatique

177. Syed .N, Shahzad. R, Tayade. R., Shahid.M., Hussain.A, Ali. M, & Yun. B (2021). Evaluation Potential Of Pgpr To Protect Tomato Against Fusarium Wilt And Promote Plant Growth Peerj .
178. Taia A, Shima. A, Nasr .M. (2022) Les Rhizobactéries Favorisant La Croissance Des Plantes Améliorent La Croissance, Les Réponses Morpho-Physiologiques, La Productivité De L'eau Et Le Rendement Des Plantes De Riz Sous Irrigation Goutte A Goutte Complète Et Déficitaire
179. Thiele-Bruhn. S. (2021). The Role Of Soils In Provision Of Genetic, Medicinal And Biochemical Resources. Philosophical Transactions Of The Royal Society Of London. Series B, Biological Sciences, 376(1834)
180. Vaishnav. A, Singh.J, Singh.P, Rajput. R, Singh. H., Sarma. B (2020) Sphingo Bacterium Sp. Bhu-Av3 Induces Salt Tolerance In Tomato By Enhancing Antioxidant Activities And Energy Metabolism. Front. Microbiol. 11,443.
181. Wang, H., Et Al. (2023). Biological Approaches To Increase Rice Yield And Stress Tolerance Using Pgpr. Current Research In Microbial Sciences, 5, 100201.
182. Waraporn .S, Juthatip .S, Nattawut .K, Et Punyisa.Ch(2025) Développement Et Application D'une Bioformulation De Trichoderma -Pgpr Pour Améliorer La Croissance Du Riz
183. X Xiang –Zhen ;D Jain-Jun ;L Zong –Wen . (2012) , To Study The Effect Of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria On Tomato Bacterial Wilt And Growth , Two Pgpr Comination T1 And T2 Were Prepared Based On The Resistane Relationship Of Bacillus Mucilaginosus Bx-1 Bacillus Su, Jornal Of Tropical Microbiology And Biotechnology .
184. Yoo.S, Weon, H.Y.; Song, J.; Sang, M.K. (2019) Induced Tolerance To Salinity Stress By Halotolerant Bacteria Bacillus Aryabhatai H19-1 And B. Mesonae H20-5 In Tomato Plants. J. Microbiol. Biotechnol., 29, 1124–1136.
185. Yvan. M, Agathe. M ,Rohan. R ,Jordan .V ,Claire.P Et All (2020) Intéractions Racines X Rhizobactéries Et Leur Variabilité Génétique Chez Le Blé
186. Zameer .M ,Zahid. H, Taassum .B , Ali. Q , Nasir .I,Saleem .M ,Butt.(2016). Les Pgpr Pourraient Potentiellement Améliorer La Croissance Des Plantes De Tomates Dans Un Environnement Soumis A Un Salin. Revue Turque D'agriculture Et De Sciences Et Technologies Alimentaires ,4(6),455-463 .
187. Zeffa. D, Fantin. L, Koltun. A., De Oliveira. A, Nunes. M, Canteri. M, & Gonçalves. L (2020). Effects Of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria On Co-Inoculation With Bradyrhizobium In Soybean Crop: A Meta-Analysis Of Studies From 1987 To 2018. Peerj, 8, 7905.

188. Zeng .W,Chang. A ,Jiesheng. H , (2024) , Effets Du Pgpr Et Du Gama –Pga Sur La Croissance Du Mais Et Lz Communauté Microbienne De La Rhzosphère De La Rhizosphère Dans Les Sols Salins ,Journal Homepage . Agricultural Water Management 295(2024) 10736 Tsipinana,
189. Zerrouk. A,(2017) , Application Des Pgpr Dans La Phytostimulation Et L'atténuation Des Stress Abiotiques (Salin / Allumique) Chez Une Culture De Maïs Cas De : Pseudomonas Et Bacillus , Th. Doct. : Agron. Doctorat Ensa : Département De Phytotechnie.

Annexes

Annexes

Les Applications de PGPR sur le Blé 2013_2025

Plante	Année	Chercheur(s)	Bactérie	Application
Blé	2013	Rajput et all	<i>Planococcus</i>	La croissance et le rendement accrus
Blé	2013	Cherchali.A Et Djebbar.R et Keda.Y	<i>Paenibacillus sp</i>	Augmentation de la croissance
Blé	2014	Metin. T et Fikrettin.S	<i>Azospirillum</i>	Favorisant la croissance des plantes sur le rendement et les paramètres de qualité du blé
Blé	2014	Cherif. f	<i>Bacillus</i>	Amélioration de la croissance de blé dur
Blé	2015	Benaoudia .N et Medjoudj.S	<i>Azotobacter et Achromobacter</i>	Amélioration de la germination de blé dur sous stress salin
Blé	2016	Sagar.A	<i>Klebsiella sp</i>	Augmentation de la teneur en proline en sucre solubles des plantes traitées
Blé	2016	Sezene. d	<i>Pseudomonas et Bacillus</i>	La croissance et le rendement du blé
Blé	2016	Orhan.l	<i>Thalassobacillus et Bacillus</i>	Augmentation de la longueur des racines
Blé	2016	Sebihi.F	<i>Pseudomonas</i>	Effet de l'inoculation bactérienne su la croissance de blé
Blé	2017	Singh .M	<i>Enterbacter cloacae</i>	Amélioration des paramètres de croissance de la teneur en chlorophylle
Blé	2018	Cherif.H	<i>Bacillus</i>	Améliorer la croissance du blé
Blé	2018	Sarkar et all	<i>Bacillus et Pseudomonas</i>	croissance et la sente du blé
Blé	2018	Jordan.V	<i>Pseudomonas et Azospirillum</i>	Augmente la croissance du blé
Blé	2019	Chandra et all	<i>Variovorax</i>	Amélioration des concentrations foliaires de nutriment, de la longueur des racines et des tiges
Blé	2019	Fendi.i	<i>Pseudomonas et</i>	Amélioration de la tolérance du blé dur au

			<i>Bacillus</i>	stress
Blé	2019	Yuko Krzyzaniak et Candice Mazoyom et all	<i>Champignons Mycorhizien a Arbuscules (CMA) et Bacillus</i>	Stimuler la croissance du blé
Blé	2020	Yvan.M et Agathe.M	<i>Azospirillum et Pseudomonas</i>	Améliorer le développement, la croissance du blé
Blé	2020	Laura.Rieusset	<i>Pseudomonas</i>	Impact des géotypes de blé sur le métabolisme secondaire des Pseudomonas
Blé	2021	Ansari et all	<i>Pseudomonas azotoformans</i>	Amélioration de la croissance et la sente du blé
Blé	2021	Syed .n et all	<i>Bacillus arayabhatai</i>	vitesse de germination longueur des racines et longueur des tiges améliorées
Blé	2022	Larbi.D et Zourdani.S	<i>Bacillus et Actinomyces</i>	Promotrice de la croissance de blé
Blé	2022	Kerrbab.S	<i>Halotolerantes</i>	La croissance du blé dur dans les sols salins
Blé	2023	Erika .S et all	<i>B2 et Paenibacillus</i>	Promotrice de la croissance de blé
Blé	2023	Shankar et Prasad	<i>Bacillus cereus</i>	Evaluer l'effet de PGPR tolérants a la dessiccation sur la croissance du blé sous stress hydrique
Blé	2023	Alskar et al.shwaiman	<i>Azospirillum lipoferum et Pseudomonas</i>	Amélioration de la capacité au champignon
Blé	2023	Barkane.l et aughassi.h	<i>Bacillus</i>	Améliorer le sol local et augmenter la production
Blé	2024	Ramos A	<i>Pantoea agglomerans</i>	Améliorer la tolérance du blé
Blé	2024	Boureghda.M	<i>Fusarium et fusarium pseudograminearum</i>	Améliorer la production agricole et lutter contre les champignons nuisibles

Blé	2025	Nancib.b	<i>Pseudomonas MR6. Bacillus sp</i>	Atténuation du stress hydrique
-----	------	----------	-------------------------------------	--------------------------------

Les Applications des PGPR dans le Riz 2013_2024

Plante	Année	Chercheur(s)	Bactérie	Application
Riz	2013	Jha et all	<i>Bacillus Pseudomonas</i>	Augmentation de N (26%)P (16%)K(31%)
Riz	2013	Chamam .A	<i>Azospirillum lipoferum</i>	La croissance du riz et augmenter le rendement
Riz	2013	Bashir.A et Midrarullah.M et Jehandar.S	<i>Azospirillum brasilense et Pseudomonas</i>	La croissance de la variété de riz
Riz	2013	Nautiyal et all	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Croissance améliorée accrue des plantes
Riz	2014	Drouge.B et Sanguin.H et all	<i>Azospirillum</i>	La croissance de la variété de riz
Riz	2014	Sen et all	<i>Pseudomonas et Bacillus</i>	Amélioration de la croissance et la sente de plante
Riz	2014	Sharma.A et Shanakhdhar.D et all	<i>Pseudomonas et Azospirillum</i>	Promotion la croissance des génotype de riz
Riz	2014	Awtar .S et Singh.A et all	<i>Pseudomonas et Azospirillum</i>	Favorisant la croissance du Riz
Riz	2015	Hassan.Etesami	<i>Bacillus</i>	Les agents favorisant la croissance du riz
Riz	2016	Li .m et all	<i>Rhizophagus</i>	Réduction de stress
Riz	2017	Shah .G et all	<i>Thalassobacillus denorans</i>	Augmentation du pourcentage et du taux germination
Riz	2017	Suzuk et all	<i>Mosseae Funneliformis</i>	La croissance mycorhizienne positive du riz
Riz	2018	Ghaffari.H et Gholizadeh.A e all	<i>Pseudomonas et Azotobacter</i>	Favorisant la croissance du Riz
Riz	2018	Kusajima	<i>Azospirillum sp</i>	La résistance systémique induite

			<i>B510</i>	contre la pyriculaire
Riz	2019	Purwanto ;Tridjok.A et Teguh.W	<i>Bacilles et Pseudomonas</i>	Production de croissance des plantes autochtones
Riz	2019	Thomase et all	<i>Brasilense</i>	Induction de croissance via le flavonoïde
Riz	2019	Chen.XW	<i>Rhizophagus</i>	Réduction de stress
Riz	2020	Campo et all	<i>Rhizophagus</i>	Augmentation d'eaux de pi dans les feuilles
Riz	2021	Darika .N et Sangeeta .S et all	<i>Azospirillum et pseudomonas et Bacillus et paenibacillus</i>	La culture du Riz durable
Riz	2021	Jasrotia et all	<i>Bacillus et Pseudomonas et Streptomyces</i>	Activité antagoniste contre XOO
Riz	2021	Mohamed Syazwan Ngalimat	<i>Bacillus et Pseudomonas et Enterabacter</i>	Améliorer la productivité du riz
Riz	2021	Asish.K et Durairaj .J et all	<i>Azospirillum et Bacillus</i>	Favorisant la croissance des plante et stimule la croissance des cultures
Riz	2022	Jiban.S	<i>Bacillus</i>	la croissance de trois cultivars de plants du riz
Riz	2022	Imran. M et Hameeda .B et all	<i>Pseudomonas et Azotobacter Bacillus</i>	La promotion de la croissance de riz
Riz	2022	Taia.A et shimaa.A et all	<i>Bacillus</i>	Améliorent la croissance du Riz
Riz	2023	Delai.C et Munawar.S et all	<i>Arbusculaire</i>	Impliquant des tolérances de stress abiotique
Riz	2023	Susana.R et Jennifer .M etv all	<i>Pseudomonas et Bacillus</i>	Favorisant de la croissance de riz

Riz	2023	King	<i>Burkholderia Vietnamiensis</i>	La croissance du riz et augmenter le rendement
Riz	2024	Sanghum.L et Front.M	<i>Bacillus</i>	La croissance du riz et le rendement des cultures
Riz	2025	Waraporn.S et Juthatip.S at all	<i>Bacillus velezensis</i>	Améliorent la croissance du Riz

Les Applications des PGPR sur le Maïs 2012_2025

Plante	Année	Chercheur(s)	Bactérie	Application
Mais	2012	Rojas –Tapias D	<i>PGPR (non spécifiés)</i>	Amélioration de la tolérance au stress salin chez le maïs Augmentation de la croissance et de la biomasse
Mais	2012	Gholami et al	<i>Azospirillum spp</i> <i>Azotobacter spp</i> <i>Pseudomonas fluorescens</i>	Amélioration de la croissance du maïs et de la fertilité du sol
Mais	2013	Jambhulkar PP et al 2013	<i>Pseudomonas fluorescens RRb-11</i>	Augmenter la résistance des plantes au stress
Mais	2013	Noumavo et al. (2013)	<i>P. fluorescens-P. putida et A. lipoferum</i>	augmentation significative du pourcentage de germination a été observée avec ces traitements
Mais	2014	Lin Y , et al	<i>PGPR(non spécifiés)</i>	Amélioration de l'établissement des racines et de la biomasse du maïs ,différentes sources fertilité
Maïs	2015	Cardinale et al., 2015	<i>Phosphate solubilisations bactérie</i>	Augmentation de la germination des graines, la croissance des plantes et de la teneur en P.
Mais	2016	Akram et al., 2016	<i>Enterobacter cloacae</i>	Augmentation de la croissance des racines et des pousses.
Mais	2016	<u>Kuan et al. (2016)</u>	<i>Mélange d' A. brasiliense avec Bra</i>	Augmentation du taux de germination des graines et du développement

			<i>dysrhizobium japonicum</i>	précoce.
Mais	2016	<u>Rouf Shah et al., 2016</u>).	<i>Poacées</i>	Alimentation animale devrait augmenter au cours de la même période.
Mais	2017	Anzuay et al., 2017	<i>Staphylococcus sciur</i>	Teneur accrue en nutriments, en chlorophylle et en protéines
Mais	2017	García et al., 2017	<i>Azospirillum spp.</i>	Teneur accrue en proline, poids sec accru des • pousses, taux de croissance et de germination améliorés des semis.
Mais	2017	ZERROUK, Azzedine Zakarya	<i>Pseudomonas et Bacillus</i>	Amélioration de la croissance des plantes
Mais	2017	Sébastien Renoud	<i>Azospirillum lipoferum CRT1</i>	Augmentation la résistance des plantes au stress
Mais	2017	Karnwal A	<i>Pseudomonas spp Bacillus spp</i>	Promotion de la croissance du maïs et blé par des PGPR isolés
Mais	2018	Lin et al	<i>PGPR (non spésifiés)</i>	Amélioration de la croissance du maïs sous différentes sources de fertilité
Mais	2018	Agbodjato An et al	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	améliorer la croissance et le rendement du maïs au Bénin
Mais	2018	Kaur et al	<i>Bacillus ssp</i>	Augmentation la résistance des plantes au stress, Solubilisation du phosphatee ,promotion de la croissance du maïs
Mais	2019	Rozier C et al	<i>Azospirillum lipoferum CRT1</i>	Amélioration de la germination du maïs par biopriming Augmentation de la croissance des plantules
Mais	2019	Eshaghi E .et al	<i>Enterobacter , Pantoea, Kluyvera Lelliottia , Klebsiella, Pectobacterium ,</i>	Amélioration de la germination , de la croissance et de la biomasse de maïs

			<i>Stenotrophomonas</i>	
Mais	2019	Français Amogou, O. et al	<i>Pseudomonas, Azospirillum, Azotobacter, Bacillus</i>	Amélioration de la croissance des plantes. Augmentation la résistance des plantes au stress. Réduction de l'utilisation des substances chimique
Mais	2020	Silva et al., 2020	<i>Bacillus spp</i>	Diminution des activités de l'ascorbate peroxydase et de la glutathion réductase, augmentation de la teneur en proline, amélioration de l'absorption des nutriments
Mais	2020	Rosa, Pal, 2020	<i>Azospirillum brasilense et de Bacillus subtilis</i>	Biocontrôle et protection des cultures
Mais	2020	Pereira S.I.A. et al	<i>Pseudomonas fluorescens, Cupriavidus necator</i>	Amélioration de l'efficacité d'utilisation des nutriments du maïs sous stress hydrique
Mais	2020	Zeffa D.M. et al	<i>Azospirillum sp</i>	Amélioration de l'efficacité d'utilisation des nutriments (azote et phosphore) chez le maïs sous conduction de déficit hydrique, Augmentation de la croissance des plants.
Mais	2020	M. Derieux, M et al	<i>Biostimulant à base de PGPR (non spécifiés)</i>	Amélioration de la croissance, du rendement et l'état nutritionnel du maïs au Bénin, Augmentation de la hauteur des plants, du diamètre de la tige, de la surface foliaire, du poids de 1000 grains et du rendement en grains
Mais	2021	Adoko et al., 2021	<i>P. putida</i>	la promotion de la croissance et du développement des cultures
Mais	2021	Shahrad R et al	<i>Bacillus aryabhatai SRB02, Fusarium</i>	Amélioration de la tolérance des plants de maïs au flétrissement vasculaire causé par <i>Fusarium oxysporum</i> , augmentation de la croissance et la biomasse des plants

Zea Mais	2021	Peng ,Jiel et al	<i>Consortium de PGPR (non spésifié)</i>	Amélioration de la télérance au stress salin chez le maïs Augmentation de la croissance et de la biomasse
Zea Mais	2021	Eshaghi et al	<i>Enterbacter , Pantoea Kluyvera, Lelliottia , Klebsiella , Pectobactrophomo nas</i>	Amélioration de la germination ,de la croissance et de la biomasse du maïs
Mais	2021	Ijaz M et al	<i>PGPR(non spécifies)</i>	Amélioration de la croissance et du rendement du maïs sous climat aride . Augmentation de la surface foliaire, du diamètre de tige ,de la hauteur des plantes ,de la biomasse sèche ,de l'indice de chlorophylle ,du nombre de grains par épi,de poids de 100 grains et du rendement en grains.
Mais	2022	Marcel Yévèdo Adoko et al 2022	<i>Pseudomonas putida</i>	Amélioration de la croissance des plantes augmenter la croissance et le rendement du maïs
Mais	2022	Lephatsi,M et al	<i>Consortium de Bacillus spp</i>	Amélioration de la croissance du maïs ,tolérance accrue au stress hydrique , modulation des réponses métabliques et épigénétiques
Mais	2022	Ahmed ,M et al	<i>Consortium thermotolérant B3p (Bacillus spp . et pseudomonas spp)</i>	Augmentation de la biomasse , régulation des protéiens de choc thermique .
Mais	2022	Peng ,J, et al	<i>PGPR haltolérants (Pseudomonas soyae ,Bacillus haynessi ,Salinicola halophilus , Staphylococcus</i>	Amélioration de la croissance du maïs sous stress salin , Augmentation de la biomasse et de l'acti-enzymatique du sol.

			<i>petrasil</i>)	
Mais	2023	Singh et al	<i>PGPR spécifiques aux espèces</i>	Effets synergiques sur la croissance du maïs , amélioration de la biomasse , des paramètres racinaires et de la teneur en nutriments
Mais	2023	Ahmed et al	<i>Consortium thermotolérant B3P (Bacillus spp . et Pseudomonas spp.)</i>	Induction de la tolérance à la chaleur chez le maïs , Augmentation de la biomasse , régulation des protéines de choc thermique
Mais	2024	Tsipinana et al	<i>Bacillus cereus 11MN1 ,B . Pseudomycoïdes 21MN1B,lelliottia amnigena 33MP1,Leclercia adecarboxylata 36MP8</i>	Amélioration de la tolérance au stress combiné de sécheresse et de chaleur chez le maïs ,modulation des gènes de réponse au stress CAT2 et DHN2
Mais	2024	Zeng et al	<i>PGPR M10 (non spécifique) combiné avec gamma -PGA</i>	Amélioration de la croissance du Maïs en sol salin , réduction de la teneur en Na foliaire ,augmentation de la biomasse
Mais	2025	Madaha A et al	<i>Bacillus , Pseudomycoïdes ,Staphylococcus</i>	Amélioration de la croissance du Maïs en sol salin

Plante	Année	Chercheur(s)	Bactérie	Application
Tomate	2012	Dakar, 2012	<i>Lycopersicon esculuntum Mill(Salanaceae)</i>	Croissance des plantes, Amélioration de développement des systèmes racinaires Augmentation de capacité d'absorption de l'eau et les éléments nutritifs
Tomate	2012	Xiang-zhen et al	<i>Bacillus Subtilis Pseudomonas Flurescens</i>	Amélioration de la croissance aux maladies
Tomate	2012	Amaresan N Jayakumar V Kumar k Thajuddin N	<i>Bacilluss Pseudomonas</i>	Amélioraation la croissance des plantules des tomates et de piment
Tomate	2012	Lamia Boukerma ;2012	<i>Pseudomonas Sp LBUM 300 Pseudomonas</i>	Amelioration de la croissance des plantes
Tomate	2012	Narjes H. Dashti Nedaa Y. Ali Vineetha M. Cherian Magdy S. Montasser(2012)	<i>Solanum lycopersicon L</i>	favoriser la croissance des plantes, les PGPR sont connus pour renforcer les défenses systémiques des plantes contre les agents pathogènes foliaires tels que les virus qui attaquent les tissus éloignés de la sphère d'activité des PGPR
Tomate	2013	Marc Sirois1 , Ph.D et Jean-Marc Juteau1 , Ph.D 2013	<i>Bacillus</i>	testé les différentes souches pour leurs capacités de fixation d'azote (croissance sur milieu sans azote), de solubilisation du phosphate (milieu de culture avec phosphate insoluble), de protection d'hormones végétales (production d'auxines par dosage d'acide indole acétique) et de sécrétion de molécules antimicrobiennes (tests d'inhibition de croissance de mycètes pathogènes).
Tomate	2013	Douakha Fatiha et Guernine Faten ; 2013	<i>Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici, et à Verticillium dahliae</i>	Amelioration de la croissance des plantes
Tomate	2013	<u>Benkemouche Souhila, Ghazi Zeyneb</u>	<i>Fusarium oxysporum</i>	Amelioration de la croissance des plantes
Tomate	2013	Ordookhani K et al	<i>Pseudomonas Putida Azotaacter chroococcum</i>	Amélioration de la qualité des fruits de tomates de la vitamine c des soides
Tomate Concombre Haricot	2014	Rakotoarimanga et al., 2014	<i>Actinomycètes</i>	La croissance des plantes. traduit dans le développement des parties racinaires et aériennes .Iremarquable sur le poids frais et le poids sec

Tomate	2014	Rivero, R.M et al 2014	<i>Solanum lycopersicon cv. Optima</i>	Réduit la croissance des plantes et l'activité photosynthétique, Induit l'accumulation d'espèces réactives de l'oxygène
Tomate	2014	Pilipavicius 2014	<i>Solanum lycopersicum</i>	Amélioration de la croissance des plantes
Tomate	2014	- Kalam S; Basu A PoDILE A ;	<i>Pseudomonas ; Bacillus ; Aeromonas ; Enterbacter</i>	Amélioration de la croissance et de la tomate , production D'IAA ,solubilisation du phosphate ,formation de biofilm ,activité antagoniste contre Fusarium Spp.
Tomate	2015	Bouznad et Bellahcene, 2015	<i>Pseudomonas spp Bacillus spp</i>	Augmentation de la croissance de la plante en termes de longueur des racines, longueur des pousses et poids sec
Tomate	2015	Bouneb Nabila Boucceredj Houda 2015	<i>Lycopersicon esculentum Miller</i>	augmentation de production et superficie, la culture de tomate trouve des difficultés à se développer
Tomate	2015	LAURIANE GIROUX ; 2015	<i>Bacillus Bacillus subtili</i>	la croissance de plantes via la production 3 d'antibiotiques et de métabolites antifongiques augmenter l'acidité du sol
Tomate	2015	McGovern,2015	<i>Pseudomonas fluorescens, Fusarium oxysporum</i>	Augmenté les rendements
Tomate	2015	Mangmang J ; Dealer R ;Rogers G	<i>Azospirillum brasienense</i>	Amélioration du taux de germination ; Augmentation de la longueur et du poids des racines ; meilleure vigueur des plantules se tomate
Tomate	2016	Boutoumou et Boumaza, 2016	<i>Lycopersicon esculentum Miller</i>	Amélioration de la croissance des plantes
Tomate	2016	Stefano PEDRAZZI 2016	<i>Pseudomonas fluorescens, P. putida</i>	stimule la croissance de la plante augmente la nutrition minérale de la plante
Tomate	2016	Zameer M et al	<i>Bacillus megaterium (souches Zm3 ,Zm4 , Zm6 , Zm7)</i>	Amélioration de la croissance des plantes Augmentation de la longueur des pousses et des racines ,de la surface foliaire de nombre de feuilles ,des poids total des pousses et des racines ,et des contenus en chlorophylle anthocyanine et caroténoïdes
Tomate	2016	(Shahi et al.,2016	<i>Fusarium oxysporum</i>	Amélioration de la croissance des plantes stimulation de la croissance
Tomate	2017	KIAS Nassima OUADI Chahrazed (2017)	<i>Lycopersion esculentum avec des souches streptomycetes</i>	Croissance des plantes tolérance aux stress abiotiques

Tomate	2017	Borisade et al., 2017	<i>Fusarium oxysporum f sp lycopersici</i>	Amelioration de la croissance des plantes stimulation de la croissance
tomate	2018	Carrier, 2018	<i>radicis luopersici</i>	Inhibiteur sur la croissance mycélienne des champignons
Tomate	2019	Yoo et al., 2019	<i>P. aeruginosa, P. stutzeri</i>	Longueur accrue des racines et des pousses Niveaux significativement plus élevés de proline, abscissique.
Tomate	2019	DJELOUAT Wassila MAHDEB Djihane (2019)	<i>Solanum Lycopersicum</i>	Mettre en evidence l'effet des souches actinomycetales sur la croissance des plantes de tomates en presene et absence d'un stress salin
Tomate	2019	- Fradj, Fadhila .Louibda, Hanane 2019	<i>Solanum lycopersicum L Bacillus et Pseudomonas</i>	Amélioration de la tolérance au stress salin Augmentation de la teneur en acides aminées
Tomate	2020	Vaishnav et al., 2020	<i>Sphingobacterium BHU-AV3</i>	Protection totale de la plante par l'IST augmentation des activités enzymatiques antioxydantes
Tomate	2020	Rosa-Rodríguez et al. 2020	<i>Solanum lycopersicum</i>	Amelioration de la croissance des plantes augmenter l'efficience nutritionnelle des cultures réduisant les besoins de fertilisation sans risquer de compromettre les rendements
Tomate	2020	DJAFFRI Sofia et KHELIFA Manel	<i>Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici (Fol</i>	Amelioration de la croissance des plantes stimulation de la croissance .
Tomate	2020	Élizabeth Demeule 2020	<i>Cucumis sativus L. Solanum lycopersicum L</i>	Stimulation de la croissance de plantes. Production de sidérophores et de composés antifongiques dans le sol.
Tomate	2020	Saino, Torcuato José 2020	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Amelioration de la croissance des plantes
Deux variétés de tomate	2021	(Syed Nabi et al., 2021)	<i>Bacillus aryabhatai SRB02</i>	Amelioration de la croissance des plantes et a réduit de manière intéressante la maladie chez les cultivars de tomate tolérants et

(sensibles et résistantes)				sensibles. l'augmentation du HP était significativement
Tomate	2021	Mlle KOUIDRI Bouchra et Mlle BELHADJAR Hadjer ; 2021	<i>Pseudomonas spp fluorescent.</i>	Amélioration de la croissance des espèces végétales par des effets direct ou indirect et la Amélioration de la croissance et de la santé des plantes. Réduction de l'utilisation des substances chimiques
Tomate	2022	<u>Foughalia, Abdelhamid</u>	<i>Bacillus safensis SJ4. Pseudomonas veronii RSAB3,</i>	Amélioration de la croissance et de la santé des plantes. Réduction de l'utilisation des substances chimiques
Tomate	2024	Lucas Pierard,2024	<i>Bacillus</i>	l'amélioration de l'absorption des nutriments, l'induction de la rhizogenèse, la production de phytohormones et l'ajustement osmotique par la production d'osmolytes organiques
Tomate	2024	MAUDE POMERLEAU 2024	<i>Bacillus subtilis Pseudomonas fluorescens</i>	la croissance et la protection des plantes Colonisation racinaire Évolution ex périmentale
Tomate	2024	Amenan Fanny Akpo 2024	<i>Lycopersicon esculentum L Solanum lycopersicum O. gratissimum L</i>	Augmentation de la biosynthèse de la couleur et des composants volatiles de l'arôme Amélioration globale de la qualité organoleptique des fruits