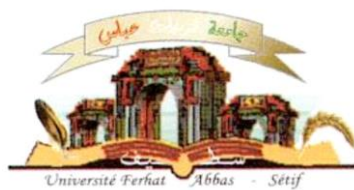


Université Ferhat Abbas Sétif 1

Faculté des Sciences de la  
Nature et de la Vie



جامعة فرحات عباس، سطيف 1  
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE

N°...../SNV/2025

## MÉMOIRE

Présenté par  
**Aberkane Imane**  
**Fenanir Aya**  
**Hadj sabri Meriem**

Pour l'obtention du diplôme de

## MASTER

Filière : Sciences biologiques  
Spécialité : Microbiologie

## THÈME

# Elicitation de la résistance systémique induite chez les plantes par les PGPR

Soutenue publiquement le : 28/06/2025

### DEVANT LE JURY

|                        |     |             |           |
|------------------------|-----|-------------|-----------|
| <b>HADJIRA Sabrina</b> | MCB | UFA Sétif 1 | Président |
| <b>BENSLIM Asma</b>    | MCB | UFA Sétif 1 | Promoteur |
| <b>KANOUNI Lina</b>    | MCB | UFA Sétif 1 | Examineur |

Année universitaire  
2024-2025

## Remerciement

Tout d'abord nous tenons à remercier **ALLAH** le tout puissant de nous fournir de la patience au moment de besoin, de la force au moment de la faiblesse et de la volonté contre le désespoir, et de nous avoir permis d'en arriver là.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à notre encadrante Dr. **BENSLIM Asma**. Son encadrement rigoureux, ses orientations précieuses et son soutien constant ont grandement contribué à la réalisation de ce mémoire. Sa guidance nous a été essentielle pour mener à bien ce mémoire.

Nous adressons nos sincères remerciements aux membres du jury pour avoir accepté d'évaluer notre travail. Leur présence, leur lecture attentive et leurs remarques constructives témoignent de leur engagement scientifique, et nous leurs sommes profondément reconnaissantes pour le temps qu'elles ont consacré à l'examen de ce mémoire.

Enfin, nos remerciements vont à toutes celles et ceux qui, de près ou de loin, ont apporté leur aide et leur soutien à la réalisation de ce mémoire.

## Dédicace

*Avant toute chose, je rends grâce à **Allah**, Le Tout-Puissant, Le Très Miséricordieux. C'est par Sa grâce, Sa lumière et Sa miséricorde que j'ai trouvé la force d'avancer, même dans les moments les plus sombres. **Alhamdulillah** pour chaque souffle, chaque épreuve, chaque réussite. C'est à Lui que revient la louange, et c'est vers Lui que se tourne toute reconnaissance.*

*À **ma chère mère, Charifa** Toi qui as prié pour moi en silence, versé des larmes dans l'ombre, et porté mes peines comme si elles étaient les tiennes. Ta tendresse, ta patience, tes encouragements et ta foi en moi ont été un refuge dans l'orage. Je ne pourrai jamais te remercier à la hauteur de ton amour. Qu'Allah t'élève en degrés, te protège et t'accorde la paix dans cette vie et dans l'au-delà.*

*À **mon père bien-aimé, Abdelmalek** Toi qui as toujours été un pilier, fort et discret, un guide dans mes choix, un modèle de persévérance. Ta rigueur, ta sagesse et ton soutien indéfectible m'ont appris la valeur du travail, de l'effort et de la dignité. Qu'Allah te récompense pour chaque sacrifice, qu'Il t'accorde longue vie, santé et sérénité.*

*À mes **sœurs : Nihad, Ikram et Ines**. Merci pour votre présence, votre complicité, vos mots d'encouragement. Qu'Allah nous garde unis et vous accorde le bonheur et la réussite.*

*À mes amies sincères : **Chahrazed, Kaouther, Soundous, Maroua et Malek**. Merci d'avoir cru en moi, même quand je doutais de moi-même. Vos attentions ont compté plus que vous ne l'imaginez. Qu'Allah vous protège et vous comble de Ses bienfaits.*

*Et à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à ce travail, Merci. Qu'Allah vous bénisse et vous récompense pour chaque bonne action.*

## Dédicace

بفضل وتوفيق من عند الله عز وجل

*Je te dédie ce travail, à toi, **Meriem Hadj Sabri**, Toi qui as traversé des jours où la lumière semblait lointaine, mais tu as continué d'avancer. Toi qui as douté de ta force plus d'une fois, qui as pleuré en silence derrière des portes closes, puis t'es relevée comme si tu ne t'étais jamais effondrée. Ce mémoire n'est pas qu'un document académique. C'est le témoignage vivant de ta force intérieure, de ta patience, et de ta détermination à te frayer un chemin, même quand tous les chemins semblaient bloqués. Je te le dédie pour chaque fois où tu as dit « je n'en peux plus » et où tu as pourtant continué. Pour chaque larme versée en silence, chaque soupir caché aux autres. Pour toutes ces nuits passées à étudier malgré l'épuisement, et pour chaque matin où tu t'es levée, même sans énergie.*

*À la personne que tu étais au début de ce parcours, pleine de peur mais aussi de rêves, Et à celle que tu es aujourd'hui — plus forte, plus lucide, plus proche de soi.*

*Je le dédie aussi : À **mon père** bien-aimé, **Smail Hadj Sabri**, Mon roc, mon modèle, mon héros, Dont l'amour et le soutien inconditionnels m'ont donné la force de poursuivre mes rêves, Et dont les sacrifices m'ont permis de réaliser mes ambitions. Je te remercie pour tout ce que tu as fait pour moi, Pour ta patience, ta compréhension et ton amour.*

*À **ma mère chérie**, **Seffar Karima**, Mon ange gardien, ma lumière, mon refuge, Dont l'amour et la tendresse m'ont enveloppée de douceur et de sécurité, Et dont les mots d'encouragement m'ont donné la force de continuer, Même dans les moments les plus difficiles. Je te remercie pour tout ce que tu as fait pour moi, Pour ta présence, ton soutien et ton amour.*

*À **mes frères chéris**, **Benjamin Hadj Sabri** et **Sid Ali Hadj Sabri**, Qui m'ont offert des sourires quand le monde était lourd, Et m'ont fait sentir que je n'étais jamais seule.*

*À **mes amies précieuses**, **Chaima**, **Sabrina**, **Houda**, **Manel**, **Katiba**, **Dalila**, **Rania**, **Nour** et **Chams**, Qui ont été des sources de joie, de soutien et d'inspiration, Et dont la présence sincère a été un réconfort dans les moments de chute.*

*Et à tous ceux qui ont croisé ma route, même brièvement, Et y ont laissé une trace de lumière...  
Ce travail vous appartient aussi. J'espère que cela vous convient !*

**Meriem**

## اهداء

### الحمد لله حتى يبلغ الحمد منتهاه

لنفسي التي صمدت وقاومت وصدقت انني سأفعلها واكملت ما تركته عالقا نعم شكرا يا انا لأنك صبرت وأمنت بي.

لأمي التي ساندتني من أول قرار اتخذته لإكمال مسيرة الألف خطوة كانت السند القائم أنا واقفة اليوم بعد فضل ربي بسببك.

إلى زوجي نسيم الذي لطالما ساندني ووقف معي في كل صغيرة وكبيرة وتخطينا الصعاب معا لولاك ما فعلتها أدامك الله لنا تاجا فوق رؤوسنا.

إلى بناتي أماني وأمنية، غالياتي لقد فعلناها معا لن أنسى كل صباح أيقظكن في برد في حر كل دمة في سبيل هذا اليوم الذي تكن فيه معي في اصدق لحظات حياتي انا لكن وأنتن لي احبكما.

إلى روح أبي رحمة الله عليك متيقنة أنك لو كنت معي اليوم لرأيت دمعتك على خدك ولكنك مسحتها وقبلتك على رأسك وقلت: صغيرتك كبرت أصبحت أما وتخرجت حبيبي يا أبي لن تصفك الكلمات ولن تنصفك.

إلى إخوتي أمين والعمرية أدامكم الله في رعايته وشكرا لكما.

## ملخص

المقاومة الجهازية المستحثة (ISR) هي آلية دفاعية لدى النباتات يتم تفعيلها بواسطة كائنات دقيقة نافعة، لا سيما البكتيريا المحفزة لنمو النبات (PGPR)، حيث تقوم هذه الأخيرة بتنشيط مناعة النبات دون التسبب في مرض. يتناول هذا البحث أنواعاً مختلفة من المحفزات البكتيرية مثل الأنماط الجزيئية المرتبطة بالميكروبات (MAMPs) كالفلجلين، والليبوبوليسكاريدات، والبيبتيدوغليكان، بالإضافة إلى الليبوببتيدات الحلقية، وسيانيد الهيدروجين، والمركبات العضوية المتطايرة، والسايدروفورات، وبعض المضادات الحيوية. تتعرف الخلايا النباتية على هذه الجزيئات عبر مستقبلات محددة على سطحها مثل مستقبلات كيناز شبيهة بالمستقبلات (RLKs)، والمستقبل (Flagellin-Sensing 2 (FLS2)، ومستقبلات الجدار الخلوية (WAK)، والمستقبل PEPR. تؤدي هذه التعرفات إلى تفعيل سلسلة من الإشارات تشمل المسارات الهرمونية لحمض الجاسمونيك، والإيثيلين، وحمض الساليسيليك، إلى جانب تنظيم نسخ بعض المورثات عبر عوامل رئيسية مثل NPR1 و PDF1.2. تؤدي هذه المسارات إلى استجابات دفاعية جهازية مثل إنتاج أنواع الأكسجين التفاعلية، والاستجابة المفرطة، والموت الخلوي المبرمج، وتنشيط مسار ليوكوسيجيناز، وتعزيز الحواجز البنيوية، مما يمكن النبات من مقاومة أفضل للهجمات الممرضة المستقبلية.

**الكلمات المفتاحية:** المقاومة الجهازية المستحثة، التحفيز، دفاعات النبات، البكتيريا المحفزة لنمو النبات، الأنماط الجزيئية المرتبطة بالميكروبات، مستقبلات النباتات

## Résumé

La résistance systémique induite (ISR) est un mécanisme de défense des plantes activé par des microorganismes bénéfiques, notamment les bactéries promotrices de croissance (PGPR), qui déclenchent une immunité sans provoquer de maladie. Ce mémoire explore les différents types d'éliciteurs bactériens, tels que les MAMPs (flagelline, lipopolysaccharides, peptidoglycane), les lipopeptides cycliques, le cyanure d'hydrogène, les composés organiques volatils, les sidérophores et certains antibiotiques. Ces molécules sont perçues par des récepteurs spécifiques à la surface des cellules végétales, comme les Receptor-Like Kinases (RLKs), Flagellin-Sensing 2 (FLS2), Wall-Associated Kinase (WAK) et PEPR. Leur reconnaissance déclenche une cascade de signalisation impliquant les voies hormonales de l'acide jasmonique, de l'éthylène et de l'acide salicylique, ainsi qu'une régulation transcriptionnelle *via* des facteurs clés comme NPR1 et PDF1.2. L'activation de ces voies conduit à des réponses de défense systémiques telles que la production d'espèces réactives de l'oxygène, la réponse hypersensible, la mort cellulaire programmée, la stimulation de la voie de la lipoxygénase et le renforcement des barrières structurales, permettant à la plante de mieux résister aux futures agressions pathogènes.

**Mots clés :** ISR, Élicitation, Défense des plantes, PGPR, MAMPs, Récepteurs végétaux,

## **Abstract**

Induced Systemic Resistance (ISR) is a plant defense mechanism activated by beneficial microorganisms, particularly Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR), which trigger immunity without causing disease. This thesis explores various types of bacterial elicitors, such as Microbe-Associated Molecular Patterns (MAMPs) like flagellin, lipopolysaccharides, and peptidoglycan, as well as cyclic lipopeptides, hydrogen cyanide, volatile organic compounds, siderophores, and certain antibiotics. These molecules are perceived by specific receptors on the surface of plant cells, such as Receptor-Like Kinases (RLKs), Flagellin-Sensing 2 (FLS2), Wall-Associated Kinase (WAK), and PEPR. Their recognition triggers a signaling cascade involving the jasmonic acid, ethylene, and salicylic acid hormonal pathways, along with transcriptional regulation by key factors such as NPR1 and PDF1.2. The activation of these pathways leads to systemic defense responses including reactive oxygen species production, hypersensitive response, programmed cell death, stimulation of the lipoxygenase pathway, and reinforcement of structural barriers, thereby enhancing the plant's resistance to future pathogen attacks.

**Keywords:** ISR, Elicitation, Plant defense, PGPR, MAMPs, Plant receptors.