

Génomique comparative et mécanismes moléculaires de la résistance quantitative à *Aphanomyces euteiches* chez les principales légumineuses à graines



Dr. Théo Leprévost

Cérémonie de remise des Médailles d'Argent-Dufrenoy de l'Académie d'Agriculture de France - 24/09/2025

Directrices de thèses: Dr. Marie-Laure Pilet-Nayel & Dr. Akiko Sugio

Équipe et Unité : Résistance et Durabilité (RD), UMR IGEPP, INRAE, Le Rheu (35650)

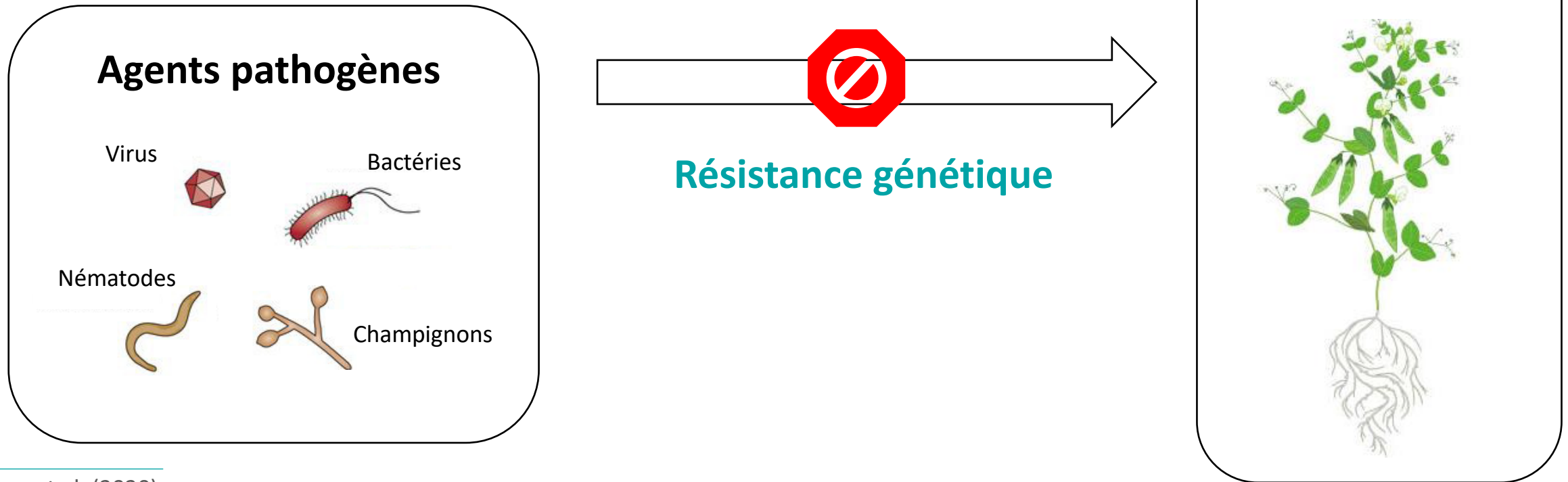


CULTIVER
PROTÉGER
autrement

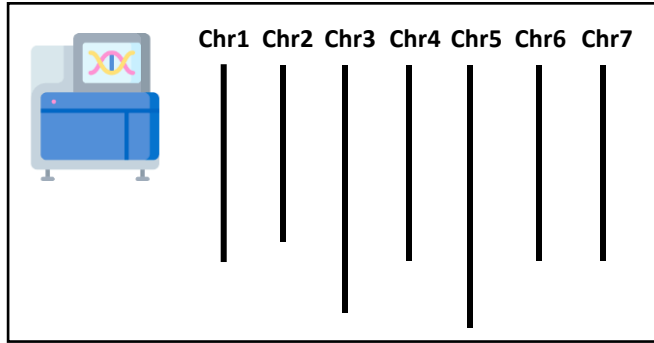


L'immunité des plantes contre les agents pathogènes

- Chaque année, plus de 30 % de la production agricole mondiale est perdue en raison des maladies affectant les cultures
- Améliorer le système immunitaire des plantes représente une stratégie efficace et durable pour lutter contre les agents pathogènes.

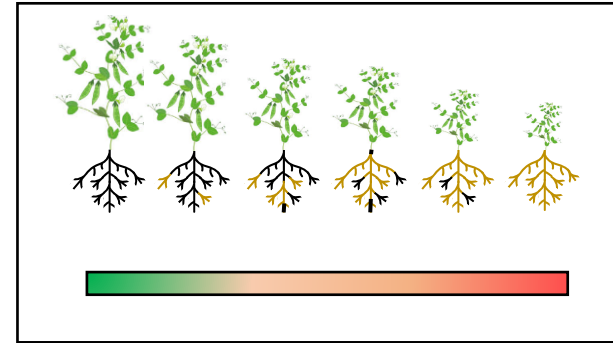


La résistance quantitative



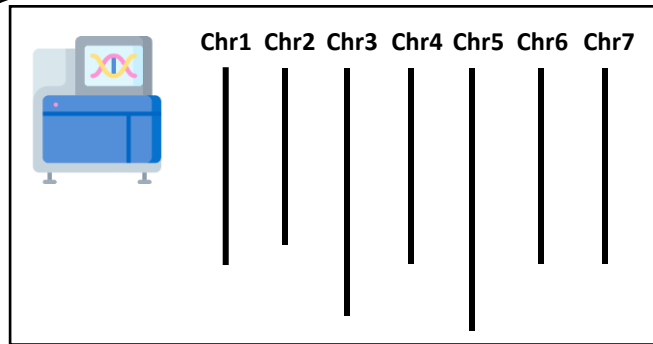
Données de génotypage

+



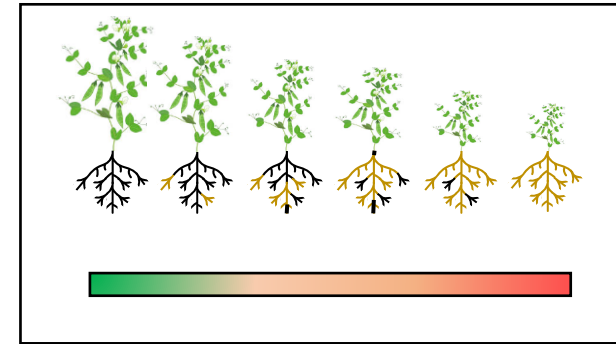
Données de phénotypage

La résistance quantitative



Données de génotypage

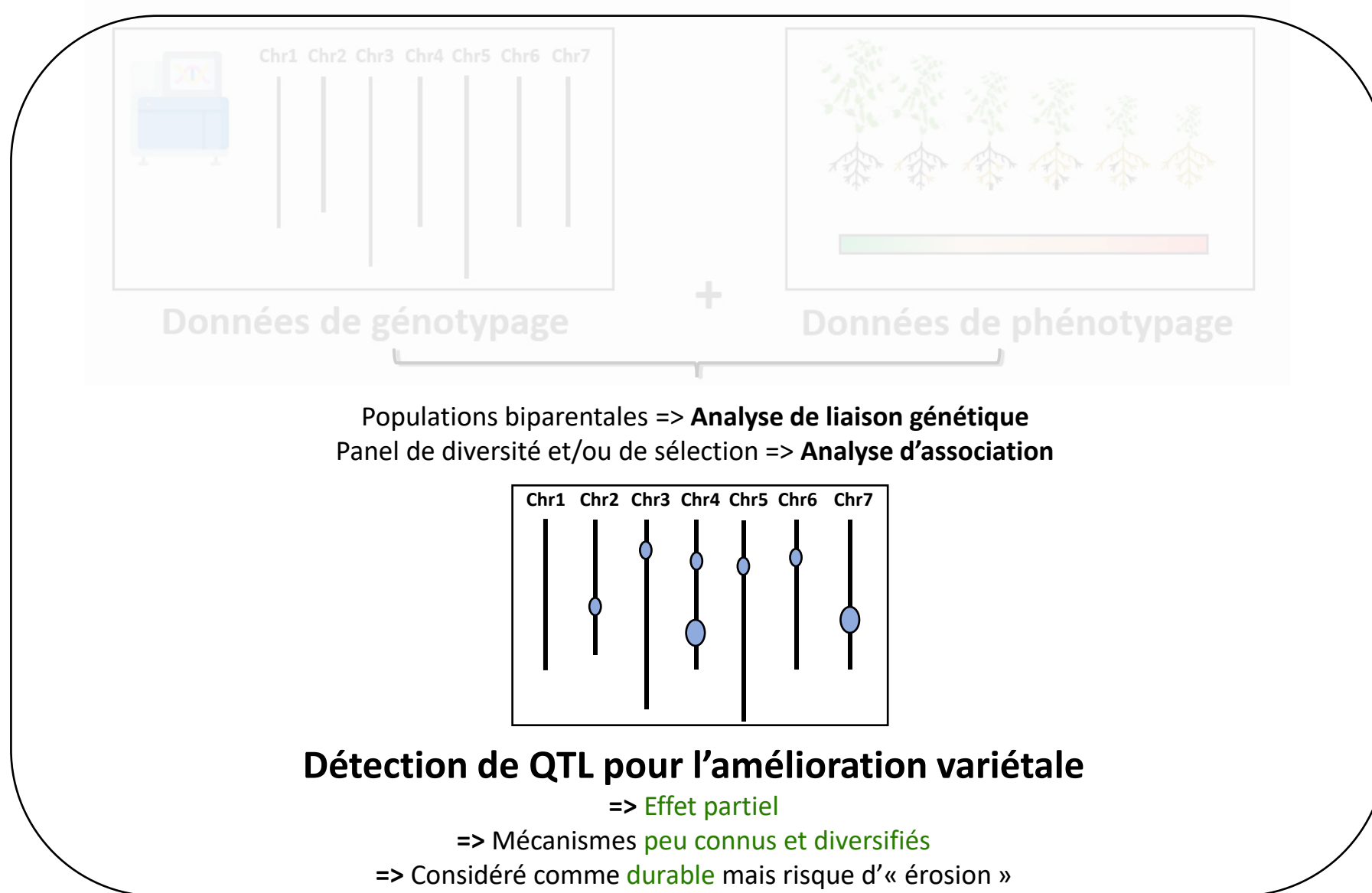
+



Données de phénotypage

Populations biparentales => **Analyse de liaison génétique**
Panel de diversité et/ou de sélection => **Analyse d'association**

La résistance quantitative



> Contexte socio-économique

Les légumineuses à graines sont des cultures précieuses...

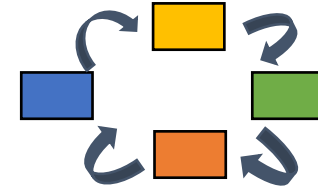
Réduire les fertilisants azotés



Produire des graines riches en protéines



Diversifier les systèmes de culture



> Contexte socio-économique

Les légumineuses à graines sont des cultures précieuses...

Réduire les fertilisants azotés



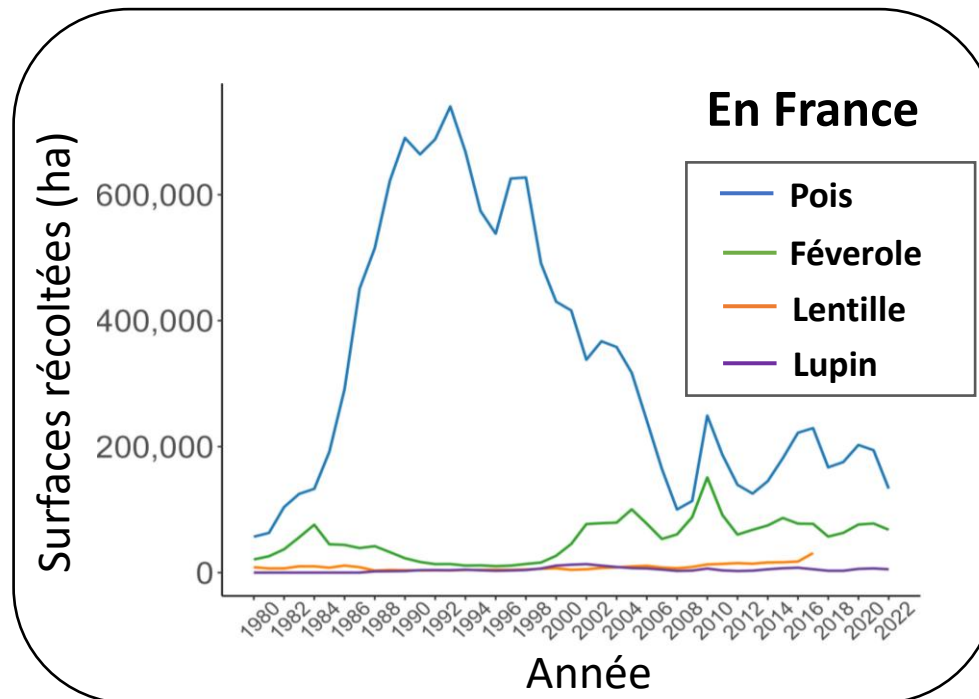
Produire des graines riches en protéines



Diversifier les systèmes de culture



...confrontées à de fortes instabilités de rendement dues à des stress abiotiques et biotiques.



> Contexte socio-économique

Les légumineuses à graines sont des cultures précieuses...

Réduire les fertilisants azotés



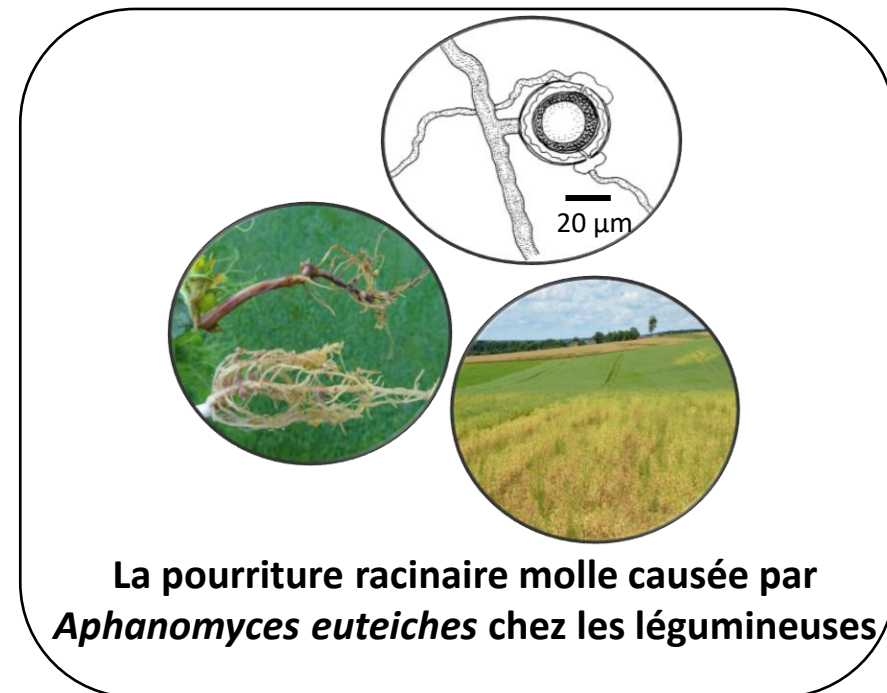
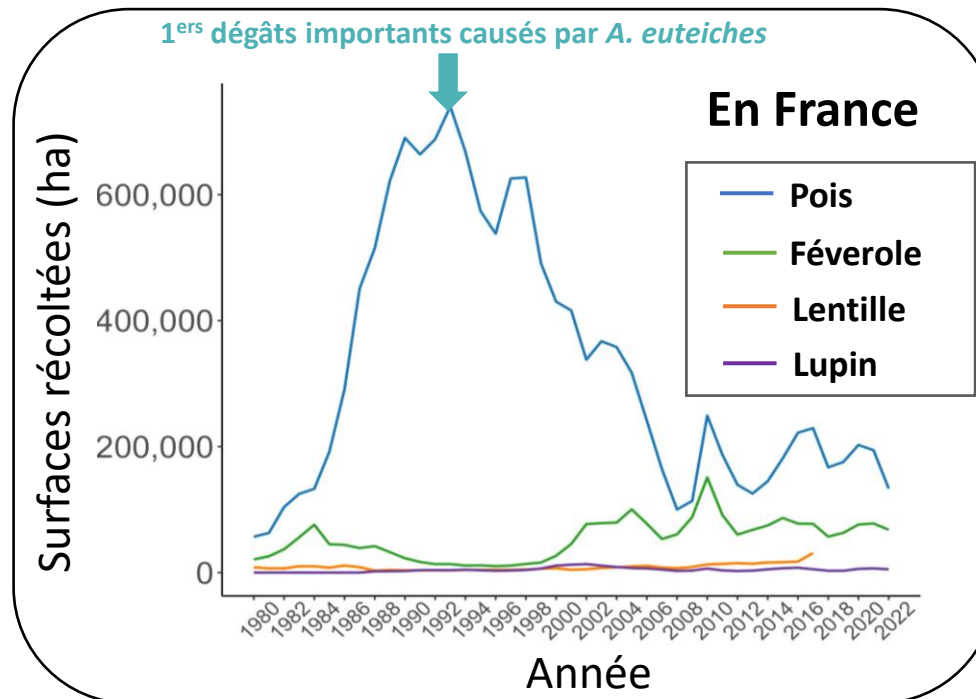
Produire des graines riches en protéines



Diversifier les systèmes de culture



...confrontées à de fortes instabilités de rendement dues à des stress abiotiques et biotiques.

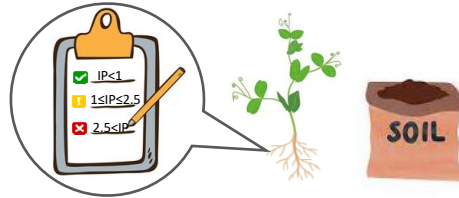


Les moyens actuellement disponibles pour lutter contre la pourriture racinaire due à l'Aphanomyces ne sont que partiellement efficaces

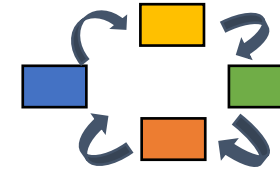
Aucun fongicide ni produit de biocontrôle efficace n'est disponible



Evitement des parcelles infestées suite à un test de PI* du sol



Alterner les légumineuses sensibles et résistantes dans les rotations



* PI : Potentiel Infectieux

> Contexte scientifique

Les moyens actuellement disponibles pour lutter contre la pourriture racinaire due à l'*Aphanomyces* ne sont que partiellement efficaces

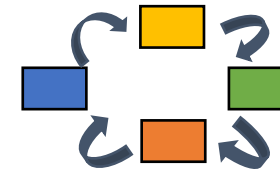
Aucun fongicide ni produit de biocontrôle efficace n'est disponible



Evitement des parcelles infestées suite à un test de PI* du sol



Alternier les légumineuses sensibles et résistantes dans les rotations



En effet, *A. euteiches* présente un large spectre d'hôtes chez les légumineuses

Sensibles à partiellement résistantes

Pois



Lentille



Luzerne



Faible variabilité intraspécifique pour la résistance

Sensibles à résistantes

Féverole



Vesce



Forte variabilité intraspécifique pour la résistance

Hautement résistantes ou non hôtes

Pois chiche



Soja



Lupin



> Contexte scientifique

Les moyens actuellement disponibles pour lutter contre la pourriture racinaire due à l'Aphanomyces ne sont que partiellement efficaces

Aucun fongicide ni produit de biocontrôle efficace n'est disponible



Evitement des parcelles infestées suite à un test de PI* du sol

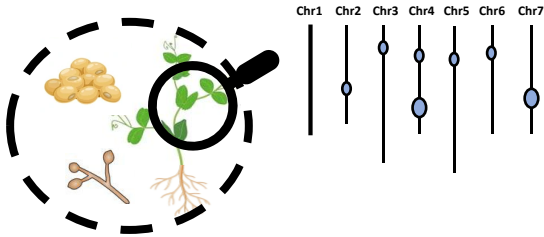


Alterner les légumineuses sensibles et résistantes dans les rotations



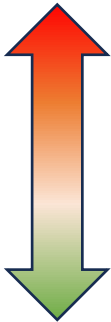
Néanmoins la résistante quantitative représente une stratégie de lutte prometteuse

Utilisation de variétés de pois tolérantes et porteuses de QTL



Résultats CTPS – VATE 2024

Echelle des notes de préservation du rendement vis-à-vis d'Aphanomyces en zones fortement contaminées :	
> 1 : nulle à très faible	Orchestra, Kameleon, Kaplan
> 2 : très faible	
> 3 : faible	Kagnotte, Karacter, Poseidon, KWS Telegram
> 4 : faible à moyenne	
> 5 : moyenne	
> 6 : moyenne à bonne	
> 7 : bonne	
> 8 : bonne à très bonne	
> 9 : très bonne	

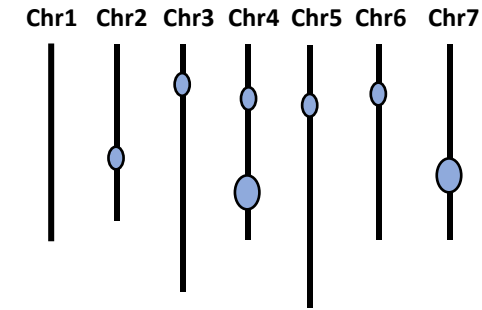


➤ Objectifs de la thèse

Différentes stratégies sont nécessaires afin d'améliorer le déploiement de la résistance quantitative à *A. euteiches*:

1

Identifier de nouveaux allèles de résistance
à utiliser en sélection

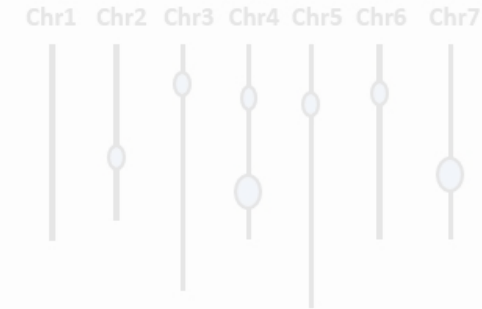


➤ Objectifs de la thèse

Différentes stratégies sont nécessaires afin d'améliorer le déploiement de la résistance quantitative à *A. euteiches*:

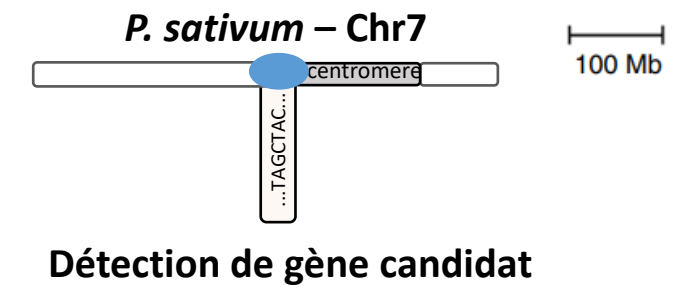
1

Identifier de nouveaux allèles de résistance à utiliser en sélection



2

Identifier les gènes sous-jacents aux QTL détectés afin de mieux comprendre leur effet sur le cycle de l'agent pathogène et de développer des combinaisons d'allèles de résistance efficaces et durables

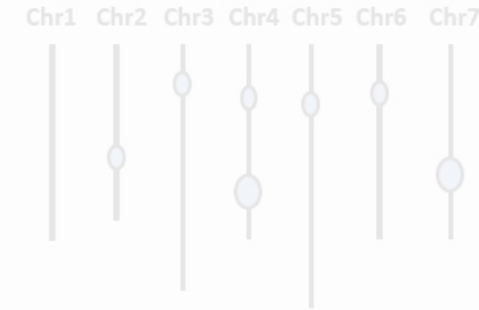


➤ Objectifs de la thèse

Différentes stratégies sont nécessaires afin d'améliorer le déploiement de la résistance quantitative à *A. euteiches*:

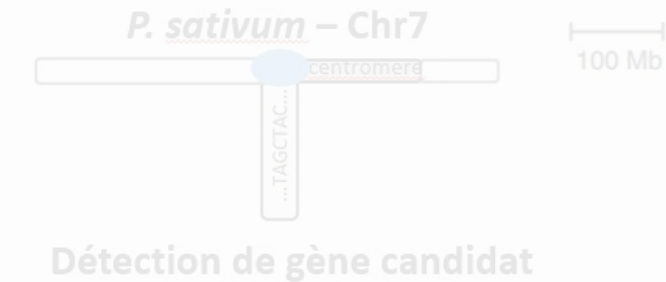
1

Identifier de nouveaux allèles de résistance à utiliser en sélection



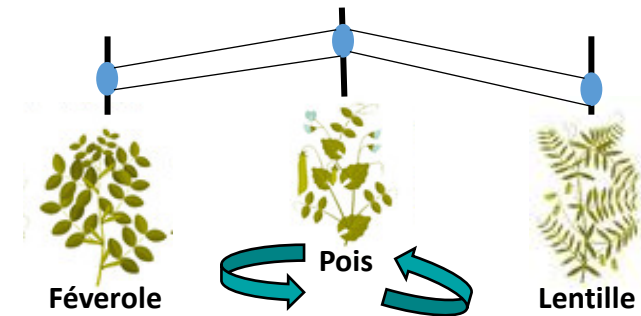
2

Identifier les gènes sous-jacents aux QTL détectés afin de mieux comprendre leur effet sur le cycle de l'agent pathogène et de développer des combinaisons d'allèles de résistance efficaces et durables



3

Etudier la conservation des déterminants génétiques de résistance entre espèces cultivées afin de mieux déployer les QTL de résistance dans les rotations culturales



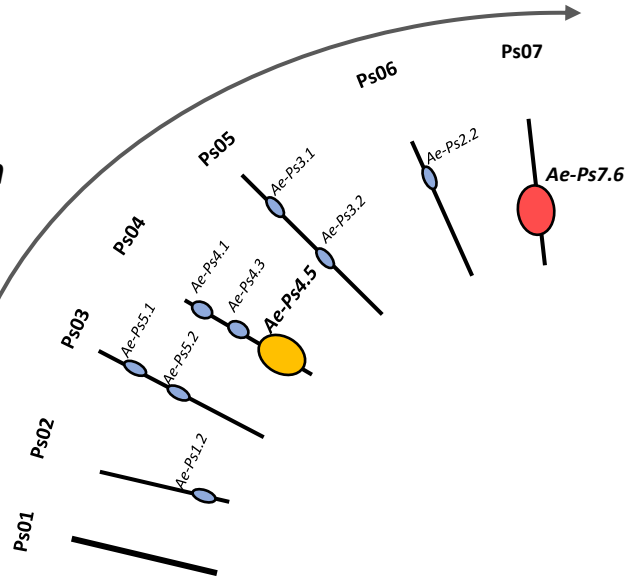
> Résultats



Pisum sativum
(≈4.5 Gb)

Légende

- QTL à effet mineur à modéré
- QTL à effet majeur face au pathotype I
- QTL à effet majeur face au pathotype III



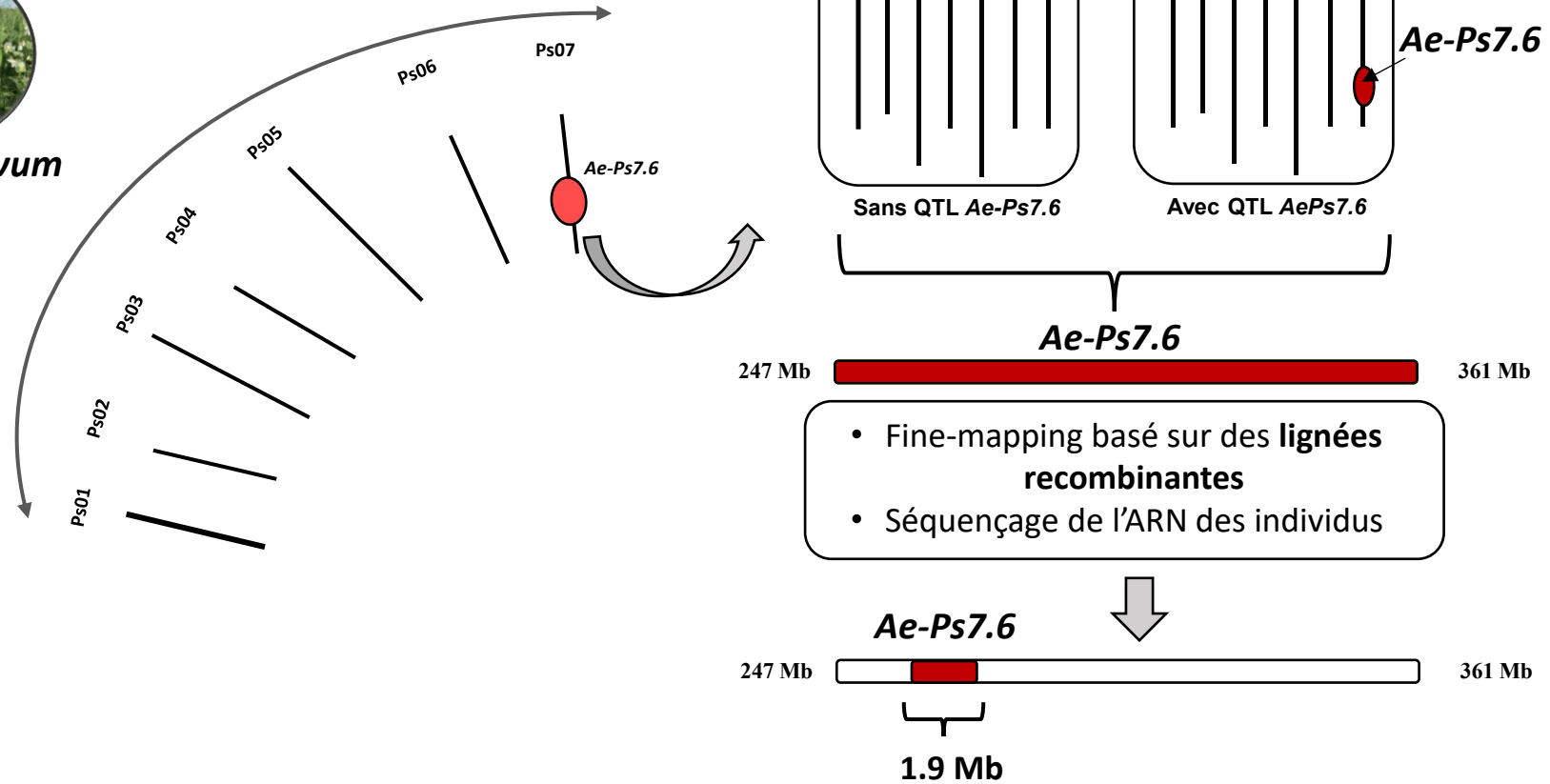
- 6 Populations biparentales développées à partir de différentes sources de résistance
- Une collection nommée pois/Aphanomyces



Dix régions consistantes de résistance ont été identifiées, **dont deux à effets majeurs**
Ae-Ps4.5* et *Ae-Ps7.6
(Leprévost et al., 2023)



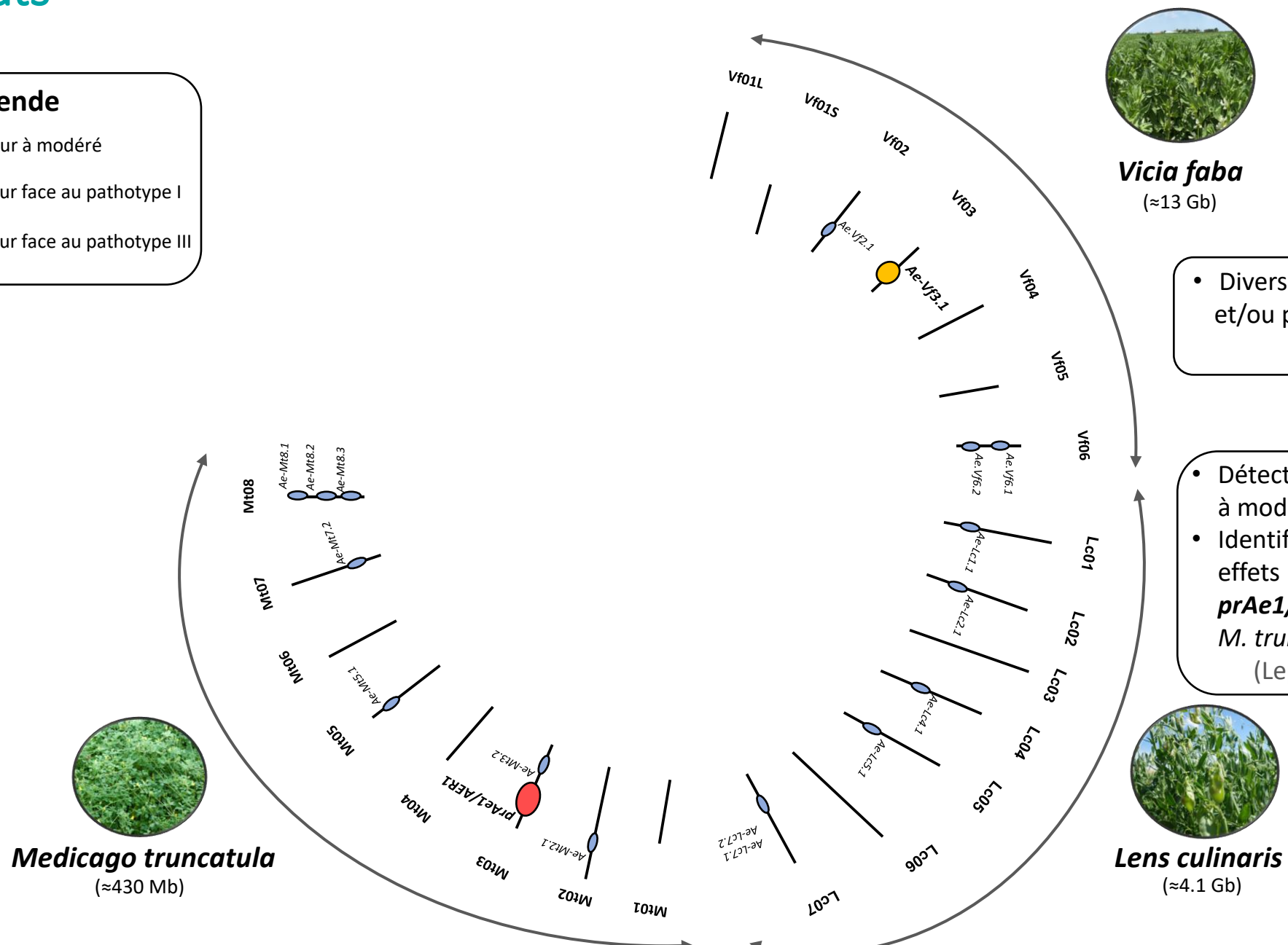
Pisum sativum
(≈4.5 Gb)



- Détection de 12 variants non synonymes situés dans **six gènes candidats** à l'intérieur de l'**intervalle réduit de *Ae-Ps7.6***
(Leprévost et al., in prep.)
- **Validation fonctionnelle de gènes candidats en cours**
(utilisation de mutants)

Légende

- QTL à effet mineur à modéré
- QTL à effet majeur face au pathotype I
- QTL à effet majeur face au pathotype III



- Diverses populations biparentales et/ou panel de féverole, lentille, et *M. truncatula*

- Détection de QTL à effets mineurs à modérés
- Identification de deux régions à effets majeurs, **Ae-Vf3.1** et **prAe1/AER1**, chez la féverole et *M. truncatula*, respectivement. (Leprévost et al., accepté)



Pisum sativum
(≈4.5 Gb)



Vicia faba
(≈13 Gb)

Légende

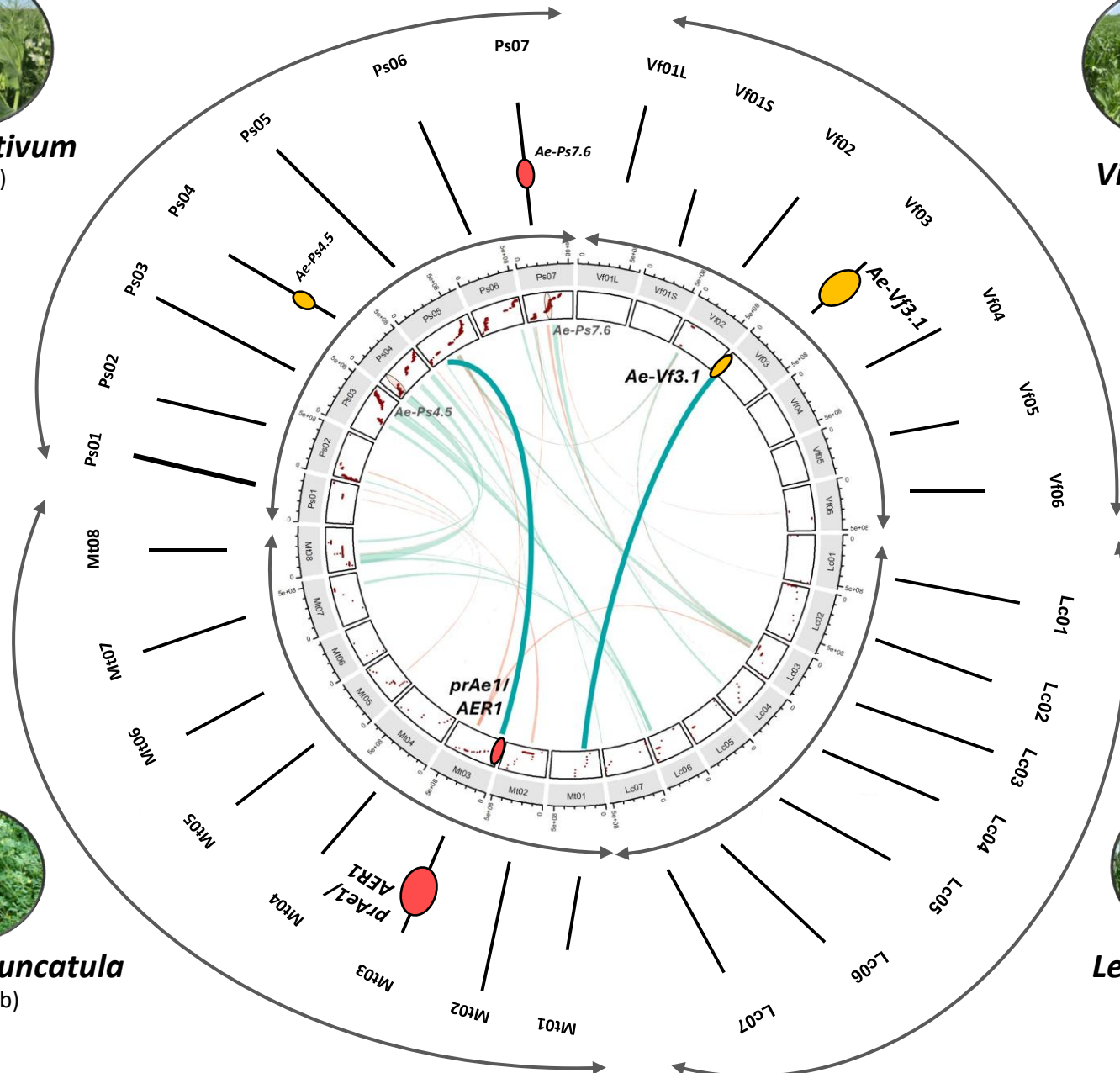
QTL à effet mineur à modéré

QTL à effet majeur face au pathotype I

QTL à effet majeur face au pathotype III

Block synténique vertical

Block synténique inversé



Medicago truncatula
(≈430 Mb)



Lens culinaris
(≈4.1 Gb)

385 QTL de résistance
(Bonhomme et al., 2019 ; Leprévost et al., 2023, 2025 ; Ma et al., 2020 ; Wu et al., 2021)

Intégration au sein de la base OrthoLegKB

Synténie entre :

- Ae-Vf3.1 et un QTL à effet mineur chez *M. truncatula*
- prAe1/AER1 et deux QTL à effet mineur chez le pois
- Aucune conservation n'a été observée entre deux QTL à effet majeur détectés chez différentes espèces de légumineuses.

En collaboration avec l'UMR
Agroécologie, Dijon, France
Agroécologie
Dijon
Unité de Recherche

➤ Résultats principaux

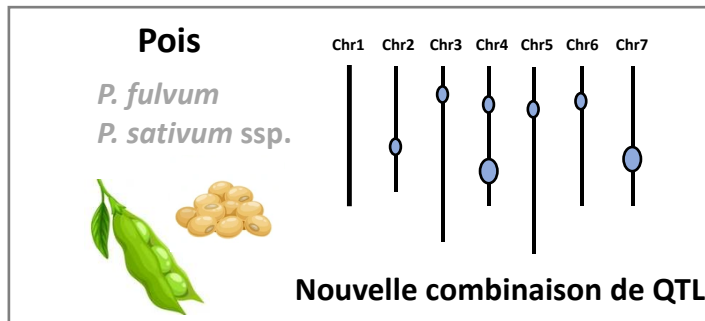
- Nouveaux marqueurs moléculaires étroitement liés aux QTL de résistance à *Aphanomyces* ainsi que des sources de résistance afin de soutenir les futurs programmes de pyramidage de QTL de résistance chez le pois principalement.
- Des gènes candidats prometteurs chez le pois au sein de l'intervalle réduit de *Ae-Ps7.6*, pour des analyses de validation fonctionnelle.
- Des connaissances originales sur la diversité génomique des QTL de résistance à *A. euteiches* entre quatre espèces de légumineuses, ouvrant la voie au développement de stratégies de déploiement de la résistance quantitative dans les rotations culturales, afin de réduire le risque d'érosion des QTL par l'agent pathogène.

➤ Perspectives d'identification de nouveaux allèles de résistance

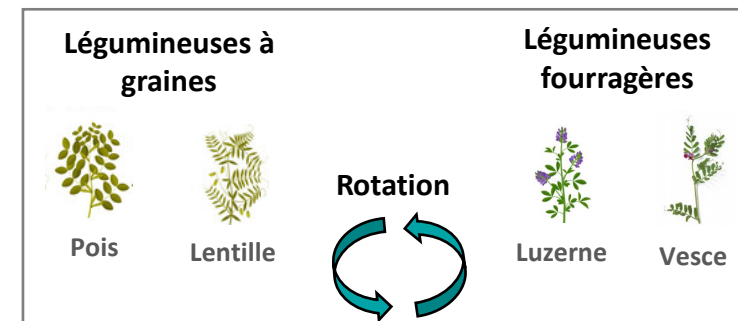
- Nouveaux marqueurs moléculaires étroitement liés aux QTL de résistance à *Aphanomyces* ainsi que des sources de résistance afin de soutenir les futurs programmes de pyramidage de QTL de résistance chez le pois principalement.
- Des gènes candidats prometteurs chez le pois au sein de l'intervalle réduit de *Ae-Ps7.6*, pour des analyses de validation fonctionnelle.
- Des connaissances originales sur la diversité génomique des QTL de résistance à *A. euteiches* entre quatre espèces de légumineuses, ouvrant la voie au développement de stratégies de déploiement de la résistance quantitative dans les rotations culturales, afin de réduire le risque d'érosion des QTL par l'agent pathogène.

Enjeux futurs afin d'améliorer les niveaux de résistance quantitative à *A. euteiches* chez les légumineuses :

Exploration des nouveaux allèles de résistance chez des espèces apparentées sauvages de légumineuses à graines afin d'identifier de nouvelles combinaisons de QTL



Identification de QTL chez les légumineuses fourragères et exploration de leur conservation génomique avec ceux identifiés chez les légumineuses à graines



Projet Pea4ever (2024 -2029)

Remerciements

Mes encadrantes de thèse



- Dr. Marie Laure Pilet-Nayel
- Dr. Akiko Sugio

Les financeurs et l'école doctorale EGAAL



Mes collègues de l'UMR IGEPP



Equipe RD

- Clément, Jean-Philippe, Henri, Isabelle, Angélique, Charlotte, and my colleagues from Ploudaniel

Equipe EGI

- Fabrice, Marc, Stéphanie, Rémi, Ambre, Hélène, Maïwenn, Théo, Aurélie, Eglantine, Ginette, Ségolène, Yannis, Franck, and co.

Les membres de mon jury et de mon comité de thèse



Jury

- Dr. Fabrice Foucher
- Dr. Fabrice Roux
- Dr. Sandrine Lagarrigue
- Dr. Thierry Marcel

Comité de thèse

- Dr. Isabelle Lejeune-Hénaut
- Dr. Valérie Geffroy

Les laboratoires partenaires



Baptiste, Jonathan, Grégoire, Geneviève, Matthieu,
Anthony, Nadim, Judith Christelle



Mes collègues américains

Clare, Yu, Sabine, Marilyn, Renan, Hatice,
Britton, Shari, Sarah, Carolyn, Derek, Kirstin

Terres Inovia et les entreprises de sélection

Ma famille; Louise

