



TEMPLATE

PROJET
EXPLORATOIRE

2022-2024

Coordination

Frédéric Garcia

UMR MIAT

frederick.garcia@inrae.fr

Adelin Barbacci

LIPME

adelin.barbacci@inrae.fr

Mots clés

Modélisation & simulation

DEVS

Multi-échelle

Signalisation dynamique

Pathologie végétale

Unités INRAE

impliquées

MIAT

LIPME

IPSIM

Partenaires

Olivier Navaud (consultant indépendant
en biologie)

Simuler les interactions plantes-pathogènes pour mieux comprendre la réponse immunitaire des plantes

Contexte et enjeux

Comprendre comment les plantes se défendent face aux agents pathogènes est un enjeu majeur pour aller vers une agriculture utilisant moins de pesticides.

La réponse immunitaire des plantes se distingue de celle des animaux notamment par le fait que toutes les cellules végétales sont immunocompétentes, c'est-à-dire qu'elles possèdent toutes la même capacité à répondre à l'attaque d'un agent pathogène. Cette spécificité a deux conséquences importantes : (i) la régulation de l'immunité est un déterminant important du phénotype de résistance et (ii) la réponse immunitaire des plantes est fortement structurée spatialement, car la position des cellules est fixe.

Face aux attaques de champignons nécrotrophes (dont *Sclerotinia sclerotiorum*, responsable de la pourriture blanche), les plantes déclenchent majoritairement une forme de réponse immunitaire appelée "Résistance quantitative" (ou QDR pour Quantitative Disease Resistance). A l'heure actuelle, la QDR est principalement étudiée à l'échelle cellulaire, sans que les dimensions spatiales et temporelles de cette résistance ne soient vraiment prises en compte.

Nos récents travaux montrent que les interactions plantes pathogènes sont pourtant étroitement liées aux caractéristiques spatiales et temporelles des entités et processus mis en jeu.

Pour mieux comprendre la QDR, il est donc nécessaire d'intégrer la dynamique de la perception de l'environnement, la signalisation et la transduction de l'échelle sub-cellulaire à l'échelle de l'organe ou de la plante entière.

Pour cela, nous proposons de recourir aux techniques de modélisation et de simulation informatique de tissus végétaux à l'échelle cellulaire et multi-cellulaire. Si l'intérêt de cette approche est largement reconnu pour étudier des systèmes complexes, mettant en jeu l'interaction d'un très grand nombre d'entités en réseau, celle-ci est encore novatrice en biologie végétale.



© Jymm

Métaprogramme
DIGIT-BIO



digitbio@inrae.fr
www.inrae.fr/digitbio/

Objectifs

Le projet TEMPLATE vise à implémenter un modèle dynamique d'interaction plante – champignon, afin de tester par simulation plusieurs hypothèses sur la mise en place de la réponse immunitaire dans le temps et dans l'espace. Ce modèle cherchera à représenter la progression d'une colonie de mycélium du champignon pathogène *Sclerotinia sclerotiorum* dans une feuille de la plante modèle *A. thaliana*.

La question biologique au cœur de ce projet sera celle de la formation de patterns de réponse immunitaire localisés dans le temps et l'espace et associés à la modulation du niveau de résistance liée à une reprogrammation transcriptomique.

Nous proposons d'employer le formalisme à événements discrets DEVS qui est réputé pour ses atouts de reproductibilité, de modularité et permet une approche de modélisation multi-formalisme.

Afin d'accompagner au plus près les biologistes dans leurs explorations expérimentales, nous viserons le développement d'un environnement informatique permettant la modélisation et la simulation interactive associant l'expérimentateur, l'objet biologique et le modèle numérique.

Ce projet vise donc à la fois à une meilleure compréhension de la réponse immunitaire des plantes, ainsi qu'au développement d'une nouvelle méthodologie de simulation interactive dans le domaine de la biologie.

Partenaires

Départements INRAE	Unités INRAE	Expertises
MathNum	MIAT	Informatique, modélisation, simulation, bioinformatique
SPE	LIPME	Modélisation, pathologie végétale, biologie moléculaire
	IPSIM	Signalisation cellulaire, physiologie des plantes, imagerie
Partenaires		Expertises
Olivier Navaud (consultant indépendant en biologie)		Synthèse bibliographique, création base de données pathway signalisation / immunité végétale

