

Innovations pour une approche transdisciplinaire de la formulation et de la vectorisation de molécules

Biotechnologies, Biomédicaments, Cosmétiques, Nutraceutiques et Agriculture

16-17 Octobre 2024

Biocitech Paris-Romainville

Application en agriculture des rhamnolipides, tensioactifs biosourcés

Elise PIERRE

Doctorante 1^{ère} année

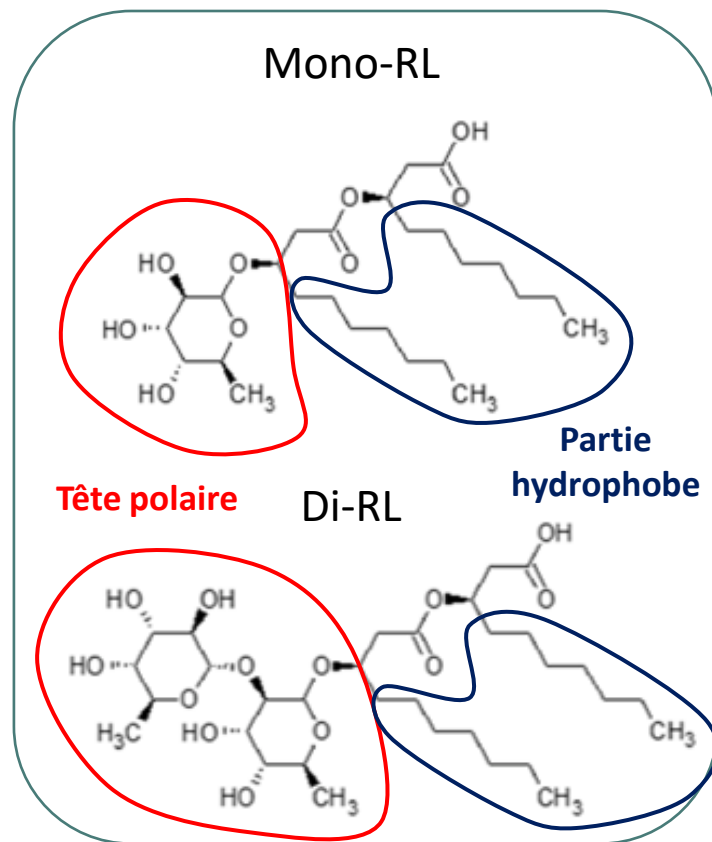
UMR 7025 CNRS - Génie Enzymatique et Cellulaire, Université de Technologie de Compiègne



17 octobre 2024



Les rhamnolipides (RLs), des tensioactifs biosourcés



Structures des principaux congénères produits par *P. aeruginosa* (Monnier al. 2019)

- » Glycolipides amphiphiles composés de 1 ou 2 rhamnoses et 2 chaînes d'acides gras
- » Produits par *Pseudomonas aeruginosa* et des Burkholderia¹
- » Rôles biologiques : biofilm, motilité, nutrition¹
- » Propriétés émulsifiantes, dispersantes, mouillantes, épaississantes, moussantes²
 - ↳ Réduction de la tension de surface efficace, molécules stables (T°, pH, NaCl)
- » Biodégradables³ avec une faible toxicité⁴



(CDC/ Janice Haney Carr)



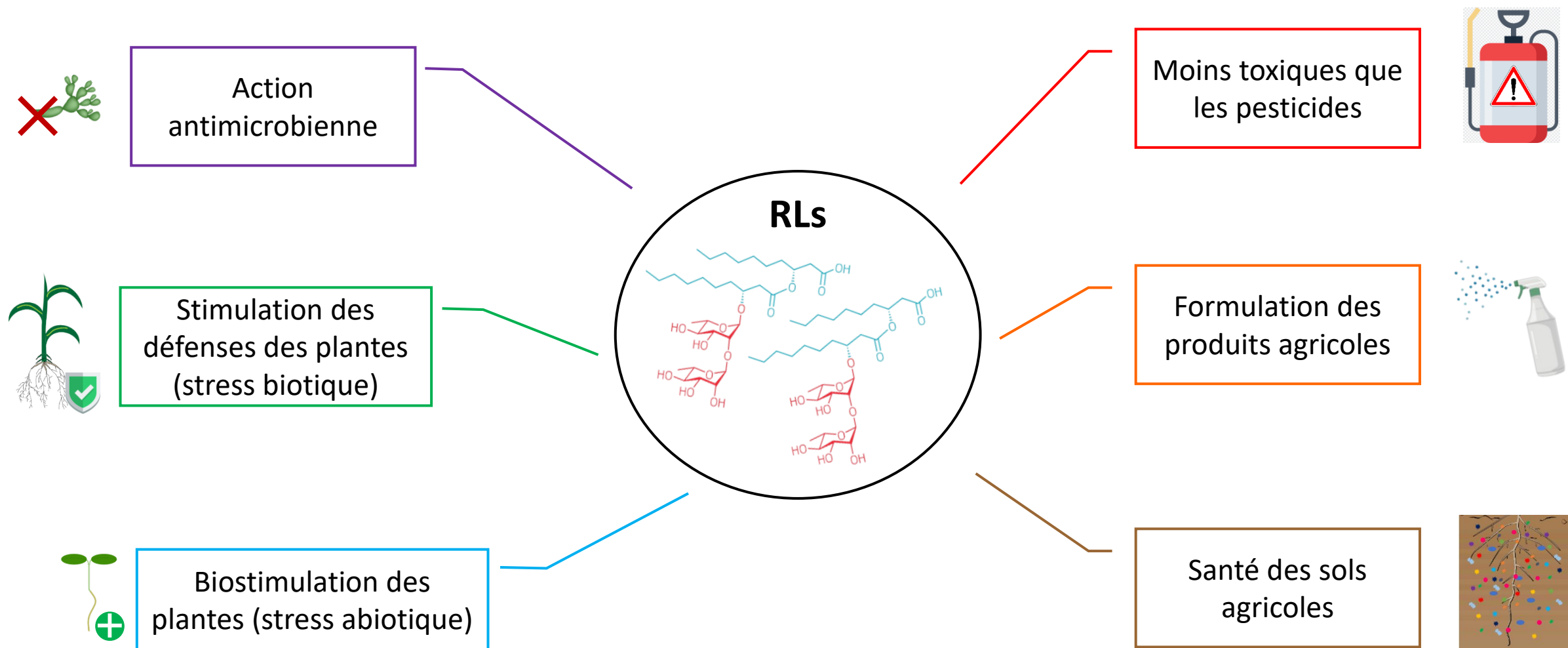
¹ Abdel-Mawgoud *et al.*, Appl Microbiol Biotechnol, 2010

² Zhang *et al.*, IJMS, 2022

³ Crouzet *et al.*, Front. Bioeng. Biotechnol., 2020

⁴ Johann *et al.*, Sci Total Environ., 2016

Les rhamnolipides (RLs), composés prometteurs pour l'agriculture



Les rhamnolipides (RLs), molécules faiblement écotoxiques

Moins toxiques que les pesticides



» Les RLs sont moins toxiques que leurs équivalents synthétiques

Biodégradables dans différents milieux (sol, suspensions de sol, eaux usées)
(Pei *et al.*, 2009 ; Khaje Bafghi *et al.*, 2012 ; Hogan *et al.*, 2019)

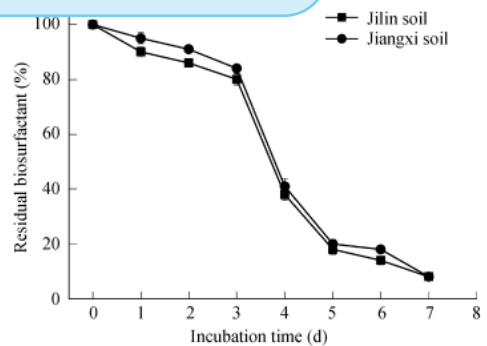
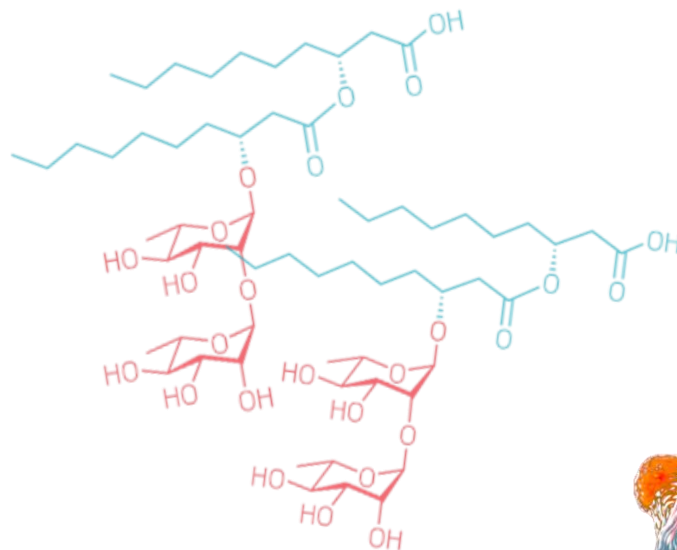
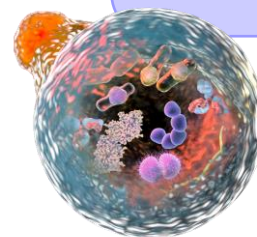
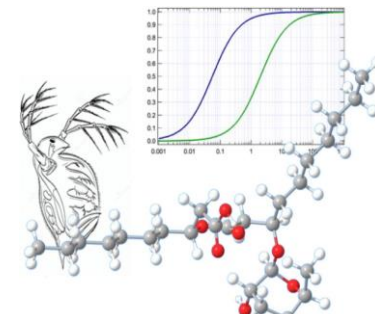


Fig. 4 Biodegradation of biosurfactant at the concentration of 15 mg/L in Jilin soil and Jiangxi soil at 25°C.



Pas ou peu de cytotoxicité, mutagénicité et écotoxicité
(Flasz *et al.*, 1998 ; Das, Mukherjee 2005 ; Johann *et al.*, 2016)



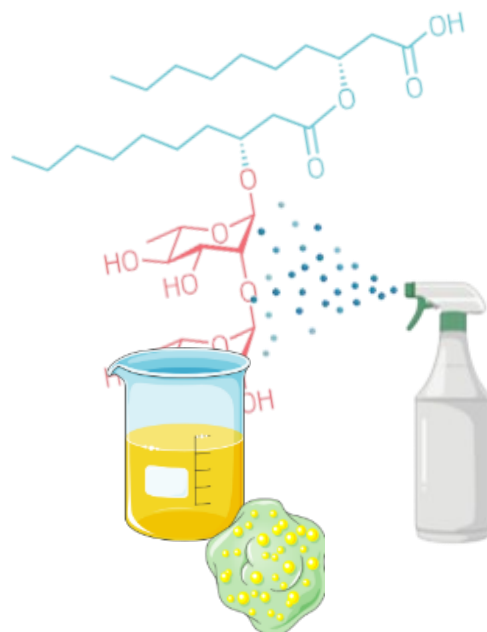
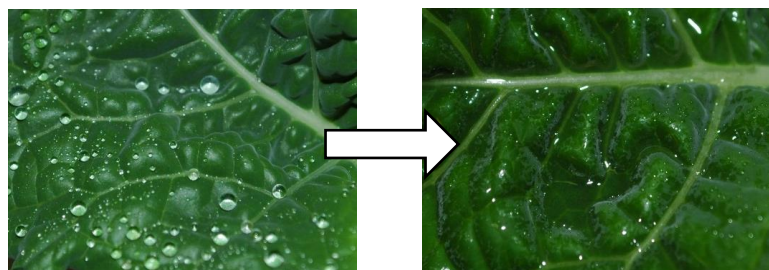
Les rhamnolipides (RLs) pour la formulation

Formulation des produits agricoles

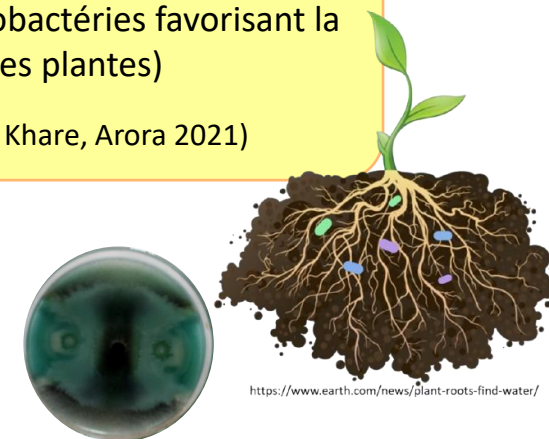


» Les caractéristiques des RLs font qu'ils sont intéressants pour la formulation de produits agricoles

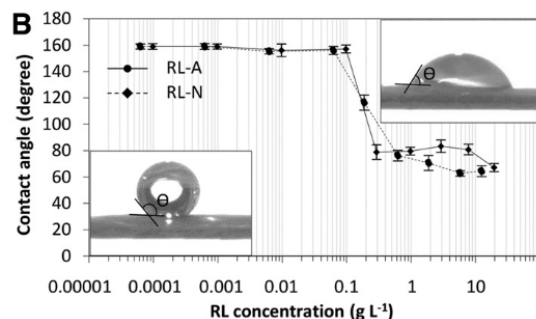
Bonnes propriétés de réduction de la tension de surface
 (Bunster *et al.*, 1989 ; Liu *et al.*, 2016 ; Monnier *et al.*, 2020 ; Jibrin *et al.*, 2021)



Amélioration de solutions de biocontrôle (solutions avec des rhizobactéries favorisant la croissance des plantes)
 (Mishra *et al.*, 2020 ; Khare, Arora 2021)



<https://www.earth.com/news/plant-roots-find-water/>



Les rhamnolipides (RLs) pour la santé des sols

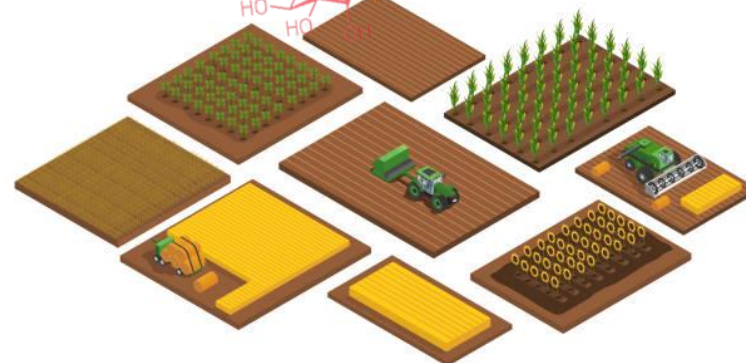
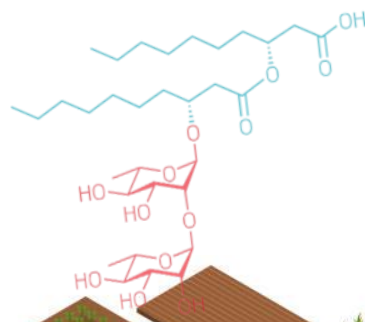
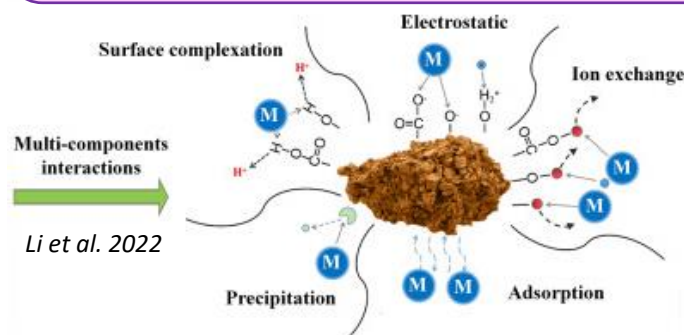
Santé des sols agricoles



Les RLs sont capables d'améliorer la **santé** et la **qualité** des sols agricoles

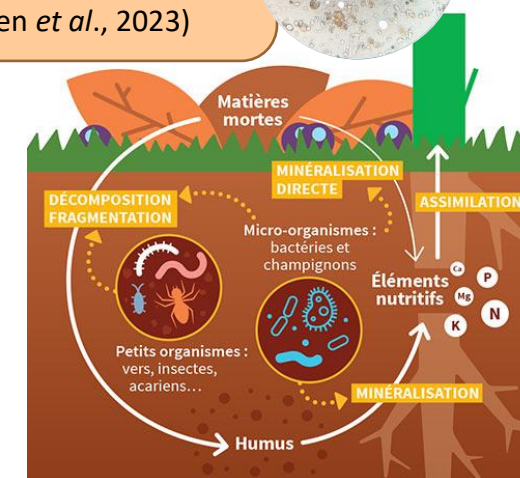
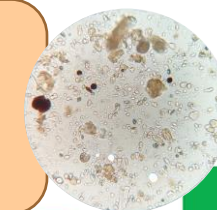
Accessibilité des micronutriments par chélation et formation de complexes

(Stacey *et al.*, 2008 ; Singh *et al.*, 2018)



Stimulation de l'activité microbienne du sol

(Gong *et al.*, 2017 ; Ren *et al.*, 2023)



Bioremédiation des polluants (hydrocarbures, métaux lourds)

(Liu *et al.*, 2018 ; Eras-Muñoz *et al.*, 2022 ; Parus *et al.*, 2023)



Amélioration des caractéristiques physico-chimiques du sol (salinité atténuée, agrégats plus gros et stables)

(Li *et al.*, 2022)



Les rhamnolipides (RLs) pour le contrôle des phytopathogènes



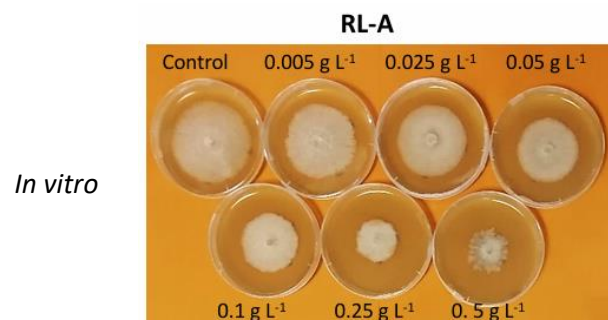
Action antimicrobienne

» Les RLs **inhibent directement** des pathogènes responsables de maladies chez de nombreuses cultures

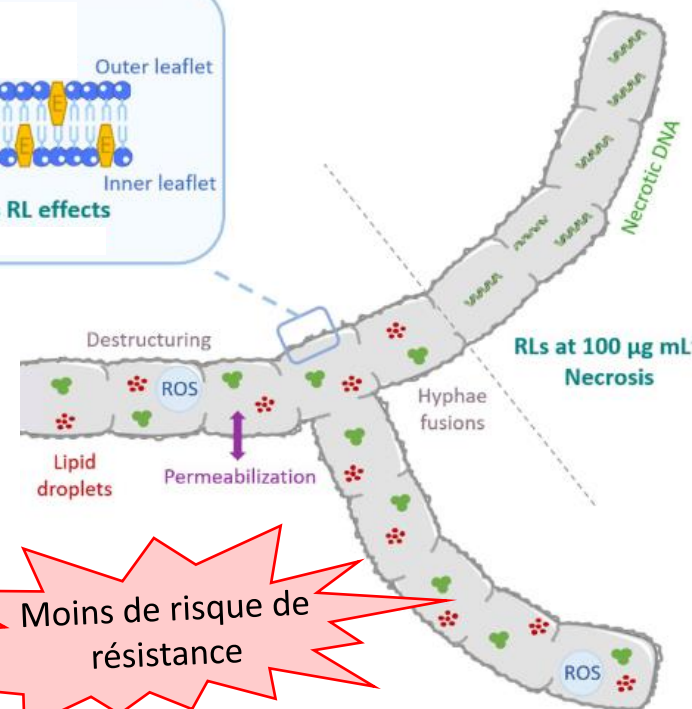
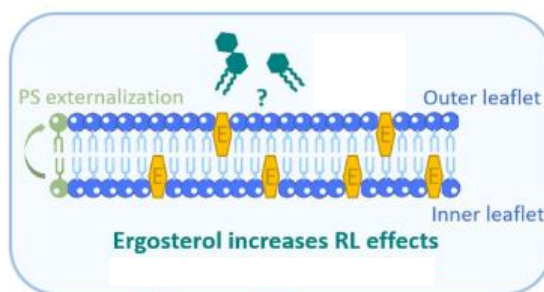
» Les RLs sont **efficaces** contre les **champignons**, les **oomycètes** et certains **insectes**

Mode d'action : **déstabilisation des membranes fongiques**²

Inhibition de la croissance mycélienne, inhibition ou retardement de la germination des spores, lyse des zoospores¹



Inhibition de *L. maculans* par les RLs (Monnier *et al.*, 2020)



Moins de risque de résistance

Alternaria sp.,
Botrytis sp.,
Leptosphaeria sp.,
Fusarium sp.,
Phytophthora sp.,
Pythium sp., ...

¹ Crouzet *et al.*, Front. Bioeng. Biotechnol., 2020

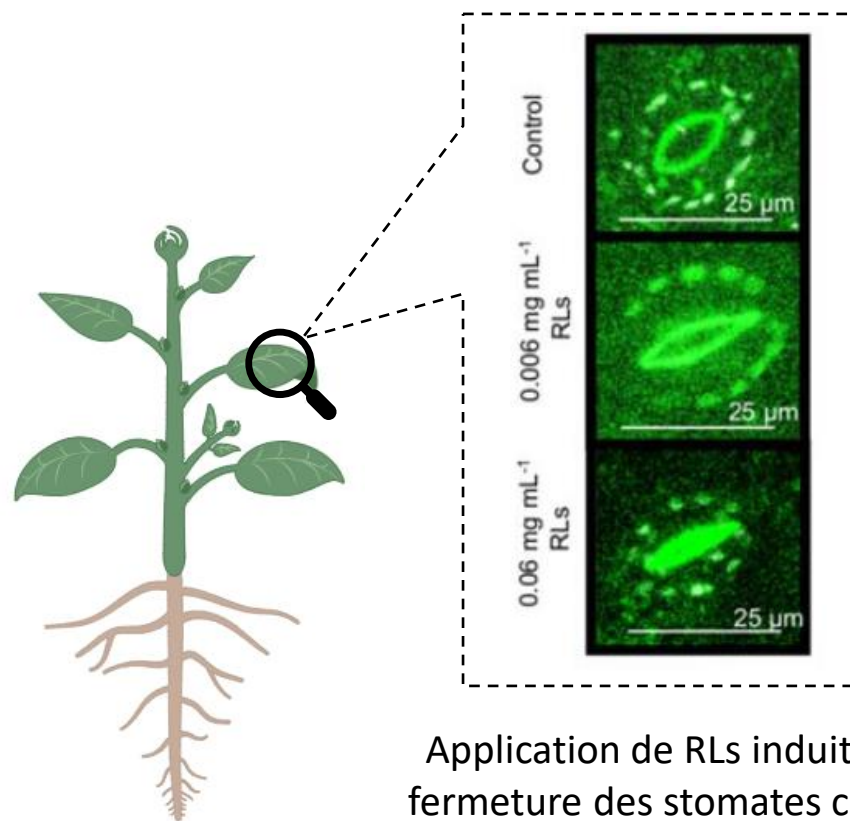
² Botcazon *et al.*, Front. Microbiol., 2022

Les rhamnolipides (RLs) pour le contrôle des phytopathogènes



Stimulation des défenses des plantes

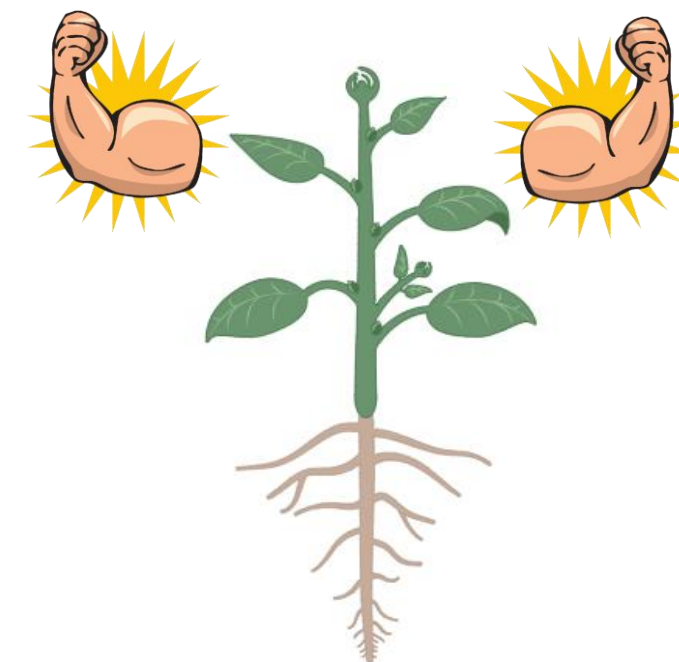
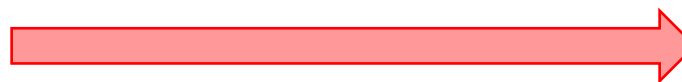
» Les RLs sont capables de **stimuler les mécanismes naturels de défense** des plantes



Application de RLs induit la fermeture des stomates chez des disques foliaires de colza (Monnier *et al.*, 2018)

+ Expression de gènes de défense, activation des voies hormonales, dépôt de callose...

Vigne¹ – Colza^{2,3} – Arabidopsis⁴



¹ Varnier *et al.*, Plant, Cell & Environment, 2009

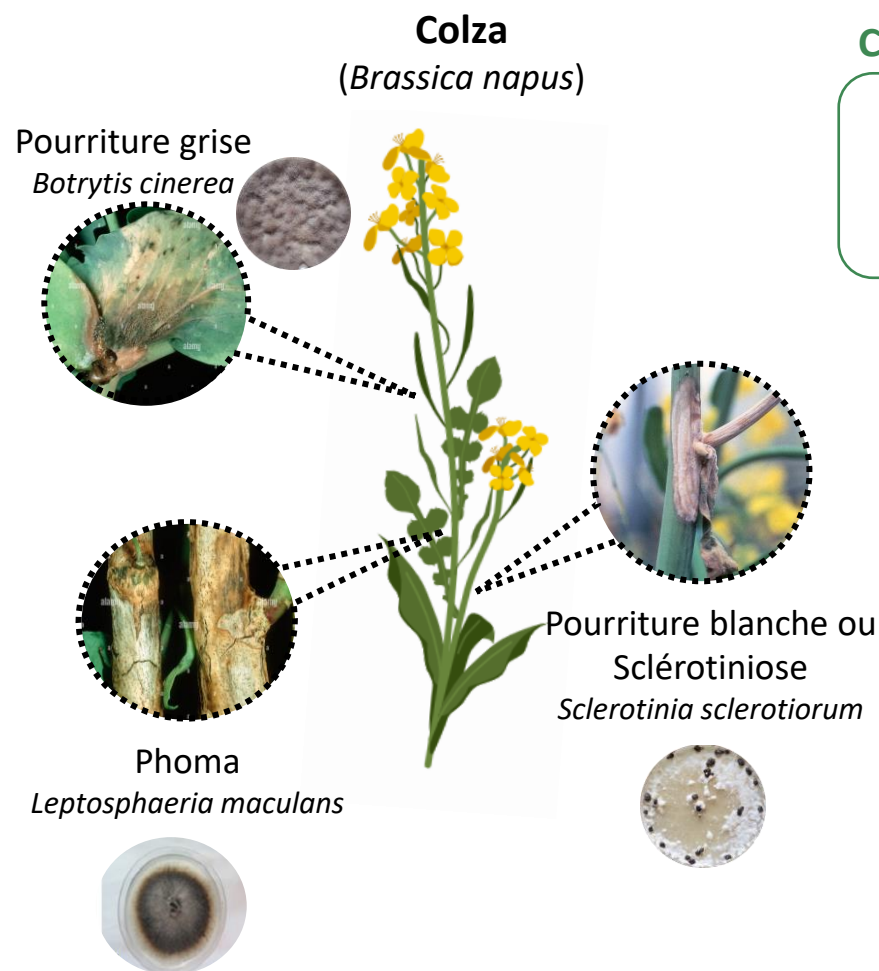
² Monnier *et al.*, Phytopathology, 2018

³ Monnier *et al.*, Front. Plant Sci., 2020

⁴ Sanchez *et al.*, Plant Physiology, 2012

Les rhamnolipides (RLs) pour le contrôle des phytopathogènes

» Nos travaux se concentrent sur les RLs en tant que moyen de protection du **colza**, plante d'intérêt agronomique



Compréhension de la perception et du mode d'action

- Utilisation de RLs purifiés ou non
- Paramètres physico-chimiques
- Etude sur le modèle Arabidopsis et colza (variété modèle), conditions contrôlées
- Modélisation moléculaire



Essais de phytoprotection et formulation

- Etude sur colza (variétés cultivées), conditions contrôlées
- Etude du pathosystème colza – sclérotinia
- Utilisation de mélanges de RLs
- Formulation des RLs pour améliorer l'efficacité



Essais au champ

- Etude sur colza (variétés cultivées), conditions non contrôlées
- Etude du pathosystème colza – sclérotinia
- Utilisation de RLs dilués dans l'eau et RLs formulés



Les rhamnolipides (RLs), potentiels biostimulants des plantes

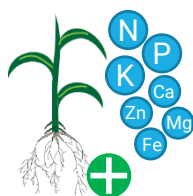


Biostimulation des plantes

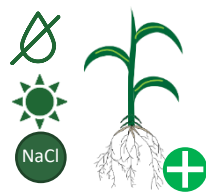
» Les RLs sont capables d'améliorer la **nutrition** et la **tolérance aux stress abiotiques** des plantes

Bibliographie récente qui montre un potentiel de **biostimulation** des RLs

Amélioration de l'efficacité de l'utilisation des nutriments chez le colza et le maïs
 (Stacey *et al.*, 2008 ; Meng *et al.*, 2024)



Amélioration de la tolérance au stress abiotique chez la tomate, le coton, le thé
 (Hu *et al.*, 2023 ; Liu *et al.*, 2023 ; Chen *et al.*, 2023, 2024)



Amélioration de la germination chez certaines espèces (Poacées)
 Silva *et al.*, 2015 ; Sancheti, Ju 2020 ; Koretska *et al.*, 2020 ; Galieva *et al.*, 2023 ; Ghazi Faisal, 2024

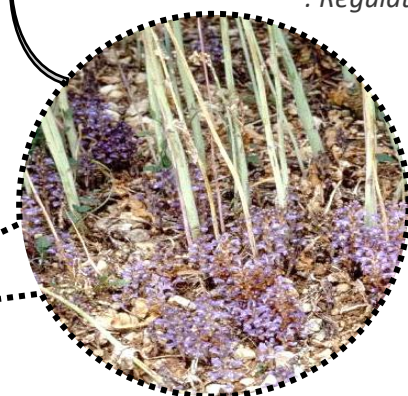


→ Manque de connaissances sur l'intérêt des RLs sur les Brassicacées et le mode d'action des RLs sur la physiologie des plantes

Les RLs, potentiels agents de protection et de biostimulation pour le colza

Financement :  **Région Hauts-de-France** **Stepan** 

Colza
(*Brassica napus*)



Champ de colza infesté par des orobanches rameuses

Projet de thèse (Elise Pierre)

Trouver des solutions durables pour le contrôle de la plante parasite orobanche rameuse et améliorer la santé et la vigueur du colza

Évaluer le potentiel des RLs comme agents de protection¹ (**biocontrôle**) et comme biostimulants² (**biostimulation**)

¹: Article L. 253-6 du code rural et de la pêche maritime (FR)

²: Régulation (UE) 2019/1009



Co-directrices de thèse :



Sonia RIPPA
(UMR CNRS GEC UTC)



Karine PAGEAU
(BIOPI UMRt INRAE
BioEcoAgro UPJV)

Remerciements



Université de Technologie de Compiègne

UMR 7025 CNRS – Génie Enzymatique et Cellulaire



Contacts : sonia.rippa@utc.fr elise.pierre@utc.fr

Collaborations et partenariats avec des acteurs académiques et industriels



Innovations pour une approche
transdisciplinaire de la formulation et
de la vectorisation de molécules

Biotechnologies, Biomédicaments, Cosmétiques,
Nutraceutiques et Agriculture

16-17 Octobre 2024

Biocitech Paris-Romainville



Merci pour votre attention