

**VÉGÉPHYL – 13<sup>e</sup> CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR LES MALADIES DES PLANTES**  
**ORLÉANS – 6, 7 et 8 DÉCEMBRE 2022**  
**ETUDE *IN VITRO* ET *IN PLANTA* DE L'ACTIVITE ANTIFONGIQUE DE DIFFERENTS LIPOPEPTIDES DE**  
***BACILLUS SP.* CONTRE *VENTURIA INAEQUALIS***

A. LECONTE<sup>(1,2,4)</sup>, J. JACQUIN<sup>(1)</sup>, L. TOURNANT<sup>(3)</sup>, S. OSTE<sup>(3)</sup>, C. DEWEER<sup>(1)</sup>, J. MUCHEMBLE<sup>(1)</sup>,  
M. DELEU<sup>(4)</sup>, F. COUTTE<sup>(2)</sup> ET P. JACQUES<sup>(4)</sup>

UMRt BioEcoAgro 1158-INRAE :

1 JUNIA – Institut Charles Viollette, F-59000 Lille, France ; 2 Université de Lille – Institut Charles Viollette, F-59000 Lille,  
France ; 4 Université de Liège – Gembloux Agro-Bio Tech, B-5030 Gembloux, Belgique  
3 FREDON Hauts-de-France - 265 rue Becquerel F-62750 Loos-en-Gohelle, France

**Résumé :** Pour lutter contre *Venturia inaequalis*, des lipopeptides ont été testés *in vitro* (concentration inhibitrice médiane) et *in vivo* (pulvérisation en verger). Dans les deux études, les lipopeptides montrent un effet antifongique. Les lipopeptides semblent être un agent de biocontrôle prometteur.

**Mots clefs :** *Venturia inaequalis* ; *Bacillus sp* ; lipopeptides ; activité antifongique ; pommier.

**Question et cadrage :** La tavelure du pommier (*Venturia inaequalis*) est une maladie redoutable, combattue classiquement par des fongicides chimiques dont la substitution par des alternatives plus respectueuses de l'environnement est recherchée (Bowen *et al.*, 2011). Le biocontrôle utilise des moyens d'origine biologique (organismes ou produits dérivés des organismes) pour lutter contre les agresseurs (Falardeau *et al.*, 2013). Les lipopeptides produits par *Bacillus subtilis* pourraient être un moyen pour lutter contre *V. inaequalis*. Ils sont biodégradables et ils ont démontré des propriétés fongicides (Jacques, 2011). Il existe plus de 100 structures différentes qui sont réparties en trois familles : les fengycines, les iturines et les surfactines (Jacques, 2011).

**Approche méthodologique/expérimentale :** Pour ces études, les lipopeptides ont été fournis par l'Université de Lille (fengycine, mycosubtiline et surfactine) et par l'Université de Liège (iturine A, lichénysine et pumilacidine). L'activité antifongique de ces lipopeptides est évaluée *in vitro* en déterminant la concentration inhibitrice médiane (CI<sub>50</sub>). Ce test est réalisé en microplaques à partir d'une suspension sporale et d'une gamme de concentrations de lipopeptide seul, en mélange binaire (50/50 w/w) et en comparaison de deux substances actives chimiques (tébuconazole et tétraconazole). Après incubation, les valeurs de densité optique sont obtenues, puis une régression non linéaire est utilisée pour déterminer la CI<sub>50</sub> (concentration inhibitrice médiane). L'expérience a été répétée trois fois. Une ANOVA a été réalisée pour déterminer les différences d'activité entre les molécules.

Un test en verger a été réalisé pour évaluer la protection sur pommiers par deux mélanges de lipopeptides (fengycine/surfactine et mycosubtiline/surfactine) en plus d'un témoin eau, l'adjuvant du mélange fengycine/surfactine, l'adjuvant du mélange mycosubtiline/surfactine, du produit SERENADE et de la stratégie de référence (cuivre/soufre). Les différentes modalités ont été pulvérisées, comme traitement préventif et avec une cadence maximale de 7j, dans le verger expérimental de FREDON Hauts-de-France. Le renouvellement de la protection a été réalisé dès le franchissement du seuil de 20mm de précipitations. Cette expérience a été réalisée en blocs de Fisher avec quatre répétitions. Un total de 11 interventions de protection a été appliqué sur la parcelle d'essai.

**Principaux résultats et interprétation :** Concernant l'étude *in vitro*, la fengycine, la mycosubtiline, l'iturine A et la surfactine ainsi que les quatre mélanges binaires présentent une activité antifongique significative (Tab. I). La fengycine seule est la plus active avec un niveau d'activité proche du tébuconazole et du tétraconazole (Tab. I). Les lipopeptides ont déjà démontré des activités antifongiques contre des phytopathogènes tels que : *Fusarium oxysporum*, *Zyloseptoria tritici*, ... (Platel *et al.*, 2021; Singh *et al.*, 2021). Cela conforte l'utilisation future des lipopeptides comme agent de biocontrôle.

Tableau I - Comparaison de l'activité antifongique de différents lipopeptides contre *V. inaequalis*  
(Comparison of the antifungal activity of different lipopeptides against *V. inaequalis*)

Modalités	Cl <sub>50</sub> (mg.L-1)	Intervalle de confiance (95%)	Analyse statistique
Fengycine	0.024	[0.016 - 0.035]	ab
Mycosubtiline	1.238	[0.836 - 1.833]	c
Iturine A	3.869	[2.614 - 5.726]	d
Surfactine	4.259	[2.878 - 6.305]	d
Lichénysine	>42		NC
Pumilacidine	> 42		NC
Fengycine / Iturine A	0.060	[0.04 - 0.089]	b
Fengycine / Surfactine	0.045	[0.03 - 0.066]	b
Fengycine / Lichénysine	0.047	[0.032 - 0.07]	b
Fengycine / Pumilacidine	0.041	[0.028 - 0.061]	b
Tébuconazole	0.012	[0.008 - 0.018]	a
Tétraconazole	0.009	[0.006 - 0.014]	a

Cl<sub>50</sub> : Concentration inhibitrice médiane. a, b et c : groupe statistique à 95%. NC : non calculable.

Les résultats en vergers montrent, dans les conditions expérimentales de cet essai, que les deux mélanges de lipopeptides, et le produit de référence présentent une diminution de 70% de l'incidence de la maladie. Le produit SERENADE présente une diminution de 55%. Les mélanges de lipopeptides ont une efficacité similaire aux produits commercialisés. L'utilisation de *Bacillus* sp. et des métabolites qu'ils produisent a également montré une diminution de l'incidence de la tavelure en verger (Jimenez *et al.*, 2018).

**Conclusion :** Plusieurs lipopeptides ou un mélange de lipopeptides ont montré une activité antifongique contre *V. inaequalis* *in vitro* et *in vivo*. Une étude plus approfondie sur le mode d'action des lipopeptides sera réalisée afin d'optimiser la formulation de ceux-ci pour une protection optimale.

#### Références bibliographiques :

- Bowen, J.K., Mesarich, C.H., Bus, V.G.M., Beresford, R.M., Plummer, K.M., and Templeton, M.D. (2011). *Venturia inaequalis*: the causal agent of apple scab: *Venturia inaequalis*. *Molecular Plant Pathology* 12, 105–122. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2010.00656.x>.
- Falardeau, J., Wise, C., Novitsky, L., and Avis, T.J. (2013). Ecological and Mechanistic Insights Into the Direct and Indirect Antimicrobial Properties of *Bacillus subtilis* Lipopeptides on Plant Pathogens. *J Chem Ecol* 39, 869–878. <https://doi.org/10.1007/s10886-013-0319-7>.
- Jacques, P. (2011). Surfactin and Other Lipopeptides from *Bacillus* spp. In *Biosurfactants*, G. Soberón-Chávez, ed. (Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg), pp. 57–91.
- Jimenez, M., Castillo, F., Alcal, E., Morales, G., Valdes, R., and Reyes, F. (2018). Biological effectiveness of *Bacillus* spp. and *Trichoderma* spp. on apple scab (*Venturia inaequalis*) *in vitro* and under field conditions. *European Journal of Physical and Agricultural Sciences* 6, 11. .
- Platel, R., Sawicki, M., Esmael, Q., Randoux, B., Trapet, P., El Guilli, M., Chtaina, N., Arnauld, S., Bricout, A., Rochex, A., et al. (2021). Isolation and Identification of Lipopeptide-Producing *Bacillus velezensis* Strains from Wheat Phyllosphere with Antifungal Activity against the Wheat Pathogen *Zymoseptoria tritici*. *Agronomy* 12, 95. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010095>.
- Singh, P., Xie, J., Qi, Y., Qin, Q., Jin, C., Wang, B., and Fang, W. (2021). A Thermotolerant Marine *Bacillus amyloliquefaciens* S185 Producing Iturin A5 for Antifungal Activity against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. *Marine Drugs* 19, 516. <https://doi.org/10.3390/md19090516>.