



PATHOFLAX

Développement de stratégies de lutte durables contre *Verticillium* sur le lin

ARVALIS
Institut du végétal

Interreg

France-Wallonie-Vlaanderen



UNION EUROPÉENNE
EUROPESE UNIE

PATHOFLAX



Verticillium dans le lin

- Agent pathogène: *Verticillium dahliae*
- La fréquence des attaques est en augmentation
- Infection précoce (microsclérotés dans le sol infectant les racines de jeunes plants de lin)
- Symptômes apparaissent à la fin de la saison de croissance (notamment au cours du rouissage)
- Pertes de rendement importantes ainsi que perte de qualité (résistance)
- Aucune stratégie de contrôle, autres que des mesures prophylactiques



Verticillium dans le lin

Symptômes:

- En végétation, jaunissement puis dessèchement de la partie supérieure des plantes
- Renflement des tiges qui deviennent cassantes
- Symptômes le plus caractéristique au cours du rouissage formation de microsclérotés, aspect bleu métallique



PATHOFLAX

Développement de stratégies de lutte durables contre *Verticillium* sur le lin

Objectifs :

- ▣ La réalisation d'une étude épidémiologique de la verticilliose sur l'ensemble des territoires où le lin fibre est cultivé (France – Belgique)
- ▣ L'étude et la mise en œuvre d'approches basées sur la stimulation des défenses naturelles de la plante par des souches de *Verticillium* non-infectieuses ou des éliciteurs
- ▣ L'utilisation de la biodiversité naturelle du lin afin d'identifier des variétés résistantes à la maladie.

Durée:

- ▣ 4 ans – 1^{er} janvier 2019 au 31 décembre 2022



Collaboration transfrontalière

Collaboration entre 11 partenaires en France, en Flandre et en Wallonie, chacun avec son expertise



Leader du projet=





5 Work Packages

1. Management de projet (Inagro)
2. Communication (Arvalis)
3. Monitoring (ILVO)
4. Gestion intégrée de la maladie (UPJV)
5. Essais au champ (FytoFend)





WP3: Monitoring

- ILVO, CRA-W, Arvalis, Inagro & UGent
- Activité 1: Evaluation/validation des test de diagnostic
- Activité 2: Monitoring de *V. dahliae* dans le sol
- Activité 3: Réponse à la dose
- Activité 4: Surveillance de *V. dahliae* dans la semence
- Activité 5: Isolation et caractérisation d'isolats de *V. dahliae*

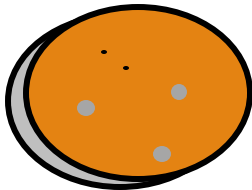


WP3 act. 1. Evaluation/validation des test de diagnostic

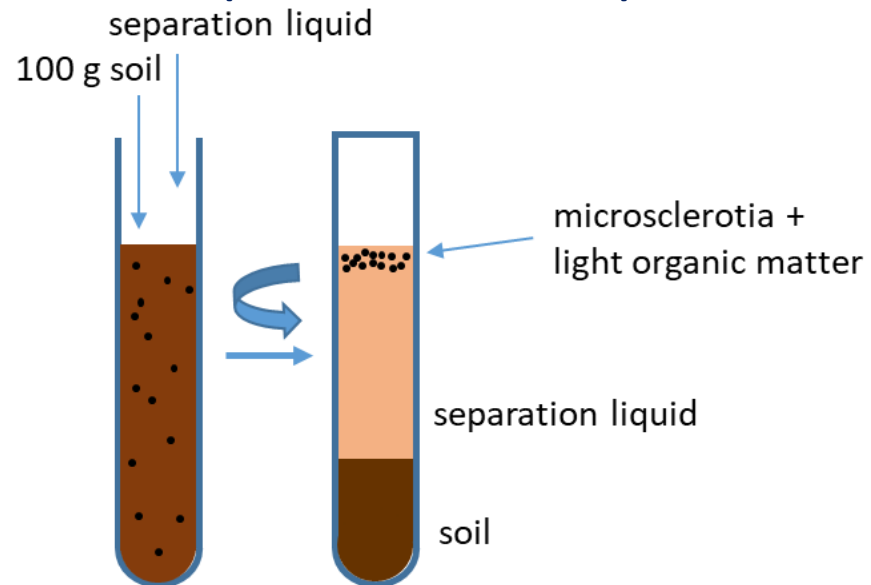
- Comparaison de 3 méthodes de diagnostic de *Verticillium dahliae* dans le sol
- Avoir au moins une technique validée disponible pour les producteurs de chaque région

Etallement classique (CP) (Harris et al., 1993)

Tamisage humide 12,5g de sol + placage sur milieu semi-sélectif



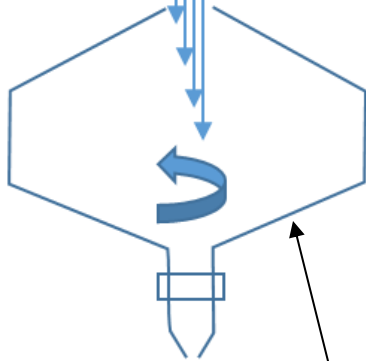
Flottaison par densité (DF) + qPCR (Debode et al., 2011)



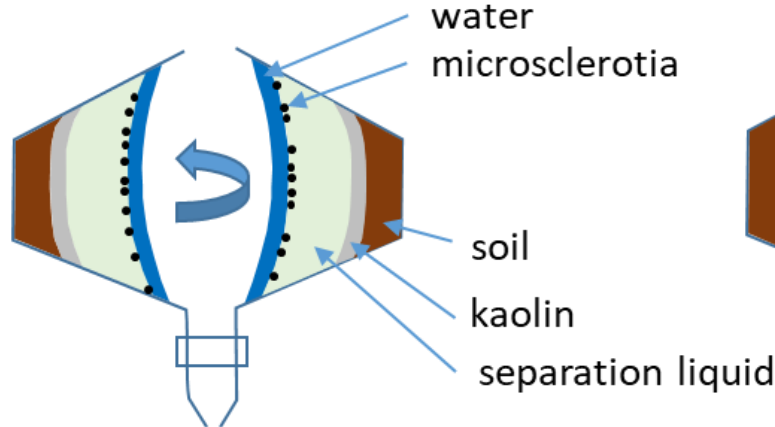
centrifugation Zonale (ZC) + qPCR

Loading

1. separation liquid
2. water
3. 100 g soil + water
4. kaolin

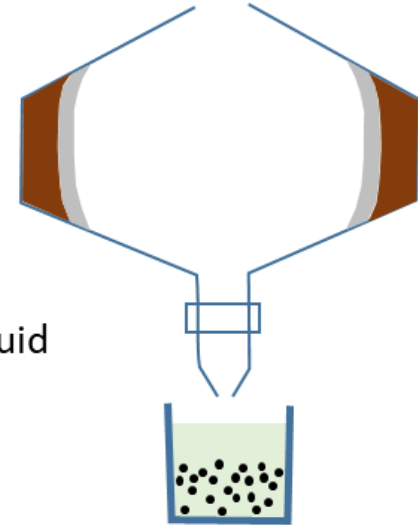


Separation



Excess water
+ light organic matter

Harvesting microsclerotia in supernatans



Interreg

France-Wallonie-Vlaanderen



PATHOFLAX



WP3 act.2. Monitoring

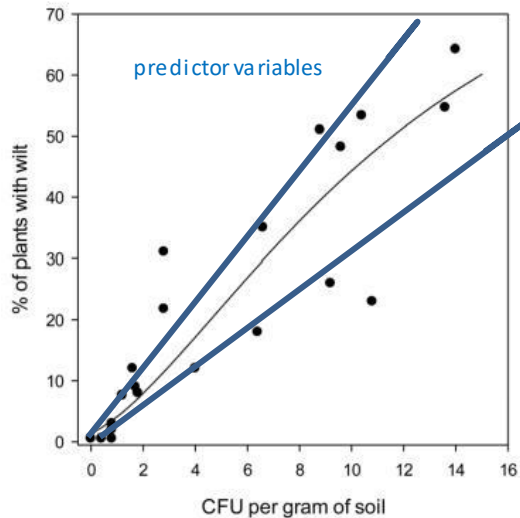
- 50 champs / région / année: échantillonnage et analyse + enquête
- Connaissance de la quantité de *Verticillium dahliae* dans les sols de champs de lin dans les différentes régions -> sera présentée sur une carte
- Sur la base des enquêtes: analyses de régression pour déterminer les liens entre la qualité ou la quantité de lin (= **variables de réponse**) et la quantité de *V. dahliae*, rotation, gestion des sols, cultivar, etc. (= **variables prédictives**)
- Utiliser ces données comme un outil pour sensibiliser les producteurs



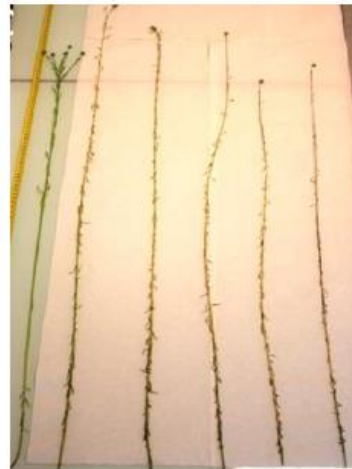


WP3 act.3. Réponse à la dose

- 1 mini parcelle / parcelle du WP3 act.2.: analyse du sol et notation des symptômes (y compris les microsclérotés après rouissage)
- Établir une courbe dose-réponse entre la quantité de *Verticillium* et la quantité de symptômes



Wei et al. (2015) *Phytopathology* 105:220-229.



Blum et al. (2018) *Phytopathology* 102:2421-2429.



WP3 act.4. Surveillance de *V. dahliae* dans la semence

- Déterminer si *Verticillium* peut être détecté dans la graine à partir de plantes infectées source de propagation de *Verticillium*
- Si oui, établir si elle est présente dans ou sur la graine



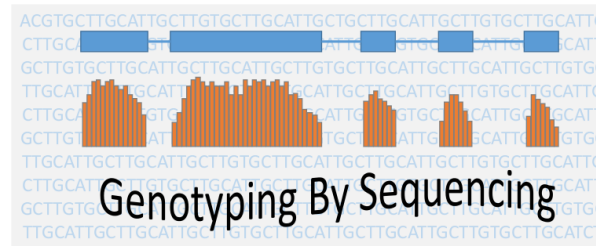
Remarque: une analyse préliminaire réalisée en 2018 a montré la présence dans un seul lot de semences commerciales (basé sur le broyage au N₂ de sous-échantillons, l'extraction d'ADN, qPCR). On ne sait pas encore si cela est dû à une présence interne ou externe.



WP3 act.5. Isolation et caractérisation d'isolats de *V. dahliae*

▮ Quelle est la diversité génétique des isolats de *V. dahliae* entre champs de lin & entre lins?

- ▮ Dans le champs
- ▮ Dans la même région
- ▮ Entre régions



- ▮ Quelle est la diversité pathogénique parmi les isolats de *V. dahliae*?
- ▮ Différences de virulence (pathotypes)?
 - ▮ Différences d'agressivité?



Blum et al. (2018) *Phytopathology* 102:2421-2429.



WP4: Gestion intégrée de la maladie

- UPJV, Linea, Terre de Lin, Ugent, Fytofend, UNamur
- Activité 1: Optimisation de bio essais *Verticillium* lin
- Activité 2: Criblage de variétés de lin pour leur réponse à l'élicitation et leur sensibilité à *Verticillium*
- Activité 3: Criblage de l'efficacité de BCP (produits de bio contrôle) contre la verticilliose du lin
- Activité 4: Caractérisation du mode d'action des BCP



WP4 act.1. Optimisation de bio essais *Verticillium* lin

- ❑ LINEA, Terre de lin, UGent, UPJV
- ❑ Outils pour tester:
 - ❑ Tolérance variétale
 - ❑ Produits de bio contrôle (BCPs)

WP4 act.2. Criblage de variétés de lin pour leur réponse à l'élicitation et leur sensibilité à *Verticillium*


- ❑ Actuellement, aucune variété de lin n'est résistante au *Verticillium*
- ❑ Criblage de 50 variétés de lin pour la sensibilité au *verticillium* et la stimulation de la défense (Terre de Lin, LINEA, Fytofend, UNamur)
- ❑ Sélection des variétés les plus tolérantes et des variétés présentant la meilleure réponse aux éliciteurs (activité 3)





WP4 act.3. Criblage de l'efficacité de BCP contre la verticilliose du lin

- ❑ Actuellement, aucun produit phytopharmaceutique (PPP) disponible pour lutter contre *Verticillium* dans le lin
- ❑ Criblage de:
 - ❑ **Souches antagonistes** (UGent)
 - a. *V. isaacii* est capable de contrôler *V. longisporum* sur chou-fleur
 - b. Souches de *Pseudomonas* productrices de lipopeptides cycliques (CLP)
 - ❑ **Eliciteurs** (Fytofend, UNamur): biopesticides FytoSave® et FytoSol®
 - Stimule les défenses naturelles des plantes: **COS – OGA**
 - COS** = chitooligosaccharides => chitosane
 - OGA** = oligogalacturonides => pectine
 - contre un éventail de maladies parmi lesquelles l'oïdium sur diverses cultures (raisin, fraise,...), le mildiou sur le raisin,...
- ❑ **Évaluation de combinaisons de différentes variétés de lin et de BCP** (UPJV)



Imite l'interaction plante-pathogène

WP4 act.4. Caractérisation du mode d'action des BCP

- ❑ Une caractérisation minimale des mécanismes de fonctionnement des BCP est nécessaire pour l'homologation de BCP en lin (UGent, UNamur).



WP5: Essais au champ

- Essais terrain de lin textile pour définir la meilleure méthode de lutte intégrée contre *Verticillium*
 - Variétés
 - Produits de biocontrôle (BCP)
 - Essais de démonstration
- Coordinateur: FytoFend
- Essais sur le terrain: Arvalis, Inagro, ILVO, Linea, Terre de Lin





WP5: Essais au champ

Variétés

- Actuellement, aucune variété de lin n'est résistante au *Verticillium*
- 2 types d'essais sur le terrain seront conduits:
 - Essais avec des variétés disponibles dans le commerce
 - pour pouvoir évaluer correctement les différences de tolérance au *Verticillium* des différentes variétés
 - Essais avec de nouvelles lignées et / ou variétés de la collection INRA
 - sélectionner des variétés plus résistantes que celles actuellement disponibles pour les producteurs de lin belges et français





WP5: Essais au champ

Produits de bio controle (BCP)

☐ Tester les BCP contre *V. dahliae* dans des essais sur le lin

☐ Eliciteur (par exemple FytoSave® de FytoFend)

☐ Souches antagonistes (fournies par Ugent, sélectionnées après les tests de laboratoire)

☐ Facteurs de test:

☐ Différents BCP

☐ Période d'intervention (stade BBCH)

☐ Nombre de traitements

☐ Effet de la variétés



Définir la stratégie de contrôle la plus efficace dans le lin



WP5: Essais au champ

Essais de démonstration

- En dernière année du projet (2022)
- Validation de la stratégie de contrôle et des essais de démonstration:
 - Un nombre limité de variétés pour lesquelles une réponse positive au BCP a été trouvée
 - Doses optimales des BCP
 - Nombre optimal d'applications
 - Au stade le plus pertinent de la culture



Démonstration de stratégies de lutte durables contre *Verticillium* sur le lin



WP2 Communication

- ▣ Coordination ARVALIS, en collaboration étroite avec INAGRO et impliquant les partenaires du projet
- ▣ Act. 1. Communication générale du projet
- ▣ Act. 2. Communication transfrontalière vers les acteurs de la filière
- ▣ Act. 3. Communication scientifique



WP2 Communication

- Act. 1. Communication générale du projet
 - Communiqué de presse transfrontalier
 - Réunion de lancement de projet associé à la réunion technicien lin *27/11/19 Amiens*
 - Séminaire de clôture du projet + conf de presse
 - Portail internet (Inagro)
 - Réseau sociaux **#PATHOFLAX**





WP2 Communication

- ▣ Act. 2. Communication transfrontalière vers les acteurs de la filière
 - ▣ Présentation des avancées en comité technique Lin
 - ▣ Présentation des avancées en réunion techniciens ARVALIS (fr) et INAGRO + ABV (Be) tous les ans
 - ▣ Visites d'essais (agriculteurs & techniciens) INAGRO, ARVALIS, LINEA, TERRE de LIN et ILVO
 - ▣ Articles de presse
 - ▣ ...
- ▣ Act. 3. Communication scientifique (INAGRO, Unamur, ILVO, ARVALIS, CRA-W, UPJV, Ugent)
 - ▣ Posters / communication orale en conférences & congrès scientifiques
 - ▣ Publications en revues scientifiques
 - ▣ Thèse de doctorat