RAPPORT DE SYNTHÈSE

Projet n° : D65-1409

Acronyme : PotatoSMART

Titre : Elaboration d'un système SMART pour la protection intégrée et la lutte biologique contre le mildiou de la pomme de terre à l'échelle de la parcelle (phase 2)

Date de démarrage et de fin du projet :

du 01/04/2021 au 31/03/2024

Durée du projet : 36 mois

Organismes partenaires du projet

Anne Legrève

Professeure

anne.legreve@uclouvain.be

+32 10 47 34 09

Université catholique de Louvain, UCLouvain

Croix du Sud 2 bte L7.05.03, 1348 Louvain-la-Neuve

Viviane Planchon

Directrice scientifique

v.planchon@cra.wallonie.be

+32 (0)81 87 41 60

CRA-W

Rue de Liroux, 9 B-5030 Gembloux

Vincent, César

Ingénieur agronome, attaché scientifique

v.cesar@cra.wallonie.be

32 81 87 50 14

CRA-W

Rue du Serpont, 100, B-6800 Libramont Belgique

Pierre, Lebrun

Directeur

pl@fiwap.be

+32 (0)81 61.06.56

FIWAP

Rue du Bordia, 4, B-5030 Gembloux

1. Contexte

Le mildiou de la pomme de terre, causé par *Phytophthora infestans (Pi)*, est l'une des maladies des cultures qui requiert le plus de traitements de protection fongicide sous nos contrées. Dans le contexte actuel du pacte vert pour l'Europe qui vise à engager l'Union européenne vers la voie vers la transition écologique, il convient de développer de nouveaux outils pour tenter de réduire l'utilisation des produits chimiques de synthèse en agriculture. Les avertissements agricoles actuels relatifs à la protection du mildiou de la pomme de terre se basent sur des critères épidémiques et météorologiques pour estimer les risques de développement de la maladie dans les parcelles. Les avancées en matière de détection moléculaire, les connaissances nouvelles sur la distribution des populations de *Pi* impliquées et sur les interactions plante-pathogène, ainsi que le développement de variétés nouvelles, d'outils de géopositionnement par satellite et de gestion de données sont autant d'éléments qui pourraient être pris en compte pour affiner l'évaluation du risque mildiou à l'échelle de la parcelle. Le projet vise l'étude de la distribution spatio-temporelle des souches de *Pi* présentes en région wallonne, leur caractérisation et la mise au point de nouveaux outils biotechnologiques en vue de développer un système SMART qui intègre les facteurs déterminant les risques d'infection et qui permettra à l'agriculteur de disposer d'un nouvel outil pour optimiser la gestion raisonnée du mildiou.

2. Objectifs

L'objectif du projet était donc de contribuer au développement d'un outil d'aide à la décision (OAD), pour aider les producteurs de pommes de terre de la région wallonne à contrôler le mildiou en fonction de la pression parasitaire au niveau de chaque parcelle et selon une stratégie adaptée à leur mode de production, en agriculture biologique ou en protection intégrée des cultures. Cet outil doit s'intégrer à la plateforme VigiMAP développée par le prescripteur des avertissements mildiou en RW, le CARAH, et mise en ligne en 2020.

La mise en place de nouvelles fonctionnalités nécessite l'acquisition de nouvelles données d'ordre épidémiologiques, culturales et météorologiques. Le programme de recherche reposait donc sur les cinq objectifs spécifiques suivants :

- quantifier l'inoculum aérien et cartographier les populations de *Phytophthora infestans* (Pi) en présence dans l'environnement ;

- étudier les caractéristiques épidémiologiques des souches types majoritairement présentes en Wallonie et particulièrement leur comportement selon la température et la variété en présence. Ces deux paramètres conditionnant les phases de survie, latence, incubation, sporulation et de dispersion du cycle épidémique, doivent être adaptés dans les modèles de développement épidémiologiques en conséquence;

- développer des stratégies de contrôle pour limiter le recours aux pesticides chimiques de synthèse et tester la résilience de nouveaux systèmes en AB;

- intégrer dans VigiMAP la cartographie des populations parasitaires en présence, la modélisation du développement du mildiou selon les interactions spécifiques lignées de Pi - variété cultivée et température, et un OAD spécifique à l'AB;

- améliorer la pertinence des données météorologiques pour un avertissement à la parcelle selon trois axes: la connexion à VigiMAP de stations d'agriculteurs, la mise en place d'un test automatique de vraisemblance des données et l'analyse de la pertinence des stations d'agriculteurs dans la spatialisation des données sur la plateforme Agromet.

3. Conclusions synthétiques d'interprétation des résultats des travaux

Quantification de l'inoculum aérien de *Phytophthora infestans*.

Le projet a permis d'expérimenter concrètement la capture des spores de *Phytophthora infestans (Pi)*, à l'aide de capteurs de spores volumétriques en champs, et sa quantification via une technique moléculaire. Le suivi de la distribution spatio-temporelle de la quantité journalière d'inoculum présent dans quatre localités au cours de trois années a permis de montrer que l'inoculum n'est pas présent en continu au cours de la saison, et que des quantités variables de spores sont présentes dans l'air selon les champs et selon les années. La présence d'inoculum déterminant l'infection des plantes et, par-là, la pression exercée par le mildiou sur la culture de la pomme de terre, ces résultats démontrent l'intérêt de la variable 'quantité journalière d'inoculum de *Pi* présente dans l'air' pour mieux prédire la maladie. En effet, les modèles de prédiction actuels tiennent compte des données météorologiques pour déterminer les risques d'infection par le mildiou mais considèrent la présence constante de propagules infectieuses (spores) dans l'air.

D'autres recherches ont déjà mis en évidence l'intérêt de cette biotechnologie, intégrant un réseau de capteurs de spores et la quantification d'inoculum d'une espèce par PCR quantitative spécifique, pour la prédiction de maladies fongiques en grandes cultures (céréales, pomme de terre, vigne). La création d'un réseau de capteurs pour la prédiction de plusieurs maladies pourrait, à terme, être utile pour servir le développement des avertissements agricoles de plusieurs cultures.

L'étude des relations entre la variable 'quantité d'inoculum aérien' et des variables météorologiques peut par ailleurs conduire au développement de modèle de prédiction d'inoculum aérien, permettant d'identifier les périodes à risque d'infection et qui lève la nécessité de la mesure en temps réel de la variable 'inoculum aérien'.

Caractérisation des interactions entre des isolats de *P. infestans* et cultivars de pomme de terre en vue de la modélisation de l'épidémie selon le génotype de *Pi* et la variété de pomme de terre.

Les résultats confirment que l'agressivité de *Pi* varie non seulement en fonction de la variété de pomme de terre mais aussi du génotype particulier de la souche. Elle n'apparaît pas directement liée au type de reproduction (mating type) ou de son profil SSR (Single Sequence Repeat), mais elle serait liée en plus à des traits génétiques spécifiques aux souches et qu'il convient d'approfondir. Les essais ont montré que l'agressivité dépendait à la fois de la quantité d'inoculum mais aussi d'autres facteurs. En effet, les isolats capables d'infecter avec de plus faibles quantités d'inoculum n'étaient pas nécessairement ceux qui engendraient les symptômes les plus sévères avec des quantités élevées d'inoculum. Une variation notable de l'agressivité des souches a été observée en fonction des variétés de pomme de terre testées, avec des différences clairement perceptibles pour des variétés tolérantes à certains génotypes de *Pi*. Ces résultats révèlent des interactions particulières non nécessairement liées au profil SSR.

L'utilisation de réseaux de neurones artificiels a permis de révéler que les interactions génotypes *Pi*-cultivars de pomme de terre observées en conditions contrôlées reflètent bien, les niveaux de sévérité en mildiou observés sur le terrain dans les essais MILVAR (essais mis en place chaque année pour évaluer le comportement des variétés face au mildiou) au cours des années lorsque le génotype des souches de *Pi* est pris en compte dans le modèle. Les disparités en pression mildiou selon les variétés ont été correctement simulées avec les différentes quantités d'inoculum testées lors des expériences en serre, ce qui a significativement amélioré les performances du modèle. Ces résultats mettent en lumière l'importance d'inclure une gamme de quantités d'inoculum dans l'étude des interactions hôte-pathogène, car la quantité d'inoculum varie selon les conditions environnementales, les lieux et les années. L'implémentation des changements dans les populations belges de *Pi* dans le modèle a amélioré la robustesse du modèle et sa capacité à "prédire" la sévérité du mildiou en champ. Cette amélioration des performances du modèle indique que les différentes interactions qui ont été observées en conditions contrôlées sont susceptibles de se produire sur le terrain.

Un autre modèle a aussi été développé pour prédire l'inoculum aérien sur base des données météorologiques. Il constitue une avancée certaine dans la compréhension de l'épidémiologie de mildiou de la pomme de terre. Le modèle doit cependant être amélioré pour pouvoir être utilisé dans un outil d'aide à la décision. Sa sensibilité (seuil de quantité de sporanges) et ses performances ne sont pas encore d'une qualité commerciale.

Développement d'itinéraires phytotechniques adaptés à l'agriculture biologique. Les possibilités de lutte fongicide étant limitées aux produits cupriques agréés, le levier variétal s'impose (plus qu'en production conventionnelle) comme principal outil de maîtrise du mildiou en production biologique. La prévention des infections passe par les avertissements générés par le modèle et l'application VigiMap qui se sont enrichis durant le projet de fonctionnalités spécifiques à la production biologique.

Développement d'itinéraires phytotechniques adaptés à l'agriculture intégrée. Ces itinéraires devraient intégrer davantage la variété concernée (caractérisée en termes de résistance / tolérance face aux souches de mildiou), la cartographie des souches de mildiou élaborée les années récentes, et la gamme restante de fongicides disponibles caractérisés selon leur mode d'action FRAC.

Caractérisation des stratégies de contrôle en champ. Les essais réalisés au cours du projet ont révélé qu'il reste une marge de progression dans la limitation du nombre de traitements, sur la base de l'inoculum aérien, du taux de survie des spores et de la variété de pomme de terre, particulièrement au cours des années à faible pression. L'essai réalisé en 2023, un année à plus forte pression, démontre combien le positionnement des traitements fongicides en année à forte pression mildiou est capital dans la lutte contre le mildiou. Dans cet essai, les modalités VigiMap et VigiMap « spatialisé » montrent la meilleure protection sur la variété sensible. La modalité Vigimap + symptôme montre l'importance d'une protection préventive des parcelles pour les variétés les plus sensibles. La modalité Vigimap + capteur, intégrant la prise en compte d'inoculum aérien sur une parcelle avant le premier traitement, a montré une légère faiblesse sur variété sensible, liée à la nécessité de connaître en temps réel l'arrivée des premiers sporanges dans la parcelle. Il importe de travailler à développer une biotechnologie efficace de récolte et traitements des données qui permettra de réduire de façon significative le nombre de traitements opérés dans la lutte contre *Pi.* Les mesures de rendement effectuées pour les différentes modalités suivant les variétés montrent clairement l'impact d'une mauvaise protection fongicide sur le rendement d'autant plus important que la variété est sensible au mildiou du feuillage. L'intérêt de la culture de variétés mieux tolérantes est aussi démontré.

Essai de spatialisation des données météo. Un des objectifs du projet était de mener une étude prospective sur l'intérêt d'utiliser les données météo enregistrées par les stations météorologiques d'agriculteurs en vue d'améliorer la spatialisation (interpolation spatiale) des données météos disponibles sur la plateforme Agromet.be. Le test consistant à intégrer l'entièreté des données des stations d'agriculteurs dans la spatialisation augmente l'erreur de prédiction à 0.6°C, comparé à 0.47°C pour les stations Pameseb seules. Ceci montre qu'il est nécessaire d'appliquer des filtres pour éliminer les données problématiques. Les deux premiers filtres qui ont été implémentés concernent le positionnement des stations. Ils se sont avérés bénéfiques et même indispensables. Le troisième filtre se focalise sur la vraisemblance des données. Bien que bénéfique également, son impact est bien moindre que les précédents.

L'objectif à terme est de proposer des avertissements mildiou à la parcelle sur base de données météorologiques spatialisées. Les premiers essais réalisés en champs sont encourageants mais une étude plus systématique de l'incertitude des données spatialisées et son impact sur les sorties du modèle mildiou sont nécessaires.

4. Impact actuel sur l'agriculture wallonne et perspectives futures de cet impact

Le projet Potato smart a permis le développement d'une application smartphone opérationnelle « Foyer mildiou » qui permet aux partenaires du projet d'encoder et de visualiser les observations de foyers mildiou observées sur le terrain. Cette application est disponible en ligne sur la plateforme Centres pilotes du CRA-W moyennant la création d'un compte gratuit. Pour l'instant, l'outil est uniquement mis à disposition des experts pour garantir la qualité des observations. Une mise à disposition à plus large échelle (agriculteurs, firmes phyto, …) est possible et permettrait d'augmenter considérablement le nombre d'observations. L'infrastructure mise en place pour l'application « Foyers mildiou » peut à présent être multipliée pour un tas d'autres maladies, cultures ou observations. Par exemple, le CEPICOP suit en saison et depuis des années le développement phénologique des céréales et le développement des maladies sur plusieurs sites. L'application pourrait être utilisée dans ce cadre-là. Ce n'est qu'une illustration parmi d'autres.

Le projet a également permis de mettre en évidence l'intérêt de prendre en compte l'inoculum aérien de *Phytophthora infestans*, le/les génotype.s des populations en présence, la variété de pommes de terre et les interactions génotypes-cultivars pour la prédiction du mildiou. Ces éléments pourraient être intégrés dans l'outil Vigimap pour une prédiction du risque épidémique du mildiou à l'échelle de la parcelle, moyennant l'intégration et la validation des modèles développés.