**SECTION 1 – INFORMATION GÉNÉRALE SUR LE PROJET**

Titre du projet : Étude et modélisation de la température et de l'humectation de la litière? des vergers pour améliorer les modèles de prévision des ravageurs du pommier

Développement, durée 2 ans, aide demandée 70.000,00$ (compléter par 30.000$)

Orientation(s) 5, Objectif(s) 5.2, Action(s) 5.2.3

**SECTION 2 – RENSEIGNEMENTS SUR LE DEMANDEUR**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **DEMANDEUR** | | **RESPONSABLE  DU  PROJET** |
| **Nom  :** |  | Alexandre Leca | |
| **Nom  de  l’organisme  :** |  | IRDA | |
| **Adresse  de  correspondance  :** |  | 335 Rang des Vingt-Cinq Est  Saint-Bruno-de-Montarville, QC J3V 0G7 | |
| **Téléphone  :** |  | 450-653-7368 #353 | |
| **Adresse  électronique  :** |  | alexandre.leca@irda.qc.ca | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **SECTION  3  –  COÛT  ET  FINANCEMENT** | | |
| **Aide  financière  demandée** | | 70.000,00 $ |
| **Contribution  du  demandeur  :** | | 30.000,00$ |
| **Autres  sources  de  financement  :** | | |
| 1. **Participation  d’un  organisme  associé  :** | |  |
| 1. **Autres  sources  (préciser)  :** |  |  |
| **COÛT  TOTAL  DU  PROJET  :** | | 100.000,00 $ |

**SECTION 4 – RÉSUMÉ DU PROJET**

Afin d'entrer en concordance avec la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture, les pratiques des pomiculteurs en termes de gestion des maladies doivent être adaptées et modifiées en vue de réduire la quantité de produits phytosanitaires employée. Pour mener à bien cette réduction sans risquer une perte de qualité et de rendement des vergers, il est indispensable de marquer des avancées dans la mise en place de seuils d'intervention précis auxquels les producteurs pourront se fier pour cibler exclusivement les périodes à risque infectieux. Dans le cas de la tavelure, principale maladie affectant les pommiers au Québec et causée par le pathogène fongique *Venturia inaequalis*, l'amélioration de l'estimation des seuils d'intervention dans les modèles prévisionnels passe en premier lieu par une Une détermination réaliste du début de la période des éjections en lien avec le débourrement des arbres et la progression du risque par la suite. Or les outils actuels qui servent à estimer le développement des pseudothèces ne tiennent pas compte de l'écart de température entre l'air et la litière? Ce projet s'attache à déterminer et prévoir cette quantité à l'aide des facteurs environnementaux conditionnant la maturation du pathogène. A l'aide d'expérimentations à l'interface entre physique et sciences du vivant, nous tenterons de caractériser la dynamique de température et de l'humectation de la litière, lieu de développement du pathogène à la fin de l'hiver

**SECTION 5  - DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES OBJECTIFS POURSUIVIS ET DE LA MÉTHODOLOGIE PROJET**

Objectifs généraux et spécifiques du projet :

- Étudier la dynamique de température dans les couches superficielles du sol (?) d'un verger de pommiers à la sortie de l'hiver

- Étudier la durée d'humectation des couches superficielles du sol d'un verger de pommiers à la sortie de l'hiver

- Élaborer un modèle de température et de durée d'humectation des couches superficielles du sol d'un verger de pommier en fonction des variables climatiques locales usuelles

Méthodologie ou démarche (description détaillée et précise) :

L'étude de la température et de la durée d'humectation au sol sera effectuée dans le verger expérimental pomicole du Parc National du Mont Saint Bruno. Ce verger dispose de rangées de pommiers de différentes variétés (principalement McIntosh, Cortland, Empire, Spartan, HoneyCrisp), (ça change quoi?) selon un mode de production représentatif aux vergers commerciaux du Québec. Quatre zones seront sélectionnées. Dans chacune des zones sera disposée une litière de feuilles infectées par le pathogène *Venturia inaequalis*.

La caractérisation de la dynamique thermique spatiotemporelle du sol passe par la mesure de la température du sol à différentes profondeurs du sol, au cours du temps. Ainsi nous pourrons disposer d'une "cartographie" thermique dans les couches superficielles du sol et au niveau de la litière constituée principalement de feuilles de pommier en décomposition à la surface du sol. Pour ce faire, un ensemble de sondes thermocouples sera installé, chaque sonde étant disposée à une profondeur spécifique, soit : à la surface du sol (0cm), à 1cm de profondeur, à 5 cm de profondeur, à 10cm de profondeur, et à 20cm de profondeur. La sonde de surface sera une pince thermocouple qui pincera un empilement de feuilles de litière. Les sondes enterrées seront des tiges thermocouple. La profondeur sera maintenue constante à l'aide d'un lest qui maintiendra la sonde en place, et la profondeur sera contrôlée régulièrement, notamment après un épisode climatique venteux (>20 km/h) ou pluvieux (>1mm) à même d'éroder les couches superficielles et modifier la profondeur des sondes de température.

Un ensemble de sondes de référence sera également disposé à proximité du dispositif. Ainsi, un pyranomètre mesurera le flux de rayonnement global atteignant le sol à proximité des feuilles de litière étudiées. Un pluviomètre sera disposé au sol et en haut des arbres voisins, afin d'estimer la quantité d'eau de pluie arrivée au sol par rapport à la quantité atteignant la cime des arbres. Un thermohygromètre de référence sera disposé à 10cm au-dessus du sol, afin de donner une mesure de la température de l'air au-dessus du sol, ainsi que de l'humidité relative de l'air qui joue un rôle important dans la détermination de la température de point de rosée ainsi que la durée d'humectation.

Ces sondes seront reliées à une centrale d'acquisition qui stockera les données à raison d'une valeur par sonde toutes les 30 secondes (on fera varier de 1seconde à 5 minutes pour évaluer la meilleure résolution temporelle pour l'étude). Les données ainsi obtenues nous permettront de déterminer si la température varie en fonction de la profondeur du sol de manière significative, et dans quelles proportions, si la température de la litière est plus proche de la température dans le sol ou au-dessus du sol, et à quelle échelle de temps ces variations de températures s'observent.

La durée d'humectation des feuilles de litière sera mesurée grâce à des sondes d'humectation à grille d'impédance variable, de type Campbell 237 ou Decagon LWS-L. Reliées à une centrale d'acquisition, la valeur retournée sera stockée toutes les minutes et la durée d'humectation en sera déduite par analyse des données propres à chaque type de sonde.

Ces sondes seront disposées à même le sol pour être le plus représentatives des feuilles de litière. Toutefois, les propriétés de surface d'une feuille en décomposition et d'une sonde étant a priori différentes, nous effectuerons une étude en chambre à environnement contrôlé pour déterminer un facteur de correction sur la durée d'humectation mesurée. Pour ce faire, des feuilles de litière seront disposées au même niveau qu'une sonde d'humectation, dans une chambre dont la température, l'hygrométrie et le rayonnement sont réglables. Un volume d'eau égal sera disposé sur les feuilles et la sonde, et une caméra filmera la durée de séchage de l'eau sur chacun des supports. En faisant varier les conditions de température, hygrométrie et rayonnement, la comparaison des durées permettra de déterminer le facteur de correction à appliquer pour estimer de manière plus précise l'humectation réelle des feuilles de litière au verger.

Attention = c'est pas l'eau libre à la surface qui compte pour les pseudothèces mais bien l'eau dans le pseudothèce.

Comptage moyen des pseudothèces au sol au pied des arbres dans la zone non. échantillonnée (inoculation forcée pour contrôler la quantité?) et comptage des spores matures/éjectées (**VINCENT**)

Effet de la lumière sur la maturation à étudier??? (**VINCENT**)

on part de feuilles tavelées et on fait un suivi dans le temps des stades de maturation (échelle de Sutton). On va aussi prendre un échantillon périodiquement et le faire éjecter pour déterminer avec précision la date de première éjection et la courbe d'avancement

L'analyse des données nous permettra de déterminer les relations entre variables météorologiques de référence, température du sol et température et humectation de la litière. Si des corrélations linéaires simples sont observées, le modèle sera basé sur ces relations empiriques, calibré pour une des quatre zones et nous tenterons sa validation par rapport aux données des trois autres zones. (OU CALIBRATION SUR 2014 ET VALIDATION SUR 2015!!!!)

Mais il est fort probable que la température et l'humectation du sol ne soient pas modélisable de façon à la fois réaliste et empirique, aussi nous envisageons une modélisation physique basée sur la résolution du bilan énergétique des feuilles de la litière. A l'aide de l'équation de la chaleur de Fourier, des équations de Penman-Monteith, et de la modélisation physique de la durée d'humectation de Leca, nous serons en mesure de reproduire la dynamique des flux de température et de transfert de masse à la surface de la litière. Ce modèle pourra être validé grâce aux données recueillies en 2014 et 2015a verger.

Le modèle sera alors conçu selon la méthode des volumes finis à une (1) dimension et sa résolution spatiotemporelle sera adaptable en fonction des résultats obtenus par la mesure.

La connaissance des profils pédologiques du sol du verger nous permettra de déterminer les coefficients de diffusivité et de conductivité thermique du sol spécifique aux vergers pomicoles du Québec.

Année 1 : MESURES EN SORTIE D'HIVER 2014-2015  
Année 2 : DEVELOPPEMENT

**SECTION 6 – PERTINENCE ET ASPECTS NOVATEURS DU PROJET ET CONFORMITÉ AVEC LA SPQA**

Dans un contexte où les risques des traitements phytosanitaires sur l'environnement et la santé humaine sont avérés, il apparaît indispensable et urgent de s'assurer qu'une réduction de ces traitements est possible sans porter préjudice aux récoltes. Ainsi, le ciblage précis des périodes de risque infectieux C'est ce que notre projet vise à réaliser, en déterminant la dynamique de maturation des ascospores de *Venturia inaequalis* à la sortie de l'hiver en fonction des facteurs environnementaux proches du sol, notamment la température de la litière ainsi que son humectation. Ces dynamiques sont peu connues et maîtrisées, faute d'expertise en bioclimatologie des principaux acteurs de la recherche en phytopathologie. Ce projet s'attache à réunir une équipe d'experts en physique, bioclimatologie et en pathologie végétale, afin de combler les lacunes et de caractériser de façon pertinente les conditions de maturation des ascospores.

**SECTION 7 – POTENTIEL DE TRANSFÉRABILITÉ ET D’APPLICABILITÉ, PORTÉE COLLECTIVE DU PROJET**

Cette étude vise à affiner les connaissances portant sur la maturation des ascospores de *Venturia inaequalis* et surtout à les modéliser à des fins de prévision de risque. Le logiciel d.aide à la décision en cours de validation au Québec, RIMpro, pourrait être nettement amélioré grâce aux résultats de ce projet, en permettant de baser les prévisions sur une estimation précise et réaliste du biofix de la première éjection et une meilleure estimation de la dynamique de maturation en saison.Proposé à l'ensemble des pomiculteurs du Québec par le Réseau d'Avertissement Phytosanitaire, la portée de ces travaux touchera l'ensemble de la filière pomicole du Québec.

D'autre part, de nombreux pathogènes fongiques reposant sur un cycle annuel semblable à *Venturia inaequalis*, cet outil pourrait être appliqué à d'autres pathosystèmes, comme par exemple ???????

Les outils de modélisation de la température et de l'humectation de la litière pourront aussi être utilisés pour améliorer les modèles d'émergence de d'autres ravageurs du pommier comme Le charançon de la prune et le carpocapse du pommier.

**SECTION 8 – RÉSULTATS ATTENDUS DU PROJET ET LIVRABLES**

* Caractérisation de la variabilité de température de la litière par rapport à la température de l'air ? en fonction de la météo
* Caractérisation de la durée d'humectation de la litière en fonction de la météo
* Modélisation de la température et de la durée d'humectation de la litière

Livrables :

* Données mesurées au cours des saisons 2014 et 2015, traitées et analysées, disponibles sur demande
* Modèle de température et de durée d'humectation de la litière, sous la forme d'un tableur ou d'un code informatique, et intégré au logiciel RIMpro dans son édition 2015 ou 2016

**SECTION 9 – PLAN DE DIFFUSION DES RÉSULTATS DU PROJET**

-

- Publication d'un article sur la quantification des effets de température et d'humectation sur la maturation

- Conférences JARIT, Journées Agropomme

- Poster en conférence internationale

- Conjointement aux autres projets déposés, article de vulgarisation sur la prévision des risques à différentes échelles spatiales et temporelles : maturation, éjection, infection primaire pour communiquer au secteur pomicole les avancées de recherche en lien avec la possibilité de réduction pertinente des phytosanitaires, et la possibilité d'utiliser des produits à faible impact environnemental

**SECTION 10 – DOCUMENTS ET EXPERTISE DISPONIBLES – LIENS AVEC D’AUTRES PROJETS ET CONCERTATION, S’IL Y A LIEU**

Différents modèles de maturation des pseudothèces ont été publiés au cours de s années. Malgré leurs limites, les modèles actuels et notamment celui intégré dans RIMpro ont prouvé leur utilité pour mieux cerner le risque des infections printannières. Néanmoins, ces modèles présentent parfois un écart entre la prévision de la maturation des pseudothèces et la maturité observée des modèles, notamment lors des printemps plus secs. Le groupe d'experts Européens sur la tavelure du pommier a identifié cette incertitude comme une contrainte importante des modèles actuels. En Allemagne, l'installation de sondes de température et d'humectation au sol a permis d'améliorer les prévisions des modèles, mais l'installation à grande échelle de ce genre de sondes n'est pas considérée réaliste puisque les paramètres mesurés ne sont pas des standards xxx. l

Lien avec les projets Innov'Action déposés

**SECTION 11 –  RÔLE, RESPONSABILITÉS ET EXPERTISE DE CHACUNE DES PERSONNES PARTICIPANT AU PROJET** + joindre CV 2 pages max de chacune des personnes étroitement engagées dans la réalisation du projet

Alexandre Leca est professionnel de recherche à l'IRDA depuis 2013. Il a été porteur pendant l'année 2013 du projet "Amélioration des modèles prévisionnels de lutte contre la tavelure dans les conditions Québécoises" dans le cadre du Programme Canadien d'Adaptation Agricole financé par le Conseil pour le Développement de l'Agriculture du Québec. Exerçant à l'interface entre sciences du vivant et sciences physiques, il est particulièrement compétent sur les questions de bioclimatologie et leurs enjeux pour l'agriculture. Il a conçu et mené de nombreuses expérimentations en laboratoire et en vergers, notamment au sein de l'équipe de recherche en microclimat et environnement du laboratoire de Physique et Physiologie Intégratives de l'Arbre Fruitier et Forestier (PIAF) de Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme, France), à l'Unité Expérimentale de Recherche Intégrée de Gotheron (Saint-Marcel-lès-Valence, Drôme, France), et au sein de l'équipe de l'équipe de phytopathologie de l'IRDA. Ces expérimentations ont mené à l'obtention de résultats novateurs et marquant une avancée dans l'approche de la prévision des risques infectieux liés aux maladies fongiques des pommiers. Membre actif du groupe Français de chercheurs EpiArch oeuvrant sur les liens entre épidémiologie et architecture des plantes, il a également collaboré avec des chercheurs du Service d'Inspection de la Santé des Animaux et des Plantes (APHIS) du Département d'Agriculture du Gouvernement États-Unien (USDA).

Vincent Philion exerce comme chercheur agronome en phytopathologie à l'IRDA depuis 1998. Il est expert dans l'étude des maladies de la pomme au Québec. Il est également fortement impliqué dans la mise en place et l'amélioration constante des avertissements du réseau d'avertissement phytosanitaire (RAP). Son approche tant fondamentale qu'appliquée aux méthodes concrètes de culture et aux besoins réels des producteurs est un atout majeur dans ce projet à l'interface entre le milieu de la recherche et le milieu de la pomiculture.