

**DÉVELOPPEMENT DE SIMULATEURS DE DEUX MALADIES DU POMMIER COMME OUTILS D'AIDE
À LA DÉCISION POUR LES PRODUCTEURS DE POMMES AU QUÉBEC**

AGRP-1-13-1646

DURÉE DU PROJET : MAI 2014/ MAI 2015

RAPPORT FINAL

Réalisé par :
Roland Joannin, dta, CCAE Agropomme inc.
Alain Rocchia, TranquilleSoft

Janvier 2015

Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans ce rapport émanent de l'auteur ou des auteurs et n'engagent aucunement le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

DÉVELOPPEMENT DE SIMULATEURS DE DEUX MALADIES DU POMMIER COMME OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION POUR LES PRODUCTEURS DE POMMES AU QUÉBEC

AGRP-1-13-1646

RÉSUMÉ DU PROJET (Maximum 20 lignes)

Le feu bactérien et la tavelure du pommier sont deux maladies qui, aujourd'hui, représentent plus de 70 % des interventions phytosanitaires en pomiculture. Ces maladies ont besoin de plusieurs facteurs (ouverture des fleurs, développement foliaire, conditions météorologiques, etc.) pour s'exprimer dans un verger. Deux simulateurs de ces maladies ont été développés : un pour le feu bactérien et un pour la tavelure du pommier. Ils utilisent comme base deux modèles prévisionnels : Cougarblight de Timothy J. Smith pour le feu bactérien et le modèle tavelure développé par l'équipe de modélisation de Gaétan Bourgeois, PhD., du CRDH et Agropomme. Les deux simulateurs, contrairement aux modèles prévisionnels, tiennent compte de l'hôte (fleurs pour le feu bactérien, feuilles pour la tavelure), des traitements réalisés et réalisables, ainsi que leur lessivage. Les producteurs ont expérimenté le modèle pour le feu bactérien pendant la saison 2014. Celui-ci leur a permis de cibler s'il y avait une infection et quand traiter durant la floraison. Le modèle pour la tavelure sera disponible pour la saison 2015. Ces deux simulateurs guideront les producteurs dans leurs décisions sur de possibles interventions et sur le moment où ils doivent les effectuer afin d'optimiser le contrôle de ces ennemis en pomiculture. Ils sont actuellement disponibles en ligne, sur la plate-forme d'Agropomme <http://www.agropomme.ca/modeles>. Le simulateur de la tavelure est encodé en JavaScript afin qu'il puisse être visualisé sur les cellulaires. Le développement de ces deux simulateurs permettra une utilisation à bon escient des produits phytosanitaires, et conséquemment un meilleur contrôle des deux maladies, ce qui conduira à une diminution de l'utilisation des pesticides.

OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE (Maximum 20 lignes)

Deux objectifs principaux étaient visés :

- 1- Développer deux simulateurs comme outils d'aide à la décision pour deux maladies présentes dans les vergers de pommiers au Québec, soit la tavelure du pommier et le feu bactérien, qui sont la cible de plus de 70 % des interventions phytosanitaires.
- 2- Améliorer le synchronisme entre les interventions phytosanitaires et l'ennemi de la culture tout en évitant des traitements inutiles et ainsi diminuer l'utilisation de pesticides.

Les simulateurs ont été basés sur des modèles prévisionnels déjà existants. Pour le feu bactérien, il s'agit de « Cougarblight » (version 2010) développé par Timothy J. Smith. Pour la tavelure du pommier, il s'agit du modèle développé par Gaétan Bourgeois, PhD., et son équipe de modélisation du CRDH (Centre de recherche et de développement en horticulture d'Agriculture et Agroalimentaire Canada). Ces modèles prévoient les infections de ces maladies, mais ne tiennent pas compte de l'hôte (fleurs ouvertes pour le feu bactérien, feuilles et fruits pour la tavelure) ni des interventions phytosanitaires passées et à venir, ni du milieu (sensibilité variétale, historique de la parcelle). Des tables de données ont dû être créées afin de tenir compte de tous ces facteurs.

Une première version pour visualiser les simulateurs a été créée sous Excel, puis des versions bêta ont été programmées afin d'évaluer les simulateurs avant de les mettre disponibles en ligne. Pour le feu bactérien, durant la saison 2014, les producteurs ont saisi leur date d'ouverture des fleurs et ont pu vérifier, parcelle par parcelle, lorsqu'un traitement était nécessaire. Ceci a permis de cibler les traitements durant la floraison et d'évaluer le risque associé aux températures des derniers jours.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS (Maximum de 3 pages)

Le simulateur de feu bactérien a été mis en ligne pour la saison 2014. Les producteurs ont pu l'utiliser afin de mieux gérer cette maladie durant la floraison. À la figure 1, il s'agit d'une vue du simulateur pour une parcelle donnée chez un producteur dont la floraison a commencé le 19 mai 2014 (date saisie par le producteur). On observe pour chaque jour une courbe qui représente la somme des risques associés à la température. Cela permet de connaître pour chaque cohorte de fleurs si elle présente un risque d'infection (flèche rouge) ou non. Comme on peut le constater sur cette figure, trois traitements ont été réalisés cette saison liés à des risques élevés d'infection. Lorsque le producteur passe sur la flèche rouge, une info-bulle s'affiche lui indiquant quelles fleurs sont à risque pour cette infection. Il est ainsi possible de traiter uniquement les variétés dont les fleurs se sont ouvertes le jour même (le 3 juin 2014).

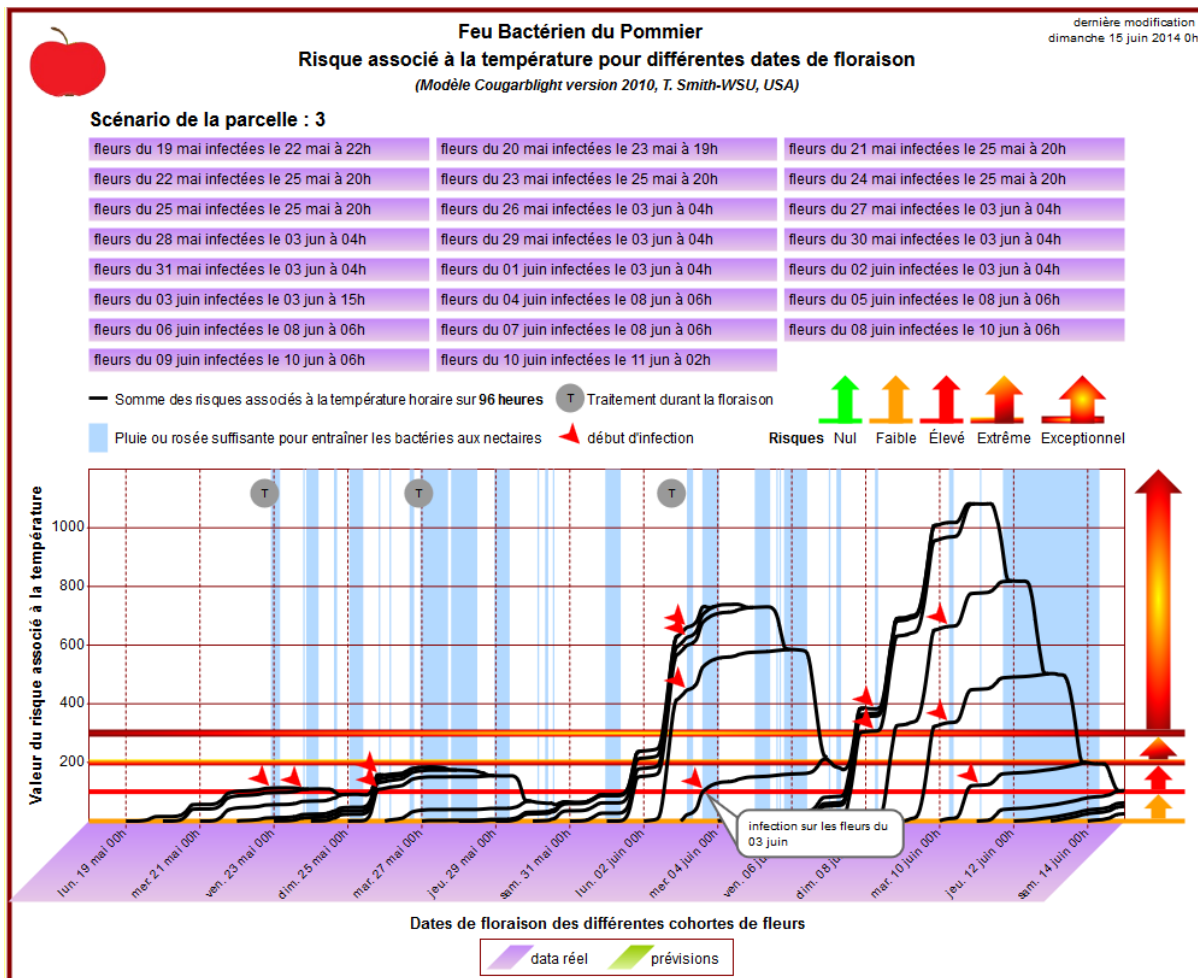


Figure 1 : Visualisation du simulateur de feu bactérien pour une parcelle donnée dont la floraison a débuté le 19 mai 2014.

Les différents seuils et scénarios (voir en annexe) selon l'historique du verger sont indiqués afin de connaître la sévérité du risque (nul, faible, élevé, extrême, exceptionnel). Pour chaque parcelle, cela sert d'indicateur aux producteurs afin de cibler s'il faut uniquement traiter les variétés sensibles au feu bactérien, ou bien toutes les variétés. Dans le cas d'un scénario 3 (présence de chancres actifs et/ou de feu bactérien dans votre secteur), lorsque l'on atteint le seuil élevé, toutes les variétés doivent être traitées. En comparaison, au contraire, dans le cas d'un scénario 2 où l'inoculum est moins élevé, le producteur pourrait décider de ne pas intervenir sur les variétés moins sensibles au feu bactérien. Les

conseillers pomicoles et la plupart des producteurs ont utilisé ce simulateur durant la floraison 2014.

Étant donné que le modèle du feu bactérien pour les poiriers est basé sur la même méthode de calcul que pour le pommier, un simulateur pour les poiriers a aussi été créé. La seule différence entre les deux modèles est la somme des risques associés à la température horaire qui se fait sur 120 heures pour les poiriers et de 96 heures pour le pommier.

Le simulateur de feu bactérien a été présenté lors de la journée technique annuelle d'Agropomme le 17 décembre 2014, lors de la présentation intitulée « [Innovation Agropomme](#) ». Durant le printemps 2014, les producteurs qui en ont fait la demande ont eu une formation sur l'utilisation du simulateur.

Pour le simulateur de la tavelure du pommier, le producteur pourra constater l'efficacité de son traitement en fonction de l'heure du traitement, du risque d'infection, des précipitations cumulées et de la croissance foliaire. À l'intérieur de la période d'efficacité d'un fongicide appliqué en protection, si une pluie est annoncée, suivant le développement foliaire et le lessivage, le simulateur indiquera à l'utilisateur la nécessité ou l'inutilité de renouveler le traitement. Les interventions antérieures étant notées à la parcelle, l'utilisateur pourra identifier les parcelles qui ont besoin d'une application. En sélectionnant un fongicide et en le positionnant sur les données prévisionnelles du graphique, le simulateur montrera l'impact d'un tel choix sur le contrôle de la période de pluie.

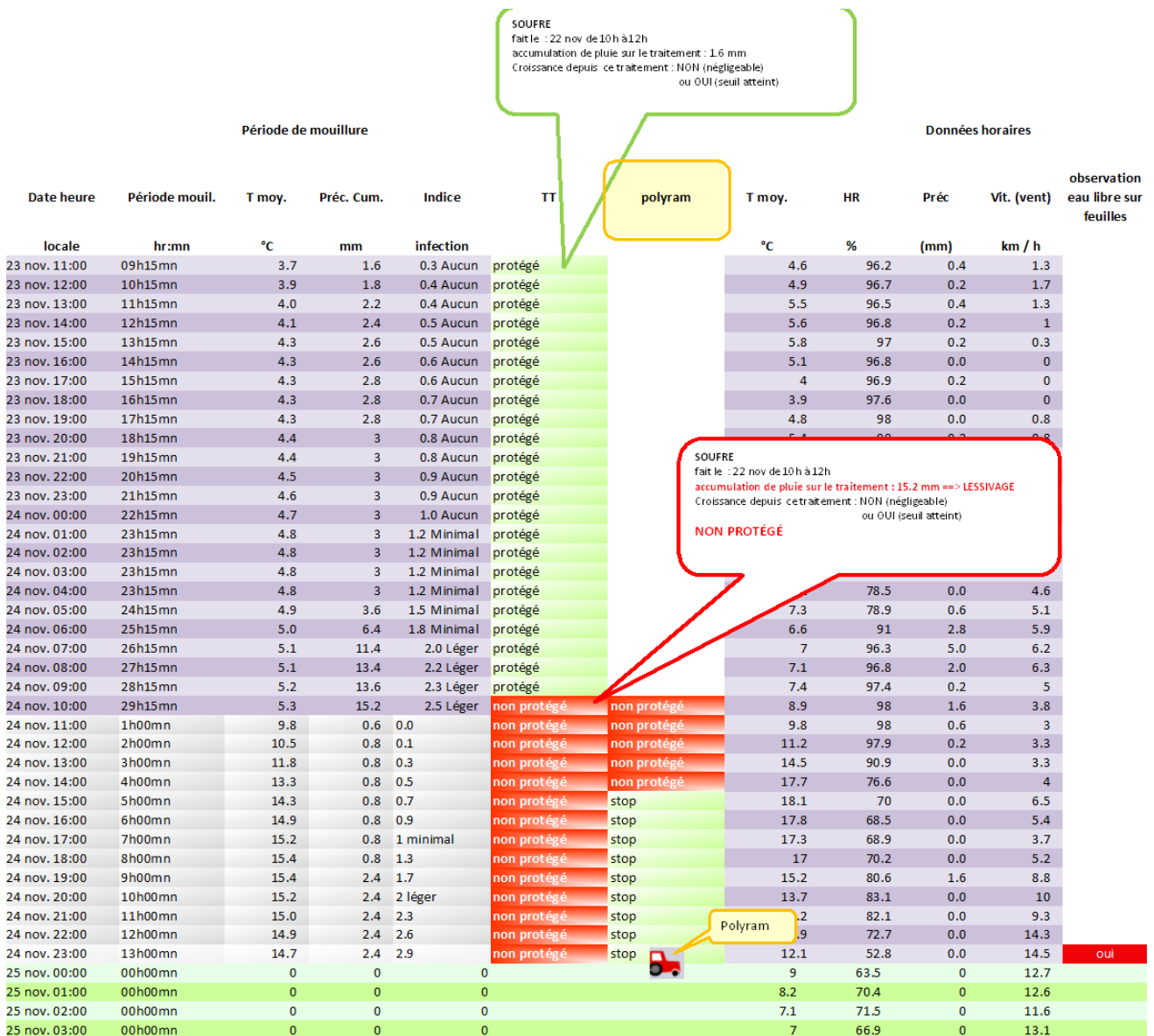


Figure 2 : Exemple du simulateur de la tavelure du pommier pour un producteur qui a réalisé un traitement au soufre en protection avant la pluie.

Dans l'exemple de la figure 2, le producteur a réalisé un traitement à base de soufre avant la pluie. En plaçant son curseur sur le 23 novembre 11 h, le détail du traitement s'affiche ainsi que le cumul de pluie. Le producteur peut alors constater qu'il est protégé jusqu'au 24 novembre 10 h, heure à laquelle le simulateur lui indique qu'il n'est plus protégé. En plaçant son curseur sur le « non protégé » une info-bulle lui indique quel est le traitement concerné (ici le soufre), l'accumulation de la pluie depuis le traitement et la croissance

foliaire depuis le traitement. En rouge, s'affiche la raison pour laquelle il n'est plus protégé : dans la table de données des pesticides, il a été saisi que le soufre est lessivé après une accumulation de 10 mm de pluie. Donc, suite à un cumul de 15.2 mm, le traitement est lessivé. Les calculs repartent à zéro au moment du lessivage, lui indiquant que le 24 novembre à 17 h, un risque d'infection minimal sera constaté. Le producteur peut choisir dans un menu déroulant quel fongicide homologué en pomiculture il est possible d'utiliser et à quel moment le réaliser. En cliquant sur le tracteur (qui apparaît suite à la sélection d'un produit), il peut le déplacer afin de choisir le meilleur moment pour traiter. Sur l'exemple de la figure 2, on constate qu'en traitant le 24 novembre à 23 h, le producteur n'est pas protégé sur tout le risque d'infection et pourrait donc avoir des lésions dues à la tavelure du pommier. Un tableau résumant les infections passées est disponible sur la page du simulateur. Il permet aux producteurs qui le désirent de cliquer sur une infection et de pouvoir visualiser le détail horaire de celle-ci. Ceci permettra de retracer les infections qui ont pu causer des lésions dans le verger en fonction des traitements réalisés.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE (Maximum de ½ page)

Les modèles existants des maladies du pommier sont majoritairement basés sur la connaissance de la biologie respective des maladies et des conditions météorologiques. Les deux simulateurs proposés tiendront compte de l'hôte, des interventions réalisées et des interventions possibles.

Pour le simulateur du feu bactérien, l'historique de cette maladie, au niveau de la parcelle et de la région, les données météorologiques réelles et prévisionnelles, ainsi que la date d'ouverture des fleurs permettront aux utilisateurs de savoir s'il y a un potentiel d'infection et quel est le niveau de risque pour chaque date d'ouverture des fleurs. Ainsi, les utilisateurs pourront déduire s'il est nécessaire de traiter et, si oui, cibler les variétés qui sont à risque dans le verger (traitements localisés).

Pour le simulateur de la tavelure, durant la période d'éjection des ascospores (infections primaires), l'intégration du développement foliaire du pommier ainsi que des applications de fongicides réalisées et réalisables (mode d'action, rémanence, lessivage) au modèle déjà existant permettront aux utilisateurs de mieux cibler les traitements en intervenant au moment opportun pour en tirer la meilleure efficacité (choix du fongicide et heure de traitement). Le simulateur jouera donc un rôle important pour la réalisation de traitement en protection (avant la pluie) ou en traitement stop (pendant la germination des ascospores). Selon les connaissances actuelles, ces deux méthodes d'intervention présentent un risque de développement de résistance considéré comme nul. En optimisant les résultats de ces deux approches de lutte, on évitera l'utilisation de produits phytosanitaires en post-infection (troisième stratégie possible) qui sont susceptibles de développer de la résistance.

L'utilisation de ces deux simulateurs permettra donc d'avoir un meilleur synchronisme entre les applications phytosanitaires et l'ennemi de la culture, de diminuer l'usage de produits phytosanitaires (en évitant des traitements inutiles et en réalisant des traitements localisés), et de diminuer le risque de développement de résistance pour la tavelure du pommier.

De plus, ces simulateurs sont disponibles en ligne sur la plate-forme d'Agropomme et il est possible de les visualiser sur les téléphones intelligents moyennant une connexion Internet <http://www.agropomme.ca/modeles>.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Roland Joannin, conseiller pomicole

CCAÉ Agropomme inc.

rjoannin.agropomme@videotron.ca

450-623-0889

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ce projet a été réalisé dans le cadre du volet 4 du programme Prime-Vert – Appui au développement et au transfert de connaissances en agroenvironnement avec une aide financière du ministère de l’Agriculture, des Pêcheries et de l’Alimentation par l’entremise de la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021.

ANNEXE(S)

Simulateur du feu bactérien

1- Vue complète du simulateur de feu bactérien avec explication des différents scénarios et un résumé des infections pour chaque cohorte de fleurs.

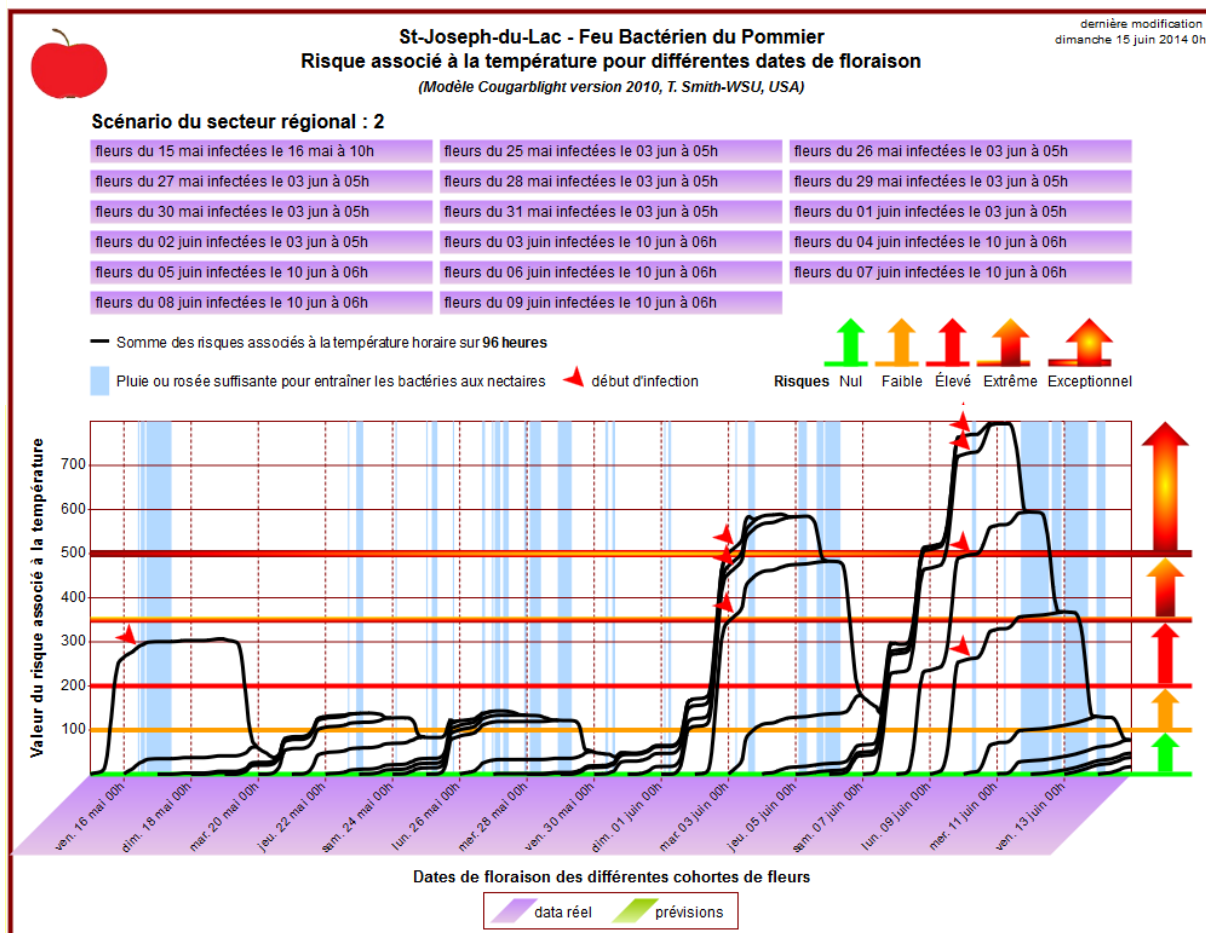
Pommier

Poirier

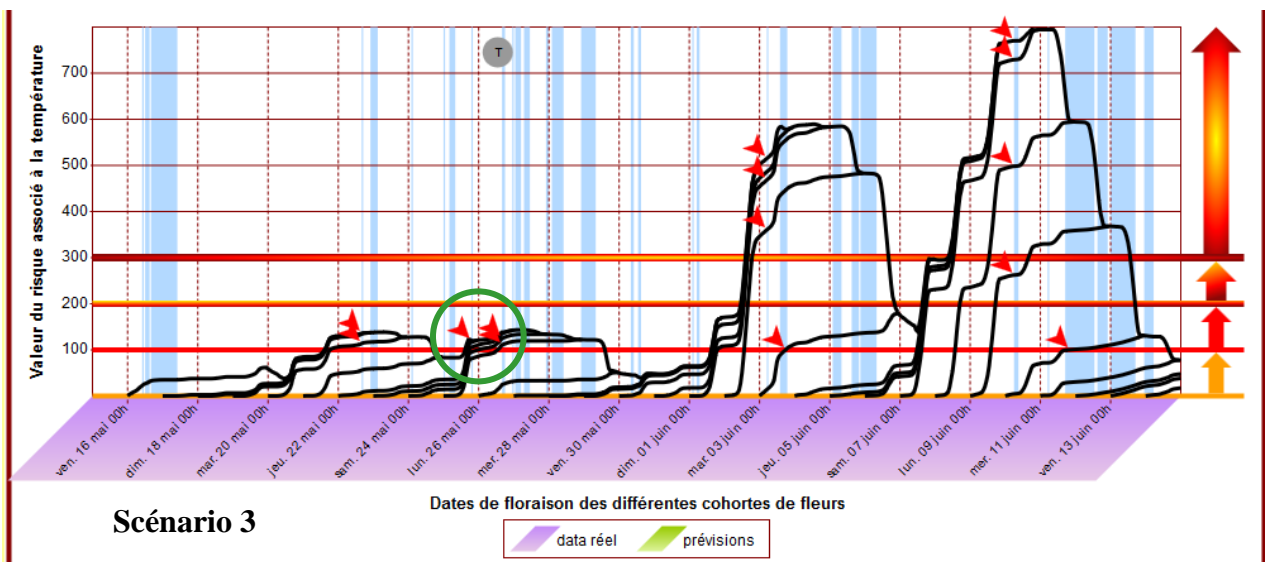
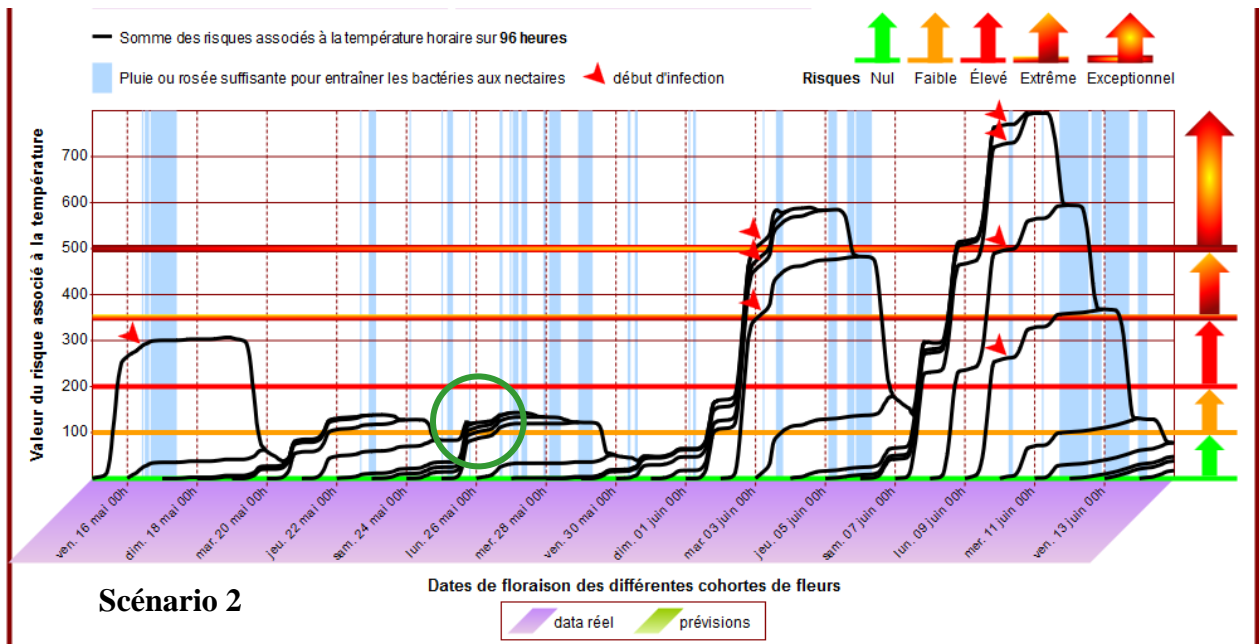
Trois scénarios permettent de qualifier l'inoculum suivant l'historique de la maladie (voir tableau ci-dessous). Les différentes municipalités reçoivent le scénario 2 par défaut. Chaque parcelle se voit attribuer un scénario par le conseiller de l'entreprise.

Une entreprise peut faire apparaître ses différentes parcelles en cliquant sur "Exploitation" dans le menu déroulant de droite. Elle sera invitée à préciser la date d'ouverture des premières fleurs dans la parcelle. Elle pourra également indiquer le stade du calice. Il est donc possible de voir une représentation du modèle par parcelle par entreprise.

| | Risques | Nul | Faible | Élevé | Extrême | Exceptionnel |
|--|----------------|-------|---------|---------|----------|--------------|
| Scénario 1 : Pas de feu bactérien dans votre secteur régional l'année précédente | | 0-300 | 300-500 | 500-800 | 800 et + | |
| Scénario 2 : Présence de feu bactérien dans votre secteur régional l'année précédente | | 0-100 | 100-200 | 200-350 | 350-500 | 500 et + |
| Scénario 3 : Présence de chancres actifs et/ou de feu bactérien dans votre secteur régional | pas une option | 0-100 | 100-200 | 200-300 | 300 et + | |



2- Différence entre deux entreprises qui n'ont pas le même historique de feu bactérien (scénarios 2 et 3)



Simulateur de la tavelure du pommier

1- Tableau pour la saisie des données de la croissance foliaire sur bouquets floraux et pousses végétatives.

Année des données: 2014 ▼

Bouquets floraux

Sites végétatifs

| | bqt floral 1 | | bqt floral 2 | | bqt floral 3 | | bqt floral 4 | | bqt floral 5 | | bqt floral 6 | | bqt floral 7 | | bqt floral 8 | | bqt floral 9 | | bqt floral 10 | |
|-----------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | Nombre de feuilles | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | complètes | partielles | complètes | partielles | complètes | partielles | complètes | partielles | complètes | partielles | complètes | partielles | complètes | partielles | complètes | partielles | complètes | partielles | complètes | partielles |
| 22 jan 15 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| 12 ▼ 30 ▼ | <input type="checkbox"/> débourré | <input type="checkbox"/> débourré | <input type="checkbox"/> débourré | <input type="checkbox"/> débourré | <input type="checkbox"/> débourré | <input type="checkbox"/> débourré | <input type="checkbox"/> débourré | <input type="checkbox"/> débourré | <input type="checkbox"/> débourré | <input type="checkbox"/> débourré | <input type="checkbox"/> débourré | <input type="checkbox"/> débourré | <input type="checkbox"/> débourré | <input type="checkbox"/> débourré | <input type="checkbox"/> débourré | <input type="checkbox"/> débourré | <input type="checkbox"/> débourré | <input type="checkbox"/> débourré | <input type="checkbox"/> débourré | <input type="checkbox"/> débourré |

ENVOYER

Tranquillesoft

2- Exemple d'un producteur qui voudrait réaliser un traitement en post-infection

| Période de mouillure | | | | | | Données horaires | | | | | observation eau libre sur feuilles |
|----------------------|----------------|--------|------------|-------------|--------------------------|------------------|------|------|-------------|--|--|
| Date heure | Période mouil. | T moy. | Préc. Cum. | Indice | TT | T moy. | HR | Préc | Vit. (vent) | | |
| locale | hr:mn | °C | mm | infection | | °C | % | (mm) | km / h | | |
| 23 nov. 11:00 | 09h15mn | 3.7 | 1.6 | 0.3 Aucun | protégé | 4.6 | 96.2 | 0.4 | 1.3 | | |
| 23 nov. 12:00 | 10h15mn | 3.9 | 1.8 | 0.4 Aucun | protégé | 4.9 | 96.7 | 0.2 | 1.7 | | |
| 23 nov. 13:00 | 11h15mn | 4.0 | 2.2 | 0.4 Aucun | protégé | 5.5 | 96.5 | 0.4 | 1.3 | | |
| 23 nov. 14:00 | 12h15mn | 4.1 | 2.4 | 0.5 Aucun | protégé | 5.6 | 96.8 | 0.2 | 1 | | |
| 23 nov. 15:00 | 13h15mn | 4.3 | 2.6 | 0.5 Aucun | protégé | 5.8 | 97 | 0.2 | 0.3 | | |
| 23 nov. 16:00 | 14h15mn | 4.3 | 2.6 | 0.6 Aucun | protégé | 5.1 | 96.8 | 0.0 | 0 | | |
| 23 nov. 17:00 | 15h15mn | 4.3 | 2.8 | 0.6 Aucun | protégé | 4 | 96.9 | 0.2 | 0 | | |
| 23 nov. 18:00 | 16h15mn | 4.3 | 2.8 | 0.7 Aucun | protégé | 3.9 | 97.6 | 0.0 | 0 | | |
| 23 nov. 19:00 | 17h15mn | 4.3 | 2.8 | 0.7 Aucun | protégé | 4.8 | 98 | 0.0 | 0.8 | | |
| 23 nov. 20:00 | 18h15mn | 4.4 | 3 | 0.8 Aucun | protégé | 5.4 | 98 | 0.2 | 0.8 | | |
| 23 nov. 21:00 | 19h15mn | 4.4 | 3 | 0.8 Aucun | protégé | | | | | | |
| 23 nov. 22:00 | 20h15mn | 4.5 | 3 | 0.9 Aucun | protégé | | | | | | |
| 23 nov. 23:00 | 21h15mn | 4.6 | 3 | 0.9 Aucun | protégé | | | | | | |
| 24 nov. 00:00 | 22h15mn | 4.7 | 3 | 1.0 Aucun | protégé | | | | | | |
| 24 nov. 01:00 | 23h15mn | 4.8 | 3 | 1.2 Minimal | protégé | | | | | | |
| 24 nov. 02:00 | 23h15mn | 4.8 | 3 | 1.2 Minimal | protégé | | | | | | |
| 24 nov. 03:00 | 23h15mn | 4.8 | 3 | 1.2 Minimal | protégé | | | | | | |
| 24 nov. 04:00 | 23h15mn | 4.8 | 3 | 1.2 Minimal | protégé | 7.2 | 81.2 | 0.0 | 3.9 | | |
| 24 nov. 05:00 | 24h15mn | 4.9 | 3.6 | 1.5 Minimal | protégé | 7.2 | 78.5 | 0.0 | 4.6 | | |
| 24 nov. 06:00 | 24h15mn | 4.9 | 3.6 | 1.5 Minimal | protégé | 7.3 | 78.9 | 0.6 | 5.1 | | |
| 24 nov. 07:00 | 25h15mn | 5.0 | 6.4 | 1.8 Minimal | protégé | 6.6 | 91 | 2.8 | 5.9 | | |
| 24 nov. 08:00 | 26h15mn | 5.1 | 11.4 | 2.0 Léger | protégé | 7 | 96.3 | 5.0 | 6.2 | | |
| 24 nov. 09:00 | 27h15mn | 5.1 | 13.4 | 2.2 Léger | protégé | 7.1 | 96.8 | 2.0 | 6.3 | | |
| 24 nov. 10:00 | 28h15mn | 5.2 | 13.6 | 2.3 Léger | protégé | 7.4 | 97.4 | 0.2 | 5 | | |
| 24 nov. 11:00 | 29h15mn | 5.3 | 15.2 | 2.5 Léger | non protégé | 8.9 | 98 | 1.6 | 3.8 | | |
| 24 nov. 12:00 | 1h00mn | 9.8 | 0.6 | 0.0 | non protégé | 9.8 | 98 | 0.6 | 3 | | |
| 24 nov. 13:00 | 2h00mn | 10.5 | 0.8 | 0.1 | non protégé | 11.2 | 97.9 | 0.2 | 3.3 | | |
| 24 nov. 14:00 | 3h00mn | 11.8 | 0.8 | 0.3 | non protégé | 14.5 | 90.9 | 0.0 | 3.3 | | |
| 24 nov. 15:00 | 4h00mn | 13.3 | 0.8 | 0.5 | non protégé | 17.7 | 76.6 | 0.0 | 4 | | |
| 24 nov. 16:00 | 5h00mn | 14.3 | 0.8 | 0.7 | non protégé | 18.1 | 70 | 0.0 | 6.5 | | |
| 24 nov. 17:00 | 6h00mn | 14.9 | 0.8 | 0.9 | non protégé | 17.8 | 69.5 | 0.0 | 5.4 | | |
| 24 nov. 18:00 | 7h00mn | 15.2 | 0.8 | 1 minimal | non protégé | | | | 7 | | |
| 24 nov. 19:00 | 8h00mn | 15.4 | 0.8 | 1.3 | non protégé | | | | 12 | | |
| 24 nov. 20:00 | 9h00mn | 15.4 | 2.4 | 1.7 | non protégé | | | | 11.8 | | |
| 24 nov. 21:00 | 10h00mn | 15.2 | 2.4 | 2 léger | non protégé | 12.7 | 83.1 | 0.0 | 10 | | |
| 24 nov. 22:00 | 11h00mn | 15.0 | 2.4 | 2.3 | non protégé | 13.2 | 82.1 | 0.0 | 9.3 | | |
| 24 nov. 23:00 | 12h00mn | 14.9 | 2.4 | 2.6 | non protégé | 12.9 | 72.7 | 0.0 | 14.3 | | |
| 24 nov. 00:00 | 13h00mn | 14.7 | 2.4 | 2.9 | non protégé | 12.1 | 52.8 | 0.0 | 14.5 | | |
| 25 nov. 00:00 | 00h00mn | 0 | 0 | 0 | Postinfection IMPOSSIBLE | 9 | 63.5 | 0 | 12.7 | | |
| 25 nov. 01:00 | 00h00mn | 0 | 0 | 0 | Postinfection IMPOSSIBLE | 8.2 | 70.4 | 0 | 12.6 | | |
| 25 nov. 02:00 | 00h00mn | 0 | 0 | 0 | Postinfection IMPOSSIBLE | 7.1 | 71.5 | 0 | 11.6 | | |

SOUFRE
 fait le : 22 nov de 10h à 12h
 accumulation de pluie sur le traitement : 1.6 mm
 Croissance depuis ce traitement : NON (négligeable)
 ou OUI (seuil atteint)
 DAR de x jour ; récolte au plus tôt le 15 aout

Seuil des fongicides

SOUFRE (si on clique sur soufre ==> on va au registre de Tr)
 fait le : 22 nov de 10h à 12h
accumulation de pluie sur le traitement : 15.2 mm ==> LESSIVAGE
 Croissance depuis ce traitement : NON (négligeable)
 ou OUI (seuil atteint)
NON PROTÉGÉ

FONTELIS
 Attention T prévu e 9°C < seuil de T d'application de 10°C
Post-infection IMPOSSIBLE

oui