



**HAL**  
open science

## La physique et la tavelure : édition 2015

Alexandre Leca, B. Boissonnier, V. Joubert, V. Philion

► **To cite this version:**

Alexandre Leca, B. Boissonnier, V. Joubert, V. Philion. La physique et la tavelure : édition 2015. 23. Journées Annuelles sur la Recherche et l'Innovation Technologique (JARIT 2015), Feb 2015, Orford, Canada. hal-01606935

**HAL Id: hal-01606935**

**<https://hal.science/hal-01606935v1>**

Submitted on 5 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License

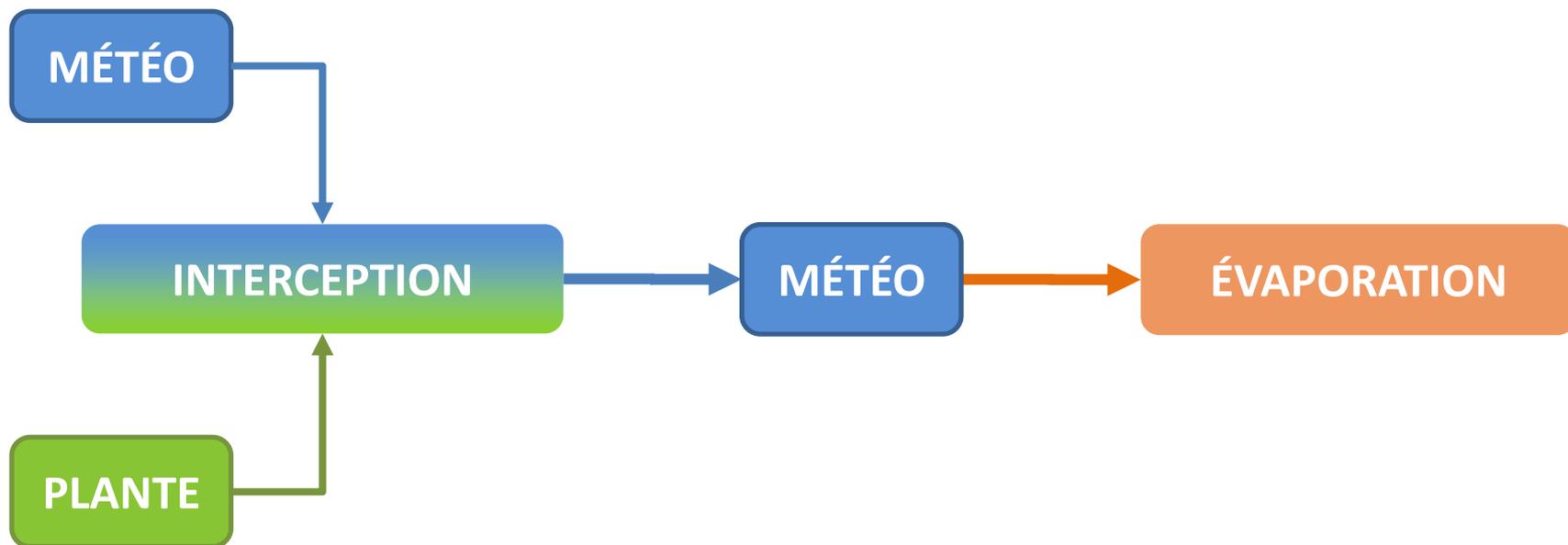
# La physique et la tavelure : édition 2015

Alexandre Leca  
Bastien Boissonnier  
Valentin Joubert  
Vincent Philion



# L'AN DERNIER ...

Concept du modèle



Projets déposés pour 2014 - 2016

Humectation du feuillage, température et humectation de la litière...

# SOMMAIRE

MODÈLES FONCTIONNANT SANS LES STATIONS AGROMÉTÉOROLOGIQUES

C'est pour...maintenant!

MODÉLISATION DE L'HUMECTATION DU FEUILLAGE

Mouillabilité : les gouttes d'eau passées au crible

Architecture : l'arbre vu par le soleil et la pluie

MODÉLISATION DE LA TEMPÉRATURE ET DE L'HUMECTATION DE LA LITIÈRE

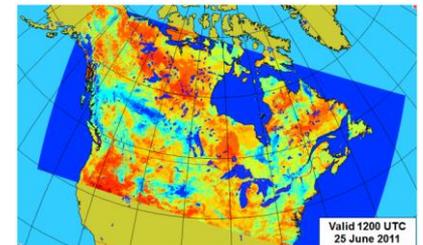
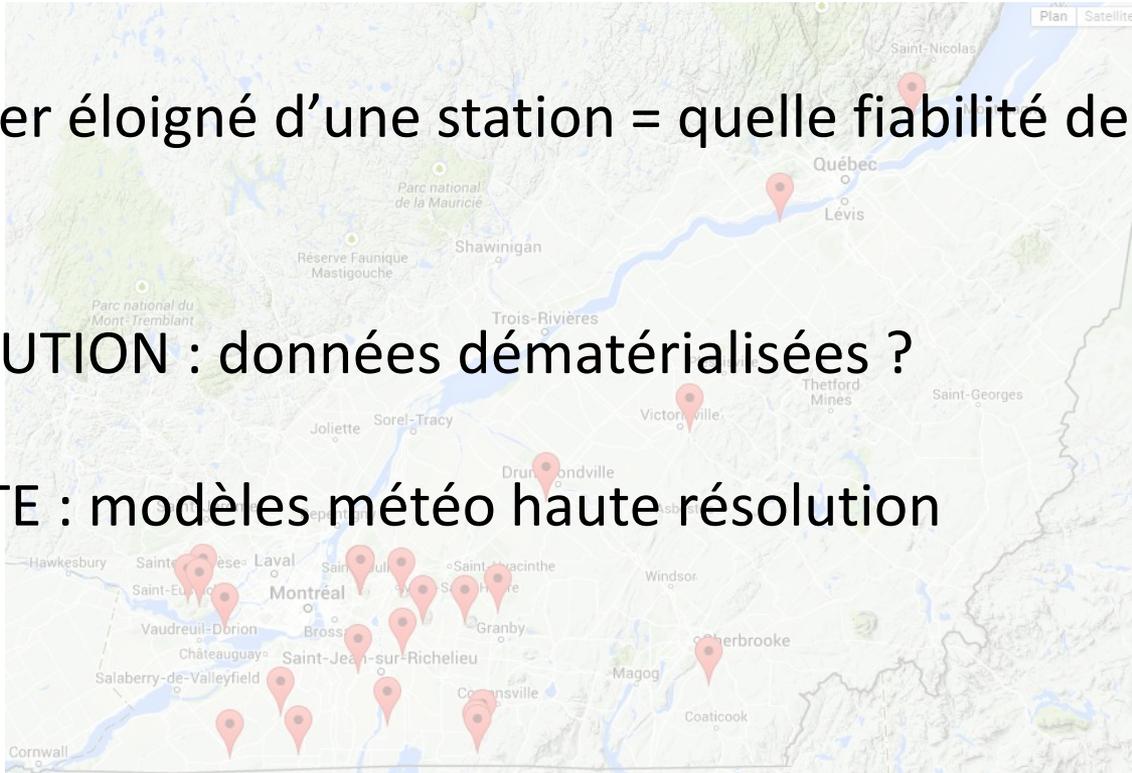
# RIMPRO SANS STATIONS

PROBLÈME : Québec pomicole : 350 vergers dispersés. 16 stations.  
Québec = + de 860 000 km<sup>2</sup> (sans le Nunavik et la Basse Côte Nord)

Verger éloigné d'une station = quelle fiabilité des prévisions?

SOLUTION : données dématérialisées ?

PISTE : modèles météo haute résolution

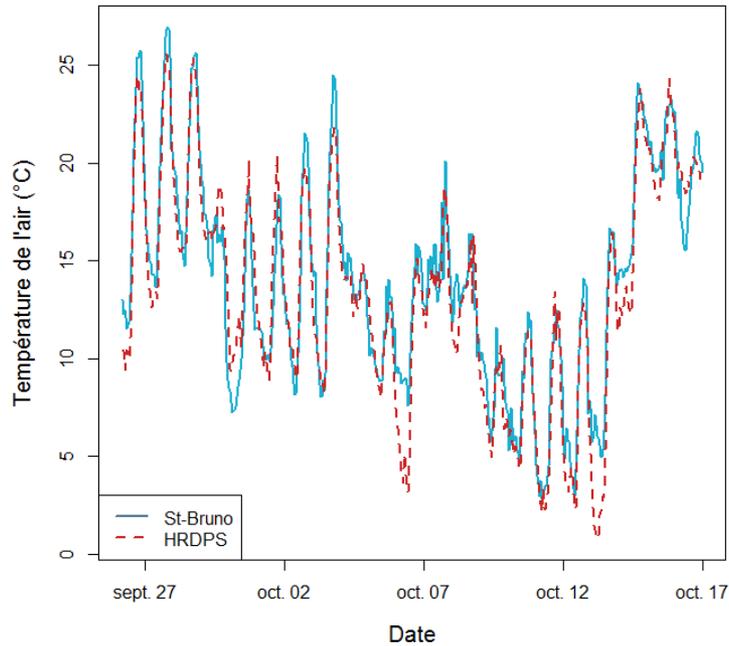


Environnement Canada Environment Canada

***High Resolution Deterministic Prevision System***

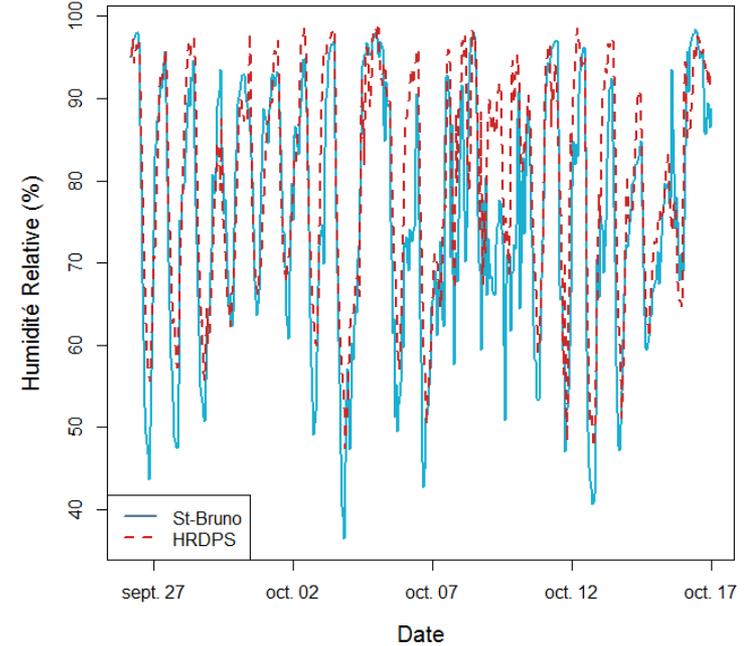
# RIMPRO SANS STATIONS

Température de l'air  
observations VS prévisions  
Saint-Bruno



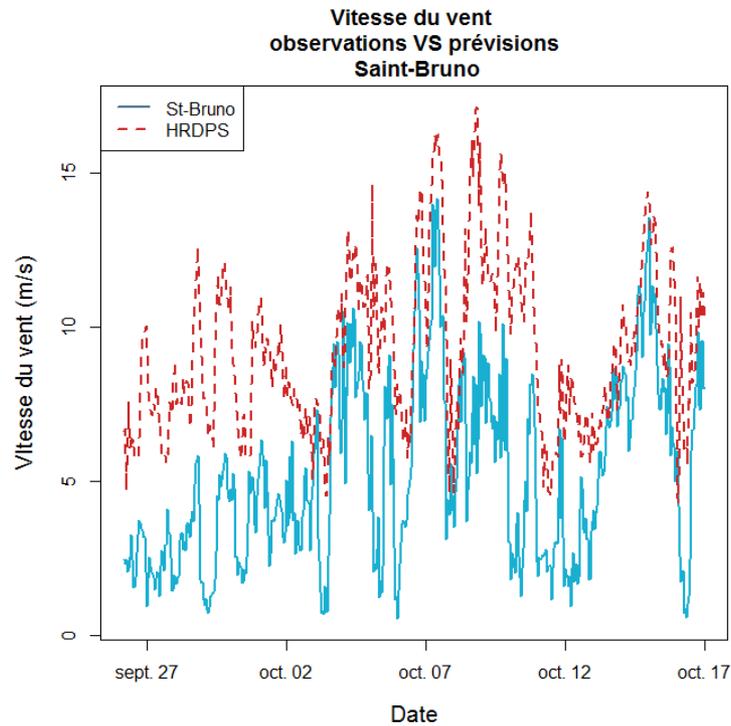
Précision moyenne : 81.2 %

Humidité Relative  
observations VS prévisions  
Saint-Bruno

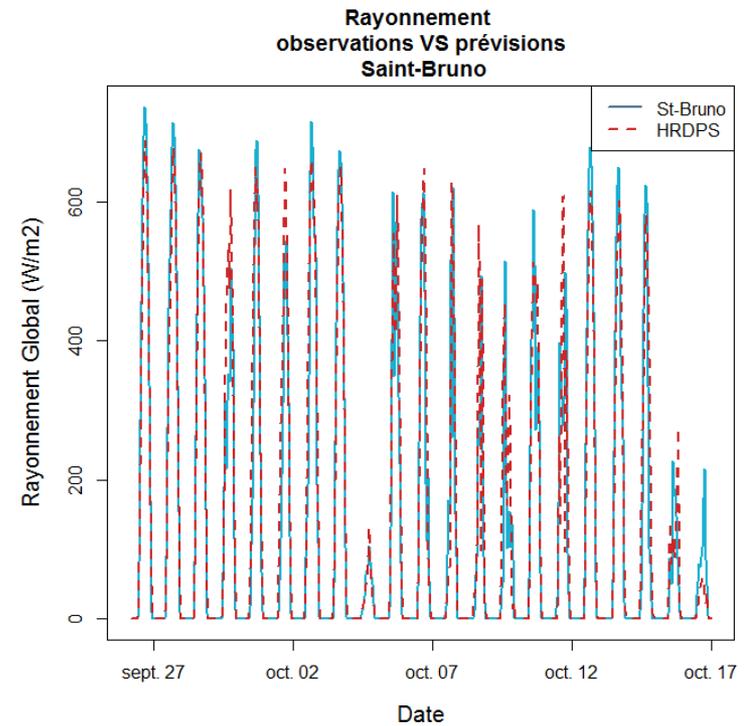


Précision moyenne : 89.2 %

# RIMPRO SANS STATIONS

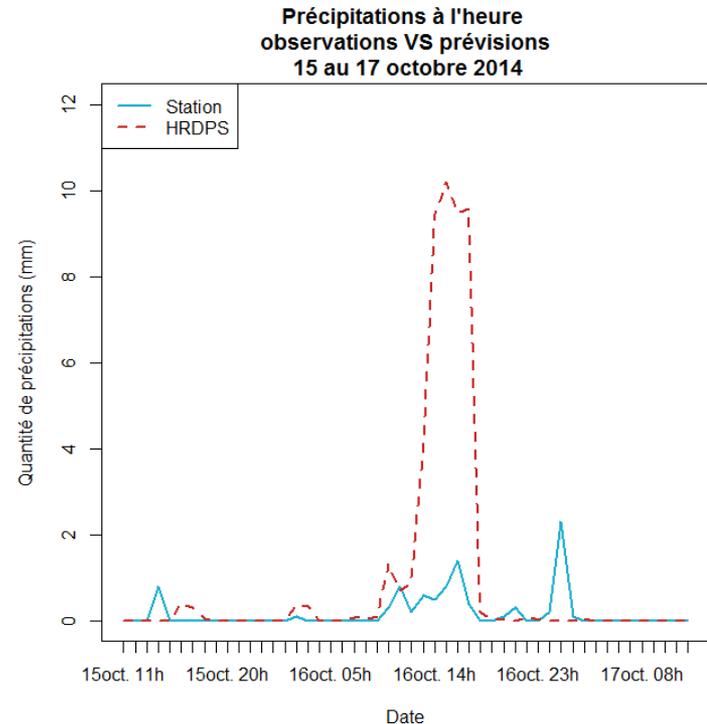
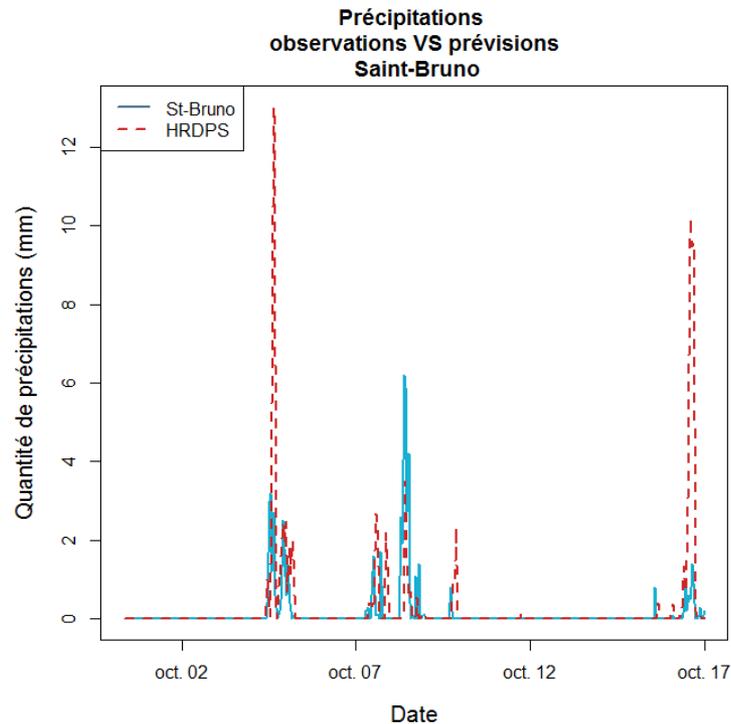


Précision moyenne : 64.0%



Précision moyenne : 56.2%

# RIMPRO SANS STATIONS



Précision pour la pluie de 76.7% à 93.3% (concordance d'épisodes)

# RIMPRO SANS STATIONS

HRDPS très précis pour Saint-Bruno

Couvre tout le Canada sur des mailles de 2.5 km

Sans doute plus fiable qu'une station éloignée de 5 km d'un verger

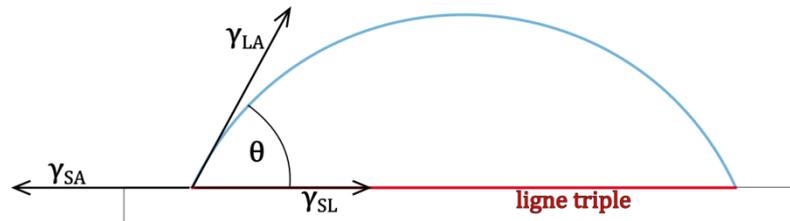
Ajout d'autres vergers : en discussion (*"Les scripts qui tournent pour Saint-Bruno pourraient être assez facilement modifiés pour y inclure d'autres point de grilles"*)

Valid 1200 UTC  
25 June 2011

# HUMECTATION DU FEUILLAGE – MOUILLABILITÉ –

DÉFINITION : interactions entre l'eau et le substrat sur lequel elle se trouve

CARACTÉRISATION : angle de contact entre le substrat, l'eau et l'air

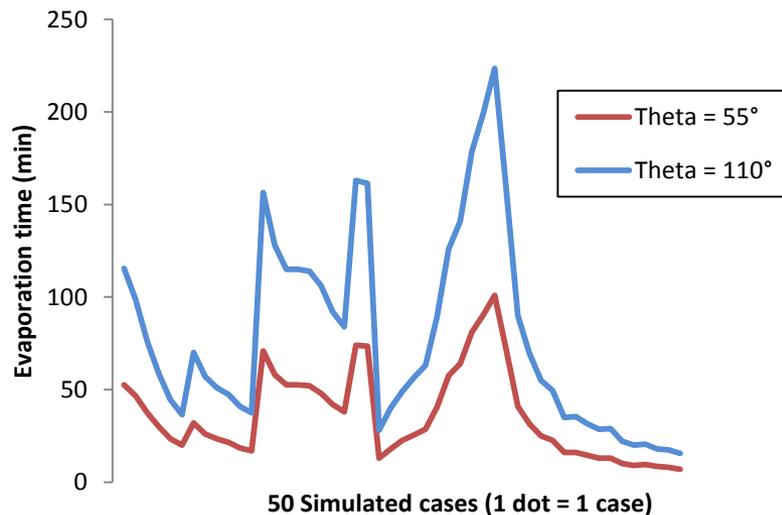


UTILITÉ : la vitesse de séchage dépend de la surface d'échange eau-air, qui dépend de l'angle de contact

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{E \times Surf}{\rho_{eau}} \quad \longrightarrow \quad Surf = \pi R^2 \left( 1 + \tan^2 \frac{\theta}{2} \right)$$

# HUMECTATION DU FEUILLAGE – MOUILLABILITÉ –

IMPACT SUR LA MODÉLISATION DE L'HUMECTATION :



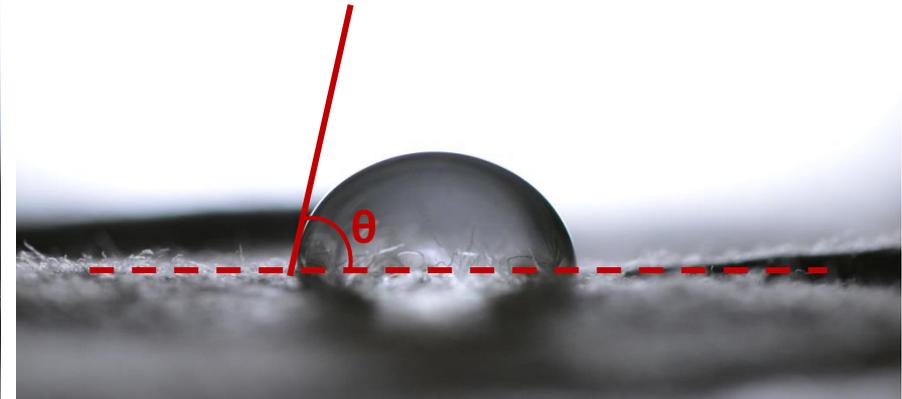
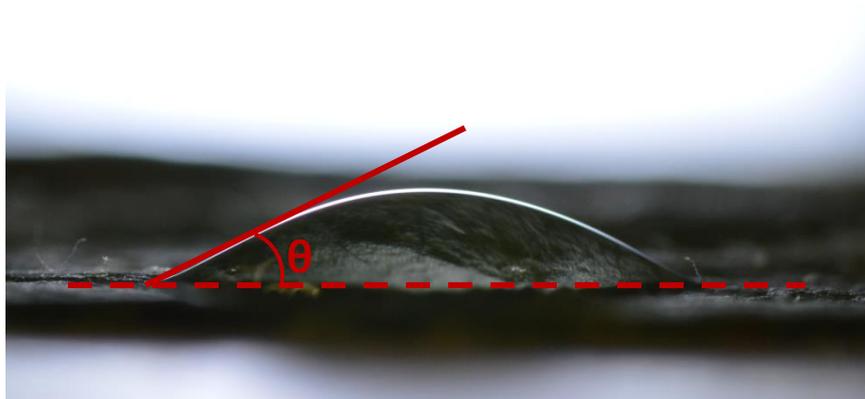
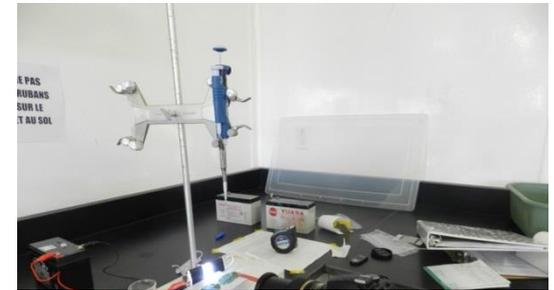
Avec le mauvais angle de contact, l'évaporation simulée peut varier du simple au double !

# HUMECTATION DU FEUILLAGE

## – MOUILLABILITÉ –

LE PROJET : quantifier l'influence du cultivar, du stade de développement foliaire et de l'intensité de la pluie sur la valeur des angles de contact.

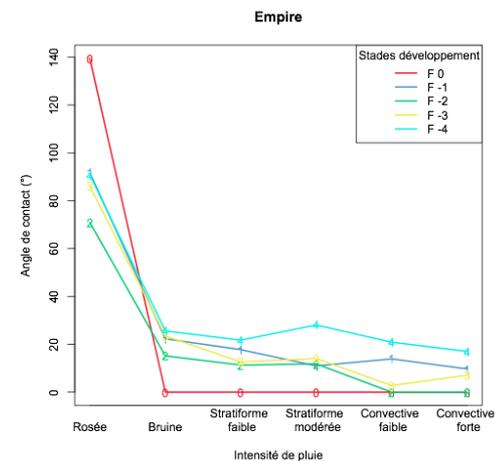
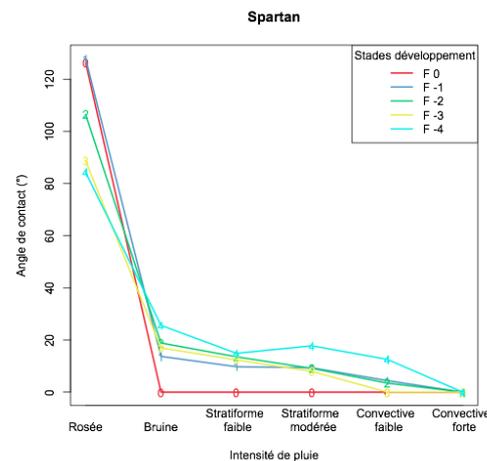
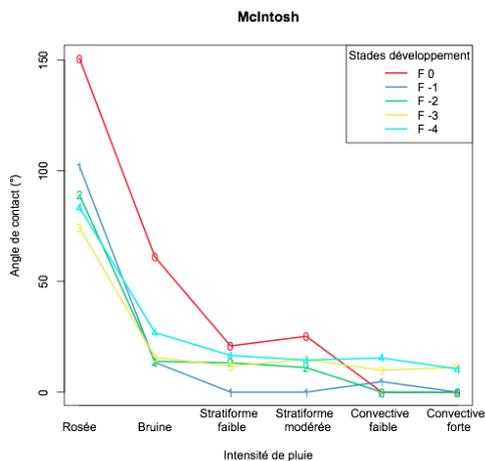
L'EXPÉRIENCE : photographies macro et traitement d'images



# HUMECTATION DU FEUILLAGE – MOUILLABILITÉ –

RÉSULTATS : Variabilité marquée pour les 3 facteurs.  
Modèle semi-empirique.

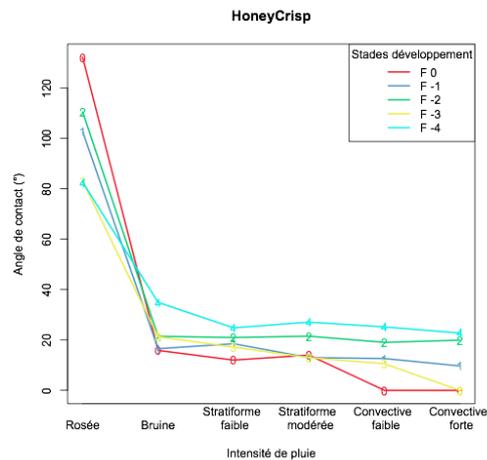
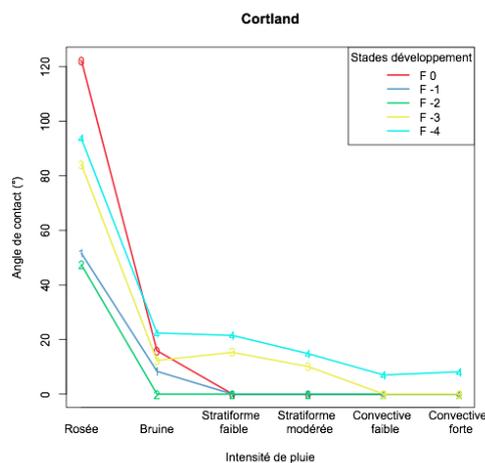
- Dépendance non générique au stade de développement du feuillage
- Effet CV sur la mouillabilité
- Effet force d'impact de l'eau de pluie modélisable...en fonction du CV et du stade de développement



# HUMECTATION DU FEUILLAGE – MOUILLABILITÉ –

RÉSULTATS : Variabilité marquée pour les 3 facteurs.  
Modèle semi-empirique.

- Dépendance non générique au stade de développement du feuillage
- Effet CV sur la mouillabilité
- Effet force d'impact de l'eau de pluie modélisable...en fonction du CV et du stade de développement



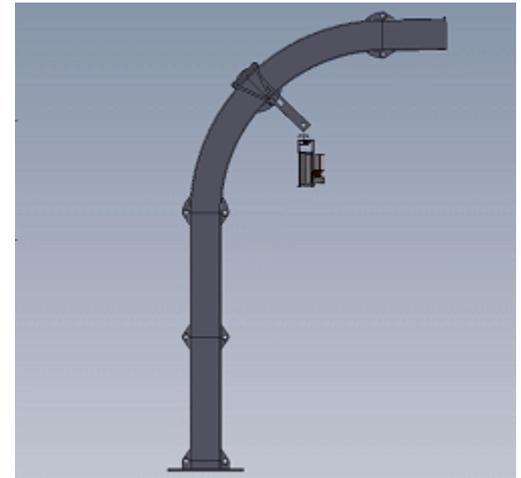
# HUMECTATION DU FEUILLAGE

## – POURSUITE DES PROJETS –

2015 : Mesures d'architecture

Objectif : estimation réaliste de la distribution d'eau et de lumière dans l'arbre

Procédé : Détection LIDAR



Données mesurées :

Densité foliaire

Gap fraction

LAI

Intégration au modèle<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Liu, 1997

# ÉTUDE DE LA LITIÈRE

PROBLÈME : maturation de *Venturia inaequalis* (mais aussi développement des insectes) **dans la litière**. Dépendance à la température de litière. Estimée comme égale à la température de l'air.

LE PROJET : étudier les facteurs qui influencent la variabilité de du microclimat de la litière. Modéliser la température et l'humectation de la litière.

HYPOTHÈSES : Influence des premières couches de sol (20cm). Influence de la composition du sol. Influence de la teneur en eau du sol. Influence du rayonnement et de la pluie.

# ÉTUDE DE LA LITIÈRE

## – TEMPÉRATURE –

EXPÉRIENCE : - 3 sites contrastés (position dans le verger, type de sol, ombrage, type d'arbre)

- 7 points de mesure de température (dans litière, sous litière, sur sol nu, profondeurs 1, 5, 10, 20 cm)

- Mesures de la station du verger en parallèle

Site	A	B	C
Type de sol	Loam sableux (RG2cp)	Sable loameux (SP1b)	Sable loameux (SP1b)
Ensoleillement	Zone dégagée (pommiers nains)	Ombragé par le boisé voisin Sud/Sud-Ouest	Zone dégagée (pommiers standards)
Remarques		Contrebas du verger	Faible densité

# ÉTUDE DE LA LITIÈRE

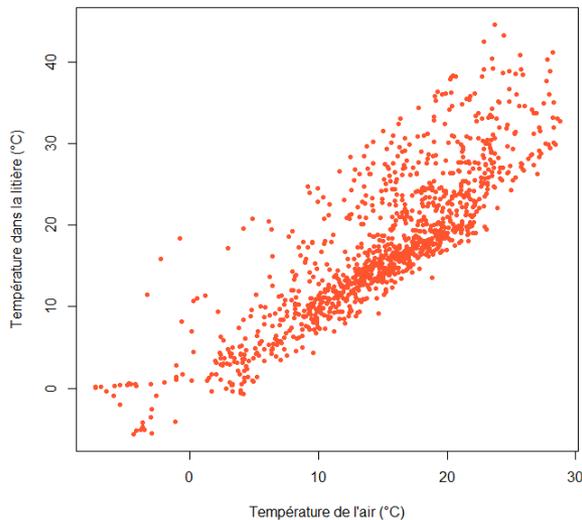
## – TEMPÉRATURE –

EXPÉRIENCE : - 3 sites contrastés (position dans le verger, type de sol, ombrage, type d'arbre)

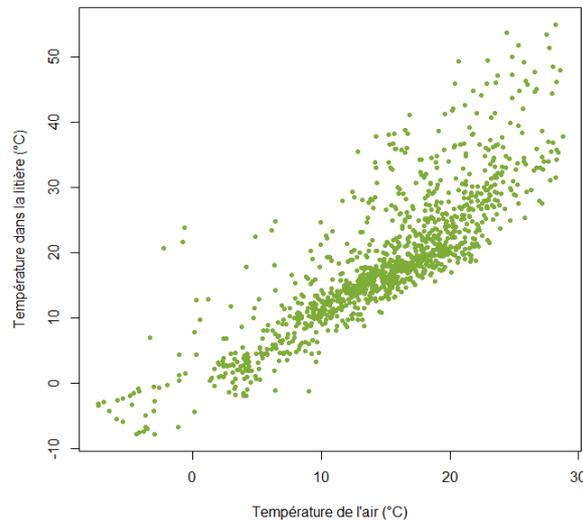
- 7 points de mesure de température (dans litière, sous litière, sur sol nu, profondeurs 1, 5, 10, 20 cm)

- Mesures de la station du verger en parallèle

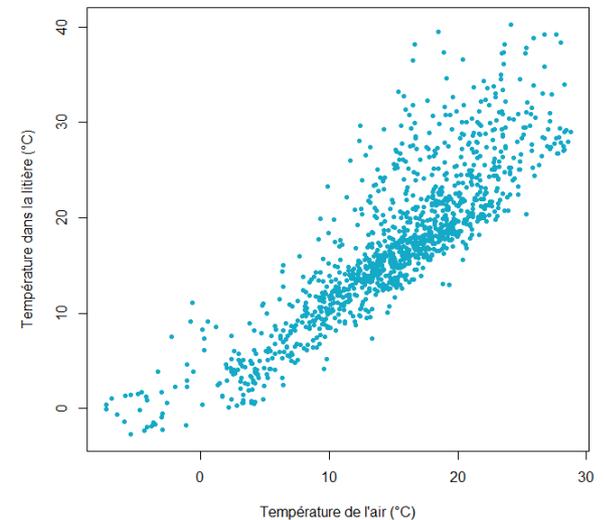
T. litière VS T. air  
Site A



T. litière VS T. air  
Site B



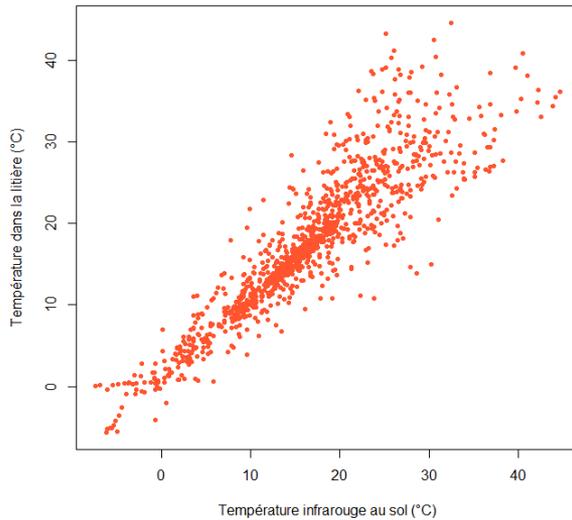
T. litière VS T. air  
Site C



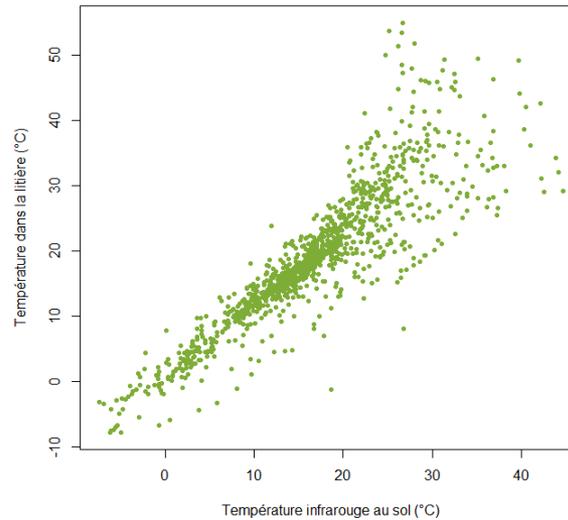
# ÉTUDE DE LA LITIÈRE – TEMPÉRATURE –

Température dans la litière pas corrélée à celle de l'air (2m)  
Et la température au sol (IR)?

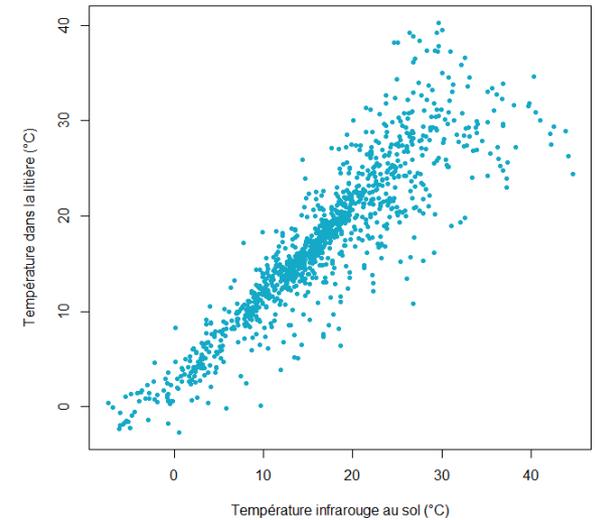
T. litière VS T. air  
Site A



T. litière VS T. air  
Site B



T. litière VS T. sol  
Site C



# ÉTUDE DE LA LITIÈRE – TEMPÉRATURE –

Pour la température de litière :

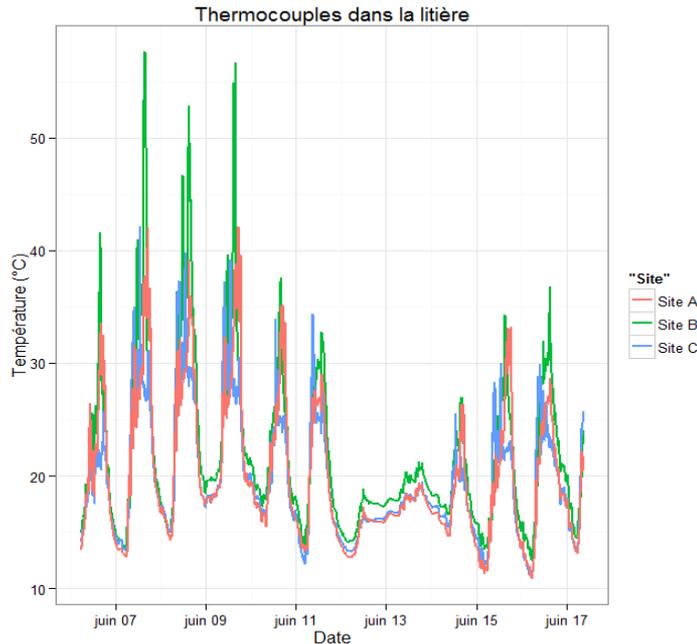
Sites A et C stat. homogènes : JOUR + NUIT

Sites B et C stat. homogènes : NUIT

Sites A et B stat. différents : JOUR + NUIT

Type de sol A  $\neq$  Type de sol B et C

Pas d'effet clair des températures à 5, 10,  
20 cm de profondeur.



**Pas d'effet du sol**

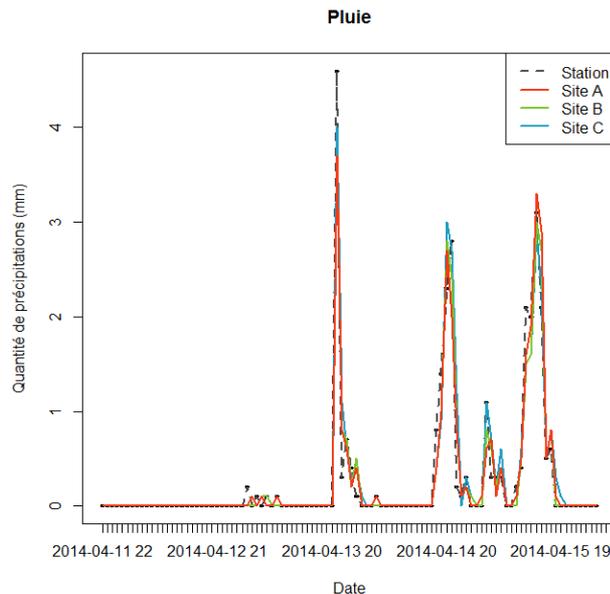
# ÉTUDE DE LA LITIÈRE

## – HUMECTATION –

MÉTHODE : 1 capteur d'humectation par site, au sol au niveau de la litière

RÉSULTATS : différence significative entre tous les sites

INTERPRÉTATION : effet pluviométrie par site (*throughfall*) + ensoleillement/ombrage



Différences de pluviométrie entre sites :  
non significatives

À considérer quand même (cf. LIDAR)

# ÉTUDE DE LA LITIÈRE

## – MATURATION –

MÉTHODE : observation des stades de maturation des pseudothèces de chaque site au cours du temps (2/semaine)

RÉSULTATS : différences significatives pour le site B = maturation moindre

INTERPRÉTATION : Effet de la position du site B = proche du boisé, en contrebas du verger : Température? Éclairement? Humectation?

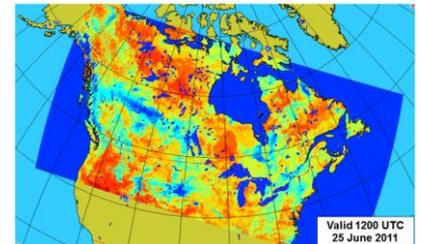
# ÉTUDE DE LA LITIÈRE – TEMPÉRATURE ET HUMECTATION –

LE PROJET À CE STADE : discussions sur la nécessité de développer un modèle “maison” ou de valider le module *Interactions between Soil–Biosphere–Atmosphere* (ISBA) intégré au modèle HRDPS.



Environnement Canada  
Environment Canada

*High Resolution Deterministic Prevision System*



Et la tavelure dans tout ça!?

# ÉTUDE DE LA LITIÈRE – ÉJECTIONS –

Feuilles tavelées conservées sous atmosphère contrôlée à 6°C et 18°C

Spores éjectées : total cumulé identique entre 6°C et 18°C

MAIS

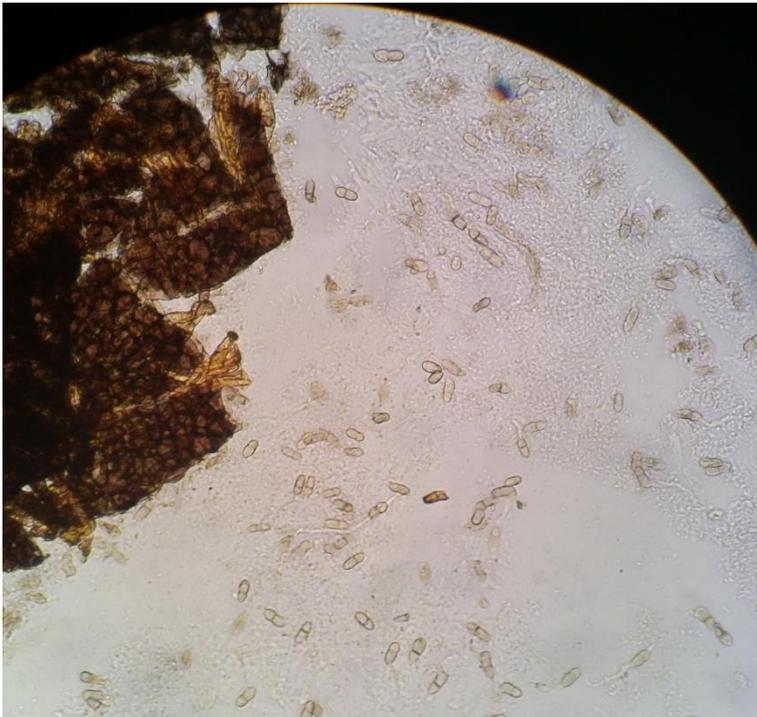
Arrêt des éjections à 18°C après 7 semaines VS plus de 20 semaines à 6°C

Temps thermique inhibiteur d'éjection?

# ÉTUDE DE LA LITIÈRE

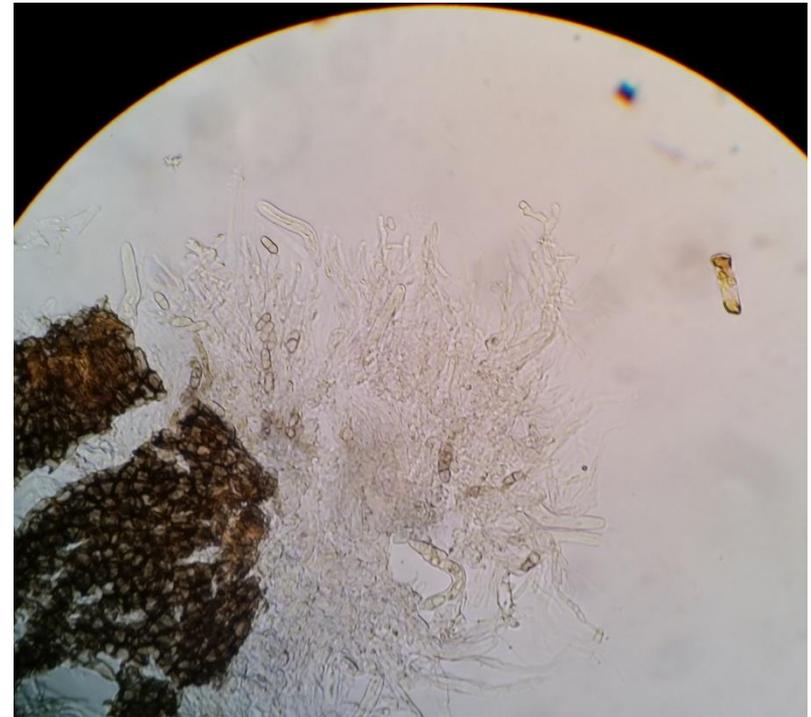
## – ÉJECTIONS –

Feuilles tavelées conservées sous atmosphère contrôlée à 6°C et 18°C



Observation 6°C

Peu d'asques, nombreuses spores



Observation 18°C

Très nombreuses asques avortées

# MERCI DE VOTRE ATTENTION

*Pour la contribution à ces travaux :  
Bastien, Manon, Valentin, Vincent P, Vincent L, Cédric, Carole*



**Cultivons l'avenir 2**  
Une initiative fédérale-provinciale-territoriale

**Canada**

**Québec**

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme Innov'Action agroalimentaire, un programme issu de l'accord *Cultivons l'avenir 2* conclu entre le ministre de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, et Agriculture et Agroalimentaire Canada.



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.