

Modèle d'apprentissage pour la prévision du mildiou

Detant Arthur
Steichen Antoine

M1 ISIDIS

Introduction

368 millions de tonnes: Monde

5.2 millions de tonnes: France

Bio agresseurs: Insectes, virus, ... et le Mildiou

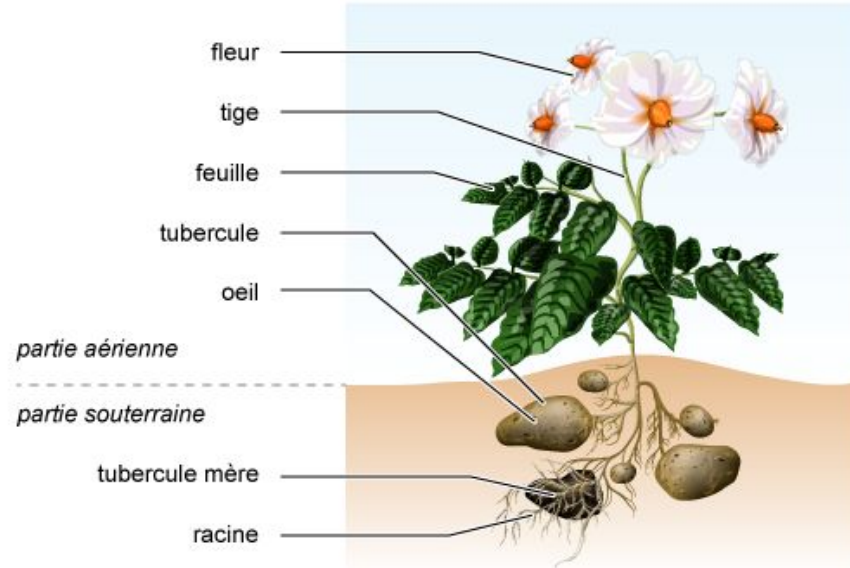
Du développement de la plante aux effets néfastes du mildiou.

Qu'est ce qu'une Pomme de terre?

Cycle composé de 3 phases:

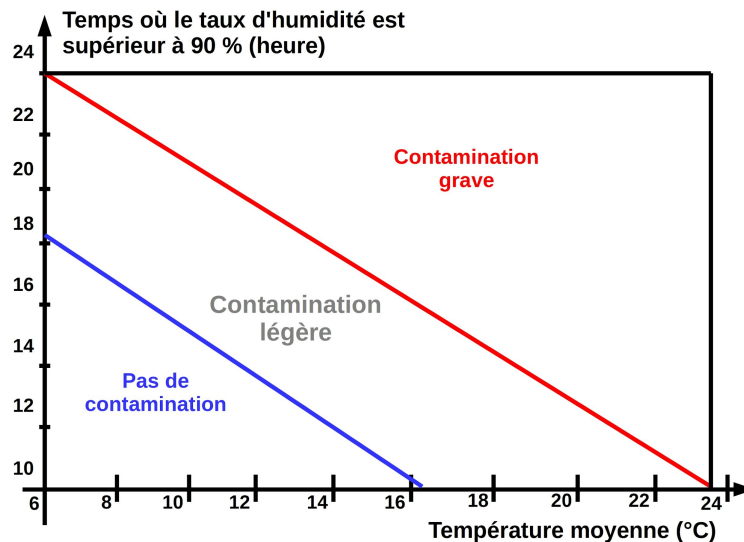
- Croissance des germes
- Phase de tubérisation
- Repos végétatif

PLAN DE POMME DE TERRE - famille des Solanacées



Qu'est ce que le mildiou P. infestant?

- Maladie redoutable pour la culture de pomme de terre
- Propagation importante, destruction totale en moins de 2 semaines
- Propagation sous forme spores, par le sol et par les airs
- Presque impossible d'empêcher la prolifération donc traitement préventif



Echelle de gravité des contaminations

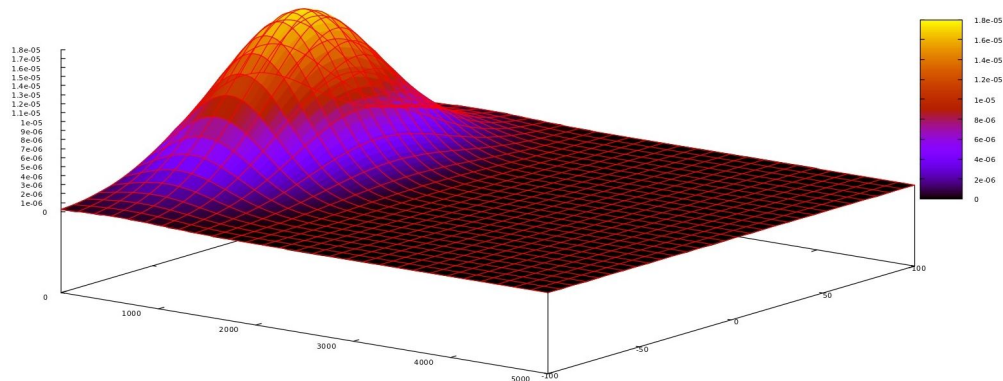
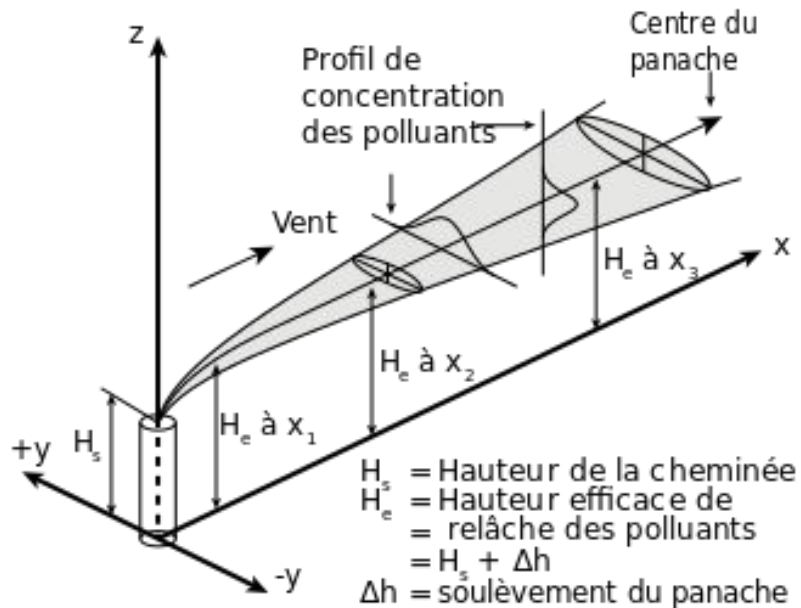
Les moyens de traitement

But : empêcher l'installation de la maladie ou réduire la vitesse de propagation

- Effectuer un maximum de rotations culturales
 - Minimiser les sources d'agents pathogènes
 - Éliminer les tas de déchets de la récolte précédente
- Utilisation de fongicides
 - Résistance du mildiou par mutation génétique
 - Pollution des sols
 - Prévention
- Lutte préventive
 - Outils d'aide à la décision, modèle d'apprentissage pour la prévision de mildiou
 - Simulation de l'épidémie de mildiou
 - Données climatiques

Modélisation de la propagation du mildiou de la pomme de terre.

Le modèle de dispersion gaussien "Plume"



Simulation de la dispersion des spores

Le modèle de plante : Spudgro

Modèle de culture : Représentation mathématique dont le rôle est de simuler le fonctionnement du système sol-plante-atmosphère sous l'influence de pratiques culturales.

But : Estimer des grandeurs agronomiques tel que le rendement.

- Développé par Johnson et al en 1986
- Modélisation de la croissance et du développement de la pomme de terre
- Simulation du rendement de la culture en fonction des conditions climatiques.
- Utilisation de variables d'entrée :
 - Données météorologiques (température et radiation solaire)
 - Données physiologiques caractérisant la croissance et le développement de la plante (durée de la croissance, durées des stades de développement végétatif et de tubérisation, précocité de la variété)
 - Une caractéristique physique du sol (évolution du potentiel hydrique)

Le modèle de développement des spores: Milsol

Survie des spores et contamination

Acronyme	Unité	Description
Paramètres		
D0	-	Degré de développement pour le début de la germination (=100)
D1	-	Degré de développement pour le taux de contamination totale (=150)
Dc	-	Degré de développement pour le taux de survie nulle (=100)
p_1	$h^{-1}C^{-1}$	Coefficient d'unités de développement de spores $\theta \leq 18^{\circ}C$ (=0.5)
p_2	h^{-1}	Coefficient d'unités de développement de spores $\theta \leq 18^{\circ}C$ (=1.0)
p_3	-	Coefficient d'unités de développement de spores $\theta > 18^{\circ}C$ (=10)
Variables d'entrées		
Hr	%	Humidité relative
θ	$^{\circ}C$	Température moyenne horaire
Variables d'état		
CUMDDS	-	Degré de développement des spores
GRAVI	-	Proportion de spores ayant germées
POIDS	-	Nombre de spores contaminatrices
SPORES	-	Nombre de spores issues de la contamination primaire
SURVIE	-	Taux de survie des spores
TUDESPO	h^{-1}	Taux d'accroissement des unités de développement

$$TUDESPO(\theta) = p_1\theta + p_2 \text{ si } \theta \leq 18^{\circ}C$$

$$TUDESPO(\theta) = p_3 \text{ si } \theta > 18^{\circ}C$$

Le modèle de développement des spores: Milsol

Incubation et sporulation potentielle

Acronyme	Unité	Description
Paramètres		
FACT	-	Maximum du potentiel de sporulation
p_4	$h^{-1}C^{-1}$	Coefficient d'unité d'incubation (=0.05)
p_5	$h^{-1}C^{-1.5}$	Coefficient d'unité d'incubation (=0.025)
p_6	-	Coefficient d'unité d'incubation (=1.5)
p_7	-	Coefficient d'unité d'incubation (=75)
p_8	-	Coefficient d'unité d'incubation (=150)
p_9	-	Coefficient d'unité d'incubation (=225)
p_{10}	$h^{-1}C^{-1.5}$	Coefficient du retard sur le développement (=0.004)
θ_{opt}	°C	Température optimale pour l'incubation (=18)
Variable d'entrée		
θ	°C	Température moyenne d'une demi-journée
Variables d'état		
AFFAIB	-	Degré de réduction du potentiel de sporulation
AGE	-	Degré de développement du mycélium dans les tissus
KASPOréel	-	Potentiel de sporulation réel
KASPOthéo	-	Potentiel de sporulation théorique
POSPO	-	Sporulation potentielle des lésions
RET	h^{-1}	Retard sur la croissance
SPOSPO	-	Sporulation potentielle de tous les cycles
TINCUB	h^{-1}	Taux d'accroissement des unités d'incubation
TRED	h^{-1}	Taux de réduction du potentiel de sporulation

$$TINCUB(\theta) = p_4 \cdot \theta \quad \text{si } \theta \leq 18C$$

$$TINCUB(\theta) = p_4 \cdot \theta - RET(\theta) \quad \text{si } \theta > 18C$$

$$RET(\theta) = p_5(\theta - \theta_{opt})^{p_6}$$

Le modèle de développement des spores: Milsol

Sporulation réelle

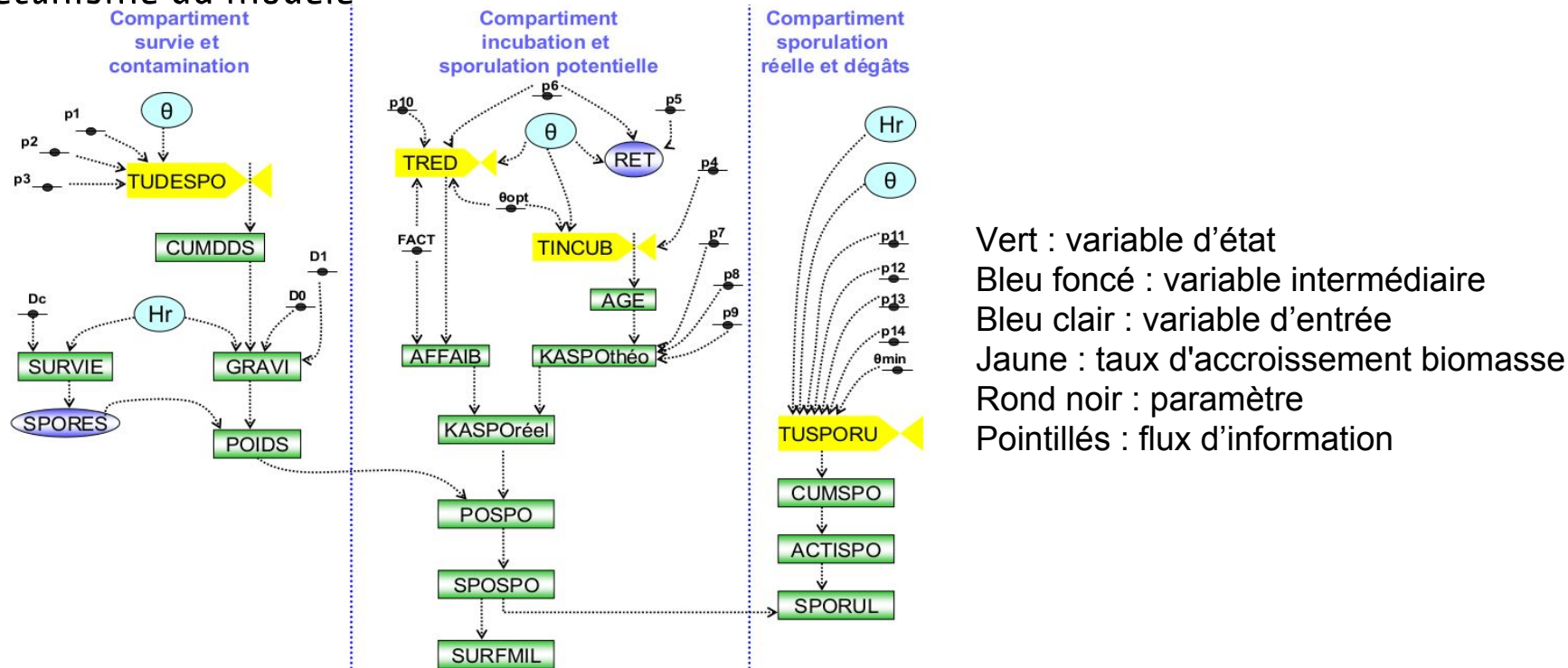
Acronyme	Unité	Description
Paramètres		
p_{11}	$^{\circ}\text{C}^{-2}$	Coefficient d'unités de développement de la sporulation (=0.009)
p_{12}	-	Coefficient d'unités de développement de la sporulation (=2)
p_{13}	h^{-1}	Coefficient d'unités de développement de la sporulation (=1)
p_{14}	$h^{-1} \text{C}^{-1}$	Coefficient d'unités de développement de la sporulation (=0.037)
θ_{min}	$^{\circ}\text{C}$	Température minimum pour la sporulation (=3)
Variables d'entrée		
Hr	%	Humidité relative
θ	$^{\circ}\text{C}$	Température moyenne horaire

Acronymes et descriptions des paramètres de Spudgro

- Le taux d'accroissement : $TUSPORU(\theta) = p_{11}(\theta - \theta_{min})^{p_{12}} [p_{13} - p_{14}(\theta - \theta_{min})]$
- Le nombre d'unités de développement de la sporulation : $CUMSPO(n) = \sum_{h=1}^n TUSPORU(\theta(h))$
- L'activité de sporulation : $ACTISPO = \frac{CUMSPO - CUM0}{CUM1 - CUM0}$
- Nombre de spores prêtes à être disséminées : $SPORUL = ACTISPO * SPOSP0$

Le modèle de développement des spores: Milsol

Mécanisme du modèle



Vert : variable d'état
 Bleu foncé : variable intermédiaire
 Bleu clair : variable d'entrée
 Jaune : taux d'accroissement biomasse
 Rond noir : paramètre
 Pointillés : flux d'information

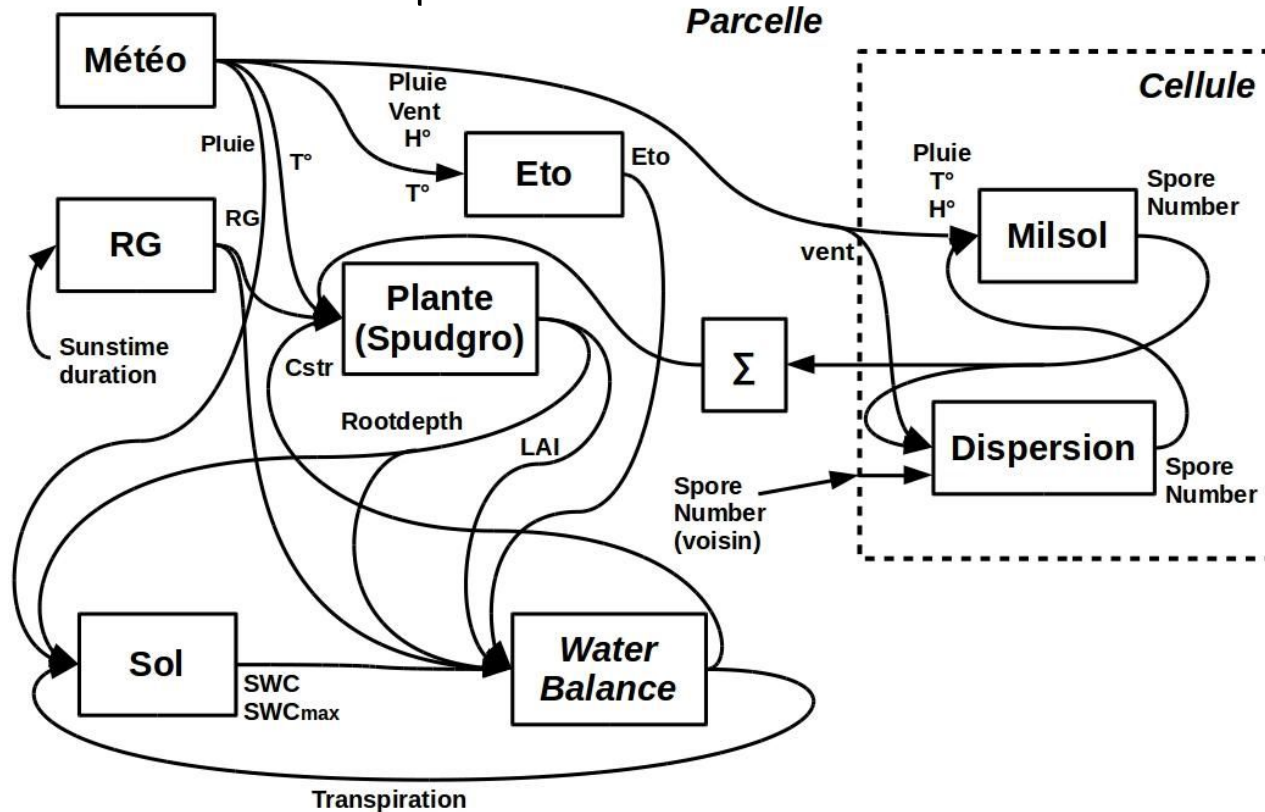
Diagramme de Milsol

Les modèles complémentaires

- Le modèle météo de précision
- Le modèle de stress hydrique
- Le modèle de sol

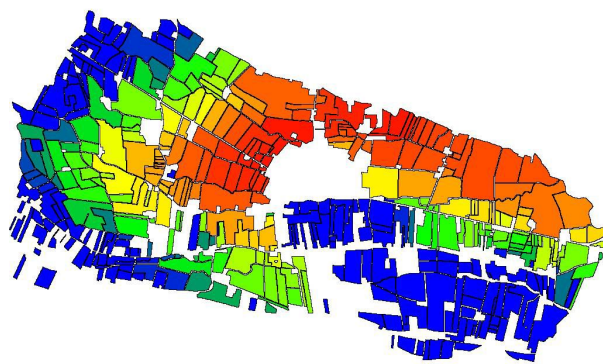
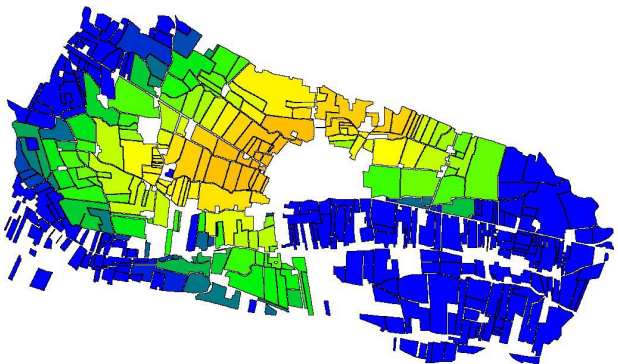
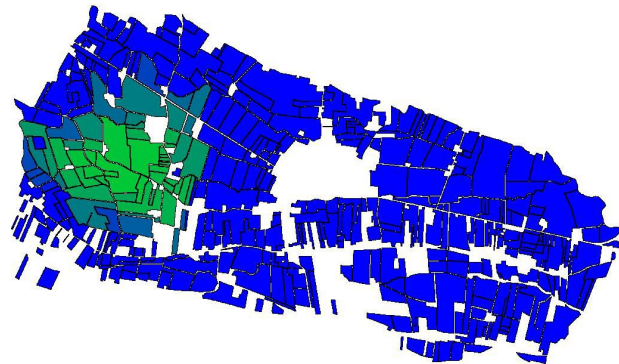
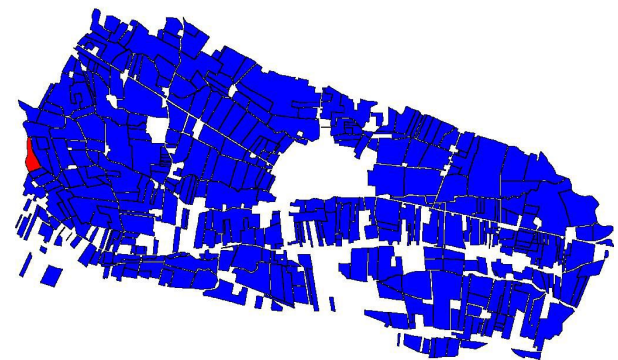
Simulation de la dynamique du mildiou sur un territoire

Composition des modèles atomiques



Grphe de connexions des modèles atomiques au niveau des cellules et de la parcelle

Simulation de la propagation du mildiou: exemple (7 jours)



Conclusion

- Trois modèles principaux pour la modélisation dynamique du mildiou :
 - Le modèle de plante (Spudgro)
 - Le modèle de développement des spores (Milsol)
 - Le modèle de dispersion.

Ces trois modèles nécessitent un certain nombre de paramètres indispensables à leur fonctionnement.

Ils peuvent être couplés à d'autres modèles complémentaires tels que : la météo géolocalisée, la gestion hydrique du sol ou encore la transpiration de la plante.

Pour la suite du projet : Analyse du modèle Milsol et ses techniques d'apprentissage.