

# Modèle SEPTO3D

## Fiche de présentation

### *SEPTO3D en quelques mots*

Le modèle Septo3D simule de manière dynamique le développement du couvert végétal et de l'épidémie associée. Les objectifs sont de mieux comprendre les effets de la structure du couvert végétal sur les épidémies. Cela se traduit par des objectifs associés qui sont : (1) d'identifier et de hiérarchiser les traits de structure du couvert végétal qui influencent (et en particulier diminuent) les épidémies et (2) de proposer des idéotypes échappant aux maladies. Le pathosystème modèle est « blé – septoriose ».

Le modèle est basé sur la description quantitative de deux effets de la structure du couvert sur les épidémies : la quantité de surface foliaire influence l'infection et la croissance des lésions et la densité de végétation ainsi que les distances entre tissus infectés et sains influencent la dispersion des spores.

**Mots clés :** modélisation couplée plante-pathogène, interactions, échappement, architecture, blé, septoriose, lésion, dispersion, plante virtuelle, modèles FSPM

**Laboratoires de développement :** UMR 1091 INRA-AgroParisTech Environnement et Grandes Cultures (EGC), Thiverval Grignon ; UMR 759 LEPSE Ecophysiologie des Plantes sous Stress Environnementaux, Montpellier

**Contacts :** Corinne Robert (Corinne.Robert@grignon.inra.fr)  
Christian Fournier (Christian.Fournier@supagro.inra.fr)

### Description détaillée

Par couplage d'un modèle de développement 3D de blé et d'un modèle épidémique de septoriose, SEPTO3D simule, chaque jour, le développement et la croissance du couvert et la progression de l'épidémie.

Une épidémie résulte d'une succession de cycles infectieux, durant lesquels les spores sont produites sur les feuilles malades, et d'événements de dispersion par les pluies qui permettent la contamination de nouvelles feuilles. Le modèle simule la course entre le peuplement végétal, qui émet de nouvelles feuilles, et le parasite, qui colonise les feuilles qui sortent successivement à la faveur des pluies.

Le modèle fait dialoguer trois modules : le modèle 3D de blé, le modèle de cycle infectieux du champignon et celui de dispersion des spores (Figure 1).

**Le modèle plante** simule l'apparition des différentes tiges, la croissance des feuilles et des entre-nœuds et la sénescence des feuilles. Il effectue les calculs sur des plantes individuelles, i.e. un brin maître et ses différentes talles. Le couvert est ensuite obtenu en associant ces plantes (via une densité de plantes).

**Le modèle de cycle infectieux** simule la germination des spores, la latence et la sporulation des lésions. Les durées des phases dépendent de la température et de l'humidité sauf pour la sporulation. Après trois pluies reçues par une lésion on considère que celle-ci est vidée de ses spores.

**Le modèle de dispersion** simule la dispersion des spores lors des pluies. Il estime l'interception de la pluie par chaque étage foliaire. La pluie qui tombe sur de la surface sporulante crée des gouttelettes contenant des spores. La redistribution de ces gouttelettes

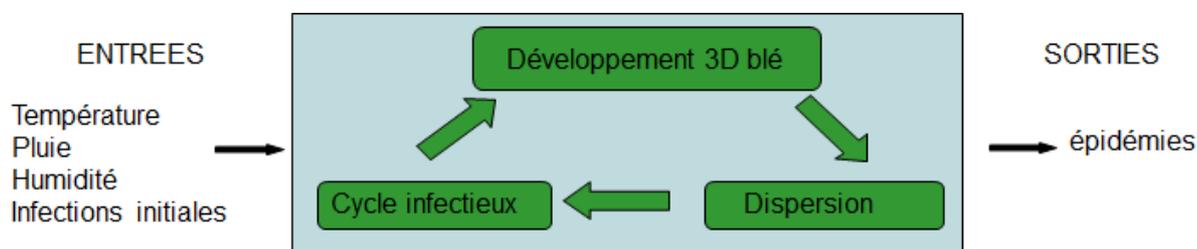


Figure 1. Représentation du modèle Septo3D

infectieuses dans le couvert provoque de nouvelles contaminations. La redistribution suit une fonction qui décroît exponentiellement avec la distance à la source infectieuse.

**Les effets du couvert sur les épidémies** prises en compte sont :

- ↳ la quantité de surface foliaire et la sénescence foliaire influencent la probabilité d'infection et la croissance des lésions
- ↳ la densité de végétation influence la pénétration de la pluie et la redistribution des gouttelettes après splashing
- ↳ les distances entre tissus infectés et sains fixent la distance à parcourir pour une nouvelle infection.

**Les échelles d'espace** sont d'une part le secteur de feuille (quelques cm<sup>2</sup> de feuille) à l'échelle duquel le déroulement des cycles infectieux du champignon (depuis le dépôt de la spore jusqu'à la production de nouvelles spores) est simulé et le m<sup>2</sup> de couvert où on simule la dispersion des gouttelettes infectieuses depuis des tissus infectés vers les tissus saines.

**Le pas de temps** du modèle est le jour. Le développement de la plante répond à des sommes de température journalières, tout

comme la durée d'incubation et de latence du champignon. Pour la réussite d'infection du champignon on utilise des variables climatiques horaires et pour la dispersion des spores on considère toutes les pluies individuellement de chaque journée.

Le fonctionnement du modèle en terme de dialogue des différents modules est explicité dans la figure 2.

**Domaine d'application.** Septo3D est un modèle de recherche dont l'objectif est de mieux comprendre les interactions entre le couvert et les épidémies qui s'y développent. Il doit permettre de hiérarchiser les effets étudiés et d'isoler certains effets ce qui est difficile dans le cadre d'expérimentations au champ.

**Les limites.** Le modèle simule des cohortes de lésion de même âges sur des secteurs de feuille. Le modèle simule une saison de cultures avec une initialisation des conditions initiales. Dans un premier temps, seules les spores asexuées (pycnidiospores) ont été considérées. Cette résolution ne permet pas d'avoir un modèle « lésion centrée » qui permettrait de simuler le devenir de chacune des gouttelettes et des lésions individuellement. Un cadre plus générique et lésion centrée qui s'inspire de Septo3D vient d'être développé dans le cadre de la thèse de G. Garin (2012-2015).

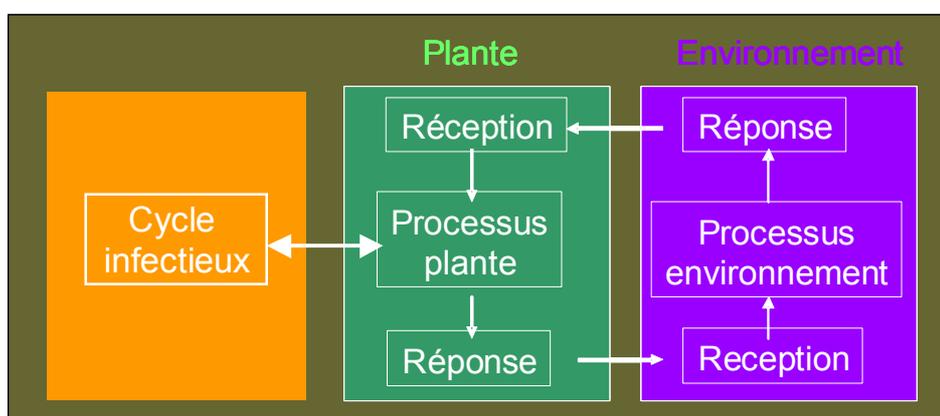


Figure 2. Fonctionnement du modèle en terme de dialogue des différents modules

## Initialisation, paramètres ajustables, variables d'entrée / forçages

Les conditions initiales de maladie sont simulées de 2 façons : soit on inclue un niveau initial de lésions sur les 3 premières feuilles du couvert, soit on inclue un niveau d'inoculum dans le sol qui infecte les premières feuilles lors de pluies pendant l'hiver.

La plante 3D est décrite via un jeu de paramètres qui décrivent les dimensions des différents organes ainsi que la dynamique de tallage.

Le cycle infectieux du champignon utilise des paramètres qui déterminent la durée de latence et le taux de croissance des lésions.

Pour la dispersion, le paramètre clé est celui qui fixe la décroissance exponentielle à la source lors de la dispersion.

Les bases de données associées sont issues d'expérimentations au champ qui incluent des notations fines d'architecture et d'épidémie associée.

## Variables de sortie principales

Les variables de sortie sont la densité de tiges et le LAI (leaf area index) au cours du temps pour le couvert. Pour les épidémies, les principales sorties sont le niveau de symptômes (chlorotiques, nécrotiques et sporulants) sur les différents étages foliaires du blé.

## Couplage

Le modèle est en cours de couplage avec un modèle d'interception de fongicide et d'effet du fongicide sur les lésions dans le projet ECHAP (projet du programme pesticide du MEDDE 2009-2014).

## Publications - Références

Robert C., Fournier C., Andrieu B., Ney B., 2008. Coupling a 3D virtual wheat (*Triticum aestivum*) plant model with a *Septoria tritici* epidemic model (Septo3D): a new approach to investigate plant-pathogen interactions linked to canopy architecture (5th International Workshop on Functional-Structural Plant Models, Napier, New Zealand, November 2007). *Functional Plant Biology*, 35, 10, 997-1013.

Baccar R., Fournier C., Dornbusch T., Andrieu B., Gouache D., Robert C., 2011. Modelling the effect of wheat canopy architecture as affected by sowing density on *Septoria tritici* epidemics using a coupled epidemic-virtual plant model. *Annals of Botany*, 108, 6, 1179-1194.

Fournier, C., Pradal, C., Abichou, M., Andrieu, B., Bancal, M.-O., Bedos, C., Benoit, P., Chambon, C., Chapuis, R., Cotteux, E., Mamy, L., Paveley, N., Pot, V., Saint-Jean, S., Richard, C., Sinfort, C., Halle, A.T., Berg, E.V.D., Walker, A.-S., Robert, C., 2013. An integrated and modular model for simulating and evaluating how canopy architecture can help reduce fungicide applications, in: FSPM2013 Proceedings (ISBN 978-951-651-408-9).

Garin G, Fournier C, Andrieu B, Houlès V, Robert C, Pradal C. 2014. A modelling framework to simulate foliar fungal epidemics using functional--structural plant models. *Annals of Botany* (in press)