

A close-up photograph of a pea plant. The image shows a green stem with several leaves. One leaf in the foreground is in sharp focus, showing three distinct water droplets on its surface. The background is a soft, out-of-focus green, suggesting a dense canopy of leaves.

Modéliser les interactions entre développement de la plante, architecture du couvert et épidémies de maladies fongiques aériennes

# Objectifs

## Du projet ARCHIDEMIO

**Identifier** des caractéristiques architecturales des plantes (et du couvert) susceptibles de réduire le développement épidémique pour 4 pathosystèmes.

**Architecture** : variété (génétique) et couvert (conduite, environnement)

**Généricité** : identifier des mécanismes communs plutôt que spécificités.

> Permettre réduction des intrants via création d'un microclimat défavorable

## Du séminaire PIC

Partage d'expérience sur des projets de modélisation

Identification de questions méthodologiques et conduite de réflexion collective

*Analyse détaillée et interactive d'un modèle de conception de stratégies de PIC*

# Interactions entre le projet et la PIC

## Les usages envisagés

Sortie du modèle : développement de l'épidémie plutôt que nuisibilité

+ Décision optimale de conduite selon une variété

+ Quantification de l'impact de choix techniques / variétaux sur une épidémie

## Hors du champ du projet

- La production non modélisée de manière réaliste : nombreux facteurs

limitants (pédoclimat, adventices...)

- La conduite est une variable d'entrée (pas de modèle de décision)

- Pas de prise en compte de la structure génétique du pathogène

## Modèles de systèmes biologiques végétaux pour...

### ...plutôt prendre en compte l'architecture [Prusikiewicz2004]

- Statique, analyse de l'architecture [Hallé1978, Lindenmayer1990]
- Dynamique : expliquer la forme comme résultante de la croissance ; modèles descriptifs (depuis des mesures) ou mécanistes [de Reffye1997]

### ... plutôt prendre en compte des processus

- « Process Based Models » : c'est l'aspect intégratif qui prime, géométrie non prise en compte (crop models) [Monteith1977, Whisler1886], hétérogénéité math.

### ... coupler les deux : modèles structure-fonction (FSPM)

- « Plantes virtuelles » complexe (coût de l'aspect structure) [Room1996, Godin2004] mais simplification visée (Generalised Mass Action systems) [Voit2000, Hanan2003, Renton2005]

# Typologie des modèles mobilisables

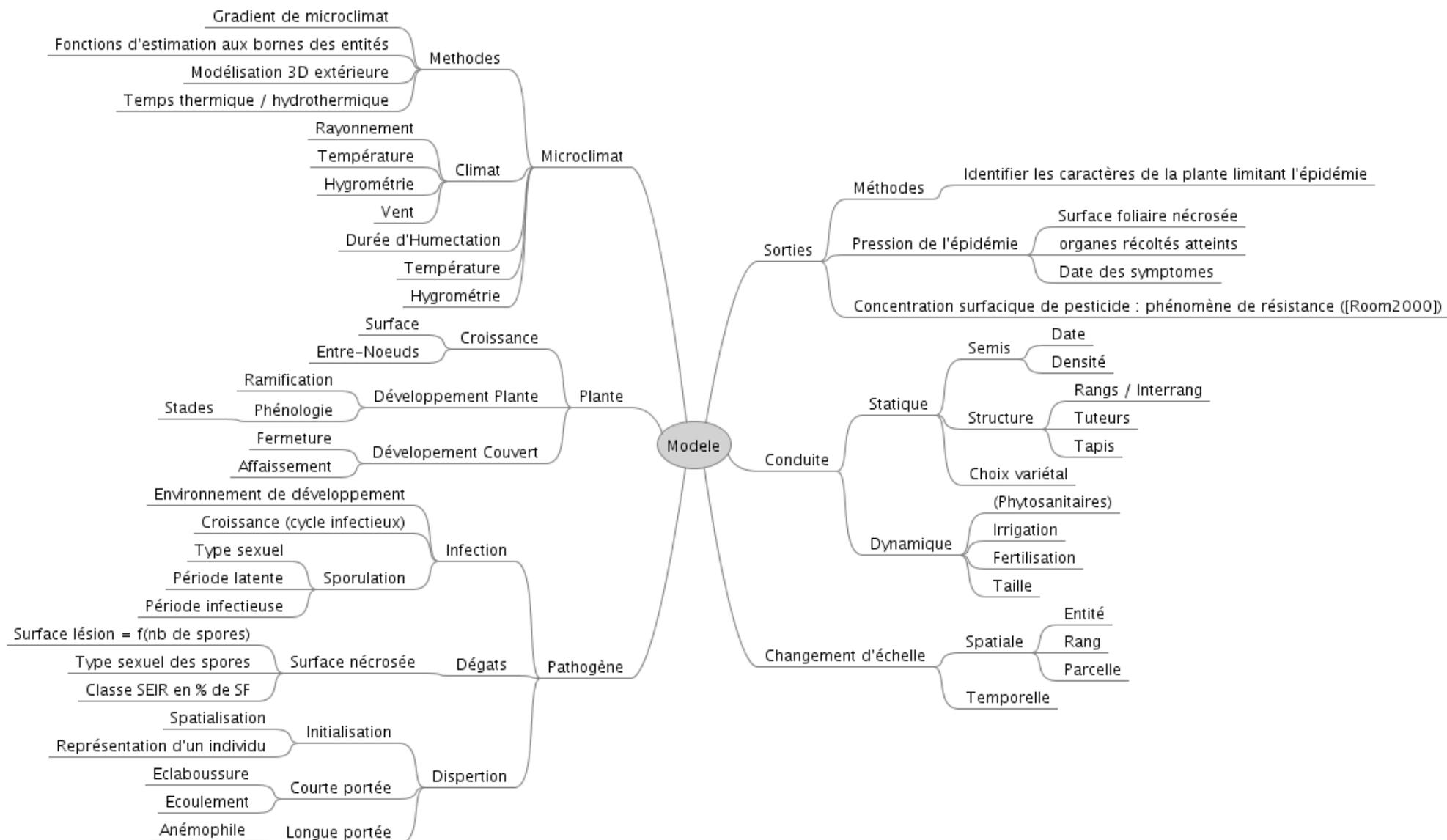
## ... et le pathogène dans ces systèmes ?

- Intégration de la structure, de la fonction et d'un système non-végétal est délicate.
- Des approches structure-fonction reliant architecture, microclimat, pesticides [Room1997, Room2000]
- Des modèles reliant architecture et épidémio. [Wilson1999] : L-systems + expé.
- Modèle épidémiologique à paramètres architecturaux [Ferrandino2008] : concept « filtration du couvert » pour simplifier les mécanismes de dispersion/ interception.

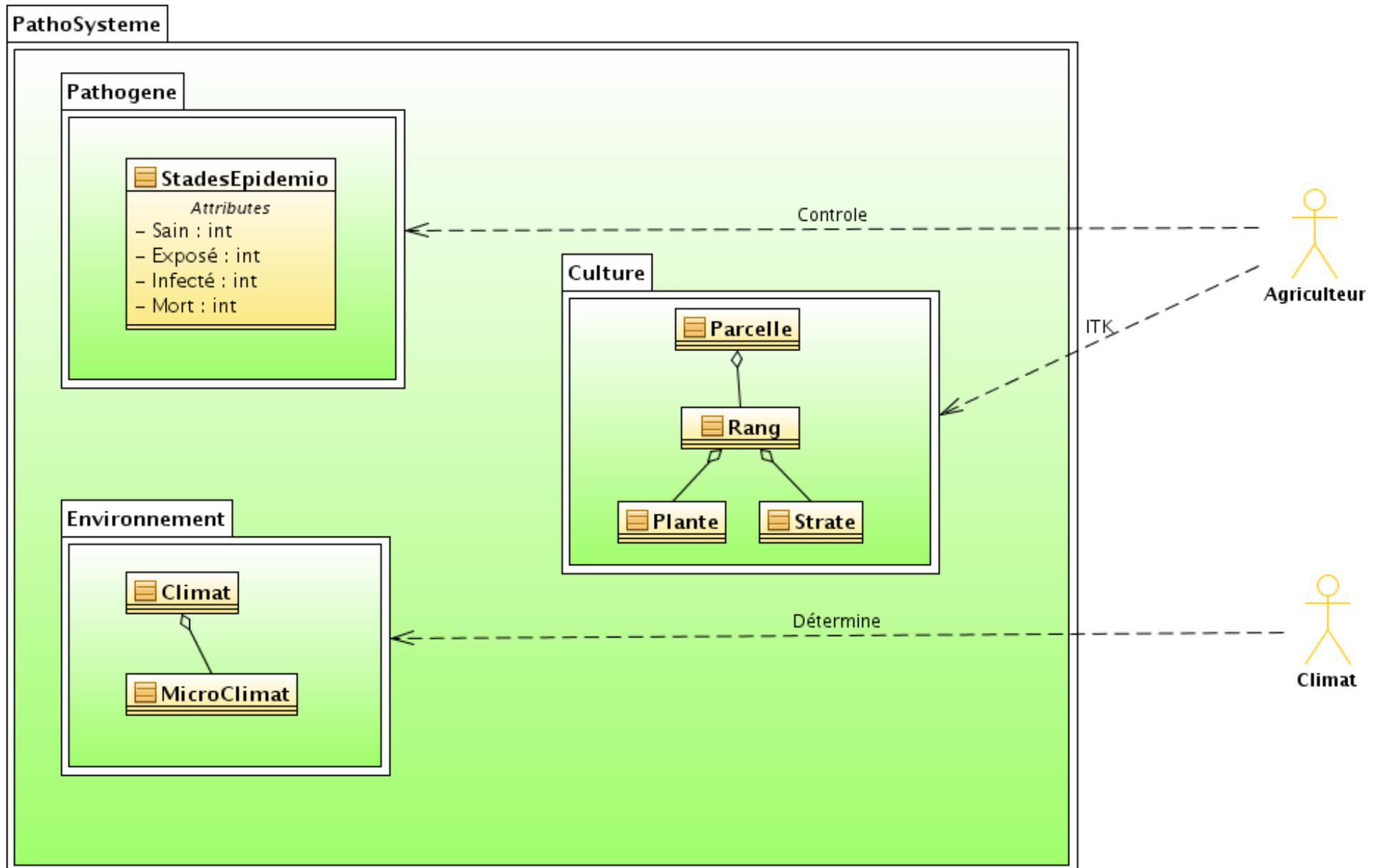
> peu d'approches, pas de vrais modèles structure-fonction-pathogène (trop complexe ?), pilotés par le problème...

# Analyse des processus biologiques génériques

## Carte des processus biologiques retenus



# Bornes du système et variables d'entrée





## Méthodologie dans la bibliographie : quel niveau de réalisme ?

Besoin : effet architecture -> épidémio (direct + climat) et sa rétroaction

**Peu mécaniste** : des fonctions du modèle épidémio prennent en compte des variables de la culture. Ex. : vitesse d'infection =  $f(\text{LAI}, \text{rangs})$ . [Ferrandino2008]

**Très mécaniste** : l'interaction architecture-épidémie est basé sur des processus physiques (diffusion, interception) ex. Modèle Vigne-Oidium [Calonnec2008]

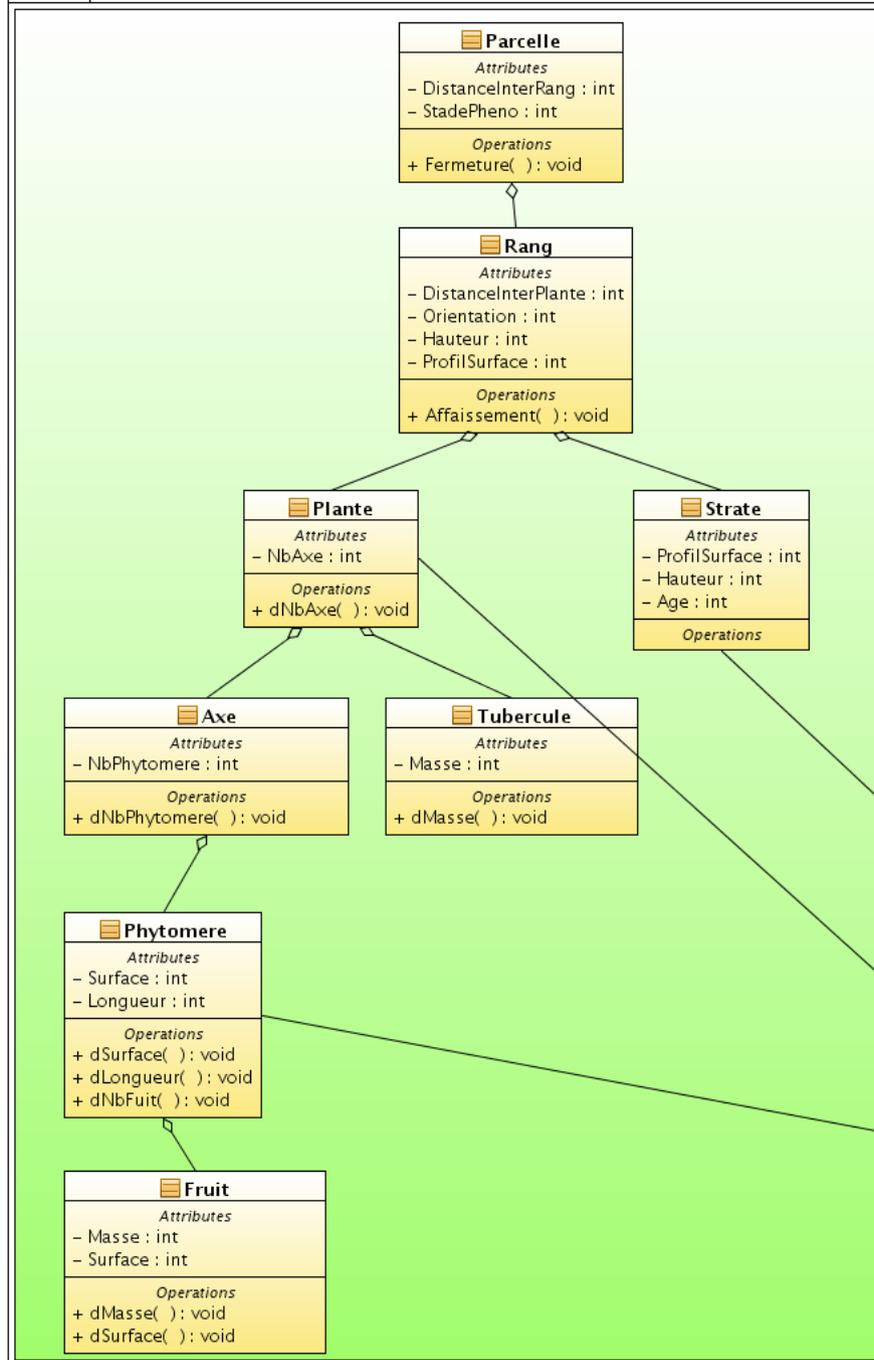
## Méthodologie sur le projet : en cours (initié avril 2009)

**Intermédiaire ?** : c'est une « architecture de strates » qui permet de décrire le couvert, chaque strate étant une portion homogène du couvert (variable selon les couverts).

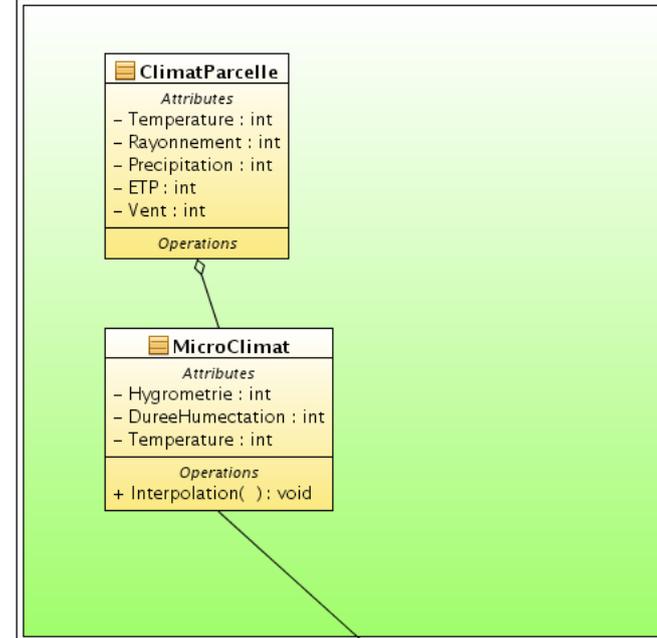
Échelles : temps, 1 jour, annuel / parcelle

# Diagramme du modèle conceptuel

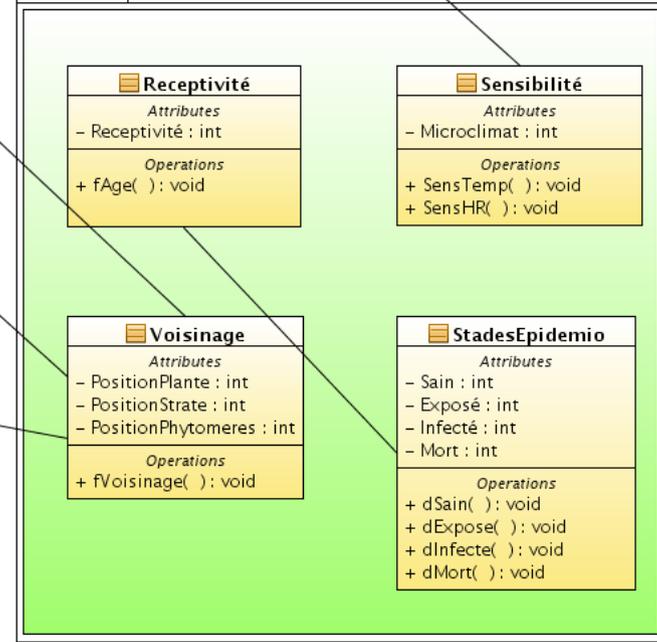
## Culture



## Environnement



## Pathogene



# Modéliser la dispersion

Trois types de modèles suffisant pour différents pathosystèmes ?

**Verticale** : gradient de microclimat qui contraint l'épidémie, couverts homogène dense (pois, igname).

**Horizontale** : structure du peuplement et météorologie importants. Couverts où la dimension verticale non prépondérante (pdt)

« **Complexe** » : mélange des deux mécanismes précédents. Peuplement et individus fortement structurés (vigne).

Un parcours du réseau de strates selon le mécanisme de dispersion

- Strate : élément homogène décrivant l'architecture du couvert.
- Le voisinage est fonction de la géométrie mais aussi du type de maladie
- Différents attributs : densités de surfaces SEIR, porosité.
- Évolution des ces attributs :  $f(\text{porosité, génétique, microclimat, réceptivité})$

# Conclusions

## Niveau concepts

Le réseau de strates peut être dynamique : affaissement du couvert, effet de la conduite (taille, tuteurage).

## Niveau modèle

Actuellement : modèle de culture + SEIR construit pour 1 seule strate

Quelle plateforme pour poursuivre le développement ?

Comment modéliser correctement l'initiation (arrivée de d'inoculum) ?

Quel type de validation ? (par partie, sur notations ?)

## Niveau expérimentation

Caractérisation du microclimat : analyse de données

Lien entre symptômes (modèle) et notations (expérimentation)