

Typologie des maladies et ravageurs des principales cultures et **modélisation** des effets du **changement climatique** sur leur évolution à *l'échelle de l'ensemble du territoire français*

Doctorante: Julie Caubel

Encadrantes: Marie Launay et Nadine Brisson



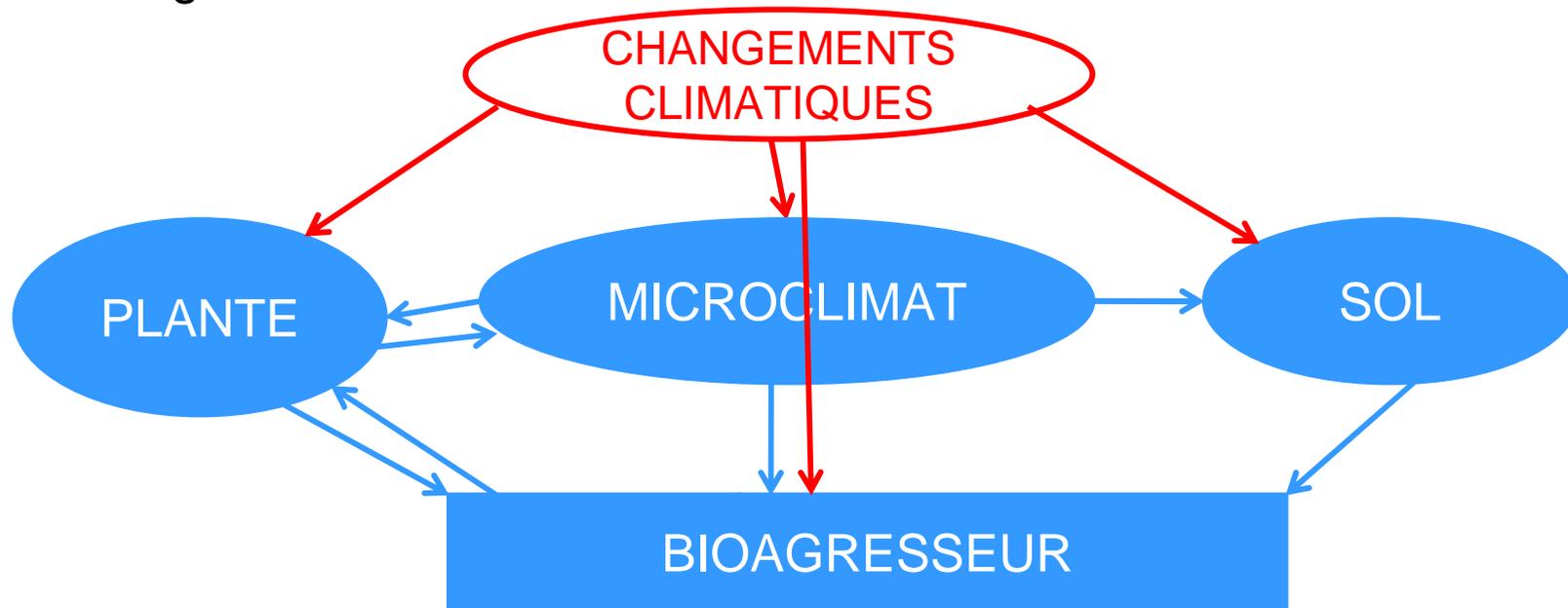
Plan

1. **Problématique de la thèse**
2. **Objectifs de la thèse**
3. **Démarche de travail de la thèse**
4. **Priorités**



1. Problématique de la thèse

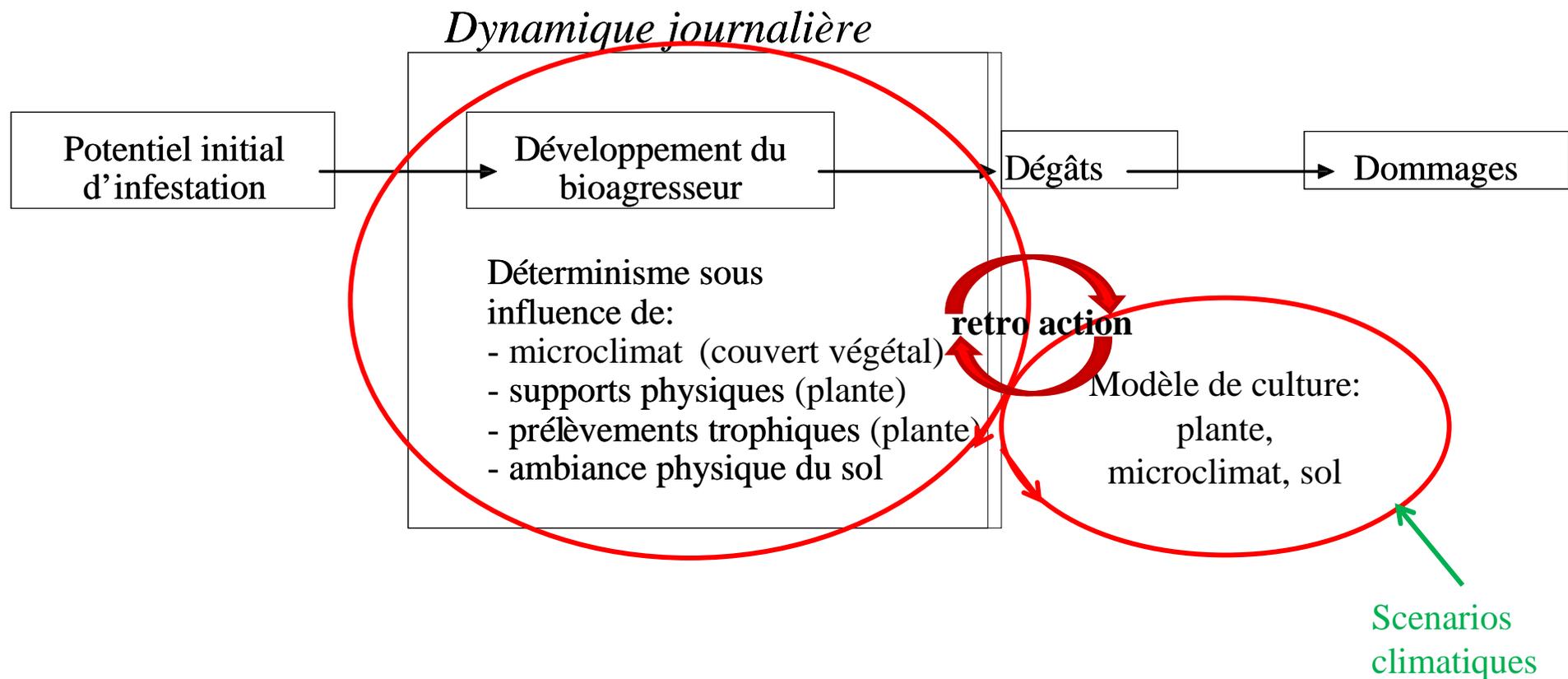
- Réchauffement climatique → dans le siècle à venir, quels seront les bioagresseurs **pénalisés** ou, au contraire, **favorisés** par le changement climatique (CC) à l'échelle du territoire français (hexagone)?
 - Influence du climat et de sa variabilité temporelle sur les bioagresseurs via l'environnement du bioagresseur ?
 - Environnement = plante en tant que support trophique et physique, microclimat sous couvert végétal et sol



→ Prise en compte des **effets indirects du CC** sur les bioagresseurs à travers son environnement

2. Objectifs de la thèse

- Construction d'un modèle centré sur le bioagresseur, dynamique et **générique** (à l'échelle d'1 année de culture, sur une plante considérée comme sensible, pas de compétitions)
- Couplage du modèle avec un modèle de fonctionnement de cultures (STICS) forcé par des **scenarios climatiques futurs**.
- Bioagresseurs dans le cadre de l'étude: **champignons et insectes**



3. Démarche de travail de la thèse

3. 1/ Construction d'une typologie des bioagresseurs

Construire un modèle générique implique:

- de construire un squelette de modèle capable de répondre à la dynamique de développement de tous les bioagresseurs
- de ne le tester que sur quelques bioagresseurs se différenciant dans leur comportement face à leur environnement sous notre climat actuel pour voir leur devenir dans le cadre des CC

→ **Construction de 2 typologies (insectes et champignons)**, basée sur **leur sensibilité à l'environnement**, à partir de 30 champignons et 30 insectes répertoriés parmi les grandes cultures françaises (betterave, blé tendre, maïs, tournesol, colza, vigne, luzerne, pois)



3. Démarche de travail de la thèse

La construction d'une typologie et d'un modèle générique de bioagresseur couplé à un modèle de culture connu demande de simplifier le système

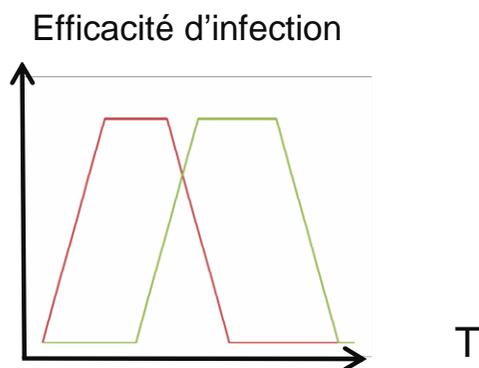
Exemple de la typologie champignons:

Facteurs environnementaux pris en compte (+ exemples):

Température

Humidité relative/eau

Phénologie/état de la plante



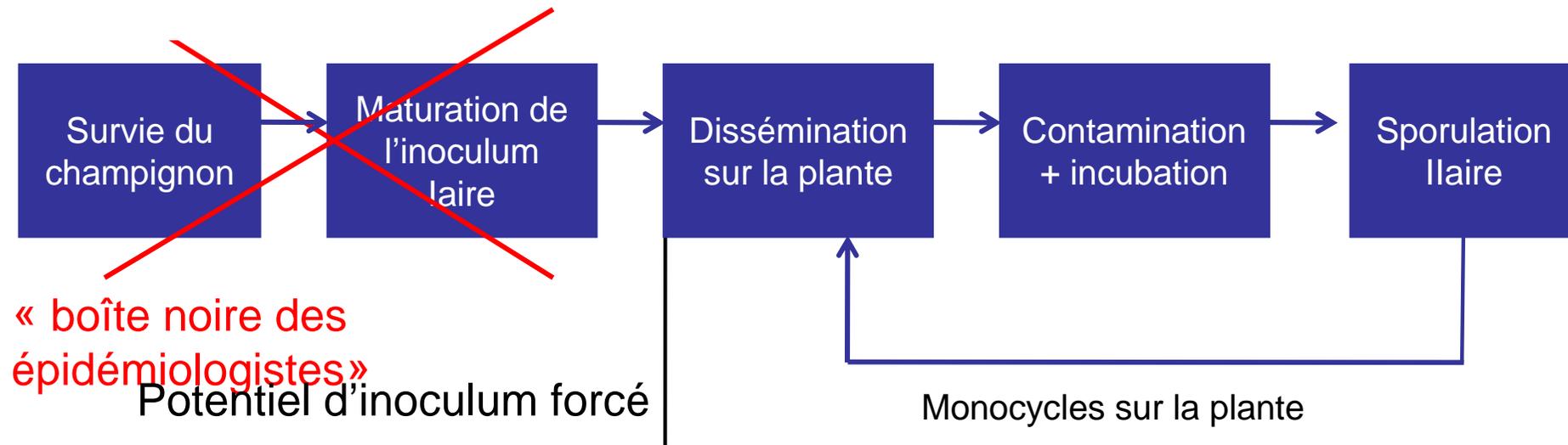
Durée d'humectation pour la contamination plus ou moins longue

Sclérotiniose du colza ne pouvant germer que sur les pétales: fenêtre d'attaque restreinte



3. Démarche de travail de la thèse

Etapes de développement du champignon pris en compte:



3. 2/ Construction du squelette du modèle

- Identification des variables d'entrée, de sortie, des fonctions de réponse et des types de paramétrage pour le modèle
- contraintes imposées par le couplage dynamique ultérieur avec le modèle de culture STICS
- Construction du modèle avec des fonctions de réponse différentes selon les groupes de bioagresseurs trouvés ou les mêmes fonctions de réponse mais un paramétrage différent



3. 3/ Modélisation dans le cadre des CC

- Choix d'un bioagresseur bien renseigné dans la littérature dans chaque groupe des 2 typologies réalisées
- Hypothèses sur son comportement dans le cadre des CC:
Exemple: diminution des durées d'humectation de façon générale mais avec une variabilité intra et inter-annuelle très forte. Quel effet sur les champignon nécessitant une longue durée d'humectation pour contaminer?
- Test via la modélisation par couplage dynamique avec STICS et forçage par des scénarios climatiques futurs

4/ Priorités dans le cadre de la thèse

Finir le travail sur les champignons en priorité



Liste champignons

| Champignon_nom vernaculaire | Champignon_nom latin | plante attequée principalement |
|---|-------------------------------------|--------------------------------|
| mildiou du tournesol | Plasmopara helianthi | tournesol |
| alternariose du tournesol | Alternaria helianthi | |
| phomopsis du tournesol | Phomopsis helianthi | |
| verticilliose du tournesol | Verticilium dahliae | |
| pourriture charbonneuse du tournesol | Macrophomina phaseolina | |
| oidium du blé | Erysiphe graminis | blé tendre |
| septoriose du blé | Septoria Tritici | |
| rouille jaune du blé | Puccinia striiformis | |
| rouille brune du blé | Puccinia recondita | |
| piétin verse | Pseudocercospora herpotrichoides | |
| piétin échaudage | Gaeumannomyces graminis var Tritici | |
| carie du blé | Tilletia caries | |
| fusariose | Microdochium nivale | |
| rhizoctone | Rhizoctonia solani | betterave |
| cercosporiose de la betterave | Cercospora beticola | |
| ramulariose de la betterave | Ramularia beticola | colza |
| cylindrosporiose du colza | pyrenopeziza brassicae | |
| phoma du colza | Leptosphaeria maculans | |
| alternariose du colza | Alternaria brassicae | |
| sclérotiniose | Sclerotinia sclerotiorum | vigne |
| pourriture grise | botrytis cinerea | |
| oidium de la vigne | Uncinula necator | |
| mildiou de la vigne | Plasmopara viticola | luzerne |
| maladie des tâches communes de la luzerne | pseudopeziza medicaginis | |
| verticilliose de la luzerne | verticilium albo-atrum | pois |
| oidium du pois | Erysiphe pisi | |
| anthracnose du pois | Mycosphaerella pinodes | |
| nécrose racinaire du pois | Aphanomyces euteiches | |
| charbon des inflorescences de maïs | Sphacelotheca reiliana | maïs |



Liste insectes (+ acariens, nématodes)

| Ordre | Nom latin | Nom vernaculaire |
|-------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| insecte _ COLEOPTERES | <i>Meligethes aeneus</i> | Méligèthe du colza |
| | <i>Agriotes sordidus</i> | Taupin |
| | <i>Ceutorhynchus napi</i> | Charançon de la tige de colza |
| | <i>Oulema melanopa</i> | Criocère des céréales |
| | <i>Bruchus pisorum</i> | Bruche du pois |
| | <i>Sitona humeralis</i> | Sitone de la luzerne |
| | <i>Diabrotica virgifera</i> | Chrysomèle du maïs |
| insecte _ DIPTERES | <i>Oscinella frit</i> | Oscinie de l'avoine |
| | <i>Dasineura brassicae</i> | Cécidomyie des crucifères |
| | <i>Pegomyia betae</i> | Mouche de la betterave |
| | <i>Tipula paludosa</i> | Tipule des prairies |
| | <i>Delia coarctata</i> | Mouche grise des céréales |
| insecte _ HOMOPTERES | <i>Empoasca vitis</i> | Cicadelles des grillures de la vigne |
| | <i>Daktulosphaira vitifoliae</i> | Phylloxéra de la vigne |
| | <i>Pulvinaria vitis</i> | Cochenille floconneuse de la vigne |
| | <i>Myzus persicae</i> | Puceron vert du pêcher |
| | <i>Rhopalosiphium padi</i> | Puceron du merisier à grappe |
| | <i>Sitobion avenae</i> | Puceron des épis de céréales |
| insecte _ LEPIDOPTERES | <i>Agrotis segetum</i> | Noctuelle des moissons |
| | <i>Plutella maculipennis</i> | Teigne des crucifères |
| | <i>Ostrinia nubilalis</i> | Pyrale du maïs |
| | <i>Autographa gamma</i> | Noctuelle terricole |
| | <i>Cochylis</i> | Tordeuse de la vigne |
| arachnide _ ACARI | <i>panonychus ulmi</i> | Acarien rouge |
| insecte _ THYSANOPTERES | <i>Thrips tabaci</i> | Thrips du tabac |
| | <i>Frankliniella robusta</i> | Thrips du pois |
| mollusque _ Nématode | <i>Heterodera schachtii</i> | Nématode à kystes de la betterave |
| | <i>Ditylenchus dipsaci</i> | Nématode de la tige ou du collet |
| | <i>Pratylenchus penetrans</i> | Nématode des lésions racinaires |



➤ Outils utilisés

- Plateformes INRA (Web of Knowledge,...)
- Publication des Instituts Techniques (CETIOM, ARVALIS, ...)
- Bibliothèque (ouvrages plus anciens)
- Sites webs
- Thèses

➤ Contacts

- Pathologie végétale: Cindy Morris, Philippe Nicot (INRA Avignon)
- Modélisation et pathologie végétale: Philippe Debeake, Jean-Noël Aubertot, Pierre Casadebaig (INRA Toulouse, Projet Archidemio), Emmanuelle Mestrie (CETIOM), Gaetan Bourgeois (Centre de Recherche et de Développement en Horticulture, Agriculture et Agroalimentaire Canada), Romain Roche (INRA Grignon)
- Réseau 'Relation arthropodes plantes' (Denis Thiery)
- Jacques Régnière (Chercheur scientifique, dynamique des populations d'insectes, Service Canadien des Forêts)
- Philippe de Reffye (CIRAD AMAP, Greenlab)

➤ Organisation des résultats: Utilisation d'ACCESS et d'EXCEL

III. Eléments de réflexion

1. sur la modélisation

Comment décrire une phase de développement du champignon dans le cadre de la modélisation?

Exemple1: libération/transport des spores

PARAMETRES CANDIDATS:

- Type de dissémination (libération active/passive)
- Nombre de type de spores de dissémination
- Morphologie des organes de fructification + Nombre de spores par organe (joue sur vitesse d'épuisement)
- Taille des spores (distance de dissémination)
- Sensibilité aux facteurs environnementaux:
 - effet splash ou vent + condition Hcult pour libération passive
 - Rayonnement + Effet splash ou Rayonnement + vent (vitesse) +HR pour libération passive

Traits fonctionnels

Paramètres du modèle

FACTEURS: pluie, vent, rayonnement

VARIABLE D'ENTREE:

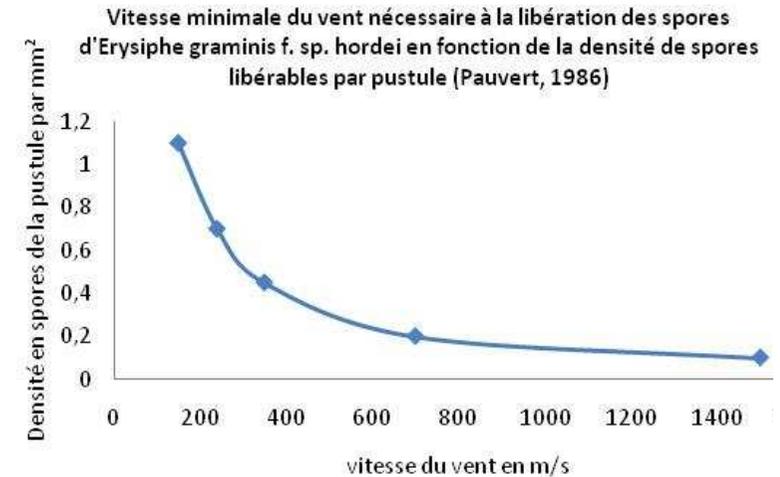
Nombre de spores aptes à contaminer

VARIABLE DE SORTIE:

date de début de libération/transport
durée de libération/transport,
proportion de spores disséminées

Libération/transport des spores

Exemple de de fonction de réponse



Choix du modèle STICS

- Généricité d'un modèle de dynamique de culture
- Modélisation du microclimat
- Choix de cultures bien paramétrées
- Limites dans les variables d'entrée du modèle bioagresseur

STICS → V0

VI ← modèle de bioagresseur

Structure du couvert ?
Durée d'humectation ?
Phénomènes rétro action ?

Fonction simplificatrice
pour utiliser V0 et non VI

Intégration d'un module de
calcul de VI

MODULE

2. sur les hypothèse de travail dans le cadre du changement climatique en France

- **Quelles prévisions climatiques?** (Terray et Braconnot, 2007)

- ↑ températures

- ↓ pluviométrie mais avec contrastes saisonniers:

 - précipitation hivernales ↑

 - précipitations estivales ↓

- ↑ de la variabilité climatique et de la fréquence des évènements extrêmes

- **Quels effets sur les cultures?** (Brisson, 2008)

- Phénologie avancée

- Températures échaudantes et manque d'eau en été (régulation stomatique avec ↑ du CO₂ ?)

- Si suffisamment de N, ↑ de biomasse aérienne (et qualité nutritionnelle)

→ ***Confrontation avec notre typologie***

- **Quels effets sur les phytopathogènes? (Coakley et al., 1999)**

- Sécheresse et ↓ des durées d'humectation? → ↓ du risque d'infestation

- Evènements pluvieux + températures douces → développements explosifs des maladies

- Phénologie: ↑ du nombre de cycles du pathogène sur la plante hôte

- Modification de la résistance et de la physiologie de la plante sous l'effet de l'↑ des températures

- Survie des champignons saprophytes? décomposition de la litière/ températures hivernales

→ ***Elaboration de protocoles expérimentaux à soumettre à la modélisation***