

Formalisation d'un système de décision pour la transmission efficace de l'état des connaissances en matière de protection intégrée du blé tendre

B Léger, D Gouache
RMT Modélisation
29/09/2009



ARVALIS
Institut du végétal





Quelques éléments de contexte

Les définitions

Lutte chimique conseillée

- Utilisation réfléchie de pesticides à large spectre d'action en relation avec un service d'avertissement

Lutte raisonnée (ou dirigée)

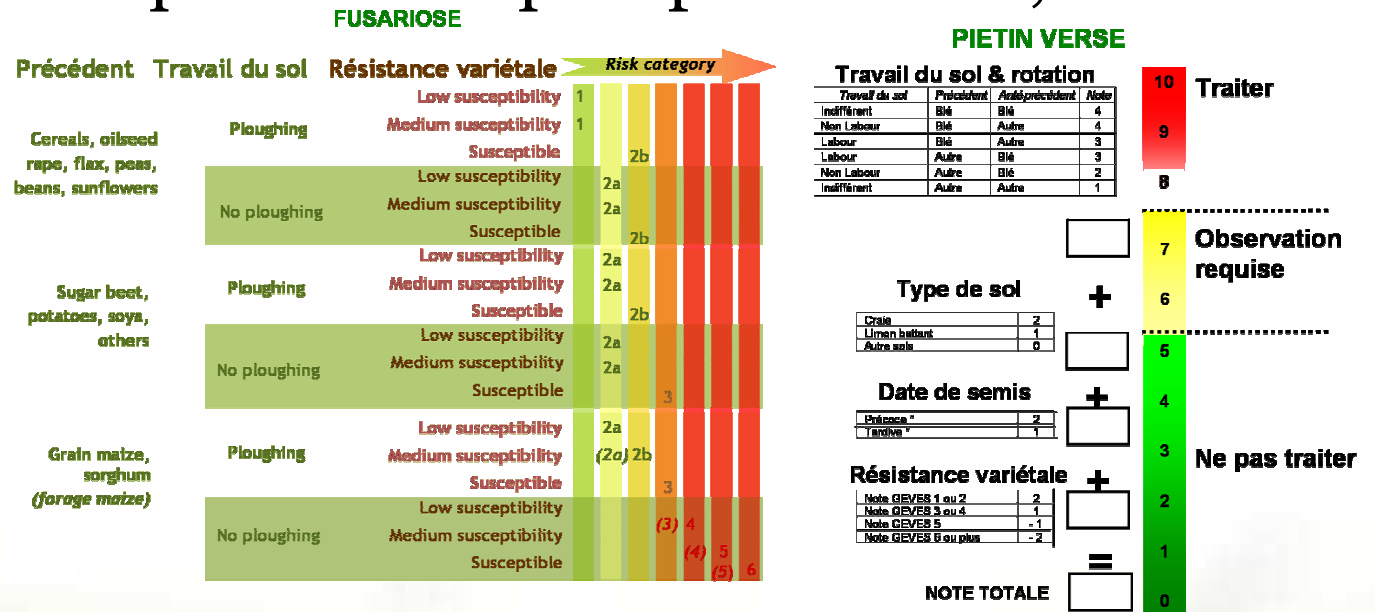
- Introduction de la notion de « seuil de tolérance »
- Pesticides à faible répercussion écologique
- Sauvegarde des organismes auxiliaires existants

Protection intégrée

- Comme lutte raisonnée
- Intégration de moyens de lutte biologique ou biotechnique ainsi que de moyens cultureux
- Limitation maximale de la lutte chimique

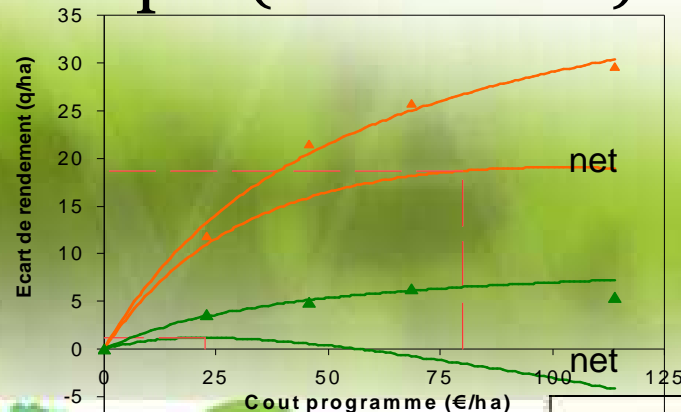
Application aux maladies du blé tendre : les connaissances

- Lutte culturale + génétique + chimique : piétin verse, fusarioses, (HTR)

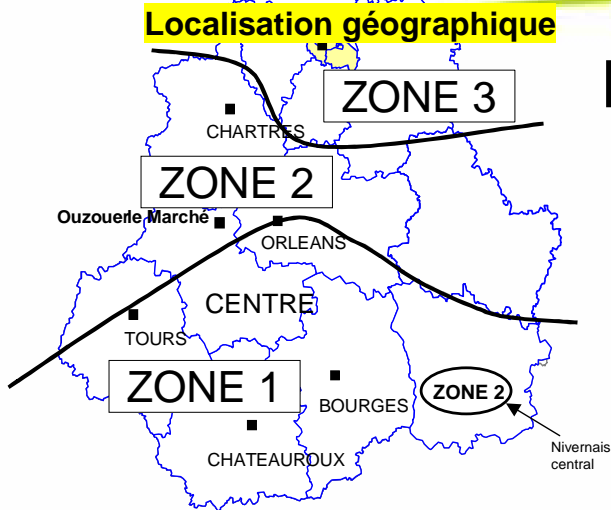


- Lutte génétique + chimique (+ culturale) : rouilles, septorioses, oïdium

Variété
Sensible
Résistante

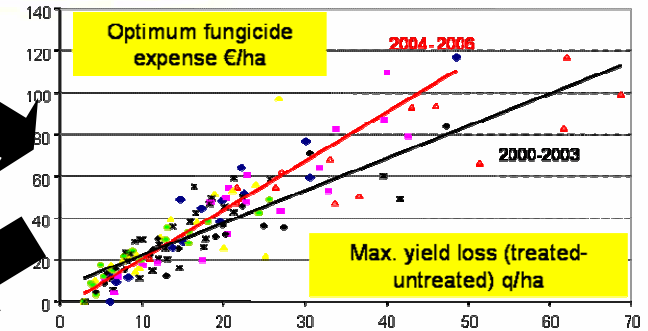


Application aux maladies du blé tendre : mise en musique théorique

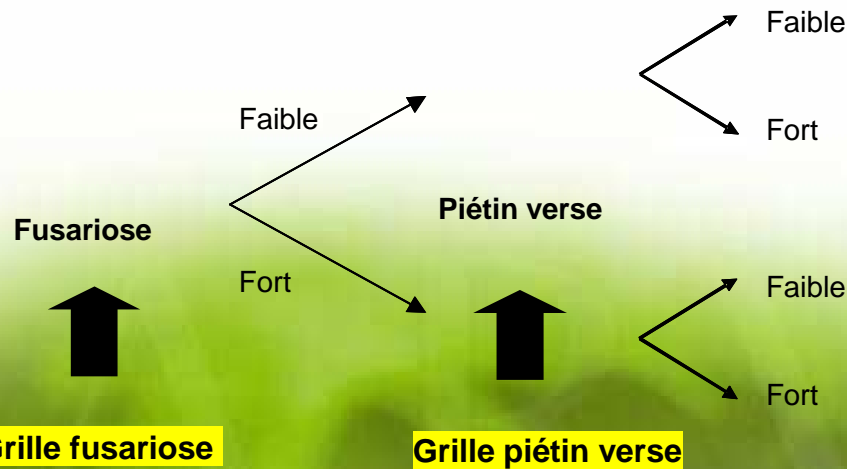


Cortège parasitaire & nuisibilité moyenne

Sensibilité aux maladies foliaires



Résistante	Sensible	Très sensible
Programme 1	Programme 2	Programme 3
Programme 4	Programme 5	Programme 6
Programme 7	Programme 8	Programme 9
Programme 10	Programme 11	Programme 12



Grille fusariose

Grille piétin verse

Construction d'un programme a priori : détermination d'un investissement fongicide & de sa répartition

Application aux maladies du blé tendre : mise en musique théorique

- On aboutit à des programmes intégrant les méthodes de lutte culturales, génétiques & chimiques. Manque l'ajustement en cours de saison.
- Un exemple : fiche d'observation parcellaire par stade + « réglottes » → ajustements



Observez les autres maladies

Simple présence voir à l'âge sur 0

Symptômes absents ou inférieurs au seuil, observez les autres maladies

Observez les autres maladies

PLUS DE LA MOITIÉ DE LA SURFACE DES FEUILLES

Symptômes absents ou inférieurs au seuil observez les autres maladies

Symptômes absents ou inférieurs au seuil, observez les autres maladies

Observez les autres maladies

Symptômes absents ou inférieurs au seuil, observez les autres maladies

	O - R	P	PAS DE LETTRE
PO - PR	OR		
POR			
PUNCH C	1,2 I	BAYFDAN	0,5 I
TENOR (*)	1,33 I	CORBEL BASF	1 I
TRIUMPH	3,75 I	CORBEL QUINO	1 I
ou ASSOCIATION de :		CORBEL EPI	3,5 I
SPORTAK 45	1,66 I	IMPACT	1 I
ou SPORTAK MZ2 1,33 I + 4,7 I		TILT 125	1 I
ou SPORTAK PF	1,5 I	TURBO TR	1 I
ou :		VIGIL	1 I
BAYFDAN	0,5 I		
ou CORBEL BASF	1 I		
ou CORBEL QUINO	1 I		
ou VIGIL	1 I		

(*) Efficacité sur Oidium (O) non encore confirmée.

1 Déterminez L'ÉTAT SANITAIRE de votre blé

Pour faciliter vos observations suivez les avertissements agricoles du SPV.

Si vous observez ces symptômes... Avec ce degré d'infestation... Raportez cette lettre sur votre fiche de parcelle

	PETIT VERSE - FUSARIOSE DU PIED taches allongées, brun violacé ou marron.		
	OIDIUM des feutrages (signe de moisissure) blancs ou grisâtres.		
	ROUILLES jaune : les feuilles prennent une apparence rayée ou panachée due à des pustules jaunes orangées alignées sur leur nervures. brun : pustules orangées foncées à brunes (1 à 2 mm).		
	SEPTORIOSE des taches allongées (2 à 10 mm), jaunâtres à brun clair.		
	FUSARIOSE DES ÉPIS il vous observez des symptômes, il est trop tard.		

La réalité

- Une exploitation céréalière moyenne a >4 variétés et applique moins de 2 programmes fongicides différents
- Pourquoi ce défaut d'application de nos connaissances en PIC et comment contribuer à le lever ? Notre parti pris :
 - Le temps/la gestion de chantier : une problématique que les pulvés à injection directe avec plusieurs cuves régleront partiellement
 - Le type d'information à disposition des agriculteurs : trop complexe, trop partiel ; trop « d'aide à » mais pas de réelles décisions
 - pour beaucoup de producteurs, on ne balise pas assez ce nouveau chemin à prendre qu'est la PIC



Les objectifs

- Formaliser le raisonnement complet (a priori & en cours de saison) « Arvalis » de protection du blé tendre
 - Pour pouvoir transmettre : grâce au système de décision, des séquences de décision complètes (quand, quoi, combien, pourquoi, avec quelles conséquences) adaptées à chaque situation
 - Pour pouvoir améliorer :
 - En ciblant où et quand dans le raisonnement un indicateur est nécessaire à obtenir/modéliser
 - En expérimentant sur une étape donnée « toutes choses égales par ailleurs »

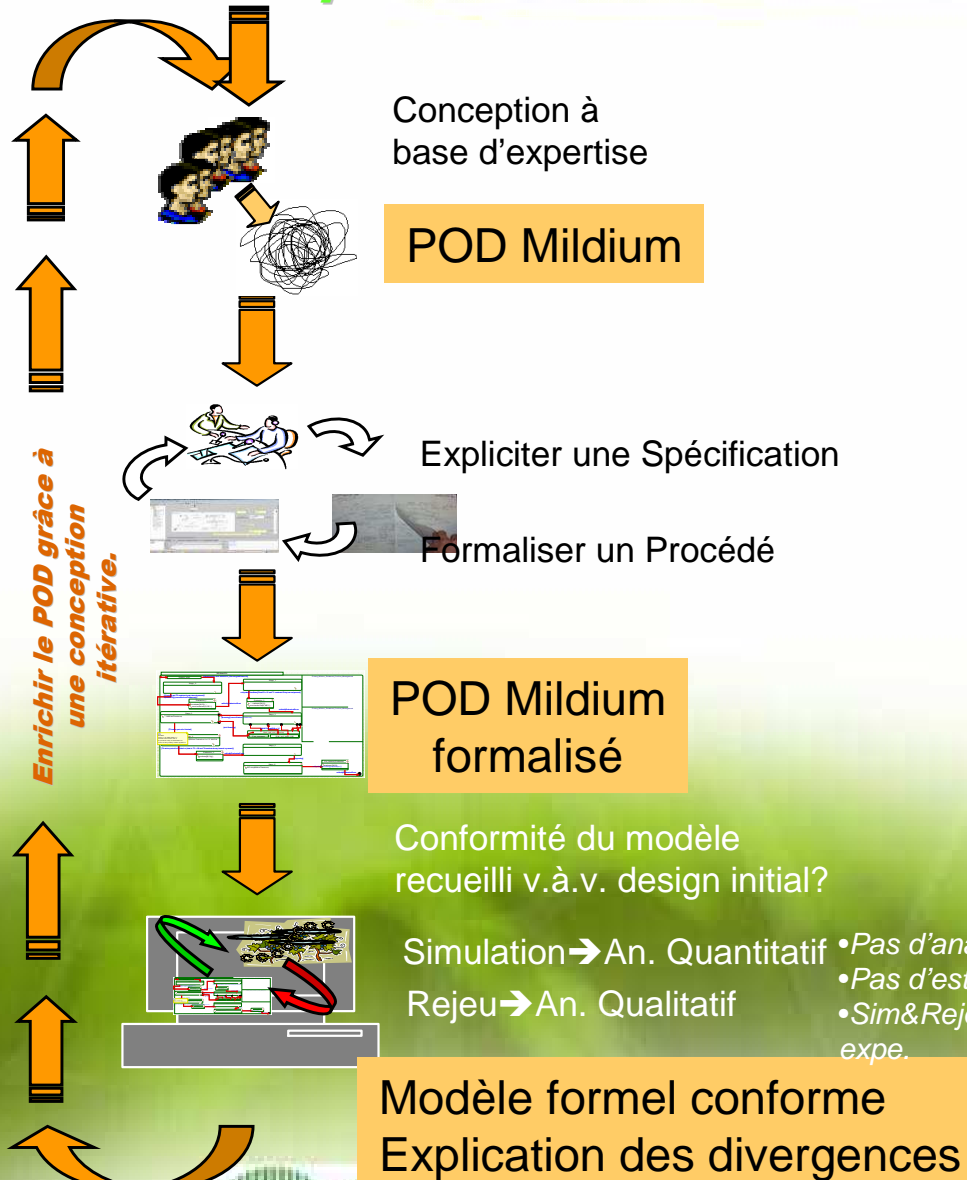
On ne part pas de Zéro

Un travail similaire en
viticulture

Le POD Mildium

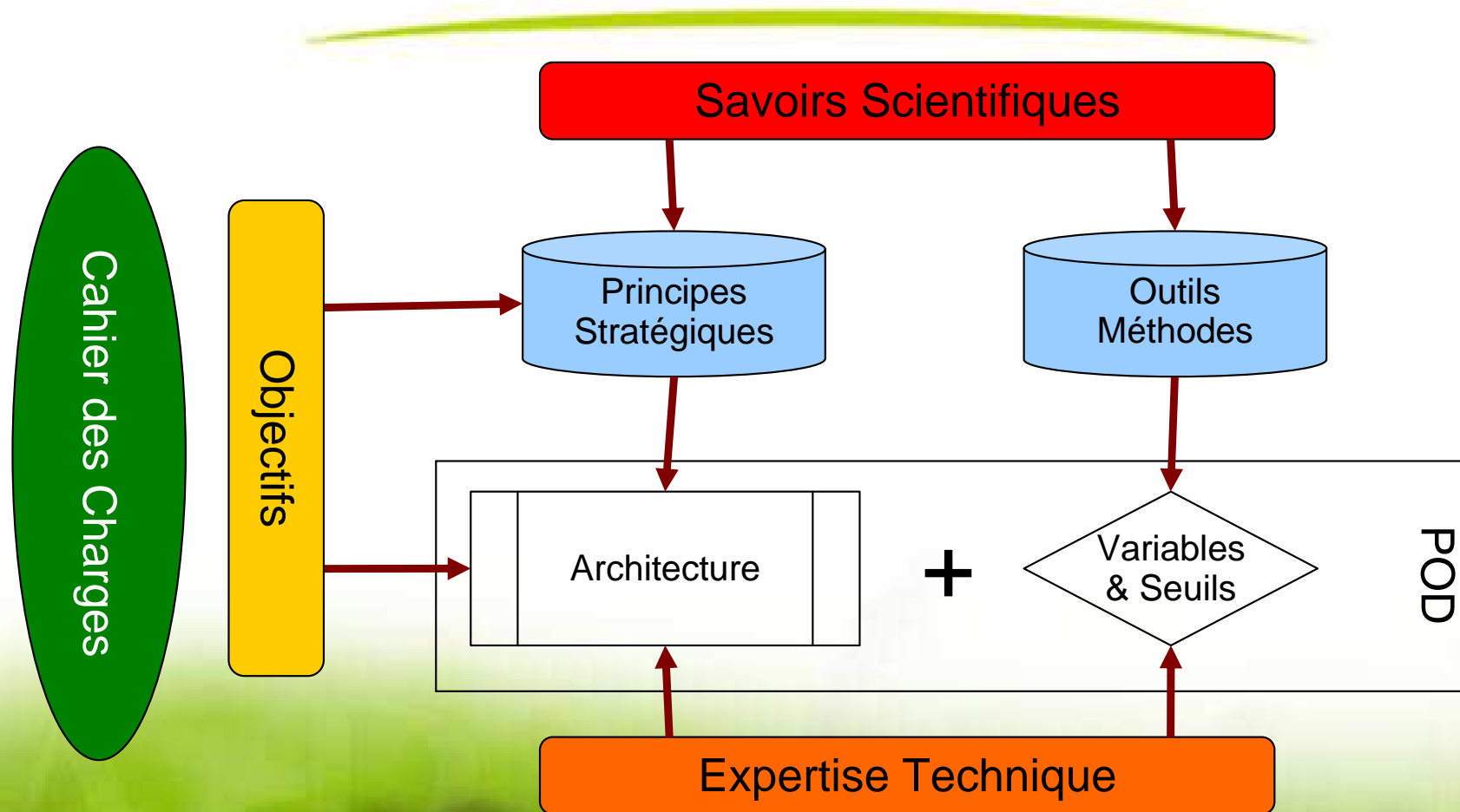
Pour résumer mon travail de Thèse

Principes de la PIC



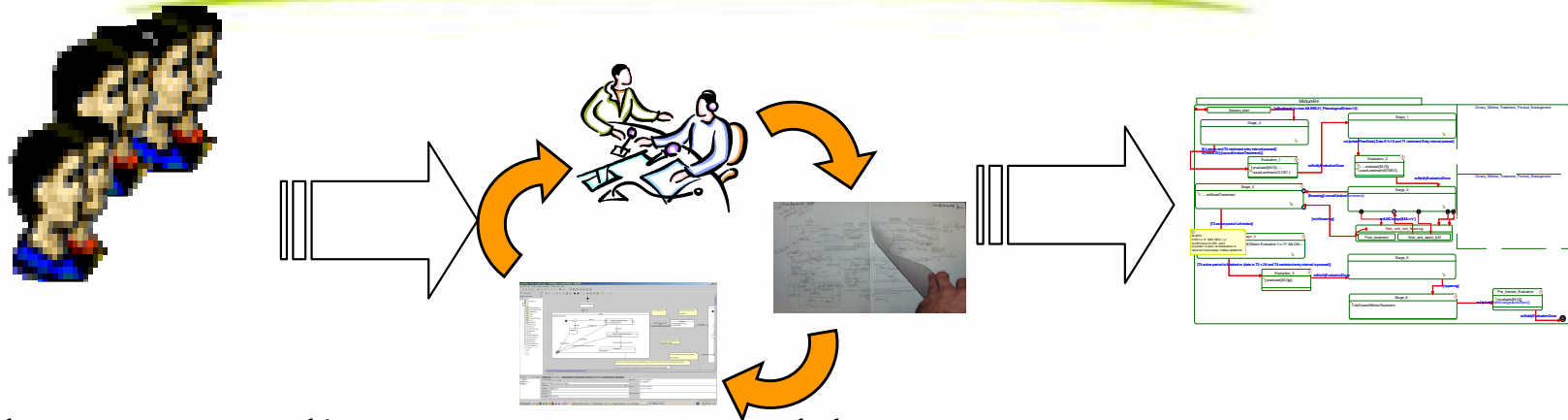
- Le POD Mildium une Innovation pour la protection du vignoble
- Mise au point informelle de 2001 à 2005
- Formalisation via mon travail de thèse
- 2007 à 2010 expérimentation à travers toute la France sur grande parcelle
- De 40 à 60% de traitements en moins

Concevoir un Processus Opérationnel de Décision



La théorie

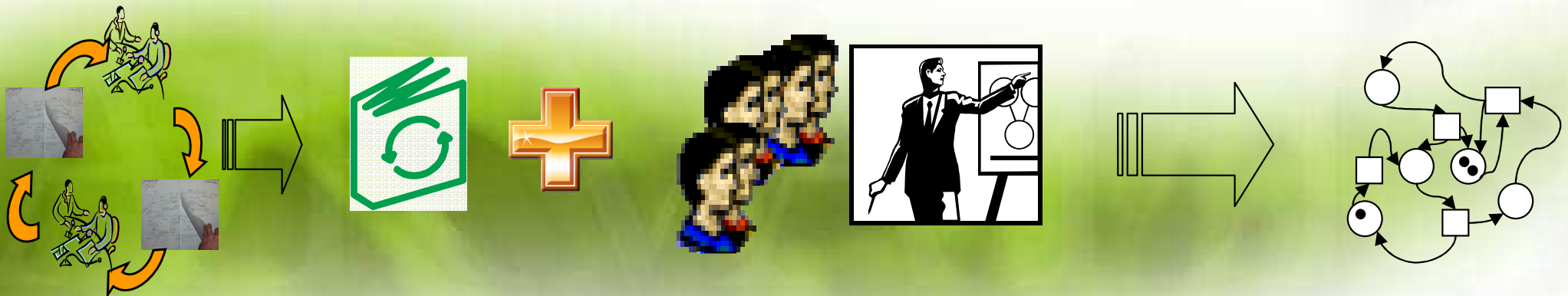
En Pratique



Dans le cas Arvalis se pose un Problème nouveau:

- Pas de groupe de concepteur constitué a priori
- Pas de système de décision à recueillir

Ici, le modélisateur doit faciliter la conception

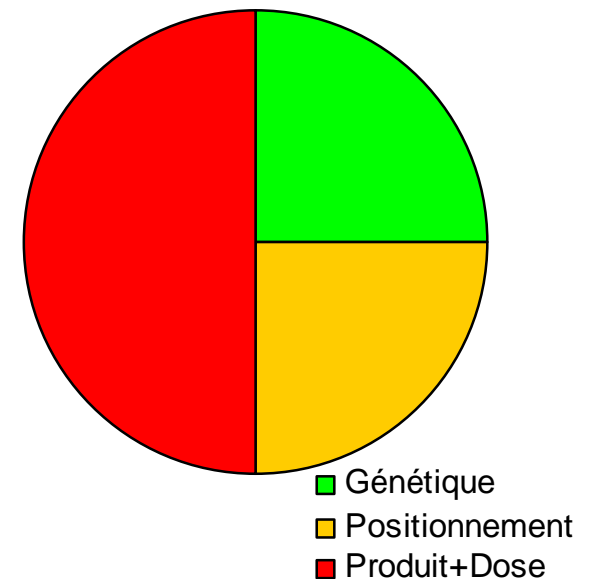


Remarques Issues du Recueil

Importance de la modulation de doses

- Enjeux exprimés en terme de doses plus que de positionnements
 - Jouer sur la persistance des traitements
- Importance du choix des molécules pour gérer plusieurs risques simultanément

Composants de la nuisibilité



Remarques Issues du Recueil

- Période de Sensibilité et potentiel climatique variables => des modifications de la stratégie de positionnement
 - période de remplissage longue : bordure maritime
 - courte : Lauragais
- Des schémas de programmes Septoriose et Rouille brune bien établis mais intégrant assez mal les risques foliaires spécifiques (Oïdium, Rouilles Jaunes)
 - Absence de procédure systématique de veille

Remarques Issues du Recueil

- La protection phytosanitaire n'est pas strictement prioritaire dans tous les contextes d'exploitation :
 - « pour les éleveurs, si c'est le moment de faire les semis de maïs, les traitements du blé attendront. »
- Besoin impératif de gérer la faisabilité opérationnelle des applications
 - « Faire un truc simple, les agriculteurs n'ont pas la possibilité de remplir et nettoyer un pulvé plusieurs fois par semaine. »

A l'issue du recueil

- Il existe, à dire d'experts, une description informelle de la méthode de protection du blé tendre Arvalis :

POD Blé tendre

Respecter ces exigences permet-il de réaliser les objectifs de production?

Une Solution efficace

Quelle représentation pour cet outil?

Formaliser des connaissances?

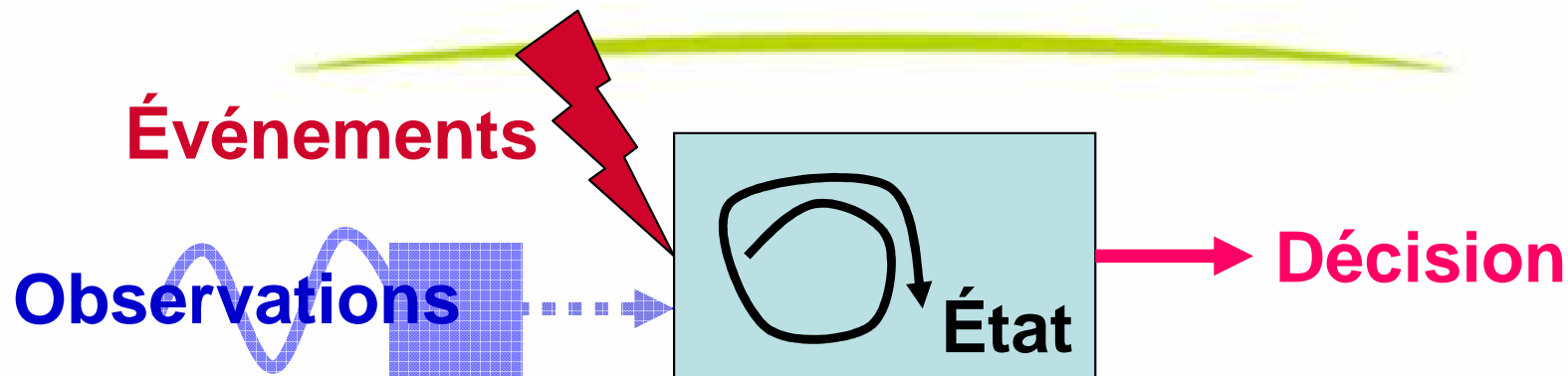
- Il s'agit ici d'une connaissance de type « savoir faire »
- Les méthodes pour modéliser de l'expertise :
 - Centré sur la notion de TACHE : méthode COMMONKADS
 - Centré sur les ontologie : web sémantique, OWL ...
- **MAIS!** Ces méthodes ne permettent pas de représenter le temps de manière très explicite

Voir une exception : Maâmar El-Amine, H. (2005). *Spécification, Opérationnalisation et Simulation des Systèmes de Connaissances Réactifs : utilisation de CommonKADS et DEVS*. Unpublished PHD, Université Paul Cezanne Aix-Marseille III. (DEVS~framework RECORDS)¹

Quel cadre formel ?

- Pour spécifier de manière exhaustive le POD BT
- Pour identifier les points où l'information nécessaires pour contrôler le patho-système conformément aux exigences
- Pour produire un OAD permettant de respecter ces exigences.

Le choix du paradigme SED



- Le contrôle des épidémies ne peut se faire en continu
- Prendre une décision est un événement
- L'application d'un traitement est ponctuelle.

Formalismes utilisés en

- automatique industrielle
- modélisation des processus métiers

Ce que permettent les SED

- Les fonctions de nuisibilité et les courbes de réponses sont trop synthétiques

Analyse de la séquence de décision et du temps dans la conduite de la protection des cultures

- Soucis d'opérationnalité:
 - Les SED sont utilisés en Génie Industriel pour
 - Représenter les processus
 - Optimiser l'utilisation des ressources
 - Garantir les propriétés de sécurité, de faisabilité ...

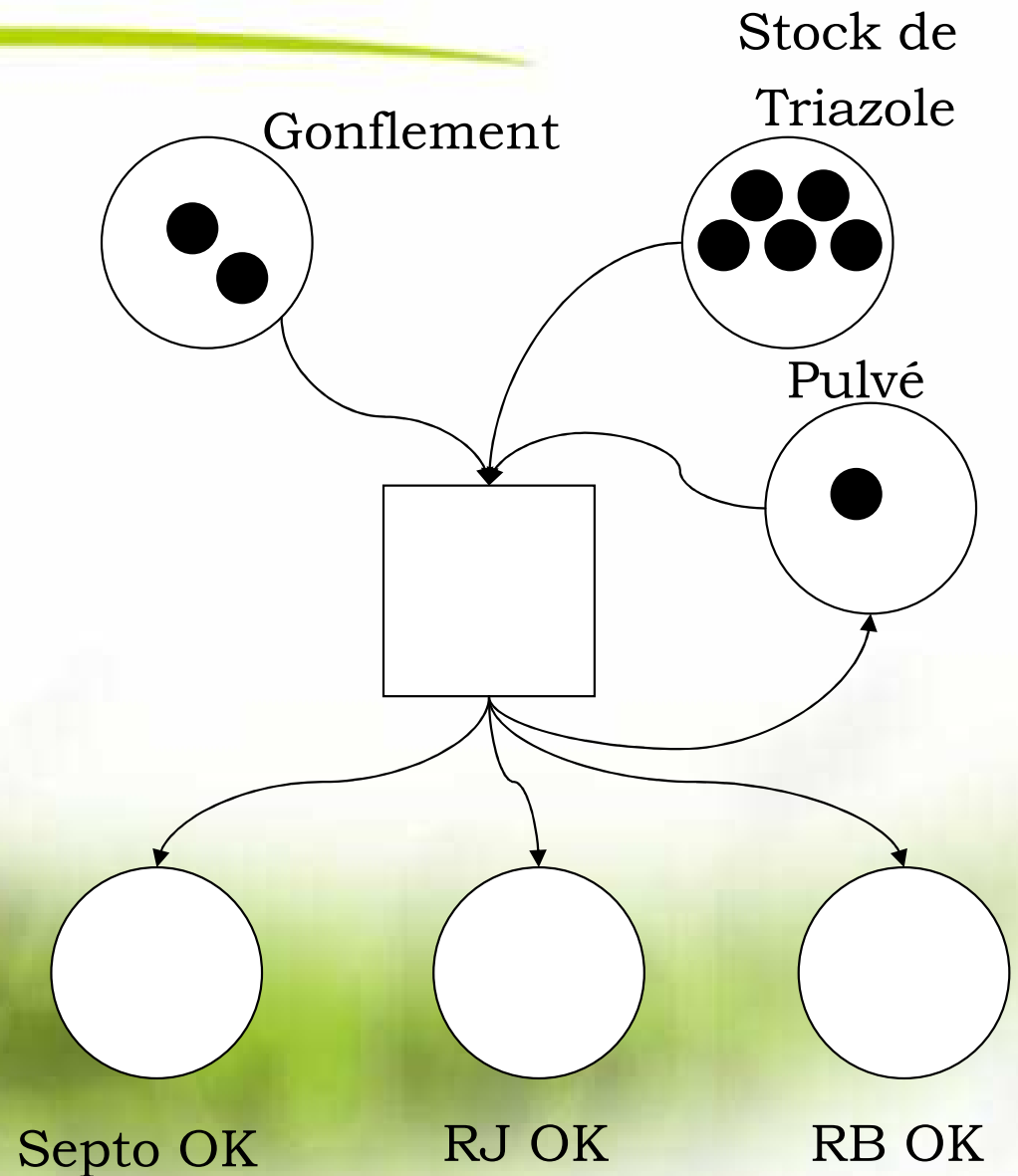
Regard posé sur la prise de décision qui intègre la logistique de la protection des cultures

Adapter le formalisme

- Ce qui change par rapport à la viticulture:
 - Introduction de la gestion des doses
 - Maîtriser l'utilisation des ressources
 - Pouvoir prendre en compte des contraintes externes
 - Laisser des marges de manoeuvres
- Ce qui perdure
 - La gestion combinée de plusieurs maladies
 - La notion d'étape de décision.

Formalisme Choisi

- Réseaux de Petri (Petri, 1962)
 - $R = \{P, T, I, O\}, M_0$
 - Représentation explicite des ressources
 - Nombreuses Extensions
 - Pour représenter le temps
 - Pour représenter les doses de produits (Réseaux de Petri coloré, ou réseaux de Petri Fluide)
 - Pour représenter l'aléa dans le passage des transitions.



Intérêt de la démarche POD

- Possibilité de Simuler les modèles
 - Analyse fréquentielle
- Ou de faire de la vérification Formelle
 - Garantir *a priori* certaines propriétés du système de décision (sûreté, vivacité) avant l'expérimentation aux champs
- Expérimenter à grande échelle un programme phytosanitaire pour:
 - Mesurer la sensibilité aux écarts de positionnement
 - Raisonner la constitution d'îlots de traitements sur des critères biotechniques.
- Intégrer le raisonnement phytosanitaire tactique dans un logiciel de planification logistique des chantiers agricoles

Intérêt de la démarche POD

- Possibilité de Simuler les modèles
 - Analyse fréquentielle
- Ou de faire de la vérification Formelle
 - Garantir *a priori* certaines propriétés du système de décision (sûreté, vivacité) avant l'expérimentation aux champs

Usage de Formalismes
Mathématiques Polyvalents

Intérêt de la démarche POD

Expérimenter à grande échelle un « programme » phytosanitaire pour

- Mesurer la sensibilité aux décisions de positionnement.
- Raisonner la constitution d'îlots de traitements sur des critères biotechniques.
- Améliorer s'il y a lieu la conception experte

**Modèle décisionnel
expérimentable et
analysable:
Conception Itérative.**



Intérêt de la démarche POD

- Construire un Outil d'Aide à la Décision phytosanitaire en intégrant des éléments de gestion logistique.
 - Souci d'être opérationnel
 - Produire une décision et en expliquer le raisonnement

• Le POD est un outil pédagogique, l'expertise doit être assimilée par l'agriculteur, L'ordinateur n'est que la moulinette chargée des calculs

