



Utilisation des Modèles par les Srpv Dans le cadre du Conseil Phytosanitaire Bilan et Perspectives

Jacques ROUZET
COLLOQUE INRA ICTA SRPV
CLUB MODELIA

PARIS– 20,21 NOVEMBRE 2006

Les objectifs de la DGAL

Modèles et outils d'Aide à la Décision



Deux objectifs :

1/ Réduction des Intrants.

Limiter l'utilisation des pesticides et réduire les effets négatifs des traitements. La modélisation est un des moyens mis en œuvre pour atteindre ces objectifs.

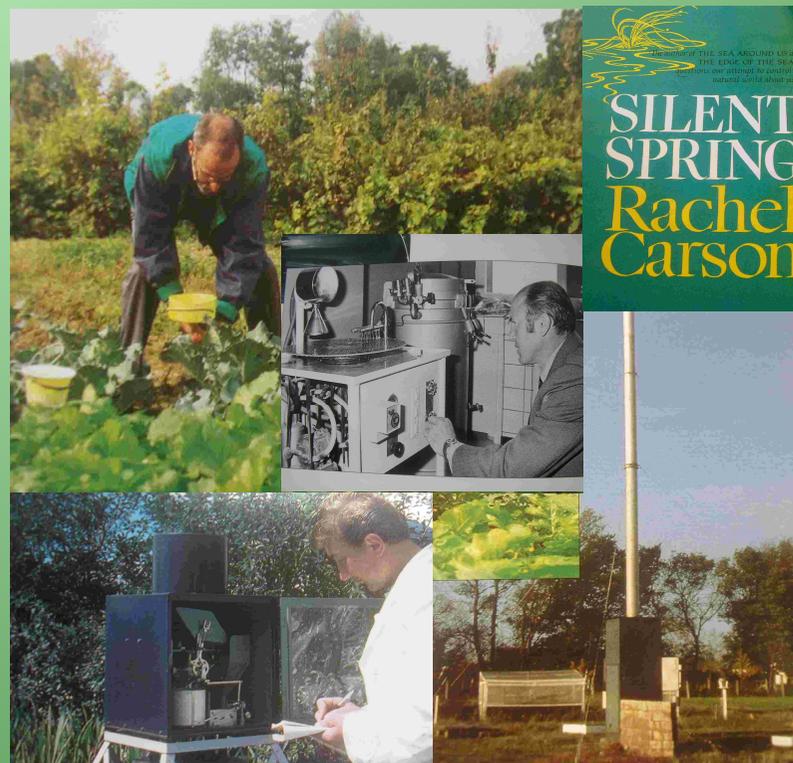
2/ Biovigilance, Contrôle.

De nouveaux besoins apparaissent liés aux nouvelles orientation du service. En biovigilance la modélisation doit permettre de mieux mesurer l'ampleur des changements en cours et de proposer des outils de gestion. Pour les contrôles, modéliser les risques d'introduction de nouveaux ravageurs et gérer les nouveaux foyers.

Avertissements Agricoles

1896-1945-1985-2007

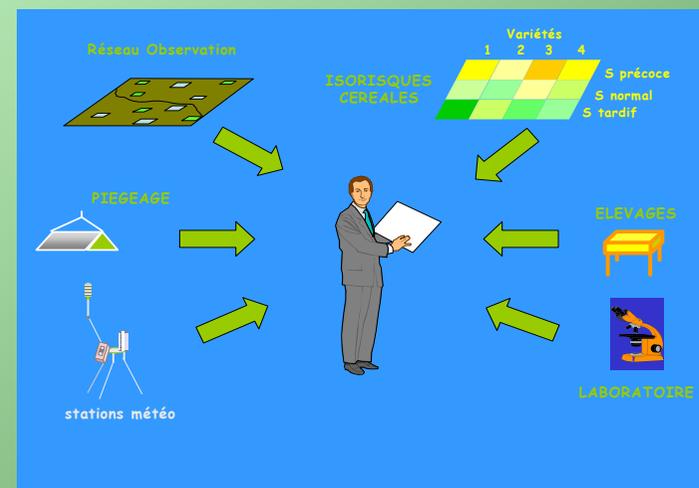
- **Bulletin de conseil phytosanitaire** réalisé pour un public constitué d'exploitants mais aussi de conseillers agricoles.
- **Le raisonnement de la lutte**, basé sur une méthodologie scientifique, observations au laboratoire et au champ, élevages, piégeages, seuils, réseaux d'observateurs, météo....
- **Pour les techniciens** une culture s'est construite au fil du temps sur les notions de lutte intégrée, de respect de l'environnement, et de conseil minimaliste en termes d'intrants



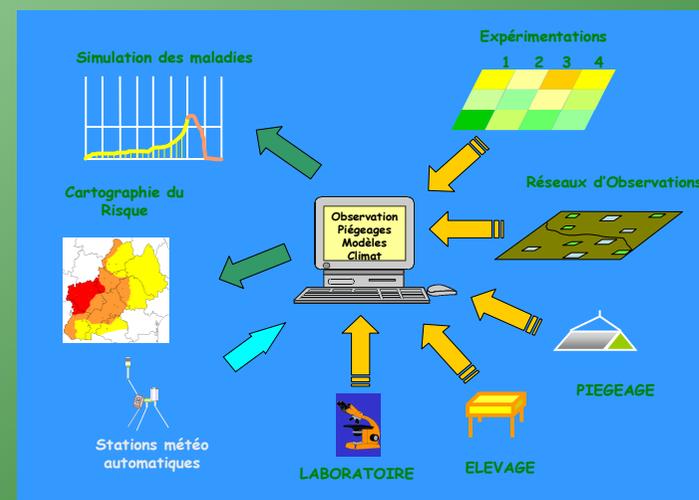
Raisonnement des traitements

Deux époques et deux méthodologies

- **Modèle biologique :** système classique basé sur des connaissances opérationnelles cycle, périodes de sensibilité, nuisibilité, épidémiologie, biologie, seuils, mode d'action des produits, méthodologie de surveillance.



- **Modèle de simulation :** complète le modèle classique les insuffisances du modèle biologique amène le technicien à utiliser des formulations mathématiques pour décrire le risque épidémique. (mildiou vigne, carpocapse, tavelure)



Les Limites du Modèle Biologique

➤ Il présente des insuffisances :



Absence d'un niveau de synthèse

Le conseiller ne dispose pas d'un mode opératoire bien établi pour évaluer un risque.



Difficultés pour réaliser une prévision

Le conseil est réalisé par rapport au devenir de la maladie ou du ravageur.



Pas de hiérarchisation

Les différents éléments du raisonnement ne sont pas organisés.

➤ L'observation sécurise assez mal le conseiller car :

✓ **Elle n'est pas complète**

Le technicien ne dispose que d'une fraction de l'information.

✓ **Et souvent tronquée**

Une partie du phénomène biologique échappe à l'observation.

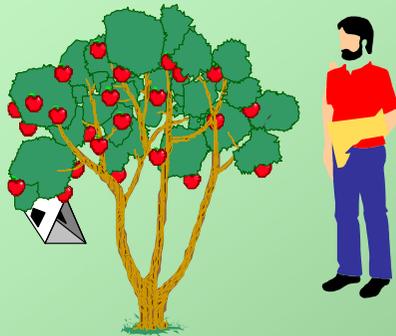
Proposer des Outils

- ❖ **Aider le technicien à mieux définir le risque.**
L'objectif final reste le même, ajuster la protection au niveau de risque, limiter les nuisances, éviter le conseil des spécialités les plus toxiques.
- ❖ **Le contexte : Valoriser le savoir-faire pré-existant .** Le système classique d'évaluation du risque garde tout son intérêt . Les modèles doivent être complémentaires du système classique de raisonnement.
- ❖ **Axes de travail : Mise en alerte, structurer le raisonnement,**
Prévoir les situations à haut risque, Permettre la comparaison de différentes options, différents scénarios. Les outils peuvent aussi être utilisés comme un moyen de communication, ou comme des outils pédagogiques, d'apprentissage ou de réflexion.

Le Conseil Phytosanitaire

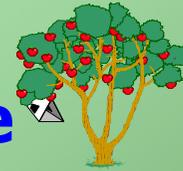
Schéma de travail

**Avertissement
Régional**



**Conseil à la
Parcelle**

**1. Situation
phytosanitaire**



**Synthèse des
observations**

**2. Modèles
Climatiques**



**Prévision de
l'évolution des
bio agresseurs**

**3. Système aide
à la décision**



**Segmenter le
risque, conseil
sur des cas-types**

**4. Modèle
biologique**



**Alimenter une
réflexion plus
générale**

Rôle central du technicien dans le dispositif



Structurer le message

- **Situation sanitaire** : *synthèse des observations*,
 - ✓ État sanitaire , stades phénologiques
 - ✓ Climatologie, Conditions de culture.
- **Prévisions** : *prévoir évolution à 7-10 jours*.
 - ✓ Modèles Climatiques : phénologie, risque maladie, stades insectes.....,
 - ✓ Modèles Agronomiques : segmentation du risque (grilles agronomiques).
- **Préconisations** : *conseils, segmentation, produit ,date*.
 - ✓ Segmentation du risque : géographique (région, topographie), agronomique (variété, date de semis, fumure, régulateurs.....).
 - ✓ Date, Spécialité, Dose. (mode d'action, expérimentations).

Historique des Modèles Phytosanitaires

- ① **Règles ou calculs simplifiés** : sommations thermiques, règles empiriques (ex: règles de Capus mildiou vigne 1920).
- ② **Indices bioclimatiques** : intégrer plusieurs paramètres climatiques pour décrire un événement , courbes de Mills (1954), mildiou pomme de terre de Guntz-Divoux (1963).
- ③ **Modèle intégrant un ensemble d'évènements** : pour une maladie, contamination, incubation, sortie de taches, croissance végétal Episept Rappilly (1976), Carpo Touzeau (1978).
- ④ **Systemes d'aide à la décision** : couplage de modèles, climatiques, agronomiques, économiques, EIPRE Zadocks (1981), PO.SY.PRE (1983,Srpv).

Les Premiers Modèles: 2 conceptions opposées

- **Modèles intégrateurs** : décrire à part égales dans une même démarche les 3 composantes, climat, système de culture et calcul économique pour aboutir à une décision traitement.

Arguments, il existe une interaction forte entre climat et système de culture. La réussite du projet passe par une description réussie de cette interaction et aussi par la prise en charge de la décision en privilégiant un calcul économique. Le projet est assimilé à une démarche de type Epipre.

- **Modèles dissociés** : décrire séparément, aspects climatiques et systèmes de culture. La prise de décision reste l'expertise propre à chaque technicien qui peut privilégier soit des aspects économiques, ou environnementaux, ou d'organisation de chantiers....

Arguments, système plante climat parasite est trop complexe pour être décrit dans sa globalité. Pour réussir, il nous faut répondre à des questions précises, hiérarchiser les priorités. Axe de travail, une description du système de culture basé sur des règles et des modèles climatiques. La prise de décision est complexe et ne se résume pas à un seul calcul économique.

Les Premières Modèles : maladies des céréales

- **Modèle Epicure:** en 1983 **Epipre** testé Sud Ouest, résultats négatifs car absence de modélisation du climat. Epicure est une réécriture d'Epipre avec conseils équipe Zadock. Résultats corrects mais insuffisants, pas mieux que méthode classique. Refus des techniciens car il ne trouvent pas leur place dans un système qui pour eux appauvrit le raisonnement technique. Abandon trop rapide de ce concept.
- **Modèle POSYPRE :** **P**otentiel, **S**ymptômes, **P**révision, ensemble de règles qui décrit le système de culture et permet au technicien d'avoir un guide de raisonnement, les modèles climatiques (rouilles, piétin, septoriose) donnent la partie prévisionnelle. Public identifié technicien. Succès de cette démarche pour les modèles climatiques de tendance. Mais elle devient invalidante pour arriver à l'aide à la décision à la parcelle, l'interaction climat et système de culture est trop mal décrite.

Stratégie de Développement des Outils

Les différentes phases de la vie d'un modèle



Avant-projet



Conception



Validation



Utilisation

Avant-projet



Définition des objectifs il faut préciser les besoins du technicien futur utilisateur, analyser son cadre de travail, le futur outil doit intégrer les savoir faire pré-existants. Prévion des années à très haut risque.

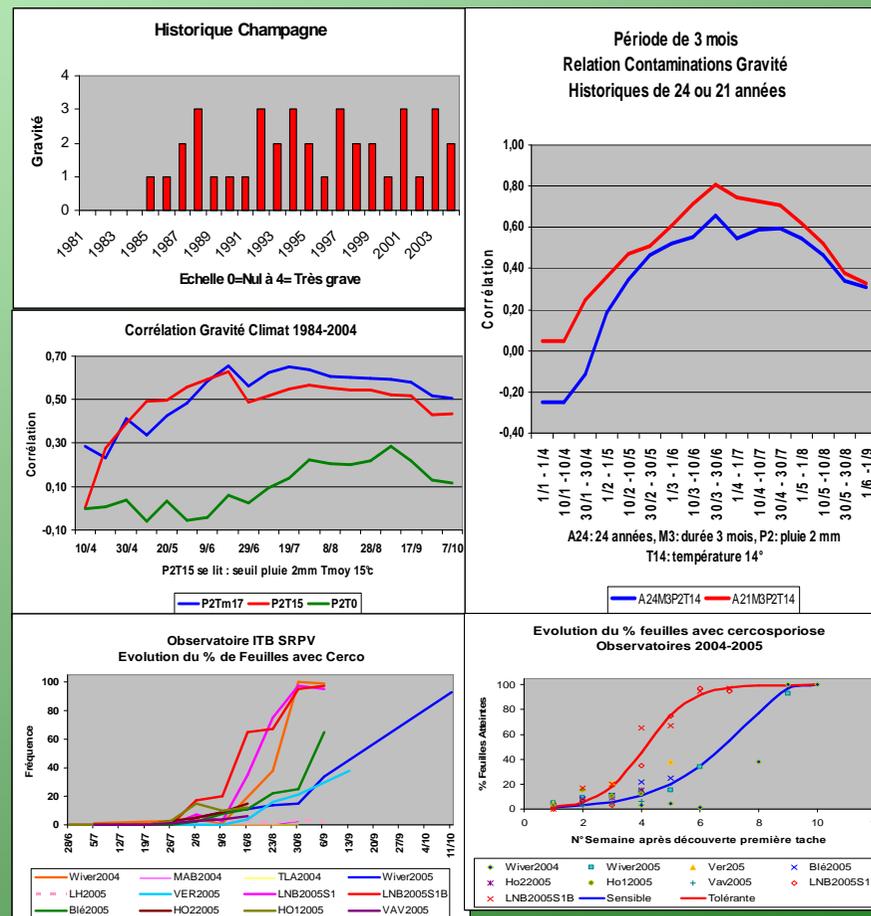


Recherche de références modèles théoriques et de recherche. Réunir les historiques, analyser l'influence des différents paramètres agronomiques et climatiques sur un éventail de situations le plus large possible....

Analyse Préliminaire

(Ex : Cercosporiose Betterave)

- Rassembler l'information historiques, suivi parcelles expérimentales, météo. Cerco ITB gravité Champagne, 1981-2005 Essais ITB Nord Est 12 situations**
- Première analyse , objectif vérifier faisabilité, rechercher les facteurs explicatifs les plus pertinents**
- Première description du système, objectif bien mesurer la complexité du modèle à mettre en œuvre. Définir les questions auxquelles il va essayer d'apporter une réponse.**

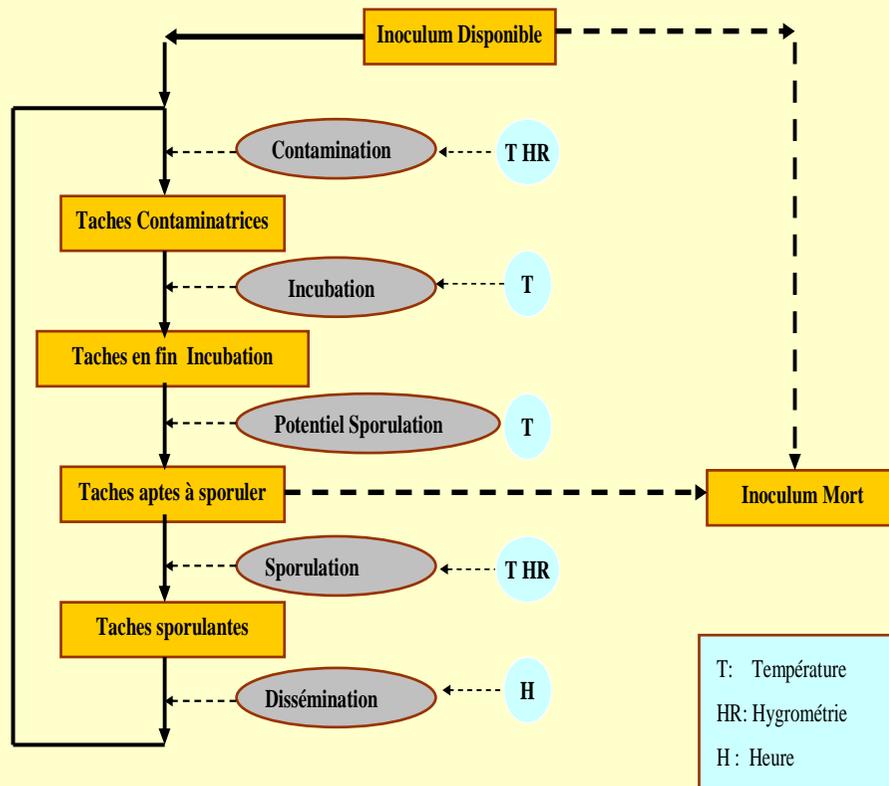


Conception du modèle

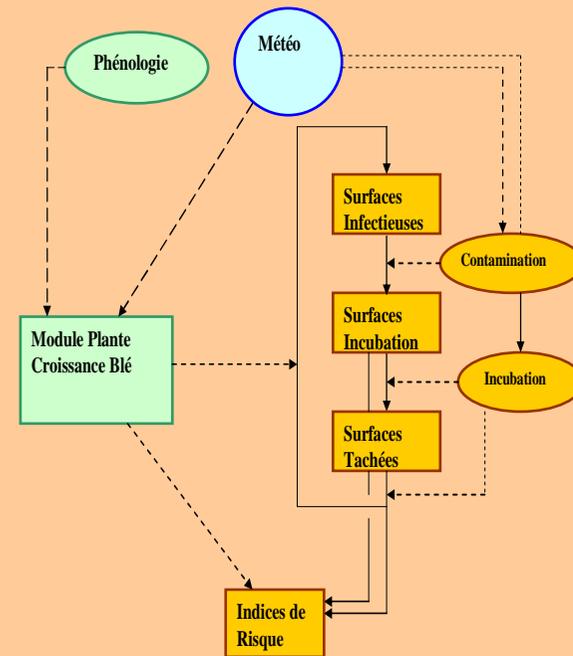
- 👍 **Démarche** : réaliser une ébauche et la confronter à la réalité. Améliorer par approches successives.
- 👍 **Fiabilité et Complexité** : la complexité d'un Agro-écosystème nous amène souvent à nous recentrer sur des objectifs précis et limités.
- 👍 **Robustesse et Précision** : robustesse qualité d'un modèle qui ne délivre pas d'information pouvant amener à des erreurs d'interprétations graves. Précision qualité d'un modèle qui discrimine des situations proches. Ces 2 notions sont souvent antinomiques.

Structure de quelques outils

MILVIT



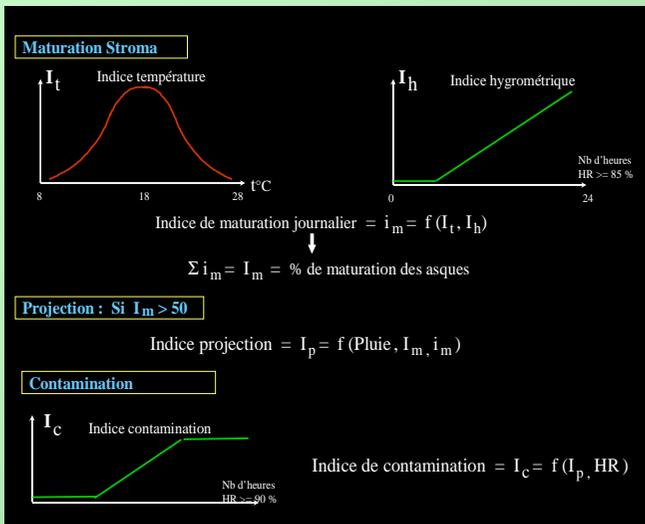
PRESEPT



Aide à la décision à la parcelle

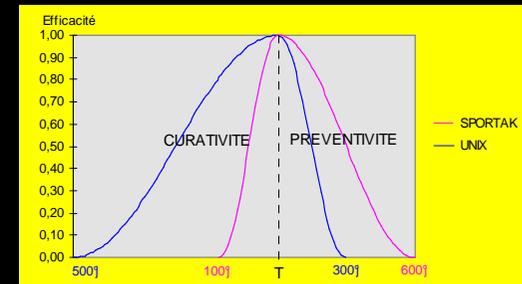
Modules

Climatique



Fongicide

Efficacité théorique = $(SN \text{ traitement} - SN \text{ témoin}) / SN \text{ témoin}$
 (Efficacité théorique * SN témoin) - SN témoin = SN traitement



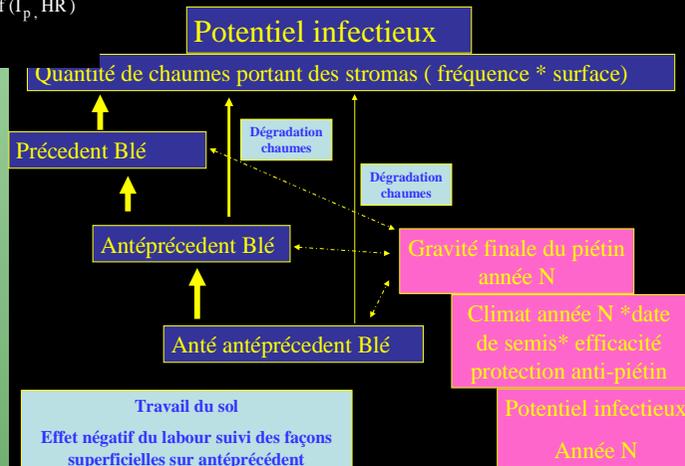
fficacité en SN pour un modèle qui calcule le nb de spot de mination -> noter nb de spots

Agronomique

Modèle

Piétin-Verse

TOP



Analyse

Mode d'action

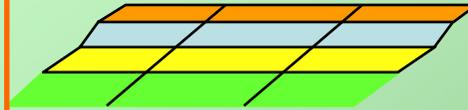
Matières Actives

SERVEUR

Modèles
Bases de données
Système Expert



Observations Isoriques

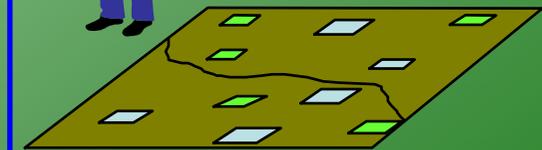
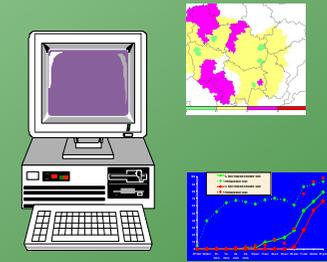


Stations
météo
automatiques

MILWEB

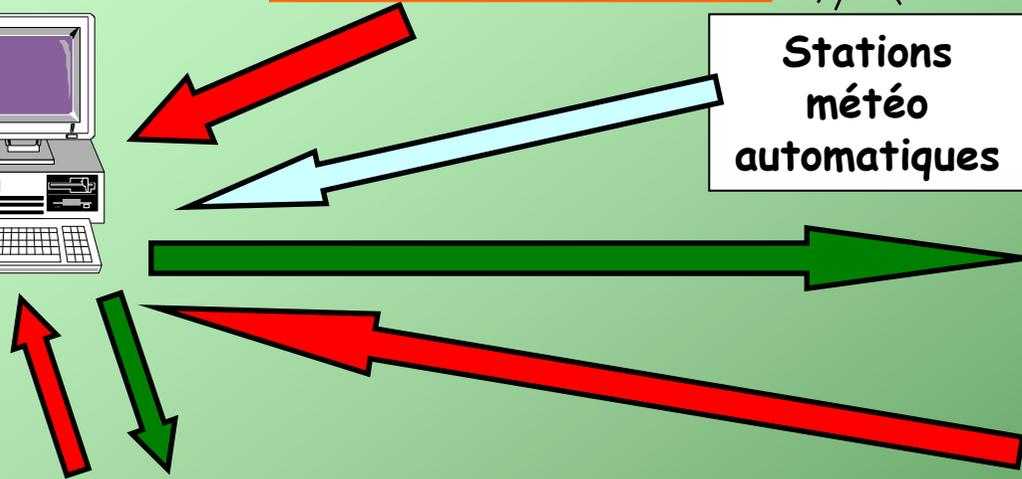
Systeme Communicant
Mildiou Pomme de Terre

Observation Technicien



Réseau d'Observation

Observation Exploitant

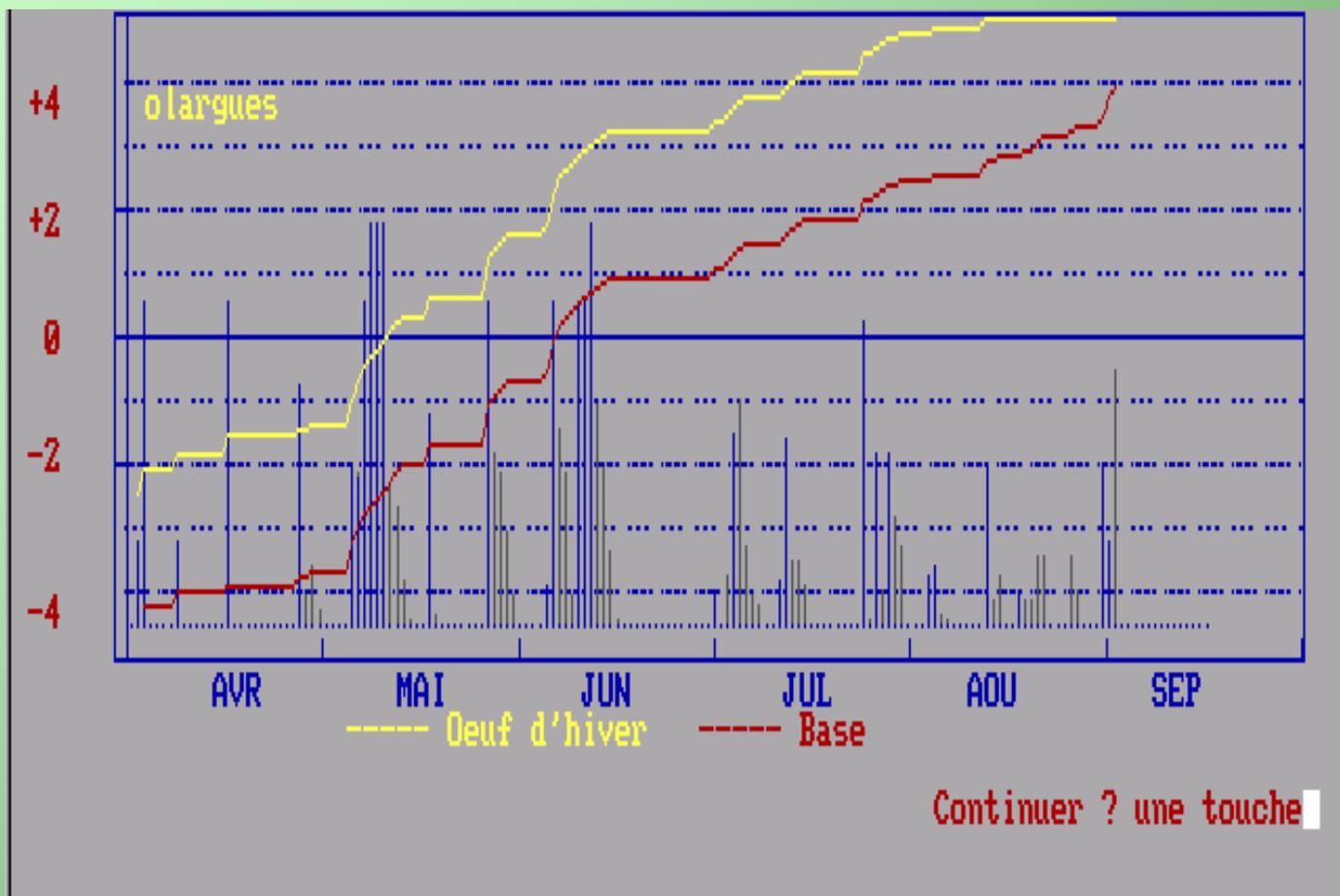


La validation

- 👍 **Phase la plus importante** : *elle conditionne la réussite du projet et demande des moyens importants.*
- 👍 **Validation technique** : *qualitative ou quantitative, elle permet de définir le domaine d'utilisation, les limites, les règles d'interprétation.*
- 👍 **Validation fonctionnelle** : *façon dont l'information est mise à disposition du technicien, présentation des écrans, graphiques, tableaux*

Une information Synthétique :

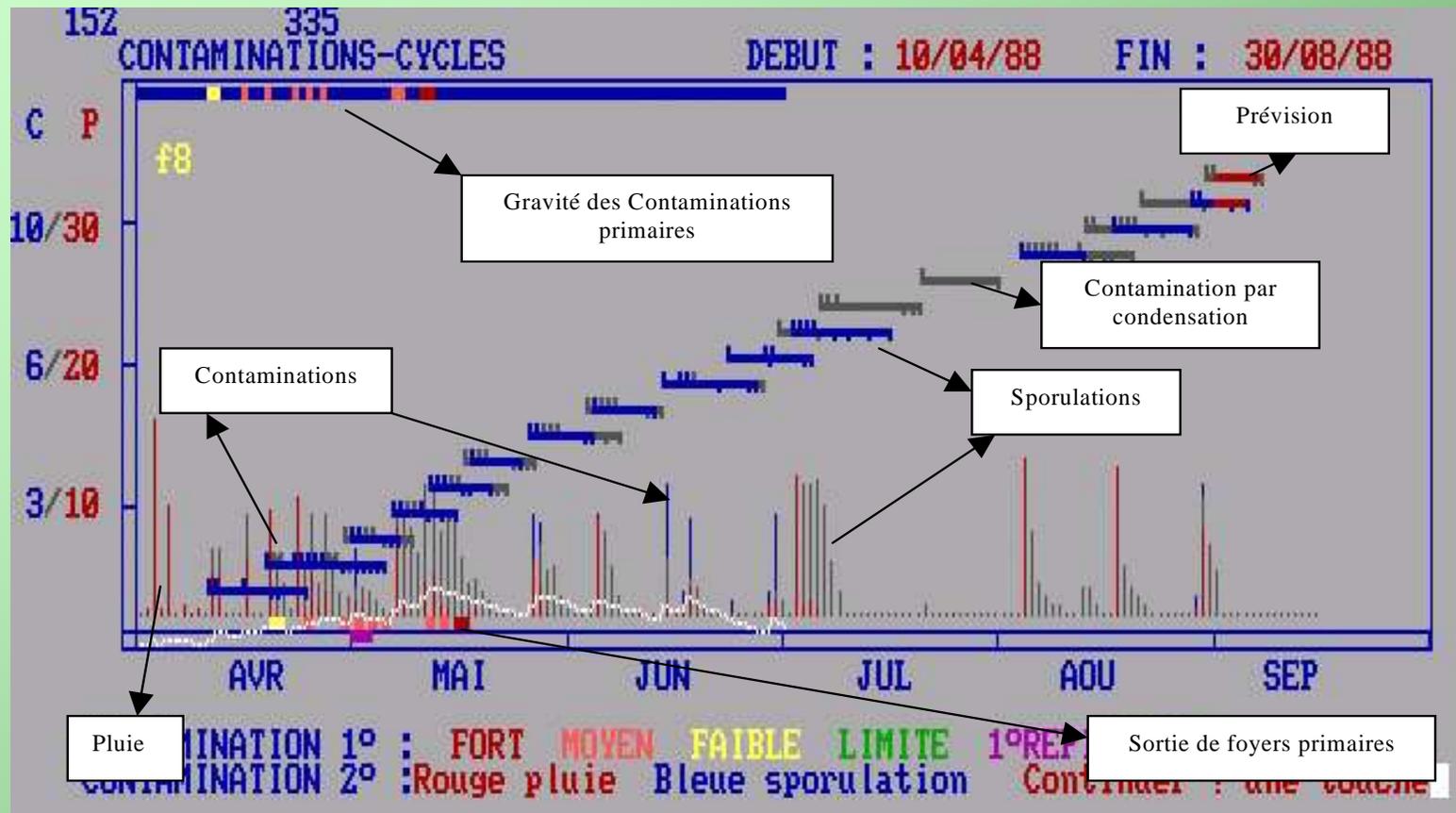
l'Indice de risque du modèle mildiou vigne



Une information plus analytique

Écran de synthèse réalisée à la demande de l'utilisateur

Sortie Modèle Mildiou Vigne



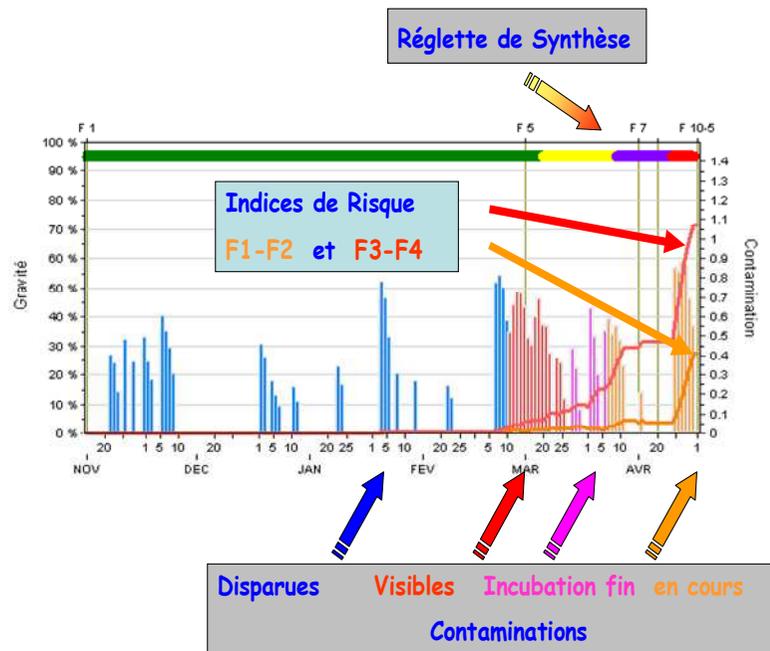
Graphique " Contaminations - Cycles " :

Barre bleue en haut rectangles couleurs : gravité des contaminations primaires théoriques. Bas : rectangles couleurs : sortie foyers primaires (rose : premiers repiquages). Histogramme rouge : pluie. Histogramme gris : sporulation

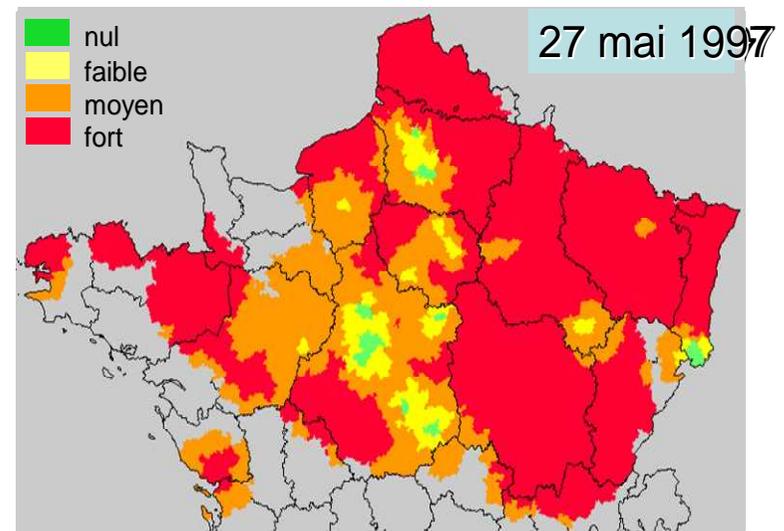
Cycle bleu : contamination par pluie. Cycle gris : contamination par hygrométrie. C. rouge : prévisionnel

Demandes des utilisateurs : le cas de Presept

Collaborer avec l'utilisateur pour redéfinir les écrans de sortie : cas de Présept



Spatialiser une information
Cartographie du risque septoriose du blé selon PRESEPT



Utilisation d'un modèle phytosanitaire

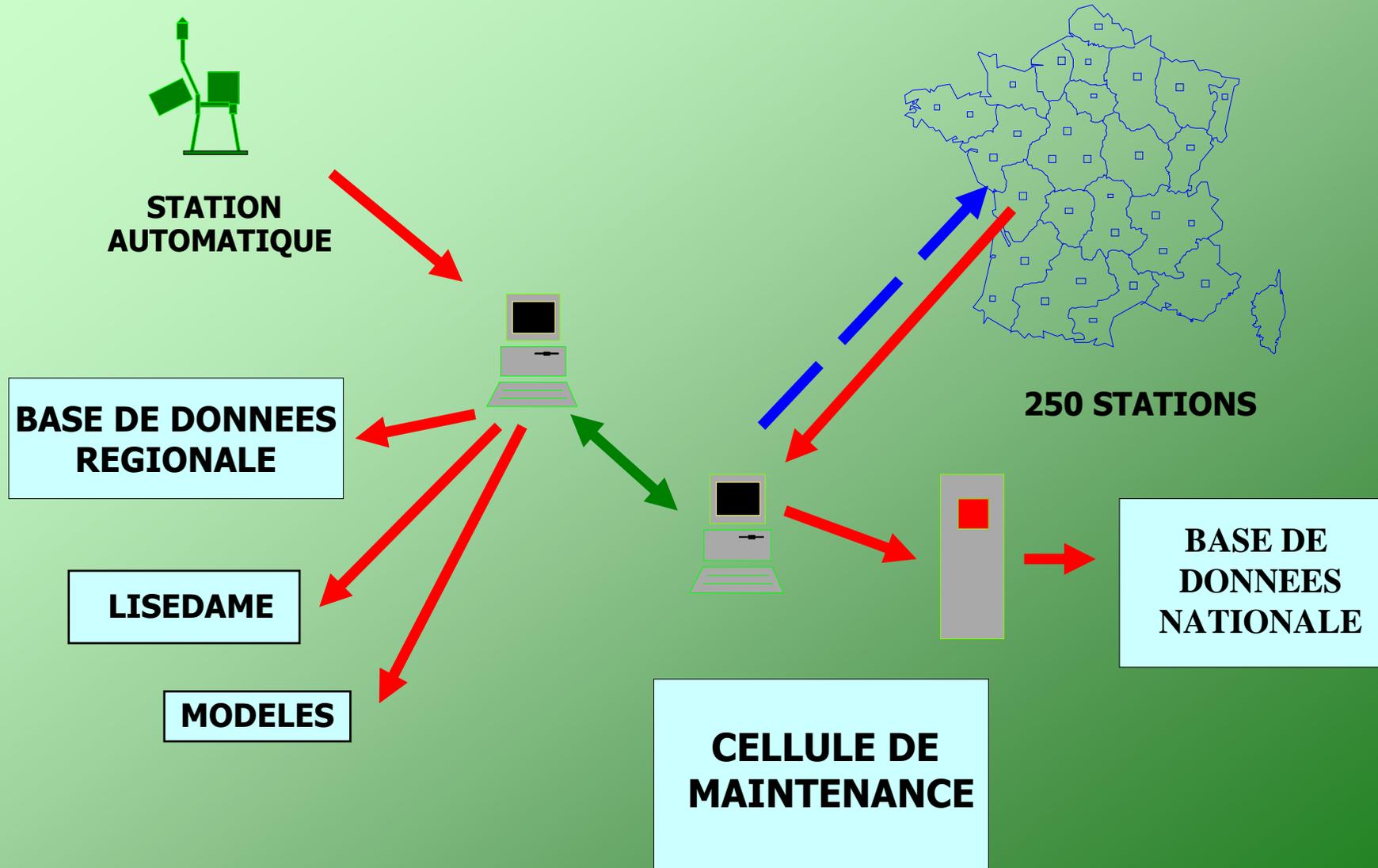
- ➡ **Formation** : *l'utilisateur doit prendre possession de l'outil, en connaître les limites, les règles d'interprétation, l'idéal serait que chaque utilisateur passe par sa propre phase de validation.*
- ➡ **Surveillance** : *un modèle doit être utilisé avec un esprit critique, ce n'est pas parce qu'il a donné satisfaction pendant 10 ans que cela sera toujours le cas.*
- ➡ **Un Outil** : *c'est un outil au même titre que l'observation ou tout autre méthode permettant d'évaluer une situation sanitaire.*

La logistique : logiciels et réseau météo

La filière Agrométéorologique des Srpv

REGION

21 REGIONS



Vie d'un modèle

Presept

- **Episet** : 1976 (Rapilly, Jolivet)
Modèle de recherche.
- **ATP Septo** :1984 (Rapilly, Rouzet)
Gradient, sénescence, nuisibilité,
historiques, seuils...
- **Présept** : 1988 (Rouzet, Rapilly)
Conception, modèle de terrain.
- **Validation** : 1990-1992 (Murer,
Le Hénaff, Stop, Couleaud)
Srpv, Arvalis, In Vivo.....
- **Utilisation** : 1991-2007, erreur
1995, aide parcelle In Vivo 1996,
strobilurine 1997,pro-plant 1999,
année 2000, variétés résistantes
2002, Triticum 2004, forçage et
projet Arvalis 2008?

CarpPoM

- **Tordeuses** : 1978 (Touzeau), pour
Lobesia et Cydia.
- **Validation** : 1984 (Srpv), faible intérêt
peu de problèmes carpo sur le terrain.
- **Refonte** : 1990, résistances Sud-Est,
fort intérêt, utilisation en routine,
prévisionnel.
- **Travaux complémentaires** : phase
hivernale (Martinet,1995), confusion
sexuelle (Srpv, Ctifl, CA Sud-Est...),
programmes combinés confusion-
chimique.
- **Nouvel Outil** : biofix remplacé par
modèle hivernal, logiciel (Diraison,
Roubal 2005), populations S et R,
modèle Inra, fusion modèles?

Modèles Arboriculture 2006



Carpocapse pomme	Touzeau (1978) Rouzet Roubal Martinet (1992)	Routine, phénologique
Carpocapse prune	Touzeau (1978) Laffargue (1994)	Routine, phénologique
Tordeuse orientale du Pêcher	Touzeau (1978) Rouzet Jeay, Payen (1992)	Validation, phénologique
Mouche de l'Olive	Régis (1994)	Routine, phénologique
Thrips Californien	Rouzet, CA Gard (1998)	Méthode de lutte
Tavelure pommier	Lagarde (1984), Bourgoin (1993)	Routine, projection, contamination
Feu bactérien	Larue (1988)	Routine, Surveillance
Tavelure arbres à noyau	Jacquin (2002), Breniaux, Ensaia Nancy	Conception
Cylindrosporiose	Rouillé, Cathala (1998)	Méthode de lutte

Modèles grandes Cultures



Rouille brune du Blé	De la Rocque, Benizri (1991)	Spirouil, Epure, Routine
Piétin verse du Blé	Delos, Le Hénaff (1993)	Top, Routine
Septoriose du blé	Rapilly (1976), Rouzet (1988)	Presept, Routine
Rouille jaune du Blé	Rouzet, Poppe, Sache (1994)	Yello, Routine
Fusariose des Epis	Rouzet, Faure (2004)	Conception
Maladies des Orges	Rouzet, Barrault (1995)	Non utilisé
Phomopsis du Tournesol	Delos, Projetti, Moinard (1988)	Asphodel, Routine
Sclerotinia du Colza	Souliac, Huguet, Jacquin (1988)	2 modèles, Routine
Sésamie du Maïs	Le Gatt (1989)	Routine
Pyrale Maïs	Delos, Weissenberger, Rouzet	Univoltin, Bivoltin refonte
Diabrotica	Rouzet, Reynaud, Delos	Routine, phénologique

Modèles Viticulture



Mildiou	Magnien, Jacquin (1991) Rouzet, Weber (1993) Rouzet, Magnien (2002)	Milvit, Routine Milstop, Routine Œufs d'hiver, Conception
Oïdium	Weber, Rouzet (1995) Magnien, Rouzet (2003) Collaborateurs (2006)	SOV Languedoc, Routine SOV Bourgogne, Validation (2°) Vignobles Ouest, Validation
Botrytis	Stryzik (1981) Bourreau (1988) Inra Bordeaux Fermaud	Epi Botytis, Non utilisé Arrêt, Non validé Collaboration souhaitée par Srpv
Eudémis	Touzeau (1978) Le Gatt, Bova, Speich (1988)	Eva, Lob Routine, phénologique
Cochylis	Magnien (2003)	Bourgogne, Routine Autres régions, Validation

Cultures légumières



Mildiou Pomme de Terre	Lechapt (1986) Duvauchelle (1990) Dubois (2000))	Guntz-Divoux, début Milsol, renouvellement Milpv, système expert Milweb, outil communicant
Mildiou Oignon	Monnet (2001)	Routine, Risque, gestion des traitements
Mildiou melon	Rouzet, Mercy, Dours	Milmel, appui à l'observation
Mildiou laitue	Rouzet (2000)	Résidus dithio, Collaboration?
Septoriose Céleri	Paitier (1983)	Contamination, incubation
Mouches Chou Carotte, Oignon	Szilvazy, Jacquin (2002)	Adaptation modèle allemand SWAT
Thrips poireau	Szilvazy, Jacquin (2002)	Routine, Risque, Cycles, gestion des traitements

Bilan : Les objectifs du Ministère

- Respecter le consommateur
- Respecter l'applicateur
- Respecter l'environnement
- dans le cadre d'une agriculture viable



Réduire les intrants

Le Bilan: aspects +

- **Les modèles mathématiques** sont maintenant utilisés en pratique courante par les techniciens, ils complètent utilement l'information donnée par l'observation. Frantz Rappilly de l'Inra Versailles a été l'initiateur de cette approche.
- **Meilleure analyse** des besoins du technicien, du raisonnement technique et du fonctionnement Agroécosystème.
- **Modèles climatiques et Modèles de tendance** mis au point au niveau de la petite région agricole ils répondent à la principale question posée par le technicien, le typage de l'année, risque fort...
- **Mise en phase des différents acteurs**, agriculteurs, techniciens de terrain, concepteurs, climatologues, développeurs....

Le Bilan : mitigé

- **Couverture des besoins**, partielle, avec 30 thèmes étudiés dont 15 outils utilisés en grande routine, on est loin du compte...
- **Aide à la décision à la parcelle**, ce sont les débuts, peu d'outils on encore fait leurs preuves.
- **Conception des outils**, un début de savoir-faire, mais des insuffisances sur la complexité et sur les aspects mathématiques.
- **Public visé**, les modèles actuels sont destinés à des techniciens, la demande des exploitants n'a pas été réellement prise en compte.

Le Bilan : à améliorer

- **Absence d'outils généraliste** décrivant la variabilité des situations observées sur le terrain, comment modéliser ce que l'on ne sait pas bien décrire?
- **Pas de logiciels généralistes** en protection des plantes pouvant servir d'appui à la création de modèles sur un couple hôte-parasite, ce qu'est STICS pour la relation agronomie-climatologie.
- **Difficultés pour intégrer** sur des modèles à base climatique des modules agronomiques, économiques, environnementaux, action des produits....
- **Méconnaissance**, des difficultés et des contraintes rencontrées par les conseillers phytosanitaires de terrain, dès lors, comment répondre à une demande que l'on connaît mal?

Des Progrès....

- **Mildiou Vigne** : Forte utilisation des modèles depuis 1988. Languedoc en 2003 et 2006, de 1 à 3 traitements, année moyenne 6-7 traitements, années à risque jusqu'à 12-14.
- **Carpocapse des pommes** : Forte utilisation des modèles depuis 1994, en 1992 avec résistances de 12 à 14 traitements T+, en 1996 de 6 à 7 organophosphorés, en 2005 en combinant confusion et modèles nous conseillons de 1 à 3 T+.

Mais....

Nos outils restent encore très imparfaits et doivent être améliorés. Réduire les Intrants c'est aussi travailler sur les conditions de culture.... variétés , fumure, itinéraires, rotations.... et ce sont aussi des questions liées à des problèmes économiques et humains....

Merci pour votre attention