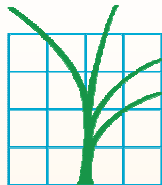


Ctifl

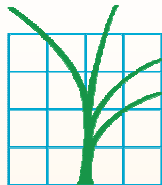


Modèles de prévision des risques de mildiou laitue au Ctifl

Simon CLARA - Ctifl



Ctifl



Plan

Contexte

Objectifs de la modélisation

Processus de modélisation

Étude des modèles

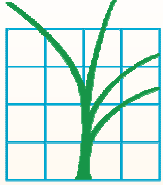
Conclusions des essais 2007

Conclusion générale

Questions



Ctifl



Contexte

Objectifs de la modélisation

Processus de modélisation

Étude des modèles

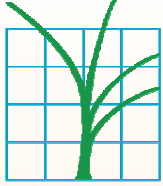
Conclusions des essais 2007

Conclusion générale

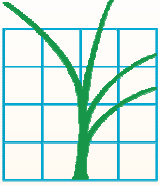
Questions



Ctifl



Ctifl



La laitue

France 3ème producteur européen de laitue

**5 grands bassins de production,
principalement sud**

**Production en serre & en plein-champ,
toute l'année**

Culture très courte en été





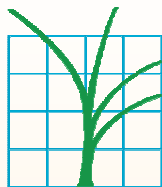


154 112190
Elate
14.25
B1

154 112190
Elate
14.25
B1



Ctifl



Le mildiou de la laitue

Bremia lactucae Regel



Champignon disséminé par le vent

Attaque les feuilles

Taches décolorées délimitées par nervures

Feutrage blanc face inférieure

Feuilles flétrissent



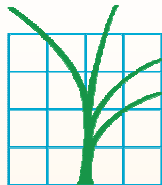
**Symptômes peuvent exploser
en l'espace d'une nuit**



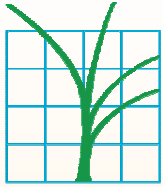
Peut amener à la destruction de la parcelle



Ctifl



Ctifl



Méthodes de lutte génétique



**Différentes races de mildiou répertoriées (1 à 25)
en relation avec génotypes de laitue**

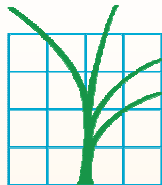
**Variétés résistantes à tout ou partie
des races connues**



**Pb :
toujours de nvx contournements de résistance**



Ctifl



Méthodes de lutte prophylaxie

Limiter le stock de maladie :

Séparer pépinières et cultures en place

Gérer les résidus de culture

Raisonner la rotation

Pas replanter de laitue sur une culture atteinte

Éviter l'excès d'humidité :

Horaires d'arrosage

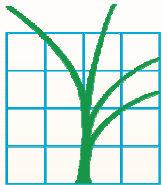
(matin pour permettre une séchage rapide)

Aération

Densité de plantation



Ctifl



Méthodes de lutte méthodes alternatives



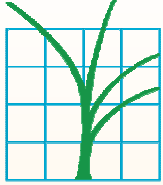
Protection avec des produits naturels
pas de résultats probants



Biodésinfection
pas de résultats probants



Ctifl



Méthodes de lutte

lutte chimique



Traitements systématiques chez les producteurs
Environnement, économies, santé humaine
→ raisonner

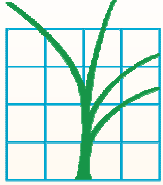


Pas de produit curatif, uniquement préventifs
Culture courte, 6 semaines en été
LMR & DAR

→ Créneau difficile pour réduire nb traitements



Ctifl



Contexte

Objectifs de la modélisation

Processus de modélisation

Étude des modèles

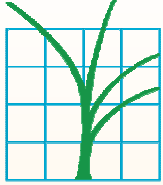
Conclusions des essais 2007

Conclusion générale

Questions



Ctifl



Objectifs de la modélisation

Demande des stations régionales

Mieux cerner la biologie du champignon

→ mieux positionner les traitements

- **Gagner en efficacité**
- **Ne pas rater de traitement en cas de forte pression**
- **Gagner 1 traitement**

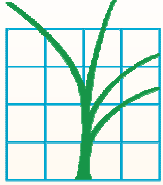
Justifier les traitements (contrôles)

A terme, fournir un modèle

utilisable par des producteurs ou des techniciens d'OP pour positionner les traitements



Ctifl



Contexte

Objectifs de la modélisation

Processus de modélisation

Étude des modèles

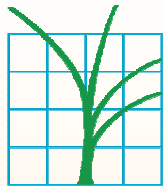
Conclusions des essais 2007

Conclusion générale

Questions



Ctifl



Processus de modélisation



Montage grp de travail

Bibliographie

Proposition de modèles

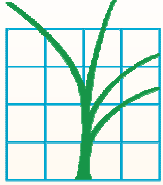
Écriture des modèles

Mise à disposition

Validation



Ctifl



Grp de travail mildiou laitue



Monté en 2006 - 2007

Composition

Ingénieur technique Ctifl

Animation grp + expé Ctifl

Ingénieur informaticien Ctifl

Dev informatique

Ingénieurs techniques Sileban & Serail

À l'origine de la demande

Ingénieur INRA Montfavet

Expertise scientifique *Bremia*

Rôles

Mise au point des modèles

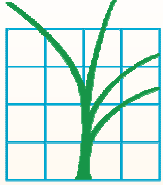
(Acquisition de données biologiques)

Essais de validation des modèles

Essais stratégies de traitement avec les modèles



Ctifl



Bibliographie



Recherche de tout élément servant à comprendre la biologie du champignon

De manière qualitative

Comment se décompose le cycle ?

Qu'est-ce qui influe sur le cycle ?

De manière quantitative

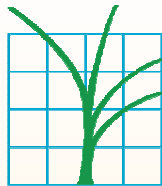
« Combien d'heures à quelle température ? »

Synthèse au sein d'un doc de base

→ proposition d'un modèle



Ctifl



Propositions de modèles



Propositions au grp de travail pour acceptation

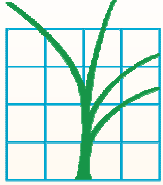


2 modèles

- **Bremcast**
- « **biologique** »



Ctifl



Écriture des calculateurs



Sous XLS

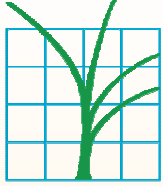
Découpage pas en fonctions, ni en classes, mais en feuilles XLS



Pas de macro VB, tout en fonctions XLS



Ctifl



Écriture des calculateurs avantages / inconvénients de la programmation XLS

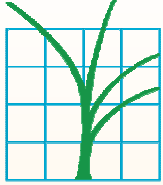


Avantages

- **Outil simple à maîtriser pour les fonctions de base**
- **Outil puissant aux nombreuses fonctionnalités**
- **Tests simples et immédiats (copier/coller de jeux de données)**
- **Sorties graphiques simples à produire**



Ctifl



Écriture des calculateurs avantages / inconvénients de la programmation XLS

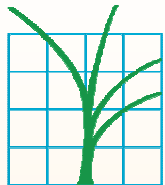


Inconvénients

- **Vitesse d'exécution**
- **Poids des fichiers**
- **Commentaires moins lisibles**
- **Réutilisabilité du code**
 - + difficile à mettre en place
 - complète



Ctifl



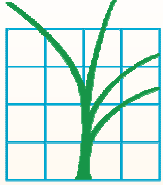
Mise à disposition

Inscription des calculateurs dans le serveur de modèles Inoki

Paramétrage des comptes d'accès



Ctifi



Mise à disposition présentation de Inoki

Inoki = serveur de modèles

**Plateforme informatique de mise à disposition
& de consultation de calculateurs sur extranet**

Contient BDD sur

Modèles & paramètres

Utilisateurs & droits d'accès

Parcellaire & interventions culturales

**Interroge, à la demande ou de manière planifiée, les
calculateurs (XLS ou dll)**

Interfacée avec BDD météo Celsius

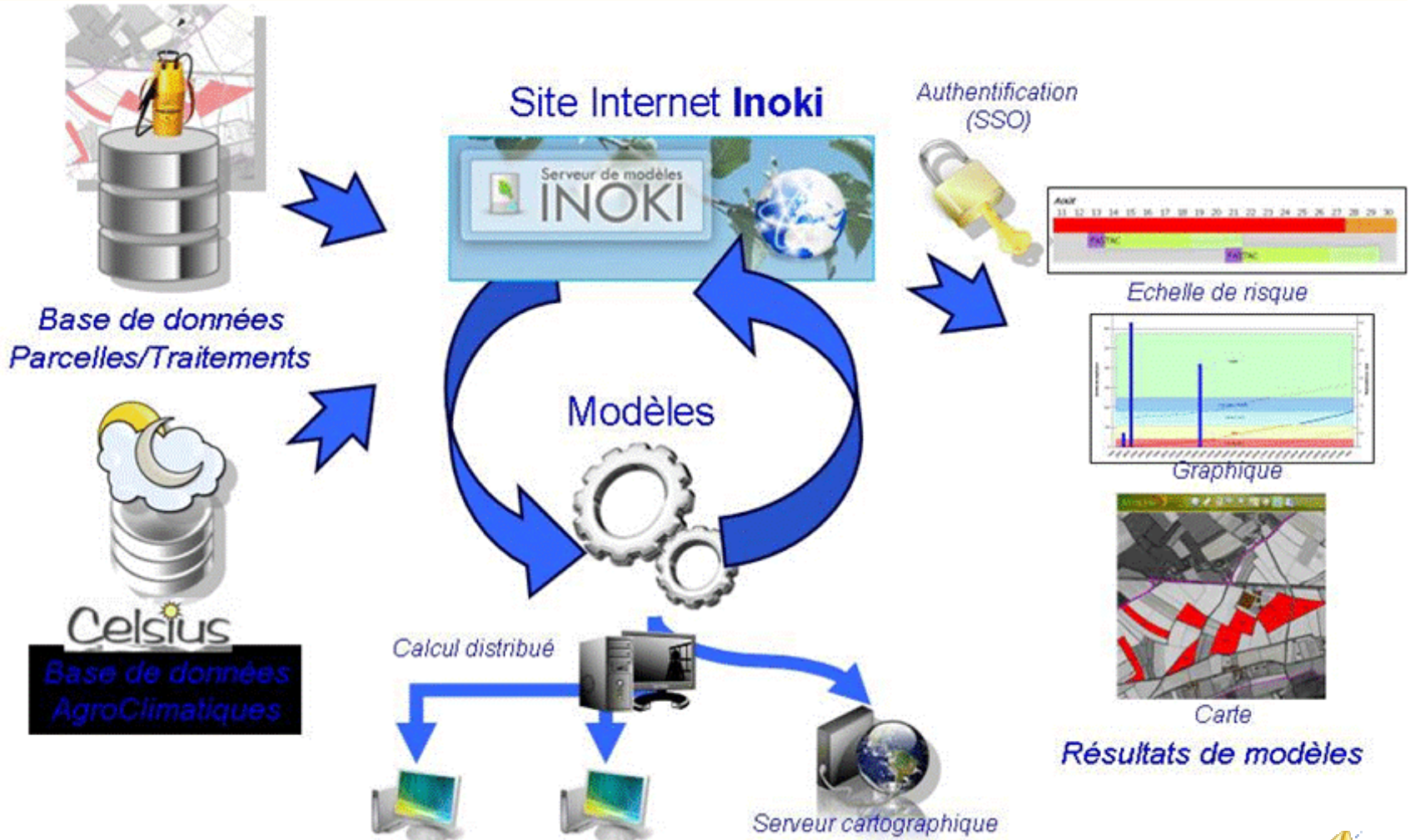
**Interface d'administration permet d'ajouter rapidement un
calculateur**

**Site extranet intégré à un SSO permet de suivre au jour le
jour le résultat des modèles pour ses parcelles**

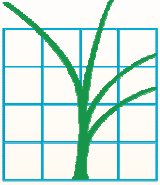




Mise à disposition présentation de Inoki



Ctifl



Validation



Pas d'étude de sensibilité

Pas de recalcul des paramètres biologiques en 2007

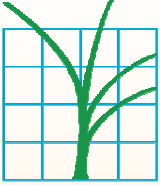


Essais de validation + stratégie

- **Notations plantes atteintes 1 fois / semaine**
- **Traitements selon stratégies modèles**
- **A la récolte, notations plantes atteintes
+ feuilles atteintes + intensité dégâts
+ poids laitues**



Ctifl



Contexte

Objectifs de la modélisation

Processus de modélisation

Étude des modèles

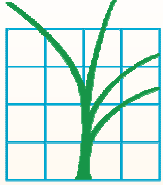
Conclusions des essais 2007

Conclusion générale

Questions



Ctifi



Etude des modèles



Biologie simplifiée de la biologie du *Bremia*

Modèle Bremcast

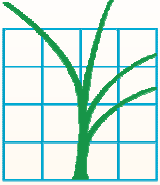
Modèle biologique

Tentative de recalage du modèle

Comparaison de 2 modèles



Ctifl



Etude des modèles

Biologie simplifiée de la biologie du *Bremia*

Modèle Bremcast

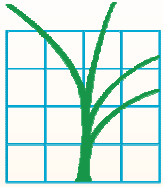
Modèle biologique

Tentative de recalage du modèle

Comparaison de 2 modèles



Ctifl



Etude simplifiée de la biologie du *Bremia*

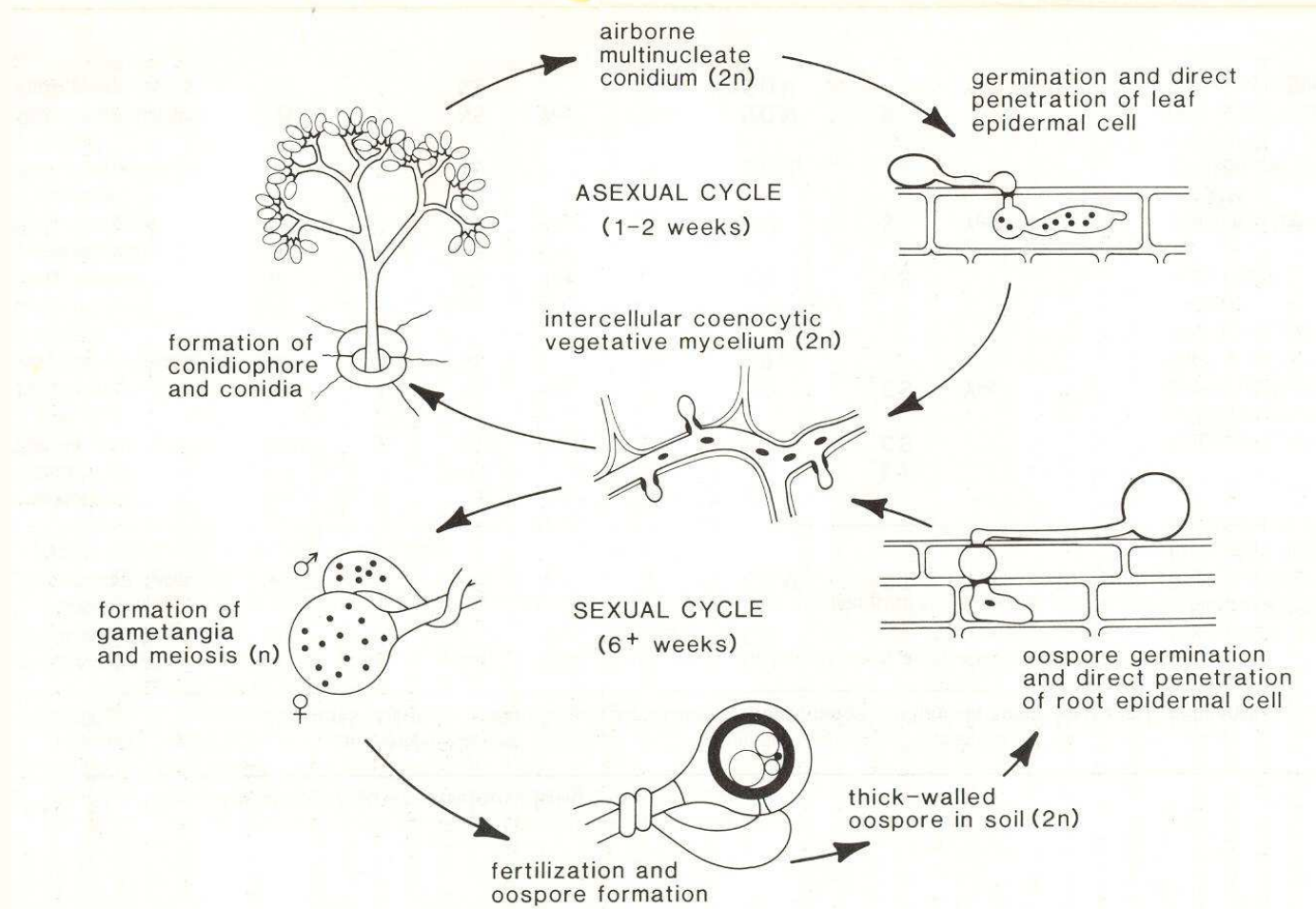
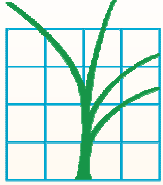


Fig. 1. Lifecycle of *Bremia lactucae*.



Ctifl



Etude simplifiée de la biologie du *Bremia*



Sporulation durant la nuit, avec RH important et sans vent

Libération des spores au matin

Spores tuées si trop chaud ou trop de soleil

**Infection secondaire le matin
si pas trop chaud et feuilles humectées**

Nv mycélium survit si pas trop chaud

Pas de données sur la latence. 1 à 2 semaines

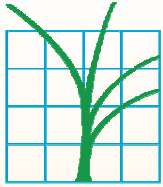
Pas de données sur cycle hivernal



Spores voyagent plusieurs kilomètres dans l'air



Ctifl



Etude des modèles

Biologie simplifiée de la biologie du Bremia

Modèle Bremcast

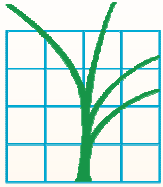
Modèle biologique

Tentative de recalage du modèle

Comparaison de 2 modèles



Ctifl



Modèle Bremcast

Développé au Québec (A.J. Kushalappa)

Entrées météo horaires : T°, HR, humectation

3 périodes : nuit / matin / jour

3 indices

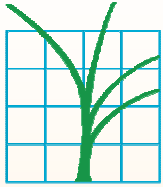
- INOCS = présence d'inoculum
- SPOV = sporulation
- INFV = infection

→ DSV = pression de la maladie

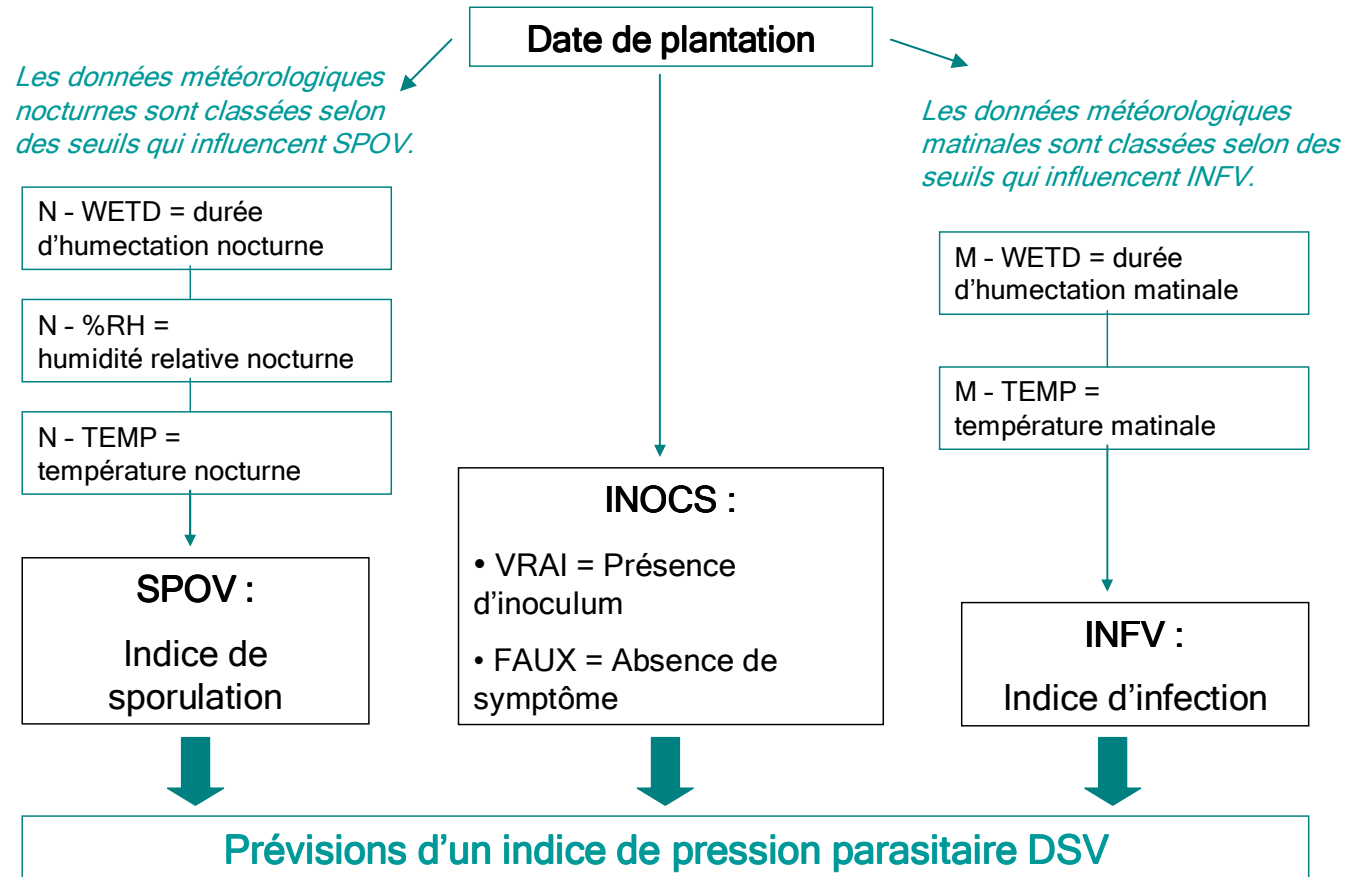
Stratégies traitement basées sur cumul DSV

Existe en version logicielle, utilisée plusieurs années par Sileban & Serail mais peu ergonomique

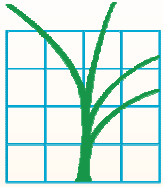




Modèle Bremcast schéma



Ctifl



Modèle Bremcast INOCS

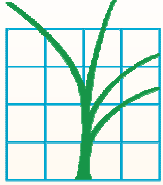
INOCulum Source

= indice de présence / absence d'inoculum
sur la parcelle (O/N)

Suppose des passages rapprochés sur les
parcelles
ou une bonne estimation (a posteriori !)



Ctifl



Modèle Bremcast SPOV



SPOrulation Value

= indice d'importance de la sporulation
de conidies durant la nuit

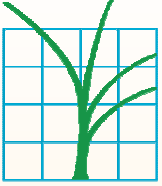
Valeur entre 0 et 3

Dépend de

- RH moy nocturne
- Durée humectation nocturne
- $\sum T^{\circ}$ nocturne



Ctifl



Modèle Bremcast INFV



INFection Value

= indice d'importance de l'infection des hôtes secondaires par des spores durant la matinée

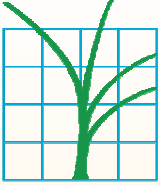
Valeur entre 0 et 5

Dépend de

- Durée d'humectation matinale
- T° moy durant cette humectation



Ctifl



Modèle Bremcast

DSV & CDSV



Disease Severity Value

= pression de maladie, pour 1 jour donné

Valeur entre 0 et 5

**Croisement « empirique »
de INOCS, SPOV & INFV**



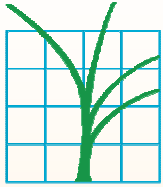
Cumulated DSV = cumul journalier DSV

Utilisé pour caler stratégies traitements

Tous 5, 10, 15 pts



Ctifl

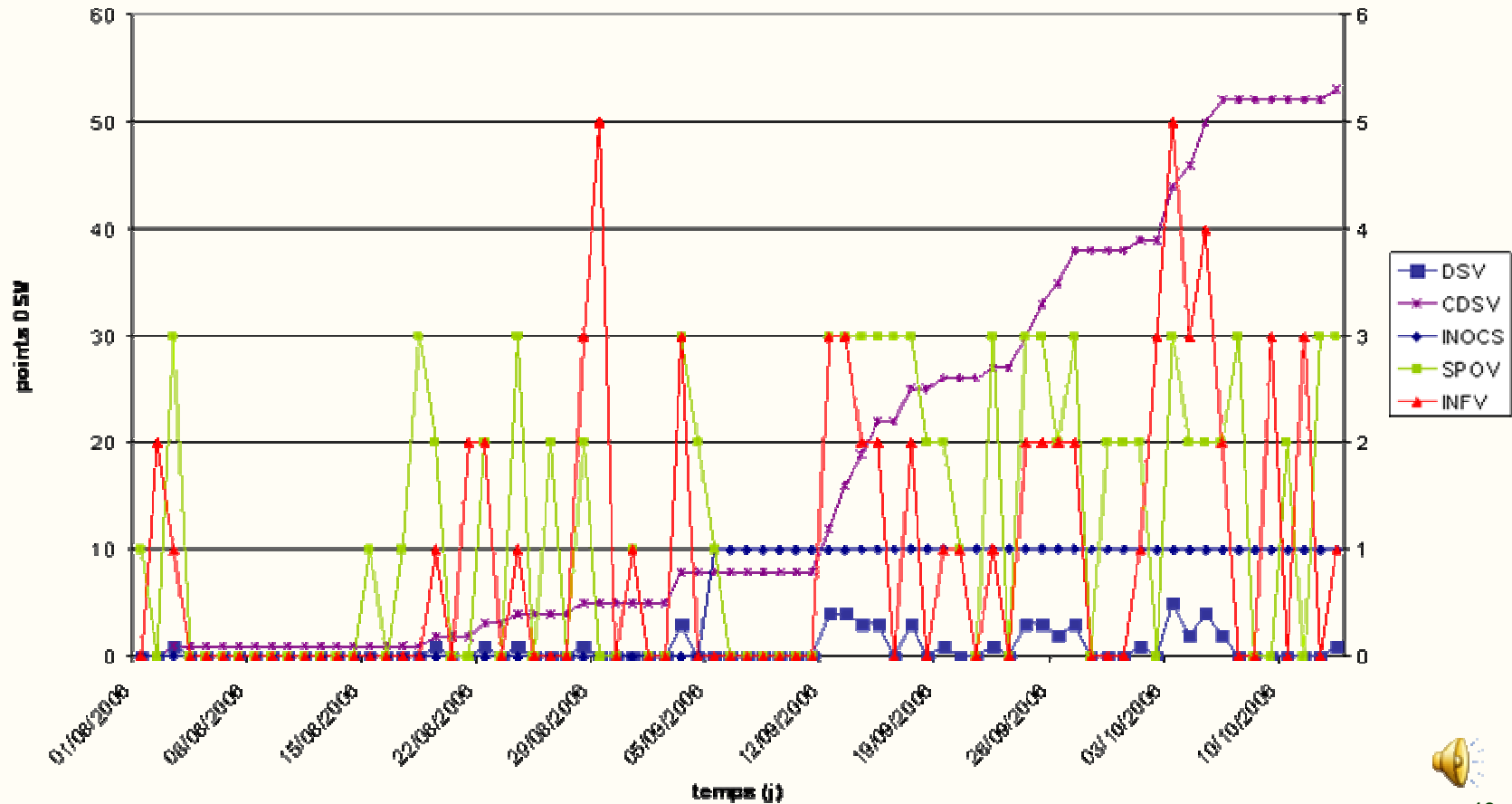


Modèle Bremcast

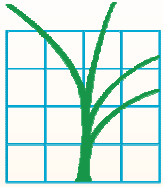
sorties



BREMCAST



Ctifl



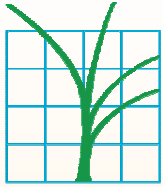
Modèle Bremcast techniquement



Cf. XLS



Ctifi



Modèle Bremcast limites



Qu'est-ce qui justifie les choix faits dans les tables de décision ?

Comment améliorer le modèle ?

Part du principe qu'il y a toujours tous les stades du champignon en même temps

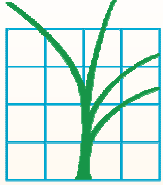
Vrai au bout de quelques stades mais sûrement pas au début



→ Volonté de créer un autre modèle qui suivrait plus la biologie du champignon



Ctifl



Etude des modèles

Biologie simplifiée de la biologie du Bremia

Modèle Bremcast

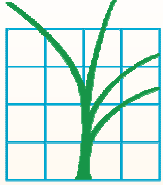
Modèle biologique

Tentative de recalage du modèle

Comparaison de 2 modèles



Ctifl



Modèle biologique



Modèle qualitatif

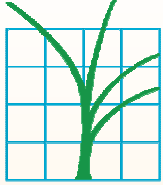
On tente de montrer l'évolution des cycles et des stades :

« Nous avons eu x cycles de mildiou depuis la plantation et une majeure partie de la maladie se trouve au stade s »

Entrées météo horaires : T° , HR, humectation, Rg



Ctifl



Modèle biologique démarche

On interprète la biblio en construisant les équations les + simples possibles

On teste le modèle

On interprète les résultats

À quels endroits ça ne marche pas bien ?

On rectifie le modèle en améliorant les équations

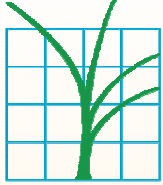
Nécessite

D'analyser en détail les jeux de données des essais

D'avoir mesuré les données nécessaires pour savoir ce qui ne marche pas bien



Ctifl



Modèle biologique

conditions de sporulation

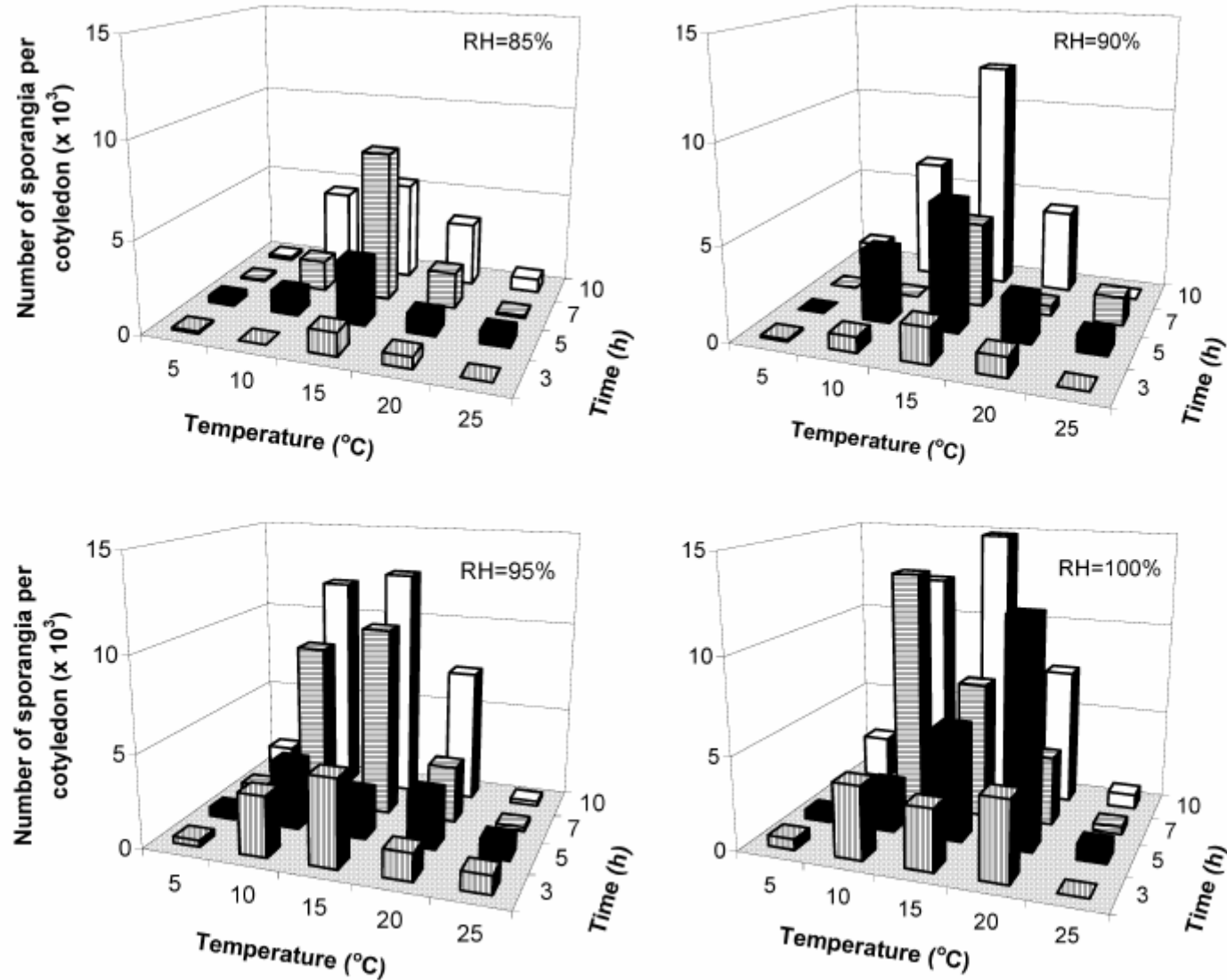
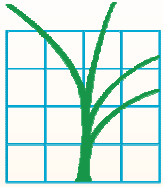


Fig. 1. Effects of temperature and relative humidity (RH) on the production of sporangia by *Bremia lactucae* on lettuce cotyledons after exposure times of 3, 5, 7, and 10 h in darkness. Data are the means of two experiments, each with 100 cotyledons per treatment.



Ctifl



Modèle biologique

conditions de sporulation



« équation » dégradée :

Pendant 3 H :

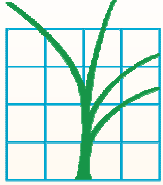
$$8^{\circ}\text{C} < T^{\circ} < 25^{\circ}\text{C}$$

$$\text{RH} > 80\%$$

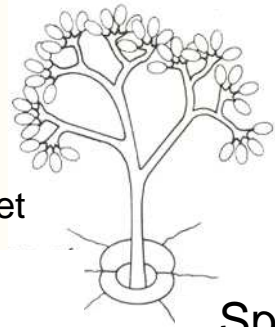
→ Nouvelles spores cette nuit là



Ctifl



conidiophore et conidies



Modèle biologique cycle de développement

RH < 94%
Rg > 3 J/cm²

Sporulation → Libération des spores

T < 31°C
RG max < 1000 J/cm²
= 1 jour survie

Mini. 3 h {
nuit
8 < T < 25°C
RH > 80%

Latence

Survie des spores

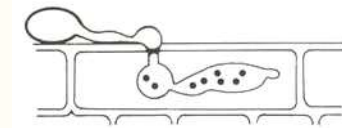
T < 20°C
Hum > 20 min/h

10 j

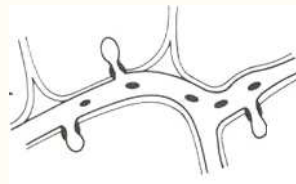
Mini. 3 h

Post-pénétration ← Infection

T < 22°C
Mini. 4 h



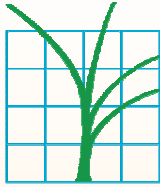
germination et pénétration dans la feuille



mycélium intercellulaire

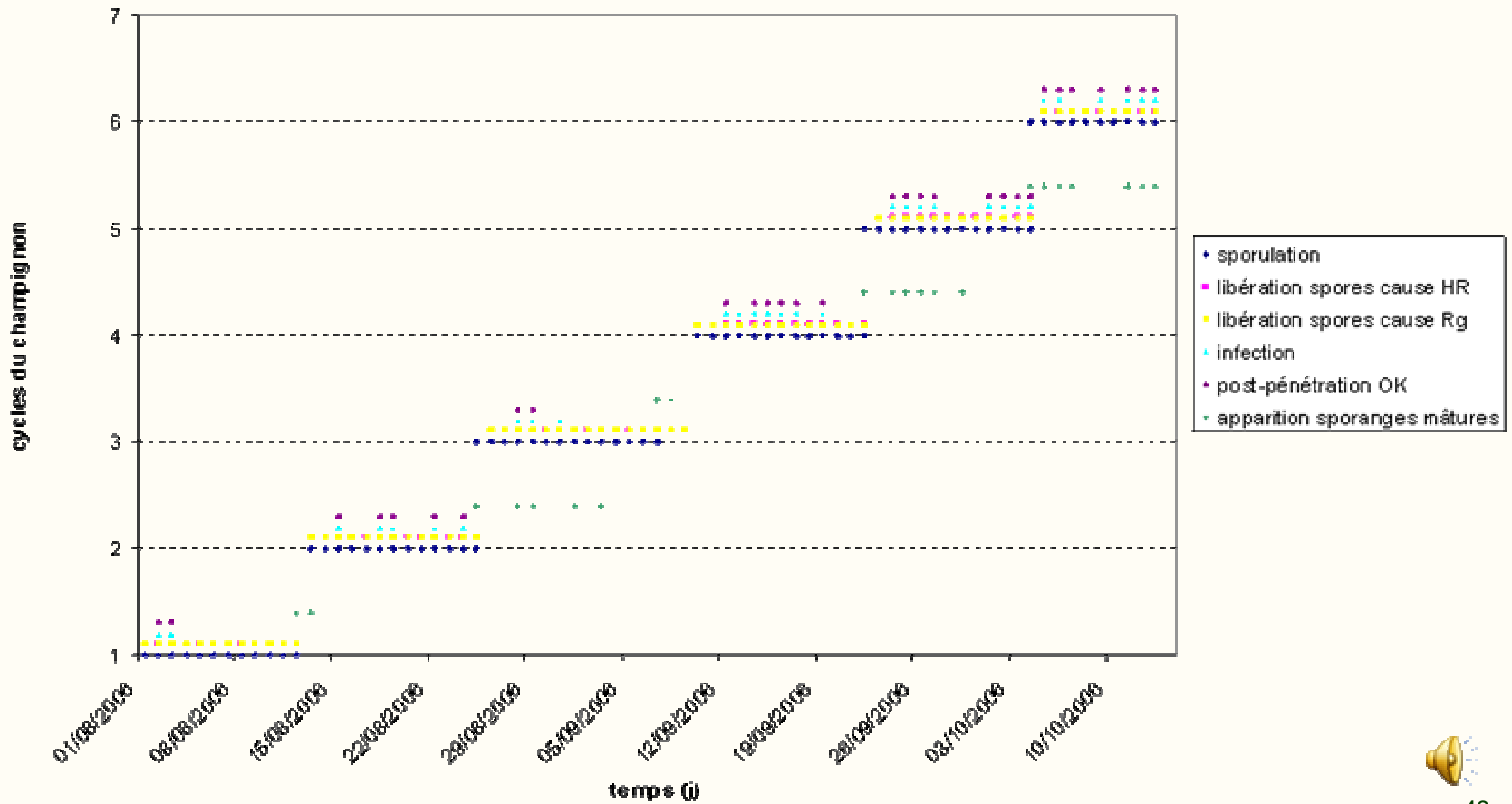


Ctifl

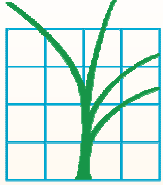


Modèle biologique sorties

développement du mildiou



Ctifl



Modèle biologique

concentration relative de spores



1 publi à part (Carisse, 2002)

Mesure spores dans l'atmosphère (et pas sur laitue)

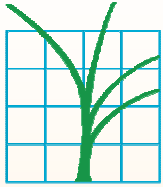


**Qté ttle spores relarguées au cours de la culture
= f(cumul degrés nuit à HR > 95 %)**

Proposent seuil 1^{er} traitement 175 DNRH

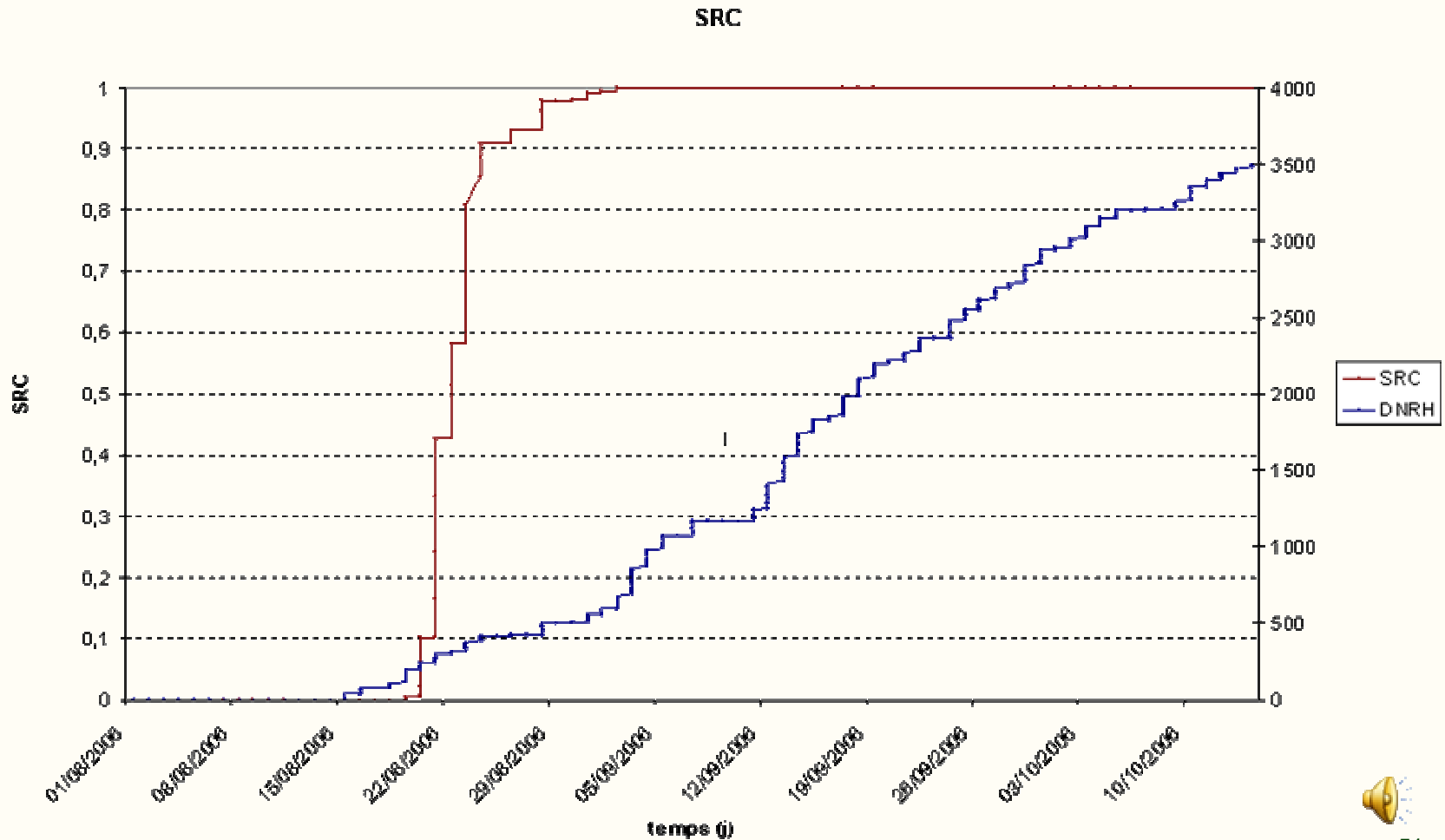


Ctifl

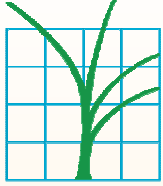


Modèle biologique

concentration relative de spores



Ctifl



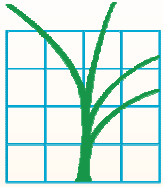
Modèle biologique techniquement



Cf. XLS



Ctifl



Etude des modèles

Biologie simplifiée de la biologie du Bremia

Modèle Bremcast

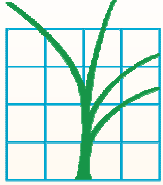
Modèle biologique

Tentative de recalage du modèle

Comparaison de 2 modèles



Ctifl



Tentative de recalage du modèle problématique



Inoculum pas toujours présent

Inoculation artificielle

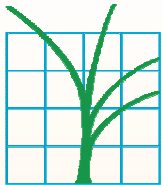
On sait quand ont lieu les 1ères sporulations



**On souhaite pouvoir recalibrer modèle
avec observation terrain**



Ctifl



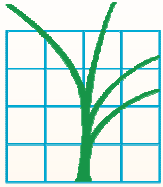
Tentative de recalage du modèle techniquement



Cf. XLS



Ctifl



Tentative de recalage du modèle

résultats 2007



**Technique d'inoculation artificielle
a mal fonctionné**

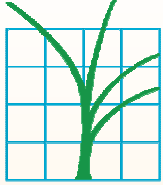
**Intéressant pour retarder le modèle
& le relancer qd mildiou démarre**



**Pertinent uniquement 1^{er} & 2^{ème} cycle,
sur sporulation**



Ctifl



Etude des modèles

Biologie simplifiée de la biologie du Bremia

Modèle Bremcast

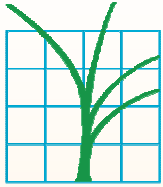
Modèle biologique

Tentative de recalage du modèle

Comparaison de 2 modèles



Ctifl



Comparaison de modèles problématique



Bibliographie part dans 2 directions

Besoins d'un modèle biologique

→ 2 modèles

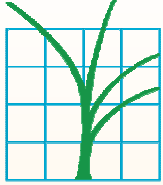


→ Comment les comparer ?

→ Lequel choisir à terme ?



Ctifl



Comparaison de modèles

comment comparer ?



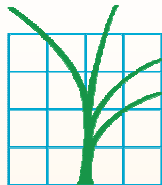
Le modèle qui colle le + à la réalité terrain



Le modèle qui donne les meilleurs résultats à la fin



Ctifl



Comparaison de modèles le modèle qui colle le mieux à la réalité terrain

Nécessite des observations parfois

Complexes

Coûteuses (temps, équipements)

Sporulation

Prélèvement & comptage sur feuilles (simple)

Présence de spores dans l'atmosphère

Pièges

Présence de spores *vivantes* dans l'atmosphère

Pièges

+ émergence en conditions contrôlées sur laitue

Infection

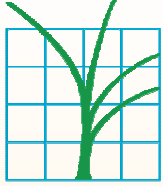
?

Fréquence observation ?

A quoi comparer nb pts Bremcast ?



Ctifl



Comparaison de modèles le modèle qui donne les meilleurs résultats à la fin



Principe =

« On traite selon ce q. nous dit le modèle »

Fait intervenir stratégies traitement



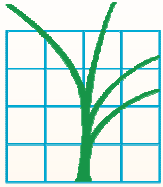
Évaluation modèles en fonction de critères éco

Poids laitues

Nb traitements



Ctifl



Comparaison de modèles

fait en 2007

Modalités

TNT

Témoin producteur

Bremcast 5 pts

Bremcast 10 pts

Biologique sporulation nv génération

Notation nb plantes atteintes 1 fois / semaine

Notation à la récolte

% plantes atteintes

% feuilles atteintes par plante

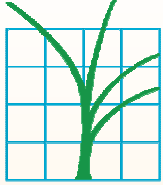
Intensité dégâts (grille notation)

Poids brut

Poids après parage



Ctifl



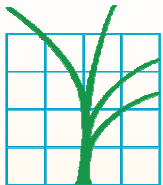
Comparaison de modèles résultats



Cf. partie « Conclusions des essais 2007 »



Ctifl



Contexte

Objectifs de la modélisation

Processus de modélisation

Étude des modèles

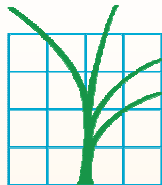
Conclusions des essais 2007

Conclusion générale

Questions



Ctifl



Conclusions des essais 2007



Résultats essai Ctifl Carq.

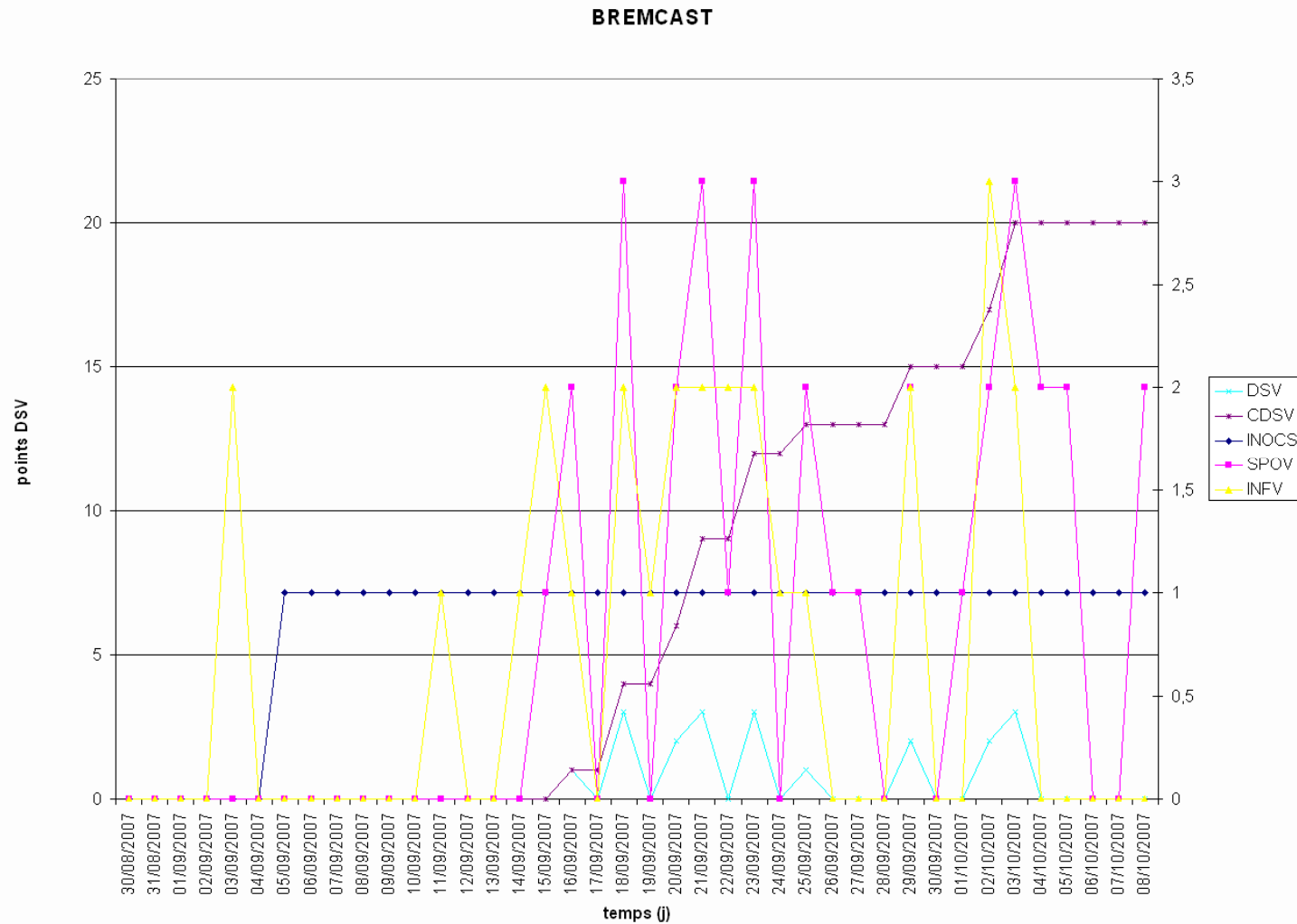
Conclusions résultats

Conclusions modèles





Résultats essai Ctif Carq. Sortie Bremcast

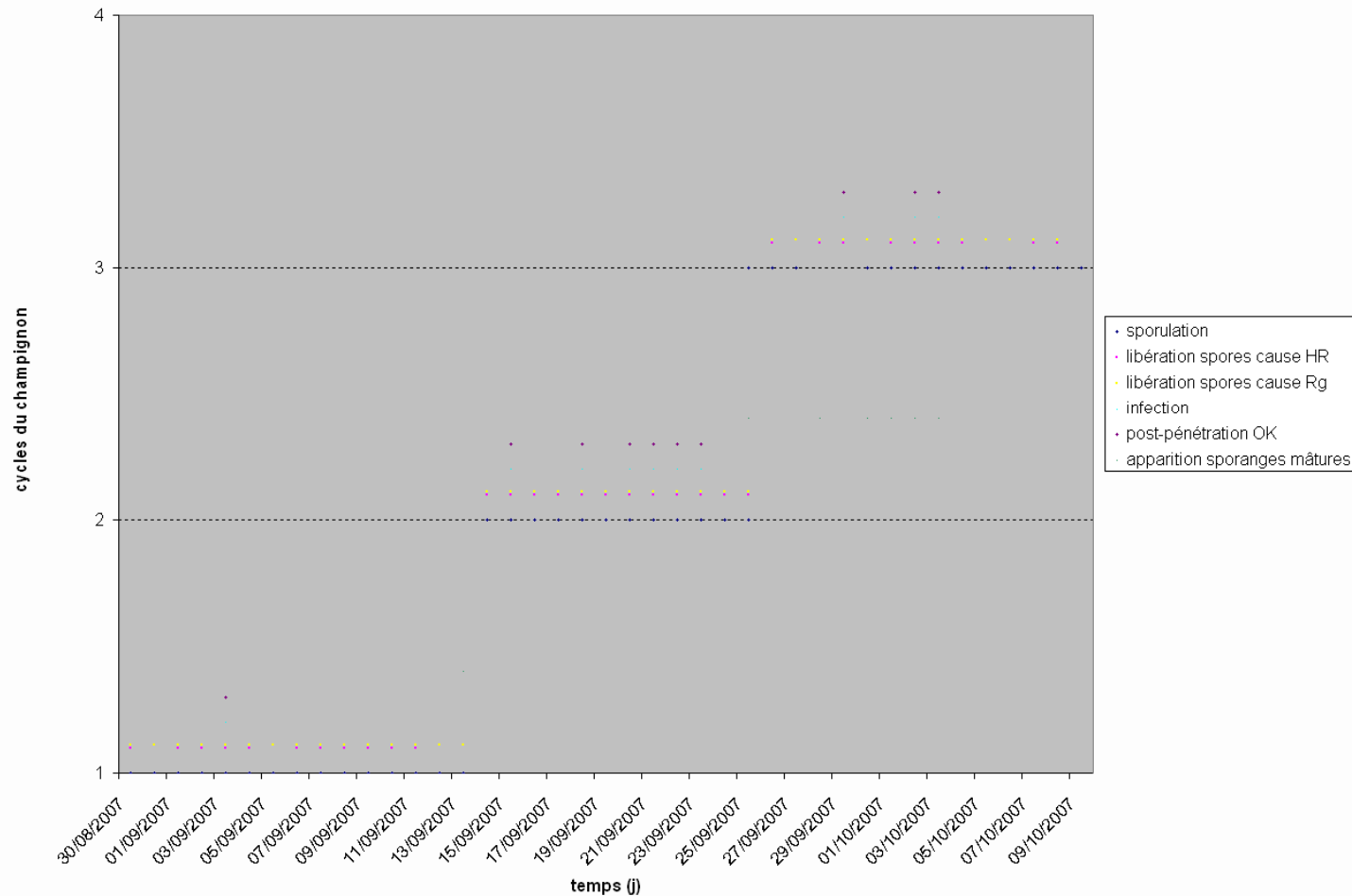




Résultats essai Ctifl Carq. Sortie biologique



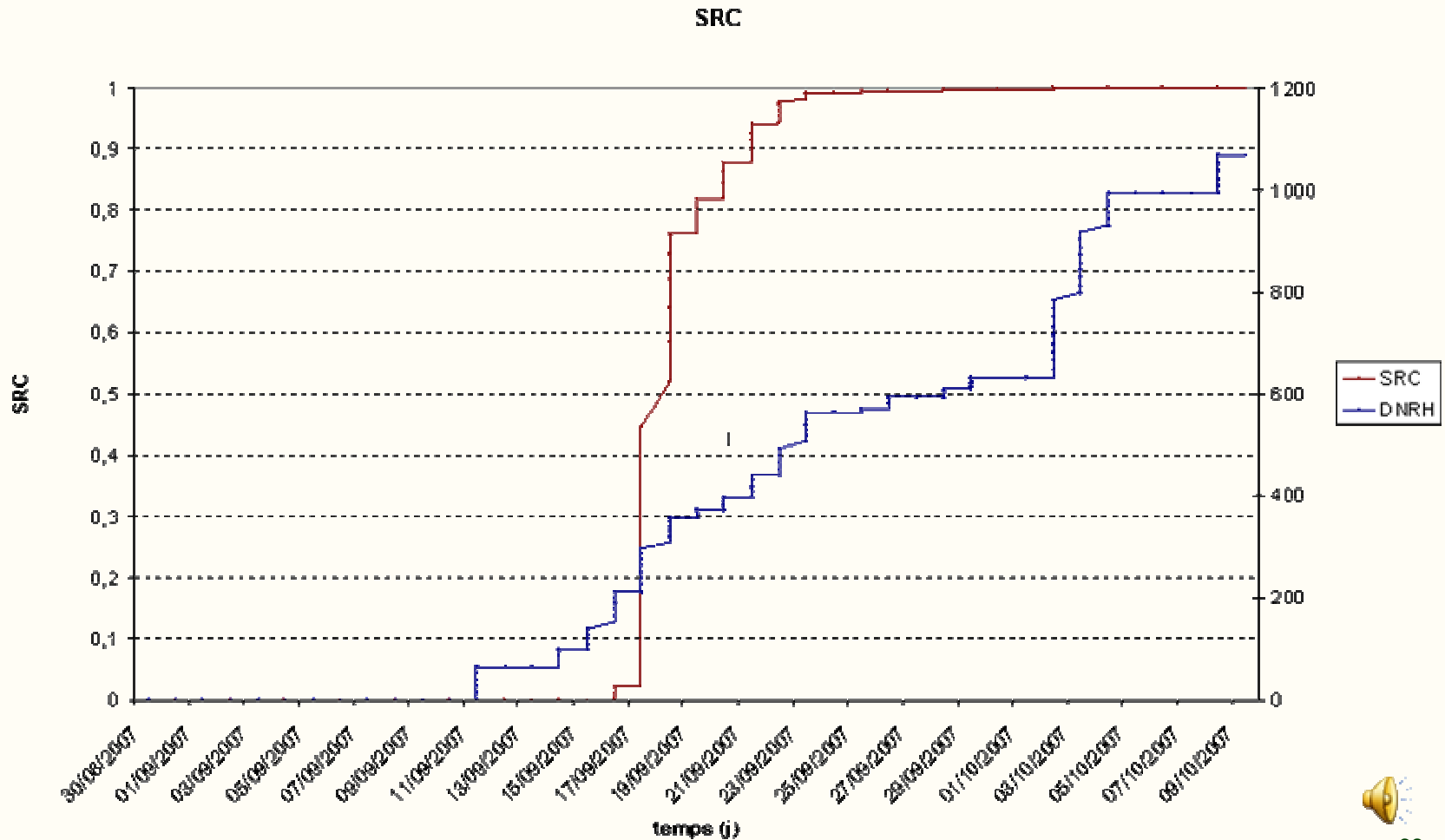
développement du mildiou





Résultats essai Ctif Carq.

Sortie biologique





Résultats essai Ctif Carq.

Nb traitements



Modalité	Nb traitements
TNT	0
Ref. producteur	5
Bremcast 5 pts	3
Bremcast 10 pts	1
Biologique	2



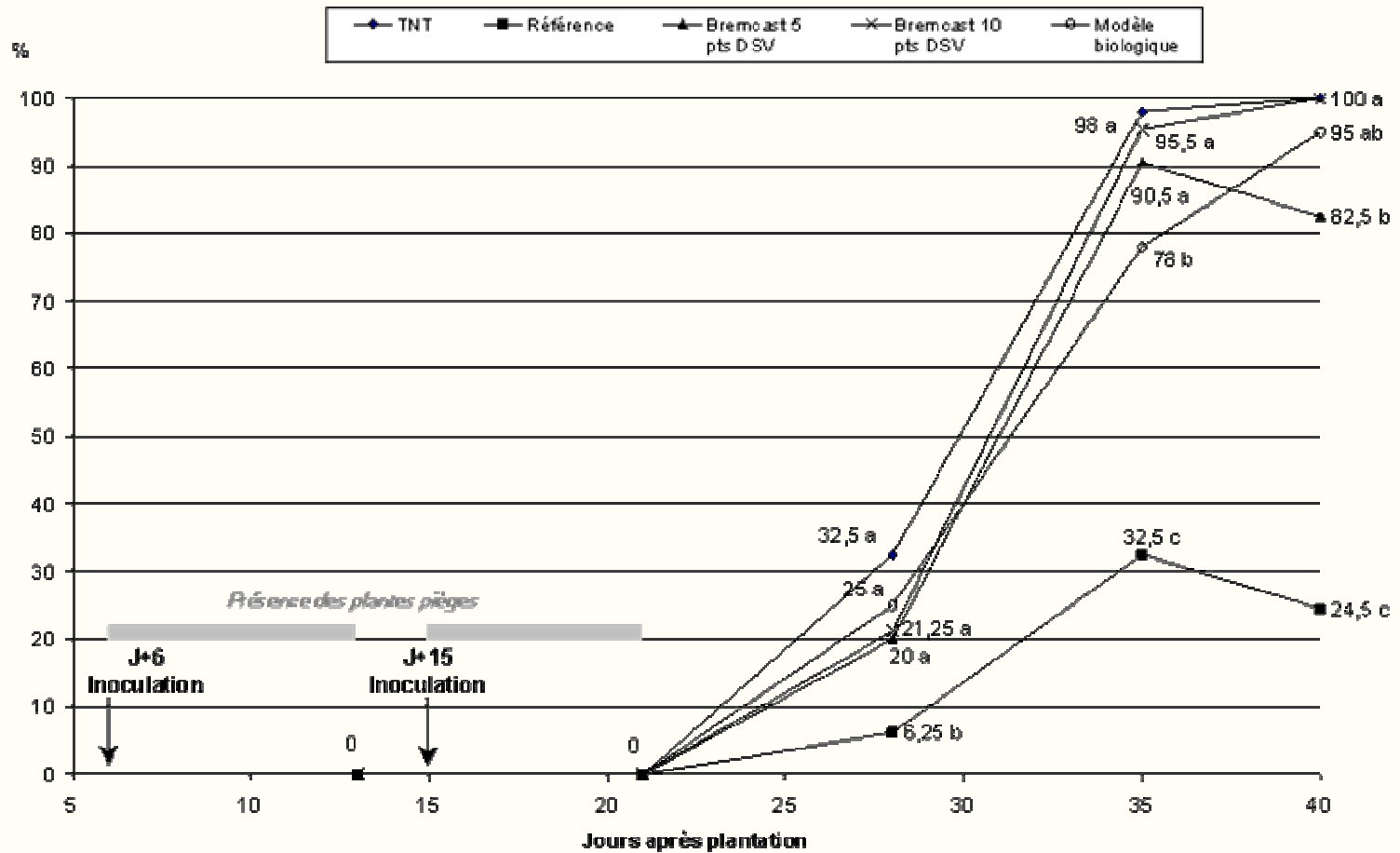


Résultats essai Ctif Carq.

Notations % plantes atteintes



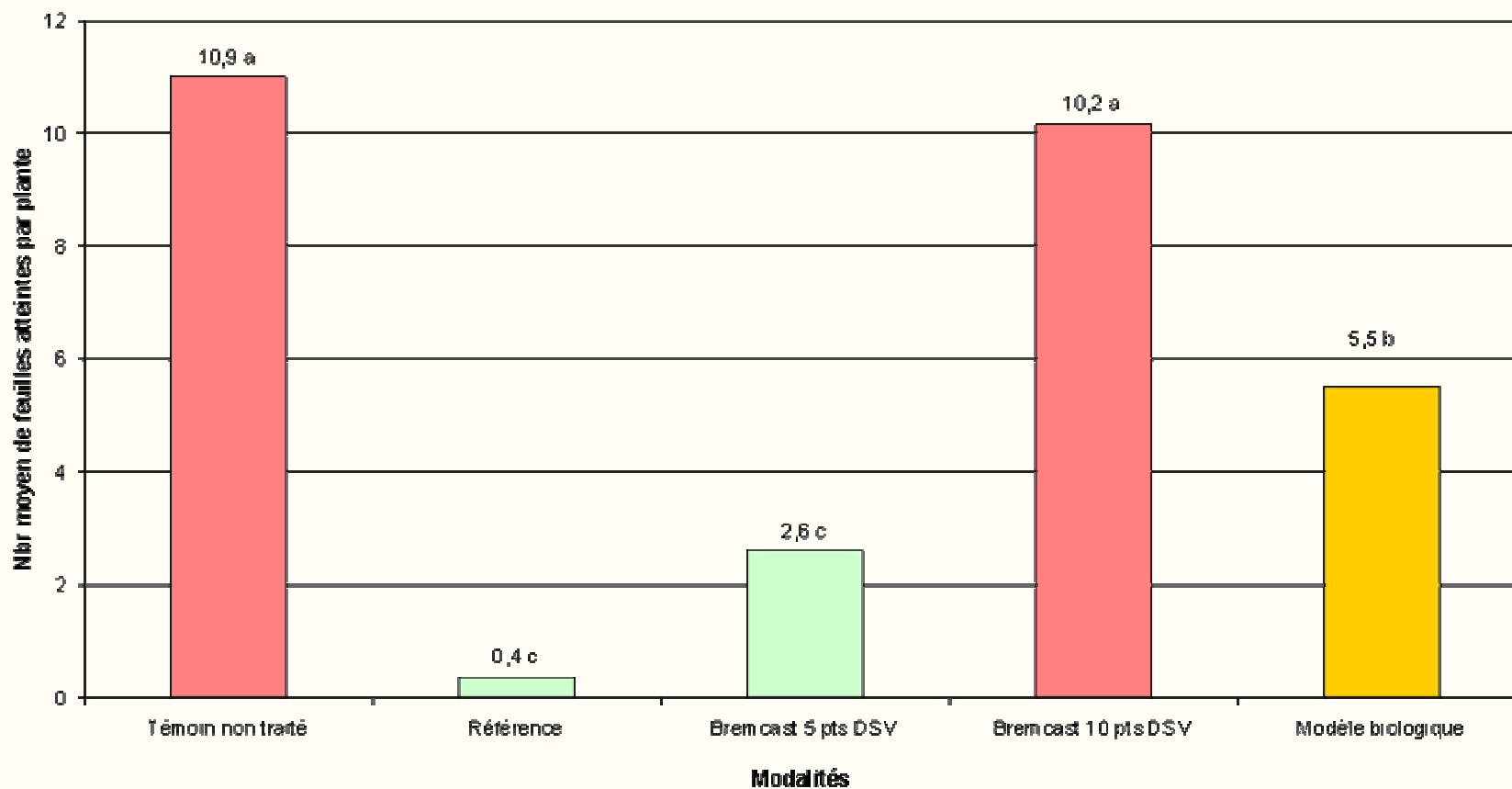
Evolution de la proportion de plantes atteintes



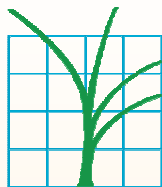


Résultats essai Ctif Carq.

Notation % feuilles atteintes

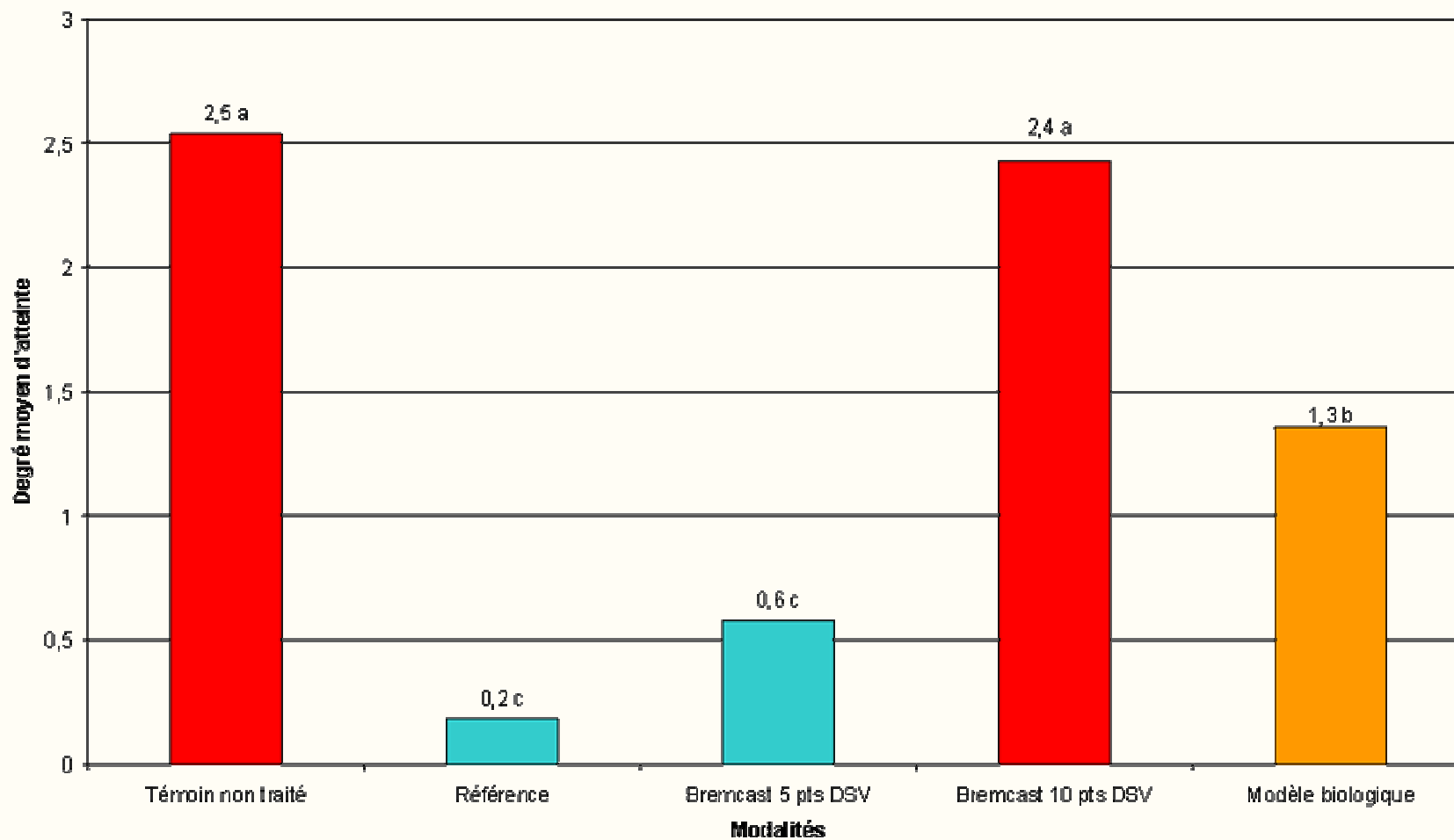


Ctifl



Résultats essai Ctifl Carq.

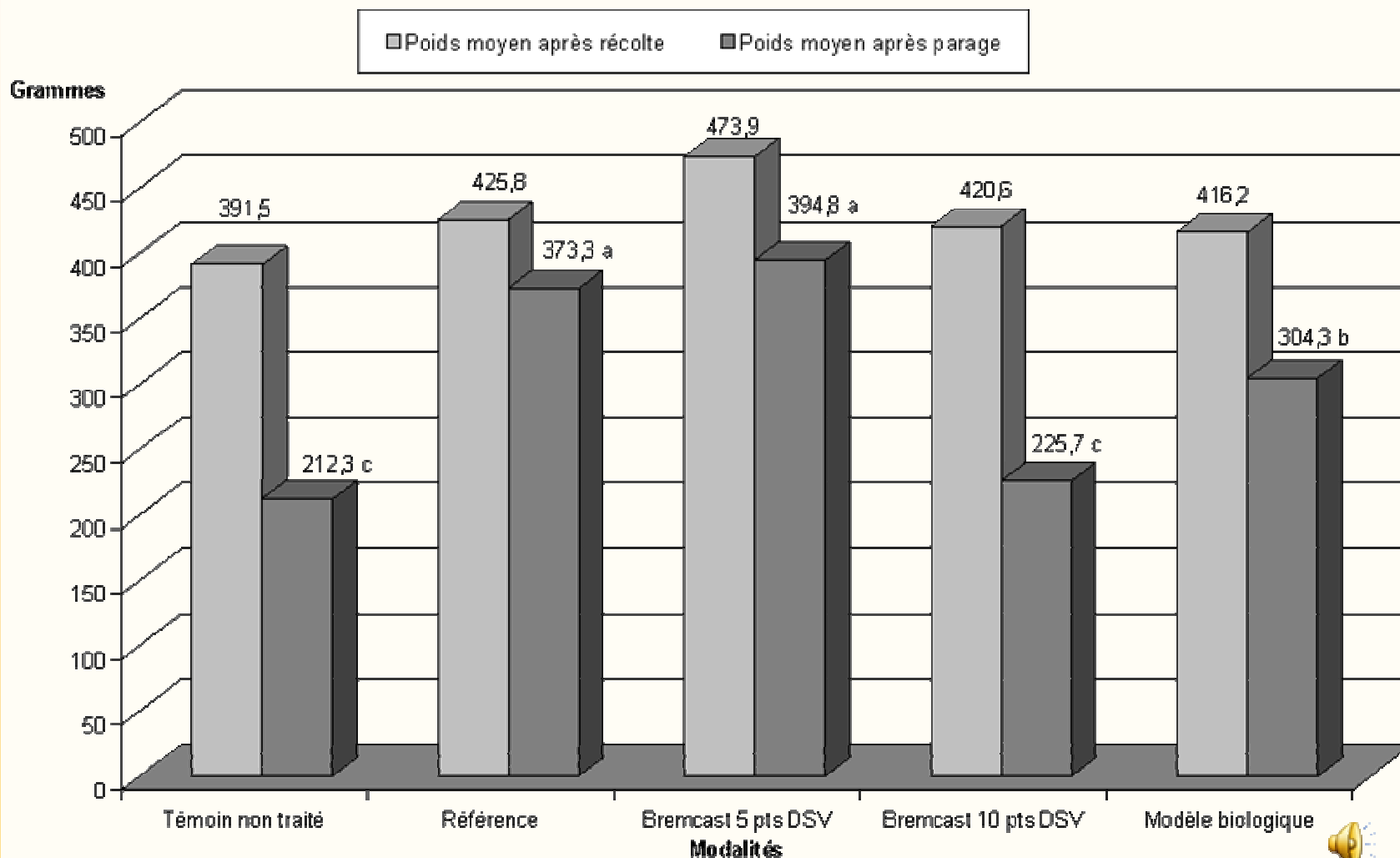
Notation intensité dégâts



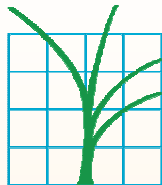


Résultats essai Ctif Carq.

Notation poids brut / poids après parage



Ctifl



Conclusions

résultats



Cet essai & 2 autres montrent que

Bremcast

Stratégie 10 pts inutile

Stratégie 5 pts fiable

Modèle biologique

Perf intermédiaires avec – de traitements

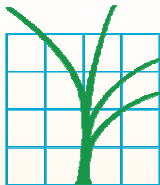
→ intérêt certain



Essais sans DAR : à intégrer par la suite



Ctifl



Conclusions

modèle Bremcast



Prévoit retard de la maladie les 20 1^{ers} jrs

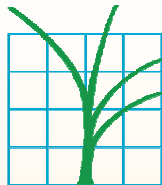
**Explosion symptômes colle avec croissance
CDSV**



Modèle OK en l'état



Ctifl



Conclusions modèle biologique

Prévoit retard de la maladie les 20 1ers jrs

Explosion symptômes colle avec G3

Observations 2 fois / semaines auraient été utiles

Mais moins robuste

G2 apparue pour 1 seul j favorable au mildiou

Pb modèle pas quantitatif

Solutions ?

Changer les conditions de réalisation « post-pénétration » ?

Pas la solution

Mettre une dose de quantitatif ?

Comment ? (pb biblio & savoir-faire)

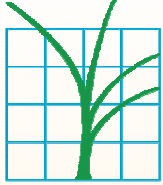
Annuler les événements isolés ?

Fausse le modèle

Se focaliser sur fréquence des événements ?



Ctifl



Conclusions

modèle biologique - SRC

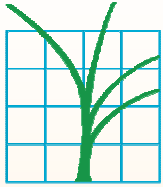
**Explosion symptômes colle pas
avec explosion SRC**

Seuil 175 DNRH correspond pas à essai

**→ spores dans atmosphère semble pas
b indicateur pr positionner traitements**



Ctifl



Conclusions modèles

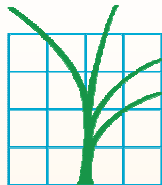


Pb capteur humectation

→ comment interpréter les résultats ?



Ctifl



Conclusions

perspectives

2008

Discussions sur l'évolution du modèle bio
Reconduction essais 2007

+ tard

Essais autres régions

Essais stratégie

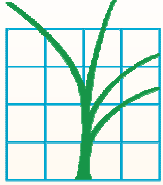
Produits tous homologués

DAR

Sorties utilisables producteur



Ctifl



Contexte

Objectifs de la modélisation

Processus de modélisation

Étude des modèles

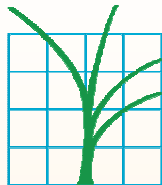
Conclusions des essais 2007

Conclusion générale

Questions



Ctifl



Conclusion générale

contexte



Bremia grosse problématique laitue

Contexte éco compliqué

Va-t-on réussir à faire raisonner les traitements ?



Demande à l'origine de gens proches des pros





Conclusion générale

mise en place des modèles



Trous dans la biblio
Expés pour combler ces trous très complexes

Spécificité programmation XLS

Couple XLS / Inoki maîtrisé au Ctif



Volonté de commencer par des modèles simples

**Complexité viendra des phénomènes mal pris
en compte par le modèle**

En contrepartie, qualitatif (tout ou rien)

→ limites





Conclusion générale

tentative de recalage du modèle



**Volonté recaler le modèle
en fonction de ce qu'on voit / ce qu'on sait**

XLS le permet



Manque recul pour évaluer l'intérêt / la fiabilité

Intérêt échanger sur le sujet





Conclusion générale

comparaison de modèles



Comparaison aux notations terrain

« Est-ce que le modèle explique ce qu'on voit ? »
En 2007, les 2 essais expliquent les observations
A renouveler

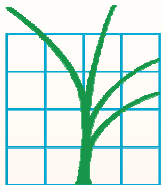


Comparaison très pragmatique

« Qu'est ce que ça donne à la récolte ? »
Bremcast a fait ses preuves, bio à améliorer
Biais : implique déjà des stratégies de traitement



Ctifl



Contexte

Objectifs de la modélisation

Processus de modélisation

Étude des modèles

Conclusions des essais 2007

Conclusion générale

Questions

