



Analyse et modélisation des effets du système de culture et de la situation de production sur les principaux bioagresseurs du tournesol pour la mise au point de stratégies de protection agroécologique

Doctorante : M-A Vedy-Zecchini

Directeur de thèse : J-N Aubertot et Co-Encadrante : M-H Robin



27/10/2016



- Le tournesol, une culture avec un besoin de compétitivité (Terres Inovia)
 - Production d'huile et de tourteaux
 - 600.000 ha en France
 - Rendement moyen national entre 20 et 25 q.ha⁻¹

Presentation

Questions

Objectifs de la thèse

Axe A

Axe B

Introduction au tournesol



Plasmopara halstedii
Apparition dans les années 60
Pertes de 1,5 à 2,5 q/ha
par 10% de plantes atteintes



Orobanche Cumana
Apparition en 2009
Destruction de la plante



Verticillium dahliae
Apparition en 1971
Pertes de rendement de 20 à 50%



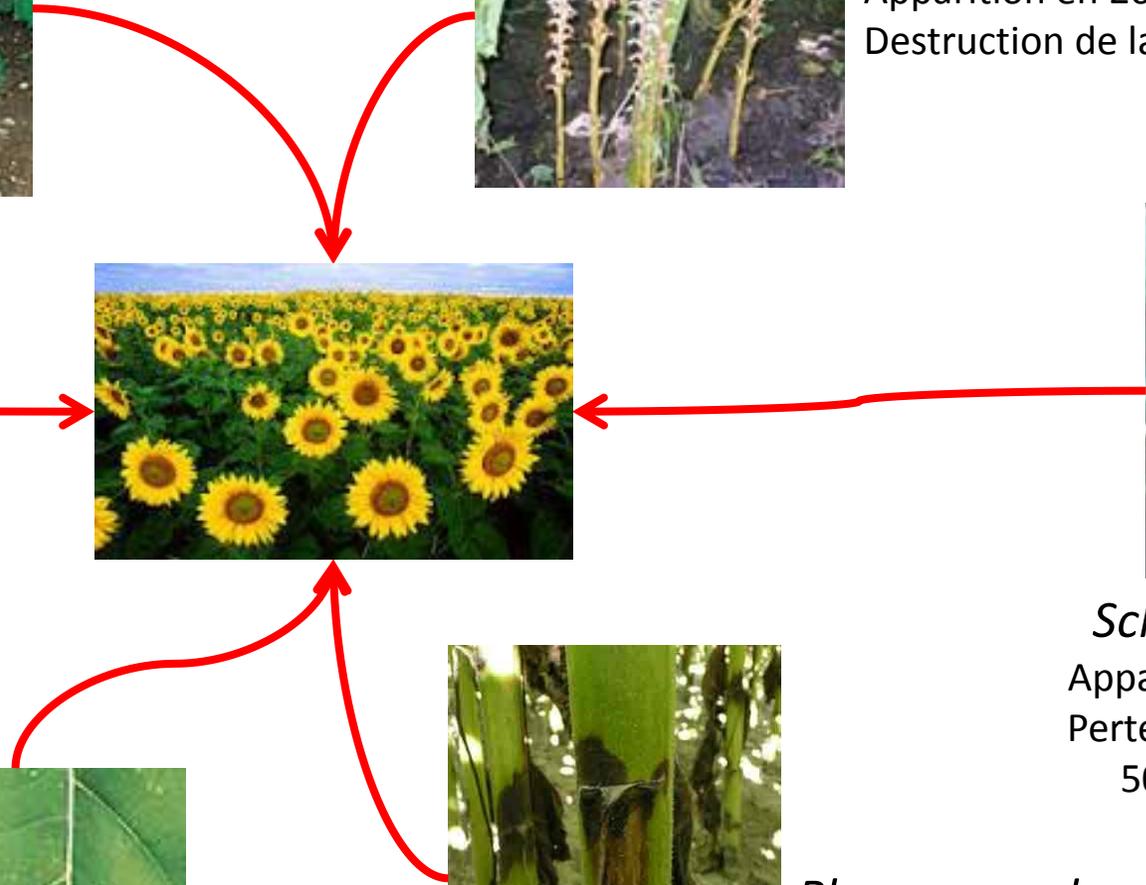
Sclerotinia sclerotiorum
Apparition dans les années 1970
Pertes de rendement atteignant
50% si attaque du capitule



Diaporthe helianthi
Apparition en 1984
Pertes de 1 à 3 q/ha pour 10%
de plantes avec taches encerclantes



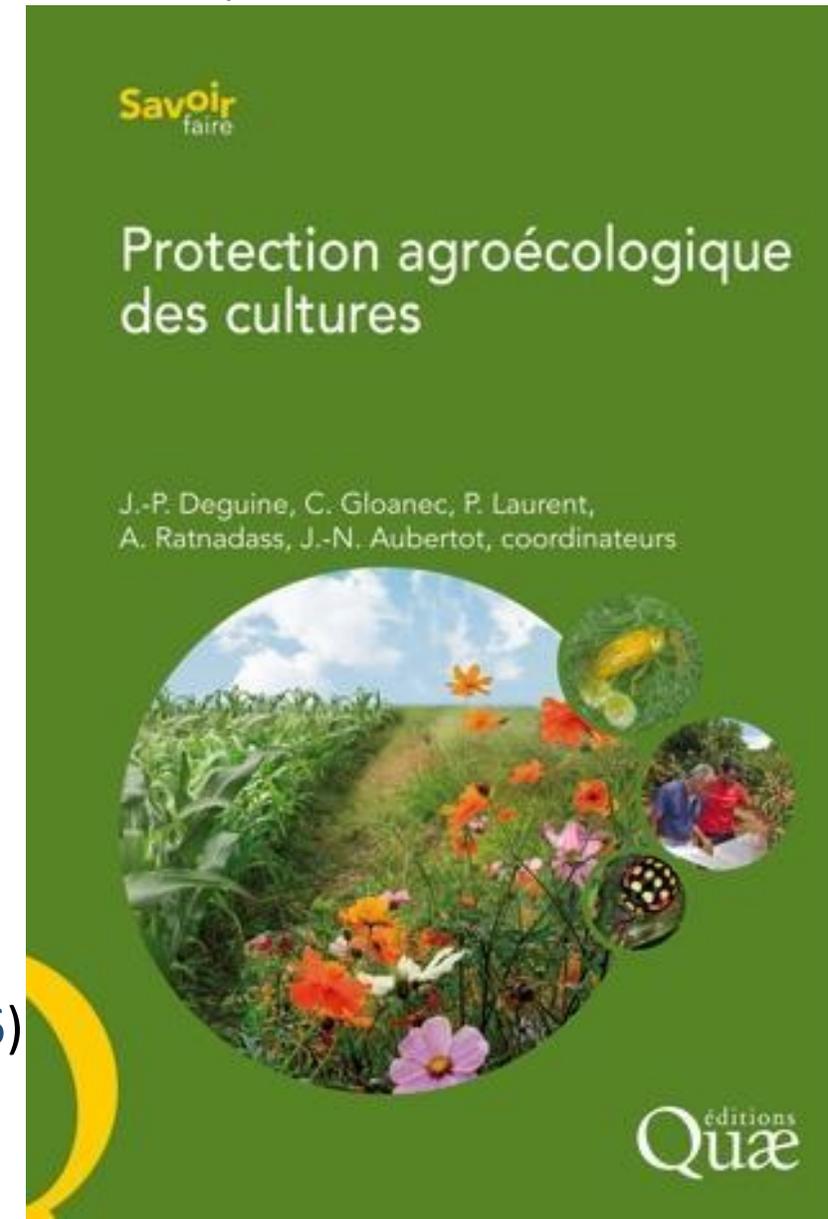
Phoma macdonaldii
Apparition début des années 90
Sur tige : pertes de productivité entre 2 et 6 q/ha
Sur collet : pertes de rendement entre 30 et 50%

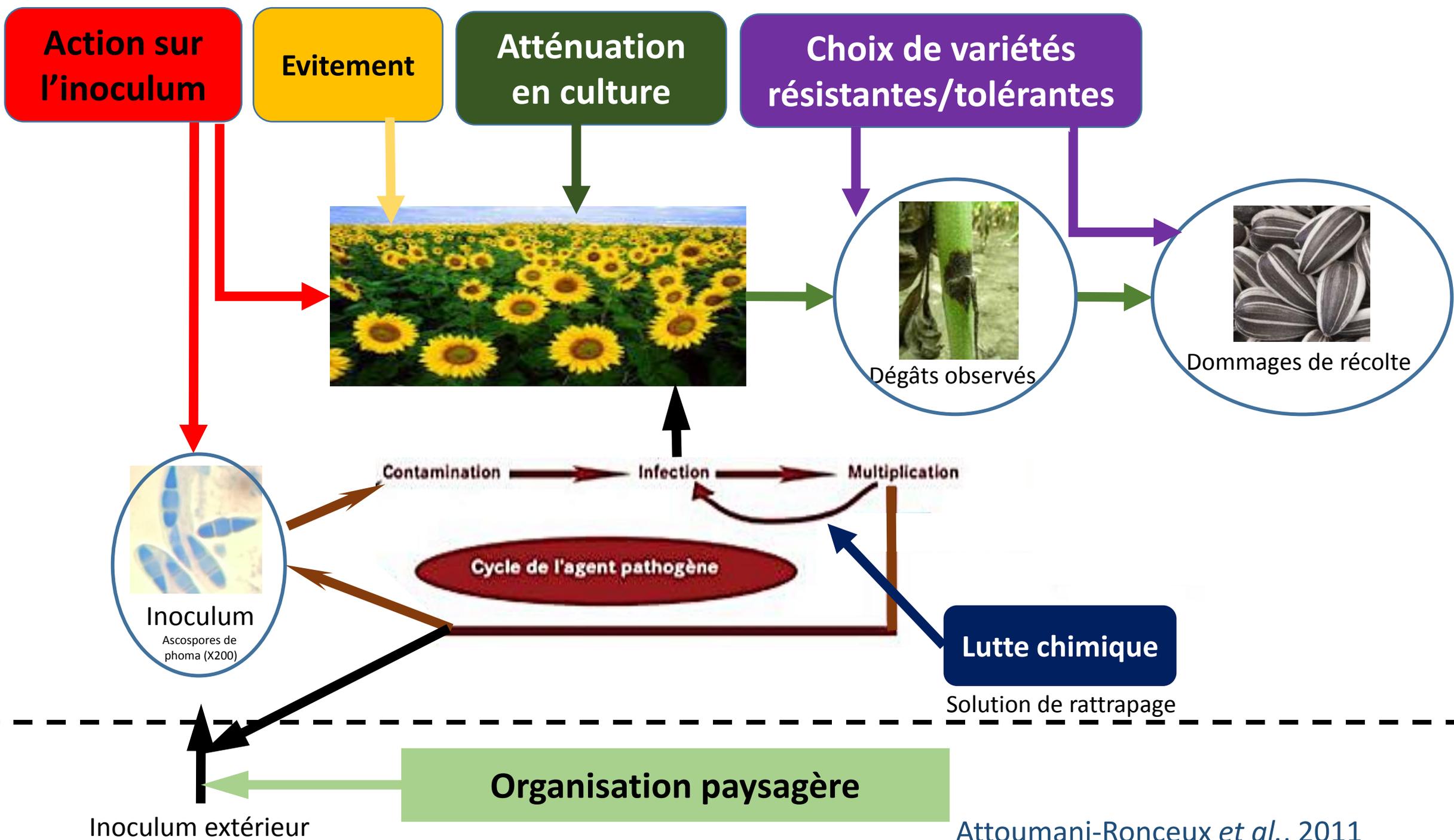


- Le tournesol, une culture avec un besoin de compétitivité (Terres Inovia)



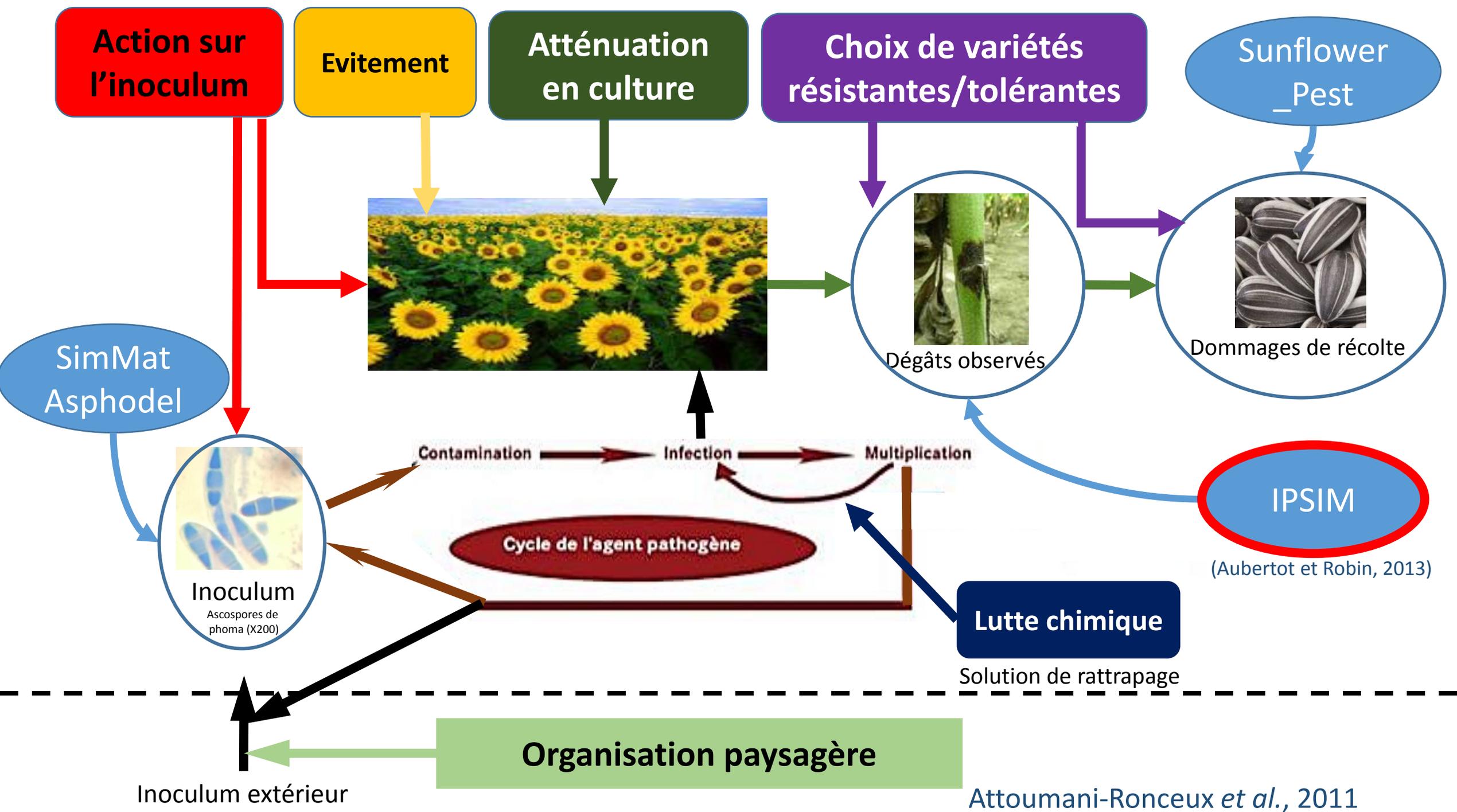
- Le concept de protection agroécologique (Deguine *et al.*, 2016)
- Intérêt de la modélisation





- Quels sont les effets du système de culture et de la situation de production sur les principaux bioagresseurs du tournesol ?
- Comment gérer la production des inocula ?
- Comment gérer un ensemble de bioagresseurs de manière intégrée ?
- Comment hiérarchiser les différents bioagresseurs en fonction de leurs nuisibilités ?

- Produire des connaissances sur les effets du système de culture et la situation de production sur les principaux bioagresseurs du tournesol.
 - Analyse des jeux de données disponibles
 - Expérimentations analytiques
- Développer des modèles contribuant à la conception de stratégies de protection agroécologique contre le complexe des bioagresseurs pris en compte :
 - **SimMat** et **Asphodel** : prédiction quantitative de la production d'inoculum primaire
 - **IPSIM** : prédiction qualitative du profil de dégâts engendré par un ensemble de bioagresseurs sur une culture
 - **Sunflower Pest** : prédiction quantitative du dommage engendré par un ensemble de bioagresseurs sur une culture
- Fournir des outils et des méthodes génériques pour appréhender la complexité des agroécosystèmes pour la protection des cultures



• Axe A. Développement des modèles IPSIM sur Tournesol

A.1 Identification et mise en forme
de jeux de données

+

Utilisation de modèles existants
(**ASPHODEL**, **SIMMAT**, SUNFLO, SIMPLE)



Adaptation au parasite
si nécessaire

Climat

Modèles IPSIM

(phoma, phomopsis, verticillium,
mildiou, sclérotinia, orobanche)

• A.2 Construction de modèle



+ Expérimentations analytiques

- Combler les trous de connaissances
- En labo, en serre ou au champ

A.4 IPSIM Sunflower
– Conception
stratégie PAEC

A.3 Evaluation qualité de
Prediction
+
Analyse sensibilité

Identification de jeux de données
ad hoc indépendants

Climat

Pratiques culturales

Interaction au niveau du territoire

• Axe B. Apports méthodologiques à la modélisation

Interaction
(2 bioagresseurs)

B.1 Algorithme
optimisation

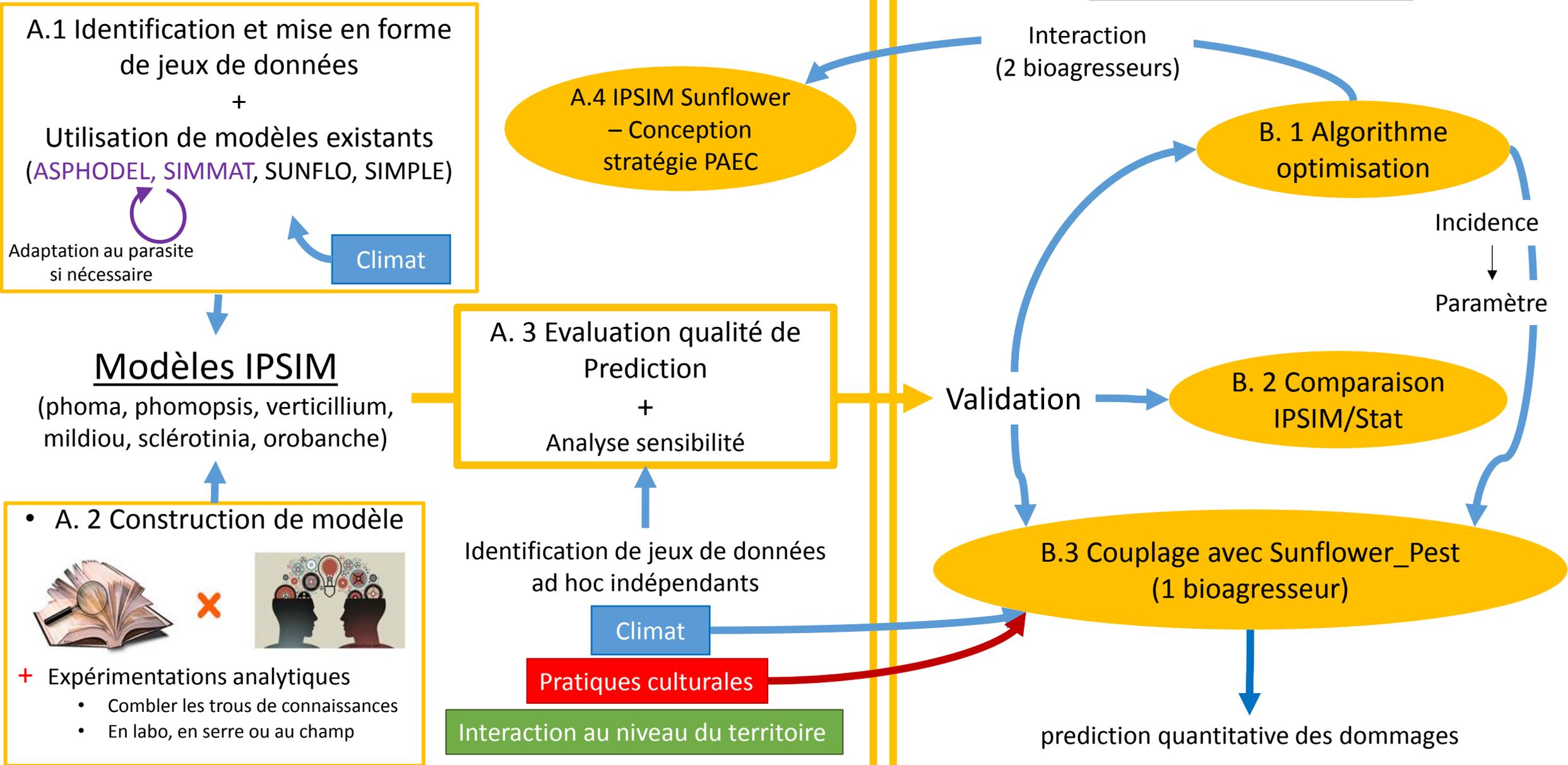
Incidence
↓
Paramètre

B.2 Comparaison
IPSIM/Stat

Validation

B.3 Couplage avec Sunflower_Pest
(1 bioagresseur)

prediction quantitative des dommages



- Axe A. Développement des modèles
IPSIM sur Tournesol

Modèles IPSIM

(phoma, phomopsis, verticillium,
mildiou, sclérotinia, orobanche)



Les modèles IPSIM (Injury Profile SIMulator)

- Ils permettent de prédire de manière qualitative les dégâts provoqués par un (ou plusieurs) bioagresseur(s) sur une culture (Aubertot et Robin, 2013)
- Des modèles développés à l'aide du logiciel DEXi (Bohanec, 2009)
- Des modèles existant pour différentes cultures : le blé (Robin *et al.*, 2013), le pommier (thèse PSH, 2016), cucurbitacées et mangue (Deguine, en preparation) et pour le tournesol (Hammoud, 2014 et Allègre, 2015).

- Axe A. Développement des modèles
IPSIM sur Tournesol

Modèles IPSIM

(phoma, phomopsis, verticillium,
mildiou, sclérotinia, orobanche)



- A. 2 Construction de modèle

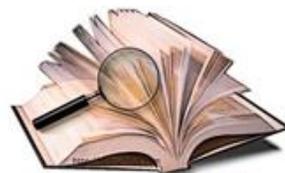


- + Expérimentations analytiques

- Combler les trous de connaissances
- En labo, en serre ou au champ

Base bibliographique utilisée pour la construction d'IPSIM phomopsis/tournesol

- Acimovic M., The observations of the development of the perithecial stage in *Diaporthe helianthi* Munt.-Cvet., 1988
- CETIOM, 2015. *Guide de culture Tournesol 2015*. Edition CETIOM, Paris, 29 p. Wwww.terresinovie.fr
- Chollet D., Estragnat A., Jouffret P., Lagarde F., Mestries E., Penaud A., Pinochet X., 2002. *Les maladies du tournesol*. Les points techniques du CETIOM, édition CETIOM, Paris, 39-54.
- Debaeke P., Délòs M., Moinard J., 2001. Simulating the influence of sowing date on disease occurrence in sunflower. *Proceedings of the 2nd International ESA Symposium Modelling Cropping Systems*, 16-18 July, Florence, Italy, 123-124.
- Debaeke P., Estragnat A., Reau R., 2003. Influence of crops management on sunflower stem canker (*Diaporthe helianthi*). *Agronomie*, **23** : 581-592.
- Debaeke P., Estragnat A., 2009. Crop canopy indicators for the early prediction of phomopsis stem canker (*Diaporthe helianthi*). *Crop Protection*, **28** : 792-801.
- Debaeke P., Moinard J., 2010. Effect of crop management on epidemics of phomopsis stem canker (*Diaporthe helianthi*) for susceptible and tolerant sunflower cultivars. *Field Crops Research*, **115** : 50-60.
- Délòs M., Moinard J., 1997. Asphodel : modèle de simulation des simulations des épidémies de Phomopsis du tournesol (*Diaporthe helianthi*). Vème Conférence Internationale sur les maladies des plantes, ANPP, 3-5 décembre, Tours, France, tome I, 413-420.
- Duroueix F., Penaud A., 2013. Les fongicides en renfort contre phoma et phomopsis. *Perspectives Agricoles*, **400** : 18-21.
- Desanlis M., 2013. *Analyse et modélisation des effets de la conduite de culture sur deux maladies cryptogamiques majeures du tournesol causées par Phoma macdonaldii et Phomopsis helianthi*. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, France, 205 p.
- Desanlis M., Aubertot J.N., Mestries E., Debaeke P., 2013 - Analysis of the influence of a sunflower canopy on *Phomopsis helianthi* epidemics as a function of cropping practices. *Field Crops Research*, **49** : 63-75.
- Fayret J., Assemat P., 1987. Evolution du *Diaporthe helianthi* (*Phomopsis helianthi*) Munt-Cvet *et al.* et différenciation des organes reproducteurs sur les plants de tournesol après la période de végétation. *Informations Techniques CETIOM*, **98** : 2-11.
- Fayret J., Quenin H., Perny A., 1996. Evolution de l'état sanitaire des semences de tournesol : Conséquence des attaques de capitules par *Phomopsis helianthi* et *Phoma macdonaldii*. *Phytoma - La Défense des Végétaux*, **487** : 37-40.
- Iliescu H., Baicu T., Mesures de lutte intégrée contre les agents pathogènes du tournesol, Hélià 7 (1984) 39-42
- Jinga, V., Iliescu, H., Ionita, A., Csep, N., Iordache, E. 1992. Technological factors in the integrated control of sunflower diseases. *Proceedings of the 13th International Sunflower Conference*, ISA, September 11-16, Pisa, Italy, 761-766.
- Jouffret P., 2005. Stratégie de lutte durable contre phomopsis et phoma. *Oléoscope*, **80** : 28-30.
- Jung L., 2011. *Maladies et ravageurs du tournesol*. Guide pratique du CETIOM, édition CETIOM, Paris, 13-18.
- Mestries E., Desanlis M., Seassau C., Moinard J., Debaeke F., Dechamp-Guillaume G., 2011. Impact de la conduite de culture sur les maladies du tournesol. *Innovations Agronomiques*, **14** : 91-108.
- Moinard J., Eychenne N., 1998. Le Phomopsis. *Guide « Grandes Cultures »*, DGAL-Service Régional de la Protection des Végétaux Midi-Pyrénées, dossier support des Avertissements Agricoles routés et télécopiés, 12 p.
- Mouquot P., 1997. *Phomopsis du tournesol (Diaporthe helianthi Munt.-Cvet.) : contribution à la connaissance de la biologie et de l'épidémiologie*. Mémoire Ingénieur des Techniques Agricoles, ENFA, France, 45 p.
- Penaud A., Jouffret P., 1997. Tournesol : Phomopsis et Phoma. *Oléoscope*, **38** : 14-18.
- Pinochet X., 2005. Progrès génétique : le phomopsis en avance sur le phoma. *Oléoscope*, **80** : 18-20.
- Taverne M., 2005. Effet du milieu sur le phomopsis et le phoma. *Oléoscope*, **80** : 16-18.



Renseignement des variables d'IPSIM phomopsis/tournesol

<ul style="list-style-type: none"> ✓ <input checked="" type="checkbox"/> Incidence du Phomopsis 	
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <input checked="" type="checkbox"/> Pratiques culturelles 	
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <input checked="" type="checkbox"/> Contrôle culturel 	
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Atténuation par l'état du couvert 	Défavorable ; Favorable
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <input checked="" type="checkbox"/> Gestion de l'inoculum primaire 	
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Rotation des cultures 	Retour tous les 2 ans ; Retour sur plus de 2 ans
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Travail du sol après l'antéprécédent 	Semis direct ; Travail superficiel sans broyage ; Travail superficiel avec broyage ; Labour
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Travail du sol après le précédent 	Non inversion ; Inversion
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Contrôle chimique 	Non Traitement ; Traitement
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Contrôle génétique 	Sensible et peu sensible ; Très peu sensible et peu résistante
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <input checked="" type="checkbox"/> Esquive 	
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Date de semis 	Précoce ; Normal ; Tardif
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Période de production d'inoculum primaire 	Précoce ; Intermédiaire ; Tardif
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <input checked="" type="checkbox"/> Climat 	
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Climat pour l'infection 	Défavorable ; Moyennement favorable ; Favorable
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Climat pour le passage sur tige 	Défavorable ; Moyennement favorable ; Favorable
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <input checked="" type="checkbox"/> Interaction au niveau du territoire 	
<ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> <ul style="list-style-type: none"> ↳ Importance du tournesol dans l'assolement régional 	Elevée ; Intermédiaire ; Faible



Renseignement des variables d'IPSIM phomopsis/tournesol

- ✓ Incidence du Phomopsis
- ✓ Pratiques culturelles
 - ✓ Contrôle culturel
 - ◀ Atténuation par l'état du couvert
 - ✓ Gestion de l'inoculum primaire
 - ◀ Rotation des cultures
 - ◀ Travail du sol après l'antéprécédent
 - ◀ Travail du sol après le précédent
 - ◀ Contrôle chimique
 - ◀ Contrôle génétique
 - ✓ Esquive
 - ◀ Date de semis
 - ◀ Période de production d'inoculum primaire
- ✓ Climat
 - ◀ Climat pour l'infection
 - ◀ Climat pour le passage sur tige
- ✓ Interaction au niveau du territoire
 - ◀ Importance du tournesol dans l'assolement régional

Défavorable ; Moyennement favorable ; Favorable

Défavorable ; Moyennement favorable ; Favorable

Elevée ; Intermédiaire ; Faible



Renseignement des variables d'IPSIM phomopsis/tournesol

Incidence du Phomopsis

Elevée ; Modérée ; Faible

Pratiques culturelles

Contrôle culturel

Atténuation par l'état du couvert

Gestion de l'inoculum primaire

Rotation des cultures

Travail du sol après l'antéprécédent

Travail du sol après le précédent

Contrôle chimique

Contrôle génétique

Esquive

Date de semis

Période de production d'inoculum primaire

Climat

Climat pour l'infection

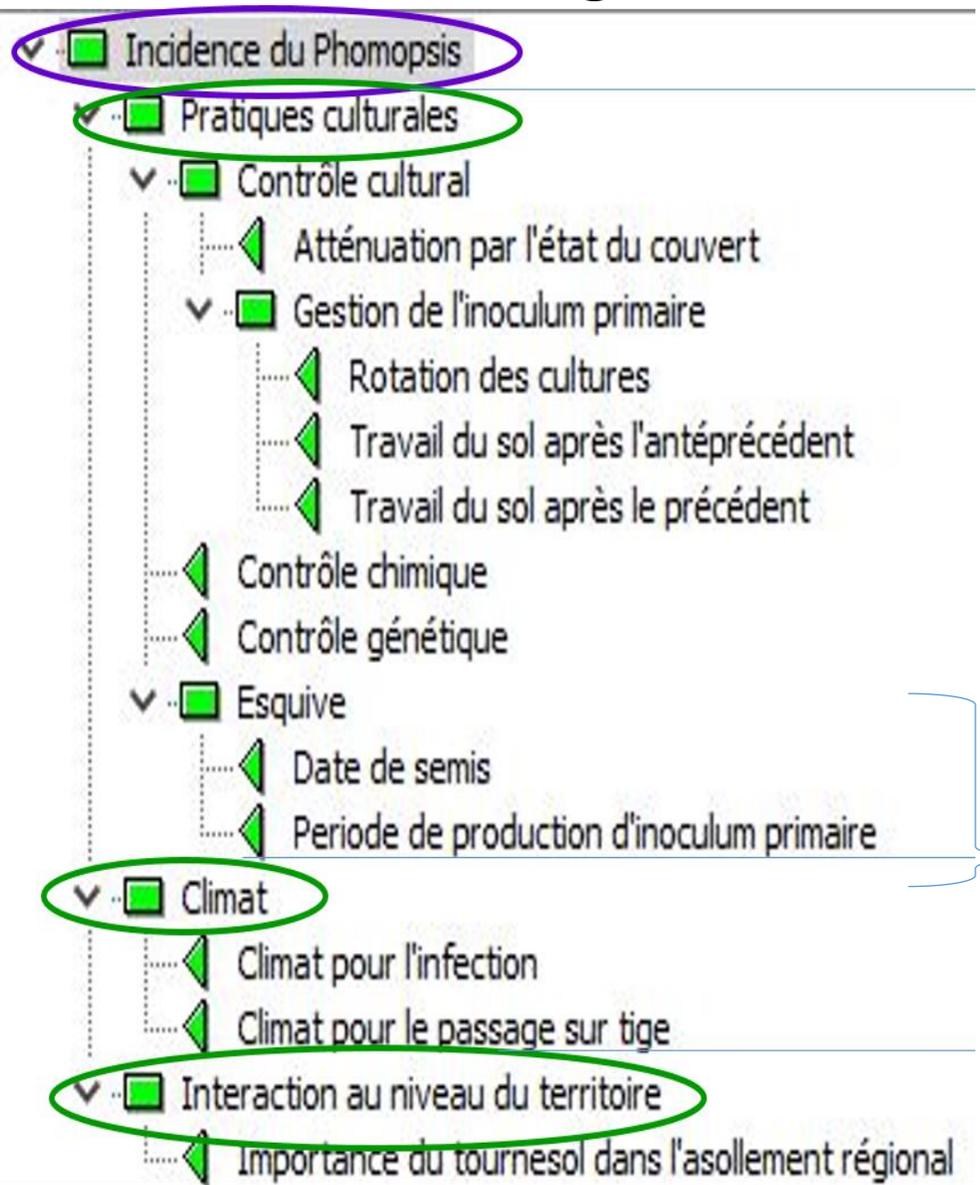
Climat pour le passage sur tige

Interaction au niveau du territoire

Importance du tournesol dans l'assolement régional



Renseignement des variables d'IPSIM phomopsis/tournesol



	Date de semis	Periode de production d'inoculum primaire	Esquive
1	Precoce	Precoce	Inefficace
2	Precoce	Intermediaire	Inefficace
3	Precoce	Tardif	MoyennementEfficace
4	Normal	Precoce	MoyennementEfficace
5	Normal	Intermediaire	Inefficace
5	Normal	Tardif	Inefficace
7	Tardif	Precoce	Efficace
8	Tardif	Intermediaire	MoyennementEfficace
9	Tardif	Tardif	Inefficace

- Axe A. Développement des modèles
IPSIM sur Tournesol

A.1 Identification et mise en forme
de jeux de données

+

Utilisation de modèles existants
(ASPHODEL, SIMMAT, SUNFLO, SIMPLE)



Adaptation au parasite
si nécessaire

Climat

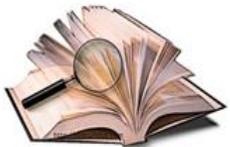


Modèles IPSIM

(phoma, phomopsis, verticillium,
mildiou, sclérotinia, orobanche)



- A. 2 Construction de modèle



+ Expérimentations analytiques

- Combler les trous de connaissances
- En labo, en serre ou au champ

- Axe A. Développement des modèles
IPSIM sur Tournesol

A.1 Identification et mise en forme
de jeux de données

+

Utilisation de modèles existants
(ASPHODEL, SIMMAT, SUNFLO, SIMPLE)



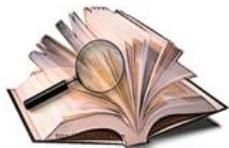
Adaptation au parasite
si nécessaire

Climat

Modèles IPSIM

(phoma, phomopsis, verticillium,
mildiou, sclérotinia, orobanche)

- A. 2 Construction de modèle



+ Expérimentations analytiques

- Combler les trous de connaissances
- En labo, en serre ou au champ

A. 3 Evaluation qualité de
Prediction

+

Analyse sensibilité

Identification de jeux de données
ad hoc indépendants

Climat

Pratiques culturelles

Interaction au niveau du territoire

- Axe B. Apports méthodologiques
à la modélisation

Validation

Evaluation de la qualité de prédiction d'un modèle ordinal

- Jeu de données indépendant
- Matrice de confusion (n=156) :

		Predictions			
		Nulle à faible	Elevée	Très élevée	Total
Observations	Nulle à faible	8,9%	1,9%	7,6%	18,5%
	Elevée	16,0%	4,4%	36,5%	57,0%
	Très élevée	0	0	24,3%	24,3%
	Total	25,0%	6,4%	68,5%	100%

Deux critères utilisés :

- La précision
- Kappa de Cohen pondéré quadratiquement (κ) (Agresti, 2010)

$$Kw = \frac{Po(w) - Pe(w)}{1 - Pe(w)} \quad -1 < Kw < 1$$

Proportion des situations correctement prédites:

Po= Précision d'IPSIM

Pe= précision d'un modèle théorique aléatoire

W = poids de chaque cellule de la matrice de confusion

- Axe A. Développement des modèles
IPSIM sur Tournesol

A.1 Identification et mise en forme
de jeux de données

+

Utilisation de modèles existants
(ASPHODEL, SIMMAT, SUNFLO, SIMPLE)



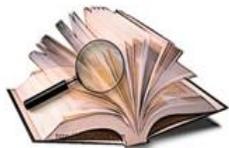
Adaptation au parasite
si nécessaire

Climat

Modèles IPSIM

(phoma, phomopsis, verticillium,
mildiou, sclérotinia, orobanche)

- A.2 Construction de modèle



+ Expérimentations analytiques

- Comblent les trous de connaissances
- En labo, en serre ou au champ

A.3 Evaluation qualité de
Prediction

+

Analyse sensibilité

Identification de jeux de données
ad hoc indépendants

Climat

Pratiques culturelles

Interaction au niveau du territoire

- Axe B. Apports méthodologiques
à la modélisation

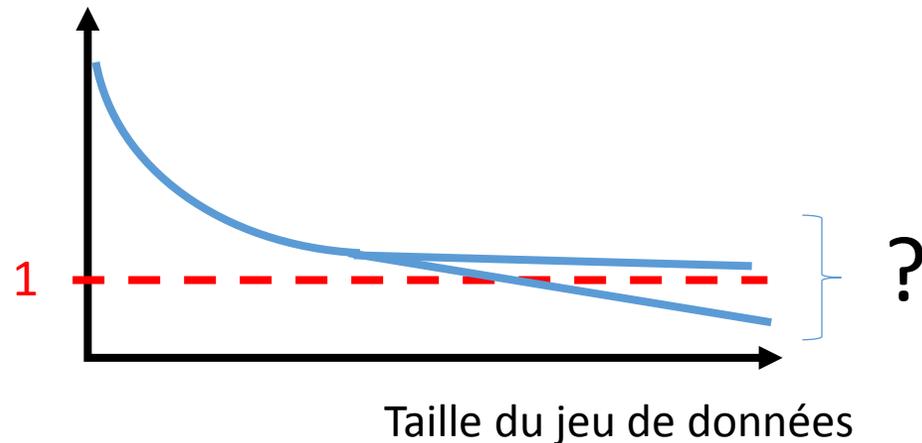
Validation

B.2 Comparaison
IPSIM/Stat

Comparaison des qualités de prédiction relatives d'une approche de modélisation qualitative à dire d'experts et d'approches statistiques en fonction de la taille du jeu de données disponible.

Travail préliminaire réalisé par Jeremy Pirard (2015) avec IPSIM blé/piétin verse et IPSIM blé/rouille brune

$$\frac{\text{Erreur de prédiction de l'Outil Statistique}}{\text{Erreur de prédiction des Experts}}$$



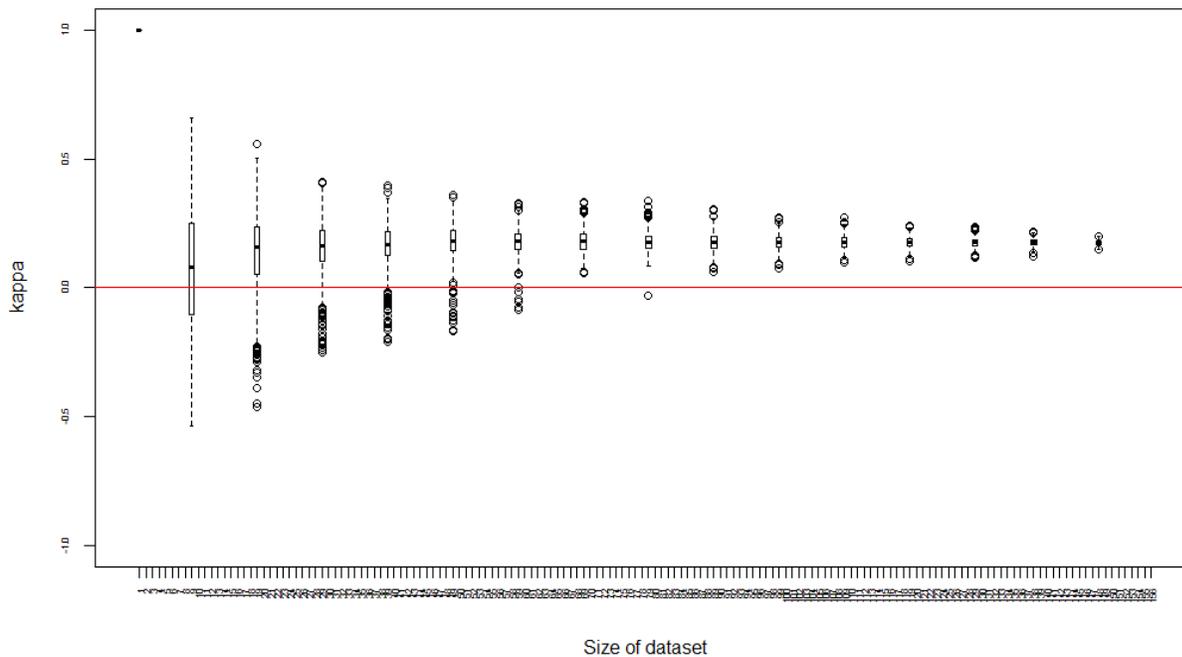
Outil statistique utilisé : Classification And Regression Tree

Comparaison des qualités de prédiction relatives d'une approche de modélisation qualitative à dire d'experts et d'approches statistiques en fonction de la taille du jeu de données disponible.

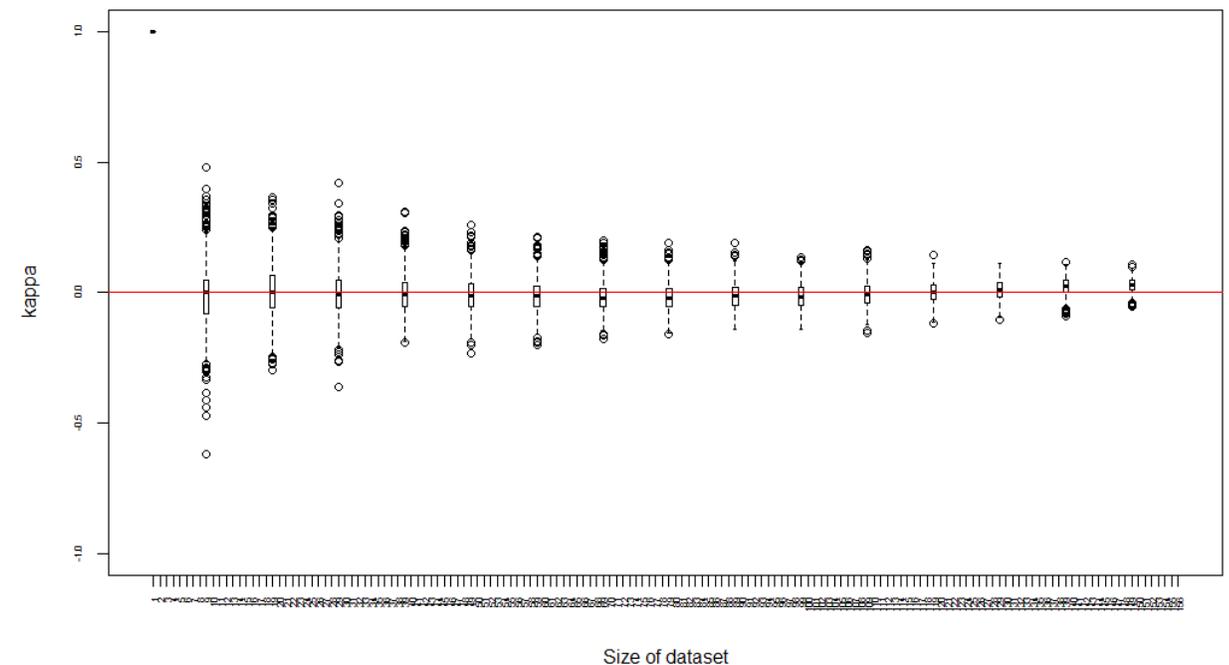
Elaboration d'un algorithme générique sous R (2017). En cours avec IPSIM tournesol/phoma sur tige et IPSIM choucou/mouche

Taille du jeu de données phoma sur tige : 156 situations.

Kappa of IPSIM after x=1000 random sampling for each size of dataset for phoma



Kappa of CART after x=1000 random sampling for each size of dataset for phoma



Comparaison des qualités de prédiction relatives d'une approche de modélisation qualitative à dire d'experts et d'approches statistiques en fonction de la taille du jeu de données disponible.

Elaboration d'un algorithme générique sous R (2017). En cours avec IPSIM tournesol/phoma sur tige et IPSIM chouchou/mouche

À appliquer sur IPSIM tournesol/phomopsis, IPSIM blé/piétin verse, IPSIM blé/rouille brune

Identification des meilleurs outils statistique pour la comparaison :

- Autres outils que CART (regression ordinale ?)
- Autres outils d'analyse de matrice de confusion ? (de Sousa, 2012)

→ Publication à venir en 2017

• Axe A. Développement des modèles IPSIM sur Tournesol

A.1 Identification et mise en forme
de jeux de données

+

Utilisation de modèles existants
(**ASPHODEL**, **SIMMAT**, SUNFLO, SIMPLE)



Adaptation au parasite
si nécessaire

Climat

Modèles IPSIM

(phoma, phomopsis, verticillium,
mildiou, sclérotinia, orobanche)

• A.2 Construction de modèle



+ Expérimentations analytiques

- Combler les trous de connaissances
- En labo, en serre ou au champ

A.3 Evaluation qualité de
Prediction

+

Analyse sensibilité

Identification de jeux de données
ad hoc indépendants

Climat

Pratiques culturelles

Interaction au niveau du territoire

• Axe B. Apports méthodologiques à la modélisation

B.1 Algorithme
optimisation

Validation

B.2 Comparaison
IPSIM/Stat



Optimisation de la qualité de prediction d'IPSIM

Présentation IPSIM phoma sur tige

- Incidence du Phoma sur tige
 - Pratiques culturales
 - Contôle cultural
 - L'atténuation par l'état du couvert**
 - Etat du couvert au stade F1
 - Etat du couvert au stade E1
 - Gestion de l'inoculum primaire
 - Rotation des cultures
 - Travail du sol après l'antéprécédent
 - travail du sol après le précédent
 - Esquive (date de semis)
 - Contrôle chimique
 - Contrôle génétique
 - Contrôle biologique
 - Transmission par les semences
 - Sol et climat
 - Sol
 - Climat
 - Climat pour la production d'inoculum
 - Climat pour la réussite des infections
 - Climat pour le developement des symptômes
 - Interaction au niveau du territoire
 - Fréquence du phoma sur tige dans la région

Decision rules L'atténuation par l'état du couvert

Défavorable Use scale orders Use weights

	Etat du couvert au stade F1	Etat du couvert au stade E1	L'atténuation par l'état du couvert
1	Défavorable	Défavorable	Défavorable
2	Défavorable	Favorable	Défavorable
3	Favorable	Défavorable	Défavorable
4	Favorable	Favorable	Favorable

Rules: 4/4 (100,00%), determined: 100,00% [Défavorable:3,Favorable:1]

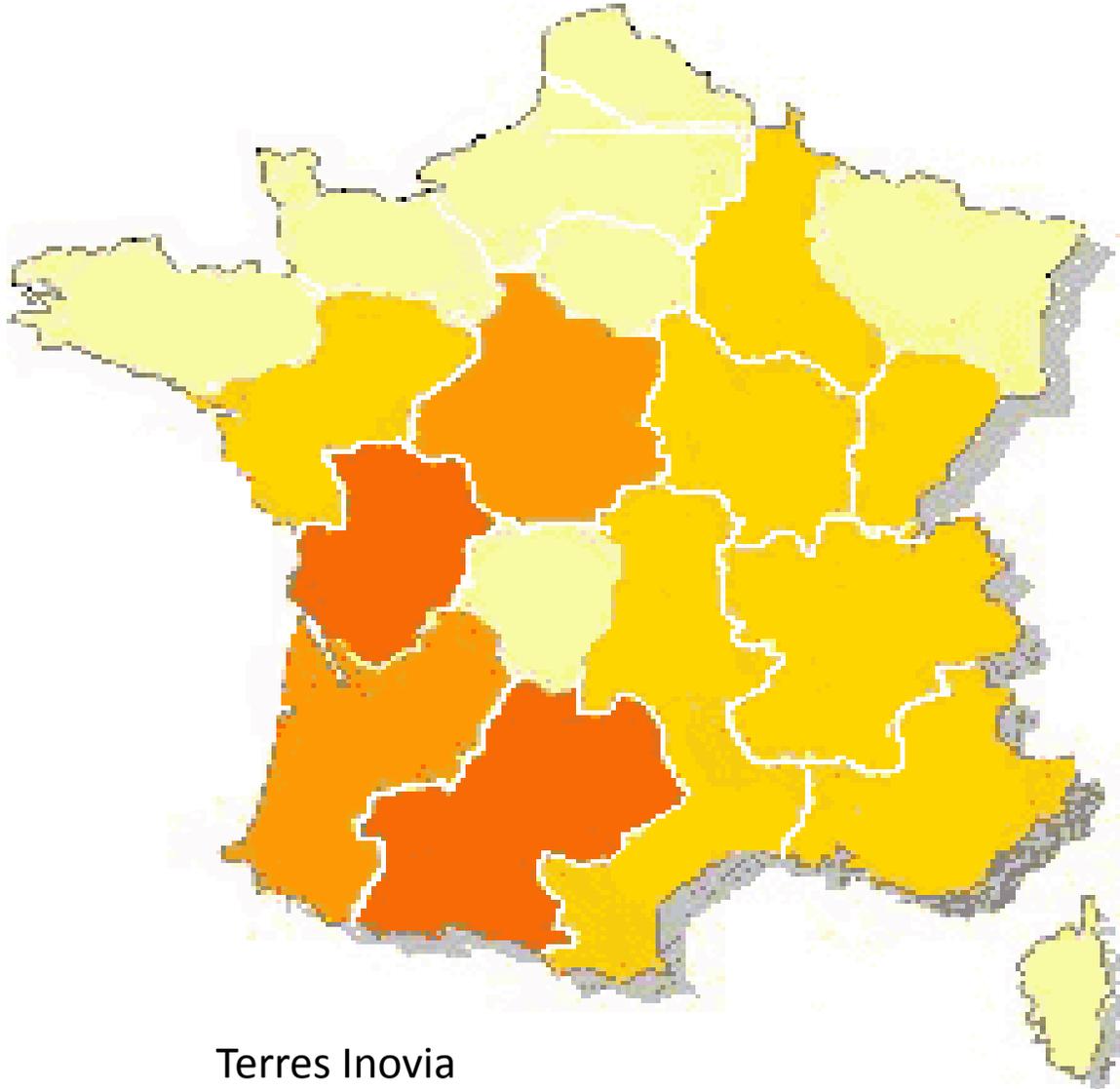
OK Cancel

Règles d'agrégation :

$$12 + 6 + 12 + 4 + 18 + 2 + 2 + 2 = 58$$

Optimisation de la qualité de prediction d'IPSIM

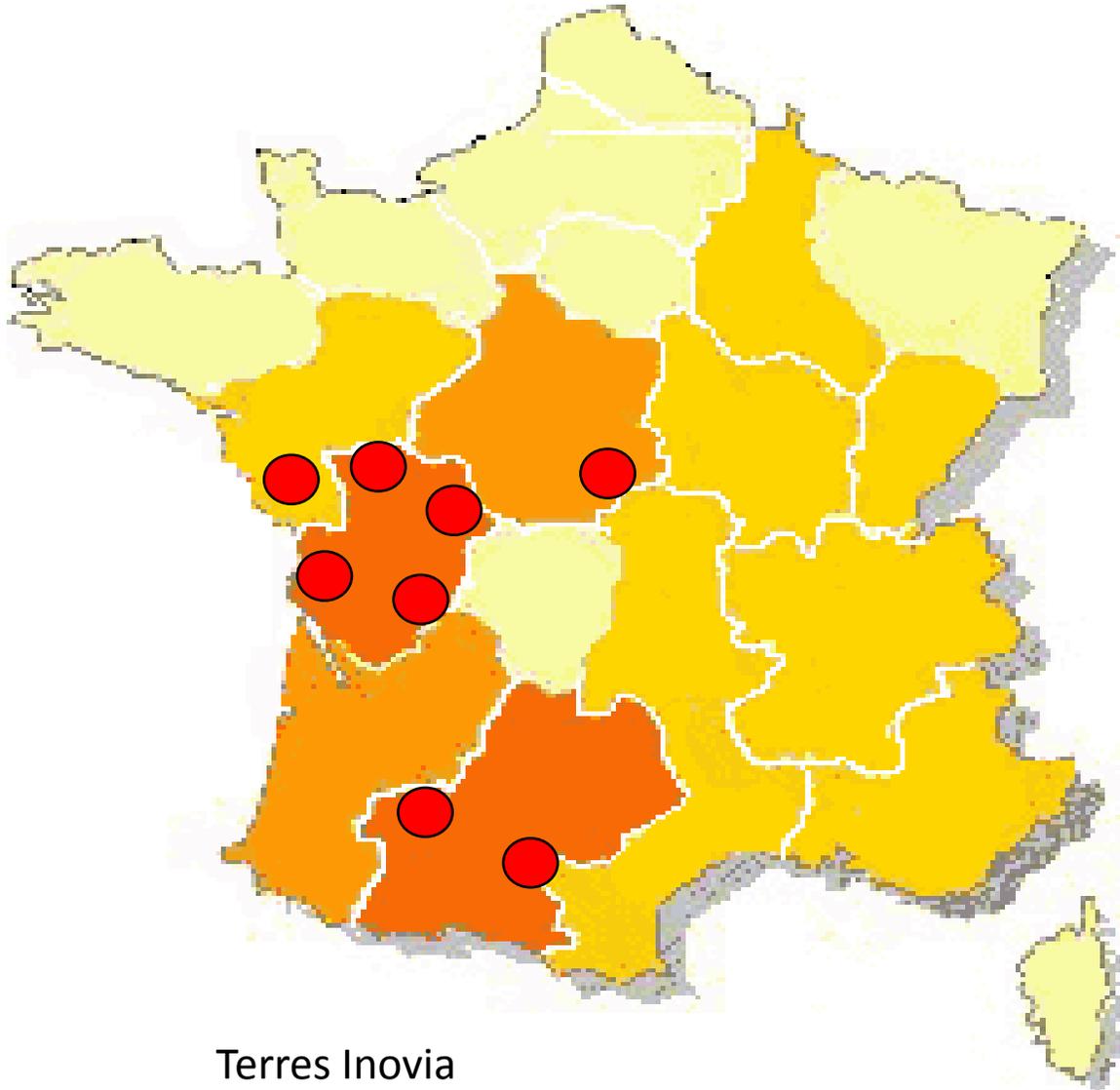
Présentation du jeu de données utilisé



156 situations

Optimisation de la qualité de prediction d'IPSIM

Présentation du jeu de données utilisé

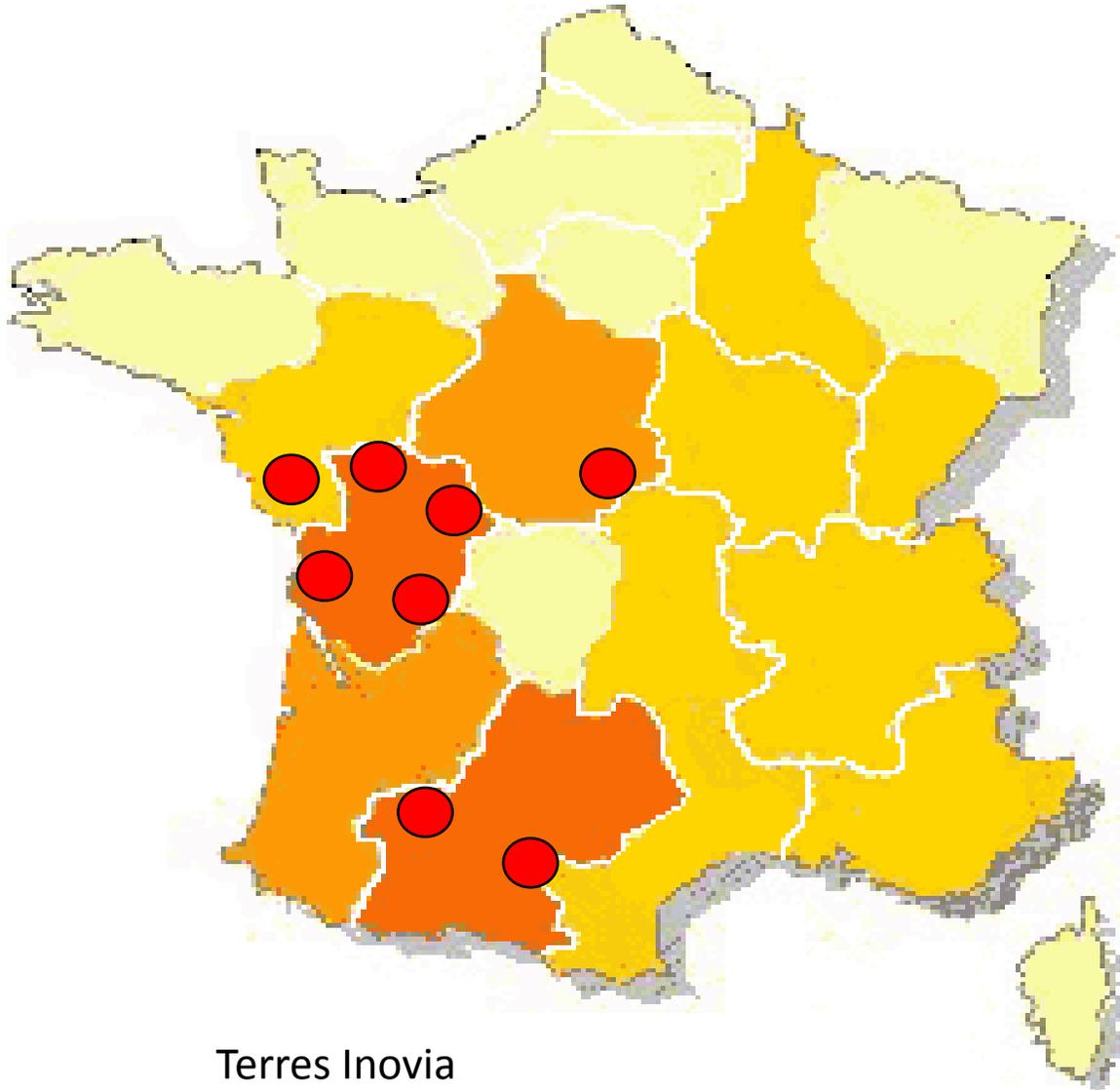


156 situations

8 départements

Optimisation de la qualité de prediction d'IPSIM

Présentation du jeu de données utilisé



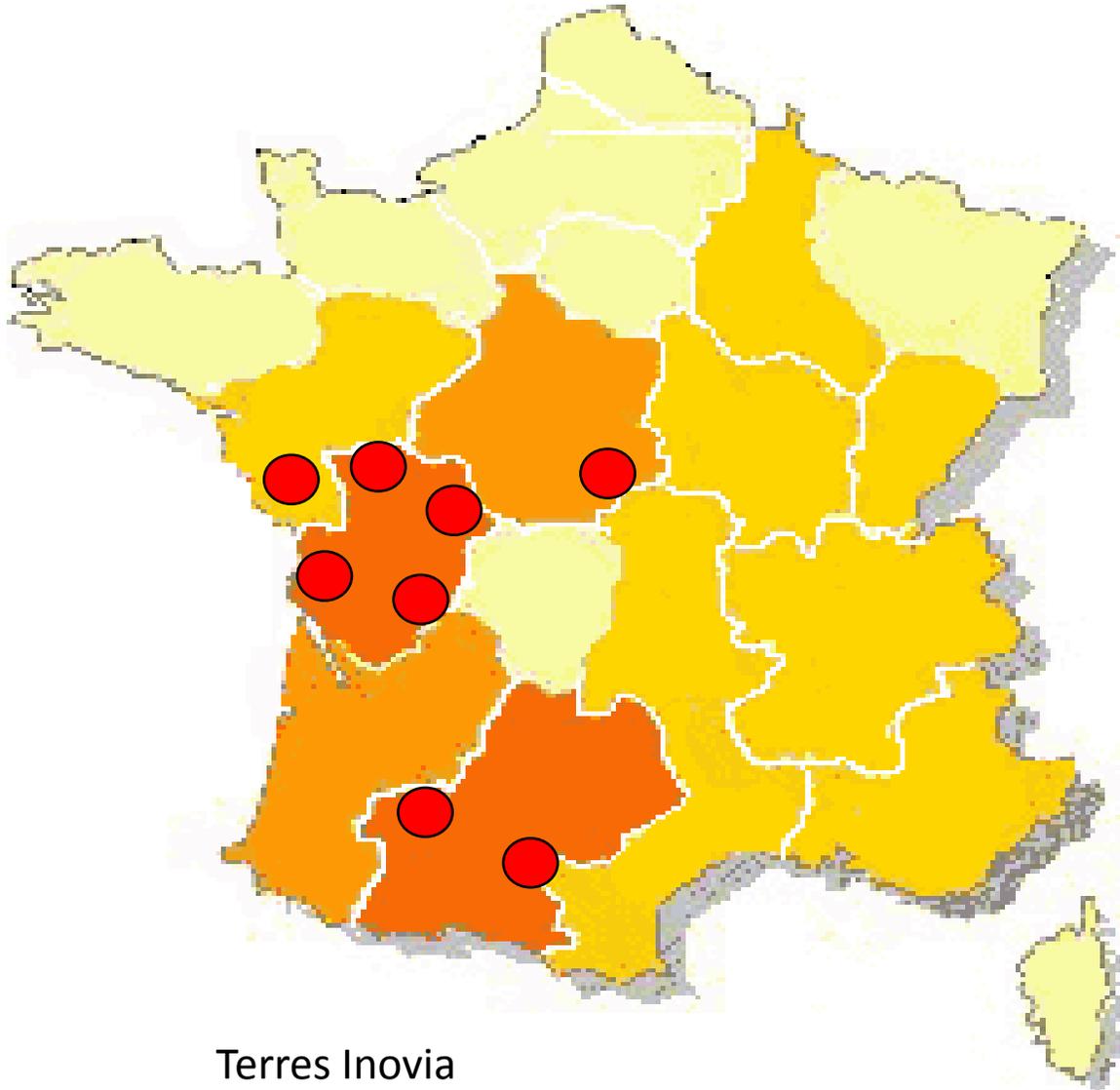
156 situations

8 départements

10 années (1999, 2000, 2001, 2002,
2006, 2007, 2008, 2010, 2011, 2012)

Optimisation de la qualité de prediction d'IPSIM

Présentation du jeu de données utilisé



156 situations

8 départements

10 années (1999 à 2012)

Valeurs des variables d'entrée
et de sortie du modèle IPSIM

Optimisation de la qualité de prediction d'IPSIM

Amélioration de la qualité de prediction

- Hybridation entre expertise et jeu de données
- Adaptation de la méthode proposée par [Wallach *et al.* \(2001\)](#) pour l'estimation de paramètres d'un modèle quantitatif.
- Développement d'un algorithme identifiant la combinaison de règles d'agrégation conduisant au K_p le plus élevé (par validation croisée sans corrélation ni dans le temps ni dans l'espace).

Optimisation de la qualité de prediction d'IPSIM

Présentation de l'algorithme

Boucle sur les situations du jeu de données

Jeu de données

Sous-jeu de données i



Situation	Lieu	Année
Situation 1	Marseille	2010
Situation 2	Paris	2010
Situation 3	Paris	2000
Situation 4	Toulouse	2000
Situation 5	Toulouse	2010

Optimisation de la qualité de prediction d'IPSIM

Présentation de l'algorithme

Boucle sur les situations du jeu de données

Jeu de données

Sous-jeu de données i



Optimisation de la qualité de prediction d'IPSIM

Présentation de l'algorithme

Boucle sur les situations du jeu de données

Jeu de données

Sous-jeu de données i



Test sur le sous-jeu de données i

Pour toutes les valeurs possibles de n règles d'agrégation
 $0 \leq n \leq n_{max}$

$\kappa_p(n)$

	Etat du couvert au stade F1	Etat du couvert au stade E1	L'atténuation par l'état du couvert
1	Défavorable	Défavorable	Défavorable
2	Défavorable	Favorable	Défavorable
3	Favorable	Défavorable	Défavorable
4	Favorable	Favorable	Favorable

Rules: 4/4 (100,00%), determined: 100,00% [Défavorable:3,Favorable:1]

Défavorable
Favorable

Optimisation de la qualité de prediction d'IPSIM

Présentation de l'algorithme

Boucle sur les situations du jeu de données

Jeu de données

Sous-jeu de données i



Test sur le sous-jeu de données i

Pour toutes les valeurs possibles de n règles d'agrégation
 $0 \leq n \leq n_{\max}$

Max $[\kappa_p(n)]$

Optimisation de la qualité de prediction d'IPSIM

Présentation de l'algorithme

Boucle sur les situations du jeu de données

Jeu de données

Sous-jeu de données i



Test sur le sous-jeu de données i

Pour toutes les valeurs possibles de n règles d'agrégation
 $0 \leq n \leq n_{\max}$

K_F

Jeu de données complet

Combinaisons des r règles d'agrégation à optimiser

Optimisation des règles d'agrégation

Modèle optimisé (hybridation expertise + données)

$\text{Max} [\kappa_p(n)]$

Optimisation de la qualité de prediction d'IPSIM

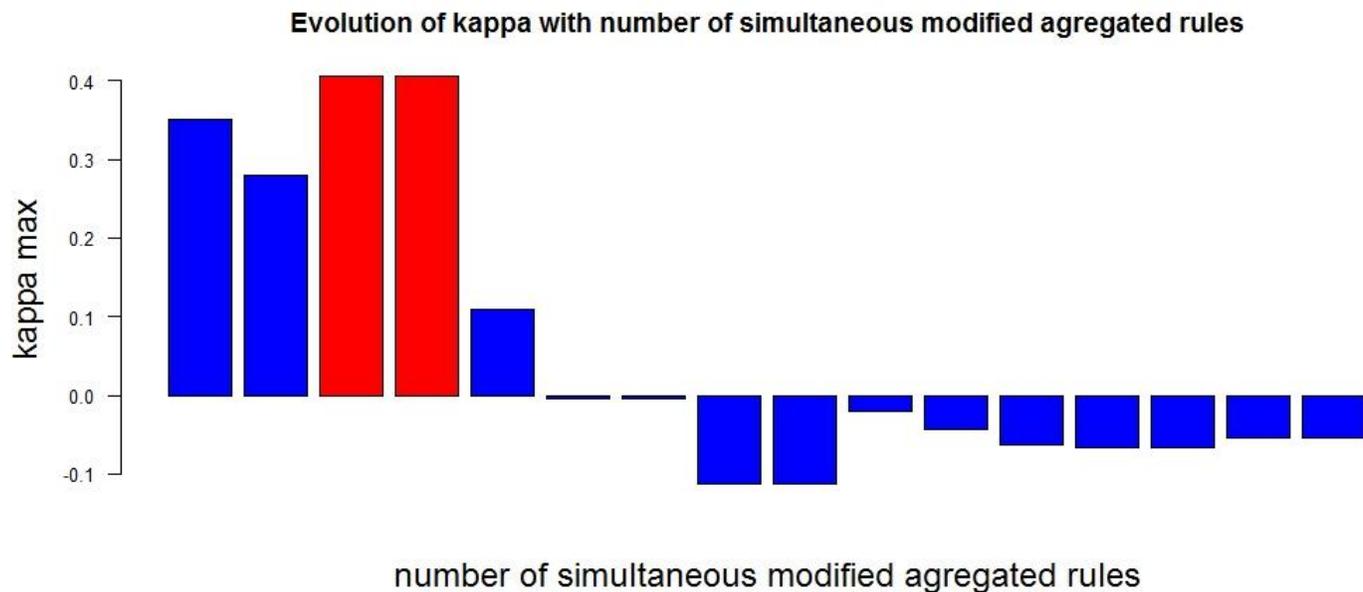
Validation informatique du code générique sous C++ du MIAT Toulouse

Kappa de Cohen pondéré quadratiquement	Sans ajustement	1 règle	2 règles
Algorithme sous C	0,352	0,280	0,406
Algorithme sous R	0,352	0,280	0,406
Précision	10^{-6}	10^{-7}	10^{-6}

Optimisation de la qualité de prediction d'IPSIM

Validation informatique du code générique sous C++ du MIAT Toulouse

Kappa de Cohen pondéré quadratiquement	Sans ajustement	1 règle	2 règles
Algorithme sous C	0,352	0,280	0,406
Algorithme sous R	0,352	0,280	0,406
Précision	10^{-6}	10^{-7}	10^{-6}



Optimisation de la qualité de prediction d'IPSIM

Identification des règles d'agrégation à optimiser et ajustement à l'ensemble du jeu de données

- k_f max (deux règles d'agrégation ajustées simultanément)

1ere modification

2eme modification

Table	Règle	Nouvelle valeur	Table	Règle	Nouvelle valeur	Qualité de prediction K_p	Qualité d'ajustement K_f
Incidence	5	Elevée	Gestion de l'inoculum primaire	5	Très favorable	0,390	0,639

Optimisation de la qualité de prediction d'IPSIM

Modification proposée

	Pratiques culturales	Sol et climat	Interaction au niveau du territoire	Incidence du Phoma sur tige
1	Défavorable	Défavorable	Défavorable	Très élevée [$>30\%$ - 2 tiers inf]
2	Défavorable	Défavorable	Favorable	Elevée [$>30\%$ - tiers inf]
3	Défavorable	Favorable	Défavorable	Elevée [$>30\%$ - tiers inf]
4	Défavorable	Favorable	Favorable	Nul à faible [$<30\%$]
5	Moyennement favorable	Défavorable	Défavorable	Très élevée [$>30\%$ - 2 tiers inf]
6	Moyennement favorable	Défavorable	Favorable	Elevée [$>30\%$ - tiers inf]
7	Moyennement favorable	Favorable	Défavorable	Nul à faible [$<30\%$]
8	Moyennement favorable	Favorable	Favorable	Nul à faible [$<30\%$]
9	Très favorable	Défavorable	Défavorable	Elevée [$>30\%$ - tiers inf]
10	Très favorable	Défavorable	Favorable	Elevée [$>30\%$ - tiers inf]
11	Très favorable	Favorable	Défavorable	Nul à faible [$<30\%$]
12	Très favorable	Favorable	Favorable	Nul à faible [$<30\%$]

A wide-angle photograph of a sunflower field at sunset. The sun is low on the horizon, casting a warm, golden glow over the scene. The sky is filled with soft, orange and yellow clouds. The sunflowers are in full bloom, with their dark brown centers and bright yellow petals. The text "Merci de votre attention" is centered in the upper half of the image in a black, sans-serif font.

Merci de votre attention