

Analyse et modélisation des effets des pratiques culturales et de la situation de production sur les dégâts causés par les bioagresseurs des cultures. Application au blé d'hiver

Marie Hélène ROBIN

Travaux réalisés sous la direction de :

Jean-Noël AUBERTOT



PESTICIDES



Soutenance de thèse 7 février 2014

Plan de l'exposé

2

Introduction : Contexte du travail

I. Objectifs du travail

II. Démarche et méthodes utilisées pour développer le modèle sur blé : IPSIM-Wheat

III. Illustration pour la rouille brune : le modèle IPSIM-Wheat-Brown rust

IV. Sorties d'IPSIM-Wheat

V. Conclusion et Perspectives

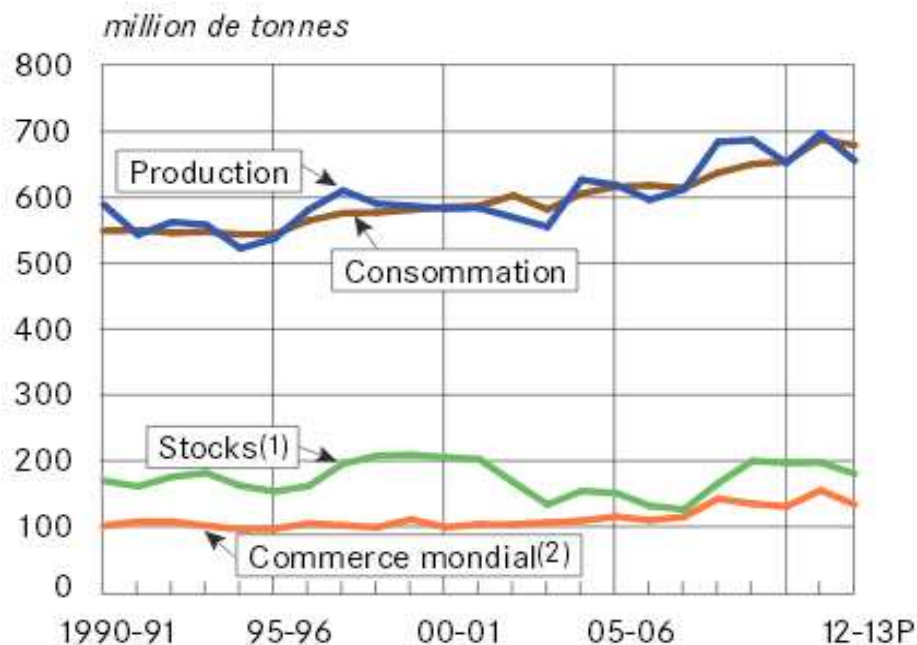


Le blé, un enjeu de production et d'alimentation

3

Contexte

Augmenter la production face à une croissance constante des besoins



Campagne : 1^{er} juillet - 30 juin. Bilan mondial du blé 2013

(1) Stocks fin de campagne.

(2) Ensemble des exportations mondiales.

Source : USDA.

	BLE	POMME DE TERRE	RIZ
	(%)	(%)	(%)
Sans protection	50	75	77

Limiter les pertes de récolte

Pertes de rendement relatives potentielles causées par les bioagresseurs à l'échelle mondiale (Oerke, 2006)

Diapositive 3

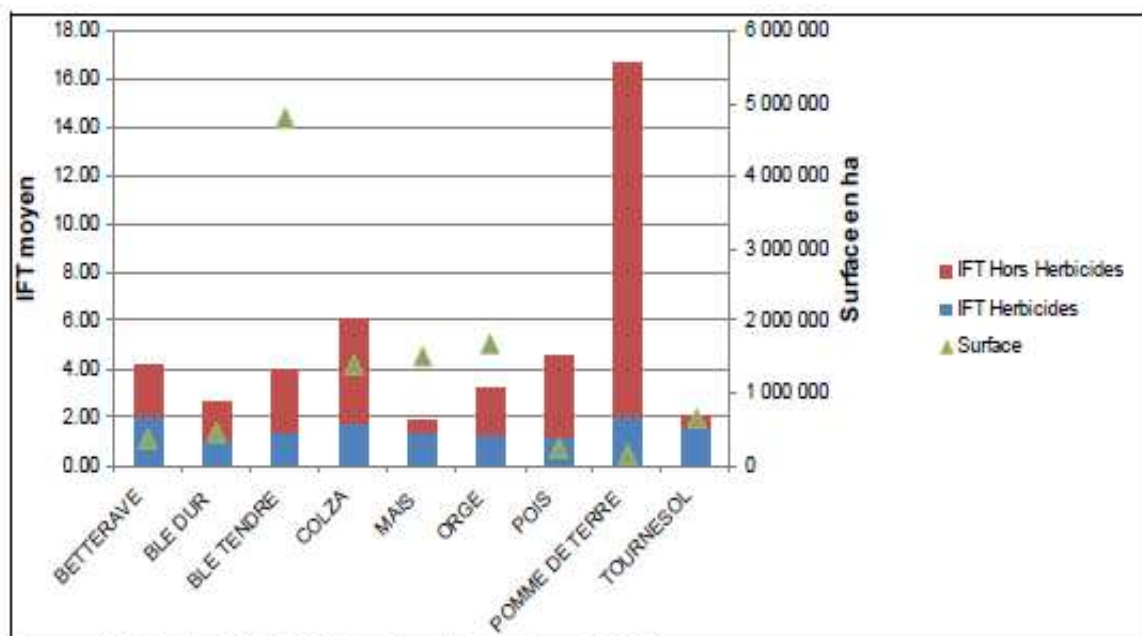
Ju1

Il manque le trait au bas du tableau.

JNA umr 1248 AGIR; 03/02/2014

Le blé, produire plus et mieux

4



Sources : IFT (données SCEES 2006), surfaces (données Agreste 2006)

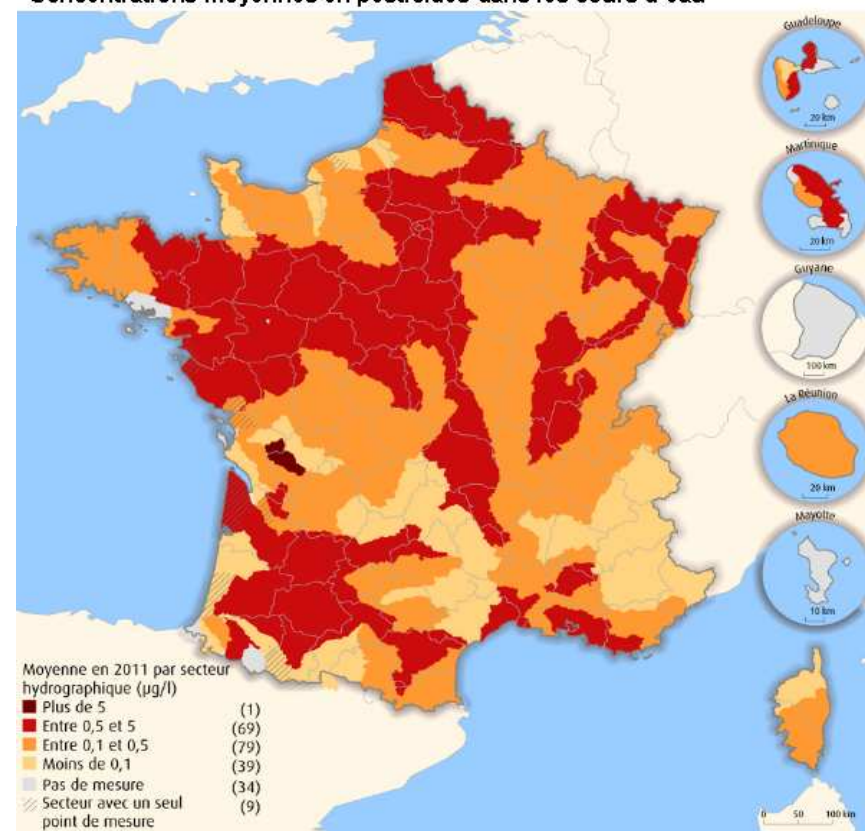
Contribution moyenne à la pression d'utilisation des pesticides et surfaces cultivées correspondantes, en 2006

Un enjeu de protection de la culture...

...et de préservation de l'environnement

- Remise en cause du modèle agricole productiviste
- Plan Ecophyto et directive 2009/128/CE :
 - ✓ réduire l'utilisation des pesticides et promouvoir des méthodes alternatives pour diminuer les pressions et les pertes dues aux bioagresseurs

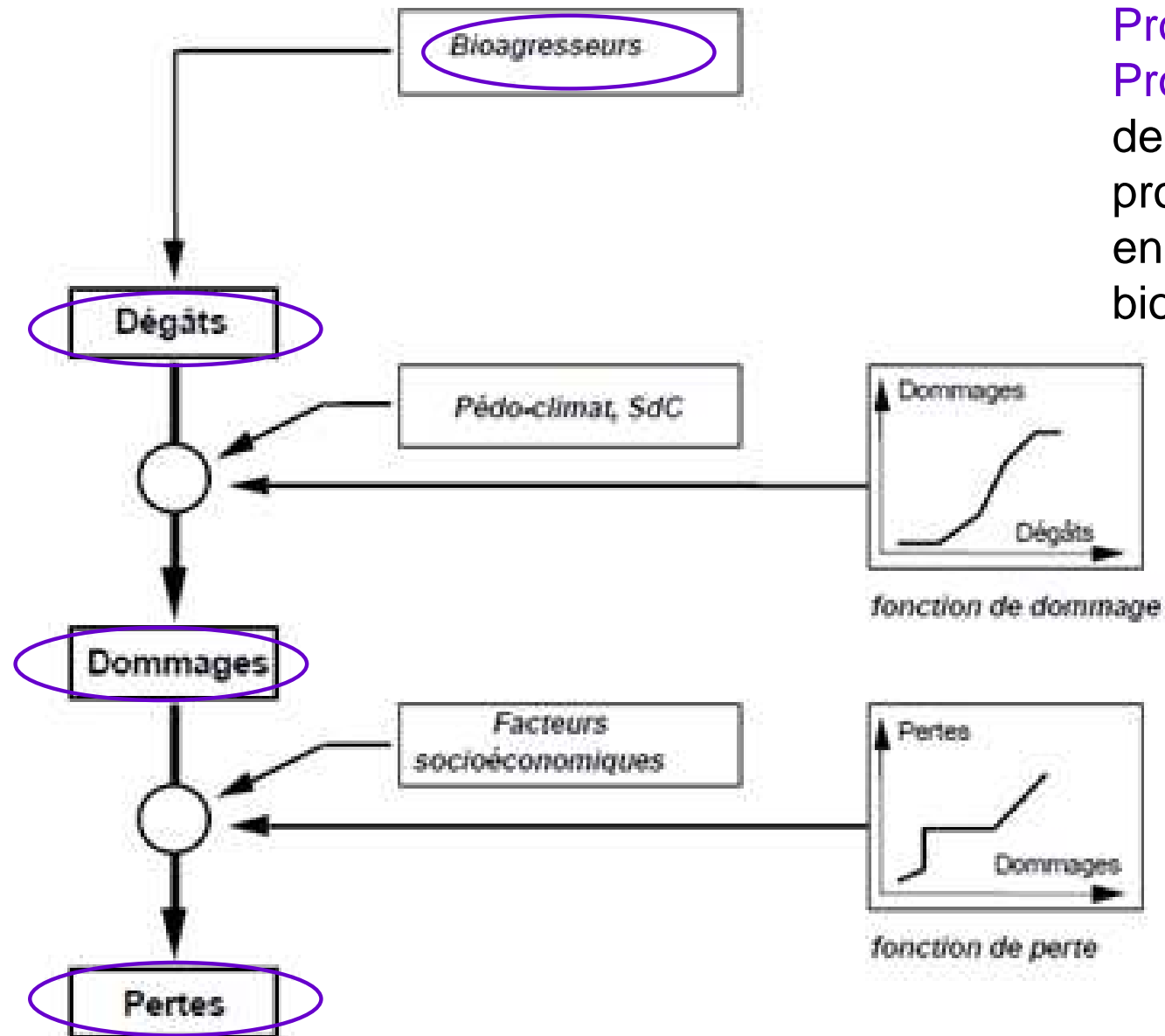
Concentrations moyennes en pesticides dans les cours d'eau



Source : SOEs d'après agences de l'eau et offices de l'eau, 2013 – MEDDE, BD Carthage®, 2012

La représentation des relations dégâts/dommages/pertes...

5

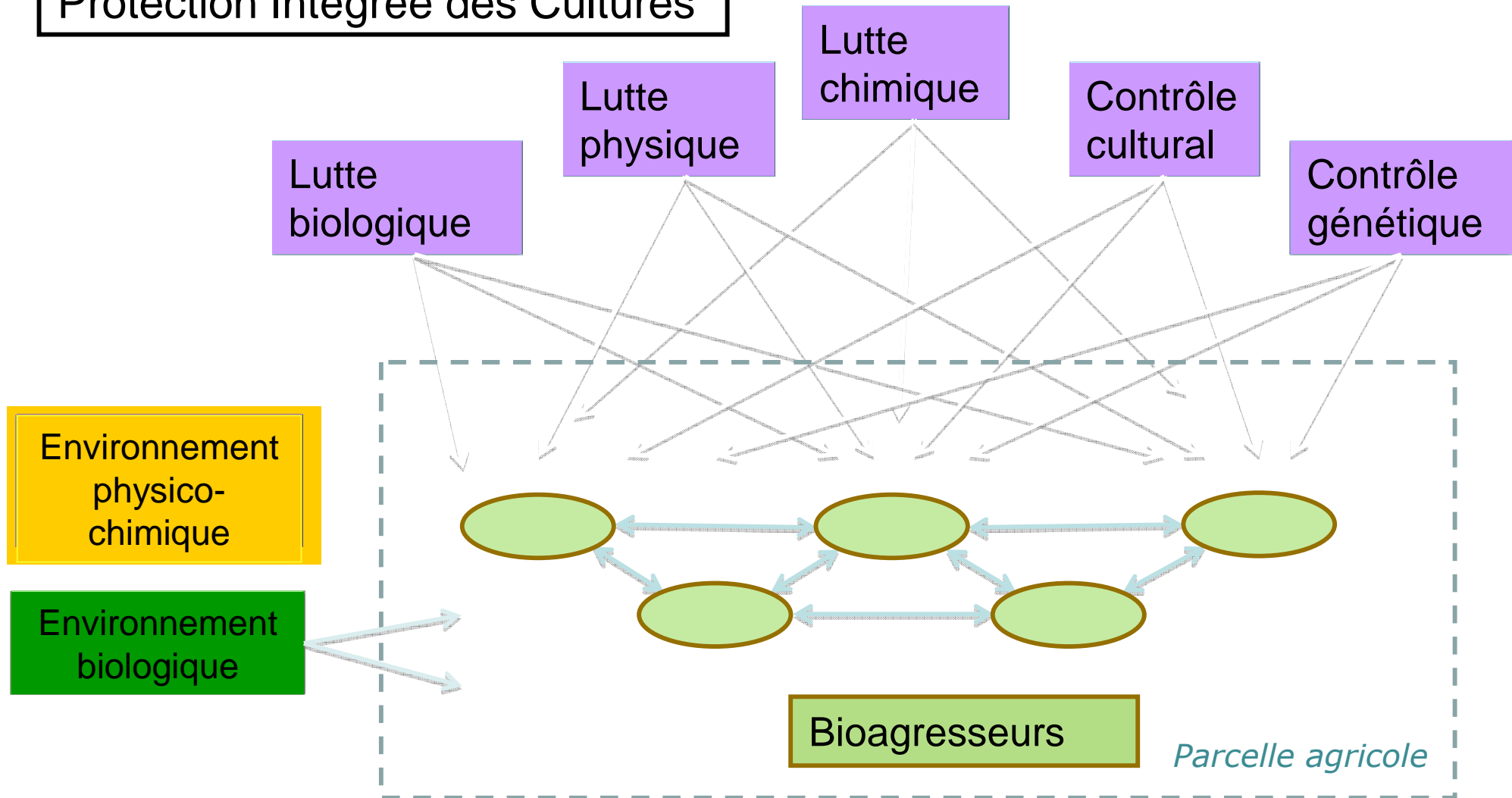


Profil de dégâts (Injury Profile) : combinaison de niveaux de dégâts provoqués par un ensemble de bioagresseurs (Savary, 2000)

La prise en compte des dimensions horizontale (profil de bioagresseurs) et verticale (combinaison d'un ensemble de méthodes à effets partiels) de l'intégration en protection des cultures est nécessaire pour répondre au double enjeu : produire plus et mieux

6

Protection Intégrée des Cultures



Plan de l'exposé

7

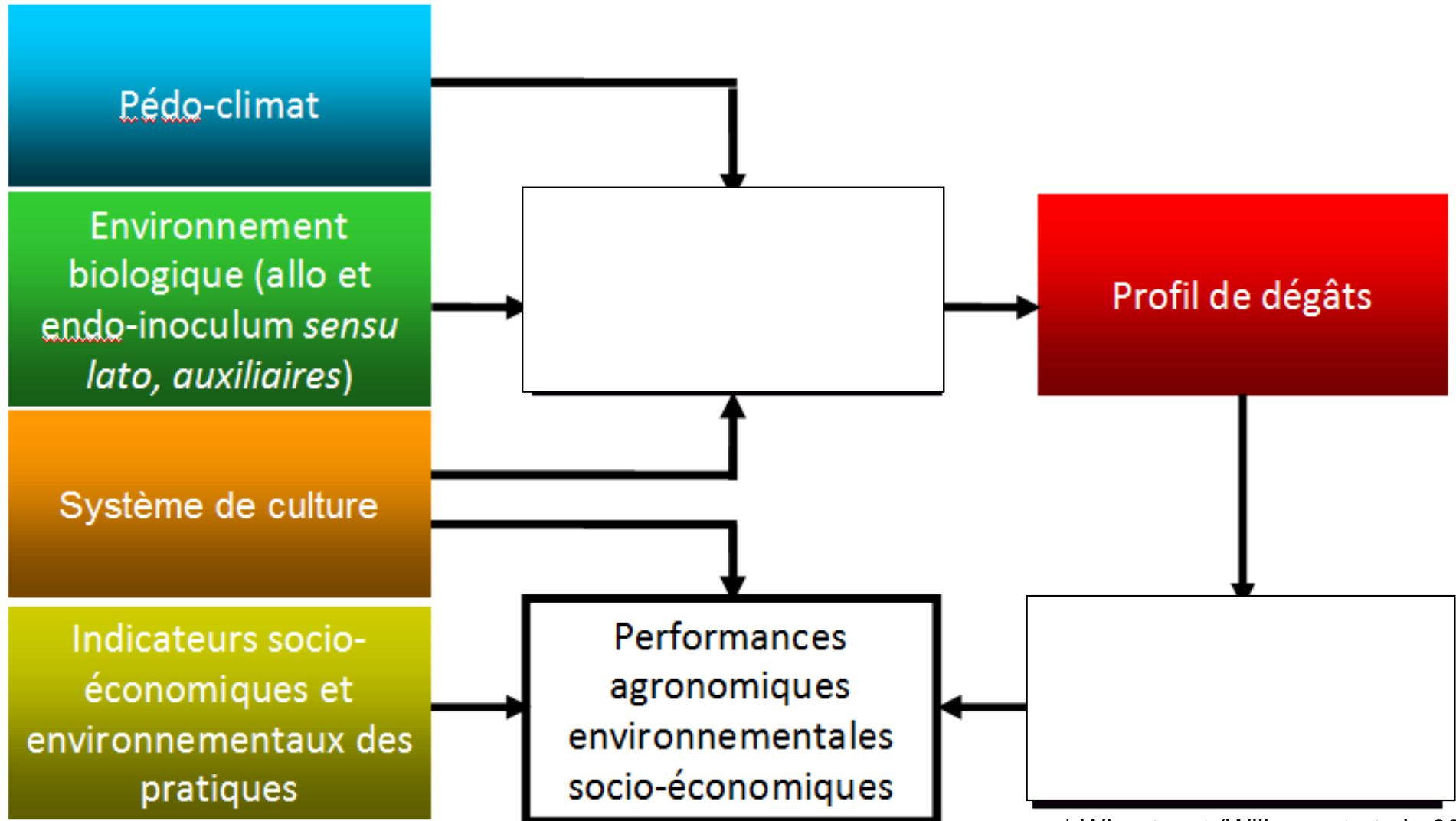
Comment aider à la gestion d'un ensemble de bioagresseurs en mobilisant les leviers de la protection des cultures ?



- I. Objectifs du travail
- II. Démarche et méthodes utilisées pour développer le modèle sur blé : IPSIM-Wheat
- III. Illustration pour la rouille brune : le modèle IPSIM-Wheat-Brown rust
- IV. Sorties du modèle IPSIM-Wheat
- V. Conclusion et Perspectives

Objectifs : Cadre conceptuel du travail

8



* Wheatpest (Willoquet et al., 2008)

Diapositive 8

Ju2

Attention, la référence apparaît trop tôt !

JNA umr 1248 AGIR; 03/02/2014

La modélisation est l'outil le plus adapté pour appréhender le comportement de systèmes complexes

9

- Des **modèles de culture** : e.g. CropSyst (Stockle et al., 1994), STICS (Brisson et al., 1998)
- Des **modèles épidémiologiques** : e.g. modèles à compartiments rouille brune (Benizri et al., 1992), et piétin verse (Rapilly et al., 1976)
- Des **modèles de nuisibilité** : WHEATPEST (Willoquet et al., 2008), INFOCROP (Aggarwal, 2006)
- Des **modèles d'aide à la décision** : e.g. Spirouil (Rocque, 1991), TOP (Délos, 1995), PRESEPT (Rouzet et al., 1988), grilles de décision (Arvalis, 2012)
- Peu de modèles décrivant **les effets des systèmes de culture sur les bioagresseurs** : e.g. Alomysis (Colbach, xxxx), SIPPOM (Lô-Pelzer, 2010)
- Peu de modèles représentant **plusieurs bioagresseurs simultanément** (généralement pour un seul règne) : FLORSYS (Gardarin et al., 2007), baromètre maladies (Arvalis, 2013)
- **Nécessité de développer des modèles représentant les effets des pratiques agricoles sur un profil de dégâts dans une situation de production donnée**

Diapositive 9

- Ju3** Attention, tu n'es plus homogène ici. Donne plutôt des noms de modèles...
JNA umr 1248 AGIR; 03/02/2014
- Ju4** Alomsys ne fait pas cela...
JNA umr 1248 AGIR; 03/02/2014
- Ju5** Références ?
JNA umr 1248 AGIR; 03/02/2014
- Ju6** Reste homogène dans les termes !
JNA umr 1248 AGIR; 03/02/2014

Objectifs du travail : Nécessité d'une approche intégrative en protection des cultures

10

- Analyser les effets du **Système de Culture** et de la **situation de production** sur le **profil de dégâts** du blé d'hiver : disposer des connaissances permettant l'aide à la décision stratégique
- Concevoir un nouveau **cadre conceptuel** générique pour intégrer à la fois des combinaisons de méthodes de gestion à effet partiel et prendre en compte un ensemble de bioagresseurs
- Développer et évaluer un **modèle de simulation** mobilisant ce cadre et représentant les effets des pratiques agricoles sur les profils de dégâts d'une culture dans une situation de production donnée : **IPSIM-Wheat (Injury Profile Simulator)**
- Développer un **outil** permettant de constituer une passerelle entre la production de connaissances académiques et le monde agricole

Plan de l'exposé

11

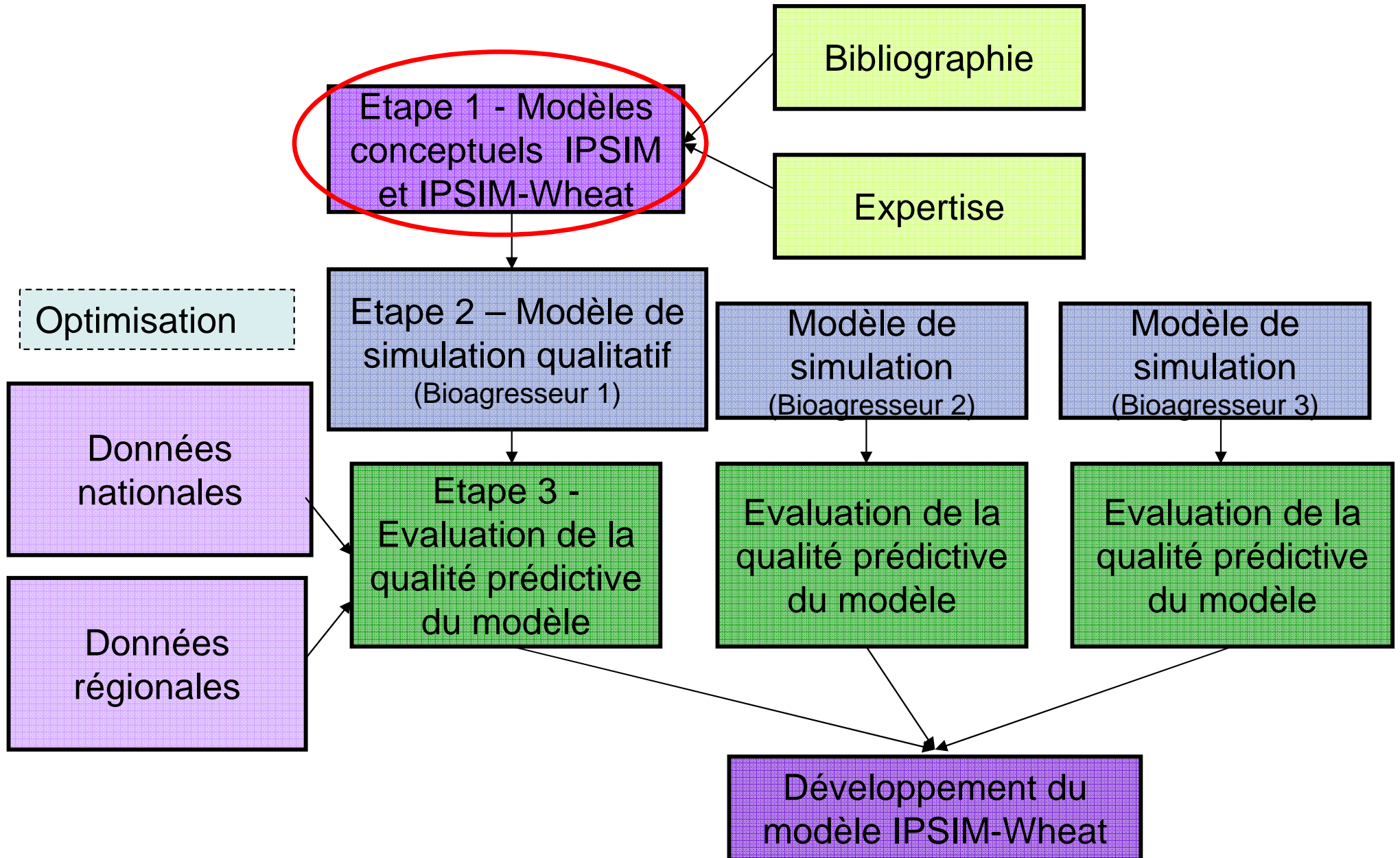
Comment aider à la gestion d'un ensemble de bioagresseurs en mobilisant les leviers de la protection des cultures?



- I. Objectifs du travail
- II. Démarche et méthodes utilisées pour développer le modèle sur blé : IPSIM-Wheat
- III. Illustration pour la rouille brune : le modèle IPSIM-Wheat-Brown rust
- IV. Sorties du modèle IPSIM-Wheat
- V. Conclusion et Perspectives

Démarche suivie pour la conception du modèle IPSIM-Wheat

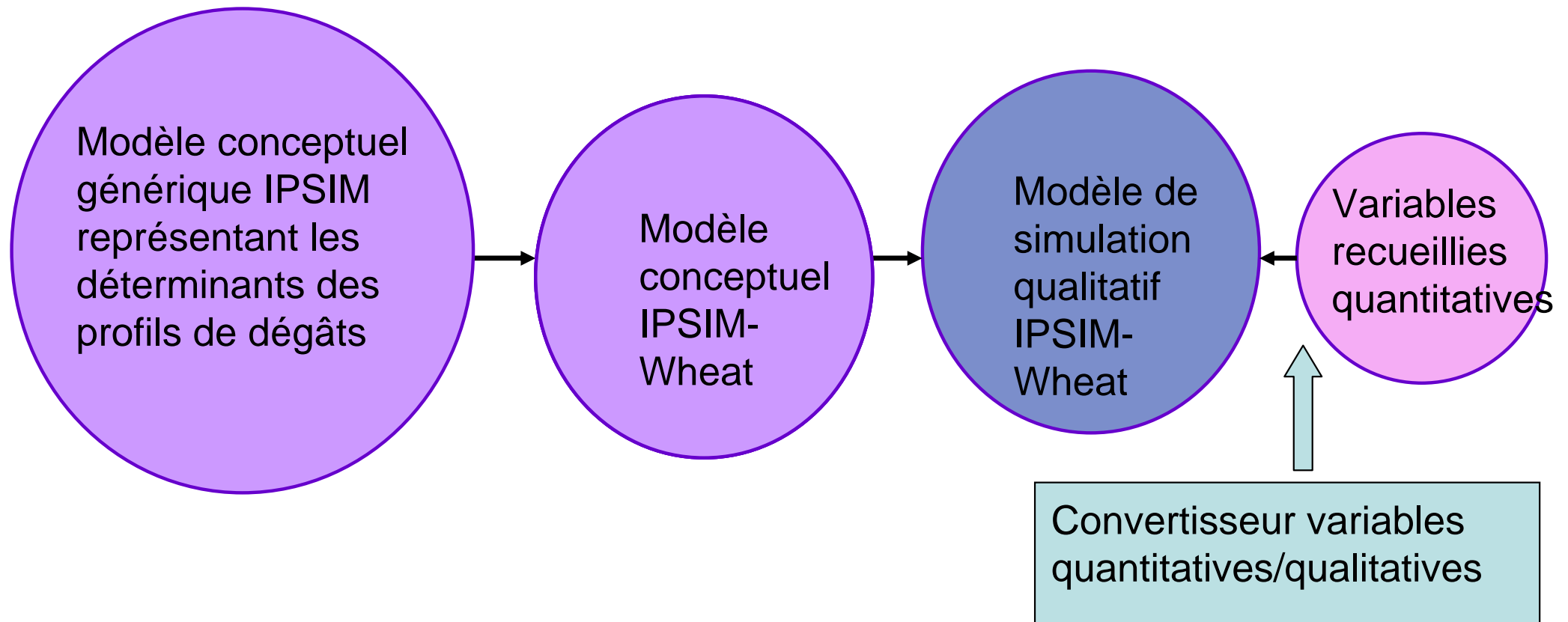
12



Démarche suivie pour la conception du modèle IPSIM-Wheat

13

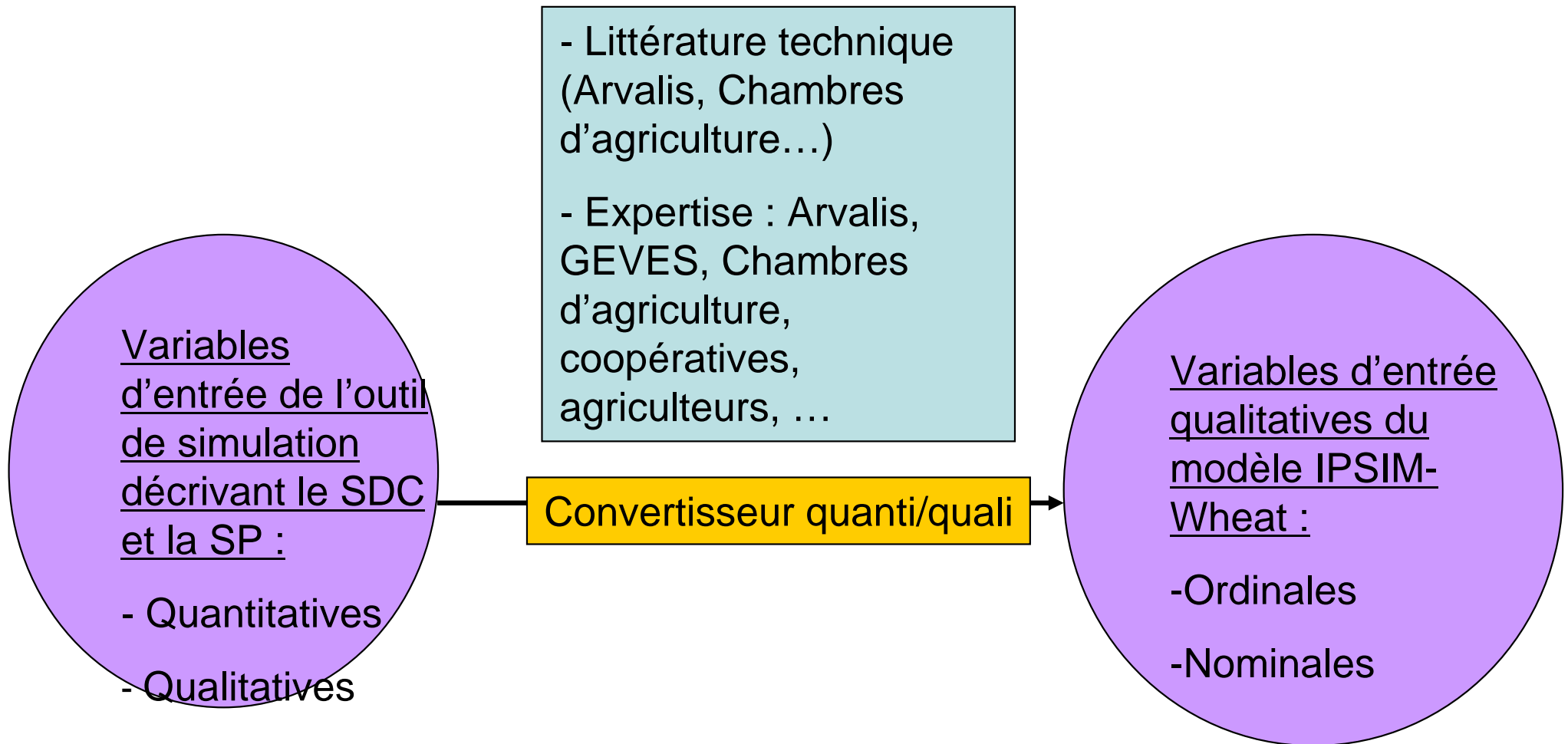
Etape 1 – Elaboration d'un modèle conceptuel IPSIM-Wheat permettant de représenter les facteurs et les interactions déterminant un profil de dégâts sur blé d'hiver (analyse par bibliographie et expertise) ; choix d'un formalisme permettant de traduire ce modèle conceptuel en modèle de simulation qualitatif ; développement d'un convertisseur pour disposer d'un outil de simulation mobilisant des variables d'entrée quantitatives et/ou qualitatives



Démarche suivie pour la conception du modèle IPSIM-Wheat

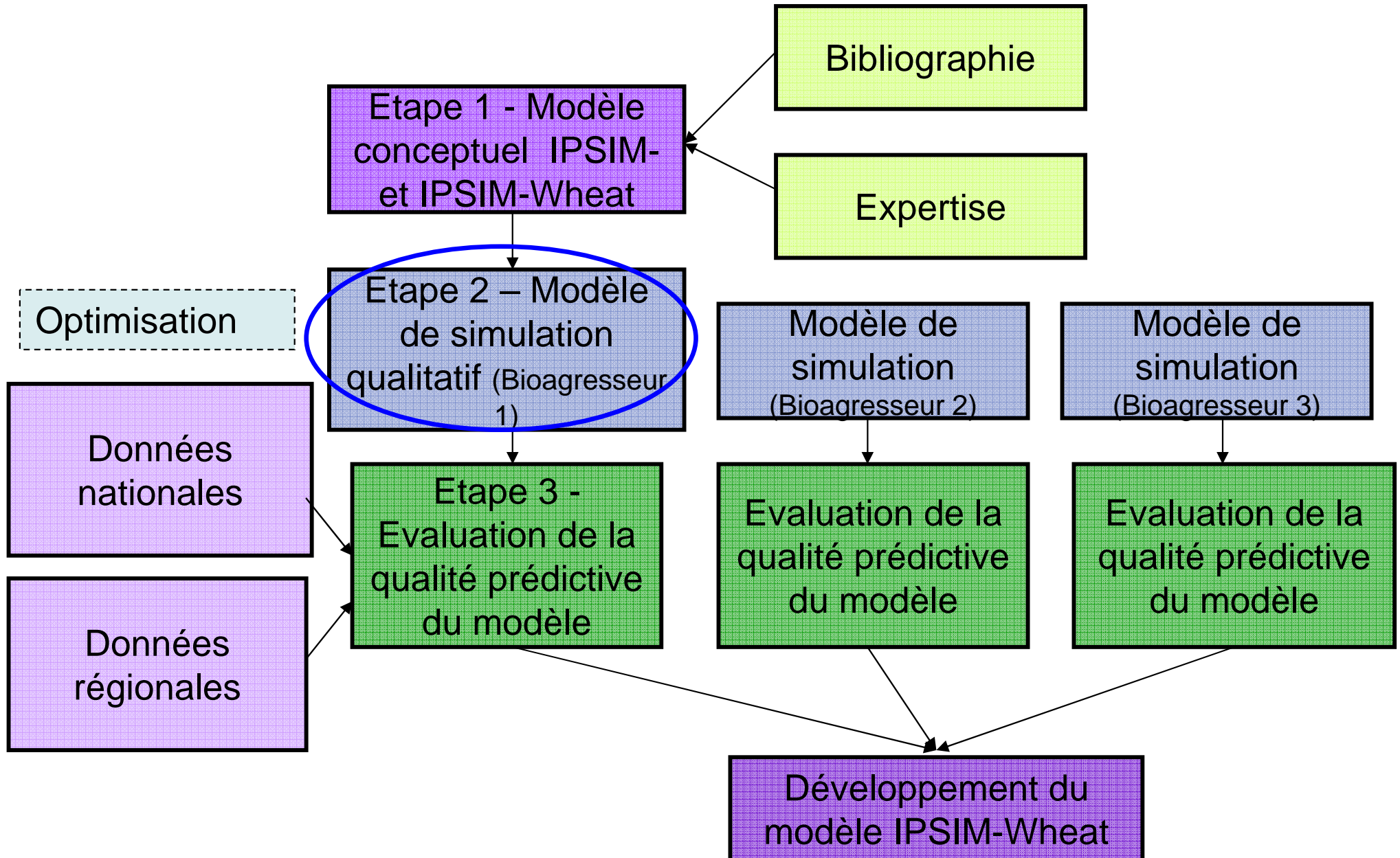
14

Etape 1 – **Elaboration d'un modèle conceptuel IPSIM-Wheat** puis traduction en modèle de simulation qualitatif à partir de données recueillies quantitatives



Démarche suivie pour la conception du modèle IPSIM-Wheat

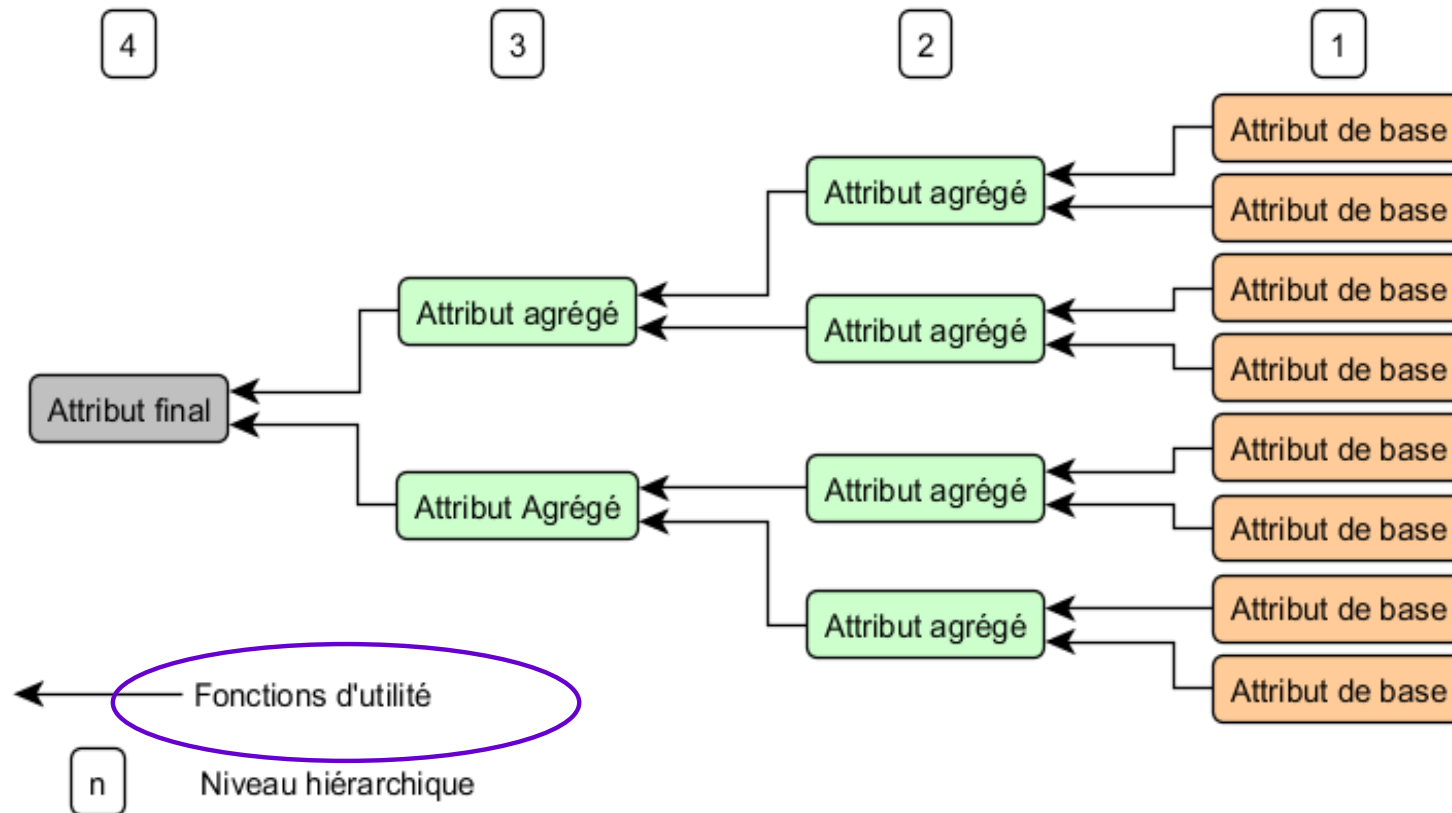
15



Méthodes utilisées pour la conception du modèle IPSIM-Wheat

16

Etape 2 - Transposition du modèle conceptuel proposé en modèles de simulation (approche par **modélisation hiérarchique agrégative et qualitative**). Utilisation de la **méthode DEX** (Decision Expert, Bohanec, 2007) et du logiciel DEXi

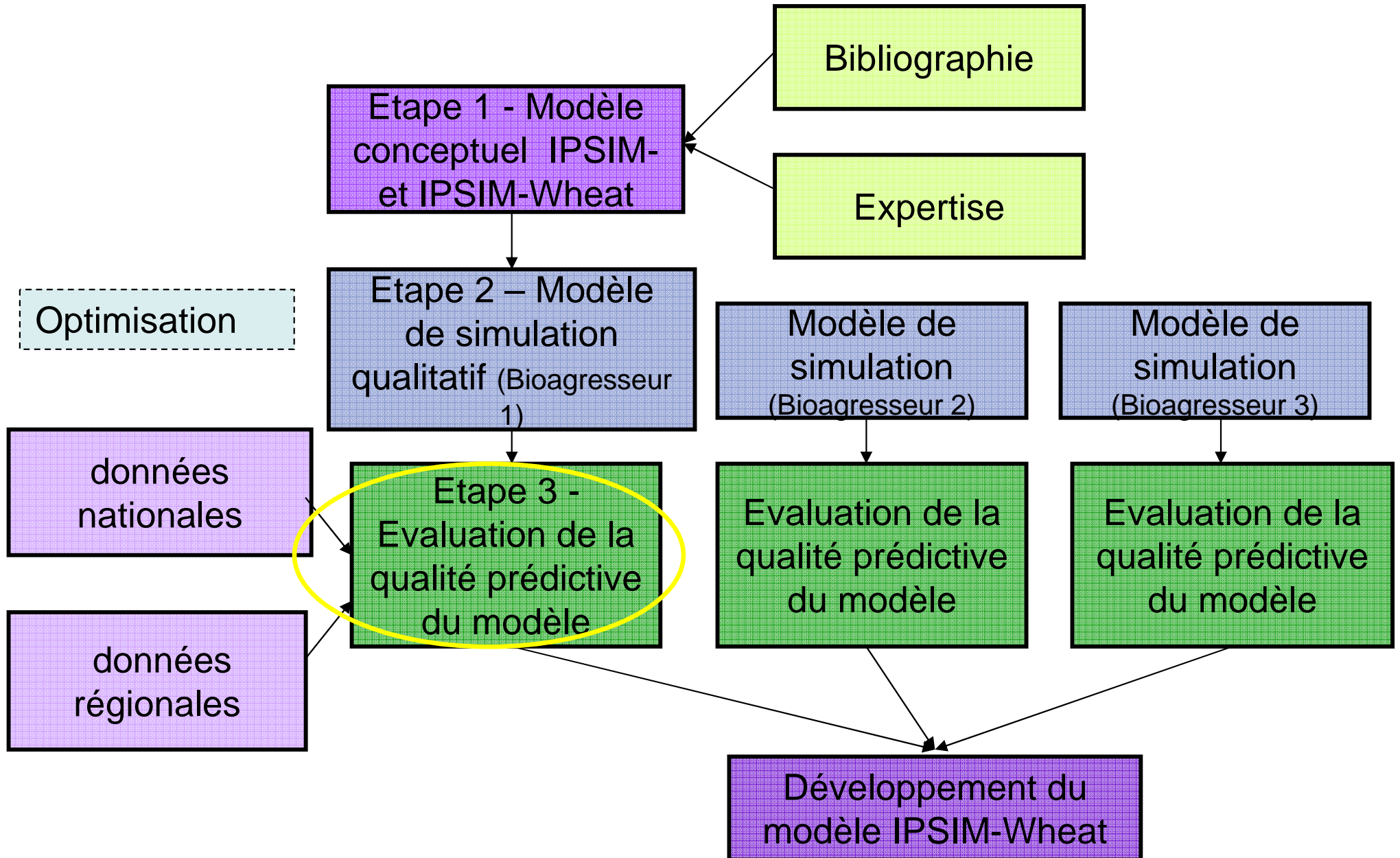


Etapes pour la conception des modèles sous DEXi :

- Identifier et organiser les attributs
- Définir les échelles d'attributs
- Définir les tables d'agrégation (fonctions d'agrégation de type « si...alors »)

Démarche suivie pour la conception du modèle IPSIM-Wheat

17



Méthodes utilisées pour la conception du modèle IPSIM-Wheat

18

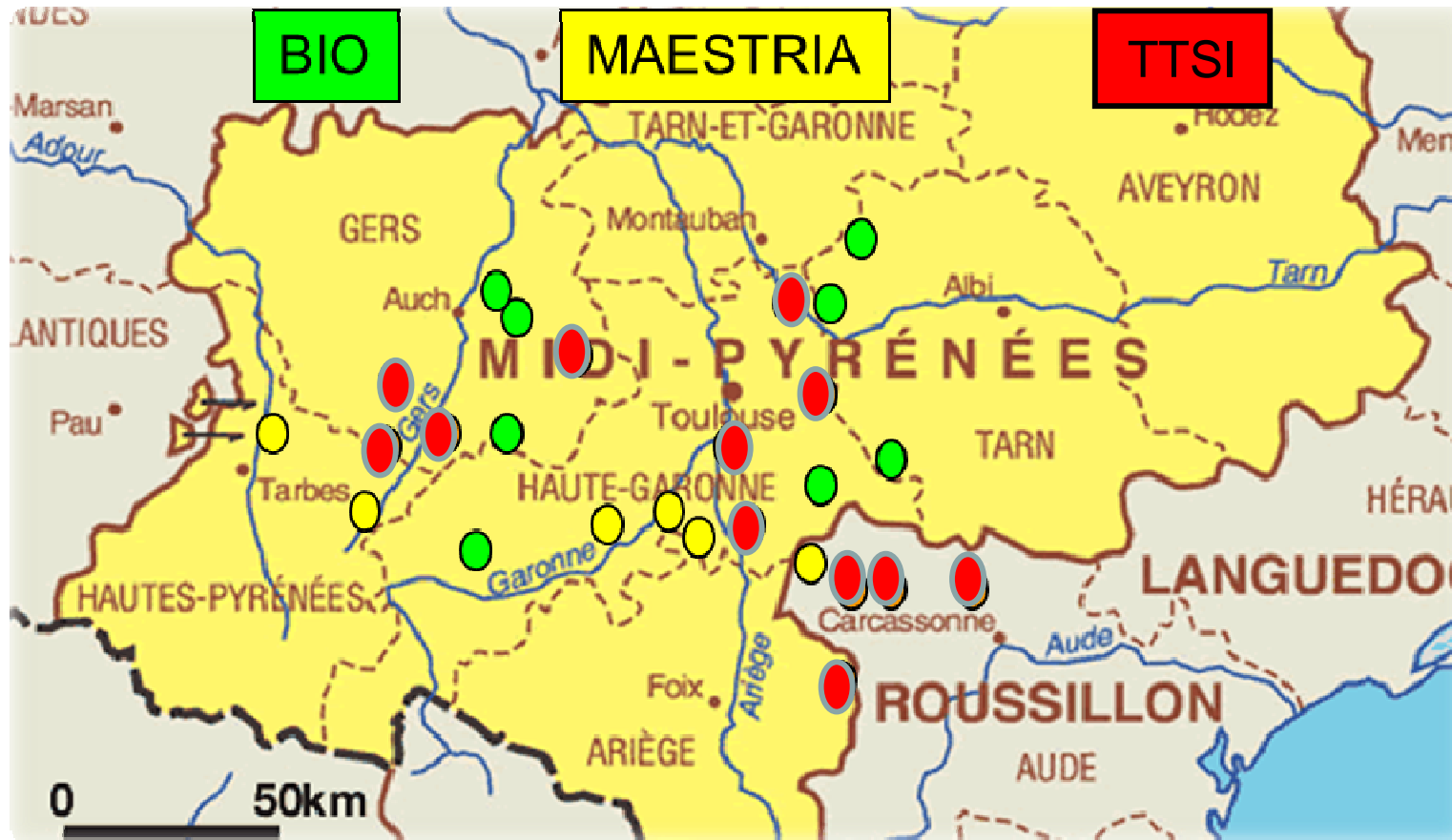
Etape 3 – Evaluation de la **qualité prédictive** du modèle de simulation grâce à l'utilisation d'un jeu de données national

Nom du dispositif et de l'organisme coordinateur	Département	Année	Systèmes testés	Piétin-verse	P. échaudage	Fusariose tige	Oïdium	Septoriose	Rouille brune	Rouille jaune	Fusariose épis	JNO	Pucerons	Adventices	Type de notations (Méthode, Absence/Présence, Incidence, Sévérité, Etat final/ Dynamique)
Systèmes de culture et Protection Intégrée contre les mauvaises herbes INRA-Dijon	21	2000 à 2010	-Raisonné -Intégré sans labour -Intégré sans désherbage mécanique -Intégré avec désherbage mécanique -Zéro herbicide												Méthode Barralis Note d'abondance géoréférencée
Fermes de Boigneville Arvalis-Institut technique du végétal	91	1989 à 2010	-Raisonné -Mach 2 -Monoculture de blé -Biologique												Absence / Présence
La Cage INRA-Paris Grignon	78	1997 à 2010	-Productif -Intégré -Biologique -Non travail du sol sous couvert végétal												Pour les maladies Présence/Absence en dynamique Incidence et Sévérité en état final Pour les adventices, méthode Barralis

Méthodes utilisées pour la conception du modèle IPSIM-Wheat

19

Etape 3 – Evaluation de la **qualité prédictive** du modèle grâce à l'utilisation d'un jeu de données régional



Réseau d'observations en parcelles agricoles (2011-2013, 132 sites-années, MAESTRIA C.A Midi-Pyrénées, TTSI projet CASDAR, réseau d'agriculteurs bio de Midi-Pyrénées, ...) (Cholez, 2011; Magnard, 2012; Thomas, 2013)

Étape 3 – Evaluation de la **qualité prédictive** du modèle

A- développement d' un jeu de données et transformation des données brutes

B - **Comparaison** des valeurs simulées (en classes de sévérité) et observées (en % de sévérité) et évaluation de la qualité prédictive par 2 voies :

- Capacité à prédire les bonnes classes de sévérité
- Capacité à prédire les bonnes sévérités en %

critères statistiques utilisés (Wallach, 2006):

$$Biais = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} (Y_i^{obs} - Y_i^{sim})$$

$$RMSEP = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} (Y_i^{sim} - Y_i^{obs})^2}$$

$$Efficience = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (Y_i^{sim} - Y_i^{obs})^2}{\sum_{i=1}^{i=n} (Y_i^{obs} - \overline{Y_{obs}})^2} \right)$$

n : nombre total d'observations

Y_i^{sim} : valeur simulée à l' i ème observation

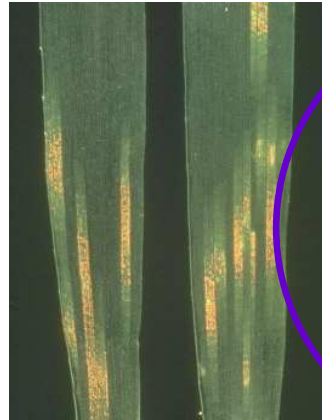
Y_i^{obs} : valeur observée à l' i ème observation

Y_{obs} : valeur observée moyenne

Démarche suivie pour la conception du modèle IPSIM-Wheat

21

IPSIM-WHEAT



Plan de l'exposé

22

Comment aider à la gestion d'un ensemble de bioagresseurs en mobilisant les leviers de la protection des cultures ?



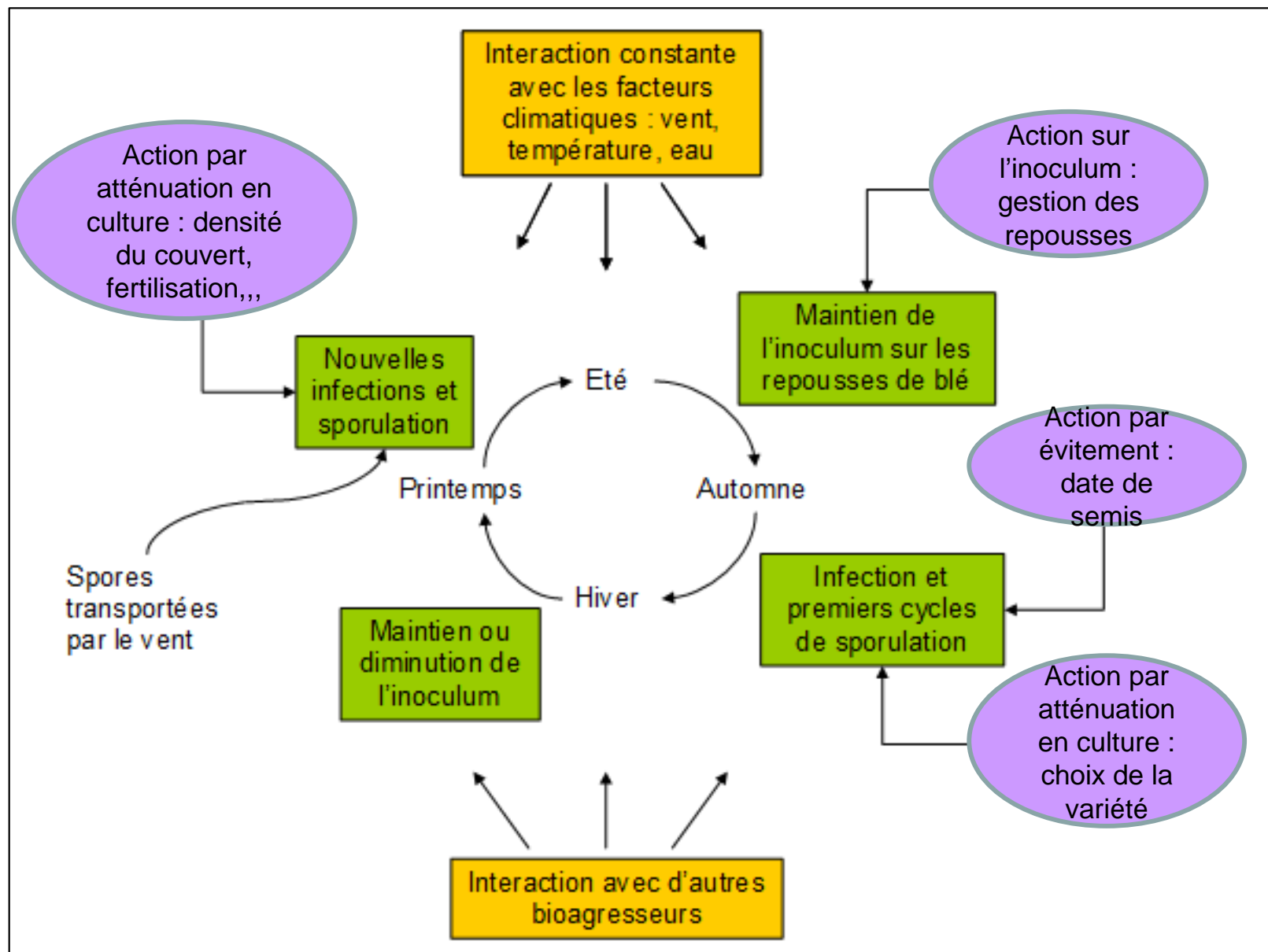
- I. Objectifs du travail
- II. Démarche et méthodes utilisées pour développer le modèle sur blé : IPSIM-Wheat
- III. **Illustration pour la rouille brune : le modèle IPSIM-Wheat-Brown rust**
 - 1 – Du modèle conceptuel IPSIM-Wheat au modèle de simulation rouille brune
 - 2 – Construction du modèle rouille brune sous DEXi
 - 3 – Evaluation de la qualité prédictive
- IV. Sorties du modèle IPSIM-Wheat
- V. Conclusion et Perspectives

Développement du modèle IPSIM-Wheat-brown rust

23

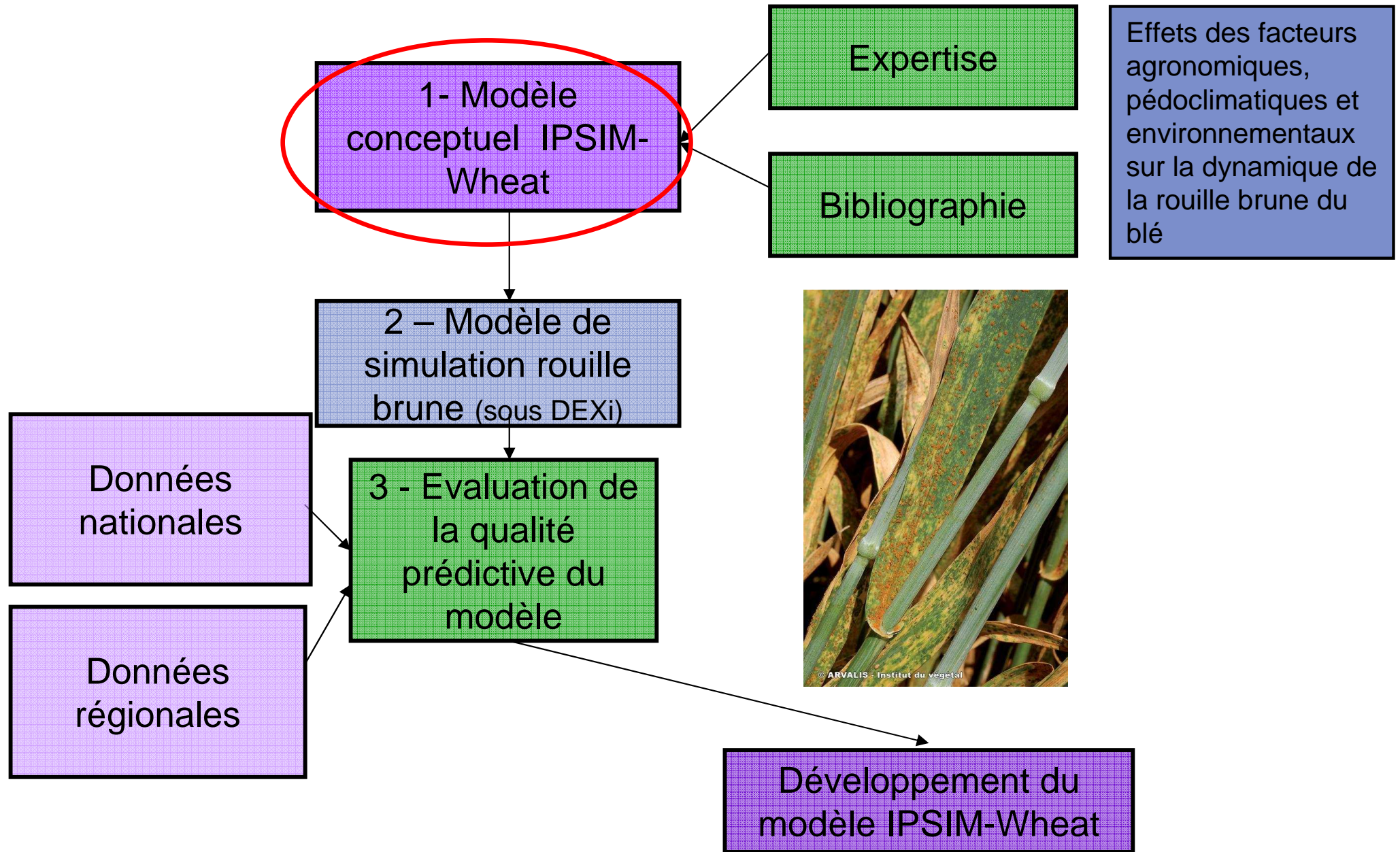


Représentation schématique du cycle de **la rouille brune** et interactions avec les pratiques culturales, le pédoclimat et l'environnement,



Développement du modèle IPSIM-Wheat-brown rust

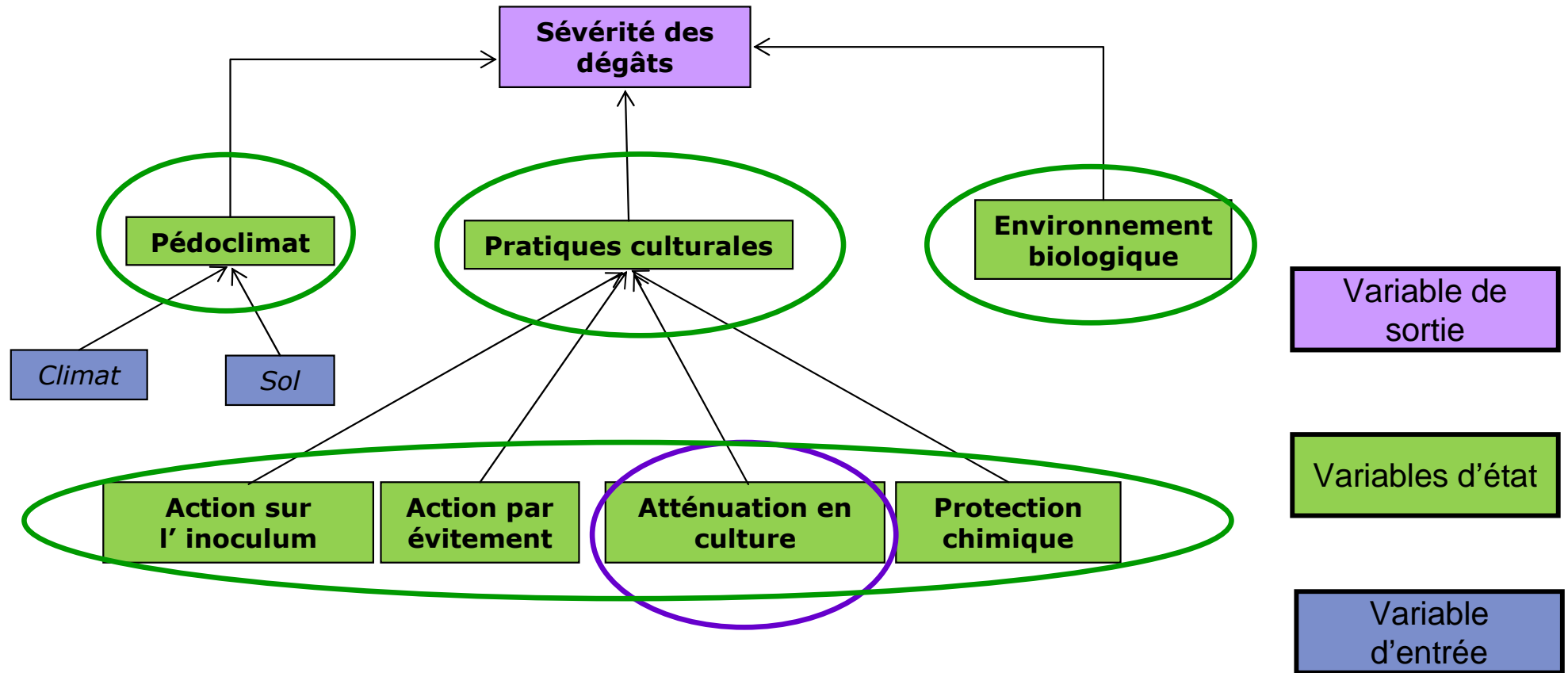
24



Développement du modèle IPSIM-Wheat-brown rust

25

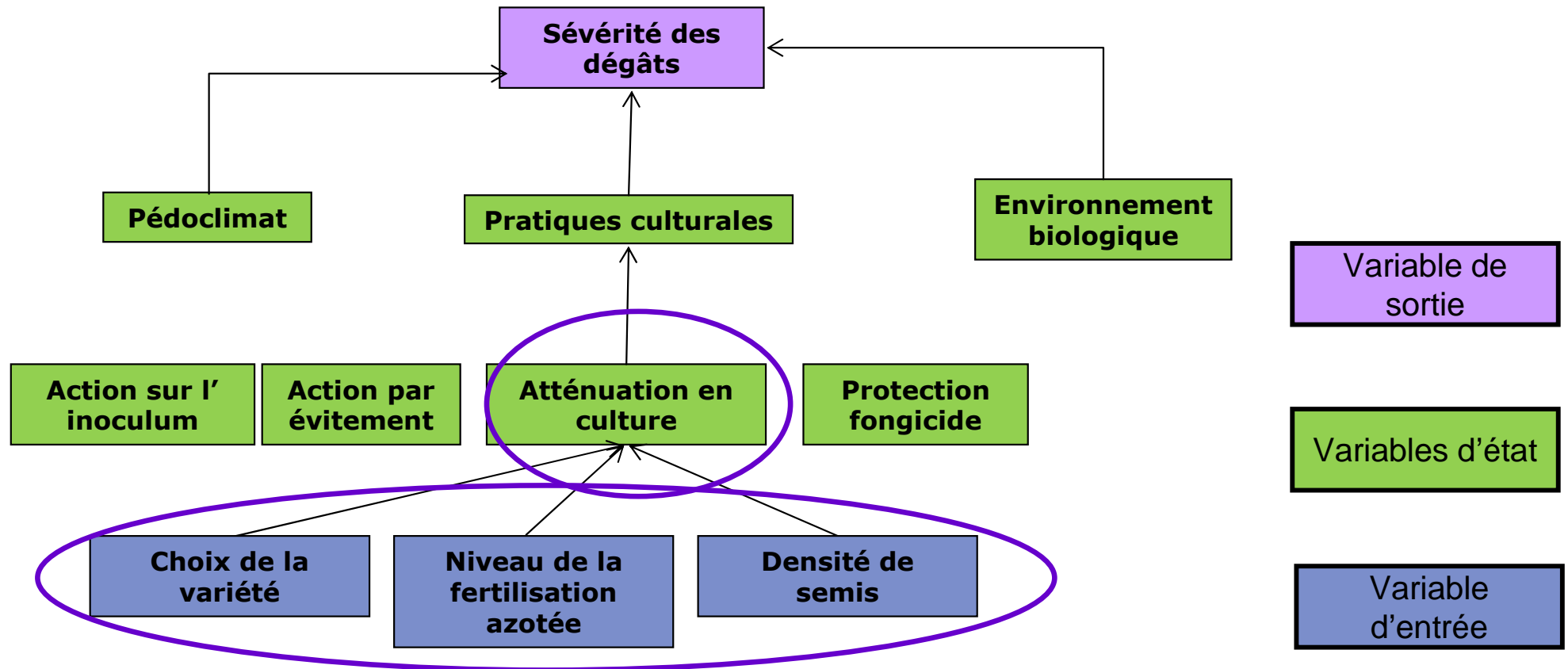
1 – Modèle conceptuel générique IPSIM représentant les déterminants des profils de dégâts



Développement du modèle IPSIM-Wheat-brown rust

26

1 – Modèle conceptuel IPSIM-Wheat représentant les déterminants des profils de dégâts sur blé d'hiver



Développement du modèle IPSIM-Wheat-brown rust :

1- Du modèle conceptuel au modèle de simulation de la rouille brune (bibliographie et expertise)

27

Factor	Direction of the effect	Intensity of the effect	Impact on brown rust development	References
N fertilisation rate	+	++	N favours BR in increasing foliar area and in creating a dense canopy and a wet microclimate. When nitrogen available in the host is limiting, spore production is reduced. Nitrogen deficiency tends to retard the epidemic development of most foliar diseases like powdery mildew, brown and yellow rusts.	(Mascagni et al., 1997; de Vallavieille-Pope et al., 2000; Robert et al., 2002; Robert et al., 2004)
Sowing rate	+	+/-	Contradictory results. For some authors, seeding density rarely had a significant influence on rust severity. Others suggested that microclimatic changes resulting from higher plant densities have lead to improved conditions for disease development.	(Chester, 1946; Pflieger and Mundt, 1998)

Effets des facteurs agronomiques, pédoclimatiques et environnementaux sur la dynamique de la rouille brune

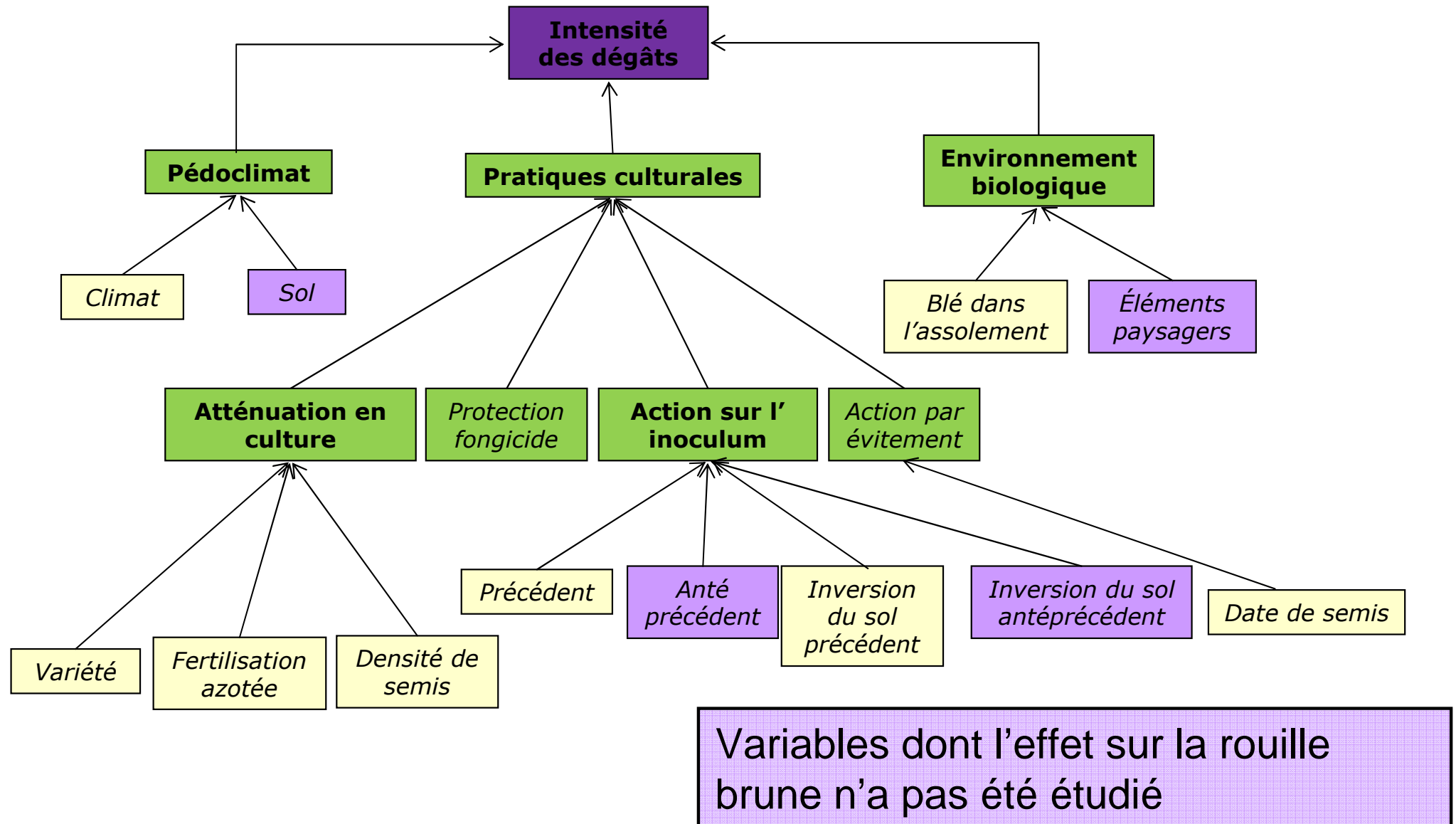
5 références pertinentes retenues

Intensité de l'effet :
pas d'effet 0,
effet faible +,
significatif ++,
déterminant ou crucial +++

Développement du modèle IPSIM-Wheat-brown rust :

1- Du modèle conceptuel au modèle de simulation de la rouille brune (bibliographie et expertise)

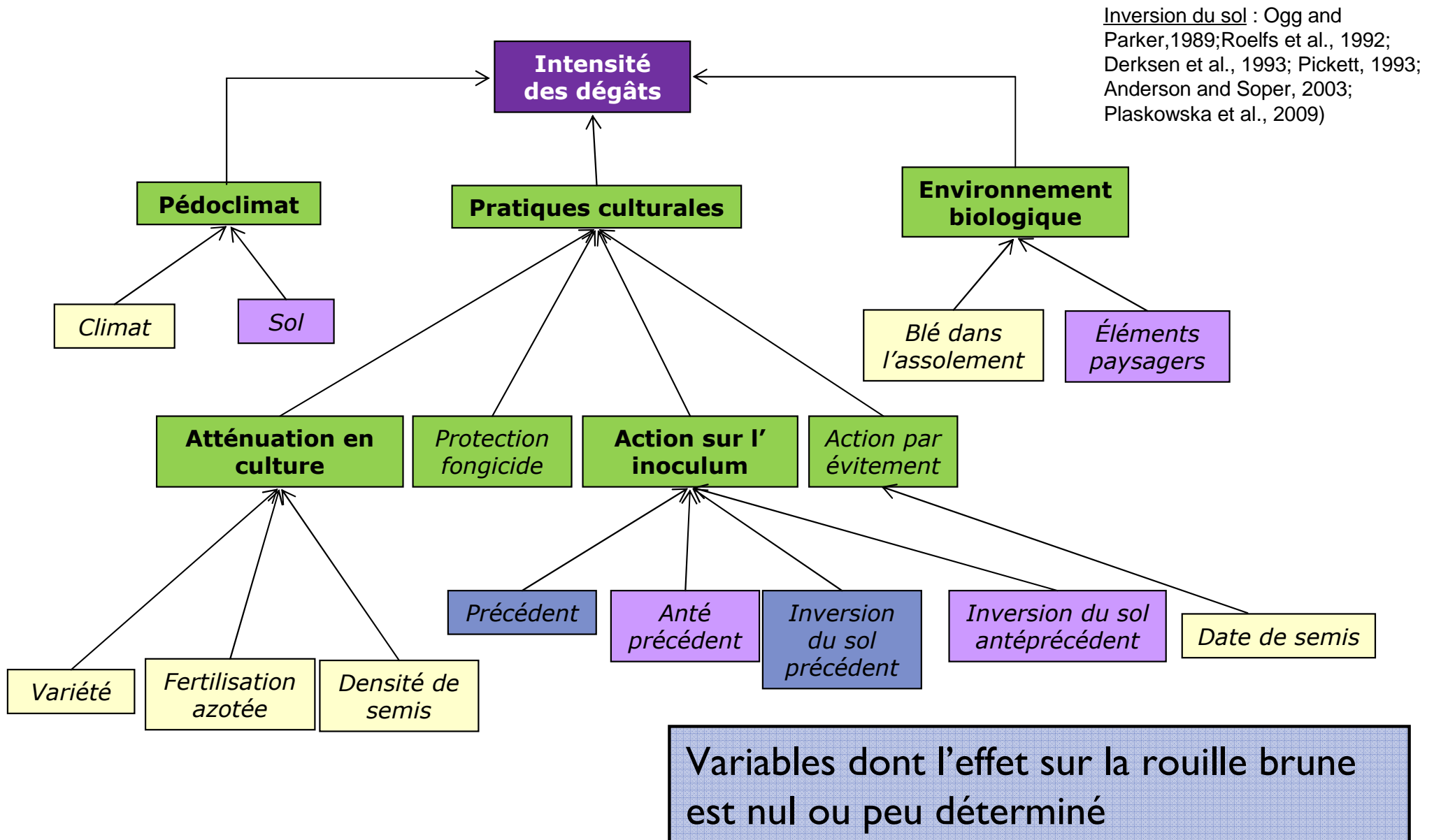
28



Développement du modèle IPSIM-Wheat-brown rust :

1- Du modèle conceptuel au modèle de simulation de la rouille brune (bibliographie et expertise)

29

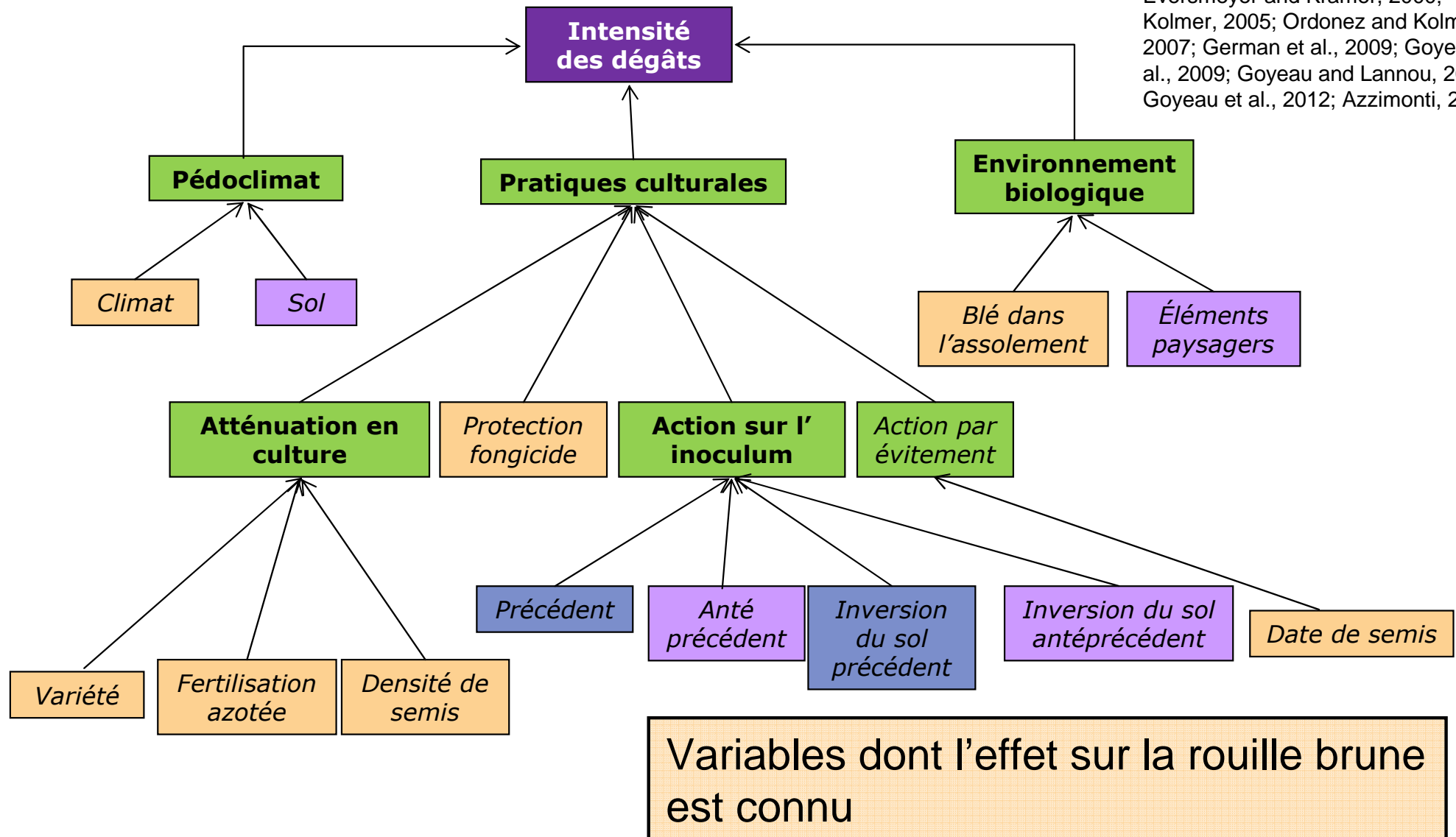


Développement du modèle IPSIM-Wheat-brown rust :

1- Du modèle conceptuel au modèle de simulation de la rouille brune (bibliographie et expertise)

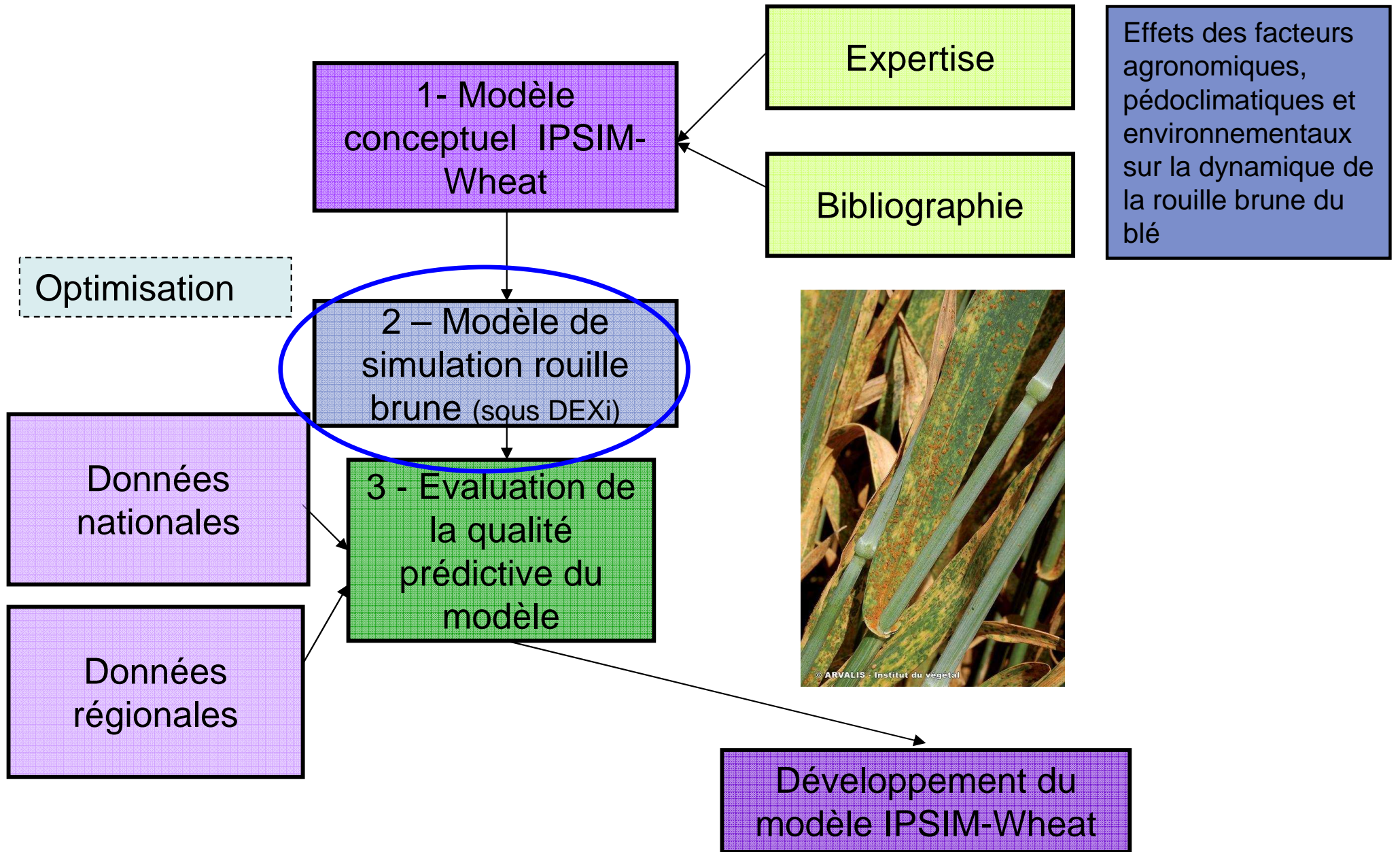
30

Choix de la variété : Kolmer, 1996;
Eversmeyer and Kramer, 2000;
Kolmer, 2005; Ordonez and Kolmer,
2007; German et al., 2009; Goyeau et
al., 2009; Goyeau and Lannou, 2011;
Goyeau et al., 2012; Azzimonti, 2013



Développement du modèle IPSIM-Wheat-brown rust

31

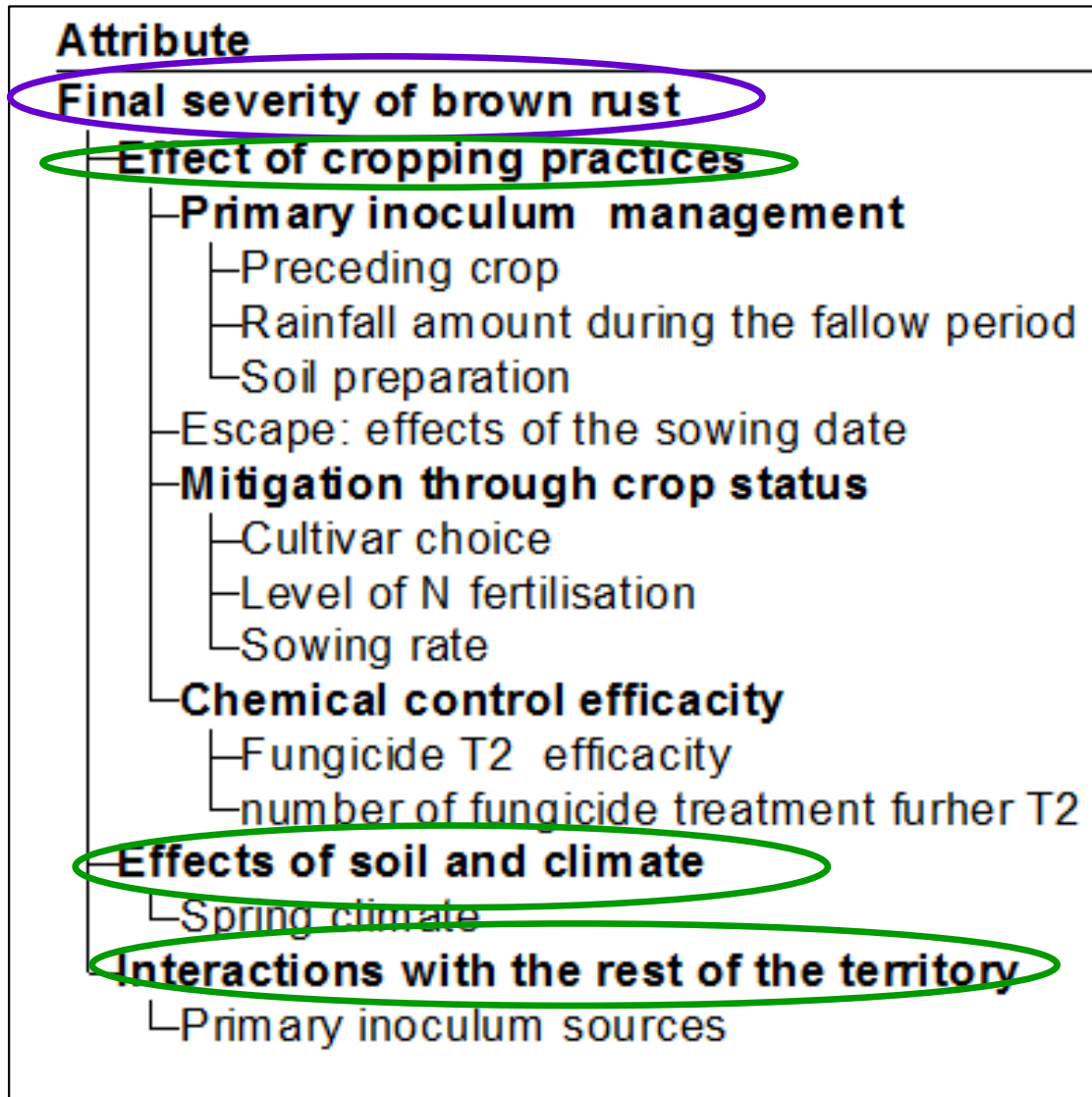


Développement du modèle IPSIM-Wheat-brown rust :

2- Construction du modèle en 3 étapes (logiciel DEXi)

32

1 - Identification et organisation des attributs



Développement du modèle IPSIM-Wheat-brown rust :

2- Construction du modèle en 3 étapes (logiciel DEXi)

33

2 – Définition des échelles des attributs

Attribute	Scale
Final severity of brown rust	80-100; 60-80; 40-60; 20-40; 0-20
Effect of cropping practices	Favourable; Moderately favourable; Unfavourable
Primary inoculum management	Favourable; Unfavourable
Preceding crop	Host; Non host
Rainfall amount during the fallow period	Favourable; Unfavourable
Soil preparation	Non destruction of volunteers; Destruction of volunteers
Escape: effects of the sowing date	Early sowing; Normal sowing date; Late sowing
Mitigation through crop status	Very favourable; Favourable; Moderately favourable; Unfavourable
Cultivar choice	Very susceptible to susceptible; Moderately susceptible; Quite to very resistant
Level of N fertilisation	Excess level; Balanced level
Sowing rate	High; Normal; Low
Chemical control efficacy	Very good control efficacy; Good control efficacy; Average control efficacy; Low control efficacy
Fungicide T2 efficacy	good efficacy; Average efficacy; low efficacy or 0 treatment
number of fungicide treatment further T2	0; 1; 2
Effects of soil and climate	Very favourable; Favourable; Unfavourable
Spring climate	Very favourable; Favourable; Unfavourable
Interactions with the rest of the territory	Favourable; Neutral
Primary inoculum sources	Very important; Normal

Développement du modèle IPSIM-Wheat-brown rust :

2- Construction du modèle en 3 étapes (logiciel DEXi)

34

3 – Définition des tables d'agrégation

	Cultivar choice	Level of N fertili	Sowing rate	Mitigation through crop status
1	Very susceptible to susceptible	Excess level	High	Very favourable
2	Very susceptible to susceptible	Excess level	Normal	Very favourable
3	Very susceptible to susceptible	Excess level	Low	Very favourable
4	Very susceptible to susceptible	Balanced level	High	Very favourable
5	Very susceptible to susceptible	Balanced level	Normal	Very favourable
6	Very susceptible to susceptible	Balanced level	Low	Very favourable
7	Moderately susceptible	Excess level	High	Favourable
8	Moderately susceptible	Excess level	Normal	Favourable
9	Moderately susceptible	Excess level	Low	Moderately favourable
10	Moderately susceptible	Balanced level	High	Moderately favourable
11	Moderately susceptible	Balanced level	Normal	Moderately favourable
12	Moderately susceptible	Balanced level	Low	Moderately favourable
13	Quite to very resistant	Excess level	High	Unfavourable
14	Quite to very resistant	Excess level	Normal	Unfavourable
15	Quite to very resistant	Excess level	Low	Unfavourable
16	Quite to very resistant	Balanced level	High	Unfavourable
17	Quite to very resistant	Balanced level	Normal	Unfavourable
18	Quite to very resistant	Balanced level	Low	Unfavourable

Choix de la variété (3 possibilités)

x

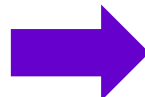
Niveau de la fertilisation azotée
(2 possibilités)

x

Densité de semis(3 possibilités)



Atténuation en culture (4 possibilités)

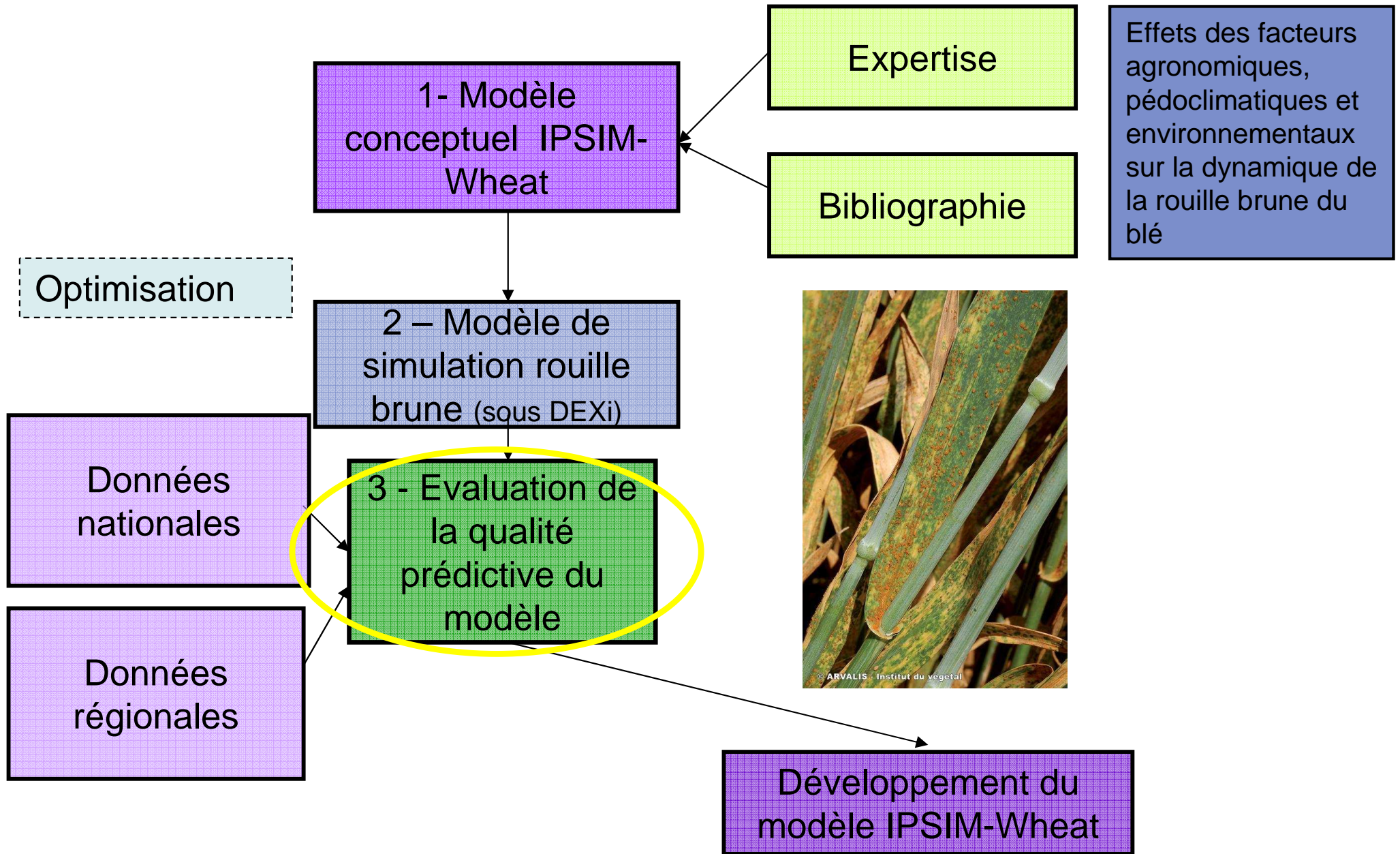


18 règles d'agrégation

Agrégation des variables par des fonctions d'agrégation de type « Si... Alors... » et définition des valeurs agrégées par bibliographie et expertise

Développement du modèle IPSIM-Wheat-brown rust

35



Développement du modèle IPSIM-Wheat-brown rust

3 - Evaluation de la qualité prédictive :

36

traduction des variables recueillies (quantitatives ou qualitatives) en variables d'entrée qualitatives du modèle

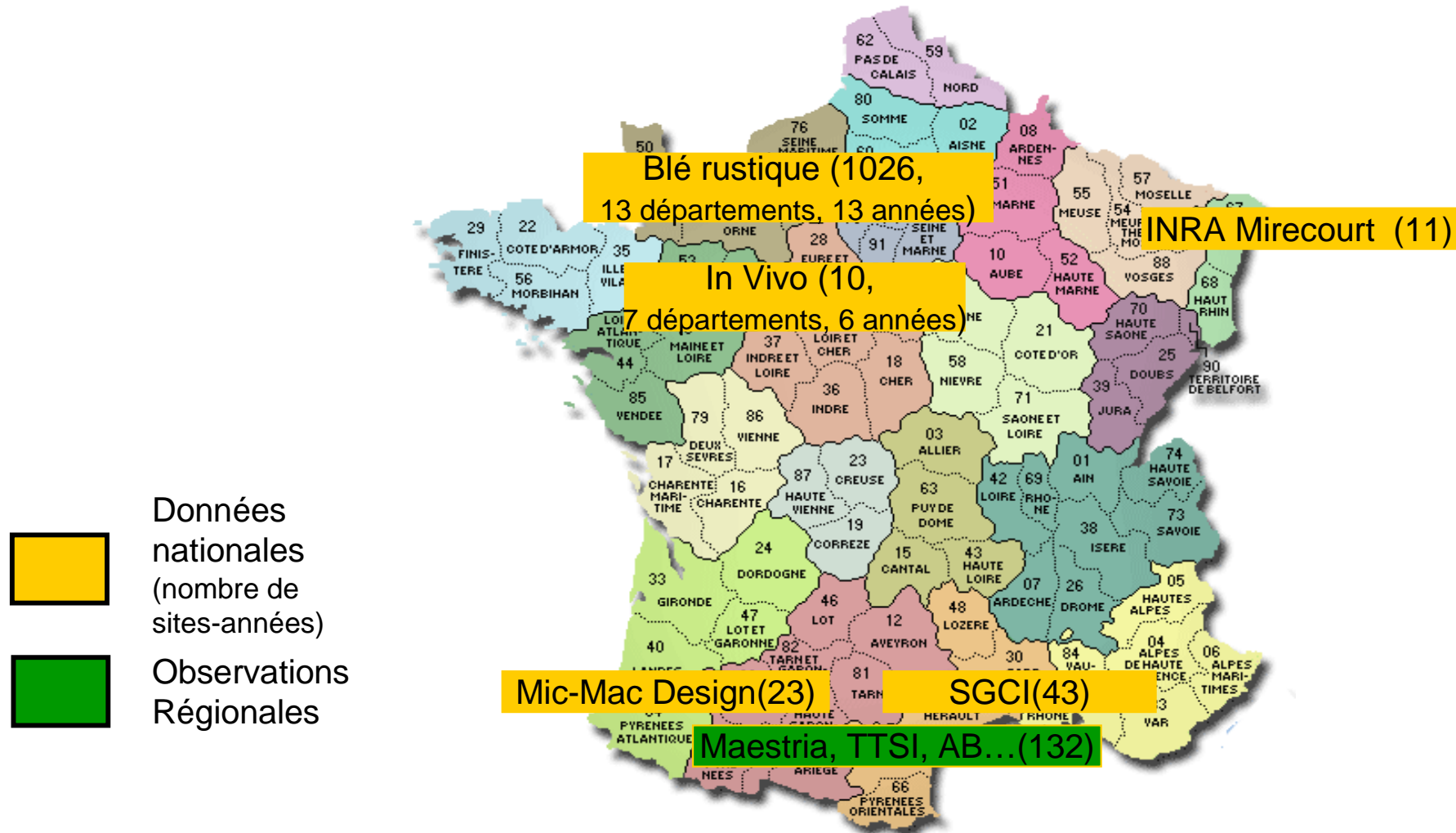
1	Option	SYSTÈME	lieu	Station météo INRA	précédent		date semis		Espèce	variété	sensibilité RB	densité semis (gr/m ²)		fertilisation N (unités)	
2	INRA3510-1	ITK4	Le Rheu	35_2010	MAIS	Autres	28/10/2009	normale	BT	ALDRIC	5	150	faible	100	Équilibrée
3	INRA3510-2	ITK4	Le Rheu	35_2010	MAIS	Autres	28/10/2009	normale	BT	ALIGATOR	7	150	faible	100	Équilibrée
4	INRA3510-3	ITK4	Le Rheu	35_2010	MAIS	Autres	28/10/2009	normale	BT	ALTIGO	7	150	faible	100	Équilibrée
5	INRA3510-4	ITK4	Le Rheu	35_2010	MAIS	Autres	28/10/2009	normale	BT	KARILLON	7	150	faible	100	Équilibrée
6	INRA3510-5	ITK4	Le Rheu	35_2010	MAIS	Autres	28/10/2009	normale	BT	AREZZO	4	150	faible	100	Équilibrée
7	INRA3510-6	ITK4	Le Rheu	35_2010	MAIS	Autres	28/10/2009	normale	BT	ATLASS	6	150	faible	100	Équilibrée
8	INRA3510-7	ITK4	Le Rheu	35_2010	MAIS	Autres	28/10/2009	normale	BT	BAROK	5	150	faible	100	Équilibrée
9	INRA3510-8	ITK4	Le Rheu	35_2010	MAIS	Autres	28/10/2009	normale	BT	BERMUDE	5	150	faible	100	Équilibrée
10	INRA3510-9	ITK4	Le Rheu	35_2010	MAIS	Autres	28/10/2009	normale	BT	BOREGAR	3	150	faible	100	Équilibrée
11	INRA3510-10	ITK4	Le Rheu	35_2010	MAIS	Autres	28/10/2009	normale	BT	CAPHORN	6	150	faible	100	Équilibrée
12	INRA3510-11	ITK4	Le Rheu	35_2010	MAIS	Autres	28/10/2009	normale	BT	FLAMENKO	6	150	faible	100	Équilibrée
13	INRA3510-12	ITK4	Le Rheu	35_2010	MAIS	Autres	28/10/2009	normale	BT	MUSIK	4	150	faible	100	Équilibrée
14	INRA3510-13	ITK4	Le Rheu	35_2010	MAIS	Autres	28/10/2009	normale	BT	GARCIA	3	150	faible	100	Équilibrée
15	INRA3510-14	ITK4	Le Rheu	35_2010	MAIS	Autres	28/10/2009	normale	BT	GONCOURT	5	150	faible	100	Équilibrée
16	INRA3510-15	ITK4	Le Rheu	35_2010	MAIS	Autres	28/10/2009	normale	BT	HYSTAR	6	150	faible	100	Équilibrée
17	INRA3510-16	ITK4	Le Rheu	35_2010	MAIS	Autres	28/10/2009	normale	BT	KORELI	6	150	faible	100	Équilibrée
18	INRA3510-17	ITK4	Le Rheu	35_2010	MAIS	Autres	28/10/2009	normale	BT	CAPHORN+TRAPEZ+	7	150	faible	100	Équilibrée
19	INRA3510-18	ITK4	Le Rheu	35_2010	MAIS	Autres	28/10/2009	normale	BT	OAKLEY	8	150	faible	100	Équilibrée
20	INRA3510-19	ITK4	Le Rheu	35_2010	MAIS	Autres	28/10/2009	normale	BT	OXEBO	7	150	faible	100	Équilibrée
21	INRA3510-20	ITK4	Le Rheu	35_2010	MAIS	Autres	28/10/2009	normale	BT	PREMIO	6	150	faible	100	Équilibrée
22	INRA3510-21	ITK4	Le Rheu	35_2010	MAIS	Autres	28/10/2009	normale	BT	FOLKLOR	6	150	faible	100	Équilibrée
23	INRA3510-22	ITK4	Le Rheu	35_2010	MAIS	Autres	28/10/2009	normale	BT	RUSTIC	7	150	faible	100	Équilibrée
24	INRA3510-23	ITK4	Le Rheu	35_2010	MAIS	Autres	28/10/2009	normale	BT	SOLEHIO	5	150	faible	100	Équilibrée

Développement du modèle IPSIM-Wheat-brown rust

3 - Evaluation de la qualité prédictive :

37

Identification d'un jeu de données à l'échelle nationale et régionale



Répartition géographique des parcelles utilisées pour l'évaluation de la qualité prédictive du modèle IPSIM-Wheat-Brown Rust (1995-2013; 1045 sites-années). (Robin et al., en préparation)

Développement du modèle IPSIM-Wheat-brown rust

3 - Evaluation de la qualité prédictive :

38

Exemple de 2 simulations pour 2 systèmes de culture contrastés

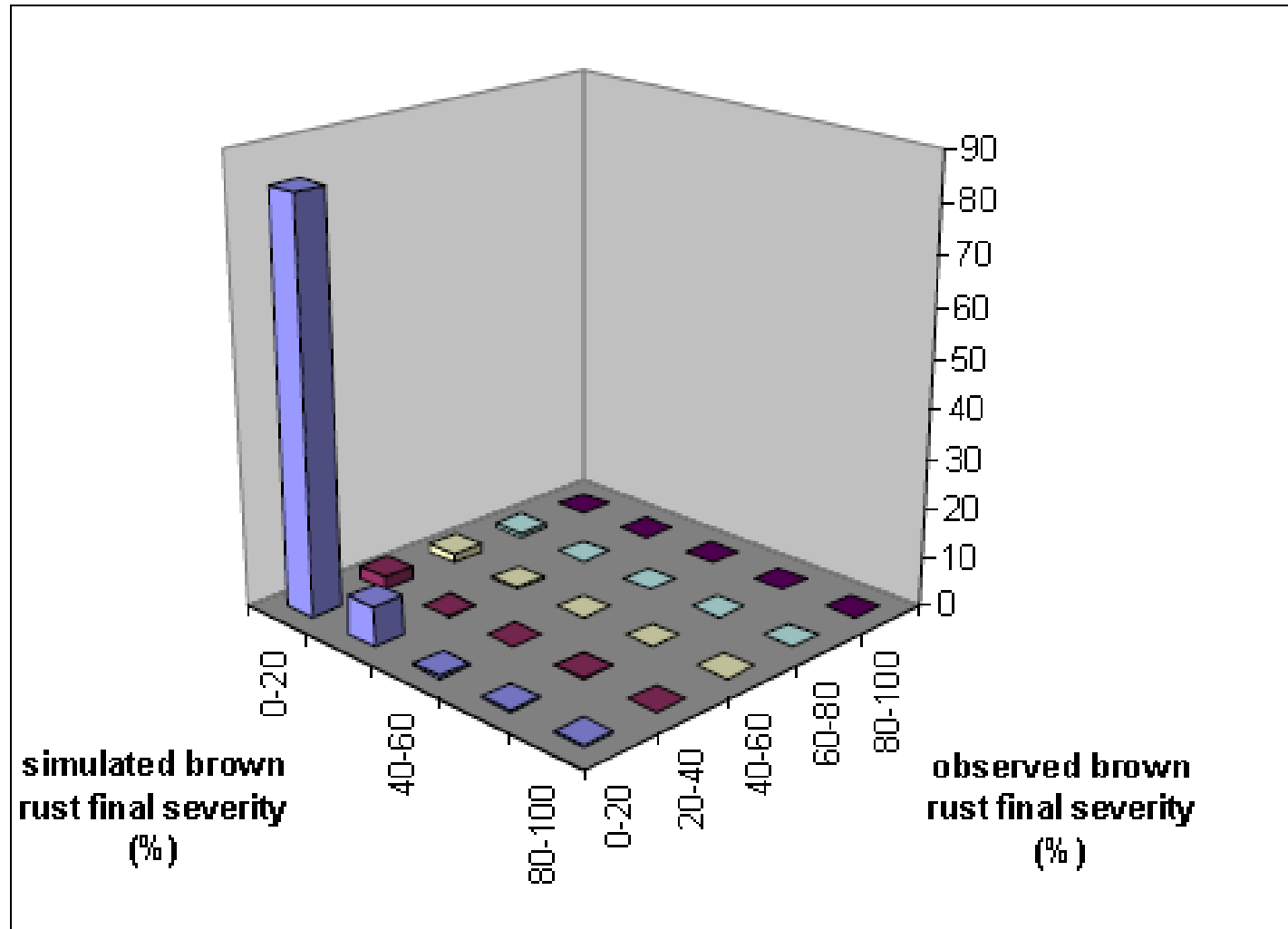
Option	Conventional field	Organic field
. Final severity of brown rust	20-40	0-20
. . Effect of cropping practices	Moderately favourable	Unfavourable
. . . Primary inoculum management	Favourable	Unfavourable
. . . . Preceding crop	Host	Non host
. . . . Rainfall amount during the fallow period	Favourable	Favourable
. . . . Soil preparation	Non destruction of volunteers	Destruction of volunteers
. . . Escape: effects of the sowing date	Early sowing	Late sowing
. . . Mitigation through crop status	Very favourable	Unfavourable
. . . . Cultivar choice	Very susceptible to susceptible	Quite to very resistant
. . . . Level of N fertilisation	Excess level	Balanced level
. . . . Sowing rate	Normal	High
. . . Chemical control efficacy	Good control efficacy	Low control efficacy
. . . . Fungicide T2 efficacy	good efficacy	low efficacy or 0 treatment
. . . . number of fungicide treatment further T2	0	0
. . Effects of soil and climate	Very favourable	Very favourable
. . . Spring climate	Very favourable	Very favourable
. . Interactions with the rest of the territory	Favourable	Favourable
. . . Primary inoculum sources	Very important	Very important

Développement du modèle IPSIM-Wheat-brown rust

3 - Evaluation de la qualité prédictive :

39

Comparaison classes simulées et observées (Robin et al., en préparation).



Biais=-8.2%
RMSEP=15%
Efficience = 0.26

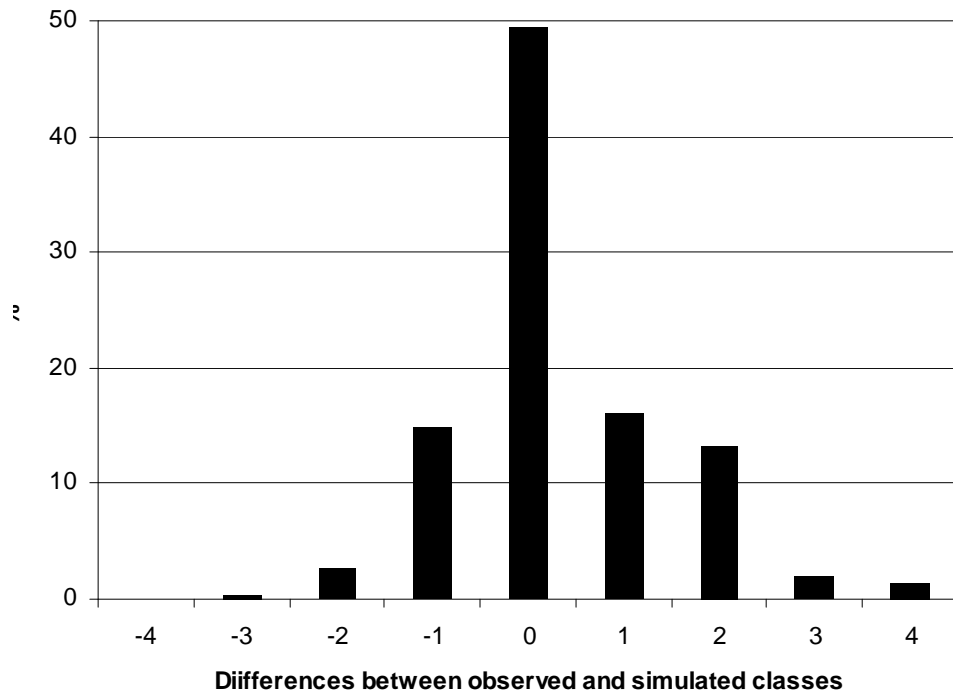
Distribution des résidus (nombre de classes de différence entre classes simulées et observées : 0-20%, 20-40%, 40-60%, 60-80%, 80-100%; 1045 parcelles, 15 années, principales régions françaises céréalières)

Développement du modèle IPSIM-Wheat-brown rust

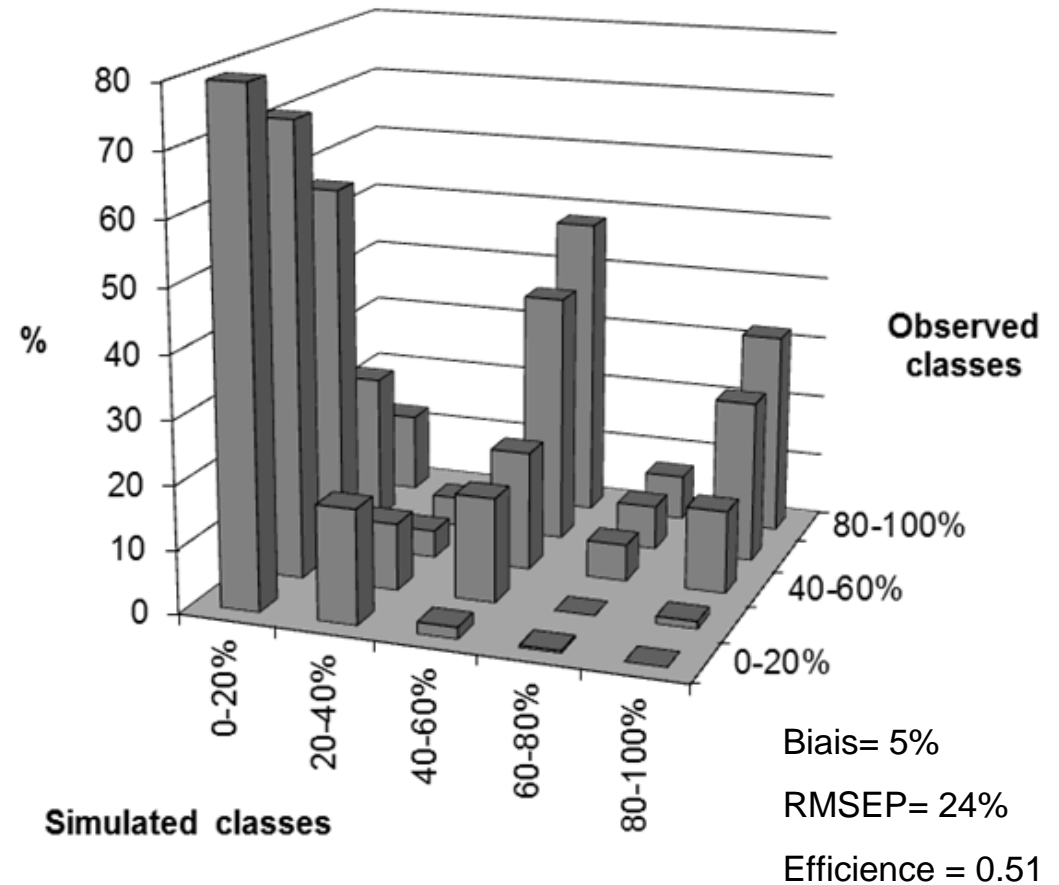
3 - Evaluation de la qualité prédictive :

40

Comparaison classes simulées et observées pour le piétin verse (Robin et Aubertot, 2013)



Distribution des résidus : nombre de classes de différence entre classes simulées et observées



Distribution des différences de classes entre sévérités observées et simulées en %

Plan de l'exposé

40

Comment aider à la gestion d'un ensemble de bioagresseurs en mobilisant les leviers de la protection des cultures?

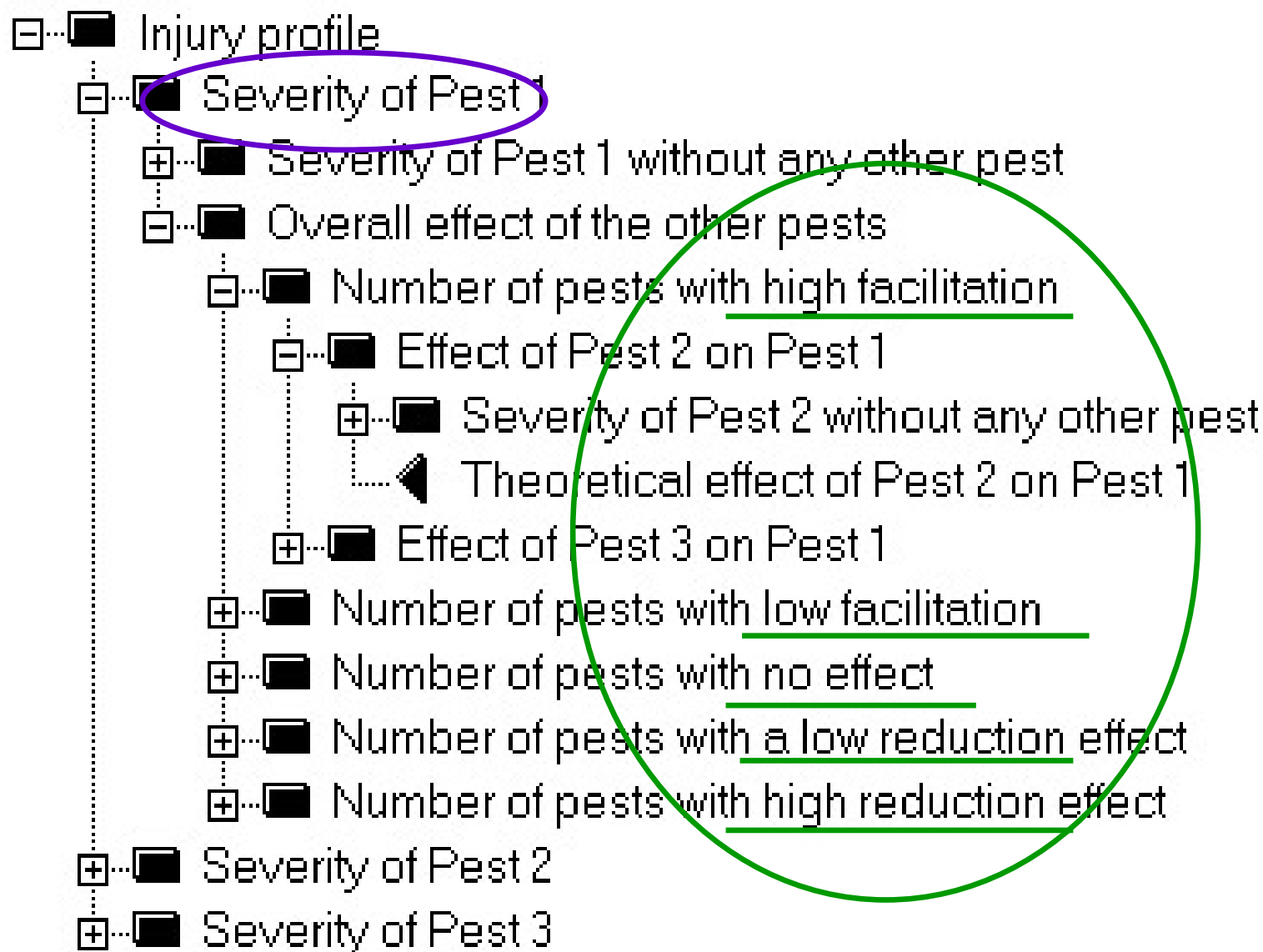


- I. Objectifs du travail
- II. Démarche et méthodes utilisées pour développer le modèle sur blé : IPSIM-Wheat
- III. Illustration pour la rouille brune : le modèle IPSIM-Wheat-Brown rust
- IV. Les sorties du modèle IPSIM-Wheat
- V. Conclusion et Perspectives

Les sorties d'IPSIM-Wheat

42

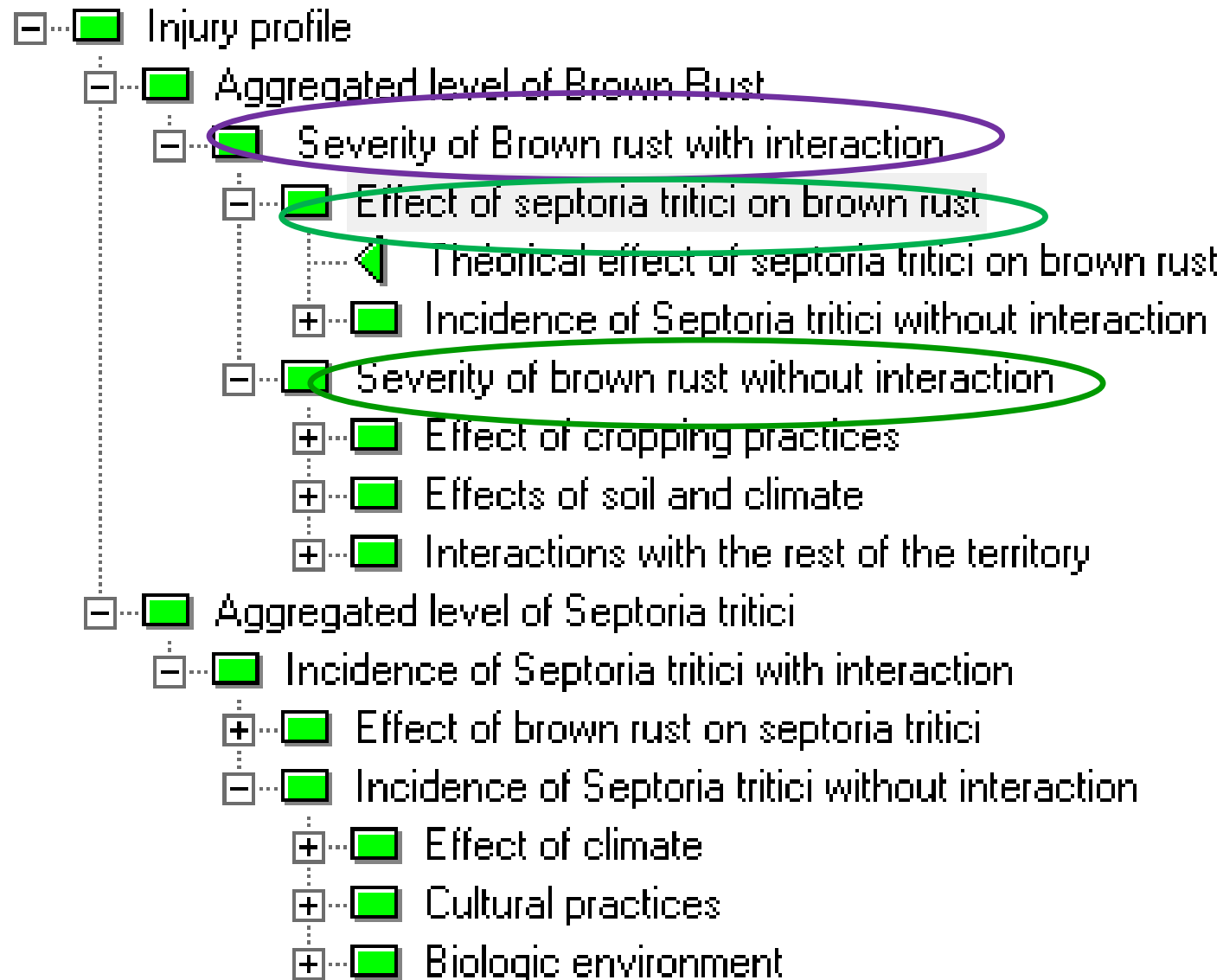
Prise en compte des interactions entre bioagresseurs : **le profil final** est composé des sévérités de chaque bioagresseur impactées par l'effet des autres bioagresseurs



Les sorties d'IPSIM-Wheat

43

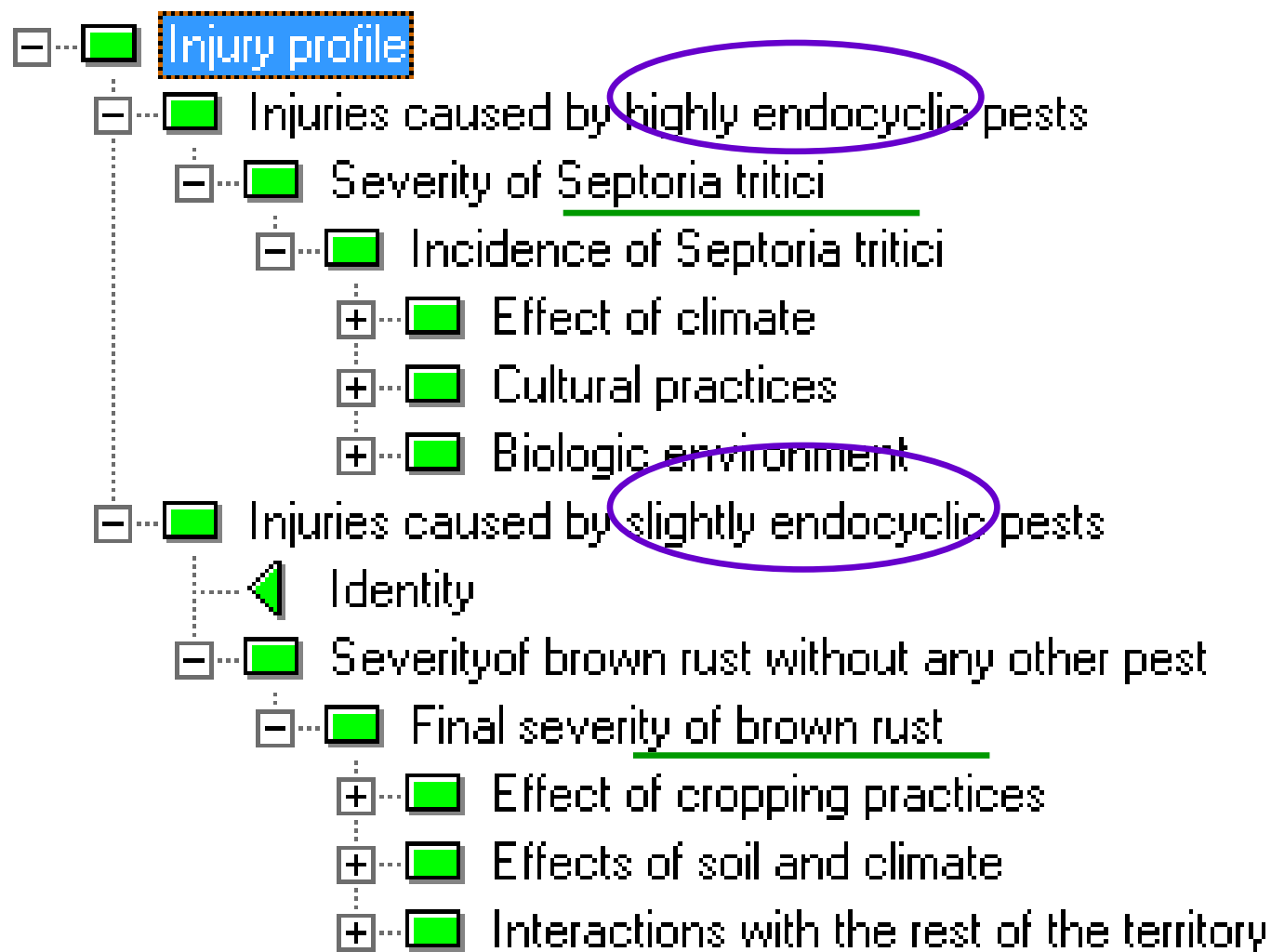
Prise en compte des interactions entre bioagresseurs : application pour 2 maladies grave du blé la rouille brune et la septoriose



Les sorties d'IPSIM-Wheat

44

Typologie des dégâts dus aux différents bioagresseurs : classement des bioagresseurs selon une caractéristique de vie, le niveau **d'endocyclisme**



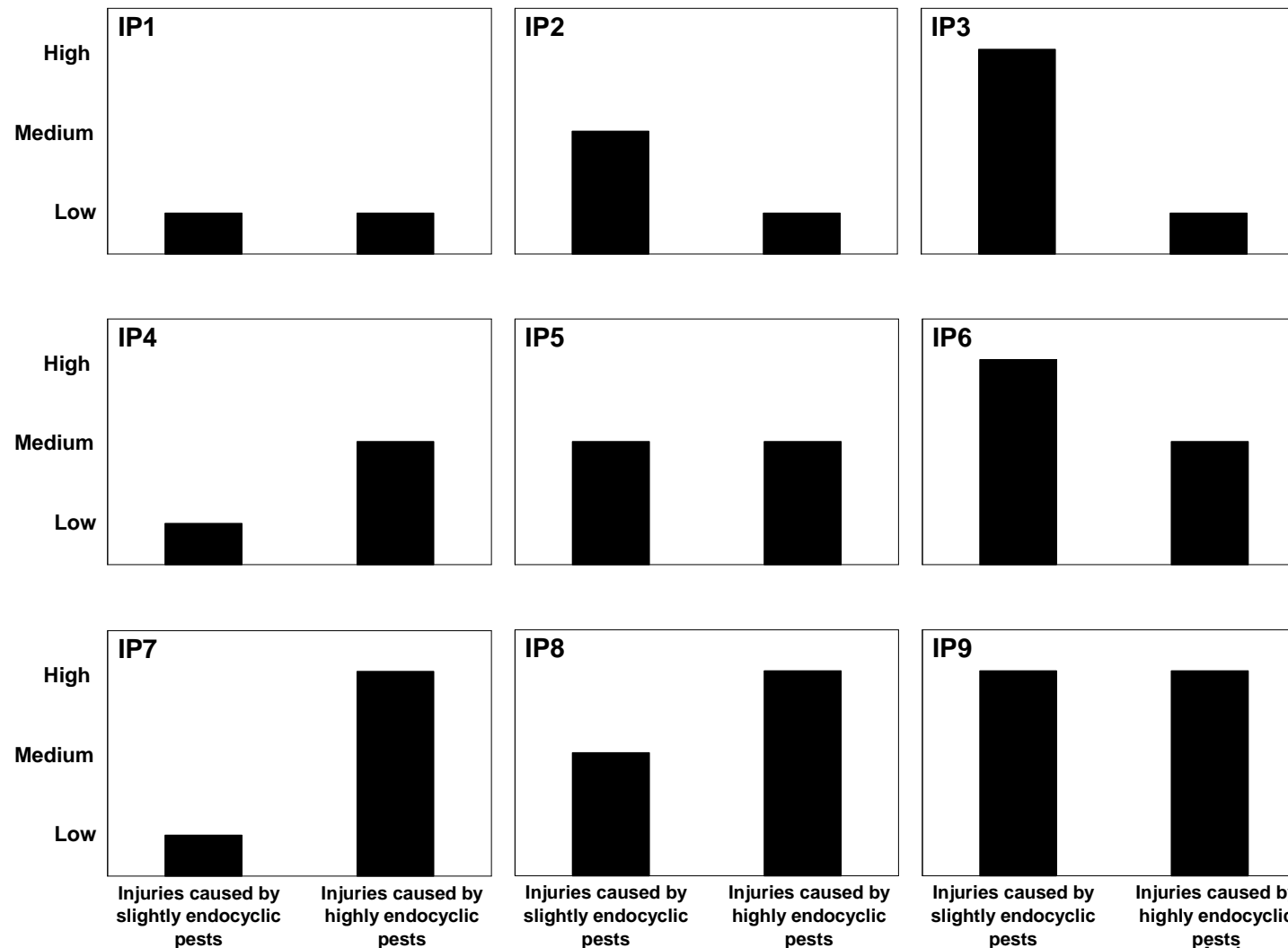
Endocyclique : fait référence à un organisme dont le cycle est fortement inféodé à la parcelle et dont le développement est très dépendant de l'endo-inoculum.

(Aubertot et Robin, 2013).

Les sorties d'IPSIM-Wheat

45

Typologie des dégâts dus aux différents bioagresseurs selon leur niveau d'endocyclisme : une gamme de 9 profils de dégâts (IP) permet ainsi d'établir une **typologie de dégâts** dus à plusieurs bioagresseurs dans une Situation de Production



Les sorties d'IPSIM-Wheat

46

Typologie des dégâts dus aux différents bioagresseurs : application pour 2 maladies la rouille brune peu endocyclique et la septoriose très endocyclique

Option	Intensive	Integrated	Organic
Injury profile	IP4	IP2	IP1
Injuries caused by highly endocyclic pests	medium	slight	slight
Severity of <u>Septoria tritici</u>	medium	low	low
Incidence of <u>Septoria</u> without any other pest	medium	very low	very low
Cropping practices	moderately favourable	unfavourable	unfavourable
Primary inoculum management	favourable	unfavourable	unfavourable
Previous crop	host	non host	non host
Pre-previous crop	host	host	non host
Tillage after harvest of the previous crop	non-inversion tillage	non-inversion tillage	inversion tillage
Tillage after harvest of the pre-previous crop	non-inversion tillage	inversion tillage	inversion tillage
Sowing date: escape	early sowing	normal sowing date	late sowing
Mitigation through crop status	favourable	moderately favourable	unfavourable
Cultivar choice	very susceptible to susceptible	moderately susceptible	quite to very resistant
Level of N fertilisation	excess level	balanced level	balanced level
Sowing rate	normal	low	high
Chemical control: use of fungicide	one	none	none
Soil and climate	favourable	favourable	favourable
Soil	favourable	favourable	favourable
Climate	favourable	favourable	favourable
Autumn/winter	very favourable	very favourable	very favourable
Spring	favourable	favourable	favourable
Interactions at the territory level	neutral	neutral	neutral
Beneficial sources	high	high	high
Primary inoculum sources	neutral	neutral	neutral
Injuries caused by slightly endocyclic pests	slight	medium	slight
Identity	1	1	1
Severity of <u>brown rust</u> without any other pest	low	medium	low
Incidence of <u>brown rust</u>	low	very low	low

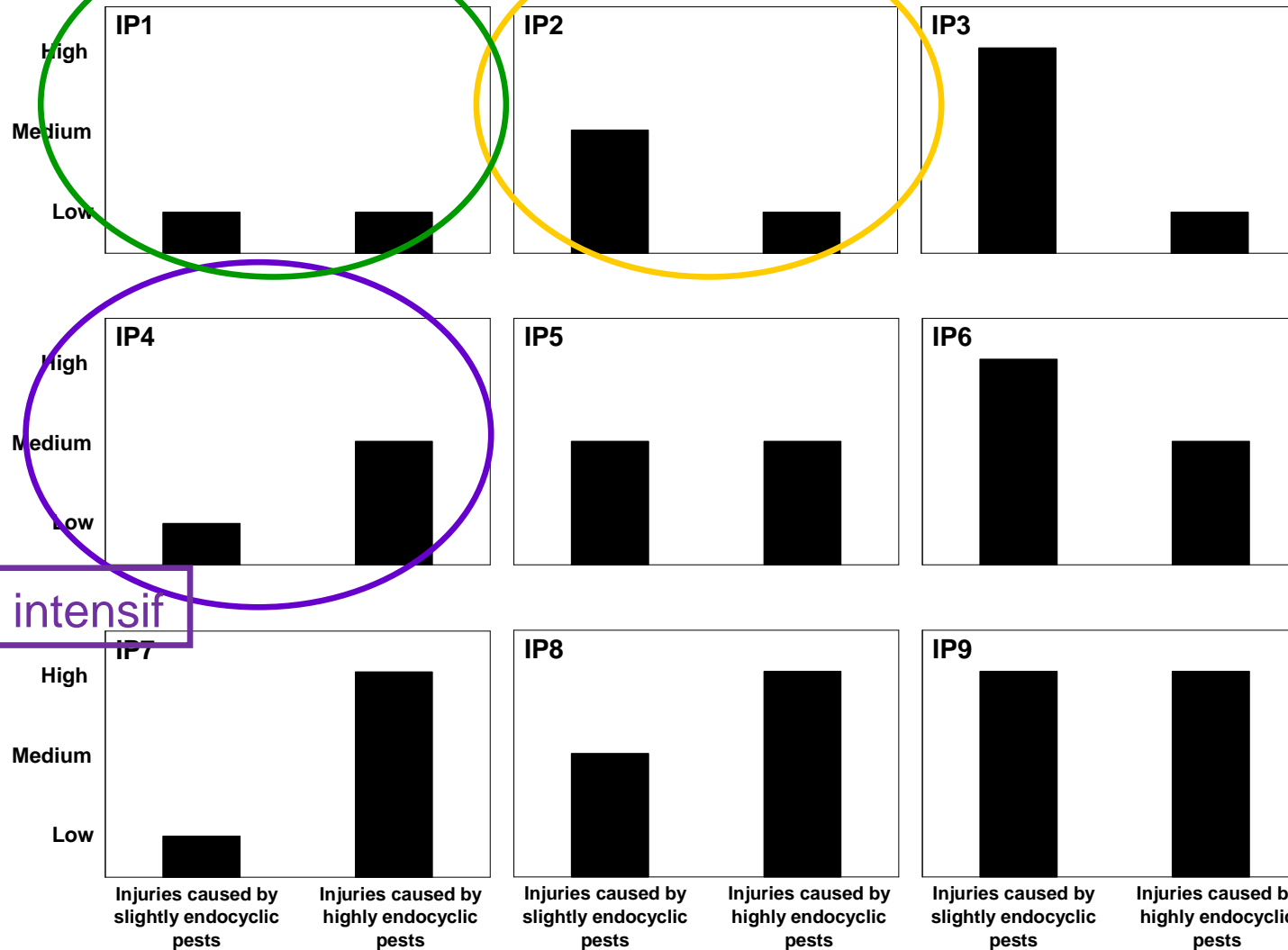
Les sorties d'IPSIM-Wheat

47

Typologie des dégâts dus aux différents bioagresseurs selon leur niveau d'endocyclisme

Systeme AB

Systeme intégré



Plan de l'exposé

48

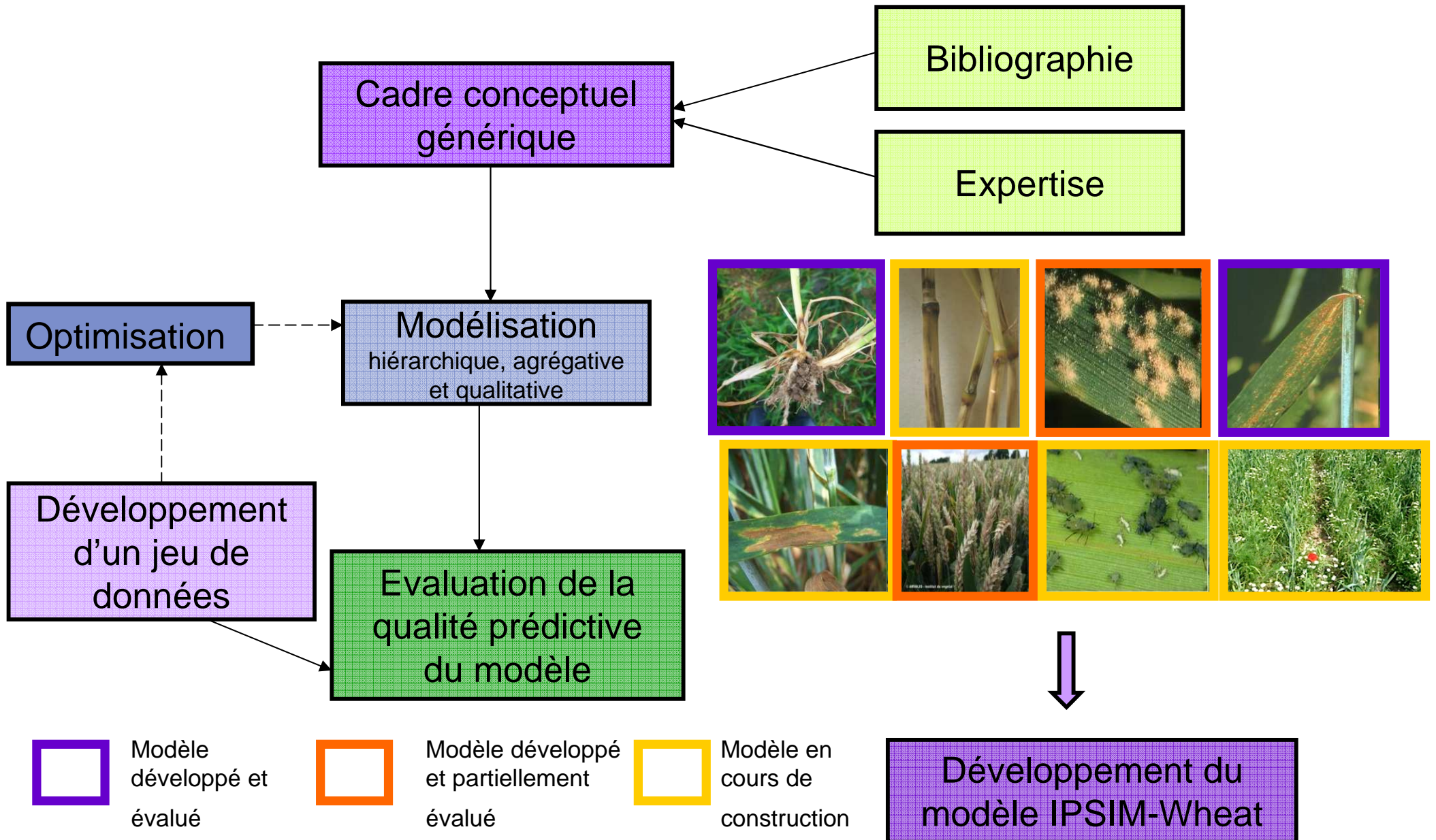
Comment aider à la gestion d'un ensemble de bioagresseurs en mobilisant les leviers de la protection des cultures?



- I. Objectifs du travail
- II. Démarche et méthodes utilisées pour développer le modèle IPSIM-Wheat
- III. Résultats ou illustration ? : le modèle IPSIM-Wheat-Brown rust
- IV. Les sorties d'IPSIM-Wheat
- V. Conclusion et Perspectives

Conclusion

48



Intérêts et points critiques du modèle IPSIM

50

Conclusions

Limites

- Manque de **précision**
- Qualité et hétérogénéité des **données** utilisées
- Modèle **statique**
- Manque de connaissances sur l'effet de certains facteurs

Intérêts

- Formalisme **simple** pour représenter un système complexe (nombreuses interactions)
- **Démarche rigoureuse, partageable et transmissible**
- Valorisation de **sources de connaissances différentes** : bibliographie, modèles, expertise, expérimentation, observations
- Recensement et valorisation de données **d'origines et de précisions différentes**
- Association des sorties à des dynamiques génériques (e.g. Van der Plank, 1963)
- Modèle **transparent et facilement adaptable**

Perspectives d'utilisation du modèle IPSIM : à court terme

50

- **IPSIM-Wheat** : évaluation prochaine du modèle **septoriose** et expertise du modèle IPSIM-Wheat-Weeds (INRA Dijon)
- **Couplage** des sous-modèles construits dans le modèle IPSIM-Wheat
- Possibilité de développements algorithmiques idoines (collaboration avec l'UR MIA Toulouse) pour améliorer **la qualité prédictive du modèle**
- IPSIM, un outil de **communication, d'animation, d'échanges** (TD organisés EIPurpan, ENSAT, école chercheur internationale Volterra Italie)

- IPSIM, un modèle pertinent pour proposer à la recherche et au développement une méthode et un outil permettant :
 - La contribution à la conception de systèmes de culture moins dépendants en pesticides
 - La contribution au diagnostic du fonctionnement des agroécosystèmes
- Couplage d'IPSIM avec d'autres modèles pour évaluer les performances agronomiques (dommages), environnementales et socio-économiques des systèmes de culture
- Valorisation des données (historiques des SRPV, projet Histopest-SMACH) et analyse des effets de l'évolution du climat et des pratiques (passée et à venir) sur les sévérités des bioagresseurs (pré-projet ANR 0 pesticide)
- IPSIM, un modèle générique : adaptations à certaines pressions biotiques du blé en Australie (collaboration department of Agriculture Western Australia), au tournesol (CETIOM) et manguier (CIRAD)

Valorisations

52

- Des rapports de stage

1 mémoire de stage de BTS, 3 mémoires de Master 2, 3 mémoires de fin d'étude d'écoles d'ingénieur (dont un récompensé par le **prix de la fondation Xavier Bernard de l'Académie d'Agriculture de France**) et un stage de fin d'étude en cours

- **Des Restitutions auprès des agriculteurs** des réseaux MAESTRIA, TTSI, et Agriculture Biologique en Midi-Pyrénées (3 séminaires ainsi que de nombreux retours individuels)

- 2 articles publiés et 1 en préparation

IPSIM, an aggregative hierarchical model to predict injury profile as a function of cropping practices, soil, climate and field environment. I. **Conceptual bases**. Jean-Noël Aubertot, Marie-Hélène Robin. **PLoS ONE** 8, issue 9,2013

- IPSIM, an aggregative hierarchical model to predict injury profile as a function of cropping practices, soil, climate and field environment. II. Proof of concept: **design and evaluation of IPSIM-Wheat-Eyespot**, a model that predicts eyespot injuries on winter wheat. Marie-Hélène Robin, Célia Cholez, Philippe Debaeke, Jean-Noël Aubertot. **PLoS ONE** 8, Issue 10, 2013

- Design and evaluation of **IPSIM-Wheat-Brown Rust**, a model that predicts brown rust injuries on winter wheat. Marie-Hélène Robin, Adèle Magnard, Irène Felix, Axel Olivier, Bernard Rolland, Marie-Odile Bancal, Yvan Sache, Marc Délos, Jean-Noël Aubertot. En préparation

- Des communications

- International congress on "Pesticide Use and Risk Reduction for future IPM in Europe", Italy, Riva del Garda, 19-21 March, 2013.

- International workshop on modelling platforms for the sustainable management of crop health (The INRA/CIRAD IPM network, the European Research Group ENDURE, the European project PURE, and the "Modelling for Agriculture" Mixed Technology Network). Paris, 29 Novembre 2013

Remerciements

Financeurs

Encadrants

- Jean-Noël Aubertot
- Philippe Debaeke

Rapporteurs & membres du jury, mon comité de pilotage

Anciens, nouveaux et futurs Dr

Toky, Jérôme, Myriam , Hélène, Bochra, André,...

Mes collègues de l'EIPurpan

Ma famille et mes amis

L' UMR AGIR

L'INRA (Dijon, Nancy, Rennes, Toulouse, Versailles-Grignon)

Les structures qui ont fourni des données

La chambre d'agriculture de Midi-Pyrénées
Le CREAB
ARVALIS-Institut du végétal
InVivo, ...

Les agriculteurs des réseaux

Les stagiaires Mathieu, Célia, A
Elfie, Romain, Swann, Julien, Amélie



PESTICIDES



Analyse et modélisation des effets des pratiques culturales et de la situation de production sur les dégâts causés par les bioagresseurs des cultures. Application au blé d'hiver.



Merci pour votre attention



3 niveaux de rupture possibles pour répondre à l'enjeu de diminuer l'usage des pesticides

8

- **E pour efficacité** : accroître l'efficacité des pratiques conventionnelles afin de réduire l'usage et la consommation d'intrants
- **S pour Substitution** : remplacer les intrants et pratiques conventionnels par d'autres intrants ou d'autres alternatives
- **R pour Reconception** : reconcevoir le système comme un agroécosystème soutenant sa propre fertilité, une régulation naturelle des ravageurs et la productivité agricole

Quelles voies de progrès pour la production des cultures ?

Des propositions pour réduire l'utilisation des pesticides : un classement en 3 niveaux ou le cadre ESR (Hill et MacRae, 1995)

.

E pour **Effici**ence

Accroître l'efficacité de pratiques conventionnelles afin de réduire l'usage et la consommation d'intrants

S

R

Source : Hill S.B., MacRae R.J., 1995. Conceptual frameworks for the transition from conventional to sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture* 7, 81-87

Quelles voies de progrès pour la production des cultures ?

E

S pour **Substitution**

Remplacer les intrants et pratiques conventionnels (intensifs en ressources externes et/ou dégradant l'environnement) par d'autres intrants ou par des alternatives

R

Quelles voies de progrès pour la production des cultures ?

E

S

R pour **Reconception**

Reconcevoir le système comme un agro-écosystème soutenant sa propre fertilité, une régulation naturelle des ravageurs et la productivité agricole

Nécessité d'une approche intégrative en protection des cultures

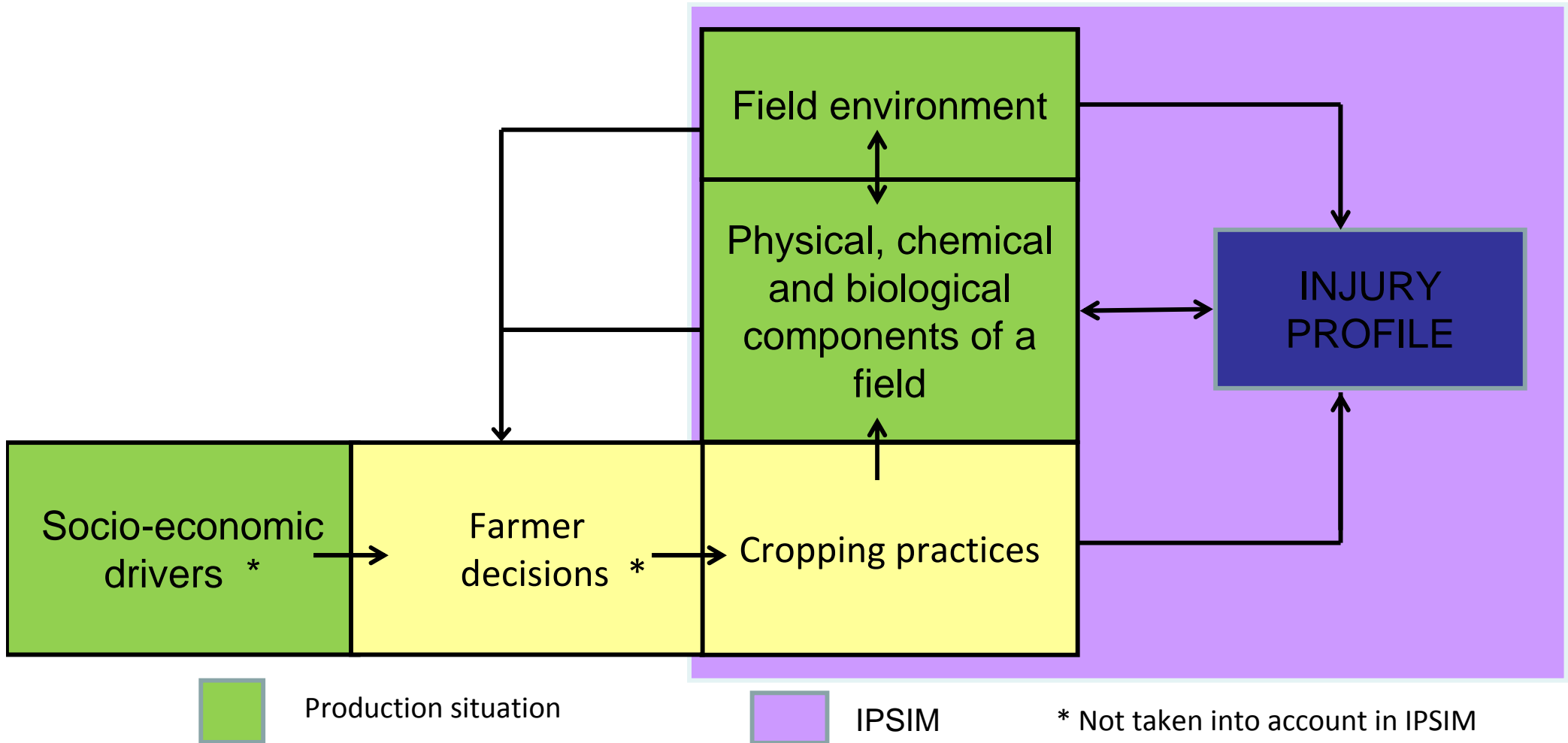
5

- **E pour efficacité** : accroître l'efficacité des pratiques conventionnelles afin de réduire l'usage et la consommation d'intrants
- **S pour Substitution** : remplacer les intrants et pratiques conventionnels par d'autres intrants ou d'autres alternatives
- **R pour Reconception** : reconcevoir le système comme un agro-écosystème soutenant sa propre fertilité, une régulation naturelle des ravageurs et la productivité agricole

Démarche suivie pour la conception du modèle IPSIM-Wheat

11

1 - Cadre conceptuel permettant de représenter les interactions entre une situation de production et des pratiques culturales sur un profil de dégâts du blé d'hiver (analyse des interactions par bibliographie et expertise)



Prise en compte des interactions dans IPSIM

17

Prise en compte des interactions entre bioagresseurs (2/2) : application pour 2 maladies la rouille brune peu endocyclique et la Fusarioset très endocyclique

Option	Intensive duphy	Integrated Beziat	Organic Fredes
. Injury profile	IP5	IP1	IP1
. . Injuries caused by highly endocyclic pests	medium	slight	slight
. . . Severity of FHB with interactions	Sévérité moyenne	Faible sévérité	Faible sévérité
. . . . Severity of FHB without interactions	Sévérité moyenne	Faible sévérité	Faible sévérité
. Final severity of fusarium head blight	3-5	0-3	0-3
⋮			
. . Injuries caused by slightly endocyclic pests	medium	slight	slight
. . . Severity of Broxn Rust with interactions	Sévérité moyenne	Très faible sévérité	Très faible sévérité
. . . . Severity of Broxn Rust without interactions	40-60	0-20	0-20
. Effect of cropping practices	Moderately favourable	Unfavourable	Unfavourable
. Primary inoculum management	Unfavourable	Unfavourable	Unfavourable
. Preceding crop	Non host	Non host	Non host
. Rainfall amount during the fallow period	Unfavourable	Unfavourable	Unfavourable
. Soil preparation	Destruction of volunteers	Non destruction of volur	Destruction of volunteers