

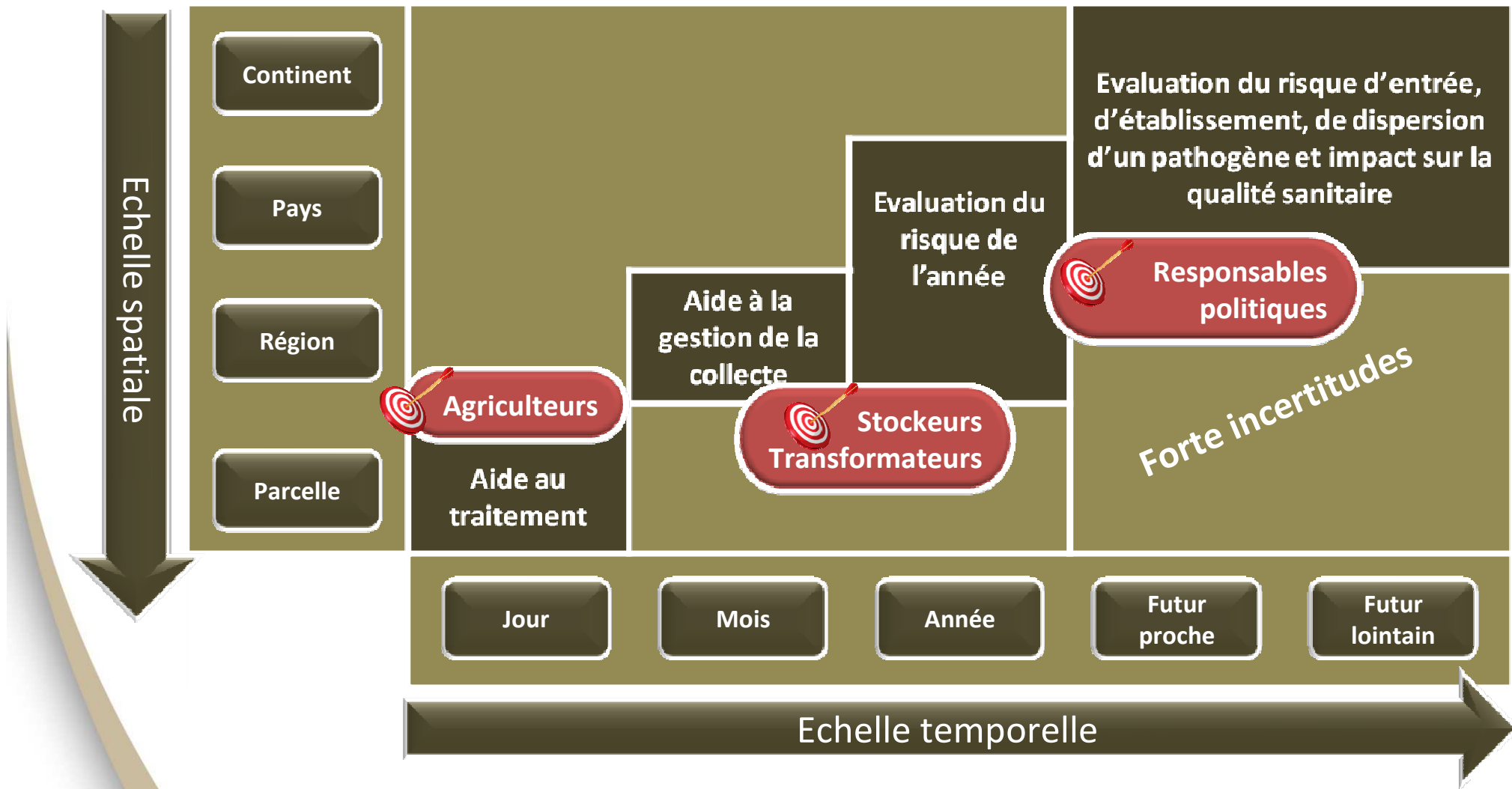
Apports et limites des modèles dans l'évaluation des risques fusariose et DON à différentes échelles spatio-temporelles dans un contexte de changement climatique

ARVALIS
Institut du végétal

Emmanuelle Gourdain
e.gourdain@arvalisinstitutduvegetal.fr

*Contributions: Deudon Olivier, Corre Caroline,
Méléard Benoît, Grignon Guénolé*

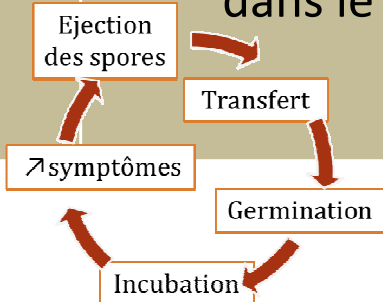
Pourquoi utiliser des modèles ?



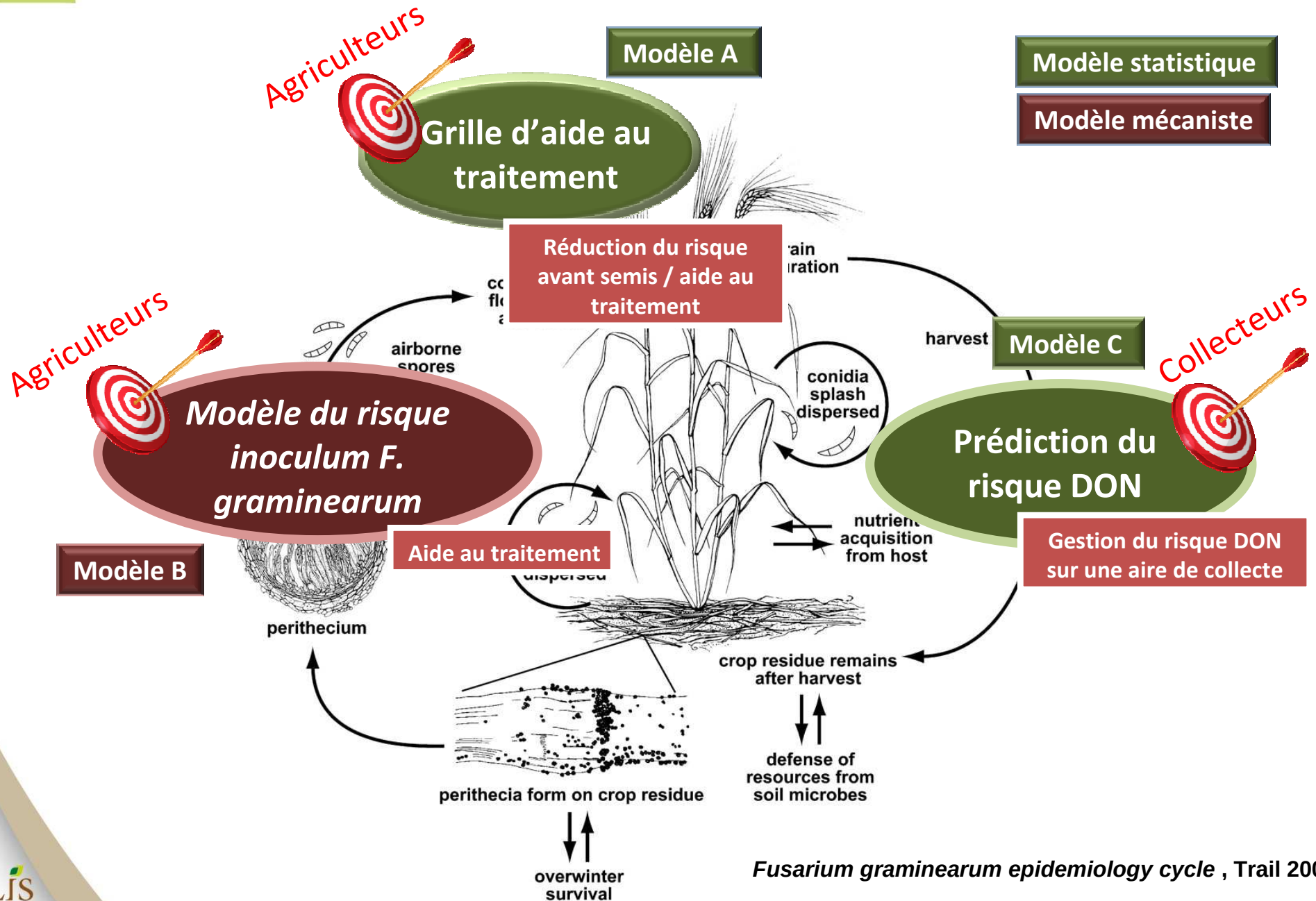


Les différentes approches de modélisation

A model, by construction, is a simplified representation of reality

Approche	Description	Data	Limites
Statistique	Modèle qui relie des variables entre elles par une relation statistique $Y = a * X + b * W + c * Z$	Enquêtes Expérimentation Observatoires Climat Pluri-annuel	Domaine de validité limité aux données utilisées pour l'estimation des paramètres
Dynamique Mécaniste	Model qui décrit un processus biologique dans le temps 	Labo / expé Observatoires Littérature Climat	Modèle souvent long à valider mais utile pour les projections de CC

Cas de la fusariose : modèles disponibles pour la prédiction du DON et du risque *F. graminearum* en France sur blé tendre





Méthodologie pour réaliser des projections

Données climatiques
Pour 315 stations

Scenarii climatique issus de Scampe¹ :
Echelle 8*8km sur la France

Projection sur des variables
climatiques, phénologiques et
épidémiologiques

REF_ARVALIS
2001-2011

Années d'études des modèles

REF
1962-1990

*A1B : scenario
médian[CO₂]₂₁₀₀ = 650ppm

**A2 : scenario pessimiste
[CO₂]₂₁₀₀ = 700ppm

FUTUR PROCHE (NF)
2022-2050

A1B*

A2**

FUTUR LOINTAIN (FF)
2072-2100

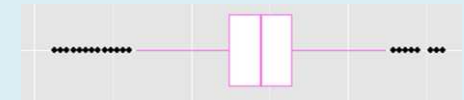
A1B*

A2**

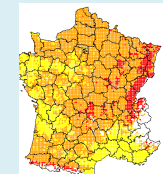
Temps

¹ données climatiques des modèles issues du projet ANR Scampe

-> boxplot pour évaluer la
variabilité à l'échelle temporelle
(la valeur médiane est utilisée
pour chaque année)

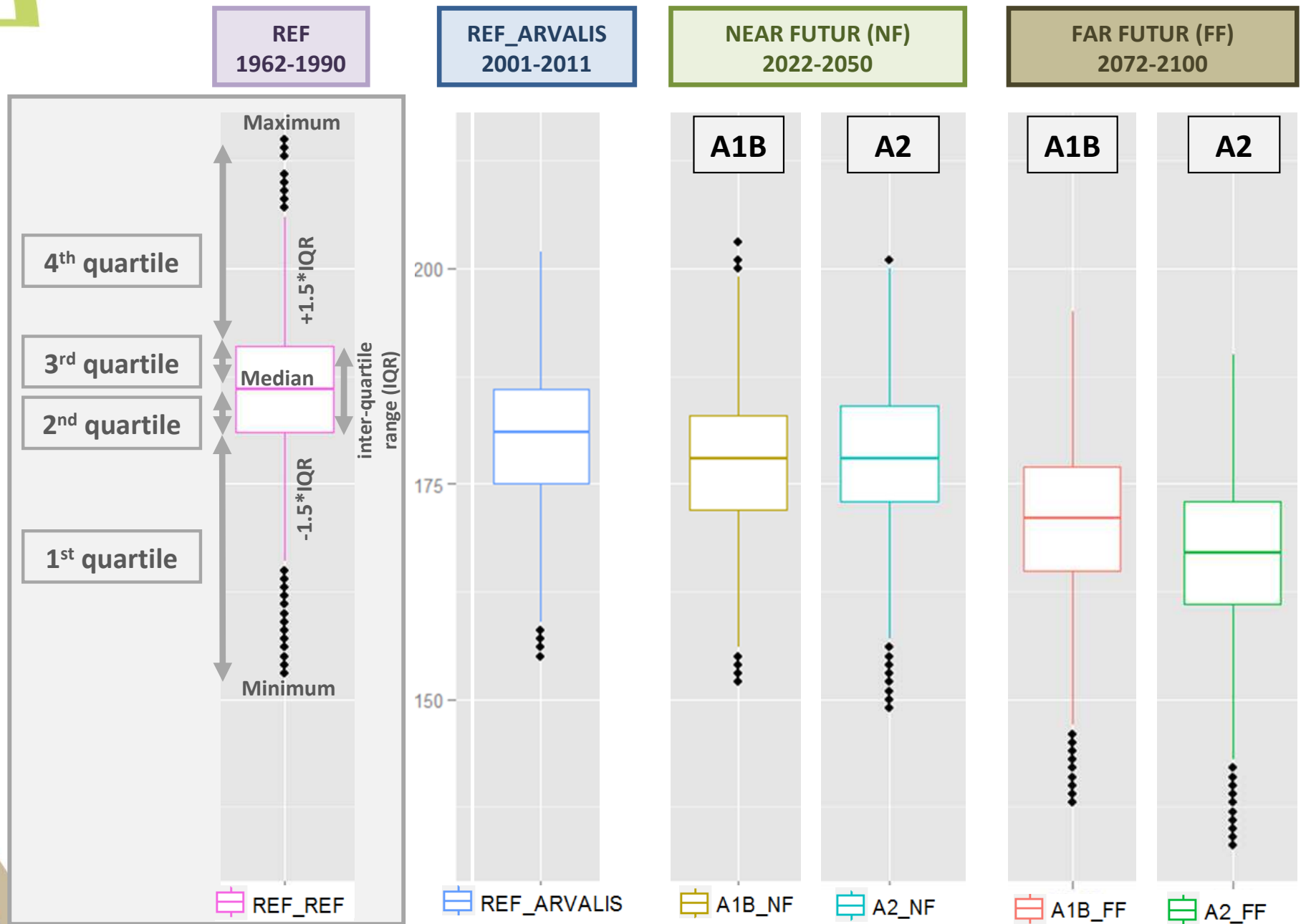


-> cartes pour évaluer la
variabilité à l'échelle spatiale
(la valeur médiane sur la
période considérée est utilisée)



!!
Pour étudier l'impact du changement climatique, toutes choses égales par ailleurs, le travail est mis en œuvre sur une seule situation agronomique (la plus critique pour FHB et DON) : maïs en précédent, non labour, variété sensible semée au 20 octobre
!!

Format de présentation des résultats

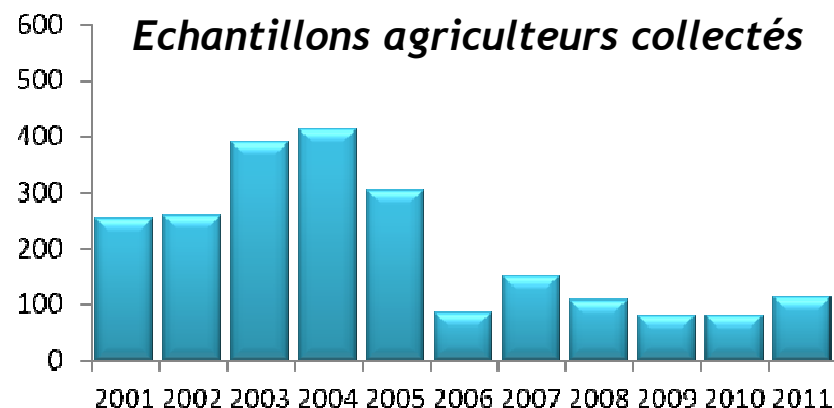
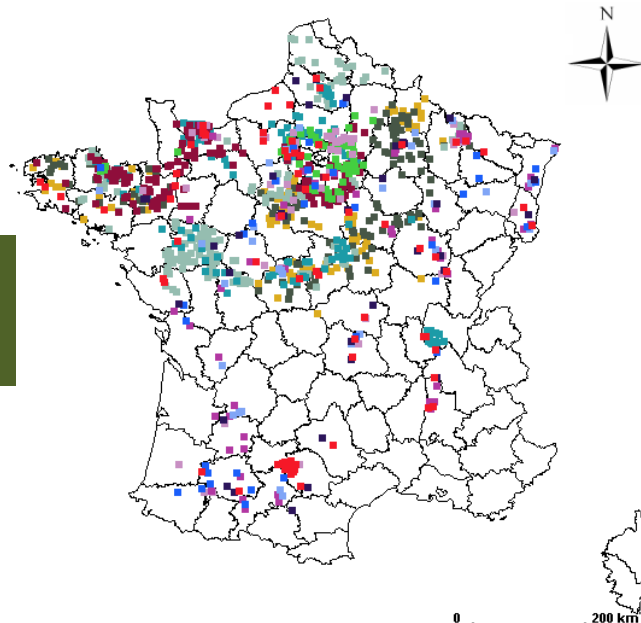




Modèle A : construction d'une grille de décision

7

**Enquêtes
agriculteurs**



**Echantillon:
3 sous-échantillons**

**Réception/enregistrement
Nettoyage/broyage**

**Analyse trichothécènes
by LC-MS-MS**

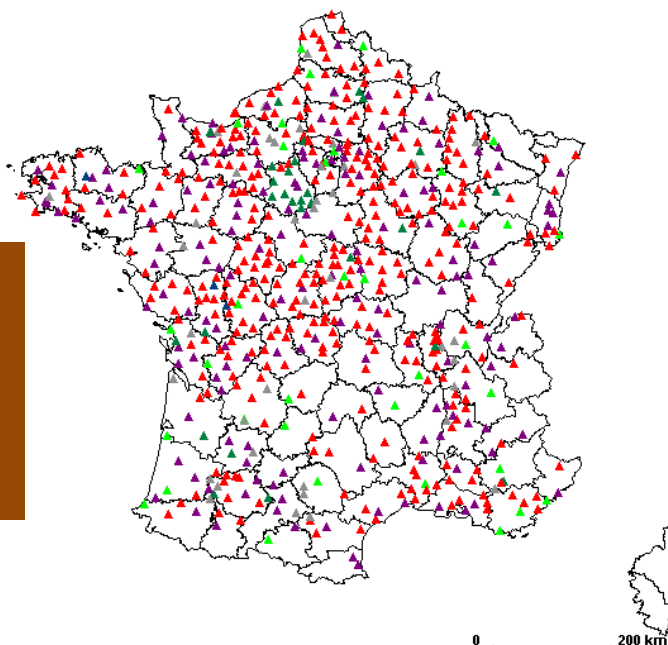
**Saisie des pratiques
agronomiques**

**Données climatiques
de la station
la plus proche**

Statistiques multivariées

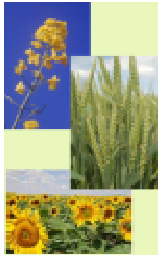
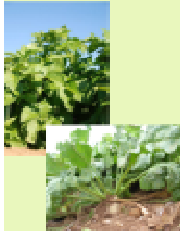
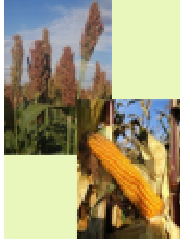
BDD

**Réseau de
station
météorologique
(T°C / P)**





Model A : *Fusarium Graminearum* risk assessment grid on wheat

Crop residue management		Varietal susceptibility	Don risk	Rain (mm) around flowering (+/- 7 jours)		
				<10	10-40	>40
 Cereals, oilseed, flax, peas, beans, sunflowers	Ploughing	Low susceptibility	1			
		Medium susceptibility				
		Susceptible	3			T
	No ploughing	Low susceptibility	2			
		Medium susceptibility				
		Susceptible	3			T
 Sugarbeet, potatoes, soya, other	Ploughing	Low susceptibility	2			
		Medium susceptibility				
		Susceptible	3			T
	No ploughing	Low susceptibility	2			
		Medium susceptibility				
		Susceptible	4		T	T
 Forage maize Forage sorghum	Ploughing	Low susceptibility	2			
		Medium susceptibility				
		Susceptible	4		T	T
	No ploughing	Low susceptibility				
		Medium susceptibility	5		T	T
		Susceptible	6	T	T	T
 Grain maize Grain sorghum	Ploughing	Low susceptibility	2			
		Medium susceptibility	3			T
		Susceptible	4		T	T
	No ploughing	Low susceptibility	5		T	T
		Medium susceptibility	6	T	T	T
		Susceptible	7	T	T	T

ARVALIS, 2011.

ARVALIS-Institut du végétal 2011

ARVALIS, 2006.

T = spraying is required

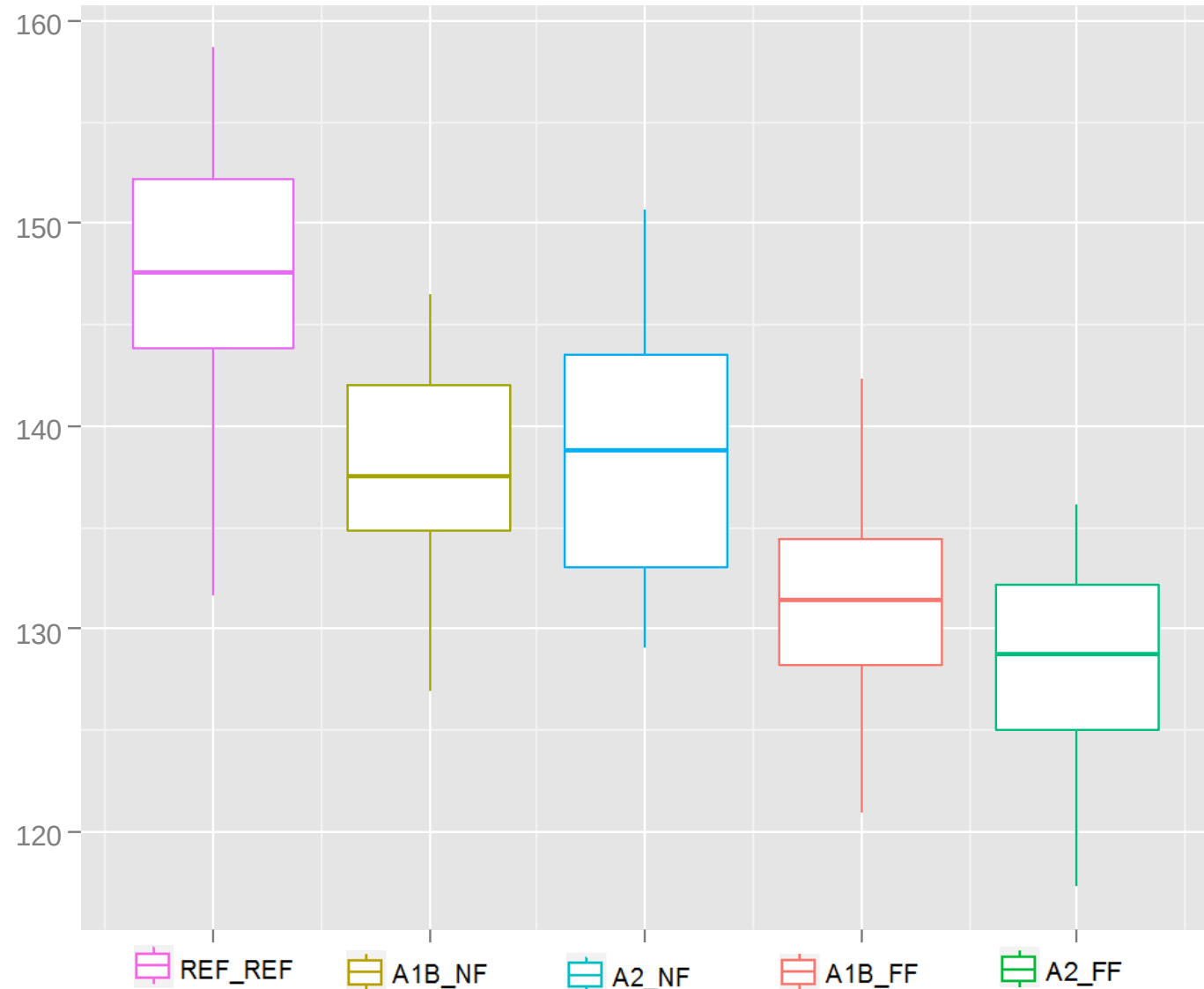


Modèle A : projection sur la date de floraison

Echelle: France
 Modèle climatique : Scampei
 Pixel : 8*8km
 Culture : Blé tendre
 Variété: Cellule
 Semis: 20/10
 Modèle phénologique: Gouache et al., 2012

Date de floraison en jours
depuis le 1^{er} janvier

~ 1^{er} mai



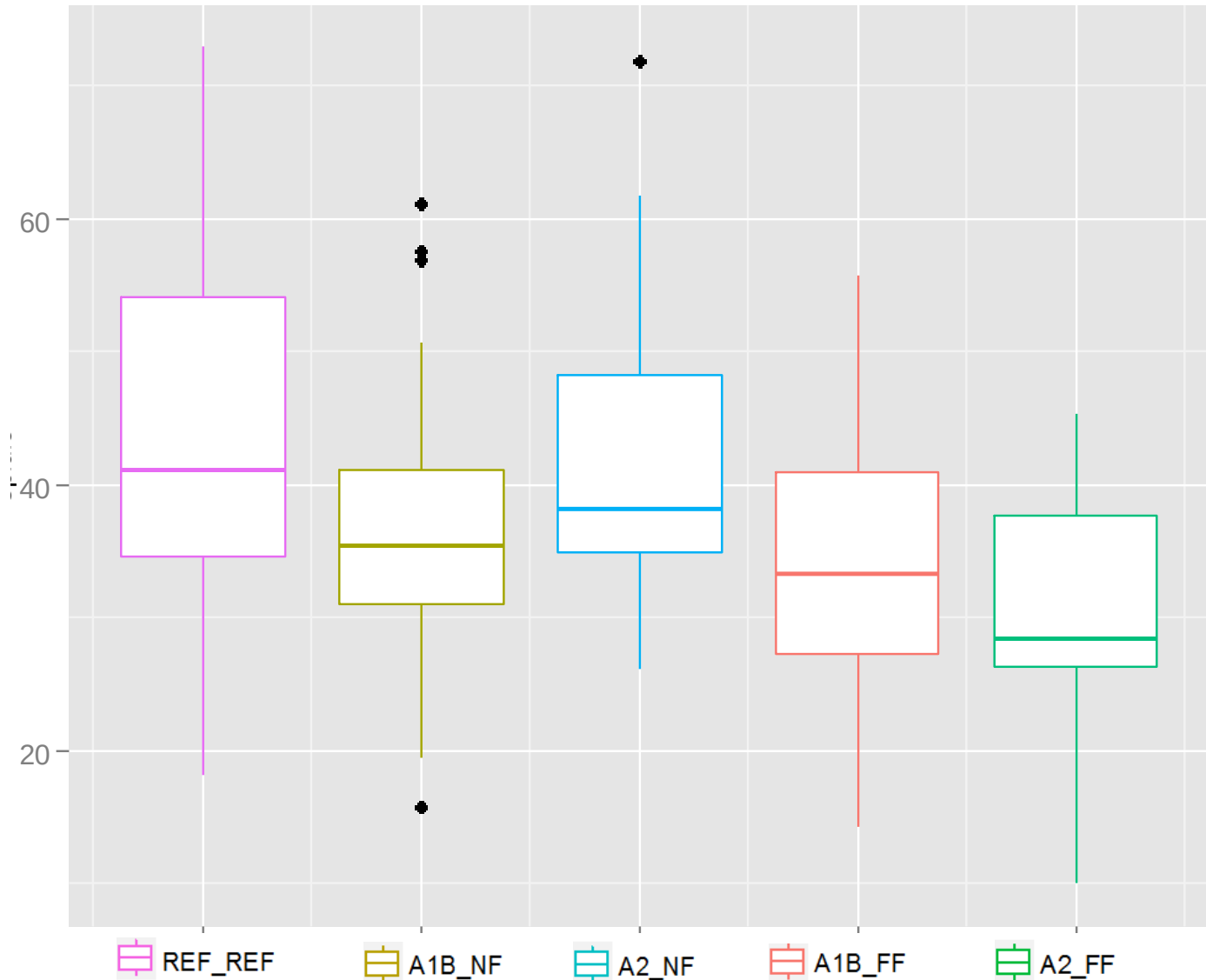
Avancée de la floraison dans le NF qqst le scenario (environ 10 jours en médiane)
Dans le FF, jusqu'à 20 jours d'avancée (scénario A2)



Modèle A : projection sur la pluie

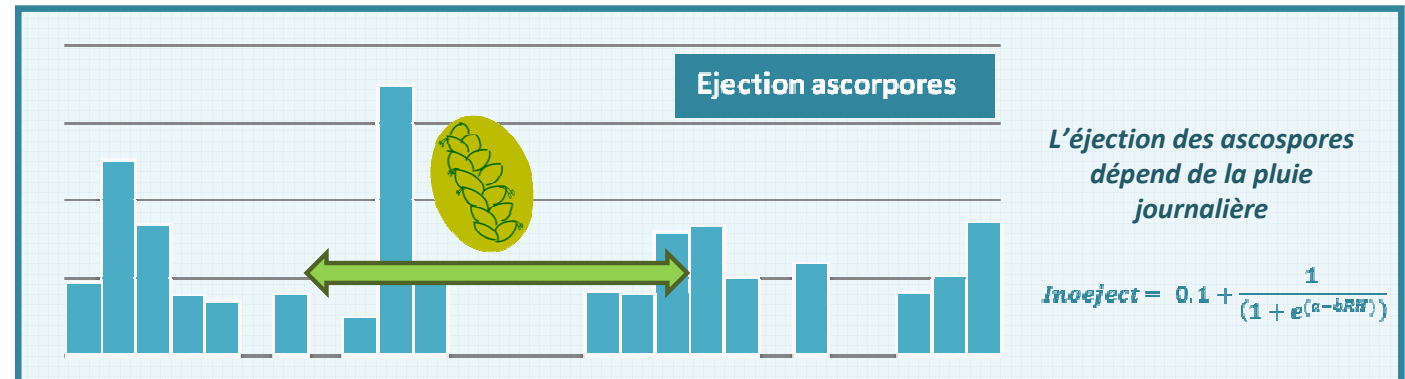
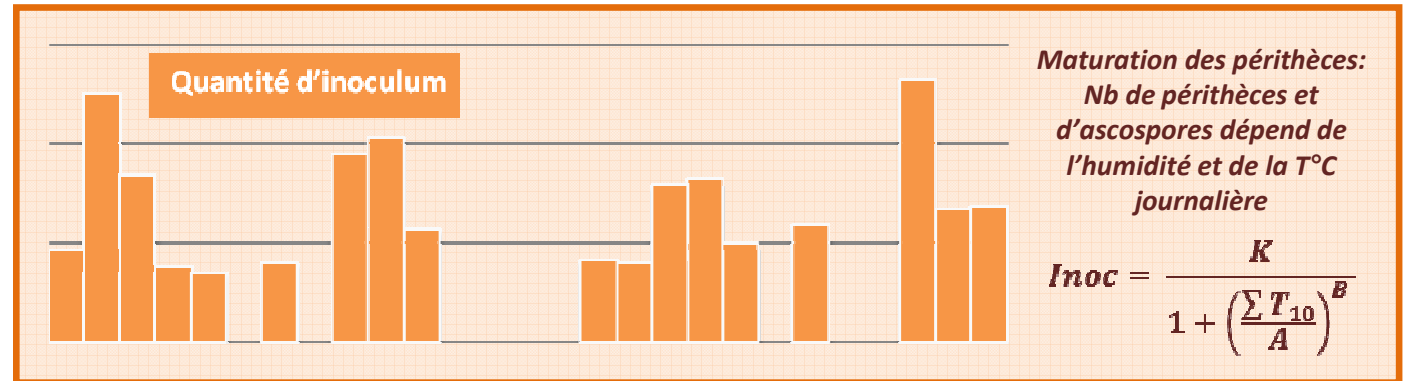
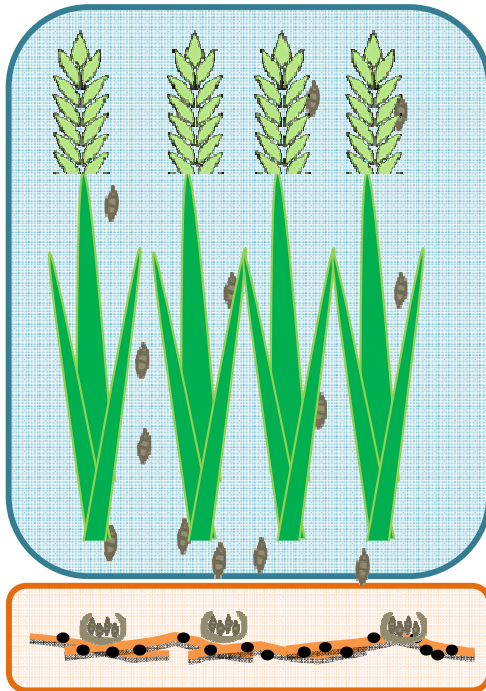
Echelle: France
 Modèle climatique : Scampei
 Pixel : 8*8km
 Culture : Blé tendre
 Variété: Cellule
 Semis: 20/10
 Modèle phénologique: Gouache et al., 2012

Pluie autour de la floraison
 (-8/+8 jours)



Peu de fluctuation sur le cumul des pluies autour de la floraison dans le NF, très légère diminution en A1B. Plus forte diminution dans le FF.

Modèle B: modèle mécaniste pour prévoir le risque inoculum de *F. graminearum*



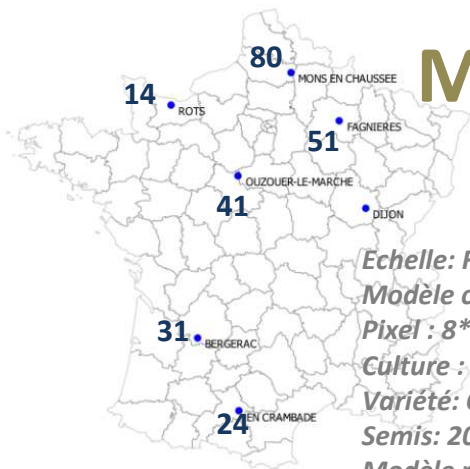
Le modèle prédit une quantité relative journalière de spores éjectées

Corre et al., 2015

6 institutions européennes travaillent sur ce modèle:

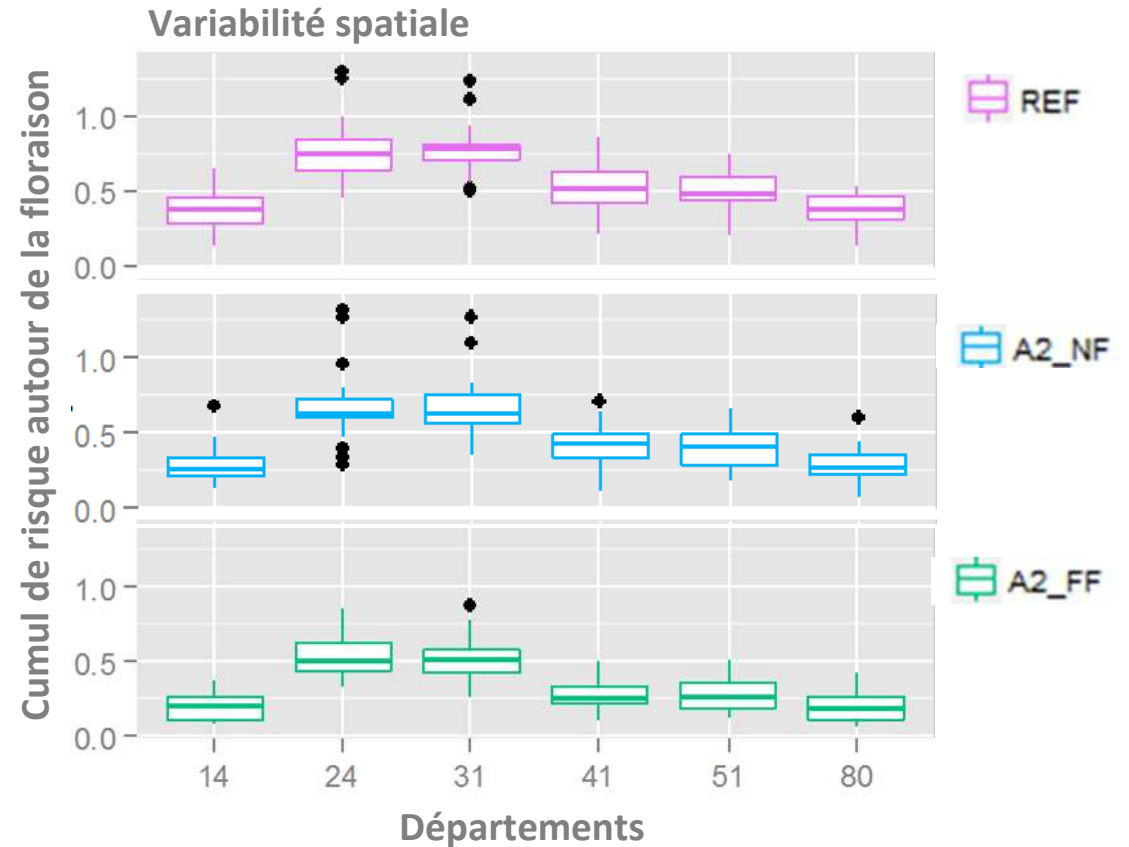
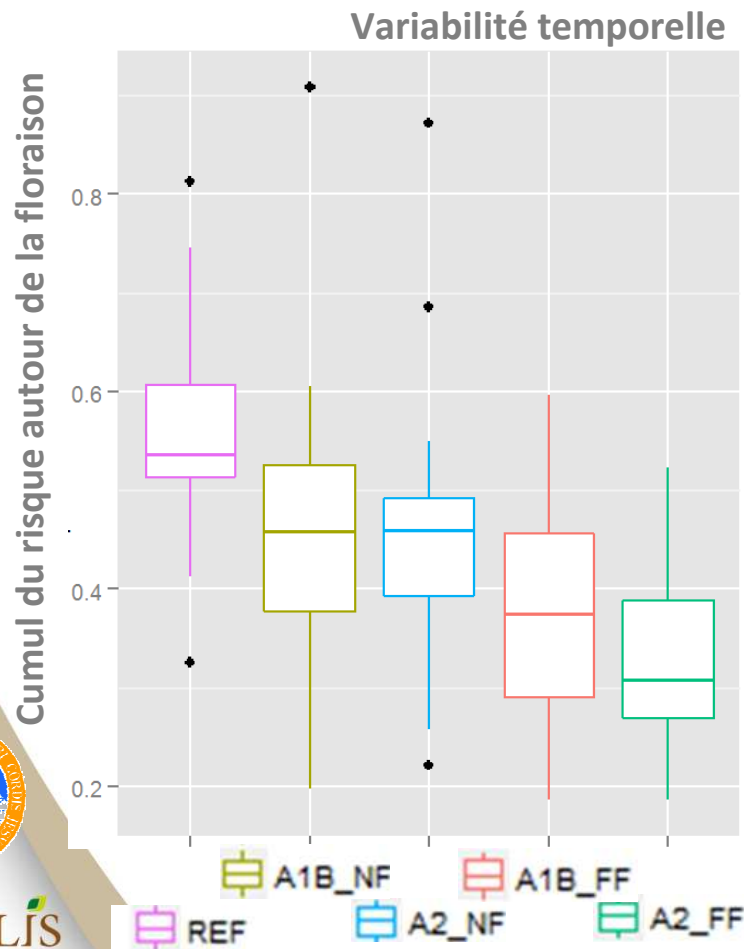
- France (Arvalis) *leader*
- Italy (IEPV) *leader*
- United Kingdom (HAU)
- Norway (Bioforsk)
- Switzerland (Agroscope)
- Sweden (SLU)





Echelle: France
 Modèle climatique : Scampei
 Pixel : 8*8km
 Culture : Blé tendre
 Variété : Cellule
 Semis : 20/10
 Modèle phénologique: Gouache et al., 2012

Modèle B: modèle mécaniste pour prévoir le risque inoculum de *F. graminearum*



Sur inoculum de FHB, réduction marquée du risque dans le temps et l'espace, notamment pour le scénario A2_FF.

Variabilité spatiale du risque qqst le scenario





Modèle C : un modèle statistique pour prédire le risque d'accumulation en DON

$$\ln(DON) = a_1 * \text{agronomie} + a_2 * V1 + a_3 * V2 + \dots + a_{28} * V27$$

où

a_i : paramètres du modèle (constants)

Variable agronomique:

Précédent culturel*travail du sol*Classe de sensibilité variétale au DON

Variables climatiques : V1 to V27

Température journalière:

-min/max/moy
-fréquence/somme

Pluie journalière:

-fréquence/somme

×

Stades phénologiques:

Méiose à 15 jours après floraison

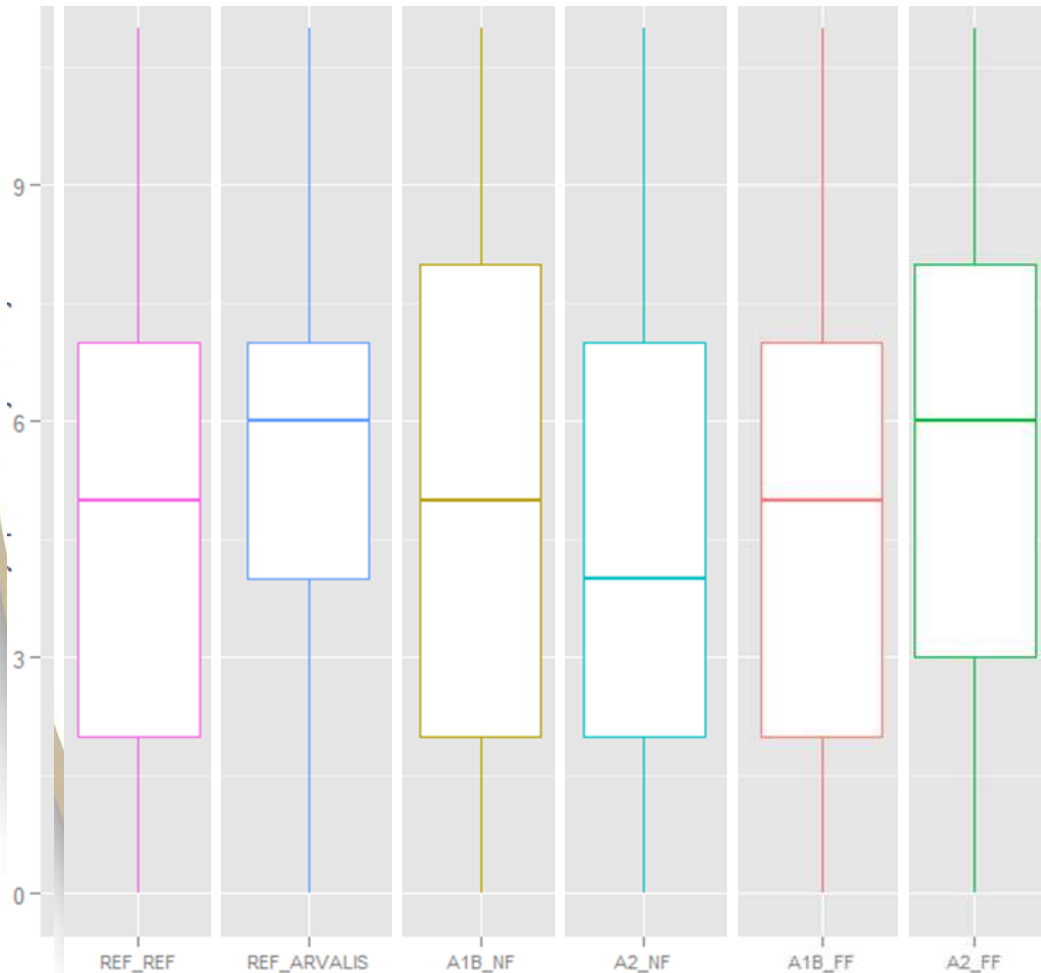
*Exemples : nb jours Tmean>16 et pluie>1 flo-8 flo+3
Somme pluie flo-8 flo+8*

Gourdain, 2015

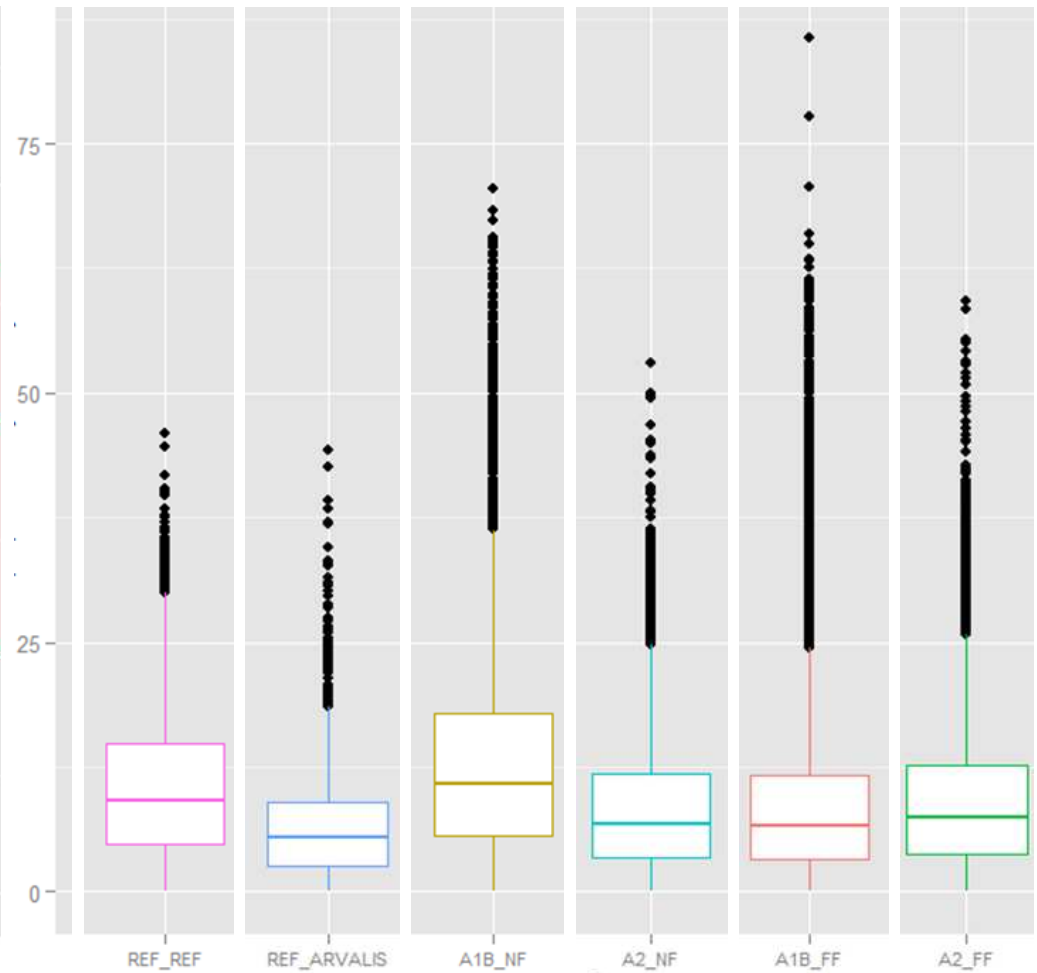


Modèle C : domaine de validité climatique

Nb de jours avec $T_{\text{moy}} > 15^{\circ}\text{C}$ autour de la floraison



Somme des ETP > 4 entre méiose et floraison



A l'exception de quelques variables, le domaine de validité des différentes variables climatiques est respecté. Quelques points extrêmes sortent malgré tout du domaine et peuvent conduire à des comportements du modèle inattendus lors des projections



Modèle C : domaine de validité climatique

Echelle: France
Modèle climatique : Scampei
Pixel : 8*8km
Culture : Blé tendre
Variété: Cellule
Semis: 20/10
Modèle phénologique:
Gouache et al., 2012



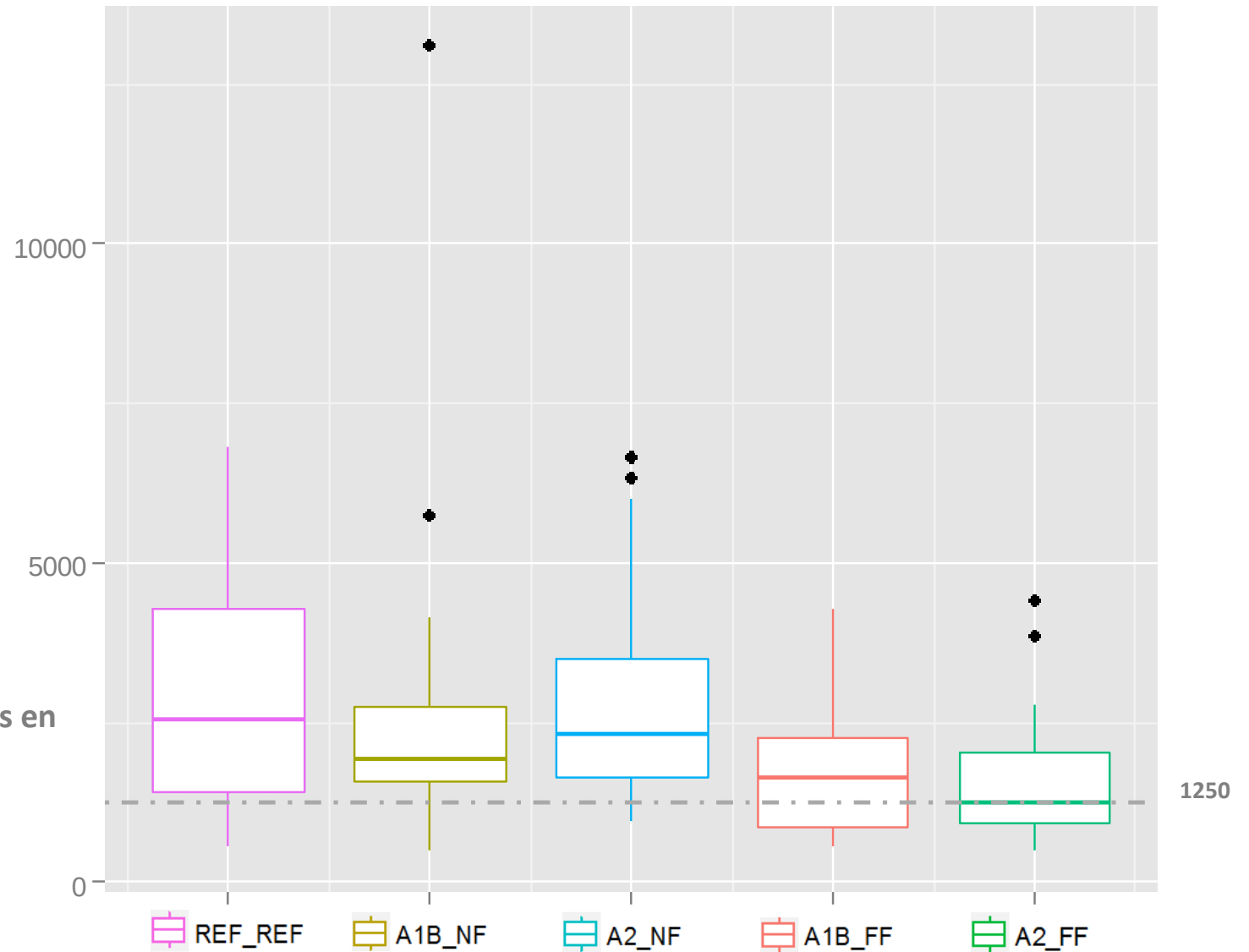
Boxplots des 27 variables climatiques



Modèle C : Projection sur les teneurs en DON ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Echelle: France
 Modèle climatique : Scampei
 Pixel : 8*8km
 Culture : Blé tendre
 Variété: Cellule
 Semis: 20/10
 Modèle phénologique:
 Gouache et al., 2012

Projection des teneurs en
 DON $\mu\text{g}/\text{kg}$



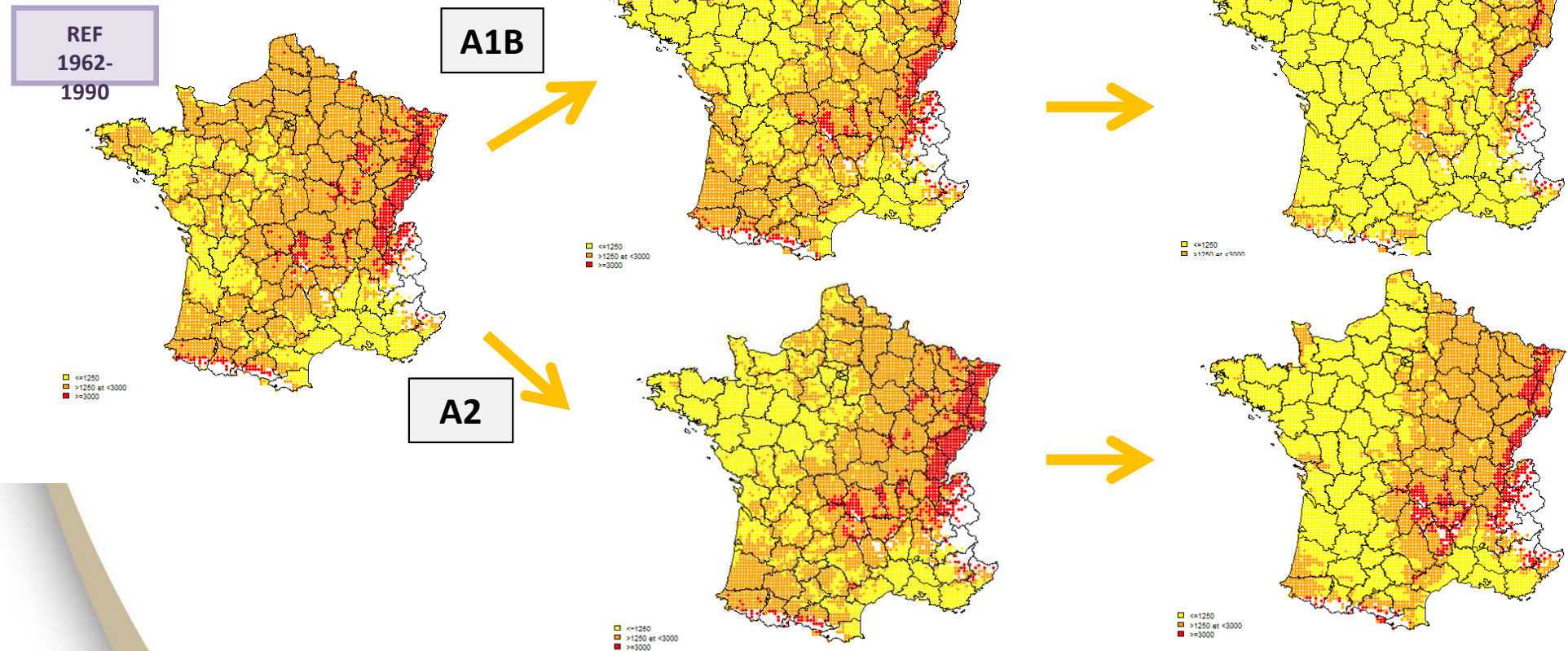
Sauf pour A2_NF, légère diminution du risque DON avec une réduction de la variabilité avec quelques années extrêmes !



Modèle C : Projection sur les teneurs en DON ($\mu\text{g/kg}$)

Variabilité spatiale

Echelle: France
 Modèle climatique : Scampei
 Pixel : 8*8km
 Culture : Blé tendre
 Variété: Cellule
 Semis: 20/10
 Modèle phénologique:
 Gouache et al., 2012



Réduction du risque dans NF et FF, principalement dans l'ouest

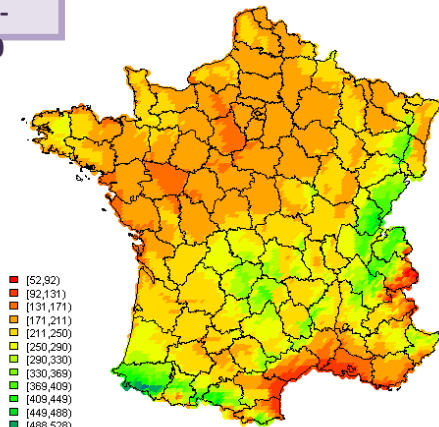
Somme des pluies du 1^{er} avril au 30 juin

Echelle : France

Modèle climatique : Scampei

Pixel : 8*8km

REF
1962-
1990



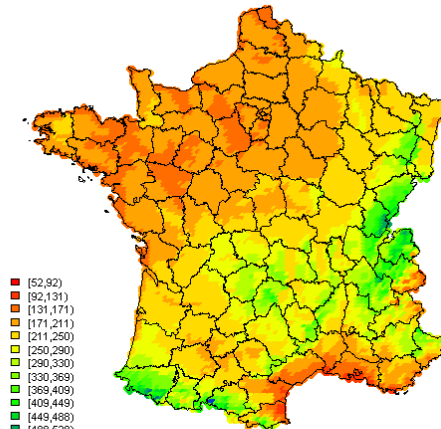
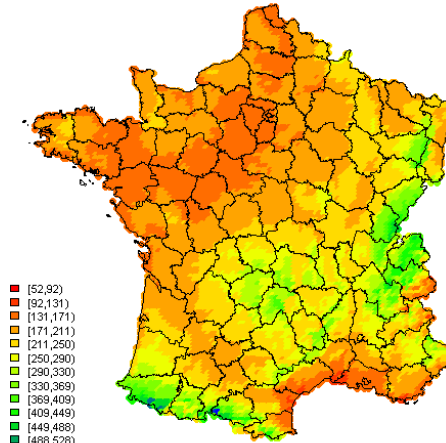
A1B



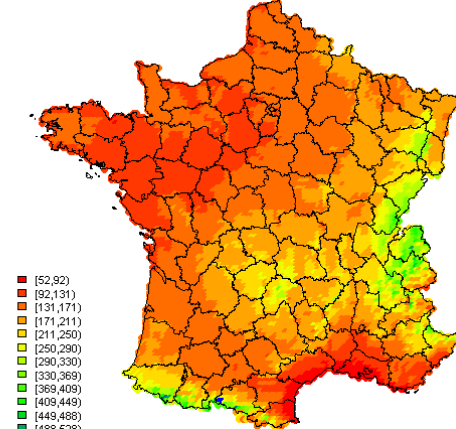
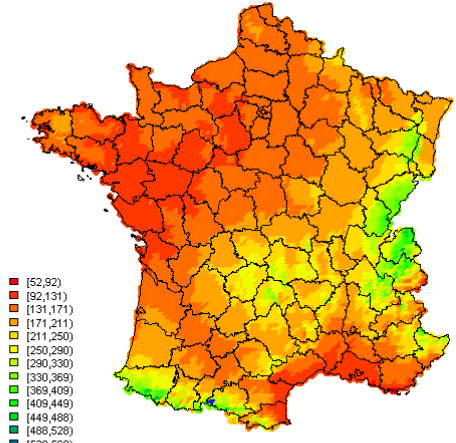
A2



NEAR FUTUR (NF)
2022-2050



FAR FUTUR (FF)
2072-2100



Même tendance pour la somme des pluies



Conclusions

Sous réserve de la validation du domaine de validité climatique, l'utilisation de modèles agro-climatiques montre **un intérêt scientifique et politique** certain dans l'évaluation des risques de développement de pathogènes.



Conclusions

A travers les projections réalisées avec les scénarii climatiques issus du modèle climatique ALADIN (Scampei) et en se limitant à **une situation agronomique donnée,**

le **risque** d'infection du blé tendre par *F. graminearum* et la teneur en DON associée **ne doit pas augmenter** dans le futur proche

et

pourrait même **diminuer dans le futur lointain,** aussi bien dans le temps que dans l'espace en relation

avec la **réduction des événements pluvieux au printemps.**



Attention aux incertitudes dans l'étude des changements climatiques



Impacts directs sur l'épidémiologie :

- temperature, pluie, humidité, sécheresse, CO₂, UV-B, O₃, ...

Incertitudes autour des tendances de pluie dans le futur



Impacts indirects sur les interactions plantes-pathogènes :

- modification de la phénologie et de la distribution géographique de l'hôte
- modification des souches du pathogène et de sa distribution géographique
- adaptation du pathosystème

Incertitudes autour des adaptations de l'hôte et du pathogène au changement climatique

Incertitudes autour de l'évolution des pratiques agronomiques

=> Pour avoir une tendance fiable : refaire des projections à partir d'autres modèles agro-climatiques et climatiques