

# Transmission de spores de *Leptosphaeria maculans* entre parcelles de saisons culturales successives : acquisition de données et inférence bayésienne

Lydia Bousset, Stéphane Jumel, Hervé Picault  
UMR IGEPP (INRA Le Rheu)

Vincent Garreta, Samuel Soubeyrand  
UMR BiOSP (INRA Avignon)

## Contexte

**Agro-écosystèmes** : L'homme cultive des plantes pour satisfaire ses besoins – les espèces interagissent

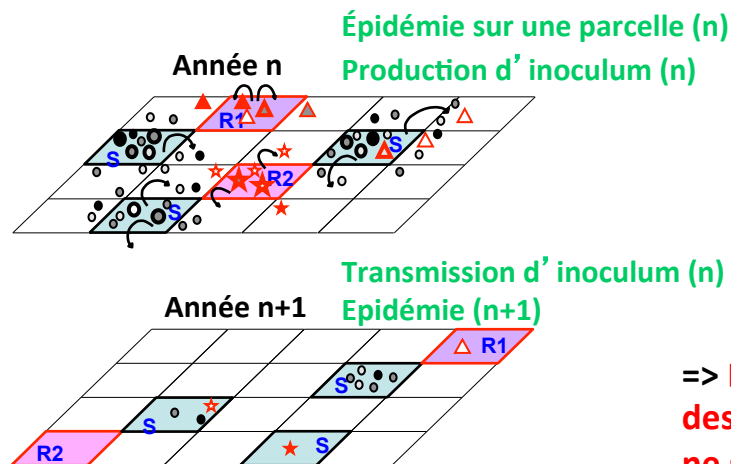
**Epidémies fongiques** : Réduisent la production / qualité des cultures -> les maîtriser

Nombreuses maladies ont une dynamique d'épidémie cyclique:

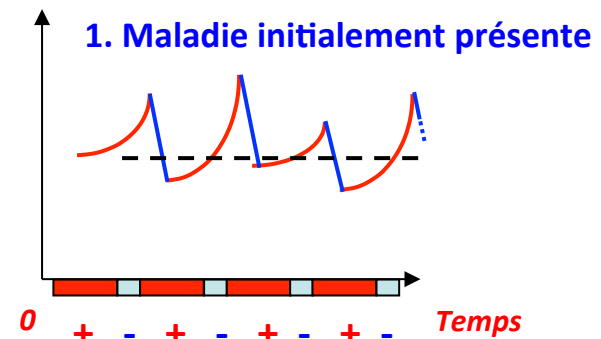
(Zadoks & Schein 1979)

(Bousset & Chèvre 2012 Journal of Botany)

### 3. Changement parcelles hôte



=> **Les épidémies des années successives ne sont pas indépendantes**



=> **Transmission de parcelle (année N) -> parcelle (année N+1) importante pour la dynamique**

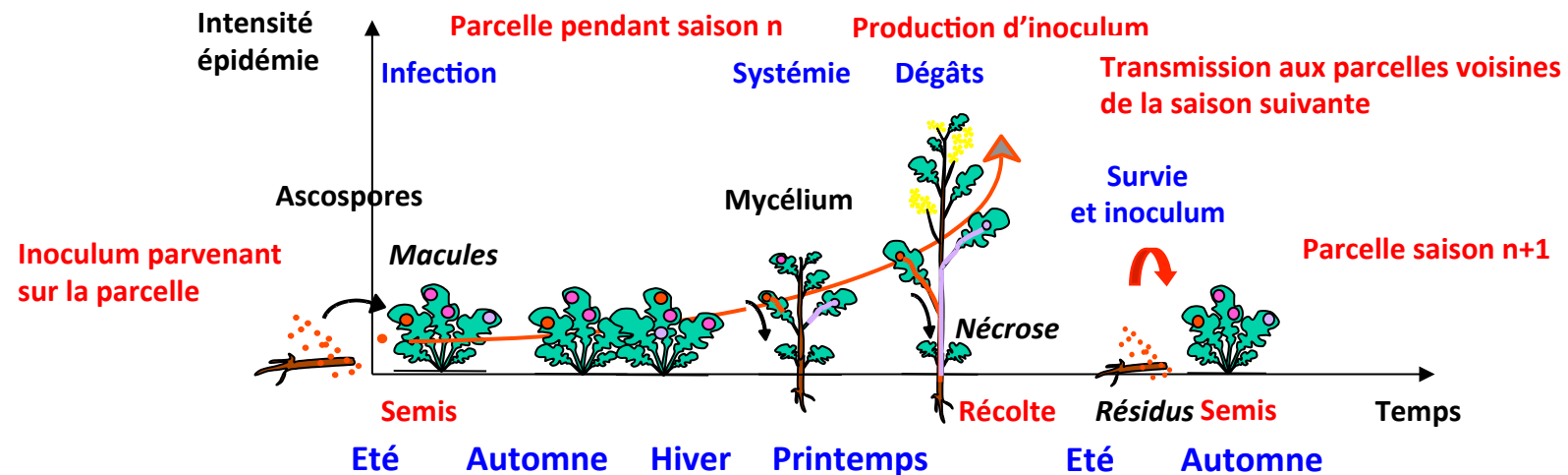
# Modéliser la transmission ?

## Besoin de modéliser la dynamique cyclique

Ex : simulateur échelle paysage / stratégies de déploiement variétés & adaptation populations

Colza/ phoma (Lô-Pelzer et al. 2010; Hossard et al. 2013)  
Blé / rouilles (Papaïx et al. 2013)

## Cycle de vie de *Leptosphaeria maculans*

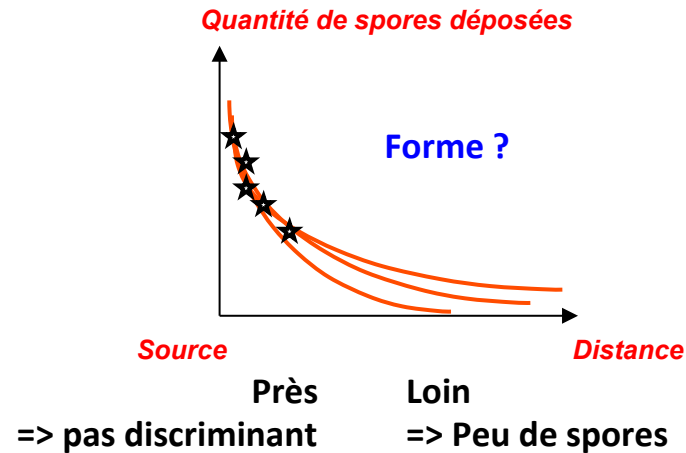


Dispersion ascospores à l'automne

=> Hypothèse : quantité de spores décroît avec la distance à la source

## Quelles données sur la dispersion ?

**Hypothèse** : quantité de spores décroît avec la distance à la source



**Données existantes** : courte distance extrapolée, souvent 1 source ponctuelle

**Objectif** : Pour distances + grandes & nombreuses sources

=> Collecter jeu de données sur parcelles agricoles

=> Développer méthodes d'analyse

=> Besoin de beaucoup de données, précises

## Quantification de sévérité rapide et précise ?

Méthodes existantes : soit coûteuses en temps (mac/pl); soit trop imprécises (note/classes)

=> Besoin mettre au point une méthode rapide et précise

Hypothèse : à l'automne, 1 macule de phoma = causée par 1 spore

Comptage



Macule



Mètre carré



Minute



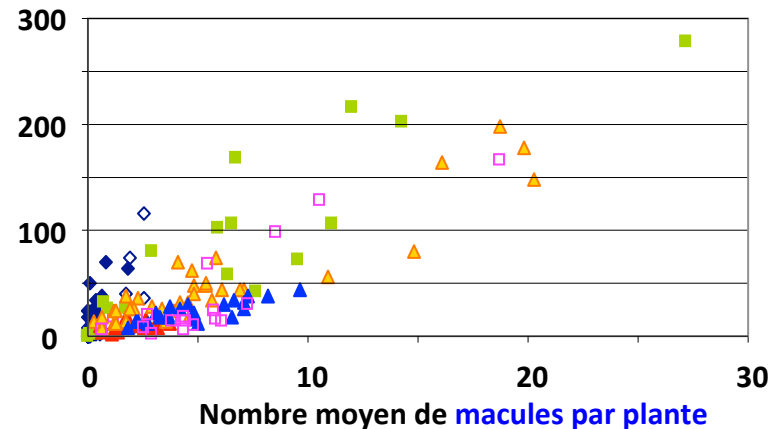
=> Nombre :  
macules / m<sup>2</sup> / mn



Nombre moyen de macules vues  
sur un mètre carré en une minute (estimateur Mac.m2)

N=179 données

Corrélation (IDC 95%)



4 essais au champ

- ◆ Exp. 1 **0.77** (0.60 - 0.87)
- ◇ Exp. 2 **0.86** (0.68 - 0.94)
- Exp. 3 **0.90** (0.74 - 0.96)
- Exp. 4 **0.87** (0.71 - 0.95)

3 parcelles d'agriculteurs

- ▲ Agr. 1 **0.38** (-0.08 - 0.70)
- ▲ Agr. 2 **0.93** (0.86 - 0.96)
- ▲ Agr. 3 **0.81** (0.60 - 0.92)

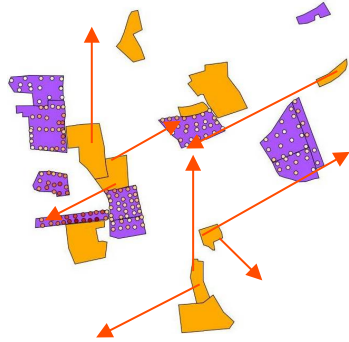
=> Oui, Mac.m2 est bien un estimateur du nombre de macules présentes

Avantages : ergonomique, rapide, précis

## Collecte de données

Sources 2009

Cibles 2010



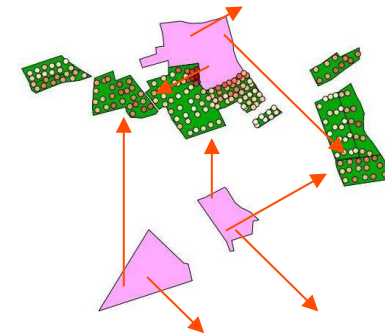
Dispersion de parcelles sources (année N)  
-> vers parcelles cibles (année N+1)

En parcelles agricoles, proches du Rheu

2 jeux de données

Sources 2011

Cibles 2012



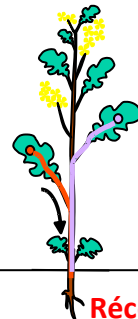
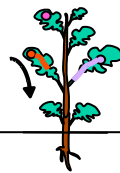
Intensité  
épidémie

Parcelle pendant saison N

Macules (année N)



Semis



Récolte

Parcelle pendant saison N+1

Macules (Année N+1)



Résidus



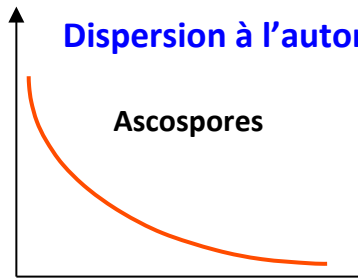
Semis

Temps



Dispersion à l'automne

Ascospores



Nombre moyen de macules vues sur un mètre carré en une minute (**estimateur Mac.m2**)

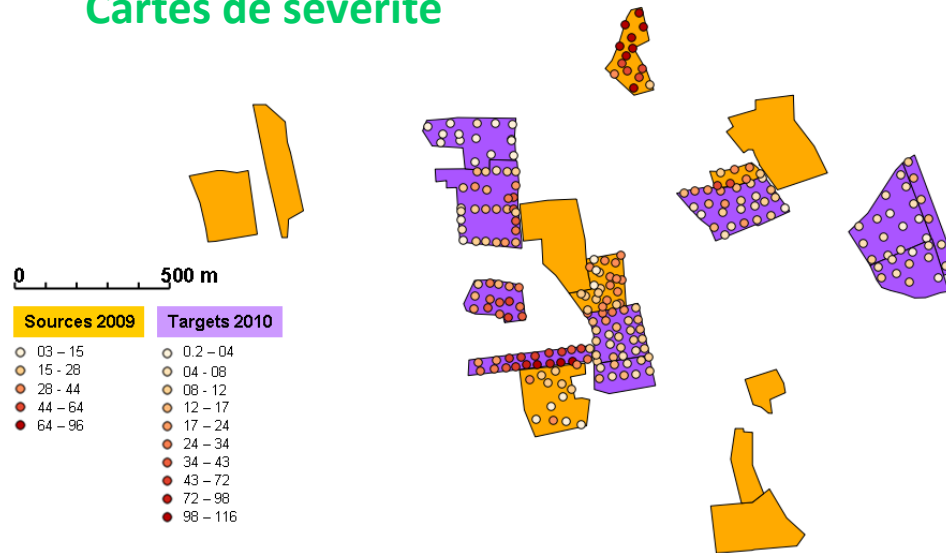
## Cartes de sévérité

### Sources 2009

72 données

### Cibles 2010

172 données

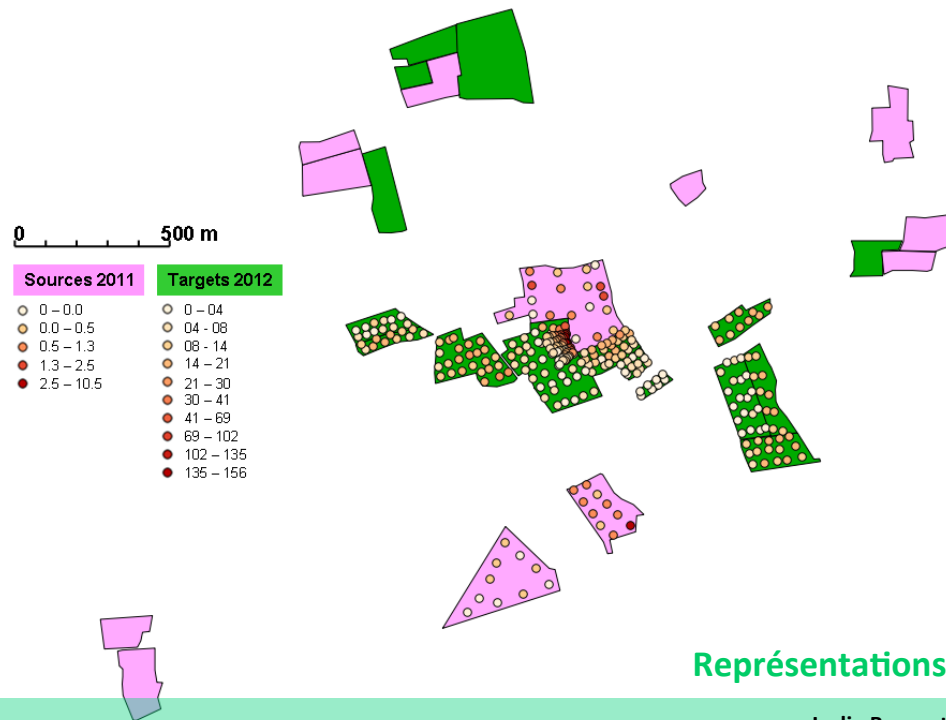


### Sources 2011

39 données

### Cibles 2012

200 données



Représentations anonymisées

## Méthode d'analyse

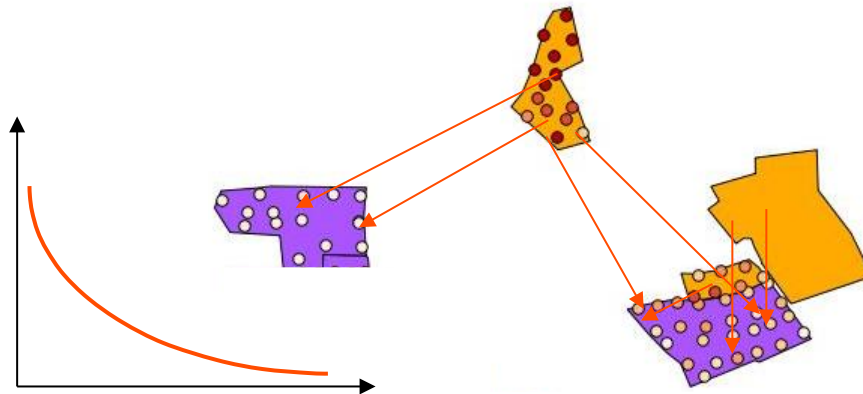
Sources 2009

Cibles 2010

Observées / non observées

Données ponctuelles / processus continus

L'intensité des sources est modélisée par un processus spatial log-normal intégrant une auto-corrélation spatiale



Potentiel d'infection = convolution entre l'intensité des sources et la fonction de dispersion (exponentielle puissance)

Modèles du processus d'observation : définition des formes possibles

$Y_{source} \sim \text{Poisson}$  (intensité source)

$Y_{cible} \sim \text{Negative-Binomiale}$  (potentiel d'infection)

Algorithme d'inférence bayésienne : MCMC pour évaluer les distributions a posteriori des paramètres et des variables latentes

Sources 2009

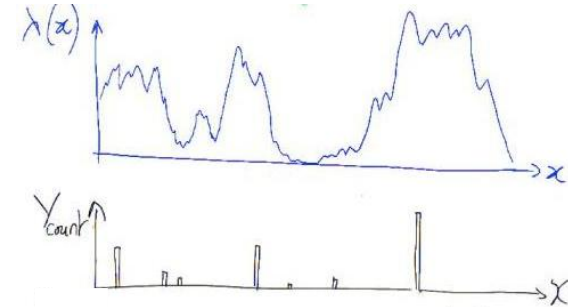
Cibles 2010

Sources 2011

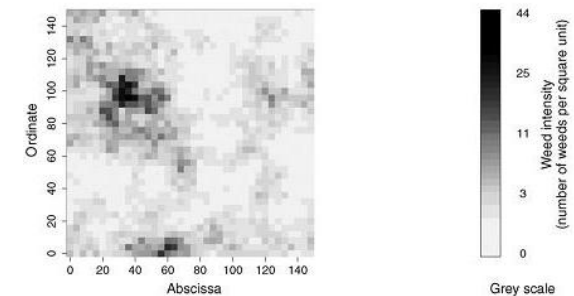
Cibles 2012

2 transitions sont analysées indépendamment

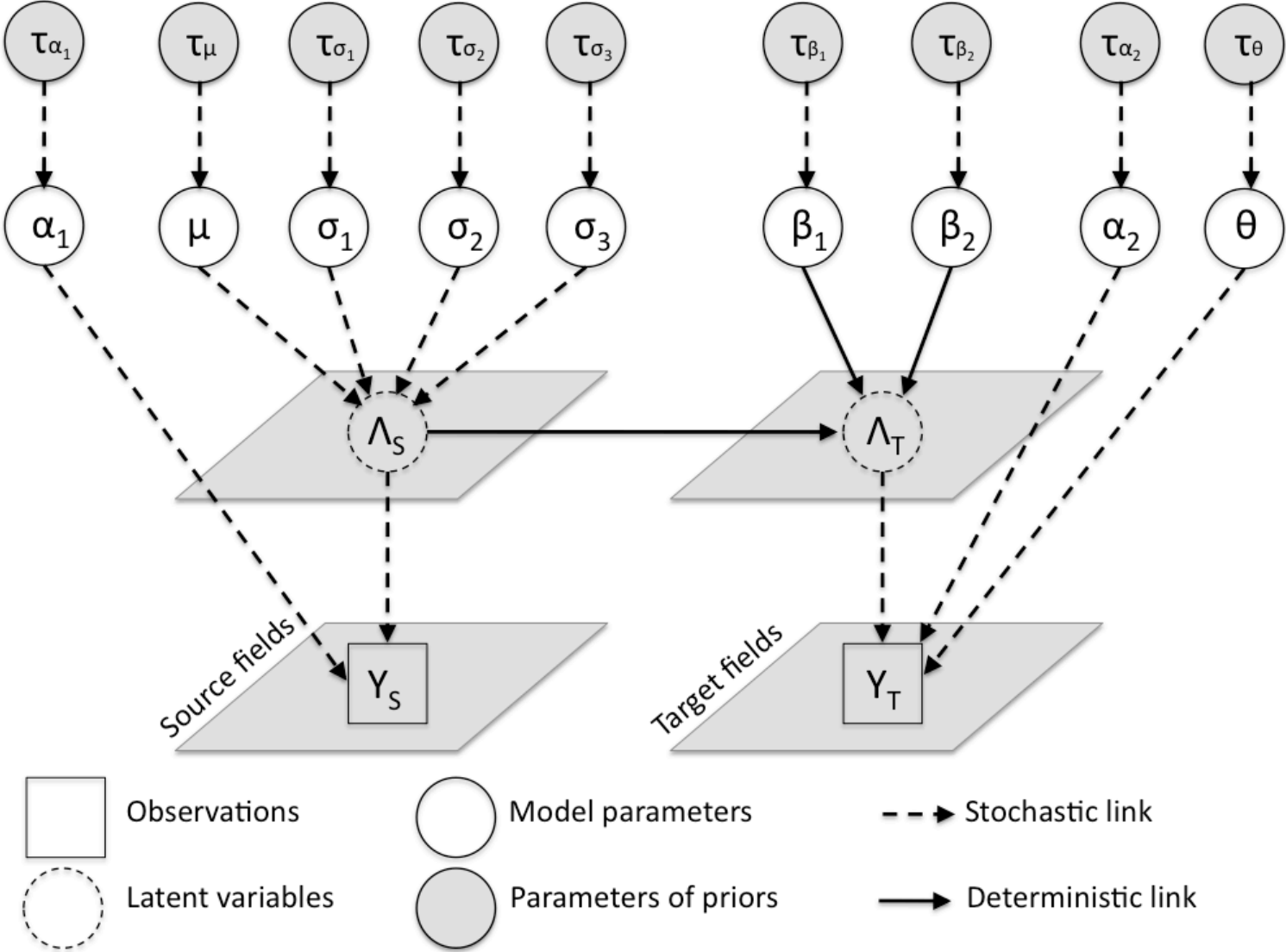
Schéma d'un champ lognormal 1D



Simulation d'un champ log-normal 2D



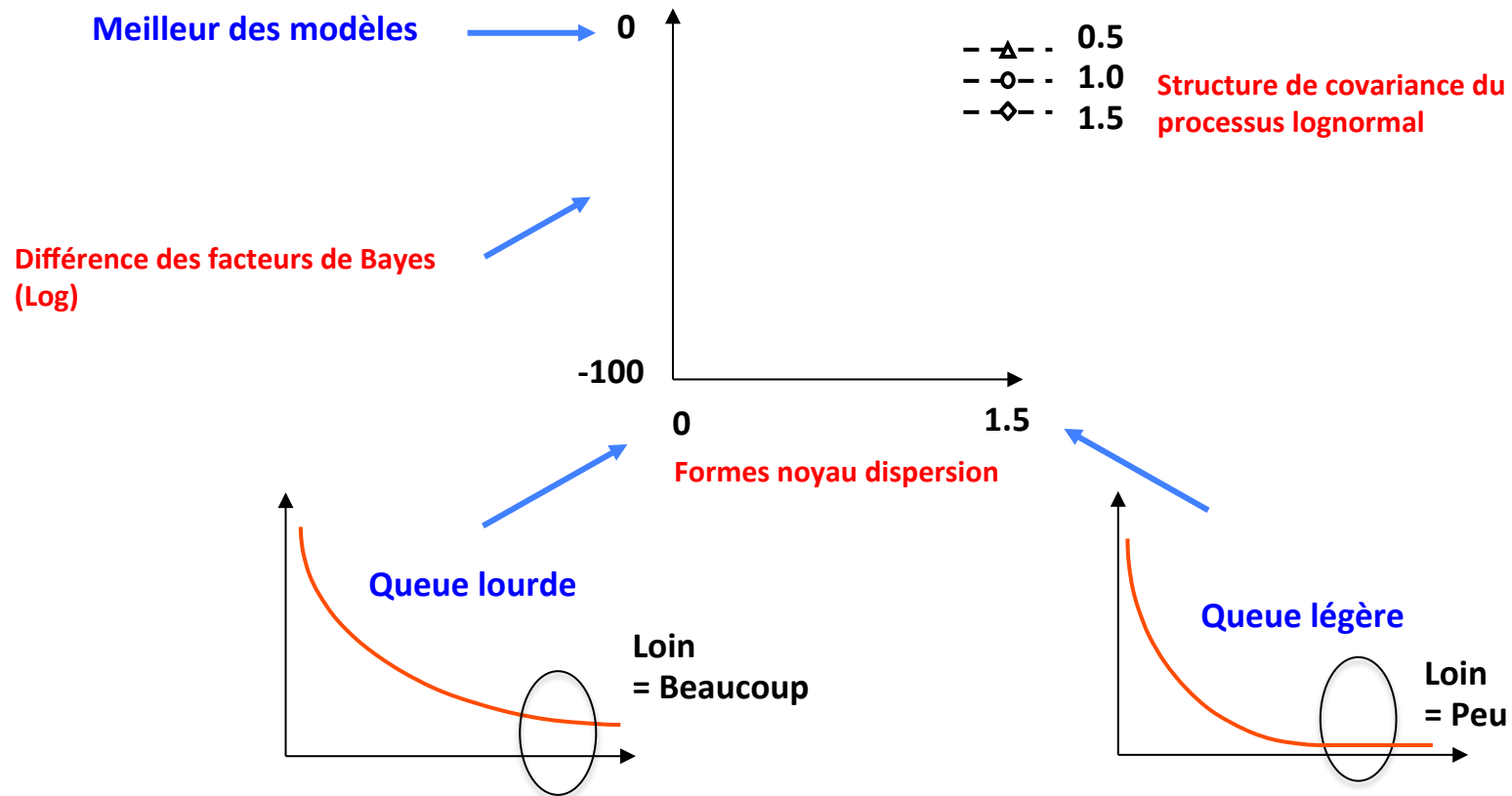
Structure de dépendance du modèle, variables observées et latentes, paramètres





## Comparaison des modèles

Facteur de Bayes : augmente quand ajustement meilleur



Différentes versions du modèle, ajustées aux données

- 3 structures de covariance pour processus log normal (exponentielle puissance)
- 9-12 formes pour noyau de dispersion (exponentielle puissance)

# Ajustements

Sources 2009

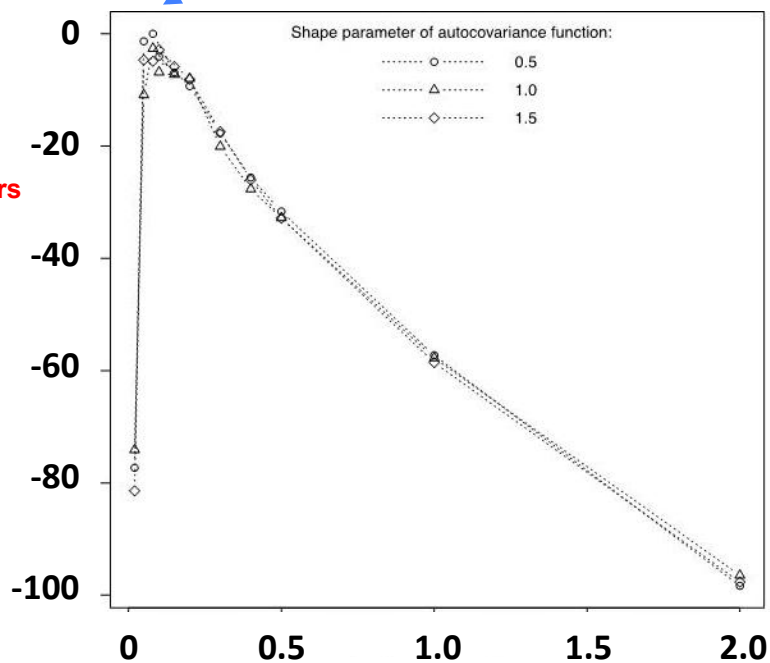
Cibles 2010

Meilleur des modèles

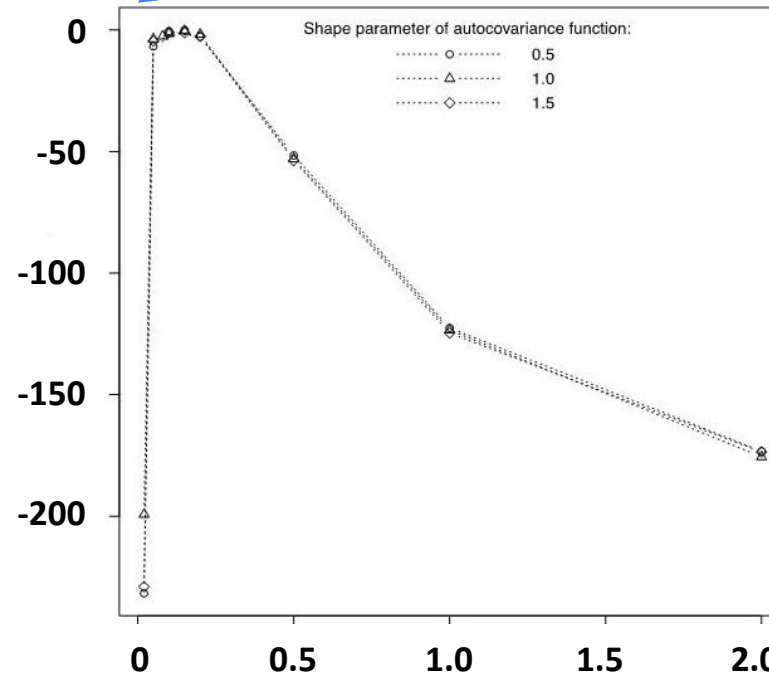
Sources 2011

Cibles 2012

Différence des facteurs de Bayes (Log)

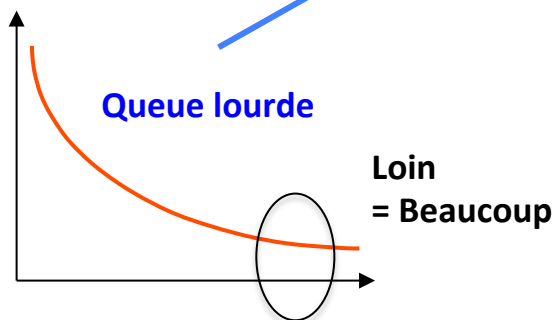


0.08 Formes noyau dispersion



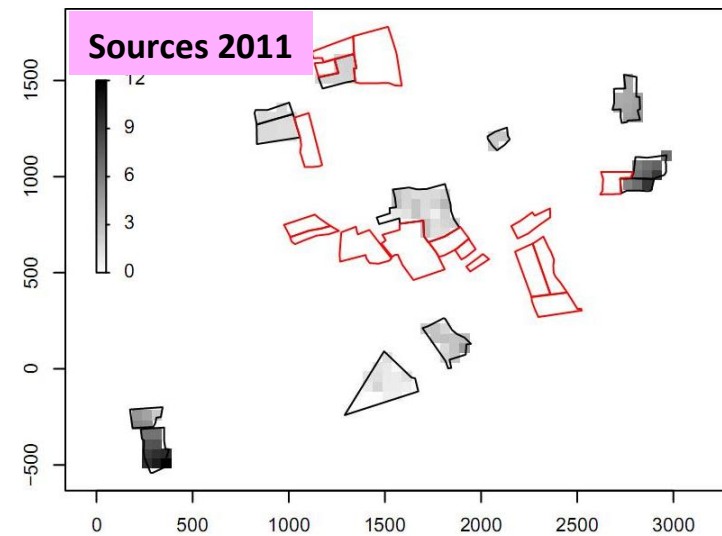
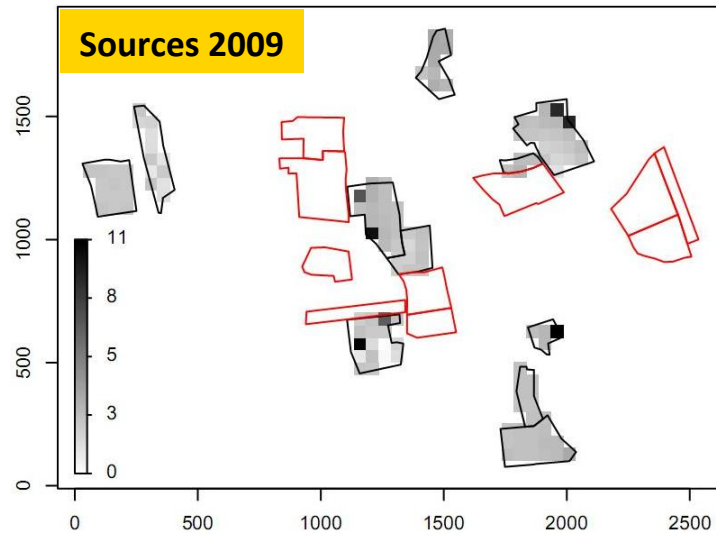
0.15 Formes noyau dispersion

=> Les deux meilleurs modèles sont utilisés pour reconstruire les cartes continues

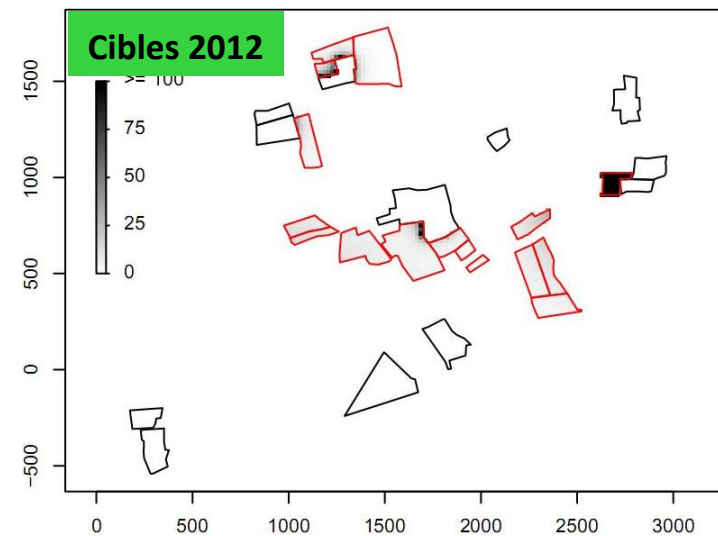
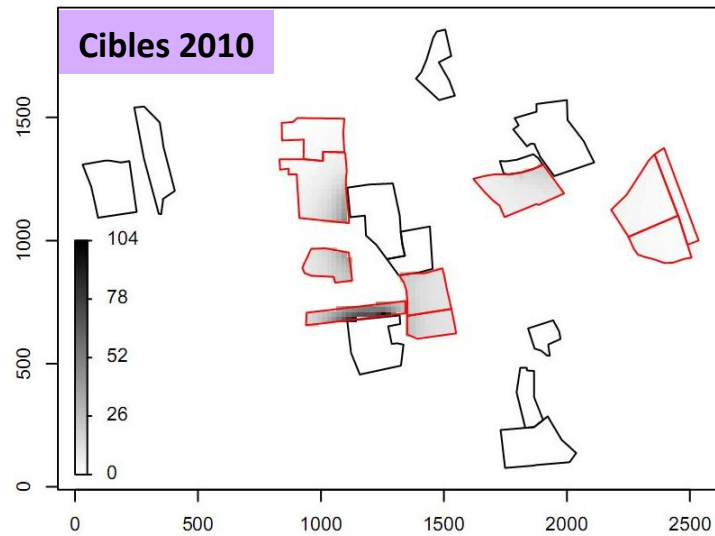


## Cartes continues reconstruites

### Médianes a posteriori des intensités des sources



### Médianes à postérieure des potentiels d'infection sur les cibles



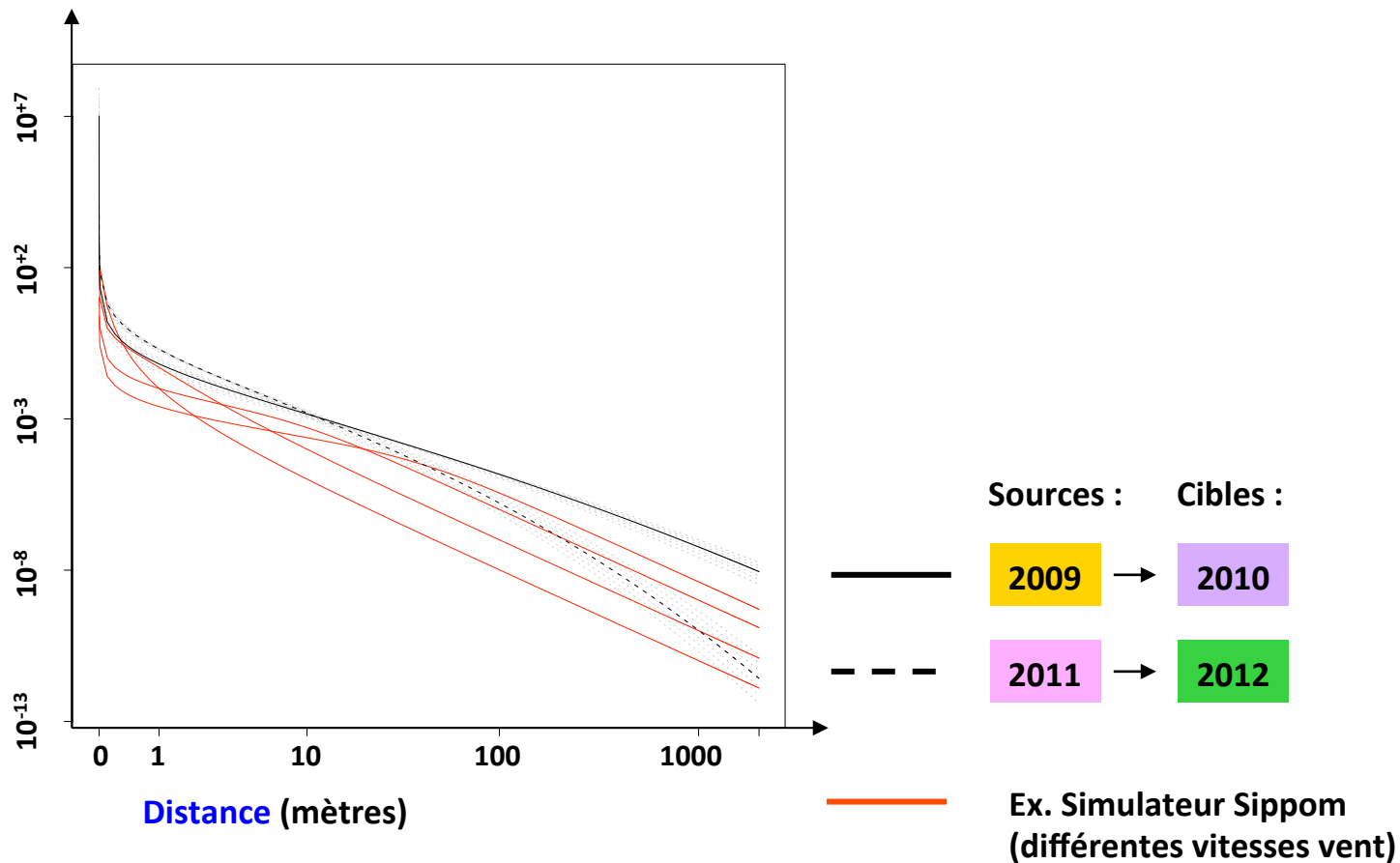
Distances (mètres)

Distances (mètres)

## Forme du noyau de dispersion

Médiane à postériori de la fonction de dispersion

Valeur du noyau de dispersion 2D



=> Cohérence sur les deux jeux de données, et avec données précédentes

## Bilan / perspectives

### Conclusions

- => Collecte de données : 1<sup>è</sup> fois que estim / nb sources, dist 0 à 1000m
- => Développement méthode données ponctuelles -> processus continus
- => Estimation noyau  
cohérent 2 jeux données  
queue lourde

### Perspectives

- => Utiliser pour les simulateurs, cartes de risque
- => Amélio : mieux modéliser la force des sources et la réceptivité des cibles  
(effet var, nécroses, pratiques cult)

**Merci**

**Pour l'aide technique :**

**Arnaud Ribulé**

**Claude Domin**

**Pour l'analyse des données :**

**Lionel Lebreton**

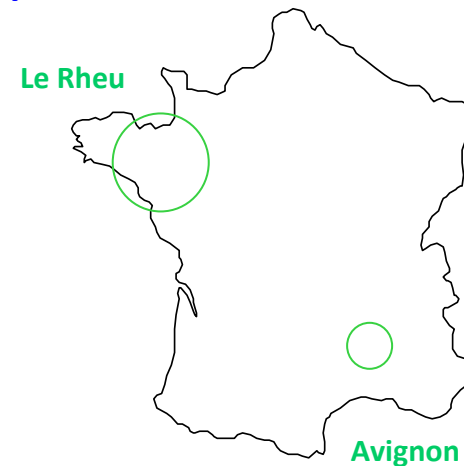
**Pour le financement :**

**INRA**

**ANR-ADD 2005-2008 Cèdre**

**ANR-Agrobiosphère 2012-2015 Gester**

**Bcp de spores à la source ...**



**... dispersées grande distance**

**Merci pour votre attention !**

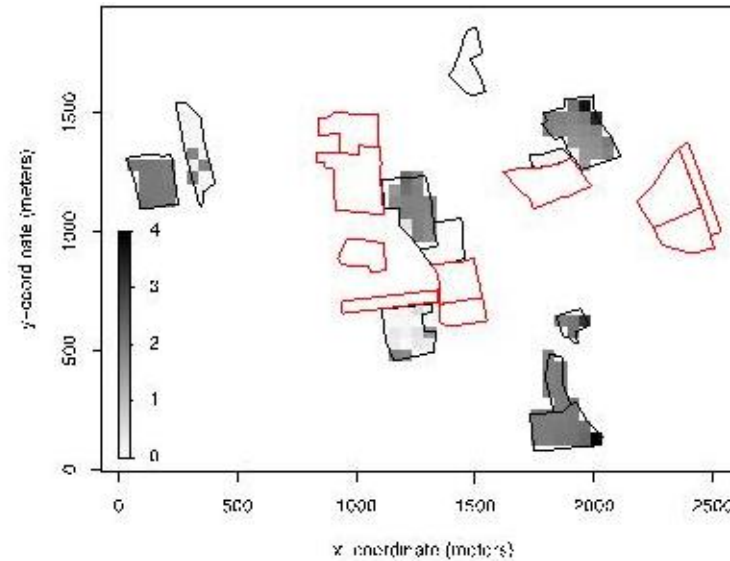
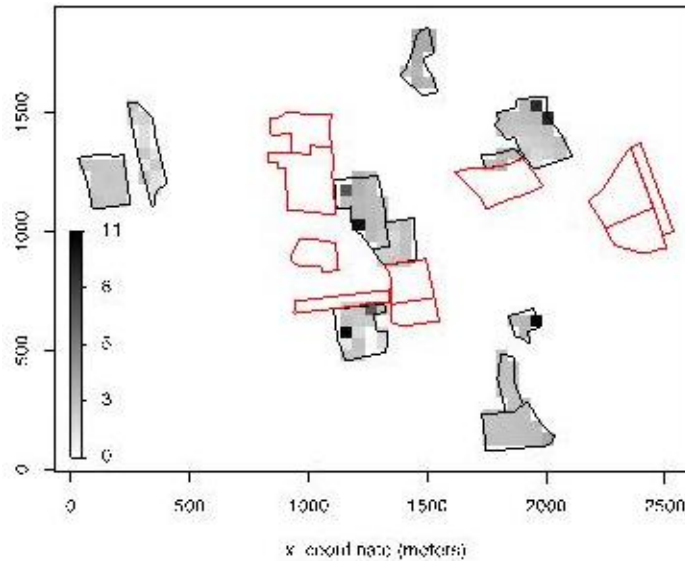


## Cartes continues reconstruites 2009-2010

Intensités des sources : médianes a posteriori

erreurs standards a posteriori

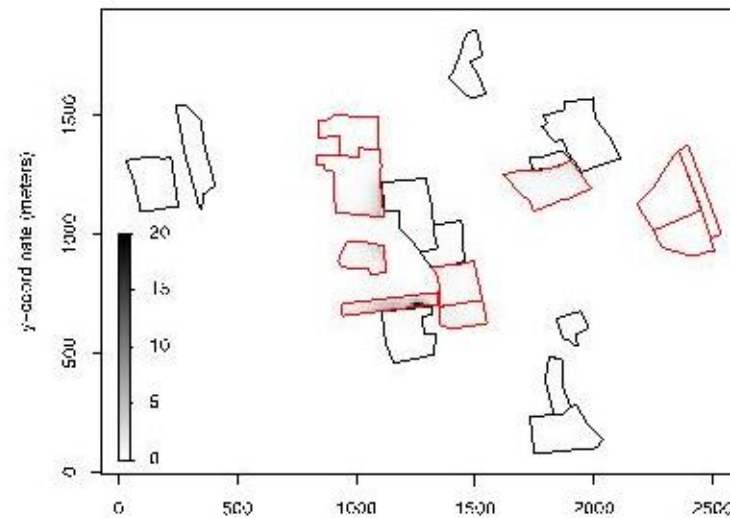
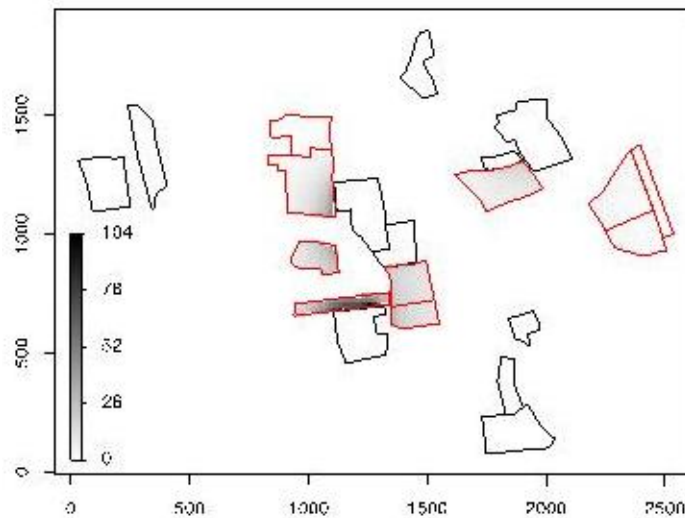
Sources 2009



Potentils d'infection : médianes a posteriori

erreurs standards a posteriori

Cibles 2010



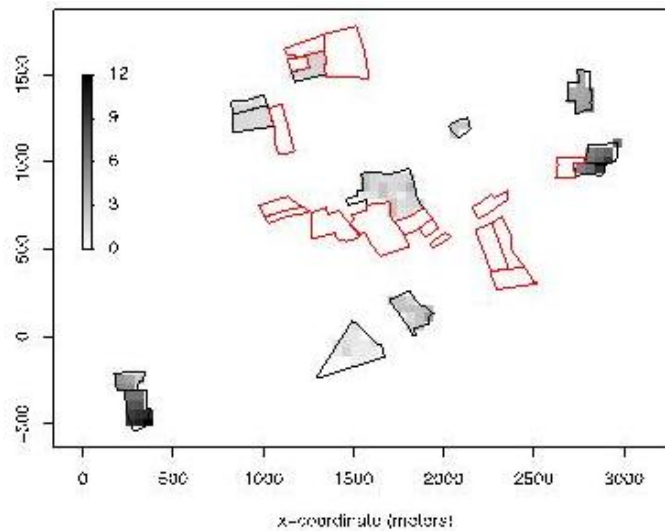
=> Il y a plus de variabilité de l'estimation là où on n'a pas de données ou là où les données sont très variables.



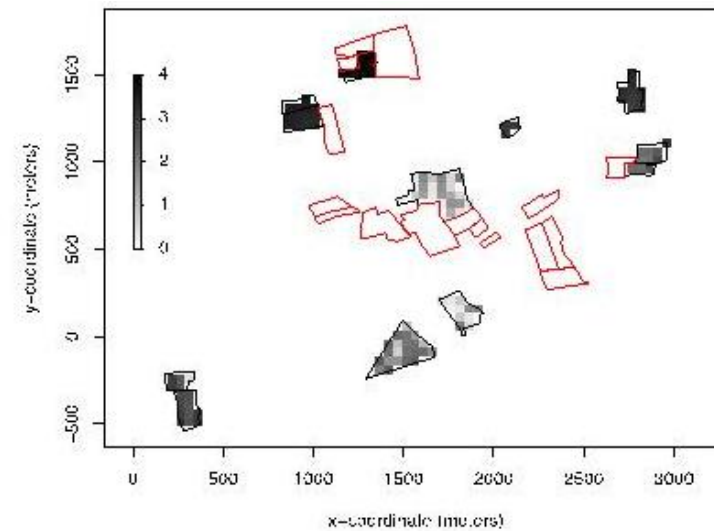
## Cartes continues reconstruites 2011-2012

Intensités des sources : médianes a posteriori

Sources 2011

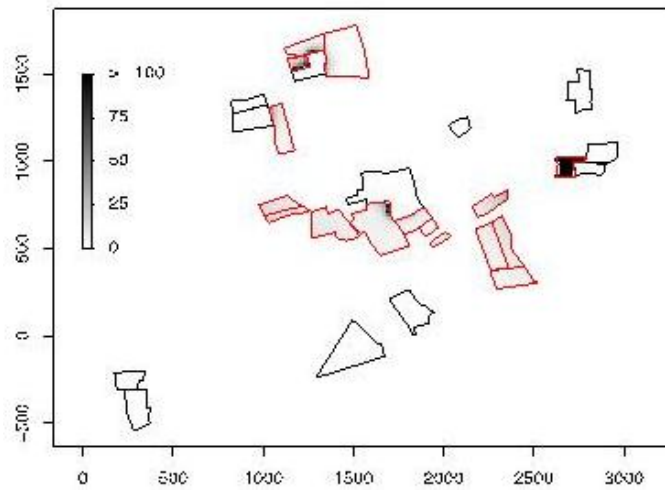


erreurs standards a posteriori

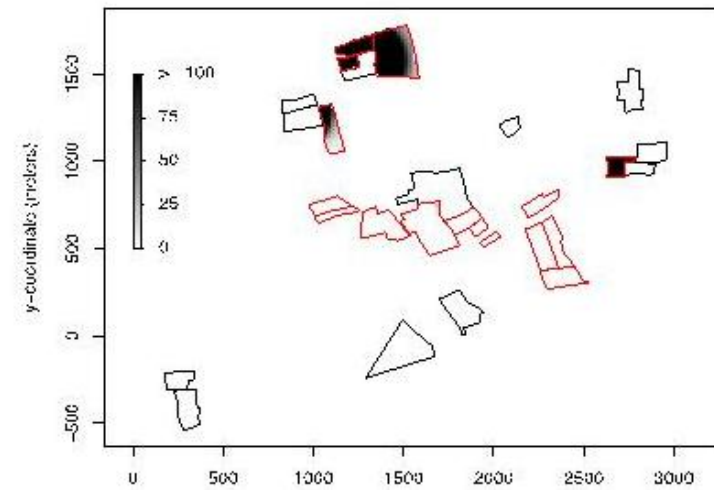


Potentils d'infection : médianes a posteriori

Cibles 2012



erreurs standards a posteriori



=> Il y a plus de variabilité de l'estimation là où on n'a pas de données ou là où les données sont très variables.

