

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

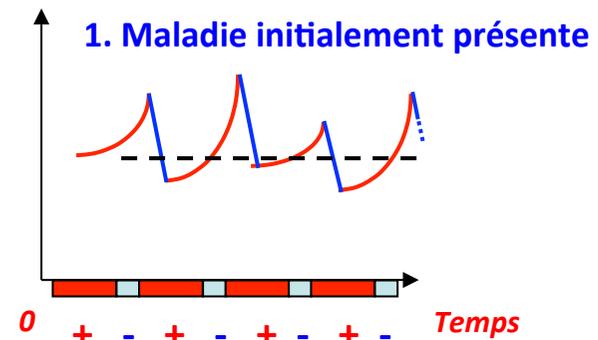
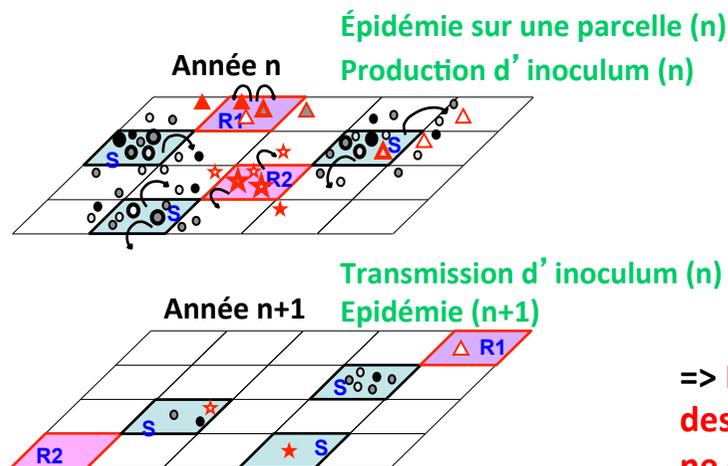
Epidémies fongiques : Réduisent la production / qualité des cultures -> les maîtriser

Nombreuses maladies ont une dynamique d'épidémie cyclique:

(Zadoks & Schein 1979)

(Bousset & Chèvre 2012 Journal of Botany)

3. Changement parcelles hôte



2. Climat favorable discontinu : saisons

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

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

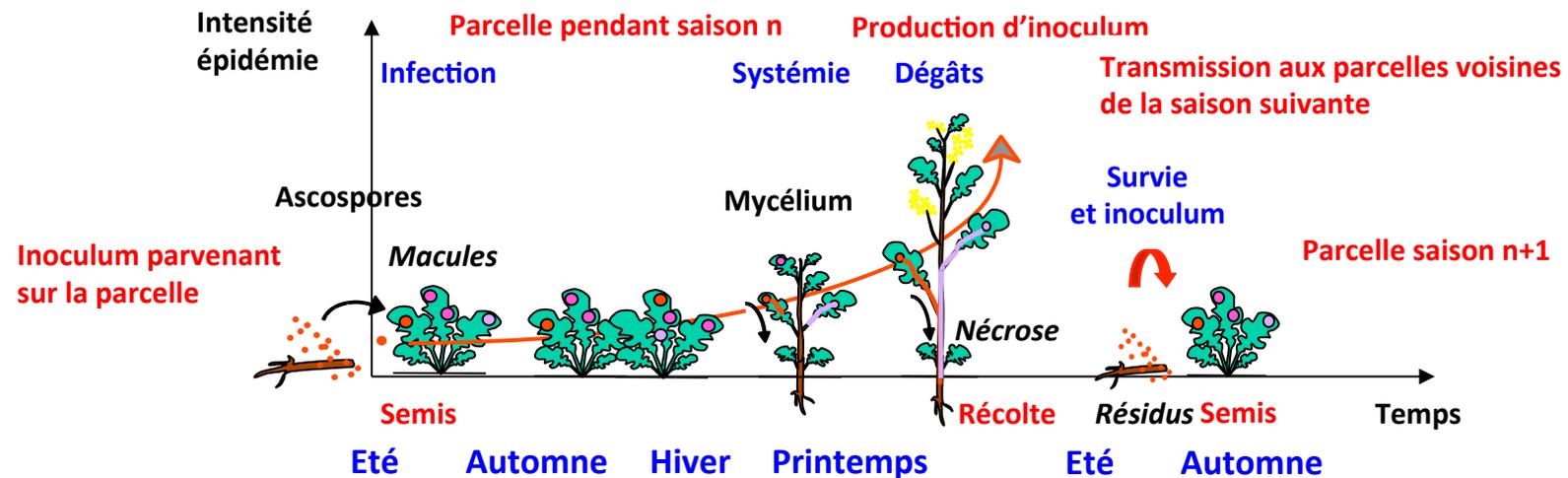
Modéliser la transmission ?

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*

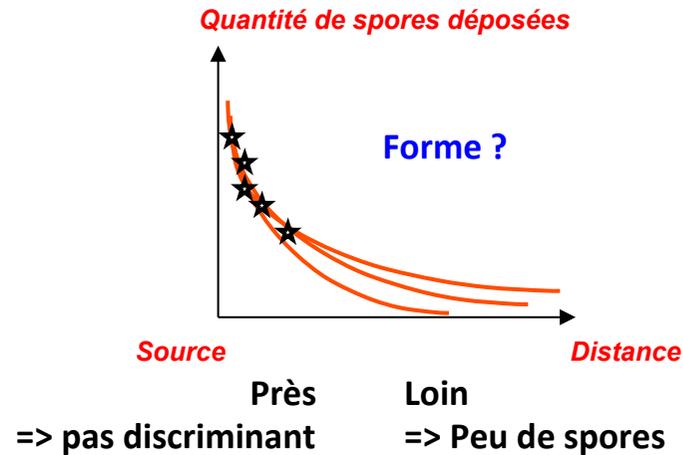


Dispersion ascospores à l'automne

=> 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



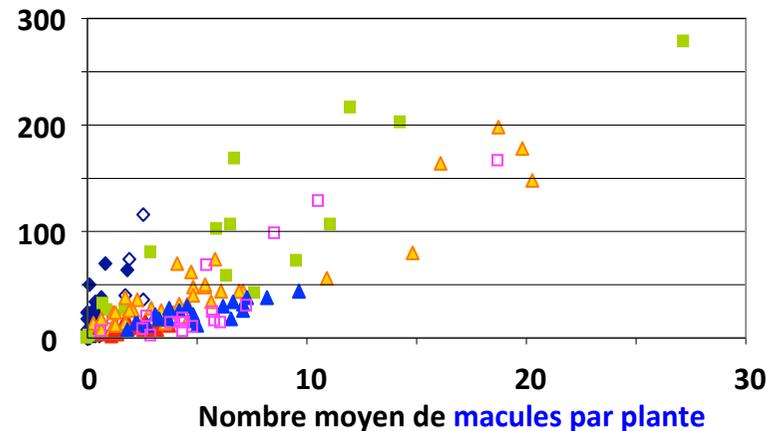
=> Nombre :
macules / m² / mn



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)

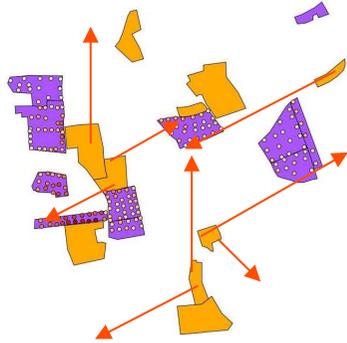
=> Oui, Mac.m2 est bien un estimateur du nombre de macules présentes

Avantages : ergonomique, rapide, précis

Collecte de données

Sources 2009

Cibles 2010



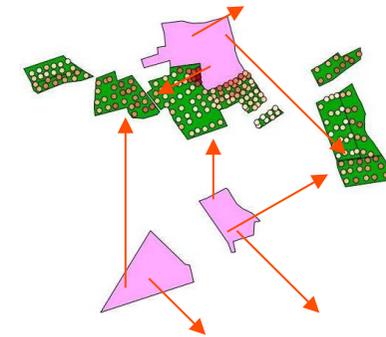
Dispersion de parcelles sources (année N)
-> vers parcelles cibles (année N+1)

En parcelles agricoles, proches du Rheu

2 jeux de données

Sources 2011

Cibles 2012



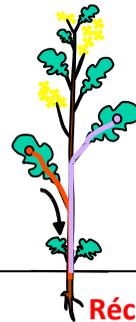
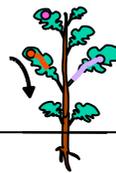
Intensité
épidémie

Parcelle pendant saison N

Macules (année N)



Semis



Récolte

Résidus



Parcelle pendant saison N+1

Macules (Année N+1)



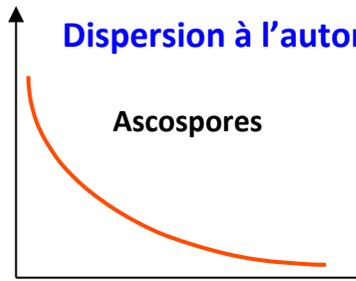
Semis

Temps



Dispersion à l'automne

Ascospores



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

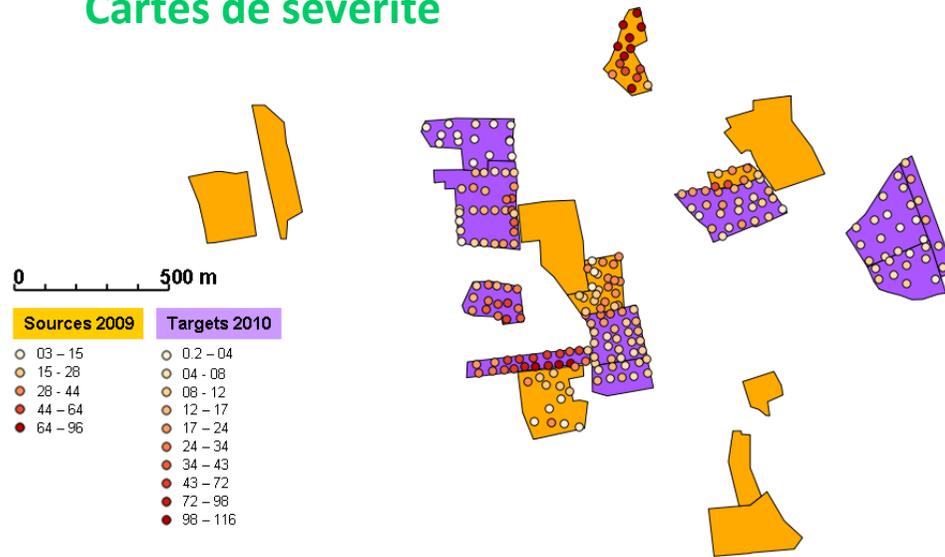
Sources 2009

72 données

Cibles 2010

172 données

Cartes de sévérité

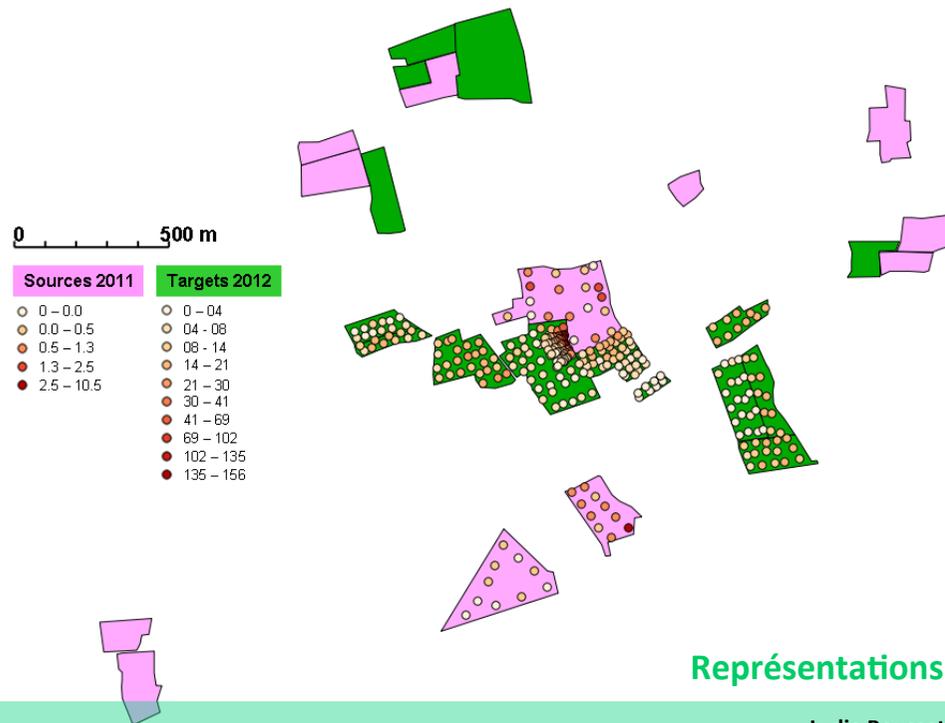


Sources 2011

39 données

Cibles 2012

200 données



Représentations anonymisées

Méthode d'analyse

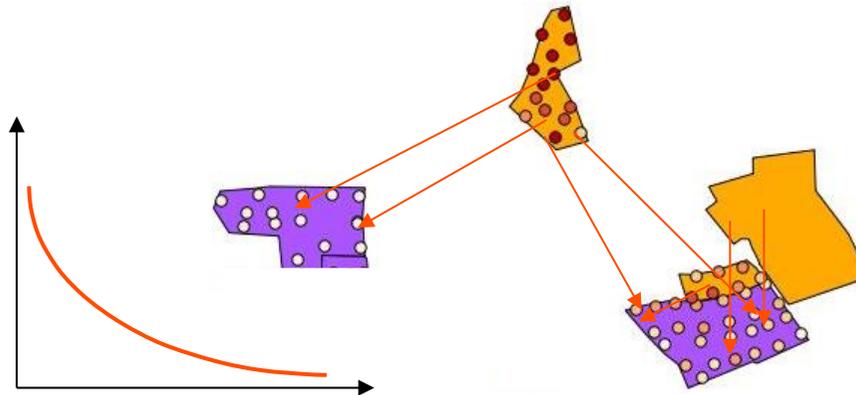
Sources 2009

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

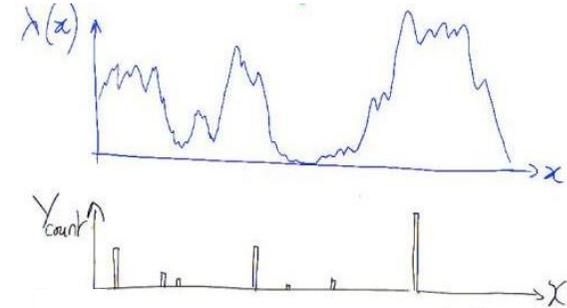
Cibles 2010

Sources 2011

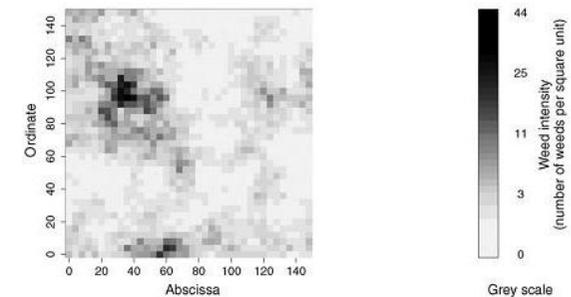
Cibles 2012

2 transitions sont analysées indépendamment

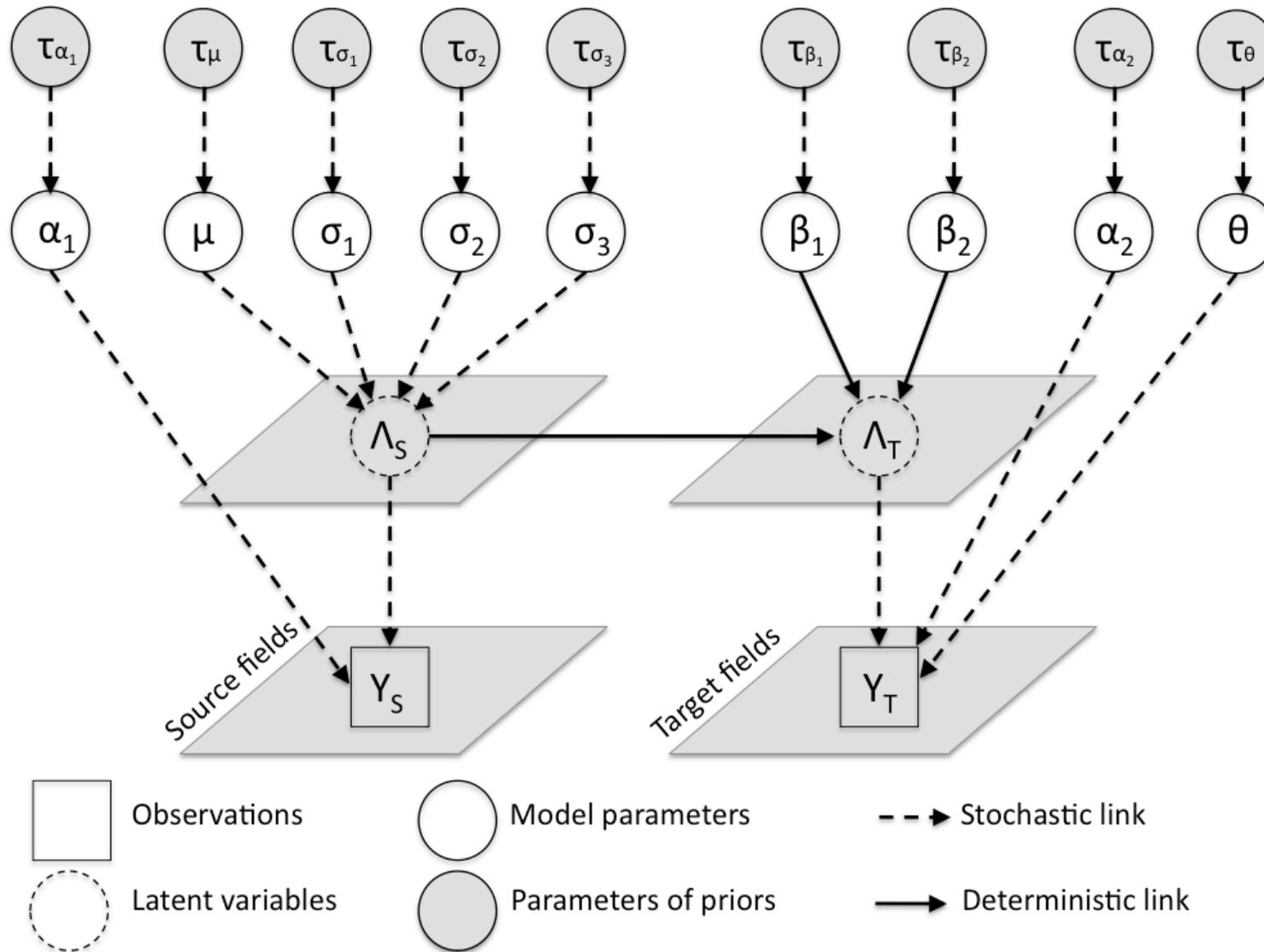
Schéma d'un champ lognormal 1D



Simulation d'un champ log-normal 2D

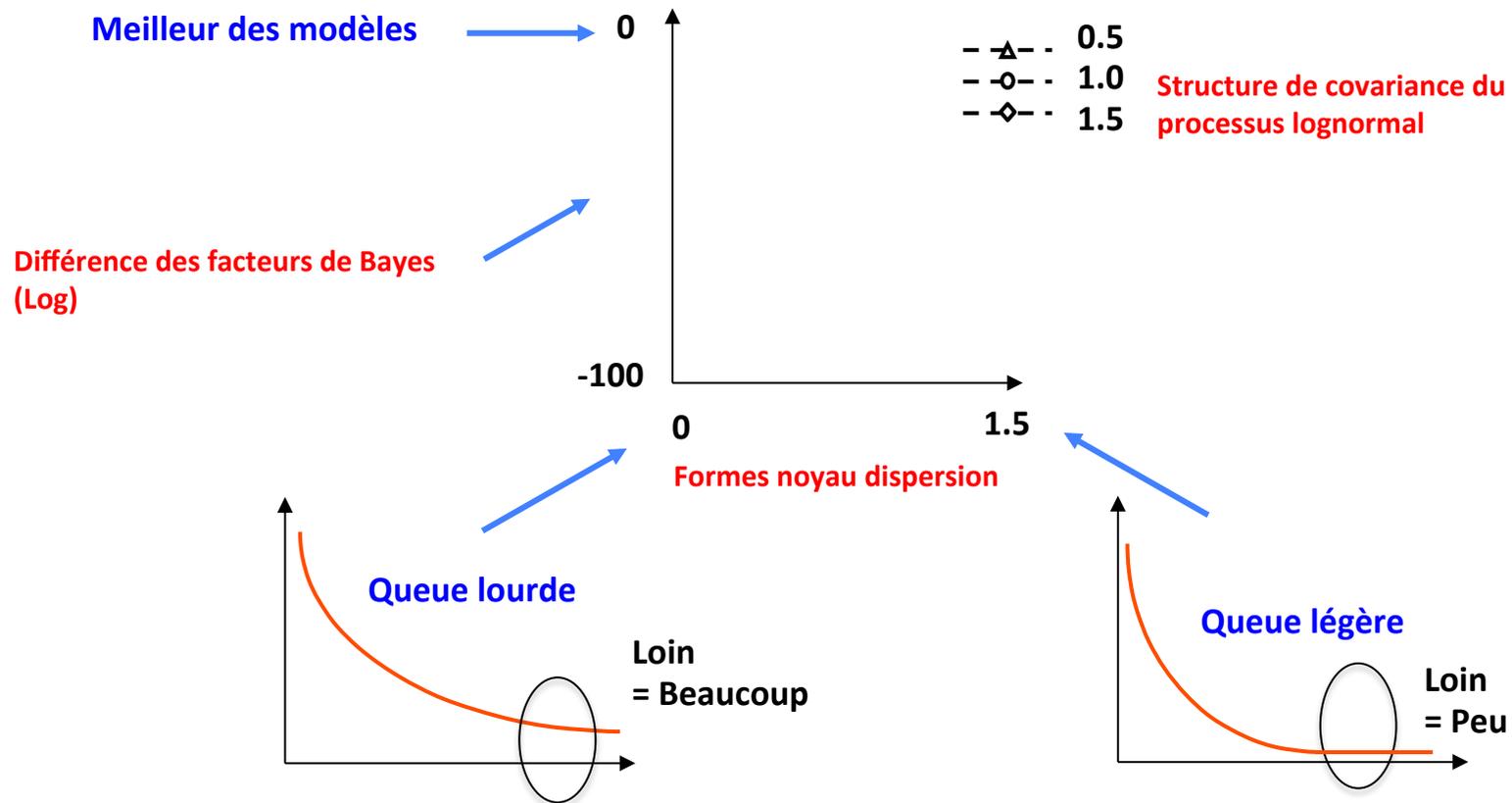


Structure de dépendance du modèle, variables observées et latentes, paramètres



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

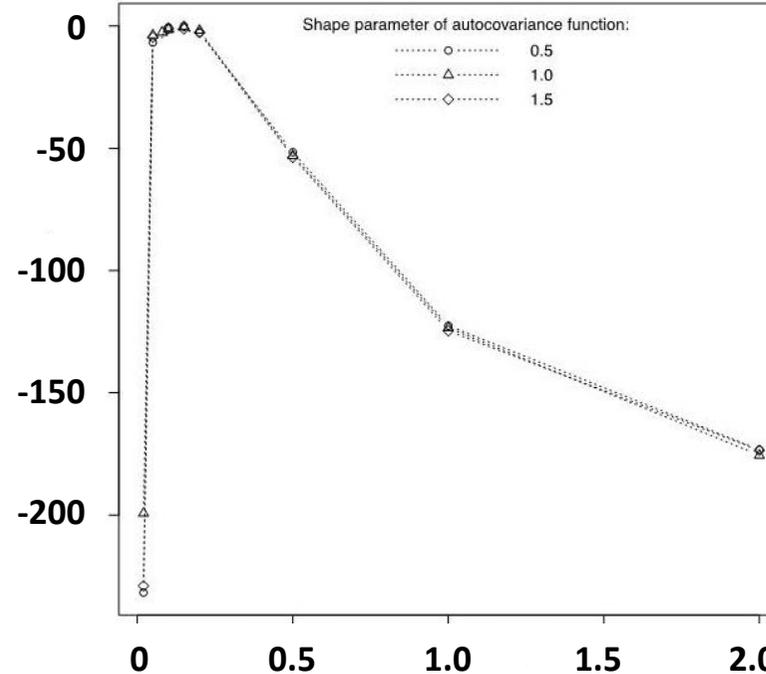
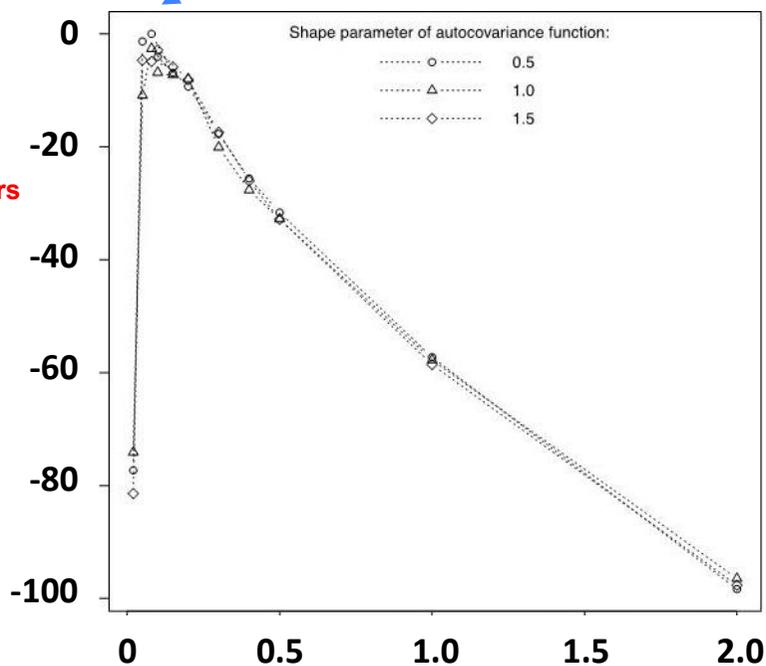
Sources 2011

Cibles 2010

Cibles 2012

Meilleur des modèles

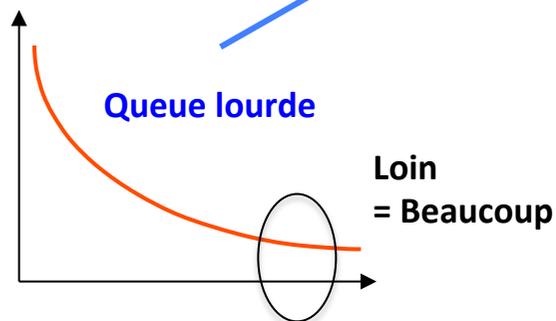
Différence des facteurs de Bayes (Log)



0.08 Formes noyau dispersion

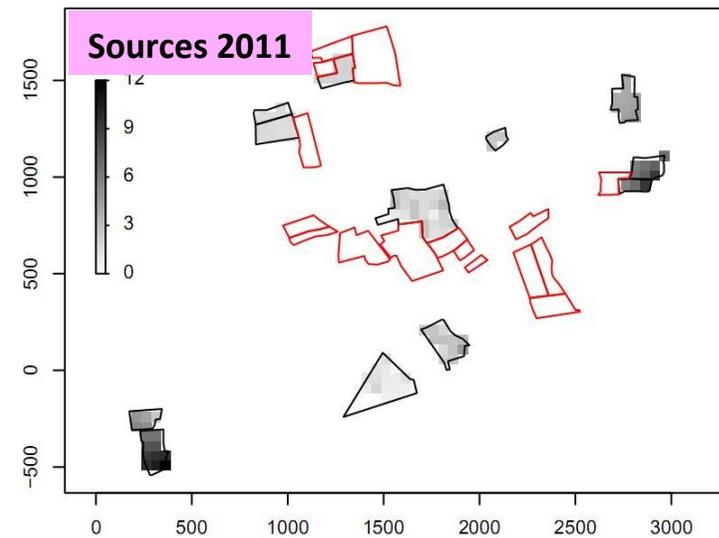
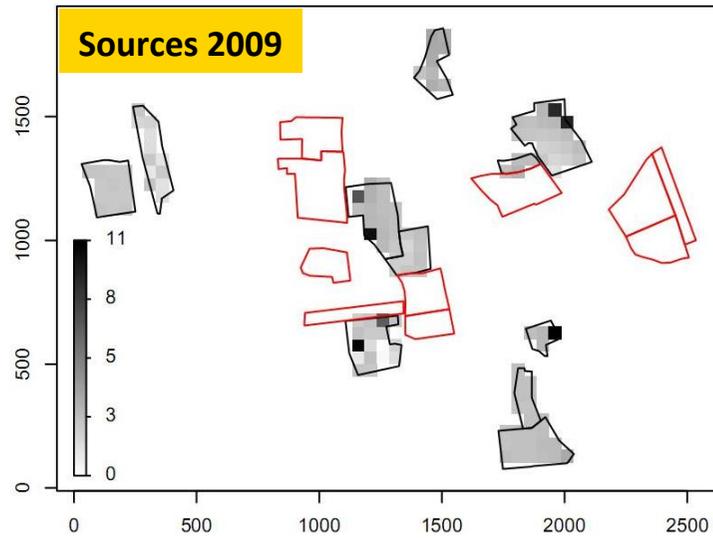
0.15 Formes noyau dispersion

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

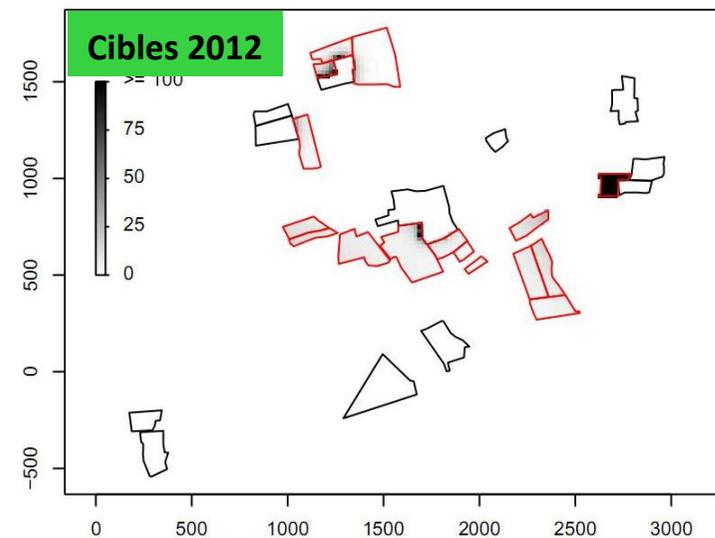
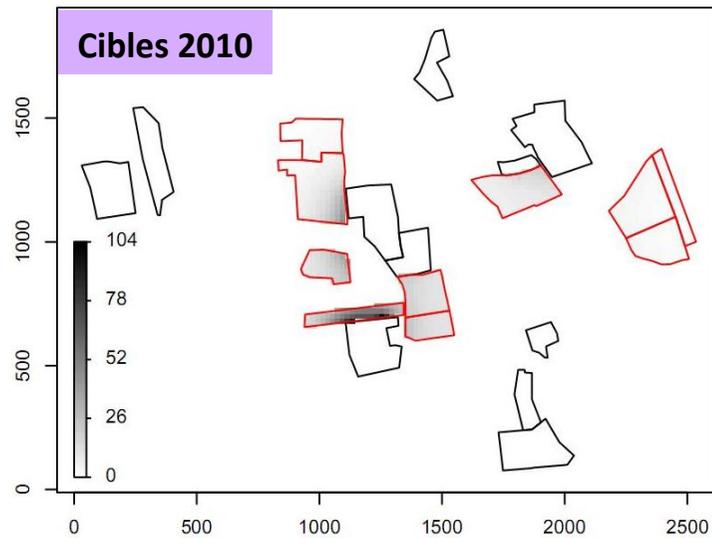


Cartes continues reconstruites

Médianes a posteriori des intensités des sources



Médianes à postérieure des potentiels d'infection sur les cibles



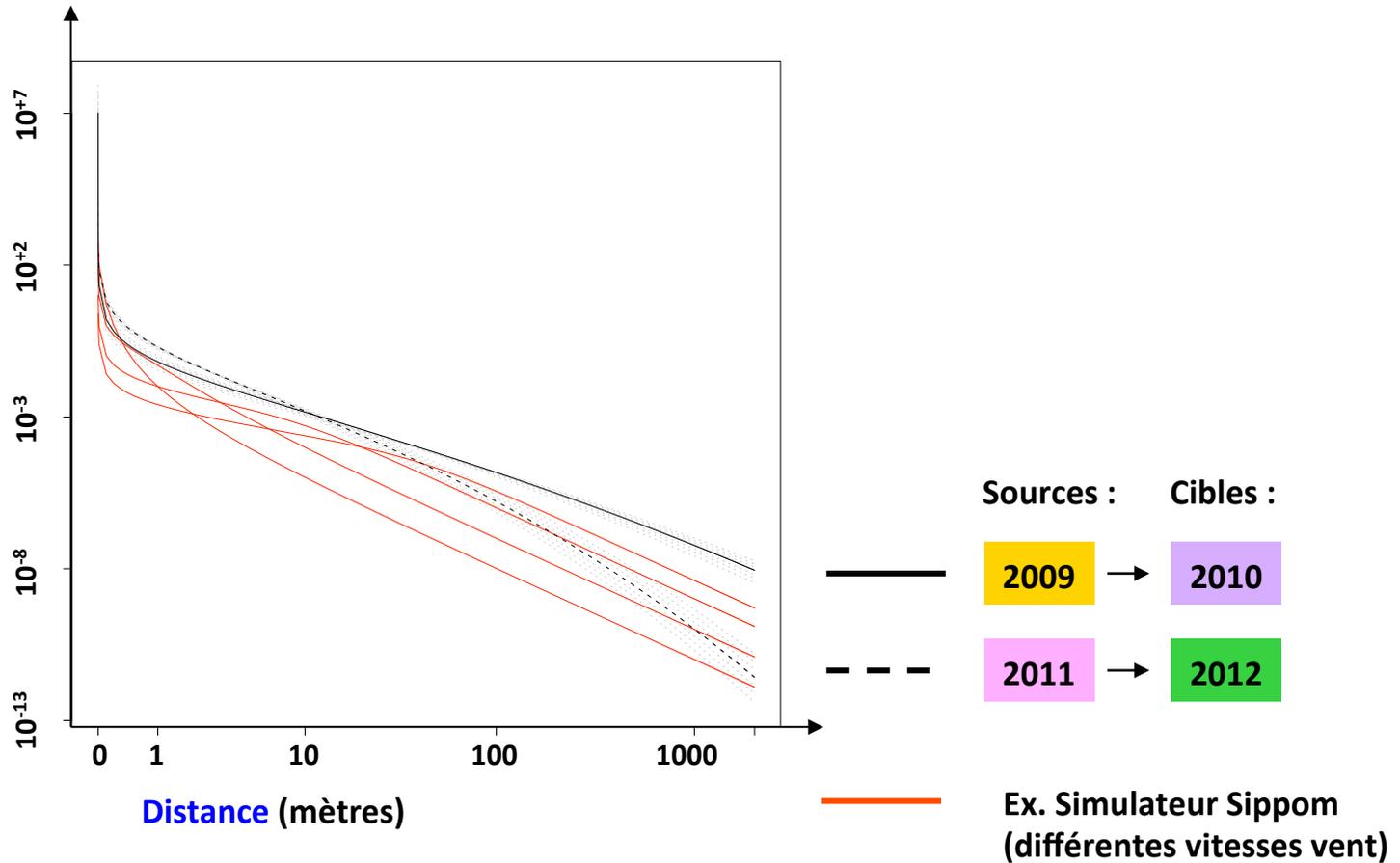
Distances (mètres)

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^è 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

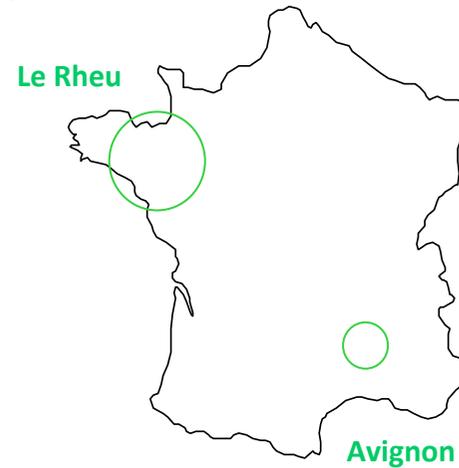
Pour le financement :

INRA

ANR-ADD 2005-2008 Cèdre

ANR-Agrobiosphère 2012-2015 Gester

Bcp de spores à la source ...



... dispersées grande distance

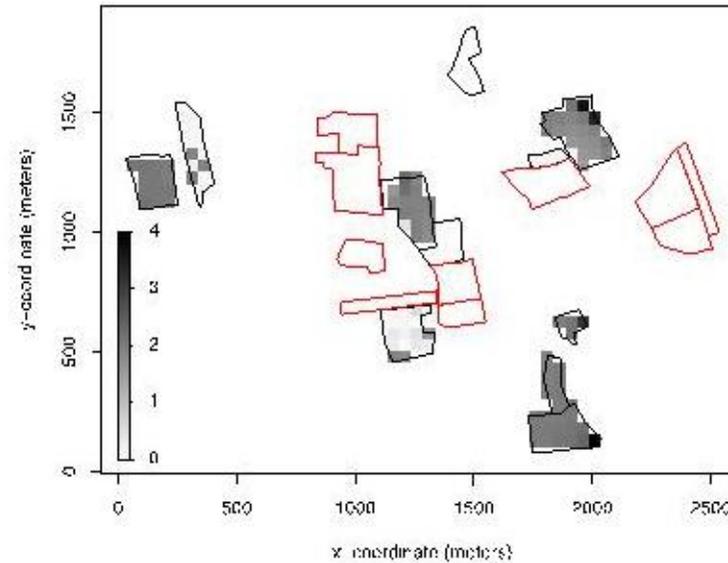
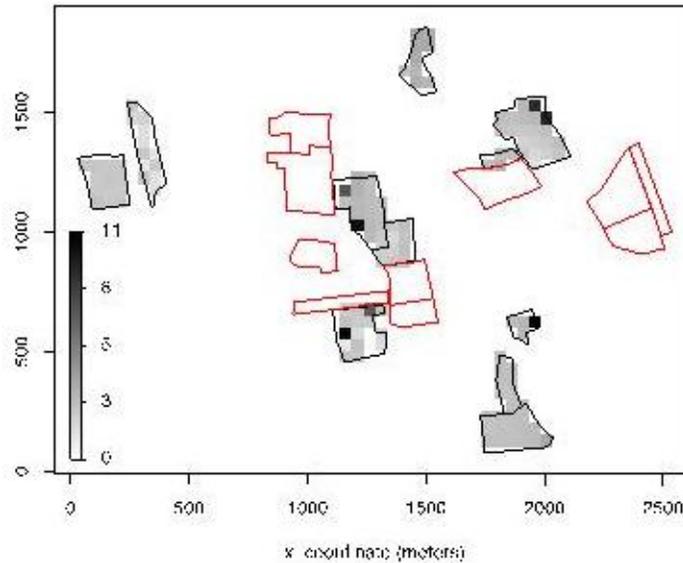
Merci pour votre attention !

Cartes continues reconstruites 2009-2010

Intensités des sources : médianes a posteriori

erreurs standards a posteriori

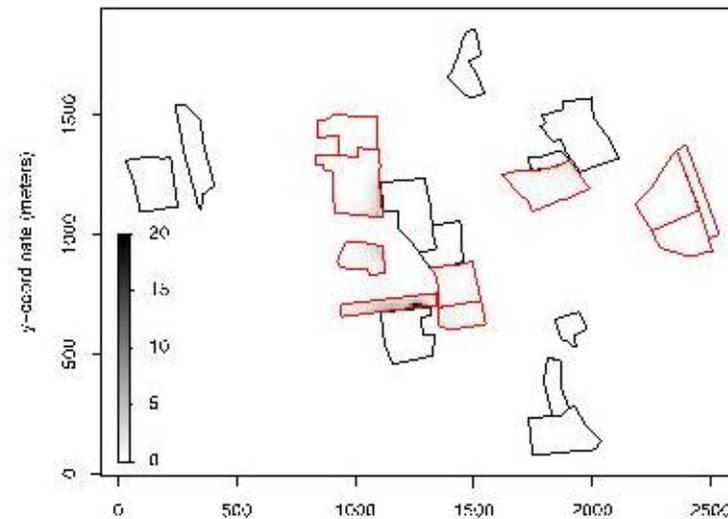
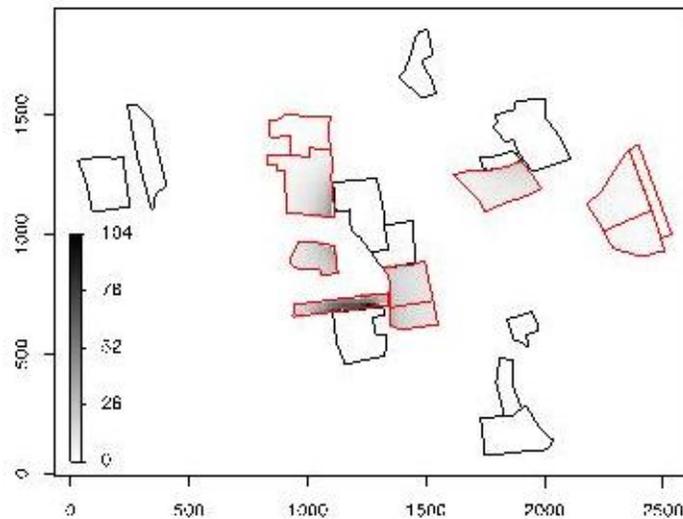
Sources 2009



Potentils d'infection : médianes a posteriori

erreurs standards a posteriori

Cibles 2010

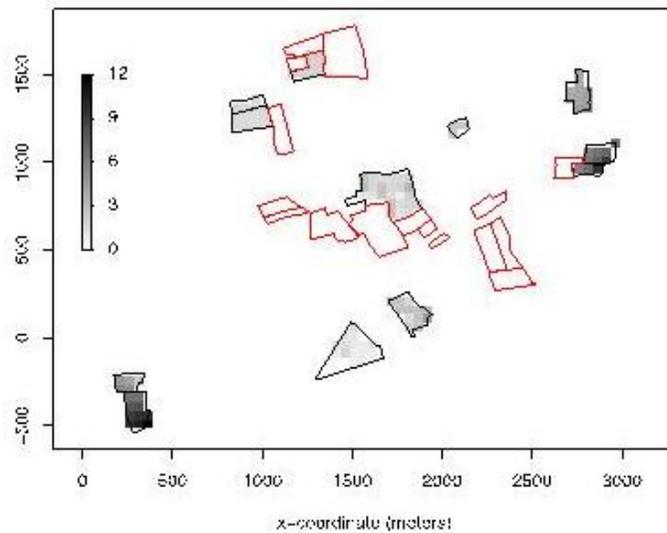


=> Il y a plus de variabilité de l'estimation là où on n'a pas de données ou là où les données sont très variables.

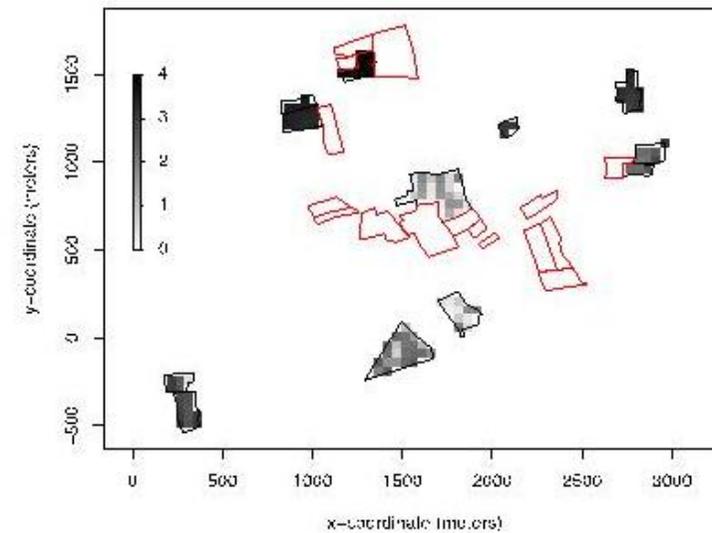
Cartes continues reconstruites 2011-2012

Intensités des sources : médianes a posteriori

Sources 2011

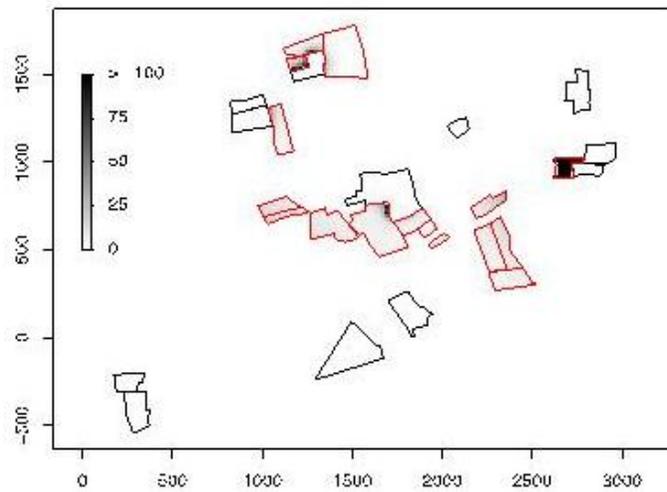


erreurs standards a posteriori

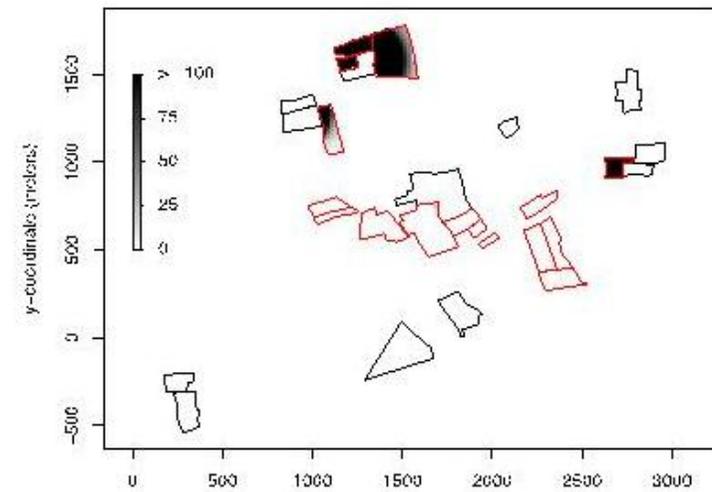


Potentils d'infection : médianes a posteriori

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.

