

Champs aléatoires de Markov cachés spatio-temporels pour la cartographie du risque en épidémiologie

Lamiae Azizi⁽¹⁾⁽²⁾

⁽¹⁾Florence Forbes, Projet MISTIS
INRIA Rhône Alpes, Montbonnot

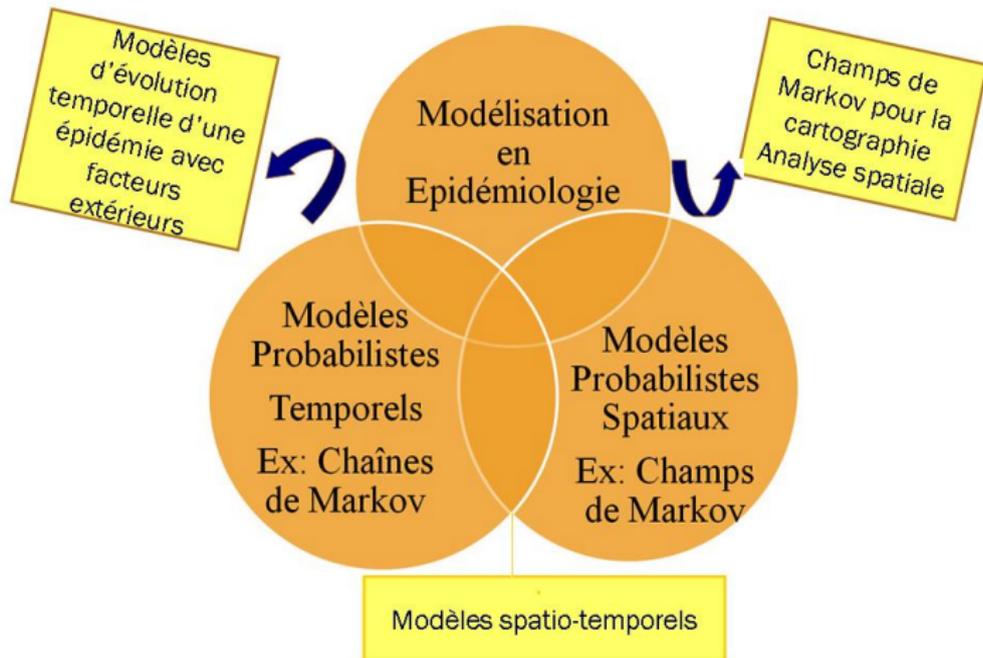
⁽²⁾David Abrial, Myriam Garrido
Unité d'Epidémiologie Animale
INRA Clermont-Ferrand

6 Novembre 2008

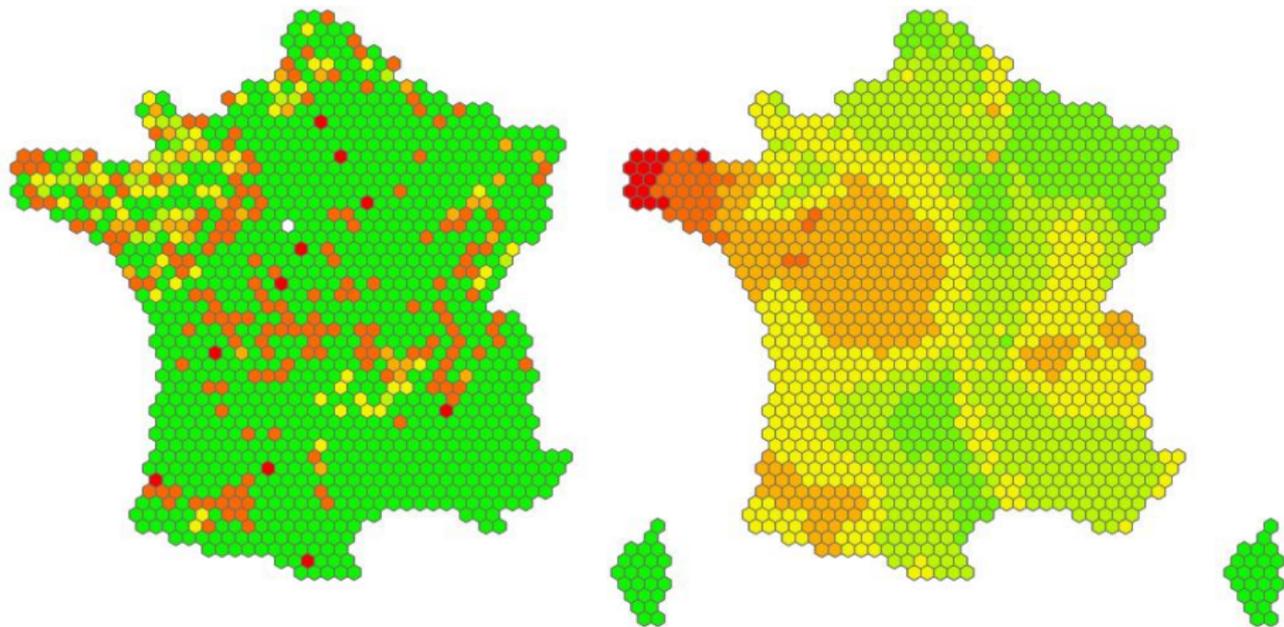
Plan de la présentation

- 1 **Sujet de Thèse**
- 2 Historique de la cartographie du risque
- 3 Objectif de la Thèse
- 4 Pistes envisagées
- 5 Outils et données

Multidisciplinarité



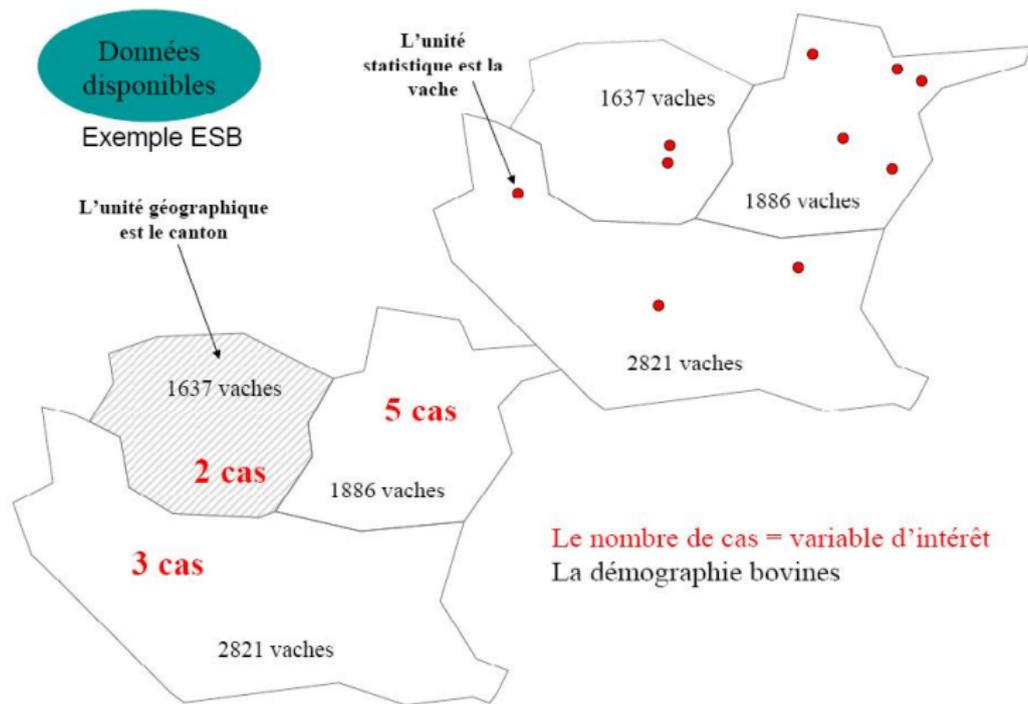
Exemple de la cartographie



Plan de la présentation

- 1 Sujet de Thèse
- 2 Historique de la cartographie du risque
- 3 Objectif de la Thèse
- 4 Pistes envisagées
- 5 Outils et données

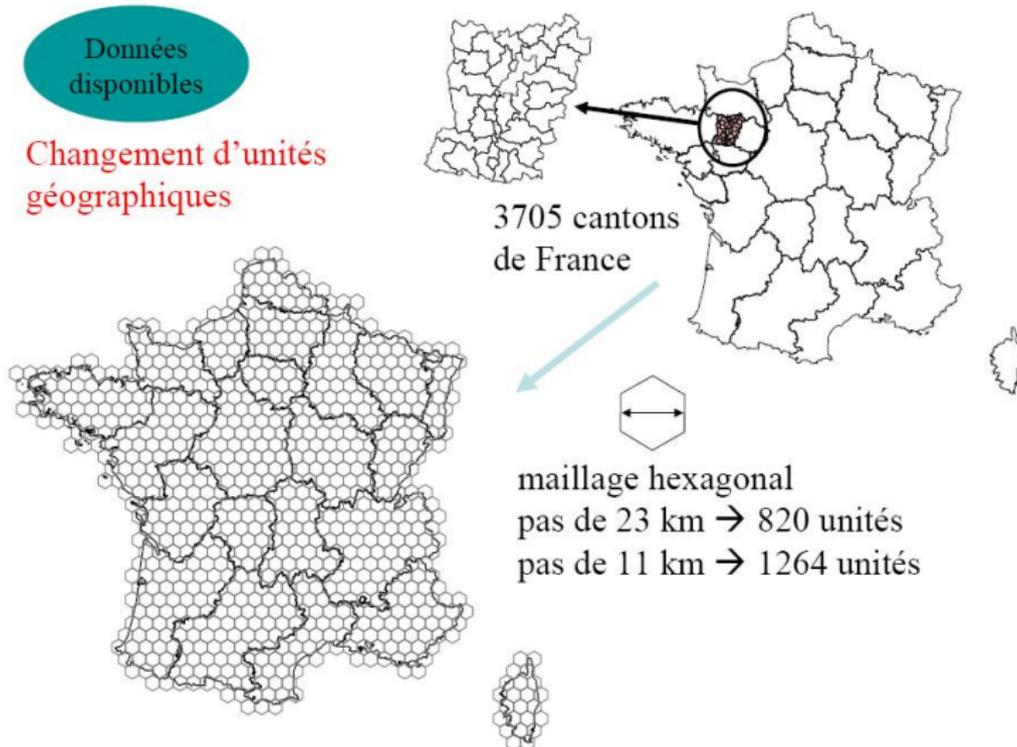
Cartographie du risque



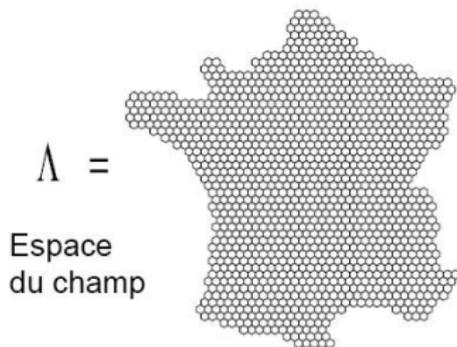
Cartographie du risque

Données
disponibles

Changement d'unités
géographiques



Cartographie du risque



Espace
du champ

1264 hexagones
 $S = \{1, 2, 3, \dots, 1264\}$

Données disponibles

y_i nombre de cas observés
 n_i effectifs de la population

$r = \{r_1, \dots, r_i, \dots, r_{1264}\} \in \Omega^{1264}$

$i \in S$

variables de risque

Classification des variables de risque R en 5 modalités par exemple

$\Omega = \{\text{'Très faible'}, \text{'Faible'}, \text{'Moyen'}, \text{'Fort'}, \text{'Très fort'}\}$

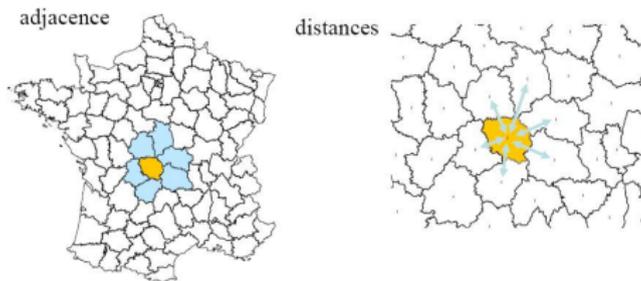


Cartographie du risque

Modèle

- **Composantes spatiales**

Une unité géographique n'est jamais isolée des autres \Rightarrow Notion de voisinage



Note : Prendre en compte l'influence du voisinage évite la surdispersion.

Cartographie du risque

Modèle hiérarchique Bayésien

- Le modèle autorégressif conditionnel Gaussien :

$$u_i / u_{-i}, \kappa_i \propto N(\sum_{i \neq j} \beta_{ij} u_j, \kappa_i)$$

avec : $i = 1 \dots nug$

$j = 1 \dots nug$

- nug représente le nombre d'unités géographiques.
- β_{ij} contrôlent les relations entre les paramètres u .
- Besag et al (1991) ont proposé d'utiliser ce modèle pour la **cartographie du risque** en imposant des contraintes sur les β_{ij} et les variances κ_i : **Modèle autorégressif intrinsèque Gaussien.**

Cartographie du risque

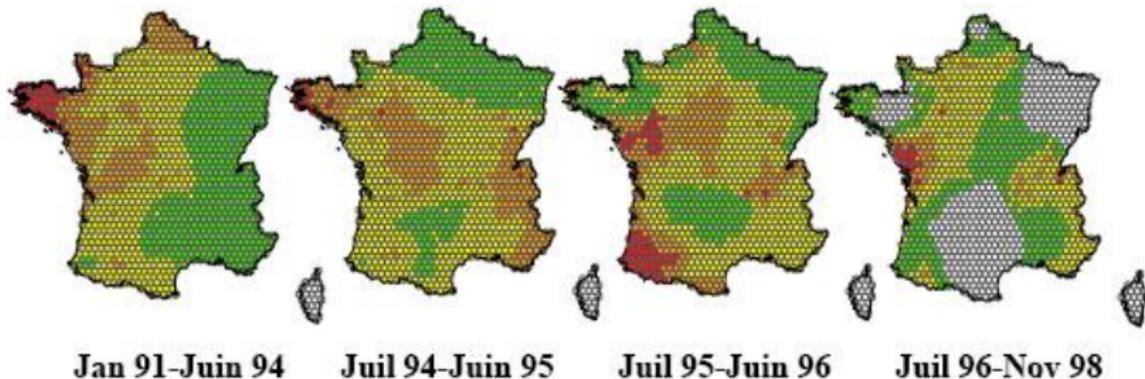
Modèle hiérarchique Bayésien

- $\text{NbCas}_i \propto \text{Poisson}(\lambda_i)$
 - λ_i : espérance du nombre de cas attendus
- $\ln(r_i) = \ln\left(\frac{\lambda_i}{e_i}\right) = u_i + v_i$
 - e_i : nb de cas standardisés
 - r_i : risque relatif
 - u_i, v_i : composantes spatiales
- **locale** $u_i / u_{-i} \propto N(\sum_{i \neq j} \beta_{ij} u_j, \kappa_i)$
- **globale** $v_i \propto N(\mu, \tau_v)$

Cartographie du risque

Limites du modèle

- Prise en compte des relations temporelles.
- Cartographie des maladies contagieuses.



Plan de la présentation

- 1 Sujet de Thèse
- 2 Historique de la cartographie du risque
- 3 Objectifs de la Thèse
- 4 Pistes envisagées
- 5 Outils et données

Objectifs

Enjeux Scientifiques

- Modélisation spatio-temporelle du risque épidémique sous forme de cartes de risque :
 - ① Traitement de la composante temporelle additionnelle.
 - ② Inférence en présence d'interactions complexes (spatiales et temporelles).
- Mettre en évidence les facteurs influents.



Modèles Graphiques Probabilistes

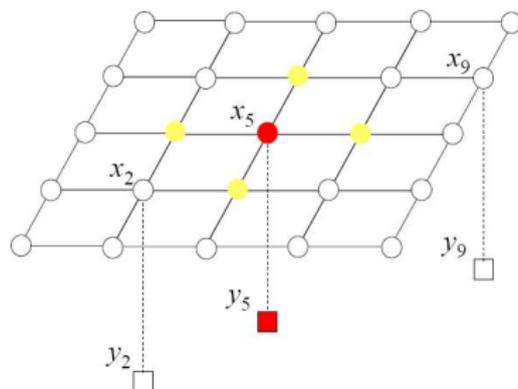
Plan de la présentation

- 1 Sujet de Thèse
- 2 Historique de la cartographie du risque
- 3 Objectifs de la Thèse
- 4 Pistes envisagées
- 5 Outils et données

Cas spatial

Modèle de champ de Markov caché discret

- Le champ caché représente les classes de risques.
- Choix du modèle Markovien ou du terme de régularisation entre les classes
- comment prendre en compte la « distance » entre risques
- comparer avec les résultats obtenus par le modèle Bayésien



Extension au spatio-temporel

Modèles intrinsèquement spatio-temporels

- Krige Kalman Filter (KKF) ?
- Modèles de géostatistique, en environnement ? (Recherche Bibliographique)
- Modèles graphiques complexes : grille spatiale dupliquée dans le temps + techniques d'approximation (Mean Field, Factorial HMM...)?

Idée : Une seule modélisation spatio-temporelle.



Extension au spatio-temporel

Modèles spatiaux avec incorporation de la composante temporelle

Idée : Une série temporelle de modèles spatiaux statiques

- **Champ aléatoire de Markov caché (HMRF) vectoriel ou fonctionnel**
- **Modélisation Bayésienne**

Extension au spatio-temporel

Modèles spatiaux avec incorporation de la composante temporelle

Idée : Une série temporelle de modèles spatiaux statiques

- **Champ aléatoire de Markov caché (HMRF) vectoriel ou fonctionnel**
- **Modélisation Bayésienne**

Champ aléatoire de Markov caché vectoriel ou fonctionnel

- Les observations du modèle spatial sont des vecteurs dont les composantes correspondent à différents temps ou des fonctions du temps.
 - ① Cas vectoriel : covariances entre composantes du vecteur ne dépendent pas de la « distance » entre elles.
 - ② Cas fonctionnel

Extension au spatio-temporel

Modèles spatiaux avec incorporation de la composante temporelle

Idée : Une série temporelle de modèles spatiaux statiques

- **Champ aléatoire de Markov caché (HMRF) vectoriel ou fonctionnel**
- **Modélisation Bayésienne**

Champ aléatoire de Markov caché vectoriel ou fonctionnel

- Les observations du modèle spatial sont des vecteurs dont les composantes correspondent à différents temps ou des fonctions du temps.
 - 1 Cas vectoriel : covariances entre composantes du vecteur ne dépendent pas de la « distance » entre elles.
 - 2 Cas fonctionnel

Remarque : Passage du cas fonctionnel au cas vectoriel en décomposant les séries sur une base de fonctions

Extension au spatio-temporel

Modélisation Bayésienne

- Un modèle statique spatial paramétrique (HMRF) dépendant d'un paramètre θ
- Poser une loi à priori $P(\theta)$
- Intégrer la dynamique temporelle par ce biais
 - 1 Chercher une contrainte temporelle globale que l'on traduit sur une loi à priori globale $P(\theta_1, \dots, \theta_t)$
 - 2 Définir $P(\theta_t)$ à partir de l'estimation $\hat{\theta}_{t-1}$ à $t - 1$
 - 3 Autre manière à explorer ?

Intérêt : Intégration de connaissances à **priori** d'experts, de covariables, ...

Plan de la présentation

- 1 Sujet de Thèse
- 2 Historique de la cartographie du risque
- 3 Objectifs de la Thèse
- 4 Pistes envisagées
- 5 Outils et données

Outils et applications envisagées

Outils

- A l'INRIA :
 - ① Le logiciel SpaCEM3 pour la classification des données
 - ② Les différents travaux sur les Modèles de champ de Markov caché
- A l'INRA :
 - ① Le logiciel Epichamp3 pour les champs markoviens
 - ② Les différents travaux sur les modèles markoviens

Applications envisagées

- ① Données sur l'encéphalopathie spongiforme bovine
- ② Données sur la tremblante et l'influenza aviaire.

Merci pour votre attention

c'est la
FIN



déjà ?
snif