

SYSTÈMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE ET ANALYSES SPATIALES APPLIQUÉS À L'ÉPIDÉMIOLOGIE ANIMALE

Source d'infection des cas d'Encéphalopathie
Spongiforme Bovine pour les animaux nés après
l'interdiction des farines animales

Isabelle Lebert, David Abrial, Didier Calavas, Christian Ducrot



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Unité de Recherche Epidémiologie Animale INRA Clermont-Ferrand Theix

 **Epidémiologie animale** : décrire, comprendre, et modéliser la diffusion des maladies dans les populations animales

 **L'unité** s'intéresse aux maladies des animaux d'élevage et de la faune sauvage ayant un impact en élevage ou en santé publique

 Objectifs

- ❖ Étude de la dynamique de transmission des maladies infectieuses dans les populations animales
- ❖ Etude des facteurs agissant sur la diffusion des agents pathogènes

 Moyens

- ❖ Systèmes d'Information Géographique (SIG), bases de données, informatique (calcul scientifique), modèles statistiques, génomique, biologie moléculaire

Source d'infection des cas d'Encéphalopathie Spongiforme Bovine pour les animaux nés après l'interdiction des farines animales

 Encéphalopathie Spongiforme Bovine (ESB)

 Cartographie du risque ESB

 Analyse spatiale et sources d'infection

❖ Tests d'hypothèses de contamination

Encéphalopathie Spongiforme Bovine ou « maladie de la vache folle »

Maladie dégénérative du système nerveux central des bovins

- ❖ Maladie mortelle
- ❖ Causée par un agent transmissible infectieux, le prion pathogène

 1986 : premier cas ESB diagnostiqué au Royaume-Uni

 1991 : premier cas ESB en France

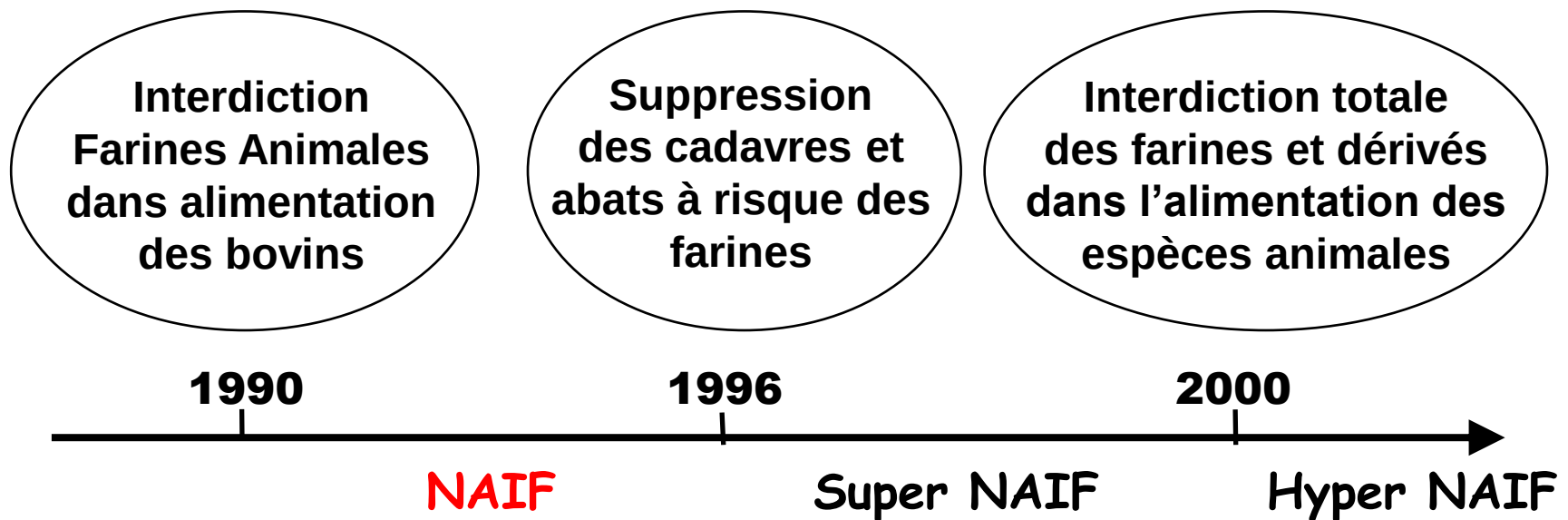
 1996 : découverte de la transmission à l'homme

 Depuis 1986, plus de 184 000 cas ESB au Royaume-Uni

 Depuis 1991, 1021 cas ESB en France

Mesures de contrôle de l'ESB

 **Source d'ESB** : farines animales servant pour l'alimentation des bovins



Risque non totalement maîtrisé
Quelle est l'origine des cas NAIF et Super NAIF ?

NAIF

Né Après l'Interdiction des Farines animales

ALIMENTATION
RICULTURE
ENVIRONNEMENT



Quelle est l'origine des cas NAIF et Super NAIF ?

Hypothèses

-  Contamination croisée entre les aliments pour bovins et les aliments pour volailles et porcs
-  Contamination liée à l'utilisation, dans l'alimentation des bovins, de
 - ❖ Graisses animales
 - ❖ Poudre d'os

Objectifs de l'étude

(1) Evaluer la répartition du risque ESB sur le territoire français : cartographie de l'épidémie

(2) Tester l'hypothèse de contamination croisée entre les aliments pour bovins et les aliments pour volailles et porcs

- Étude préliminaire à partir des densités porcs et volailles

(3) Tester 3 hypothèses à partir d'une enquête dans les usines d'aliments du bétail

- Contamination croisée
- Graisses animales
- Poudre d'os

Les données



Les données

- ❖ Epidémiologiques ESB : Ministère de l'Agriculture (2001-2005)
- ❖ Démographiques bovins, porcs, volailles : recensement agricole du Ministère de l'Agriculture (2000)
- ❖ Usines d'aliments du bétail : Ministère de l'Agriculture (2005)
- ❖ Géographiques : IGN (GEOFLA® 2002)



Les analyses

- ❖ Partenariat ANSES et INRA

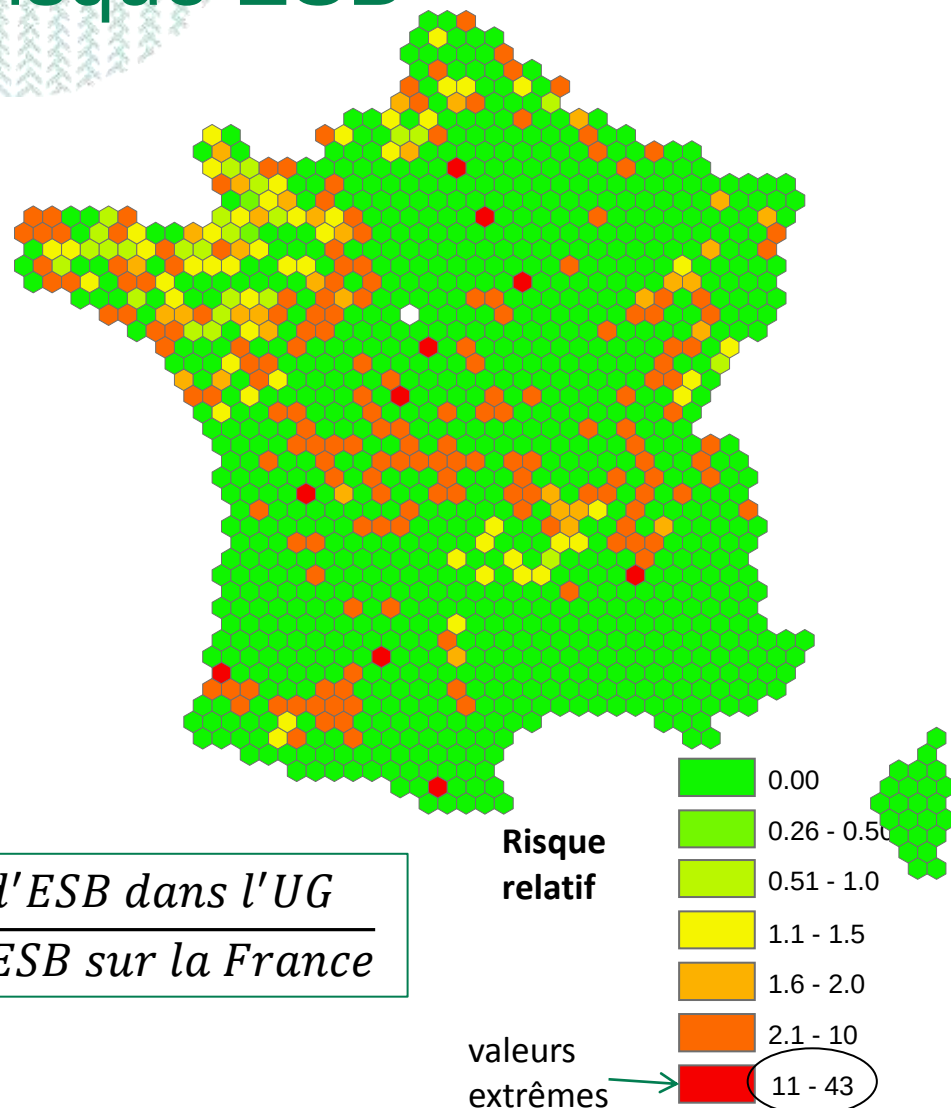
(1) Cartographie du risque ESB

- **Zone d'étude et Unités géographiques (UG)**
1264 hexagones de 23 km de côté sur la France

- Variable d'intérêt
nombre de cas d'ESB par UG,
modélisé sous forme de risque relatif

Risque relatif r

$$r = \frac{\text{probabilité d'une vache atteinte d'ESB dans l'UG}}{\text{probabilité d'une vache atteinte d'ESB sur la France}}$$



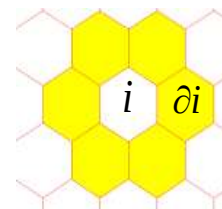
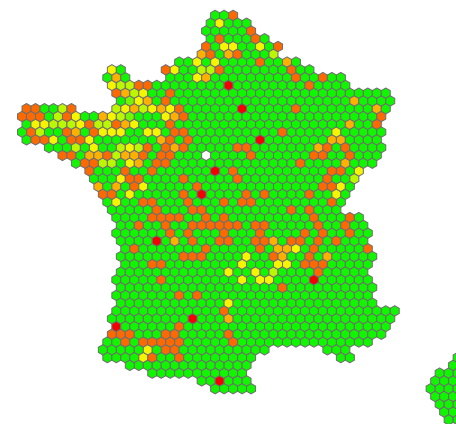
(1) Cartographie du risque ESB

- **Zone d'étude et Unités géographiques (UG)**

1264 hexagones de 23 km de côté sur la France

- Variable d'intérêt
nombre de cas d'ESB par UG,
modélisé sous forme de risque relatif

- Modélisation par une distribution de Poisson dépendant de la densité de vaches laitières et allaitantes
- Lissage spatial par voisinage

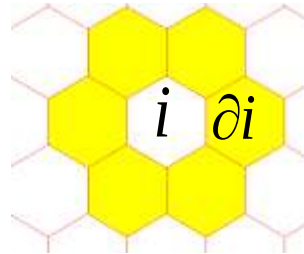
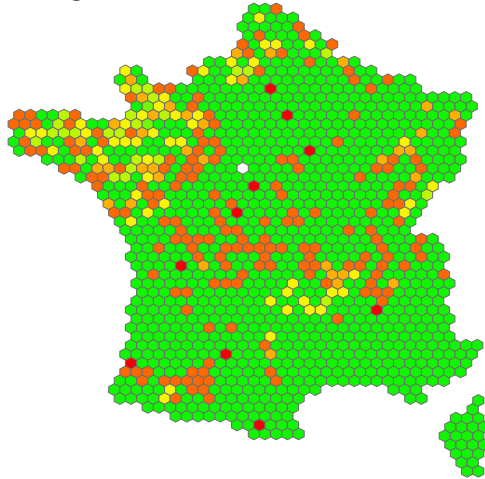


Voisinage
de l'hexagone i

(1) Cartographie du risque ESB

Risque relatif

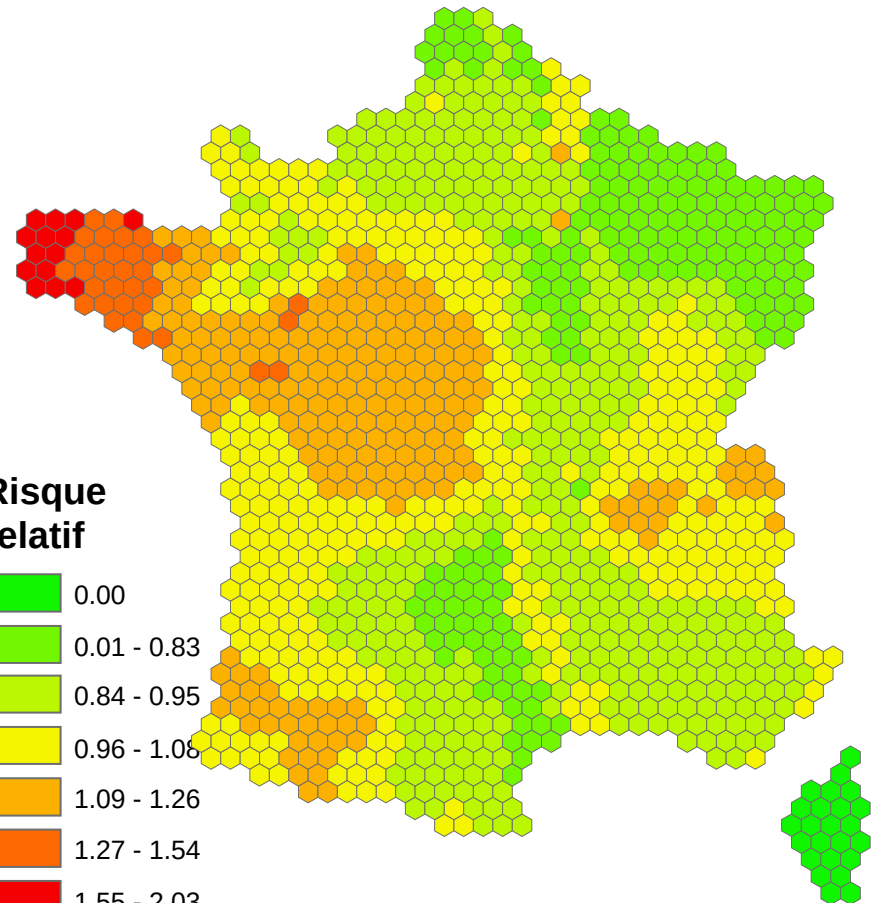
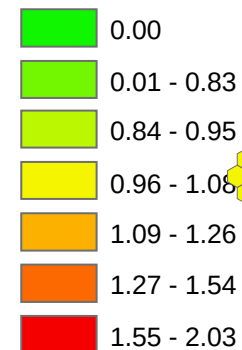
1264
hexagones



Voisinage
de l'hexagone i

Modélisation du risque relatif par un
lissage spatial (modèle de Besag, 1991)

Risque relatif



(1) Cartographie du risque ESB

Hétérogénéité spatiale du risque ESB

Quelle est l'origine des cas NAIF et Super NAIF ?

En 1990, farines animales

- ❖ interdites dans l'alimentation des bovins
- ❖ toujours autorisée pour l'alimentation des porcs et des volailles

Test de l'hypothèse d'une contamination croisée

- ❖ Étude de l'effet de la densité de porcs et de volailles sur le territoire sur le risque ESB

(2) Effet de la densité de porcs et de volailles

- **Zone d'étude et Unités géographiques (UG)**

1264 hexagones de 23 km de côté sur la France

- Variable d'intérêt : **nombre de cas d'ESB** par UG, modélisé sous forme de risque relatif

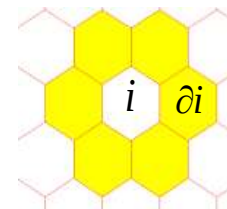
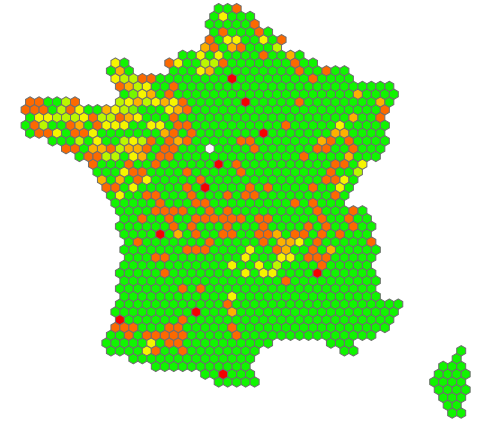
- Modélisation par une distribution de Poisson dépendant de la densité de vaches laitières et allaitantes
- Lissage spatial par voisinage

- Incorporation de facteurs dans le modèle

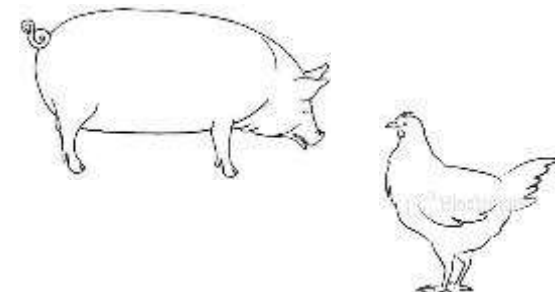
Densité de porcs

Densité de volailles

par hexagone



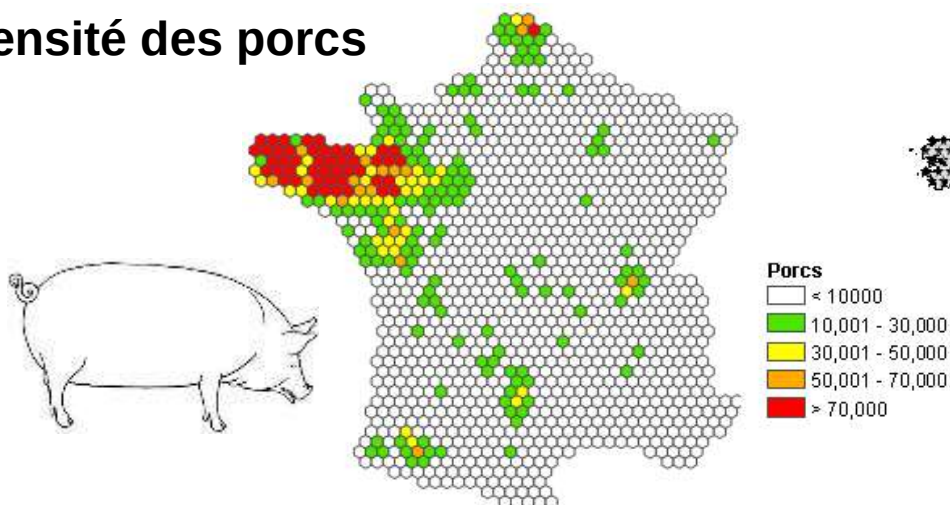
Voisinage
de l'hexagone i



(2) Effet de la densité de porcs et de volailles sur le risque ESB

Cartographie des densités

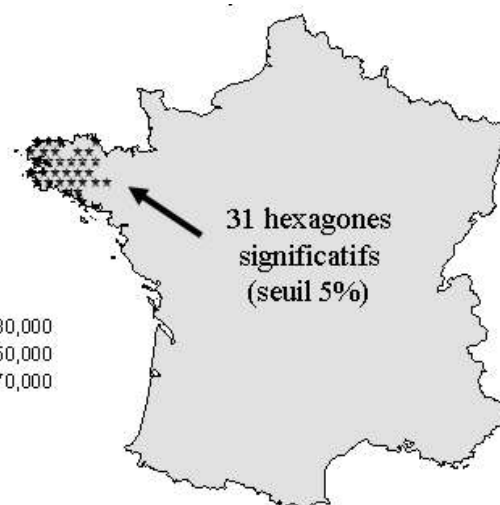
Densité des porcs



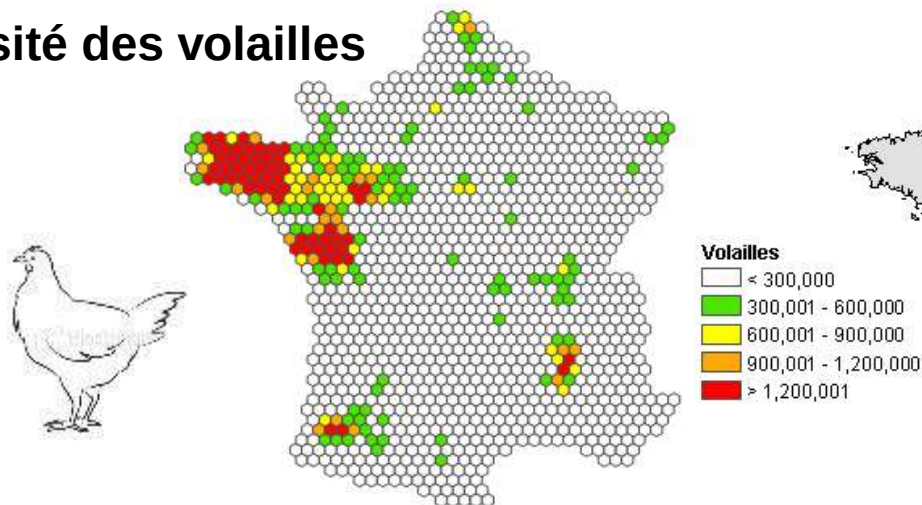
Influence sur le risque ESB

Porcs

Augmentation de 2,4% du risque ESB par tranche de 10 000 porcs

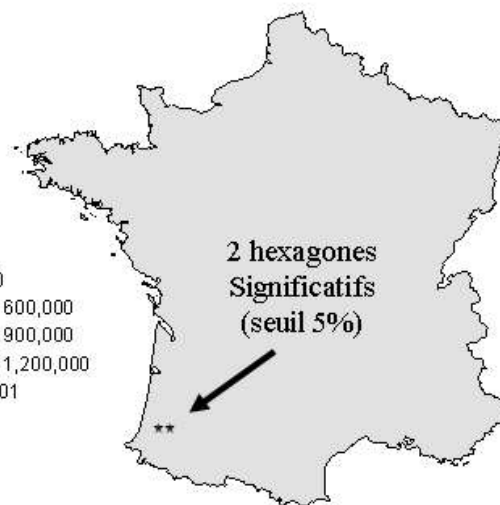


Densité des volailles



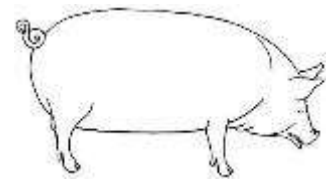
Volailles

Effet global non significatif



(2) Résultats

- ❏ Risque ESB spatialement hétérogène en France
- ❏ Lien spatial, statistiquement significatif, entre la densité de porcs et le risque ESB



❏ Nouvelle question



- ❖ Quel est l'effet des pratiques de fabrication dans les usines d'aliments du bétail sur le risque ESB



(3) Test des pratiques de fabrications dans les usines d'aliments du bétail

Enquête

- ❖ 327 usines d'aliments du bétail

Test des 3 hypothèses

- ❖ Contamination croisée : farines animales
- ❖ Graisses animales
- ❖ Poudre d'os

Définition des unités géographiques

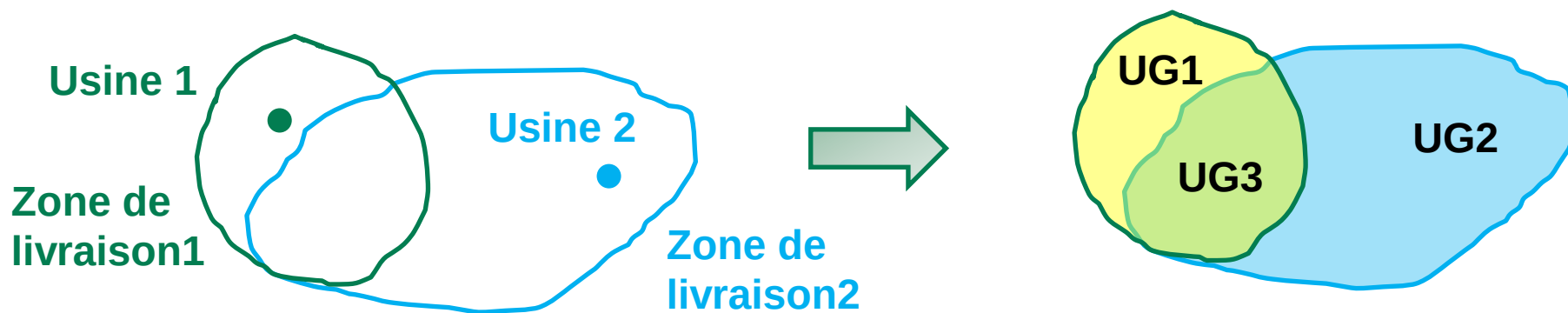
- ❖ Unité de livraisons
- ❖ A chaque usine, à la zone de livraison d'aliments attribution d'un risque usine



Zone de
livraison

(3) Test des pratiques de fabrications dans les usines d'aliments du bétail

- 📁 Enquête
- 📁 Test des 3 hypothèses
- 📁 Unités géographiques (UG) : Unités de livraisons
 - ❖ A chaque usine, à la zone de livraison d'aliments attribution d'un risque usine
 - ❖ 943 zones de livraison homogènes vis-à-vis du risque

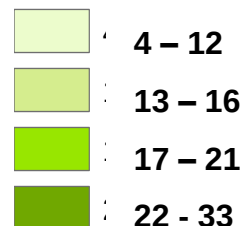


(3) Test des pratiques de fabrications dans les usines d'aliments du bétail

- **Zone d'étude et Unités géographiques (UG)**
943 unités de livraison sur la France



Nombre d'usines livrant
dans les unités de livraison



Chaque unité géographique est
exposée de manière homogène
à un risque usine

(3) Test des pratiques de fabrications dans les usines d'aliments du bétail

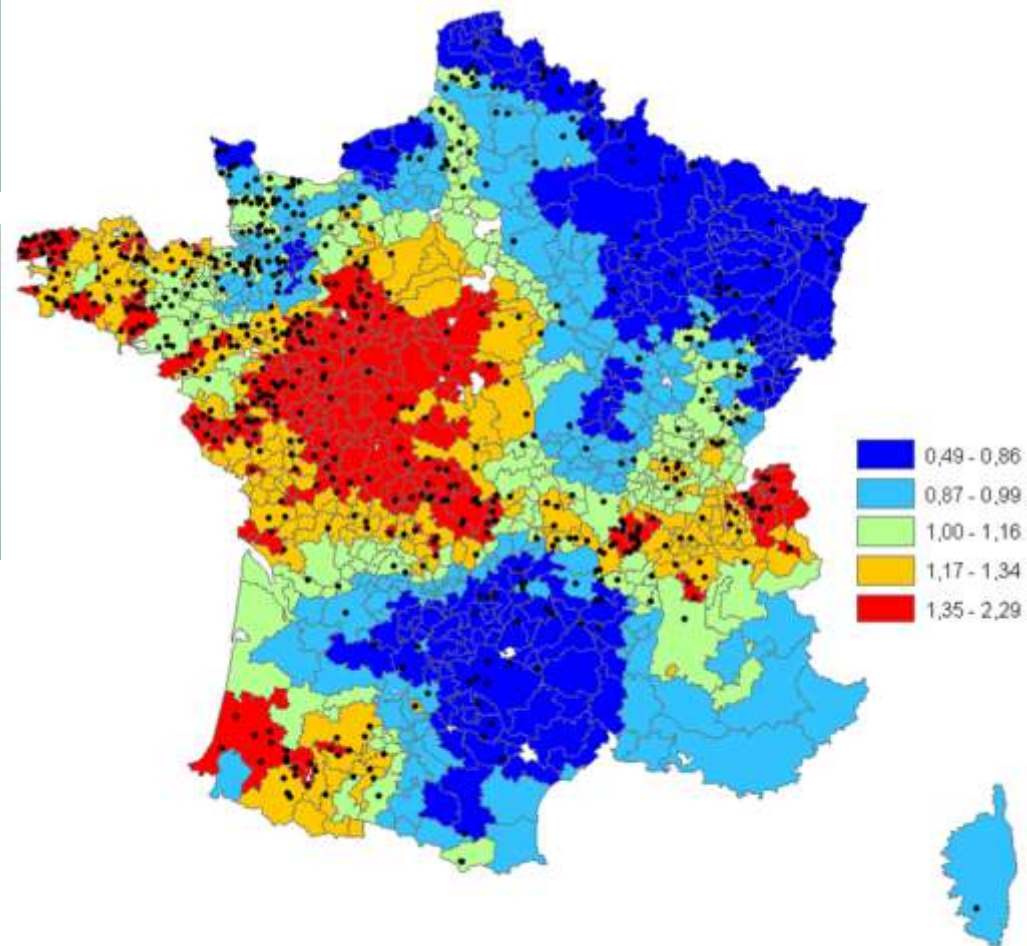
- **Zone d'étude et Unités géographiques (UG)**

943 unités de livraison sur la France

Modélisation du risque ESB
par unité de livraison

- Variable d'intérêt :
- **nombre de cas d'ESB** par UG,
modélisé sous forme de risque relatif

- Modélisation par une distribution de Poisson dépendant de la densité de vaches laitières et de vaches allaitantes
- Lissage spatial par voisinage

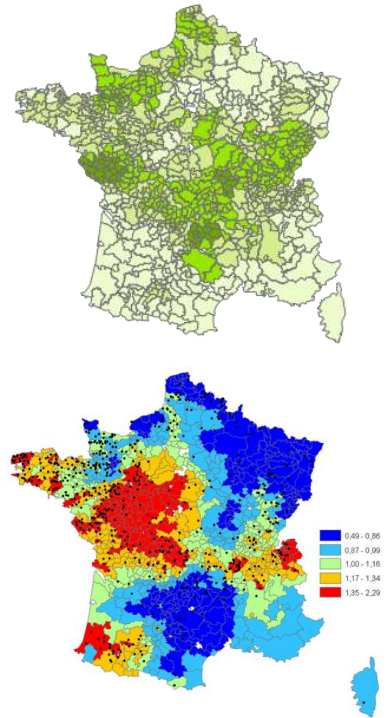


Voisinage de la
zone de vente



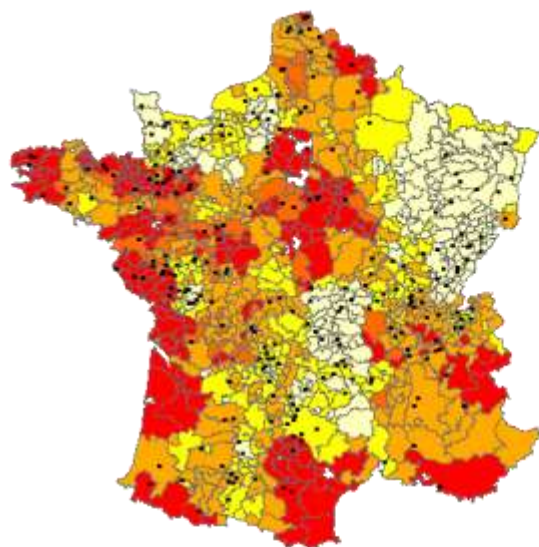
(3) Test des pratiques de fabrications dans les usines d'aliments du bétail

- **Zone d'étude et Unités géographiques (UG)**
943 unités de livraison sur la France
- Variable d'intérêt : **nombre de cas d'ESB** par UG, modélisé sous forme de risque relatif
- Modélisation par une distribution de Poisson dépendant de la densité de vaches laitières et allaitantes
- Lissage spatial par voisinage
- **Incorporation de facteurs dans le modèle**
% d'usines utilisant par unité de livraison des
 - ❖ farines animales pour les porcs et volailles
 - ❖ graisses animales
 - ❖ poudre d'os

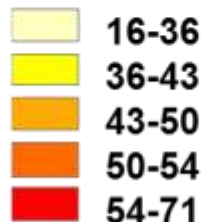


(3) Cartographie de l'utilisation des produits dans les unités de livraison

Farines animales pour les porcs et les volailles

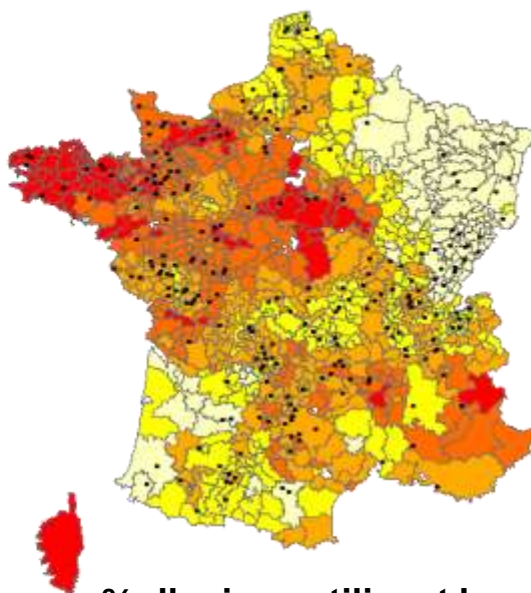


% d'usines utilisant les farines

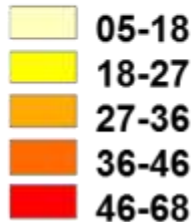


255 usines

Graisses animales pour les vaches

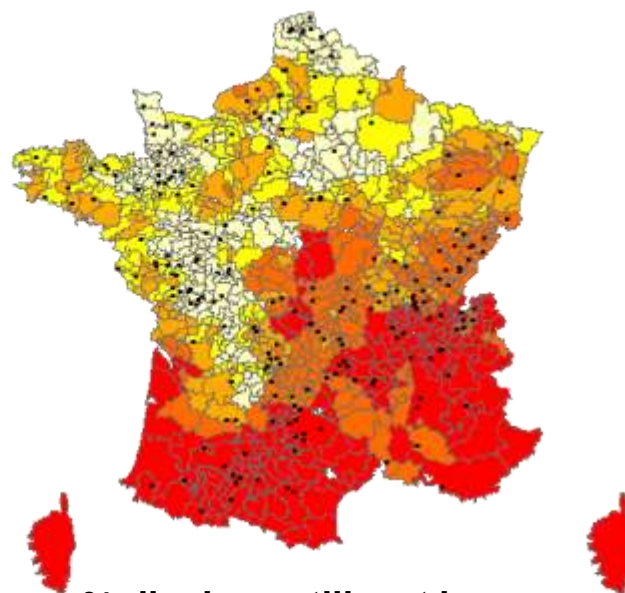


% d'usines utilisant les graisses

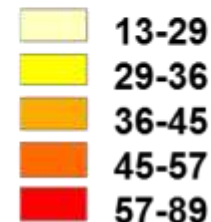


248 usines

Poudre d'os pour les vaches



% d'usines utilisant les poudres



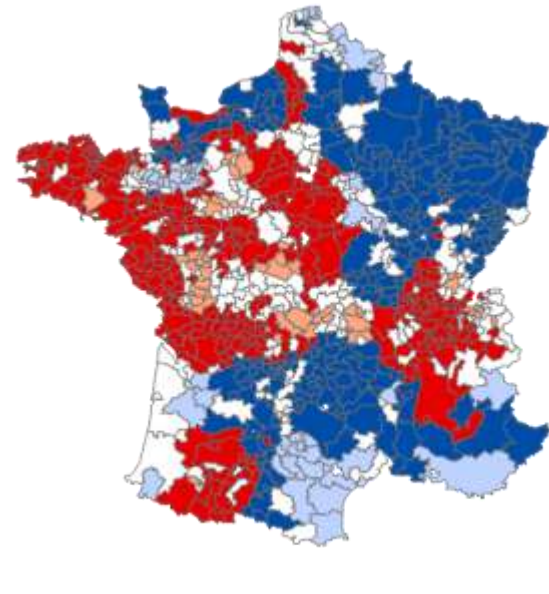
220 usines

(3) Cartographie des liens entre le risque ESB et l'exposition aux produits

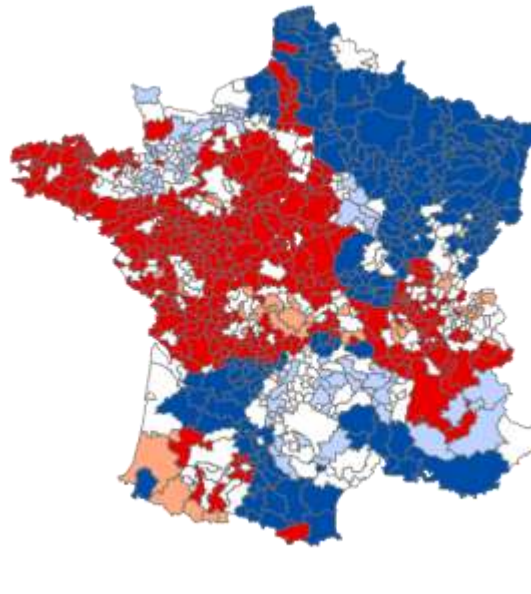
Farines animales pour les porcs et les volailles

Graisses animales pour les vaches

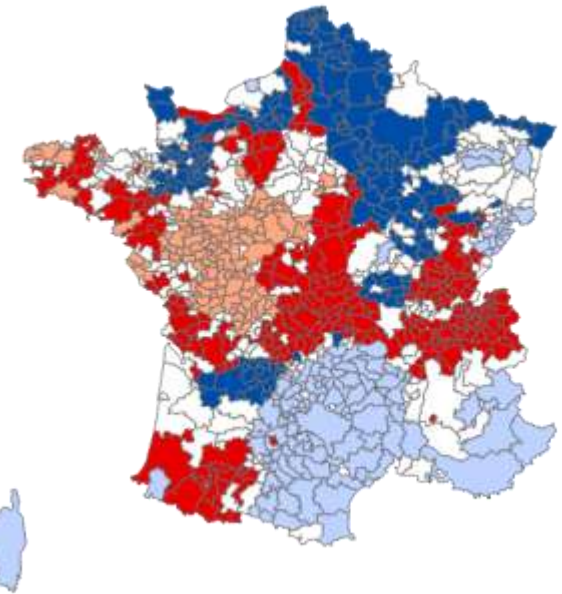
Poudre d'os pour les vaches



$p = 0,03$



NS



NS

Concordance

Risque ESB/exposition au produit



Faible/Faible



Fort/Fort

Discordance

Risque ESB/exposition au produit



Faible/Fort



Fort/Faible

Synthèse



Sources d'infection des cas d'ESB

- ❖ Hétérogénéité spatiale du risque ESB
- ❖ Origine alimentaire des cas NAIF et SuperNAIF
- ❖ Application imparfaite des mesures réglementaires de 1990 et de 1996



Systèmes d'information géographiques et statistiques spatiales

- ❖ Positionnement des animaux malades, rapporté à la population totale de vaches
- ❖ Création de variables explicatives des risques (unité géographique)
- ❖ Calculs statistiques et modèles pour décrire le risque et étudier les facteurs qui agissent sur le risque

Autres applications des SIG pour expliquer les épidémies

-  Analyse du couvert végétal : pourcentage de forêts, longueur des lisières, essences
-  Topologie du terrain : altitude, pente, réseau hydrographique
-  Données climatiques : hygrométrie, vent, température
-  Réseau routier : circuits de livraison
-  Répartition de la faune sauvage
-  Télédétection : zones inondables



MERCI



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

