

# Analyse des risques alimentaires

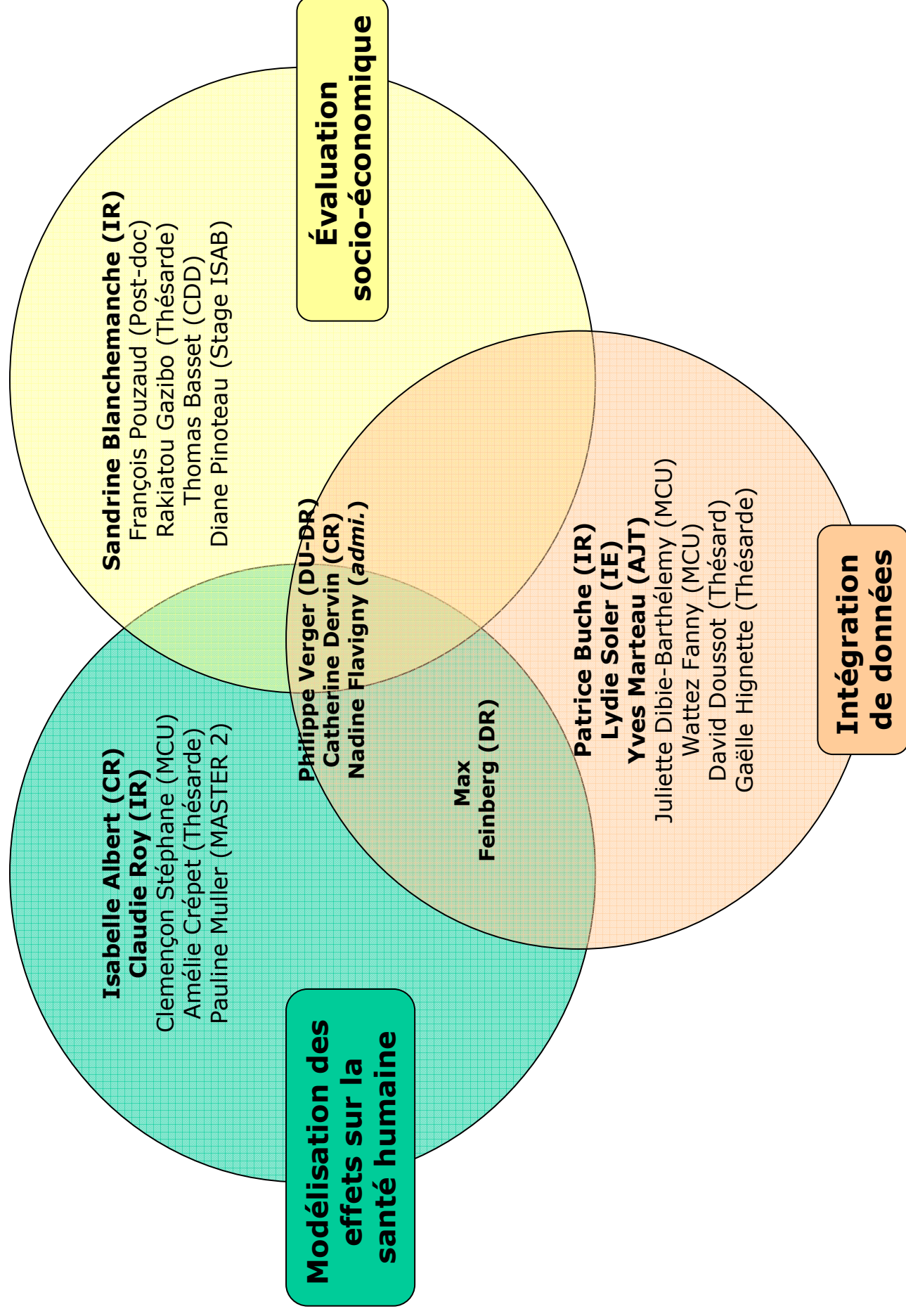
I. Albert

- L'unité de méthodologie d'analyse des risques alimentaires de l'INRA : Unité Mét@risk, INAP-G, Paris
- Un exemple de notre travail : Appréciation des Risques de Campylobactérioses en France à travers la Consommation de Poulet : Modélisation par Réseau Bayésien et Intégration des Données par Statistique Bayésienne

# Unité mét@risk

- Création : 2004
- Objectifs :
  - Améliorer les techniques d'analyse des risques alimentaires,
  - Fédérer les recherches de l'INRA sur cette thématique.
- Deux départements : MIA - ALIM H
- <http://metarisk.inapg.inra.fr/>

## fonctionnel



# Sphère « Socio-économique »

**Objectif :** Développer des outils méthodologiques pour évaluer les impacts des décisions de sécurité sanitaire sur les marchés des producteurs et consommateurs

## **Travaux :**

- Risque-bénéfice de la consommation de poisson : information et comportement des consommateurs
- La filière du thon : conséquences socio-économiques des normes sanitaires
- Le Codex Alimentarius : entre science, enjeux économiques et enjeux de santé publique

**Évaluation  
socio-économique**

# Sphère « Intégration de données »

## Intégration de données

### Objectifs :

- Définir une architecture pour un entrepôt de données hétérogènes (qualitatives, quantitatives d'origine diverses)
- Proposer un système d'interrogation de cet entrepôt qui permette un accès homogène aux données
- Proposer un système d'acquisition semi-automatique de données sur l'Internet

### Travaux (exemple) :

- Intégration de données : de microbiologie, de contaminations physico-chimiques (DGAI, DGCCRF), Consommation (INCA, SECODIP)
- Représentation de données imprécises par le biais de sous-ensembles flous

# Sphère « Modélisation »

## Modélisation des effets sur la santé humaine

### Objectifs :

- Développements de nouvelles méthodologie d'analyse quantitative des risques alimentaires.

### Travaux (exemples) :

- Pour une approche globale : de la production agricole à la consommation et ses conséquences sur la santé humaine (réseaux bayésiens et statistiques bayésiennes)
- Modélisation dose-réponse (approche bayésienne)
- Modèles de croissance/décroissance bactérienne (régression non linéaire)
- Évaluation de l'exposition (rééchantillonnage (bootstrap, jackknife), estimateur de Kaplan-Meier)

- Modélisation de la probabilité de dépasser une DHT (valeurs extrêmes U-Statistiques (prise en compte du caractère multi-aliments))

# Appréciation des Risques de Campylobactérioses en France au travers de la Consommation de Poulet : Modélisation par Réseau Bayésien et Intégration des Données par Statistique Bayésienne

Isabelle Albert (Mét@risk / Mia / Inra)

Jean-Baptiste Denis (MiaJ / Mia / Inra)

Emmanuel Grenier (Stim / Isab)

Judith Rousseau (Ceremade / Univ. Dauphine)

Voir également : AgroStat – Montpellier – 27

janvier 2006

SMAT-040406

# *Campylobacter / campylobactérioses*

Campylo = courbé, incurvé

Plusieurs espèces : *jejuni* la plus commune

Ne se développe que dans l'intestin et donc stabilisé ou décroît sur aliments (bien sympa pour la modélisation, contrairement à d'autres pathogènes).

**Se trouve communément dans l'intestin des animaux** (volailles, porcs, bovins, chat et chien) pour lesquels il est réputé non pathogène (au moins pour les volailles).

Suivant la résistance des individus / acquisition d'immunisation (attention les bébés)

**Diarrhées (parfois sanglantes), vomissements, maux de ventre, 2-3 semaines mais antibiotiques efficaces.**

**MAIS syndrome de Guillain-Barré**

MAIS importance économique

MAIS barrières sanitaires, dernier recours dans le cadre de l'OMC





# Contamination par campylobacter

- De nombreuses origines mais poulet cru
- Contamination croisée



# Objectifs du Travail

## Appréciation Quantitative du Risque

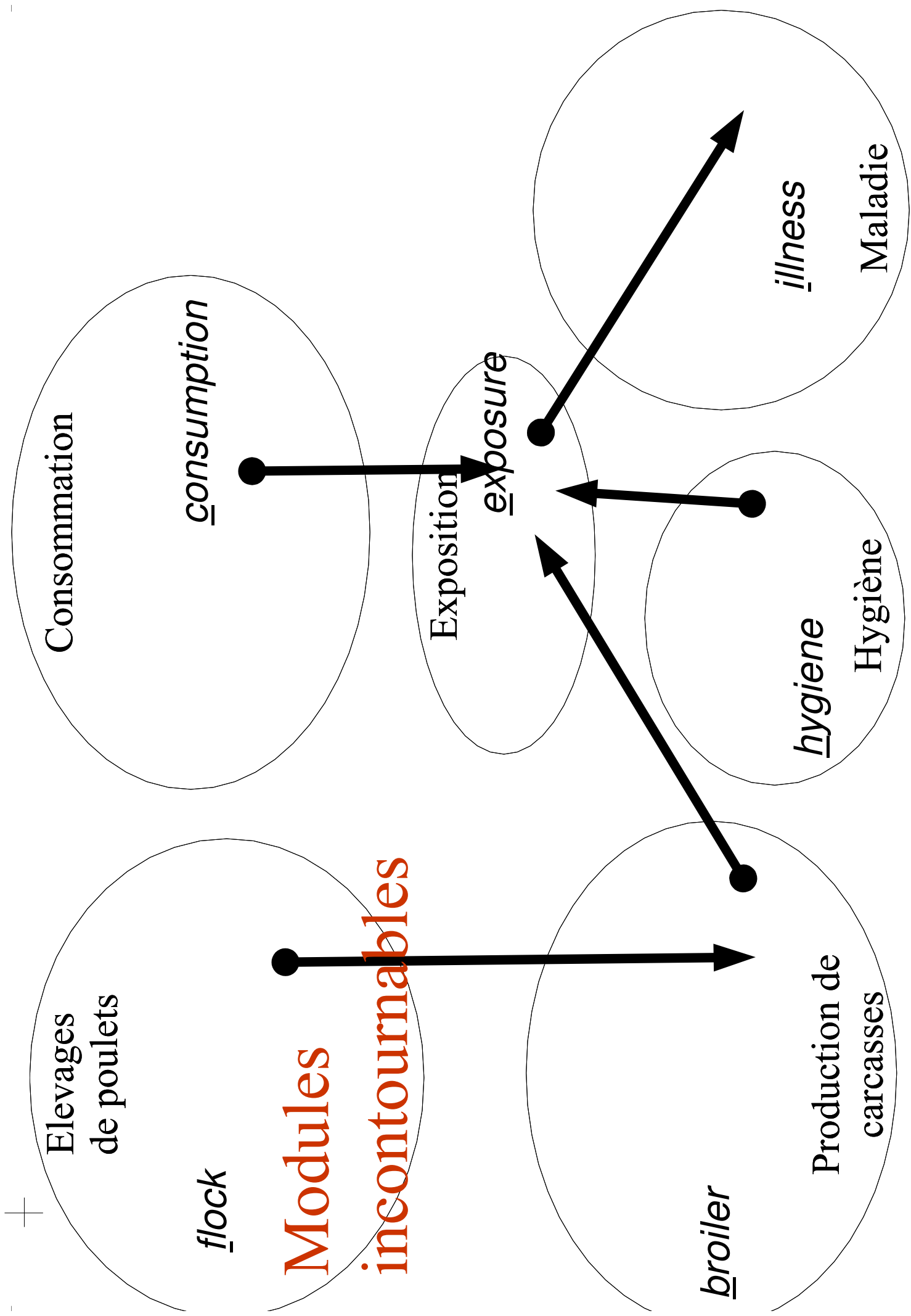
- Modélisation (d'une partie) de la chaîne  
*de la fourche à la fourchette et au delà.*
- Estimer les paramètres d'intérêt
- Utilisation du modèle comme simulateur (ex :  
incidences sur la population française de  
différentes stratégies de remédiation)

# Quelle méthodologie adopter ?

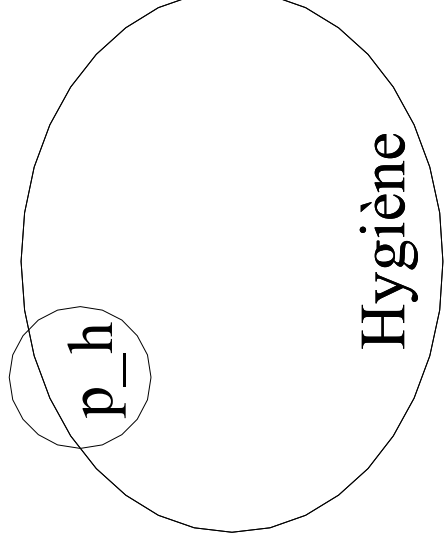
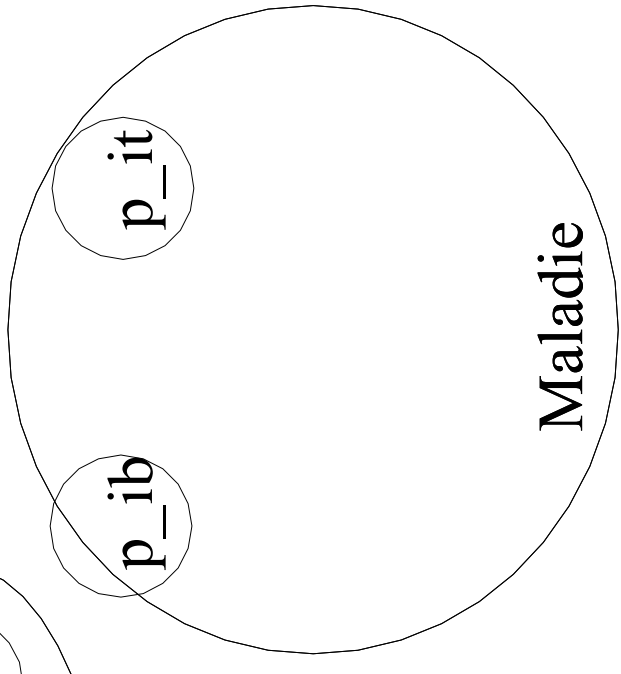
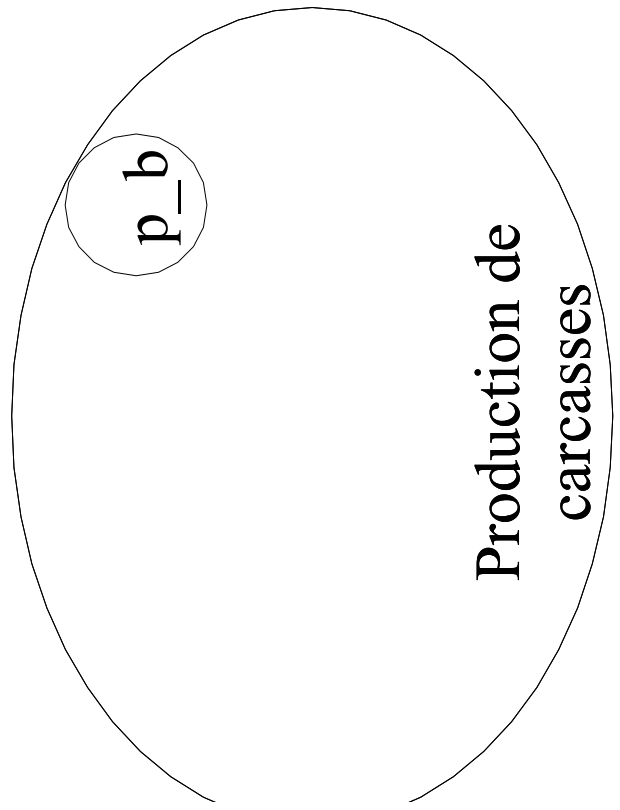
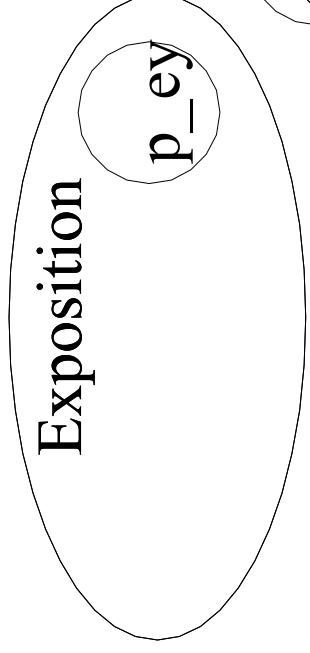
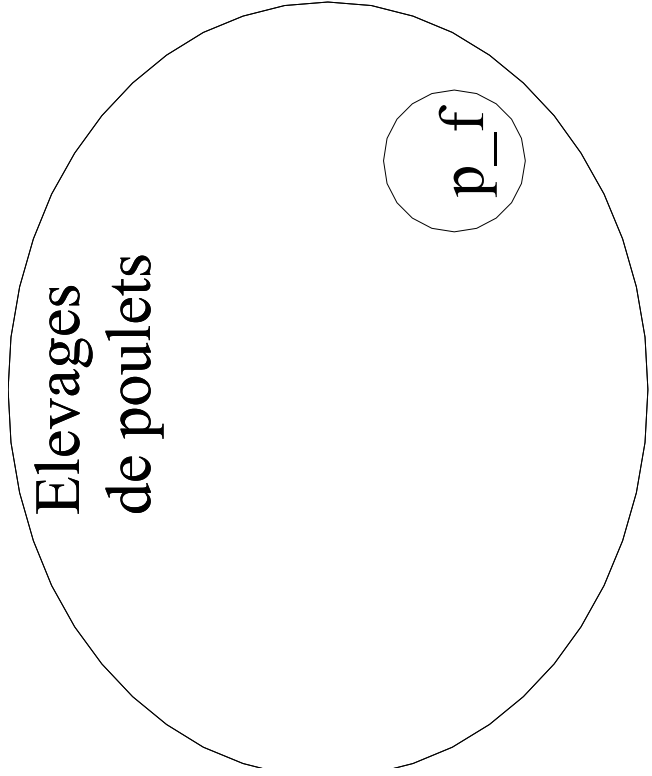
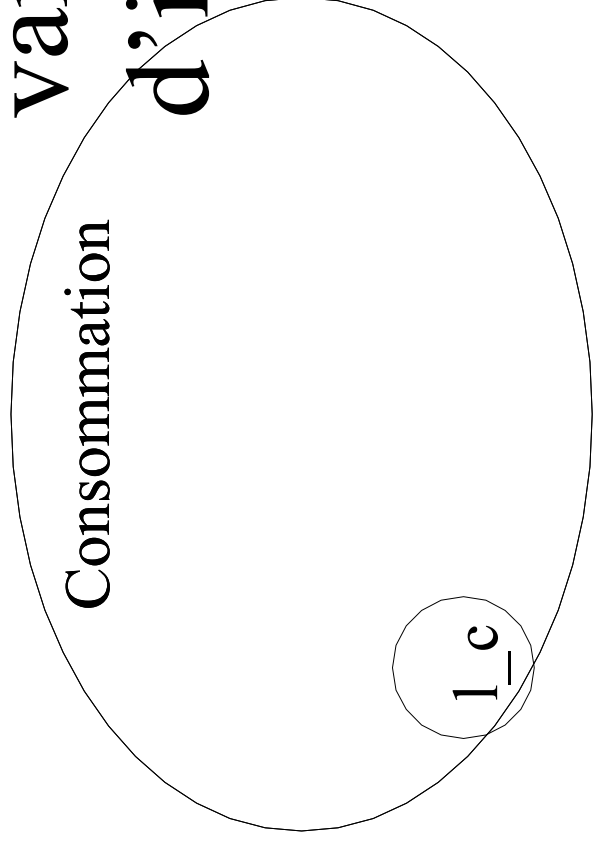
- peu ou pas de données, hétérogènes.
- phénomènes rares, mal connus variables.
- beaucoup d'interlocuteurs.

## **Modélisation globale probabiliste**

- modélisation par réseaux bayésiens,
- utilisation des données par statistique bayésienne.

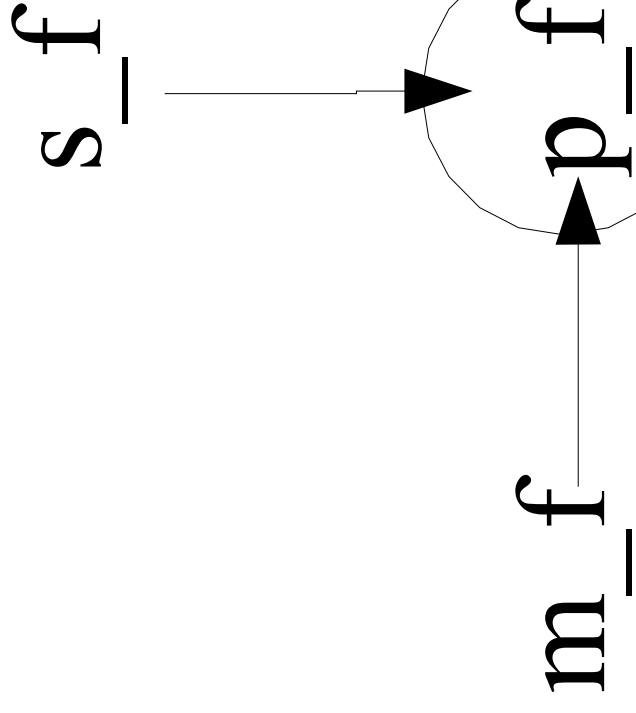


# variables d'intérêt

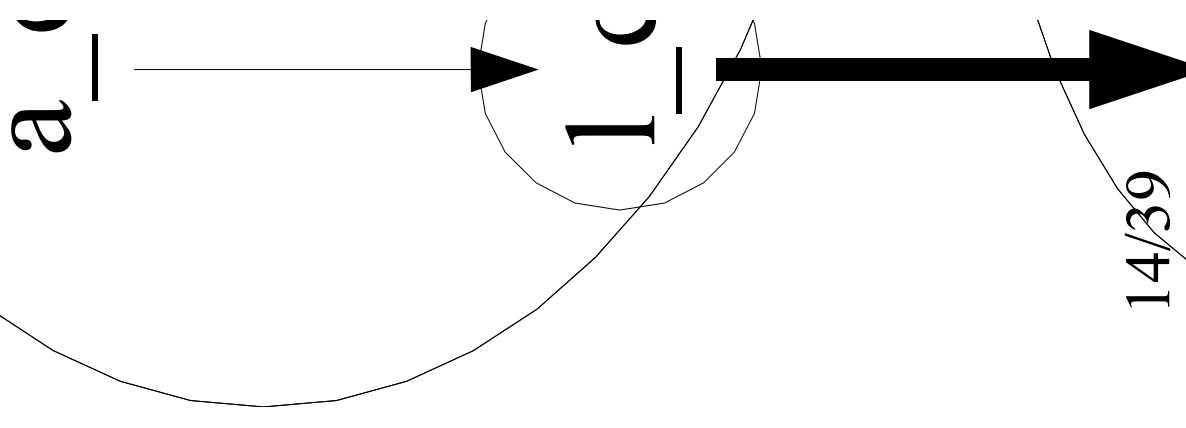


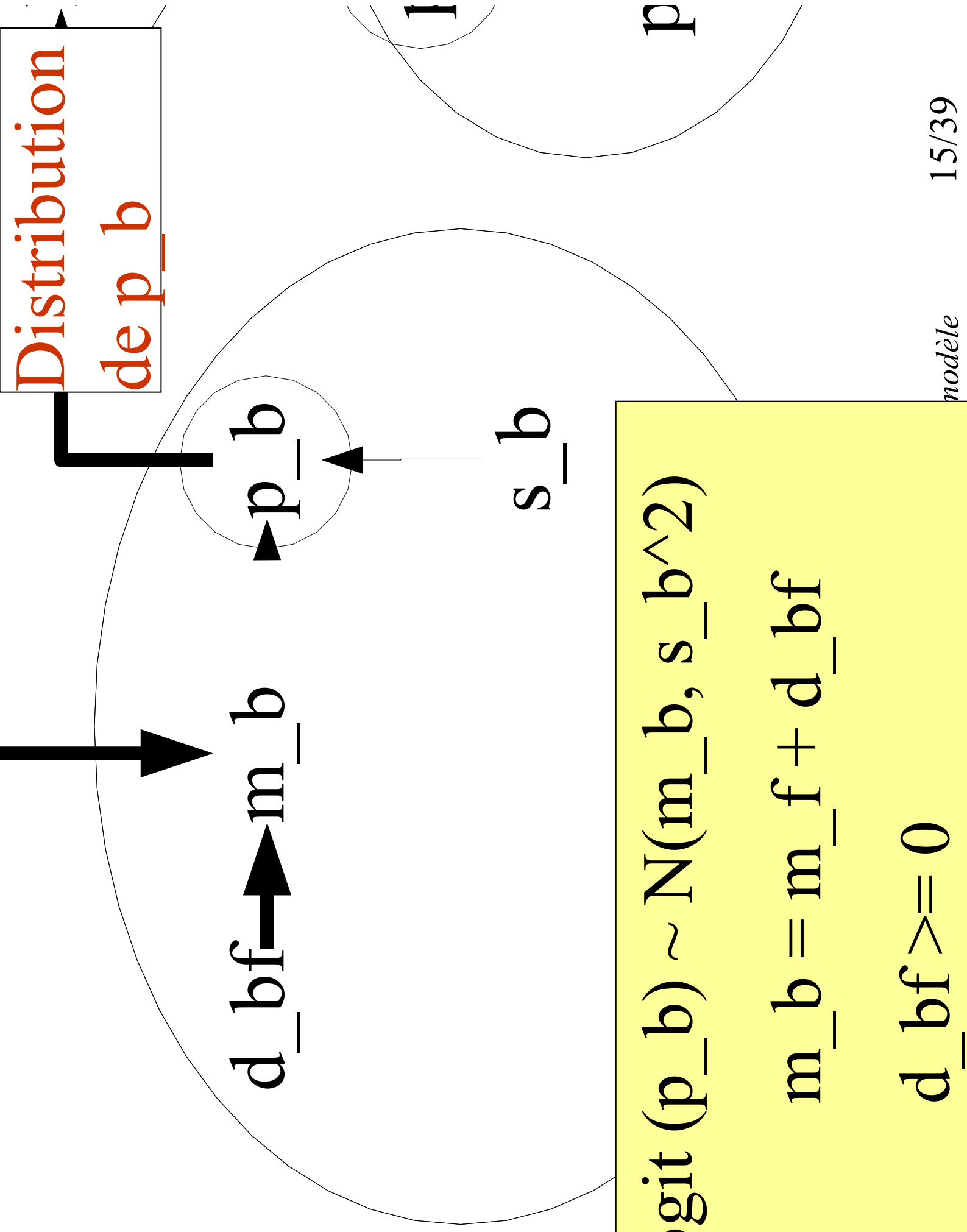
# Distribution de $p_f$

Elevages  
de poulets



$$\text{logit}(p_f) \sim N(m_f, s_f^2)$$





# Distribution de $l_c$

Consommation

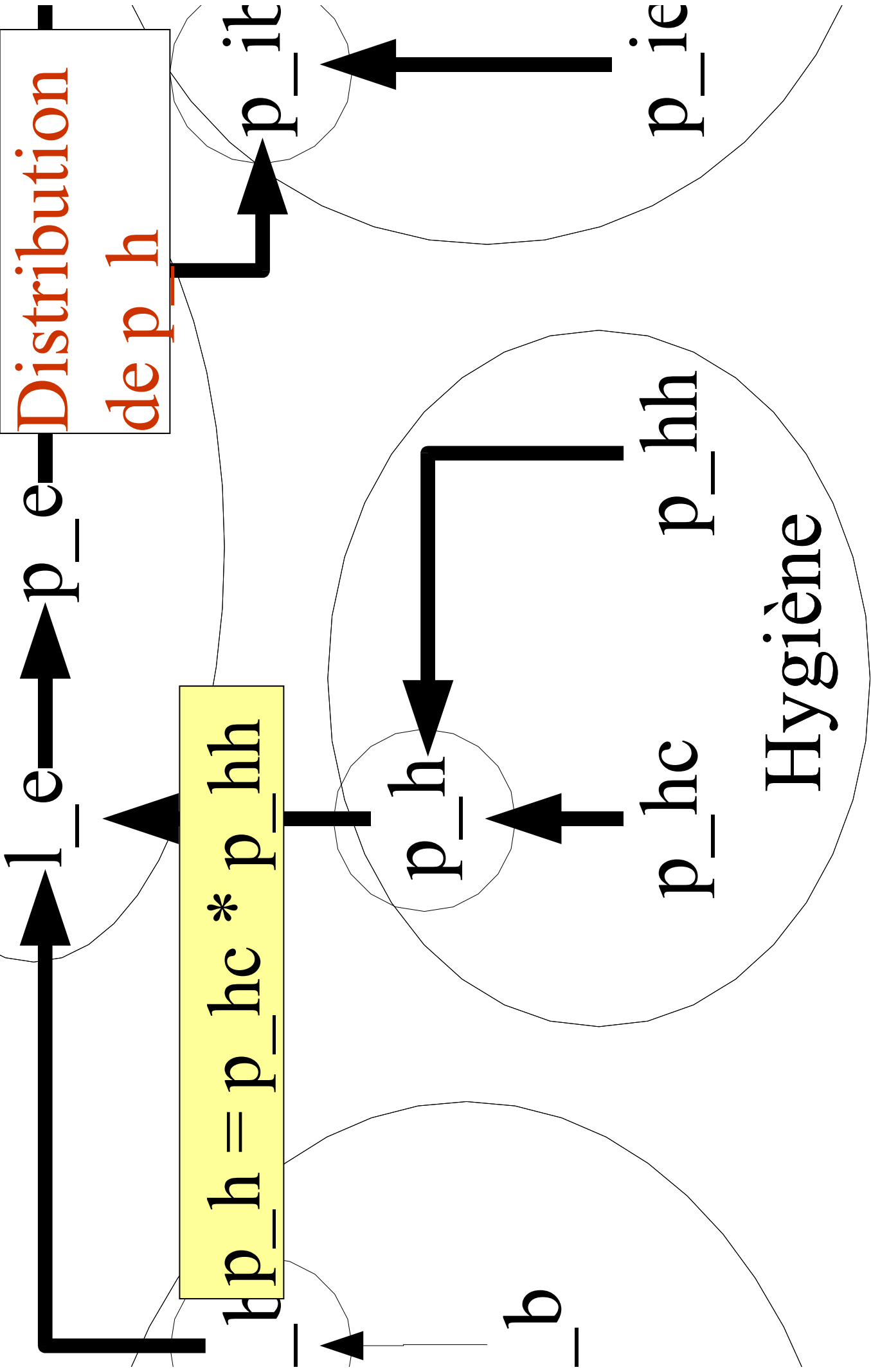
$a_c$

$l_c$

$b_c$

$l_c \sim \text{Gamma}(a_c, b_c)$   
tronquée  $< 10$





$p_f$

$l_c$

$b_c$

Distribution  
de  $p_{ey}$

Exposition

$l_e$

$p_e$

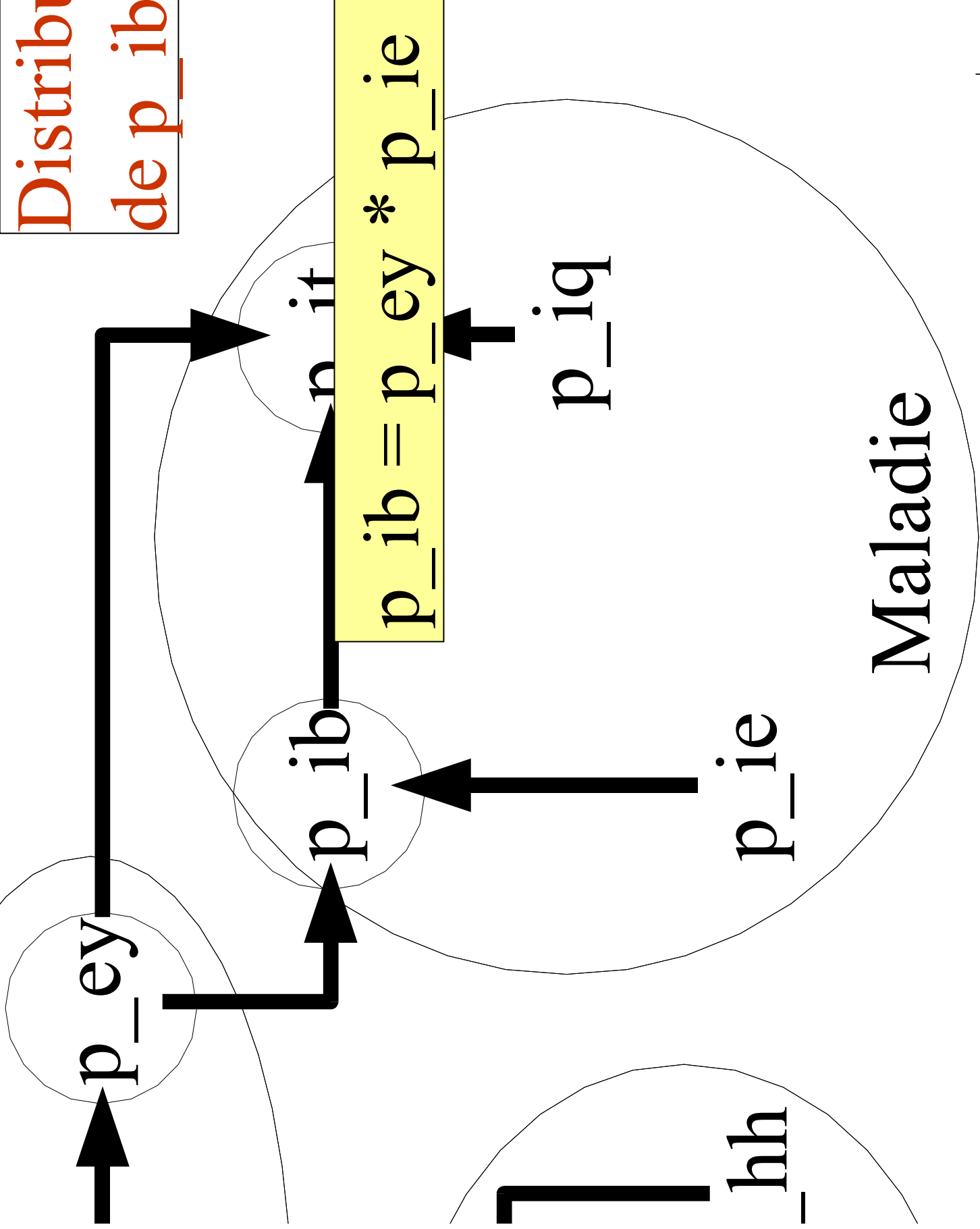
$p_{ey}$

$p_b$

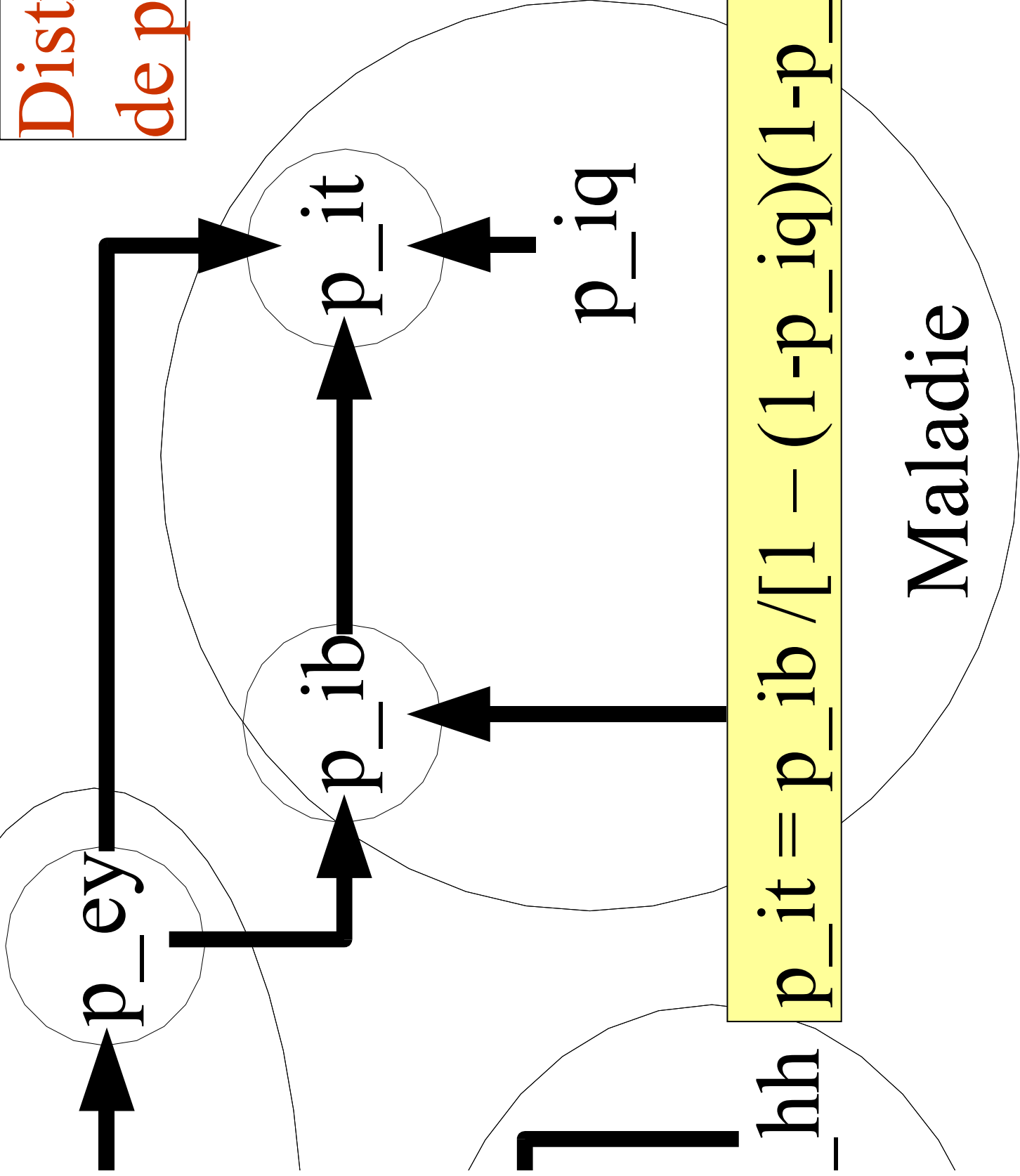
$p_h$

$p_{ey} = 1 - (1 - p_e)^{13}$   
 $p_e = 1 - \exp(-l_e)$   
 $l_e = l_c * p_b * p_h$

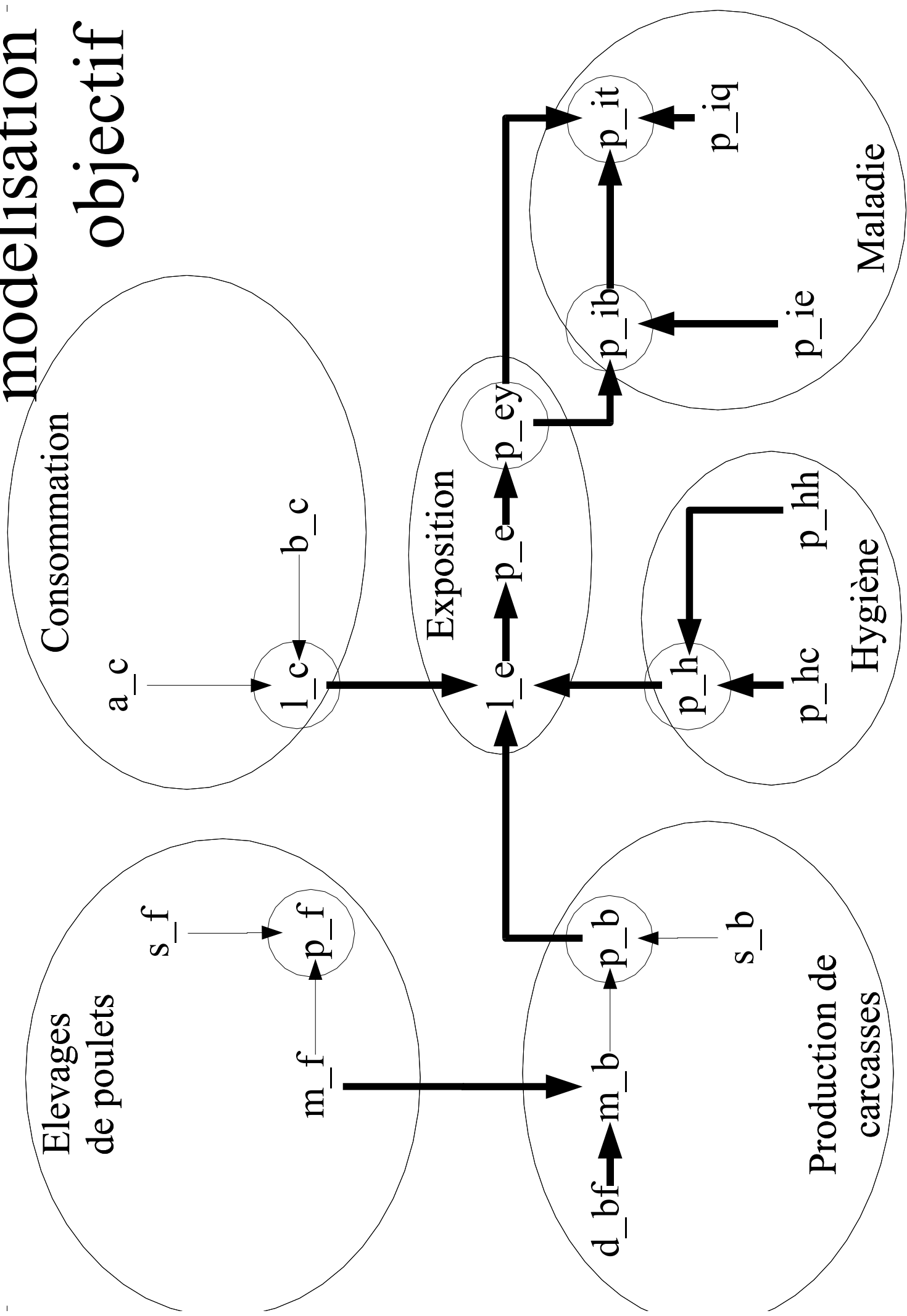
Distribution  
de  $p_{ib}$



Distribution  
de  $p_{it}$



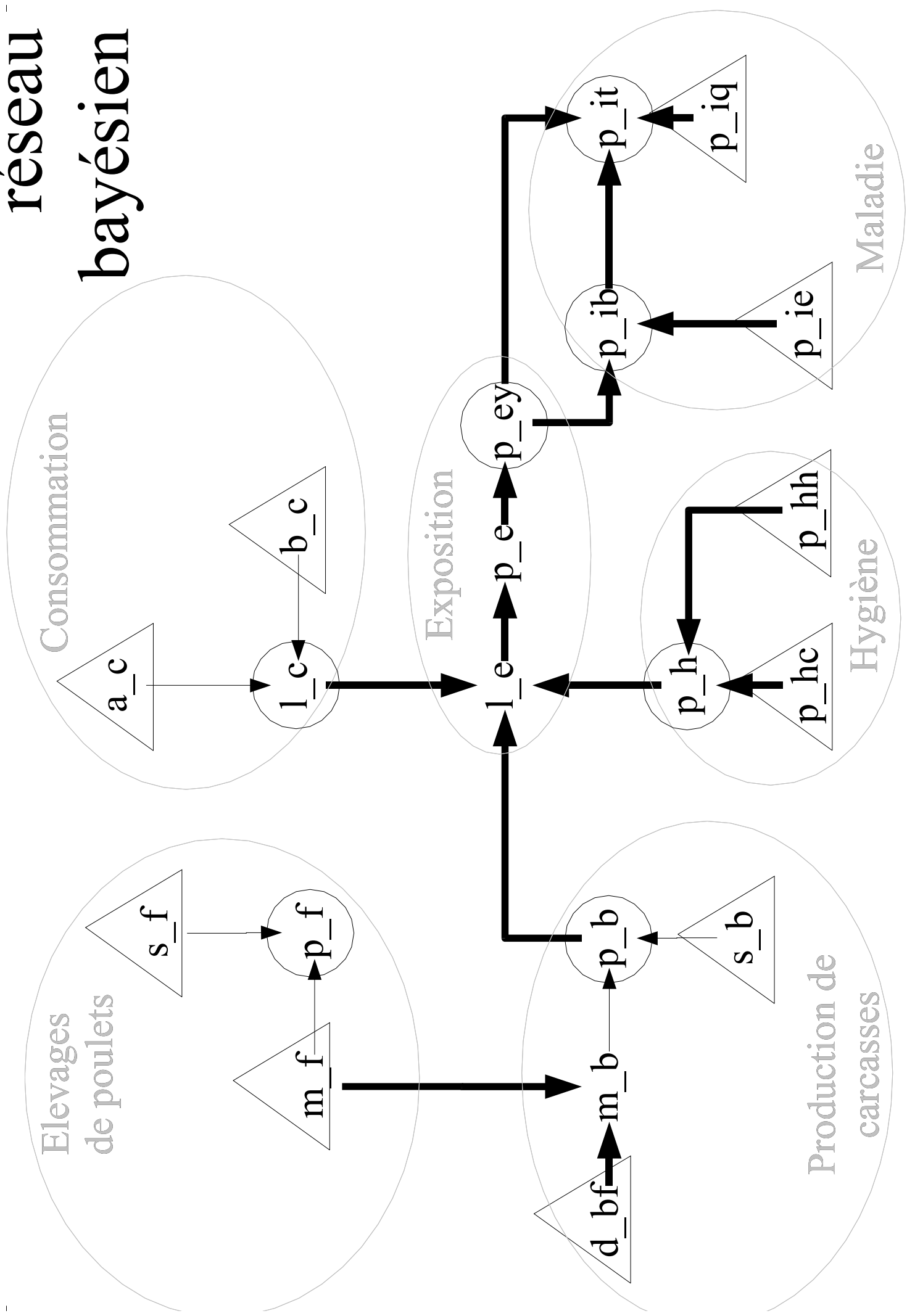
# modélisation objectif



# Offre de post-doctorat

- Durée : 24 mois
- Projet financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) : « nouvelle approche et de nouveaux outils pour étudier l'émergence d'une bactérie pathogène dans les filières alimentaires – Le cas de *Bacillus cereus* dans les produits non stériles traités thermiquement »
- Mots clés : appréciation de risque, modélisation, statistiques, statistique bayésienne, simulation de Monte Carlo, *Bacillus Cereus*, analyses multivariées

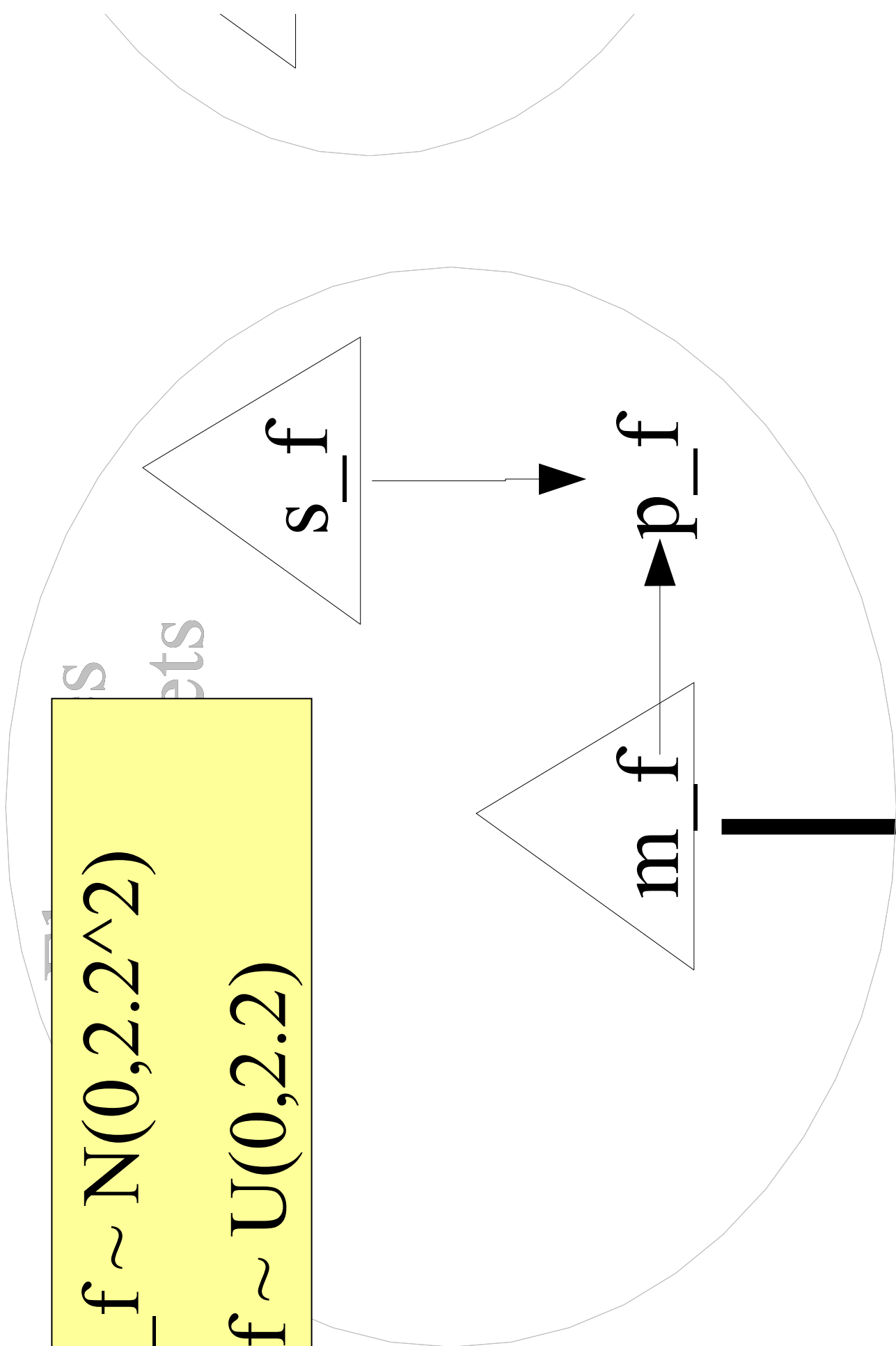
# réseau bayésien



# Ancêtres pour $p_f$

$$m_f \sim N(0, 2 \cdot 2^2)$$

$$s_f \sim U(0, 2 \cdot 2)$$





Ancêtres pour p\_h

$$p_{hc} \sim \text{Beta}(8, 28)$$

$$p_{hh} \sim \text{Beta}(8, 8)$$

p\_h

p\_hc

p\_hh

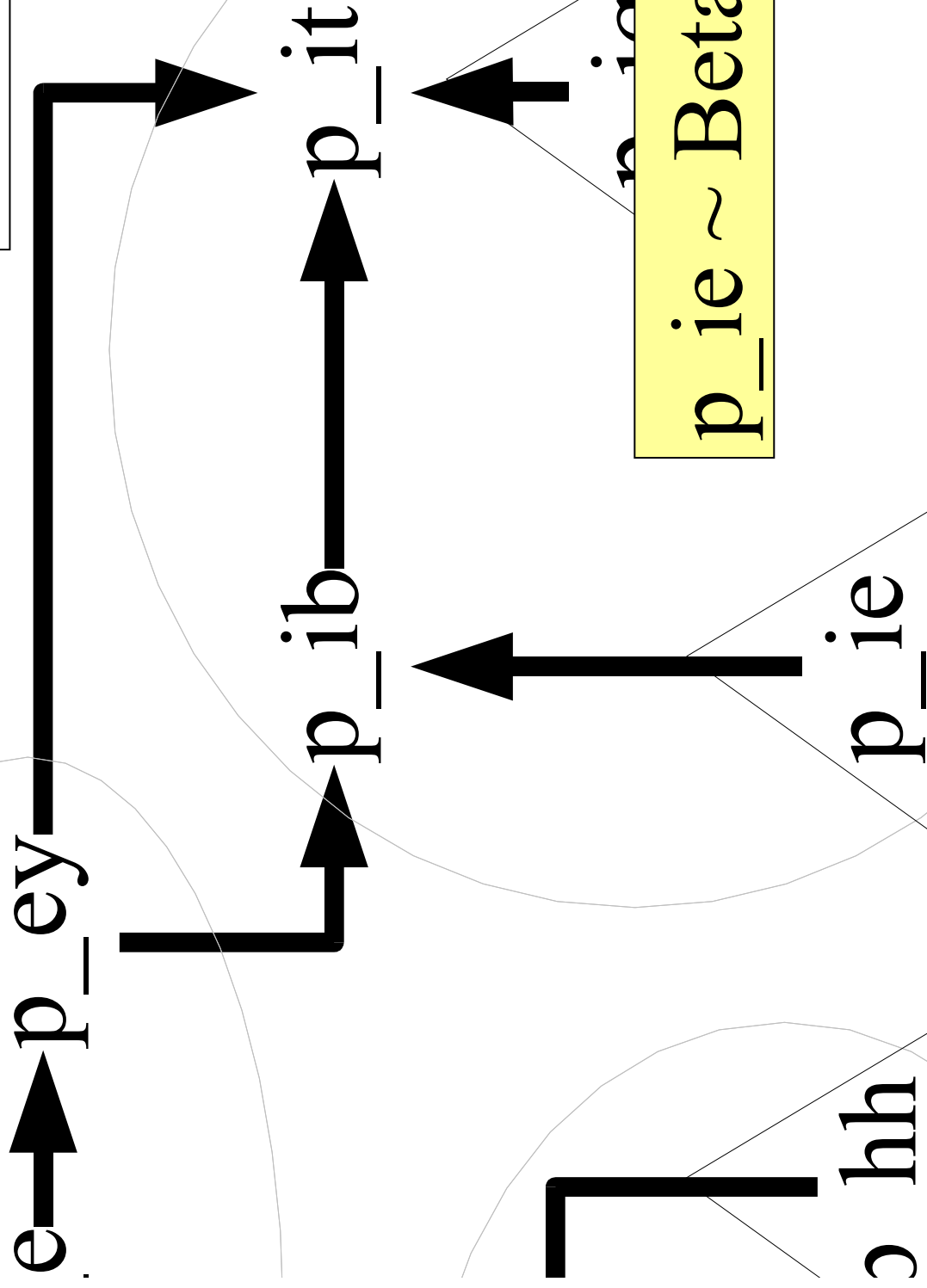
Hygiène

s\_b

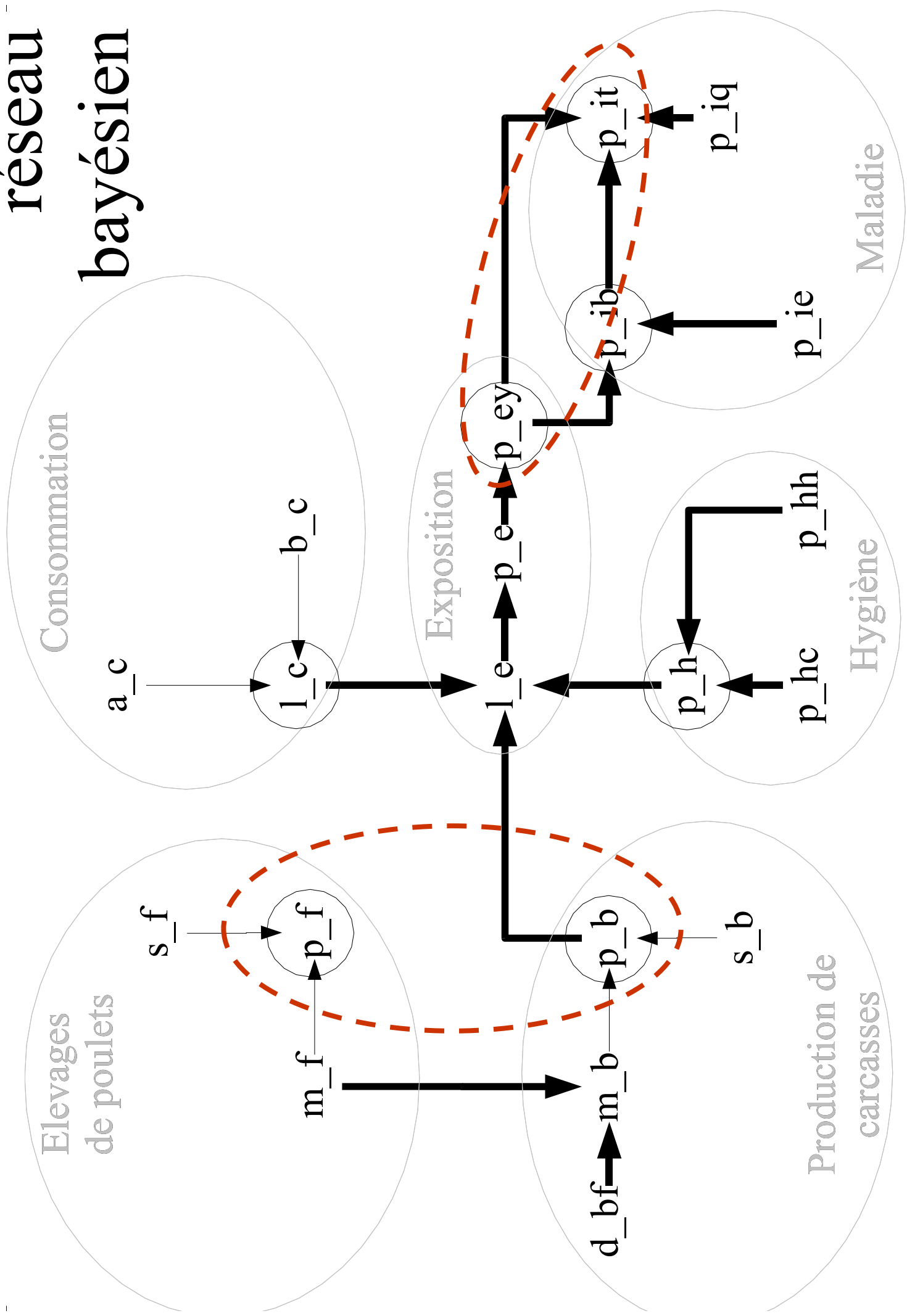
p\_i

p\_i

Ancêtres pour  $p_{ib}$

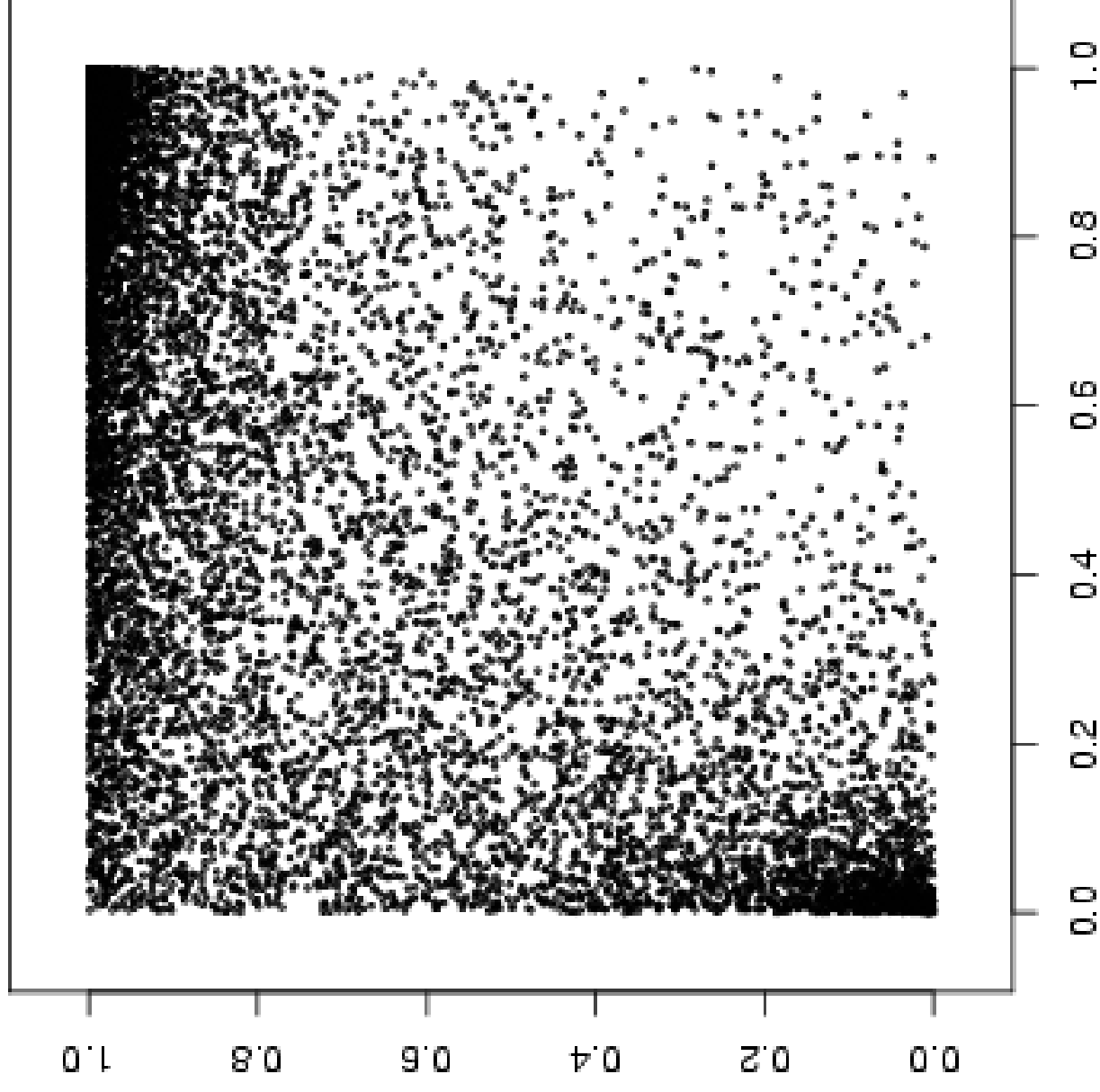


# réseau bayésien



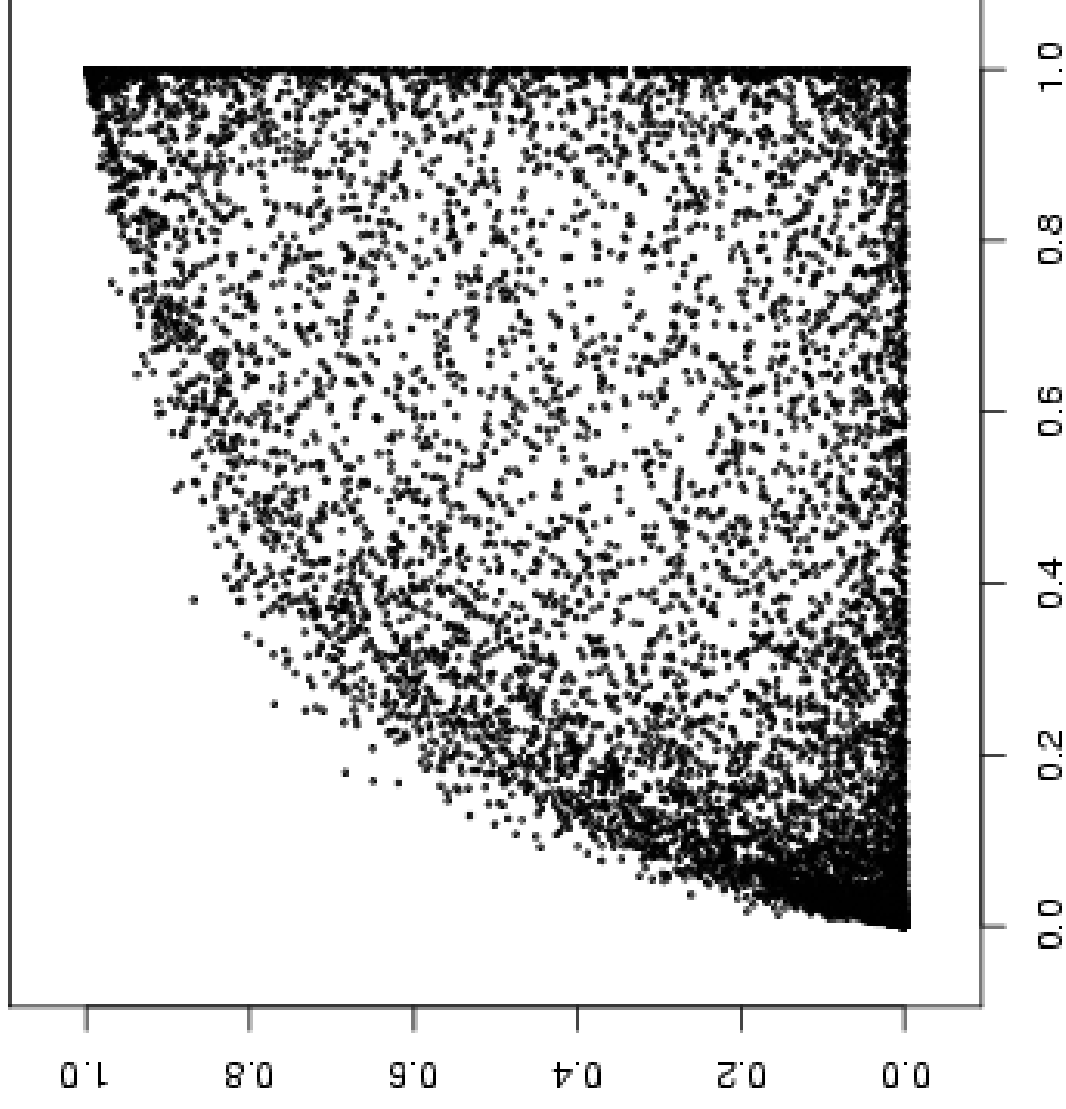
# Loi Conjointe

$(p_f ; p_b)$



# Loi Conjointe

( p\_ey ; p\_it )



**Données** Elevages  
de poulets  
**sponibles**

g\_ffs

Consommation

n\_csb

Pays  
similaires

g\_situ

Exposition

g\_bs

Production de  
carcasses

Hygiène

g\_ie

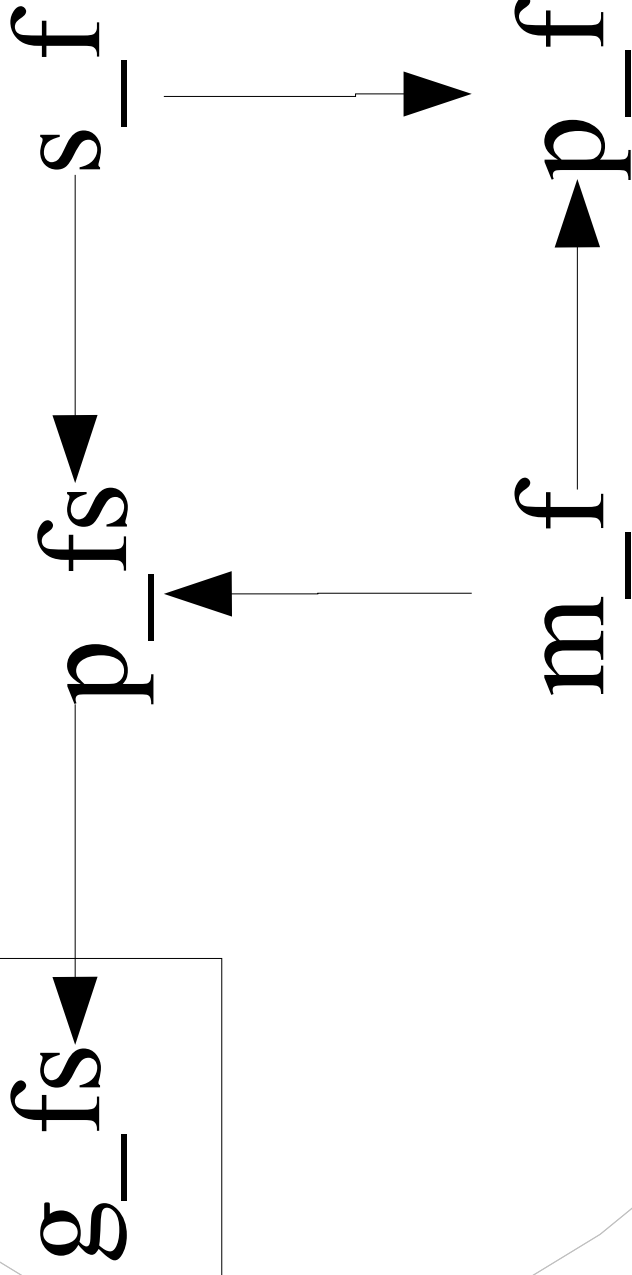
Maladie

# Accrochage de $g_{fs}$

$$\text{logit}(p_{fs}) \sim N(m_{fs}, s_{fs}^2)$$

$$g_{fs} \sim \text{Bino}(n_{fs}, p_{fs})$$

de poulets



$l_{cs} \sim$

$\text{Gamma}(a_c, b_c)$

$l_{csb} = l_{cs} * np_{csb}$

$n_{csb} \sim \text{Poisson}(l_{csb})$

accrochage de  $n_{csb}$

sommation

$l_{cs} \rightarrow l_{csb}$

$s_f$

$l_c \leftarrow b_c$

$n_{csb}$

$c_f$



# Accrochage de $g\_situ$

$a_c \rightarrow I_{cs} \rightarrow I_{csb}$

$n_{csb}$

$$g\_situ \sim \text{Bino}(n\_situ, p\_situ)$$

$$\text{logit}(p\_situ) \sim N(\text{logit}(p\_it), 10^2)$$

$l_e \rightarrow p_e \rightarrow p_{ey}$

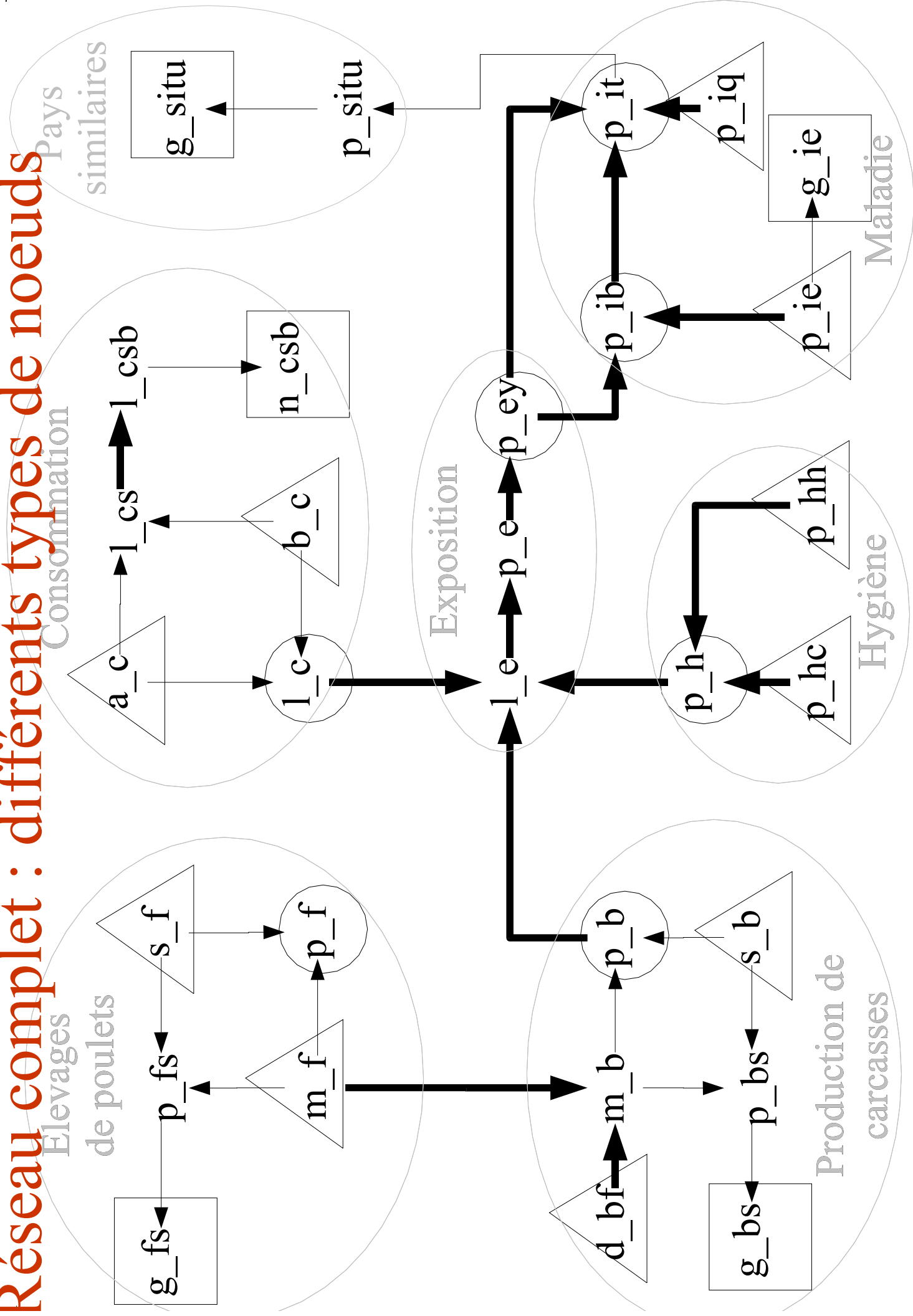
$p_{ib} \rightarrow p_{it}$

Pays similaires

$g\_situ$

$p\_situ$

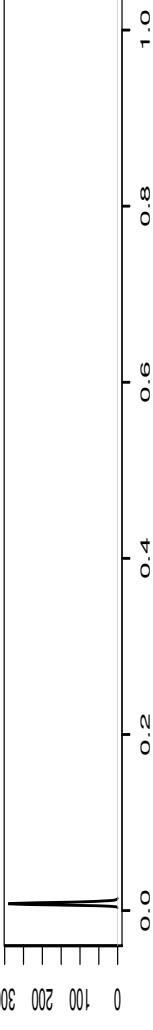
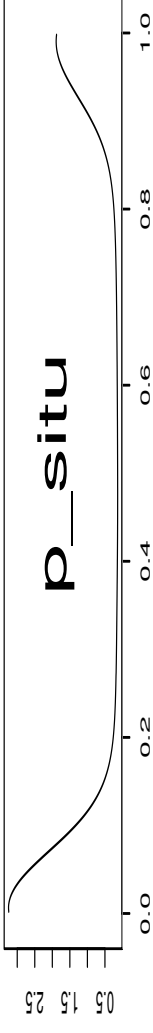
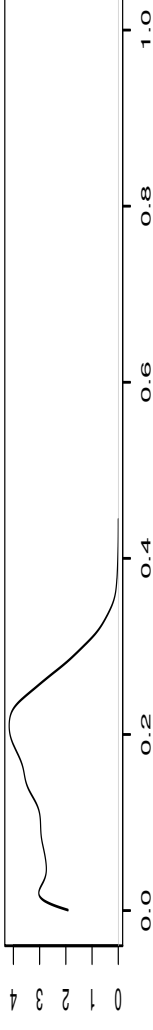
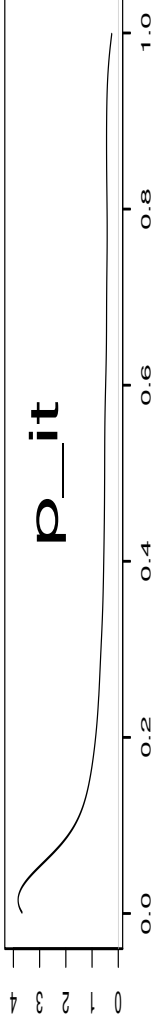
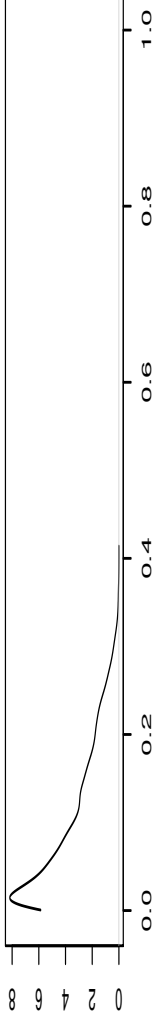
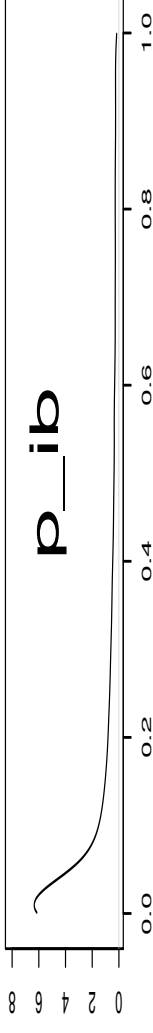
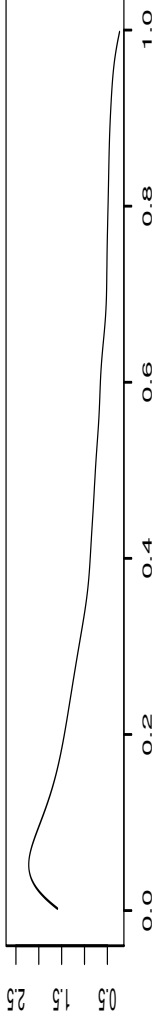
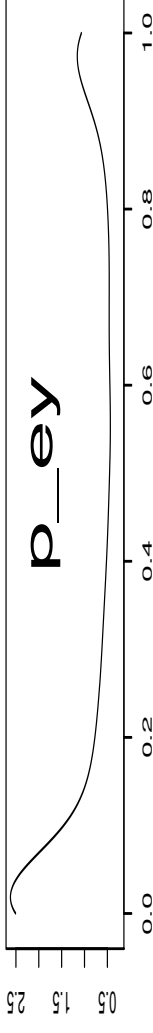
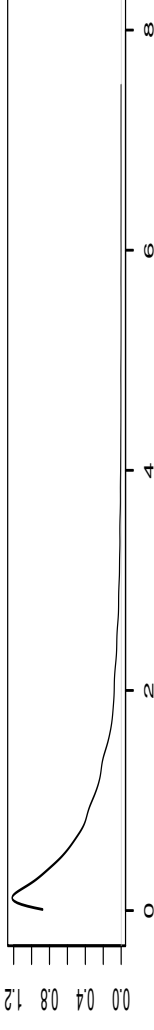
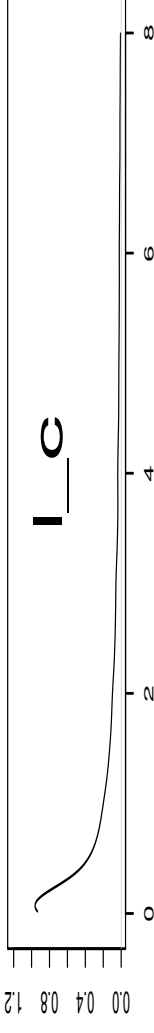
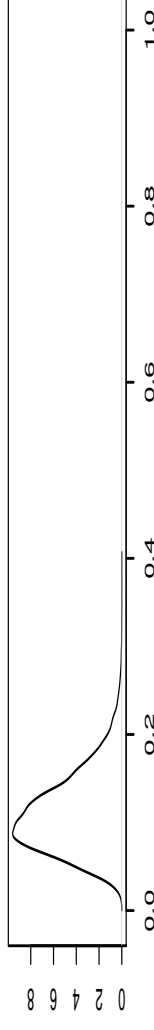
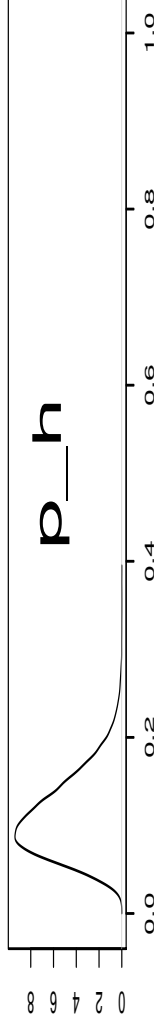
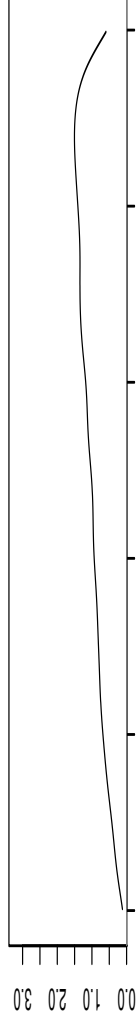
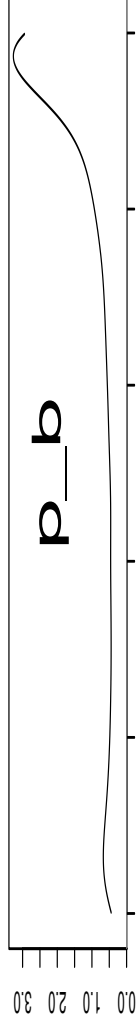
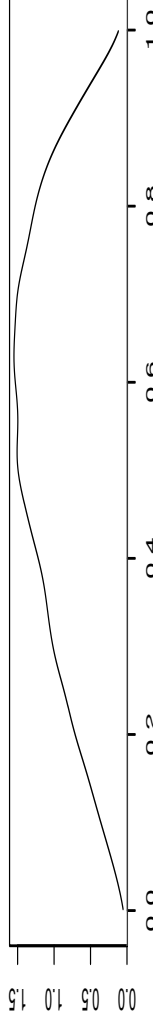
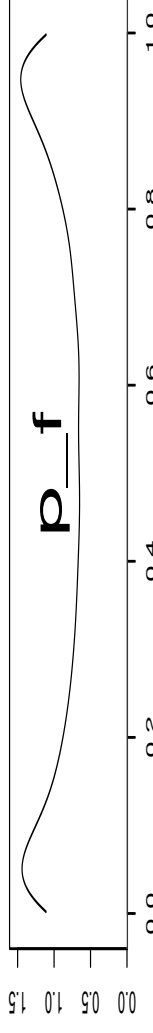
# Réseau complet : différents types de noeuds



# Démarche statistique bayésienne

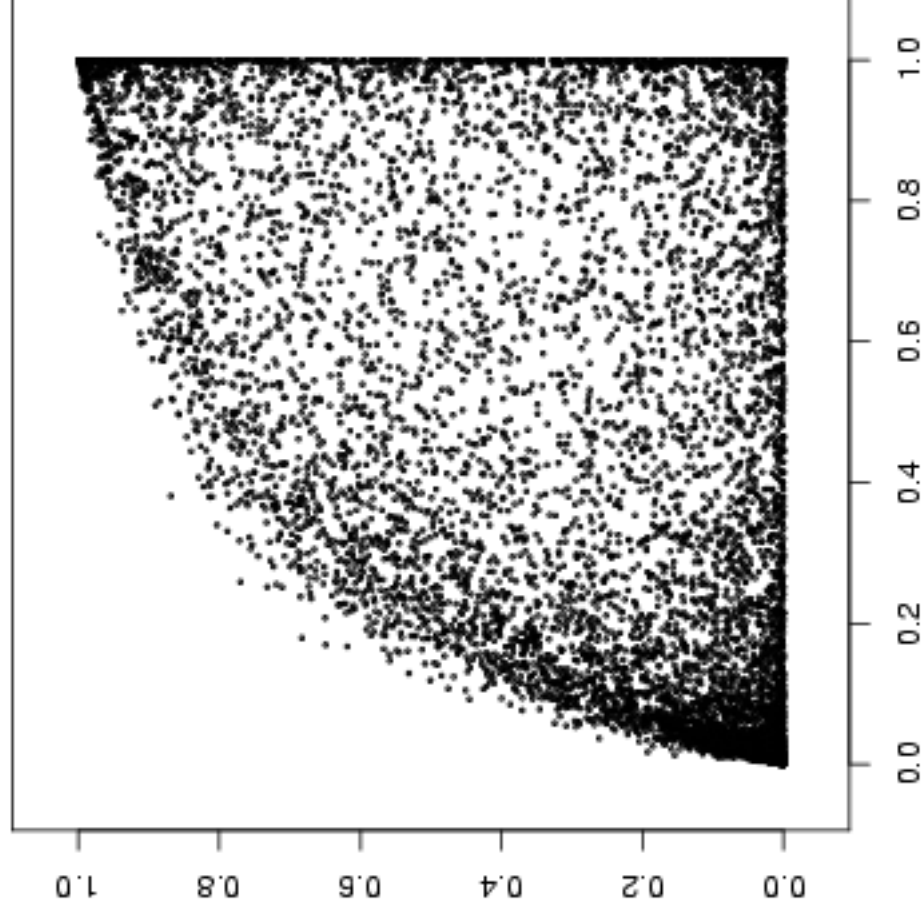
- (1) Définir la priore  $[\theta]$  Réseau bayésien initial
- (2) Construire la vraisemblance  $[Y|\theta]$  Y accrocher les données
- (3) Obtenir la loi jointe  $[Y|\theta] [\theta]$  Un simple produit
- (4) Calculer la postérieure  $[\theta|Y]$  De manière numérique

# marginales

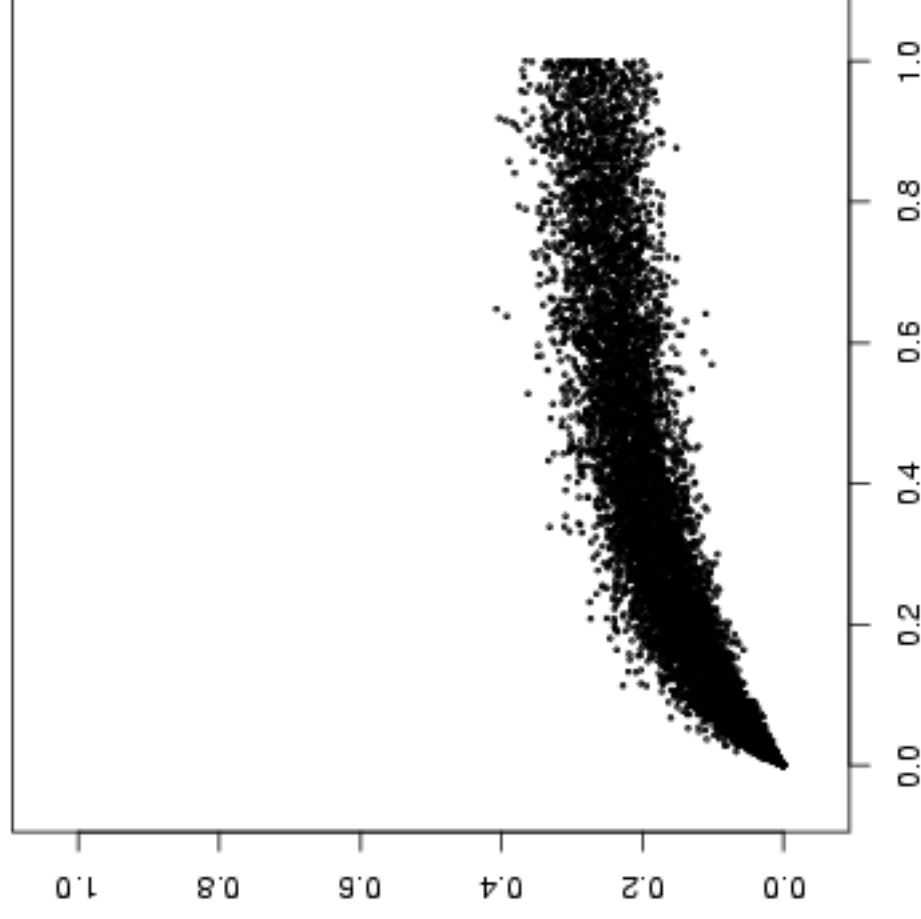


# Loi Conjointe

prlore : ( p\_ey ; p\_it )



posterlore : ( p\_ey ; p\_it )



# En guise de conclusion

- Approche globale lourde mais payante,
- Dans le détail tout est compliqué,
- Réseaux bayésiens (outil de dialogue, efficacité dans la modélisation)
- Statistique bayésienne (se concentrer sur le phénomène (pas sur les données), logique d'apprentissage)
- Des problèmes nouveaux sur le bord de la route :
  - données ménages,
  - étude de sensibilité,
  - meilleure prise en compte de l'hétérogénéité des phénomènes

# Offre de post-doctorat

- Durée : 24 mois
- Projet financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) : « nouvelle approche et de nouveaux outils pour étudier l'émergence d'une bactérie pathogène dans les filières alimentaires – Le cas de *Bacillus cereus* dans les produits non stériles traités thermiquement »
- Mots clés : appréciation de risque, modélisation, statistiques, statistique bayésienne, simulation de Monte Carlo, *Bacillus Cereus*, analyses multivariées