

L'appréciation quantitative  
des risques microbiologiques liés à l'alimentation  
Un outil innovant pour la gestion de la sécurité des  
aliments dans les entreprises

Pr Georges Daube

ULg - Faculté de Médecine vétérinaire

Département des Sciences des Denrées alimentaires

# Plan

- ❧ L'Appréciation quantitative des Risques microbiologiques (AQRM)
- ❧ Contextes d'applications
  - ❧ Choix des politiques de Santé publique
  - ❧ Objectivation de la maîtrise dans les entreprises
- ❧ Données nécessaires et outils de modélisation
- ❧ Applications
- ❧ L'offre du Département des Sciences des Denrées alimentaires

# L'appréciation quantitative des risques microbiologiques liés à l'alimentation

- ❧ Besoin de prendre des décisions basées sur des données objectives avec une évaluation de type «coût/bénéfice»
  - ❧ Sécurité des aliments
  - ❧ Qualité des produits



# L'appréciation quantitative des risques microbiologiques liés à l'alimentation

Analyse de Risque



## Appréciation des Risques

Evaluation scientifique de la probabilité d'occurrence et de la gravité d'effets néfastes pour la santé résultant de l'exposition à des dangers présents dans les aliments

1. Identification du danger

2. Evaluation de l'exposition

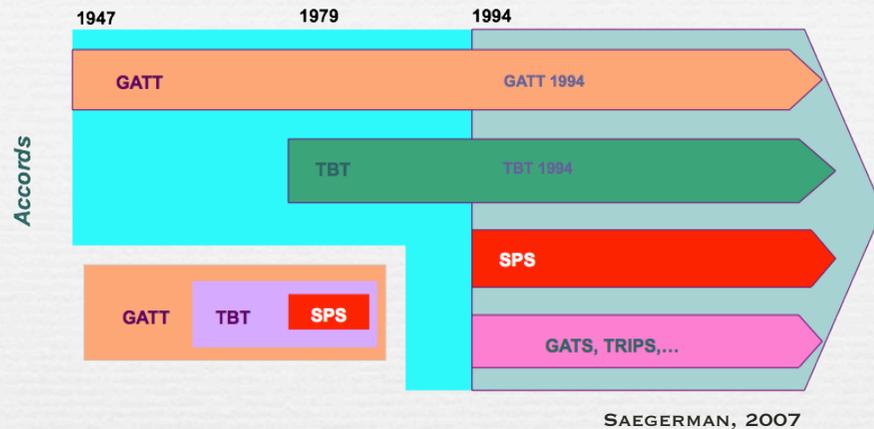
3. Caractérisation du danger

4. Caractérisation du risque

FAO/WHO Food Standards

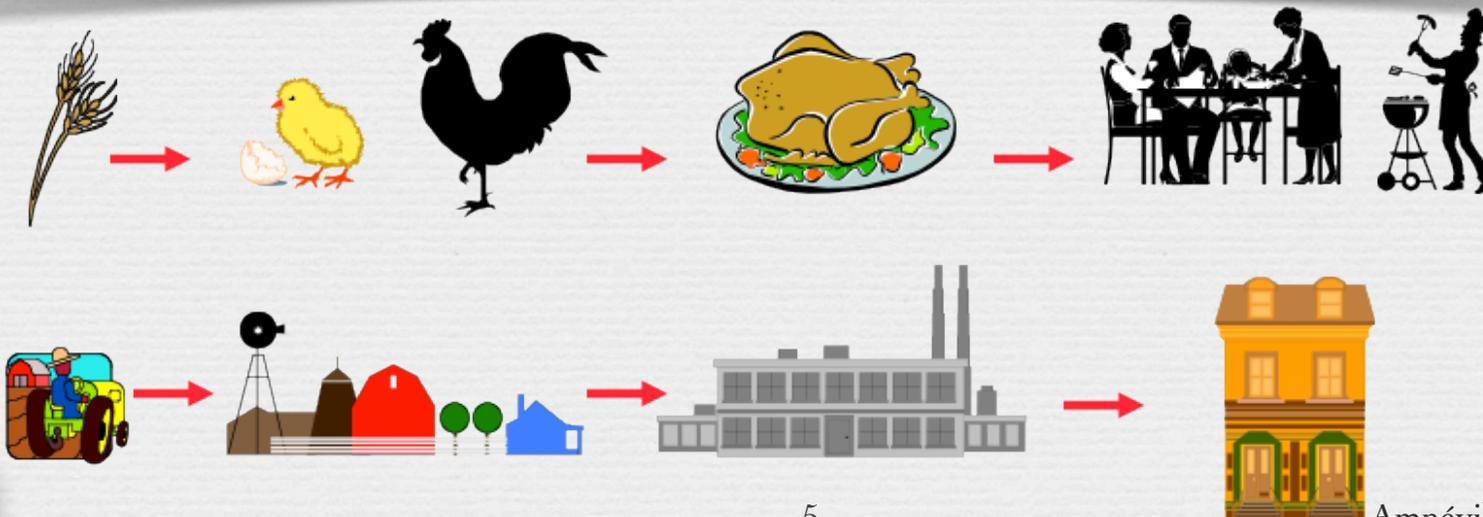
**CODEX** alimentarius

# AQRM et Politiques de Santé publique



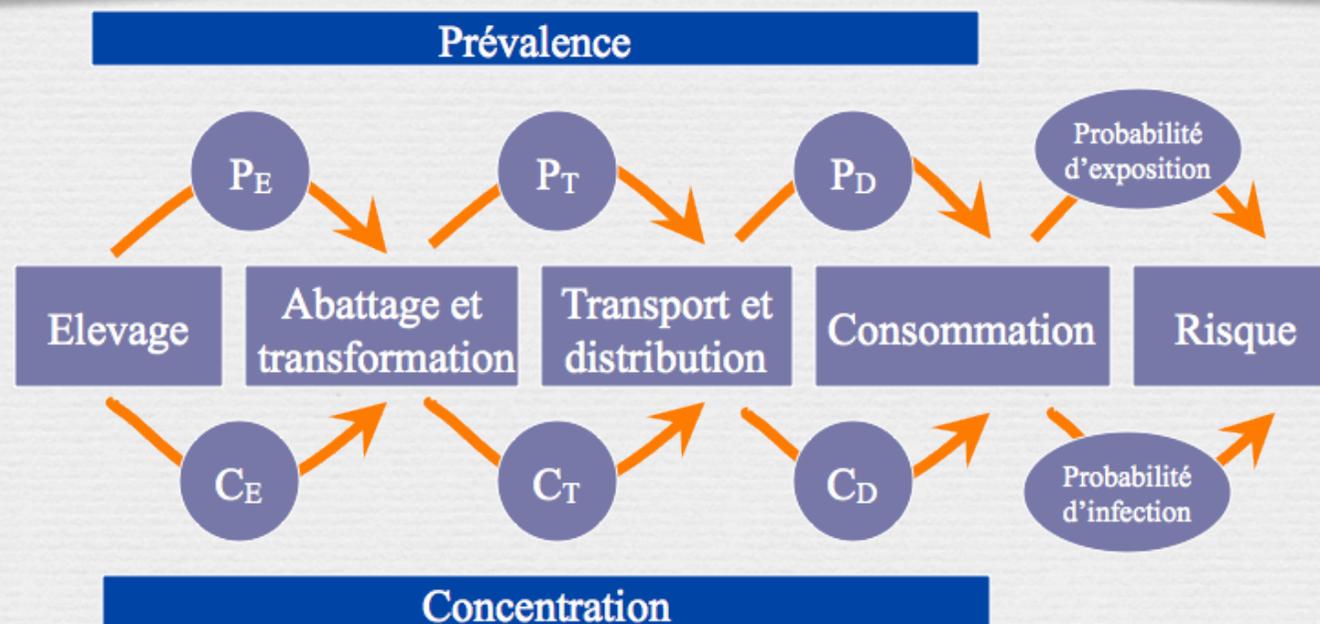
- Barrières aux échanges internationaux doivent être basées sur des AQR (accord SPS du GATT (OMC))

- Le choix des options de gestion dans la chaîne alimentaire doit être basées sur une AQR (EFSA-AFSCA)



# AQRM et Gestion dans les entreprises

- ❧ Responsabilité des entreprises de mettre sur le marché des produits garantissant la sécurité des consommateurs à travers des plans de maîtrise HACCP objectifs (Règlement (CE) N°178/2002)
- ❧ Les opérateurs doivent garantir la qualité et la conformité des produits mis sur le marché pendant toute leur durée de conservation (cahiers de charge de la grande distribution BRC, IFS)

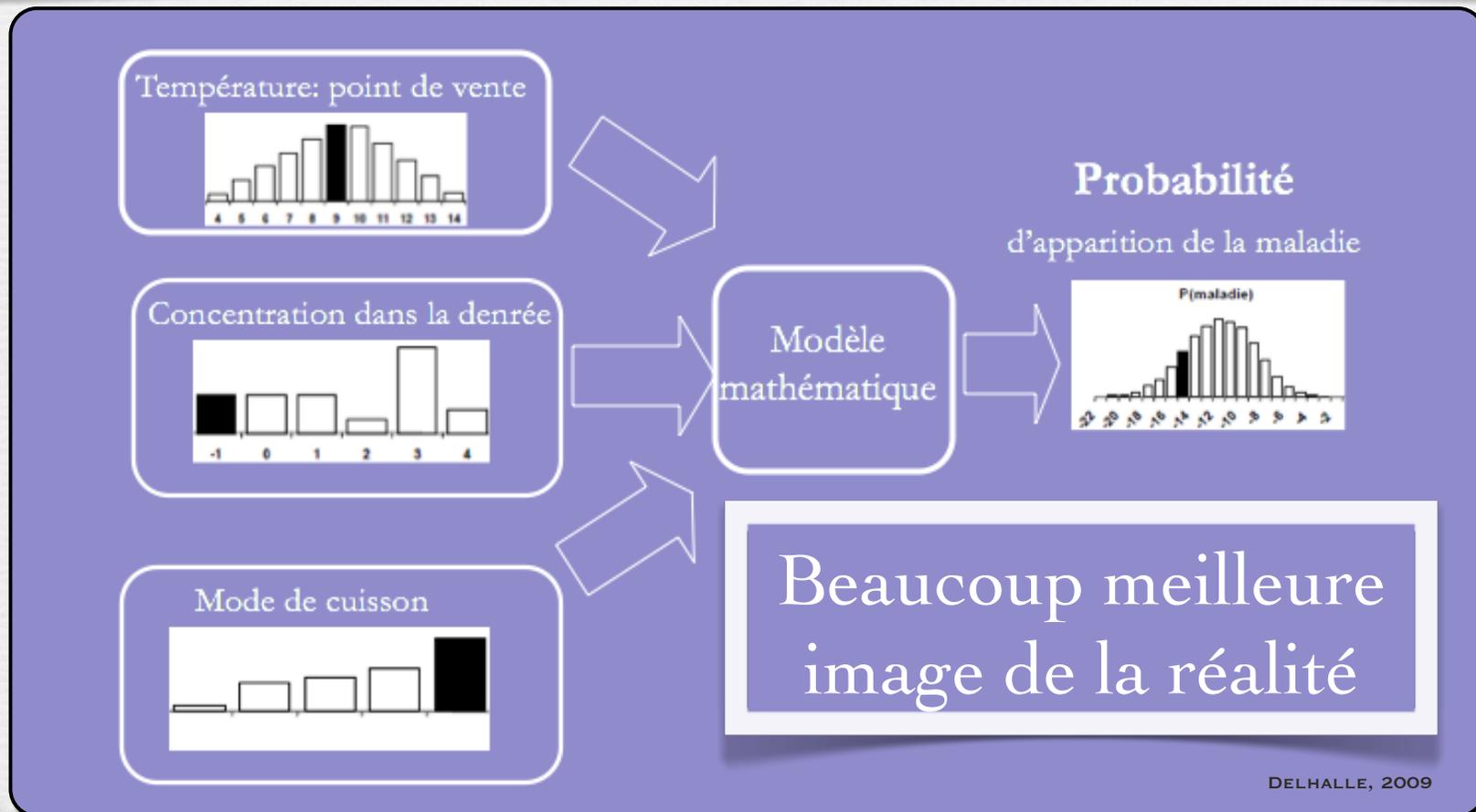


# Données nécessaires pour une AQRM

- ❧ **Propriétés du danger** considéré, par exemple, résistances thermiques, températures, Aw et pH cardinaux de croissance et de survie (PCR en temps réel, cytométrie de flux, tests de croissance, de survie)
- ❧ **Nature, taux et niveaux des contaminations** à toutes les étapes-clé du process jusqu'au consommateur (culture, PCR en temps réel, métagénomique)
- ❧ Données précises sur les **paramètres du process** et les **caractéristiques** des matières premières, des produits intermédiaires et des **produits** finis (NIR, sondes, senseurs, HPLC, GC-MS), y compris les **pratiques du consommateur** (enquêtes de consommation)
- ❧ **Conséquences de la présence du danger** dans les produits en termes de sécurité pour le consommateur (relation dose-réponse par enquêtes cas-témoins) et/ou de qualité du produit (GC-MS, LC-MS, jury sensoriel)
- ❧ **Données économiques** sur les alternatives de gestion (études coûts/bénéfices)

# Types d'AQRM

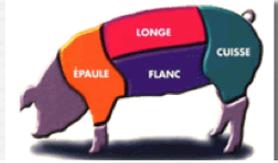
- AQRM déterministes (valeurs moyennes, médianes, «worst case»)
- AQRM probabilistes et simulations de Monte-Carlo (besoin de distributions de probabilité pour toutes les variables)



# Quelques exemples d'AQRM

- ❧ *Salmonella* et filière «viande porcine» belge
- ❧ *E. coli* O157 et restauration rapide
- ❧ Conservation des produits réfrigérés

# *Salmonella* et la filière «viande porcine»

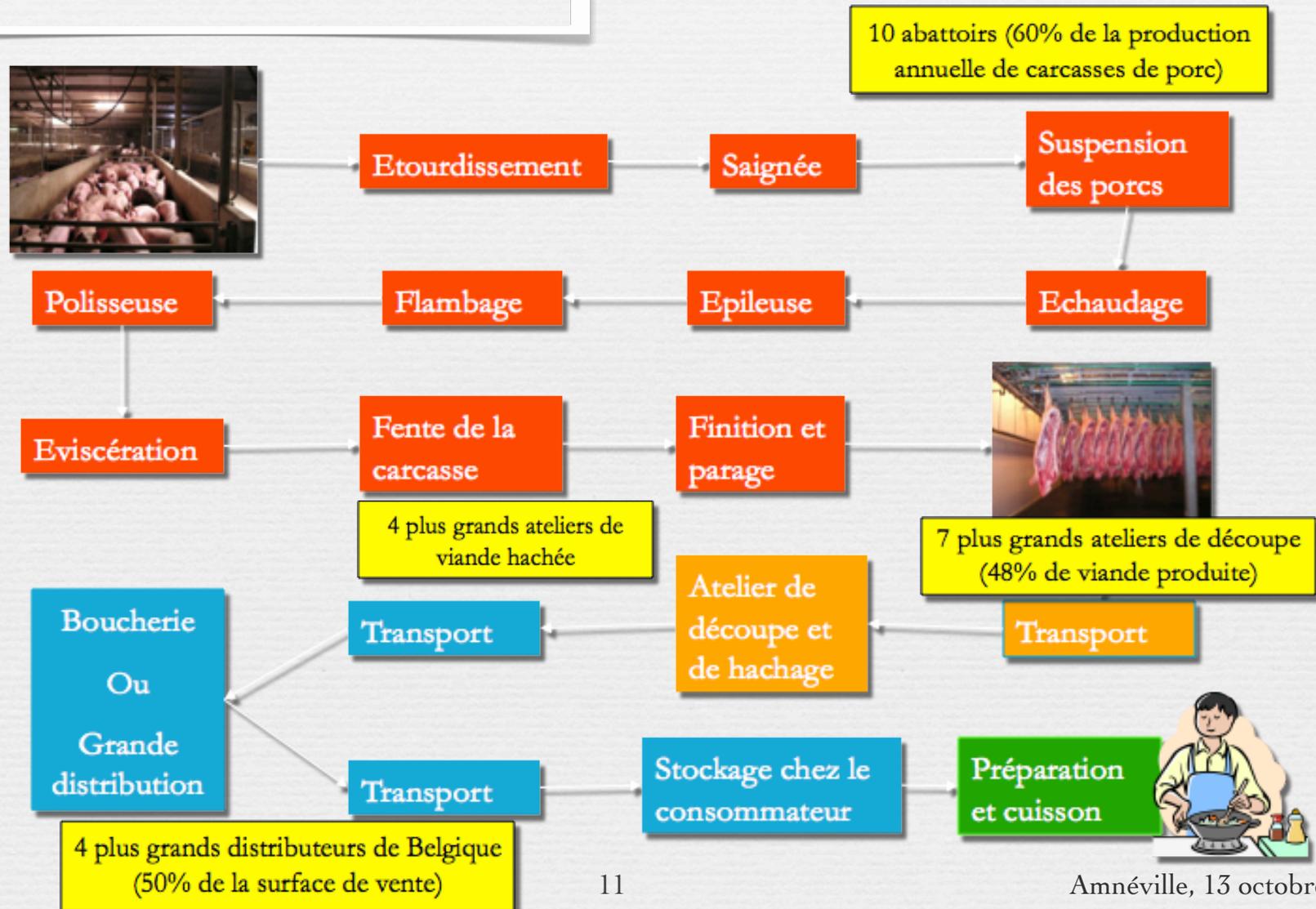


- Projet METZOOON (<http://www.metzoon.net/>) financé par le SPF «santé publique, sécurité de la chaîne alimentaire et environnement ».
- Modéliser la contamination par *Salmonella* de la filière de production de viande porcine en Belgique de l'alimentation des porcs jusqu'à la consommation des préparations de viande de porc.
- Nombreuses données manquantes sur la contamination et le process d'où impossible de comparer les différentes alternatives scientifiques ou technologiques au sein d'une étape de la filière.



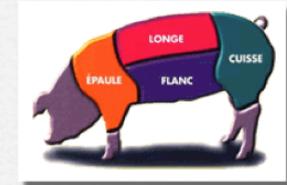
# Salmonella et la filière «viande porcine»

## ❧ Evaluation de l'exposition



# *Salmonella* et la filière «viande porcine»

## ❧ Modèle probabiliste (Delhalle et al., JFP, 2009)

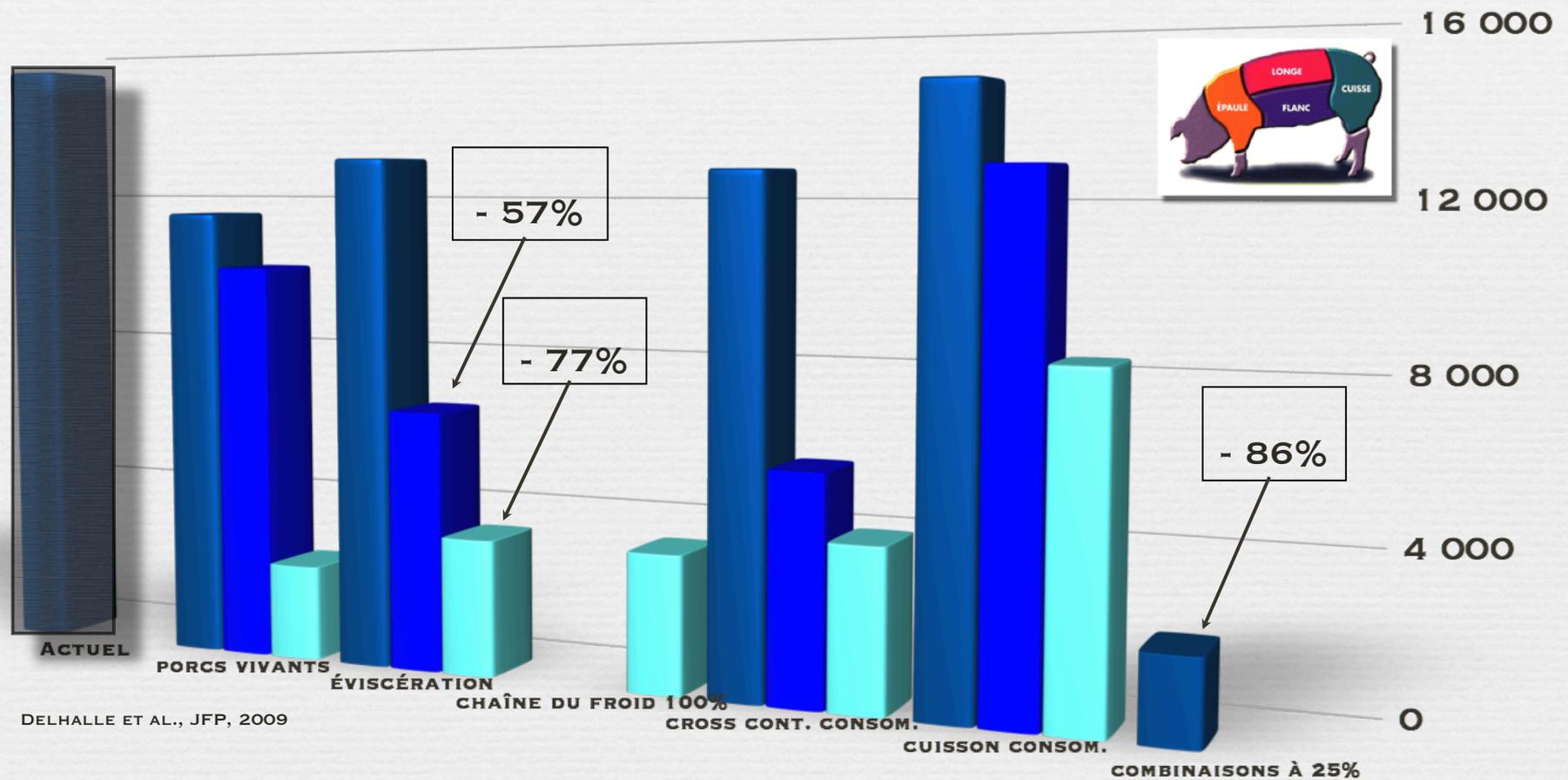


- ❧ Programmation en Excel avec le module @Risk
- ❧ Utilisation de données belges (distribution de probabilités ou données analytiques quantitatives (indicateurs) ou semi-quantitatives (*Salmonella*)) exprimant la variabilité mais pas l'incertitude (85 valeurs d'entrée)
- ❧ Approche modulaire (5 modules + le modèle dose-réponse de FAO/OMS)
- ❧ Simulations de Monte-Carlo (250.000 itérations par simulation)

# Salmonella et la filière «viande porcine»

• Analyse de scénarios  
(nombre de cas annuels de salmonelloses humaine attribués à la viande de porc)

■ 25 % RÉD   ■ 50 % RÉD   ■ 75 % RÉD



# *E. coli* O157 et restauration rapide

- Modéliser la contamination par *E. coli* O157 entérohémorragique des hamburgers de boeuf dans une chaîne de restauration rapide
- Collecter les données nécessaires sous forme de distributions de probabilités
- Développer le modèle informatique (Excel et @Risk)
- Connaître le risque réel si respect total des procédures internes
- Etudier les sources principales de risque afin de mieux les maîtriser

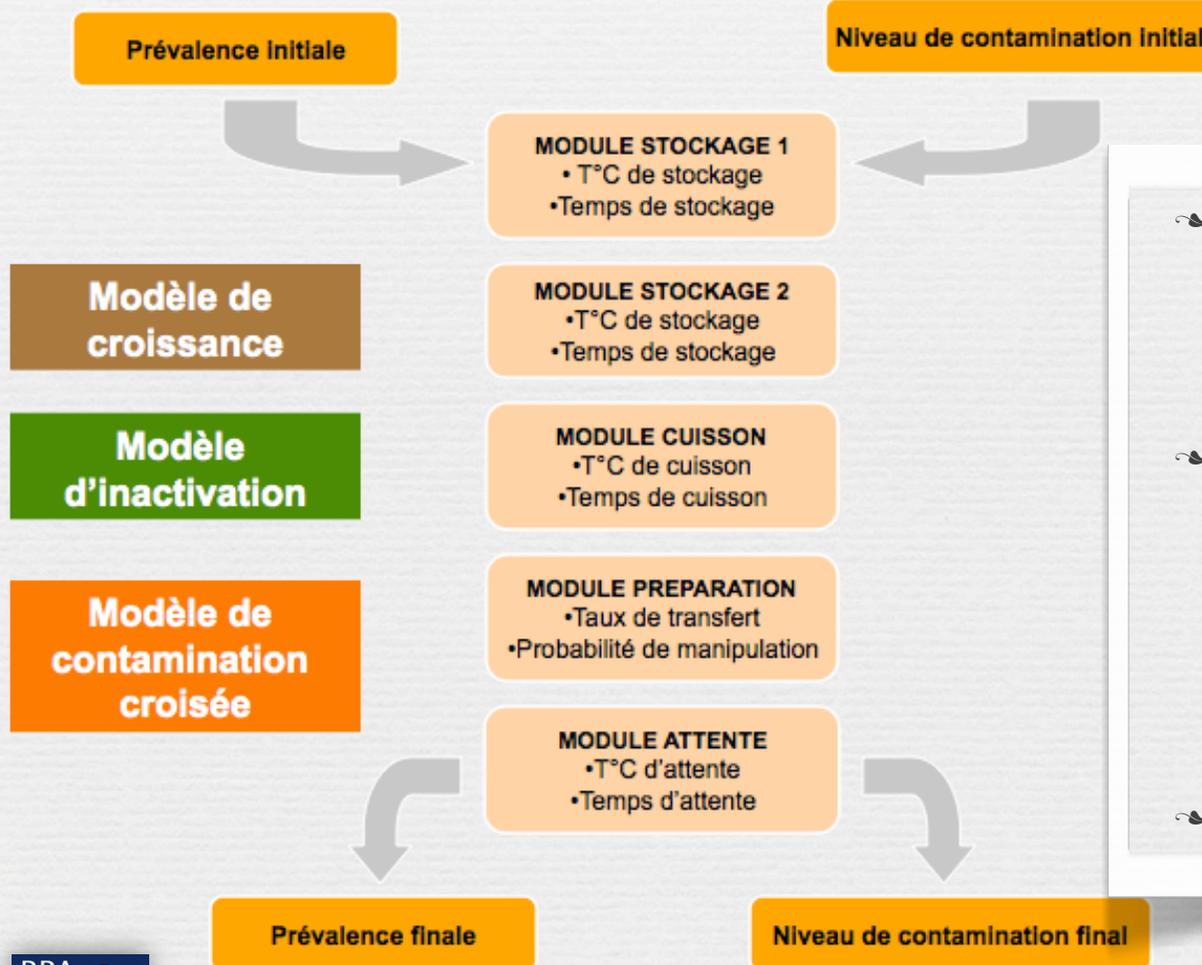


## Hamburger de boeuf grillé

- Patty 45 g
- Salade scarole
- Bun blanc

# *E. coli* O157 et restauration rapide

## Evaluation de l'exposition

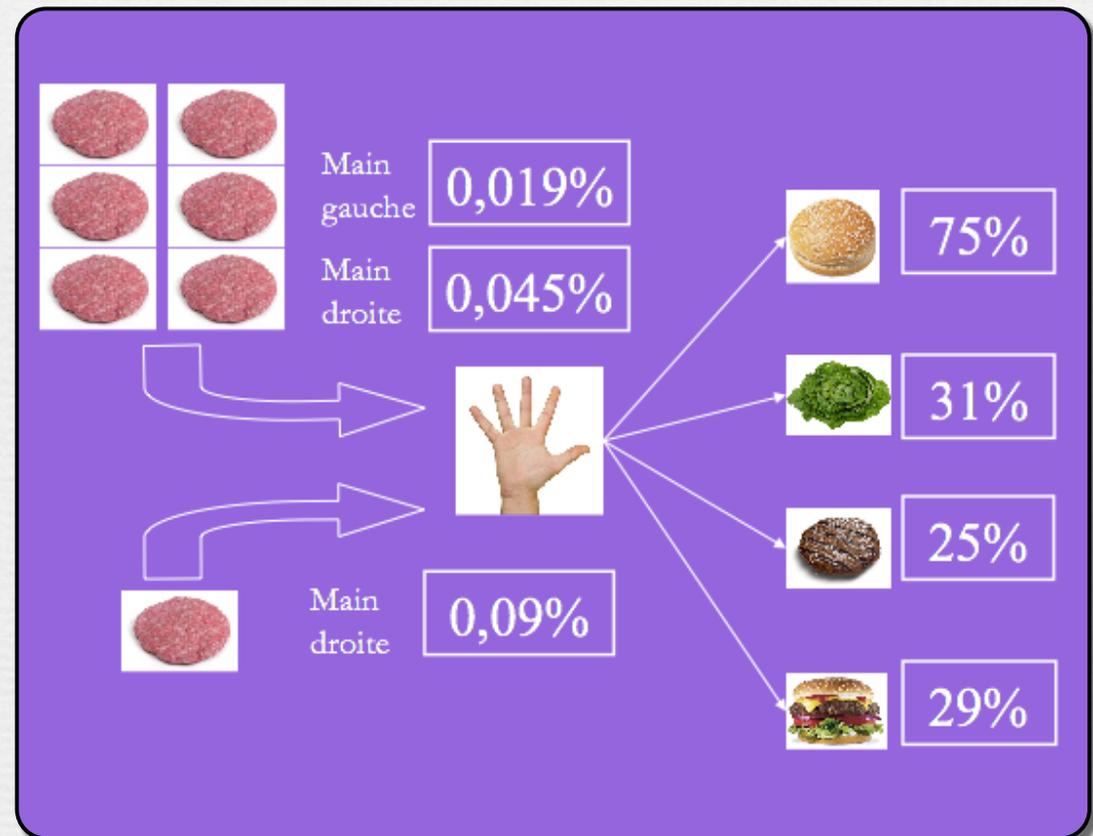


- Variables du process
  - procédures internes
  - auto-contrôle
  - enquêtes restaurant
- Variables microbiologiques
  - Analyses fournisseurs
  - Auto-contrôle produits finis
  - Analyses étapes-clés
  - Etudes expérimentales
  - Surveillances nationales
- Microbiologie prédictive

# *E. coli* O157 et restauration rapide

## Evaluation de l'exposition

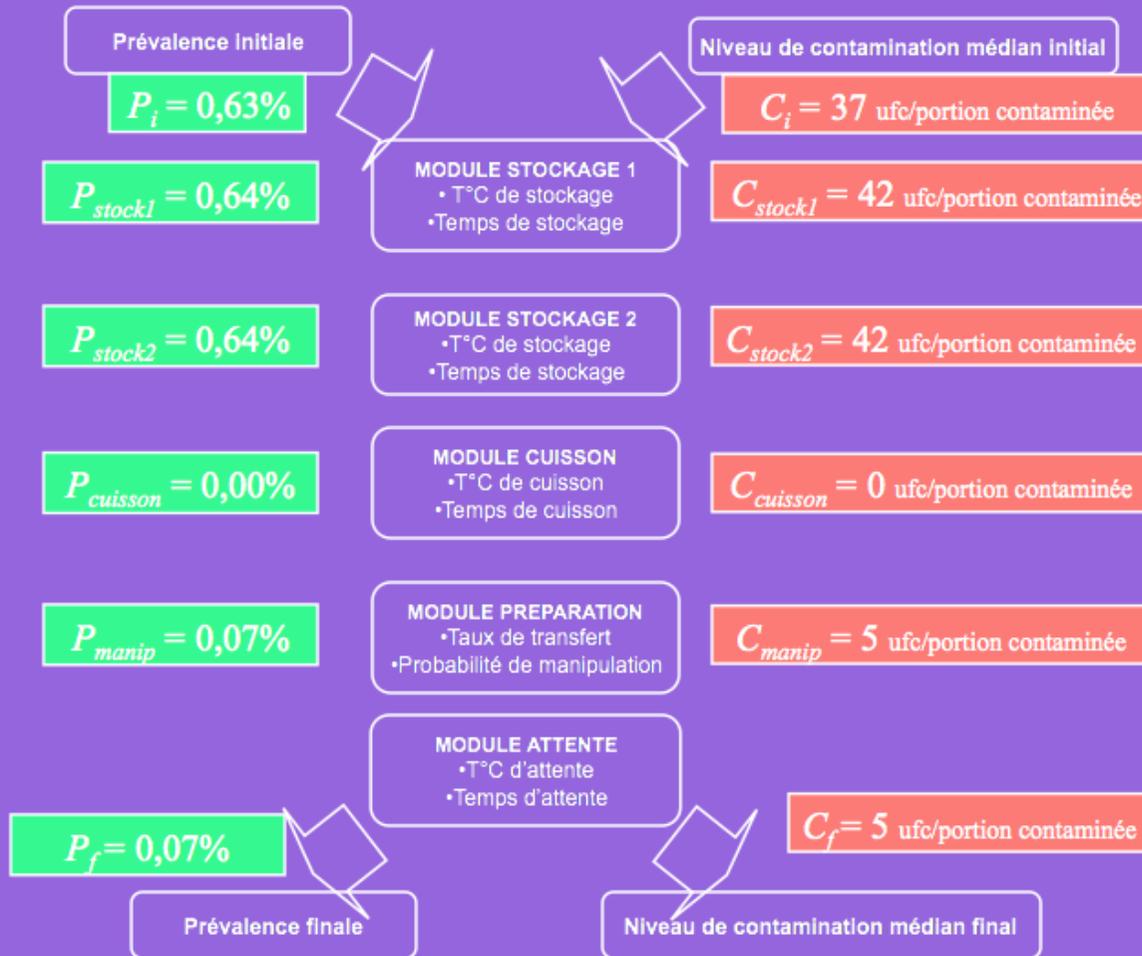
- Etude expérimentale pour évaluer les taux de contamination croisée par reproduction en unité-pilote des pratiques de l'entreprise:
- Préparation d'une suspension de spores de *Bacillus thuringiensis israelensis*
  - Inoculation de la viande hachée dans la masse
  - Reconstruction des patties
  - Préparation des hamburgers
  - Dénombrement des spores au laboratoire
  - Calcul des taux transfert



# *E. coli* O157 et restauration rapide

## Evaluation de l'exposition

*E. coli* O157:H7 dans hamburger



# *E. coli* O157 et restauration rapide

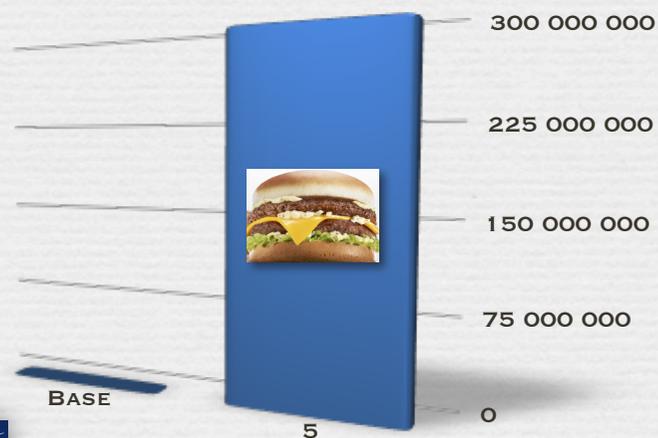
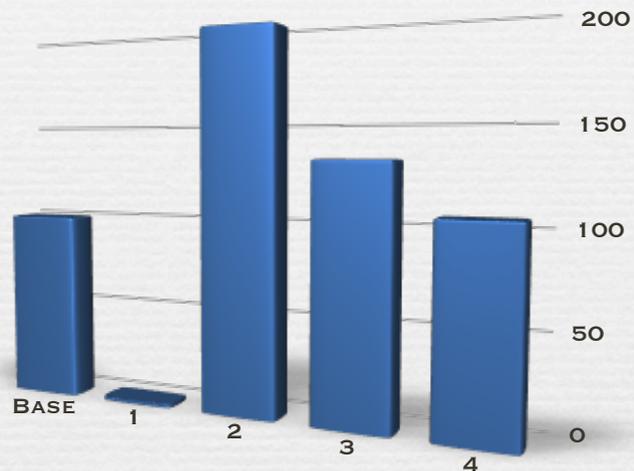
## Caractérisation du risque

- ❧ Risque estimé (nombre de malades estimé par an suite à la consommation d'hamburgers de boeuf):
  - ❧ Plus de 97,5 chances sur 100 de n'avoir aucun cas (risque de **2 cas par 10.000 milliards de hamburgers**) si toutes les procédures sont respectées à la lettre
- ❧ D'où intérêt à étudier les déviations par rapport aux procédures les plus à risque via des études de scénarios



# *E. coli* O157 et restauration rapide

## Analyse de scénarios



Nombre relatif de malades calculé sur le percentile 97,5 du risque estimé (base=100% correspond au respect strict des procédures de l'entreprise)

• Scénario 1: pas de contamination croisée via les mains

• Scénario 2: panne du grill (60°C pendant 1 mois dans 2 restaurants)

• Scénario 3: panne du frigo des «patties» (T° de stockage de 13°C pendant 1 mois dans un restaurant)

• Scénario 4: Un opérateur porteur/excréteur avec mauvaise hygiène (10.000 ufc/g de selles, 10 mg de selles par main et manipulation de 0,0016 % des hamburgers d'un restaurant)

• Scénario 5: 0,63% des patties contaminés systématiquement à raison de 1,5 ufc/g

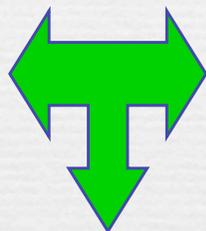
# Conservation des produits réfrigérés

The logo for consalim, featuring the word "consalim" in white lowercase letters on a blue rectangular background. A series of white dots follows the bottom curve of the text.The logo for wagRALIM, featuring the word "wagRALIM" in white lowercase letters on a green rectangular background. To the right, the text "PÔLE DE COMPÉTITIVITÉ DE L'AGRO-INDUSTRIE WALLONNE" is written in orange and white.

- ❧ Projets CONSALIM, POLYGAL
  - ❧ Qualité des produits périssables (Tests de vieillissement)
  - ❧ Sécurité des produits périssables (Tests de croissance: *Listeria monocytogenes*, *E. coli* O157, *Salmonella*)
- ❧ Etudes de procédés de conservation et de préservation
  - ❧ Effets d'additifs conservateurs naturels
  - ❧ Optimisation des atmosphères de conditionnement

# Conservation des produits réfrigérés

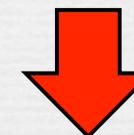
Matrices cuites  
Boudin blanc



Matrices crues  
Viande hachée de porc



Culture



Métagénomique

Expérience	Matrice	conditionnement
Tests de vieillissement	VH	Film étirable
		MAP
	Boudin	Film étirable
		MAP

J0 et J3 / 4°C, 4-8°C, 12°C

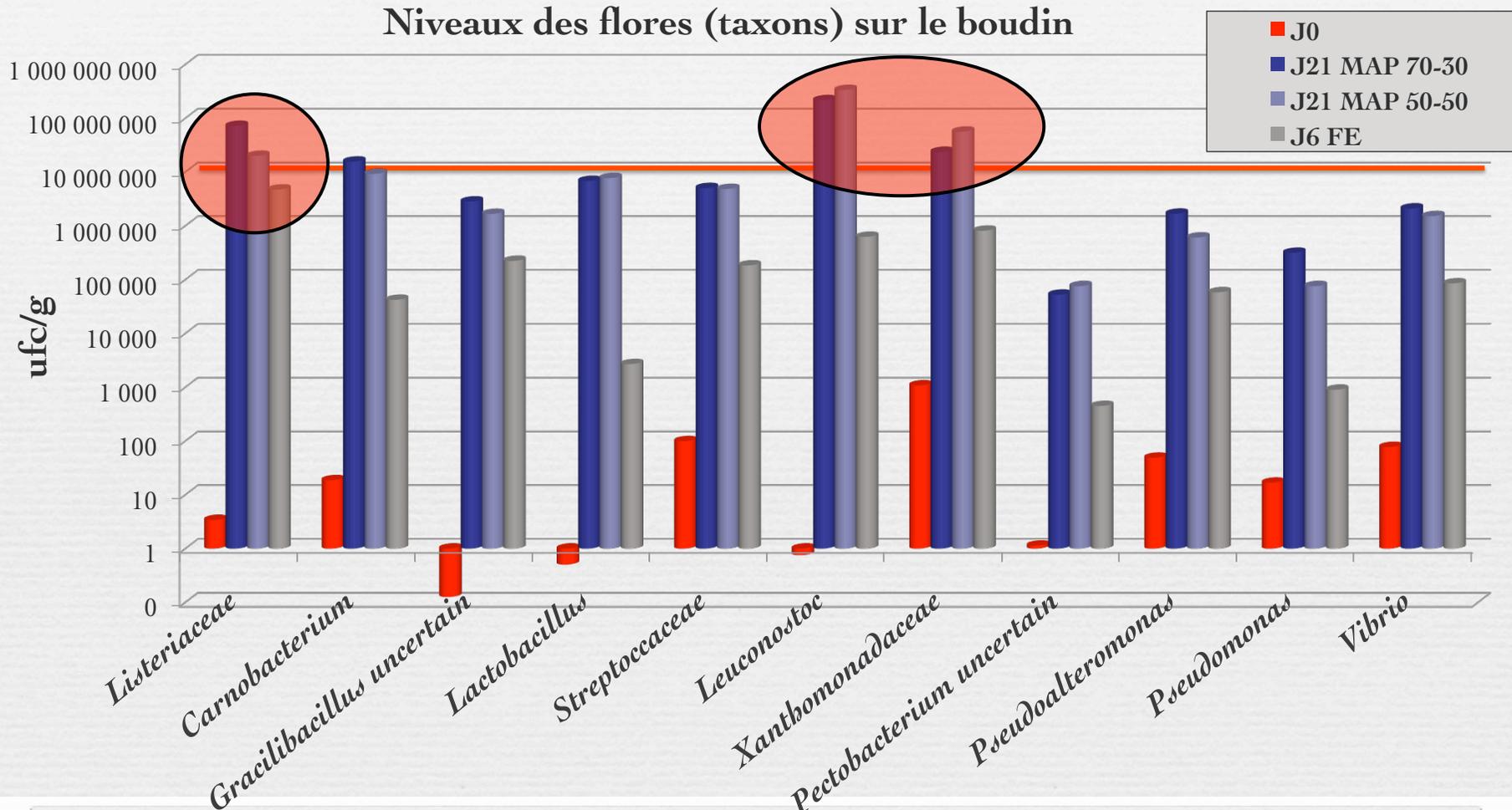
J0 et J6 / 4°C, 4-8°C, 12°C

J0 et J6 / 4-8°C

J0 et J21 / 4-8°C / 70-30, 50/50

# Conservation des produits réfrigérés

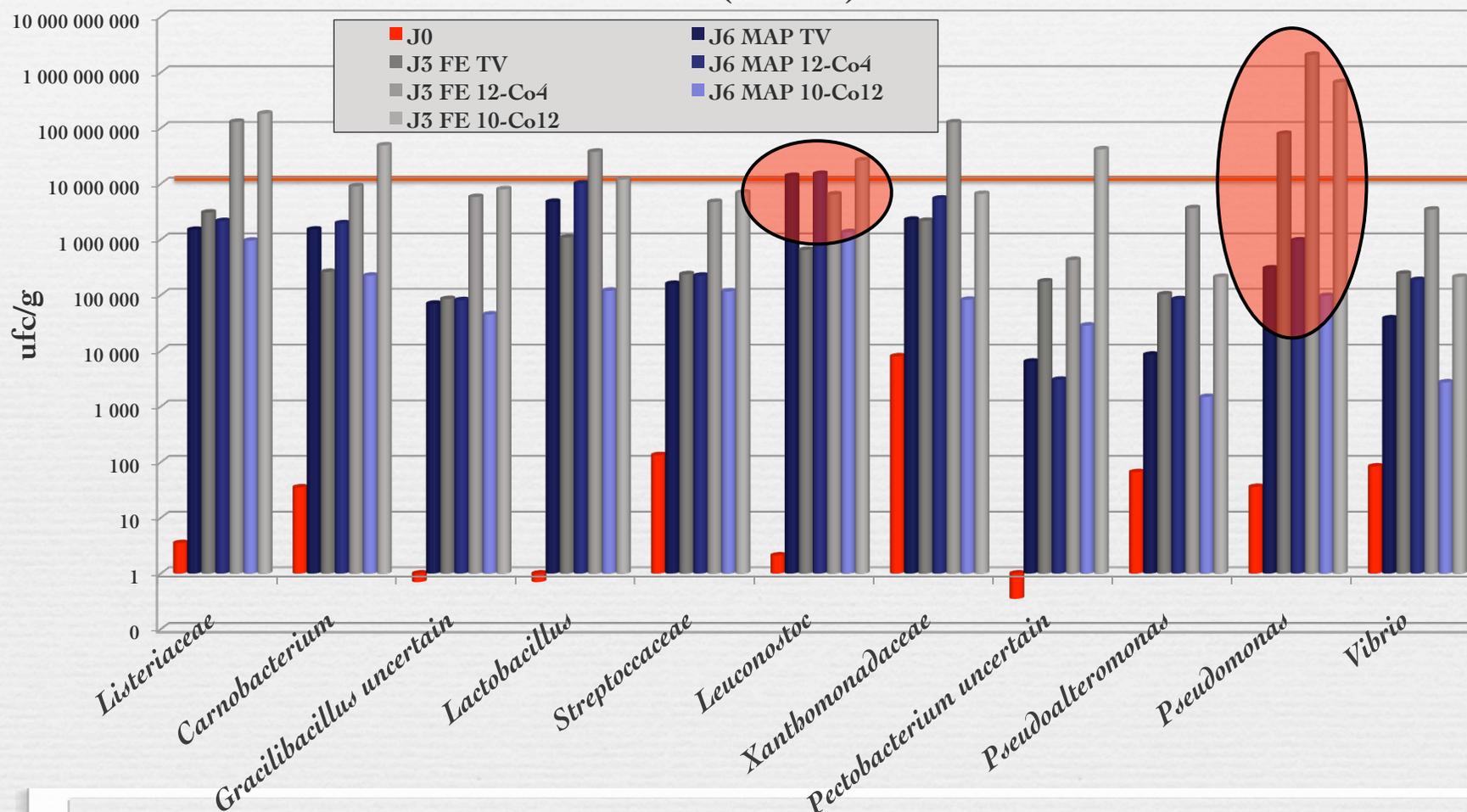
Niveaux des flores (taxons) sur le boudin



- Suivi de chaque genre bactérien au cours du temps et adaptation des recettes et des modes de conservation pour prévenir la multiplication des bactéries pathogènes et altérantes

# Conservation des produits réfrigérés

## Niveaux des flores (taxons) dans la viande hachée



• Suivi de chaque genre bactérien au cours du temps et adaptation de l'hygiène et des modes de conservation pour prévenir la multiplication des bactéries pathogènes et altérantes

# Conservation des produits réfrigérés

❧ Réalisation de tests de croissance afin de développer des modèles de microbiologie prévisionnelle



AGENCE FRANÇAISE  
DE SÉCURITÉ SANITAIRE  
DES ALIMENTS



EU COMMUNITY REFERENCE LABORATORY FOR  
*LISTERIA MONOCYTOGENES*

**WORKING DOCUMENT**

Version 2 – November 2008

**TECHNICAL GUIDANCE DOCUMENT**

**On shelf-life studies for *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods**

**Annie BEAUFORT, Marie CORNU, Hélène BERGIS, Anne-Laure LARDEUX, Unit Quantitative Microbiology and Risk Assessment, Bertrand LOMBARD, CRL Coordinator AFSSA-LERQAP, CRL for *Listeria monocytogenes*, Maisons-Alfort, France**

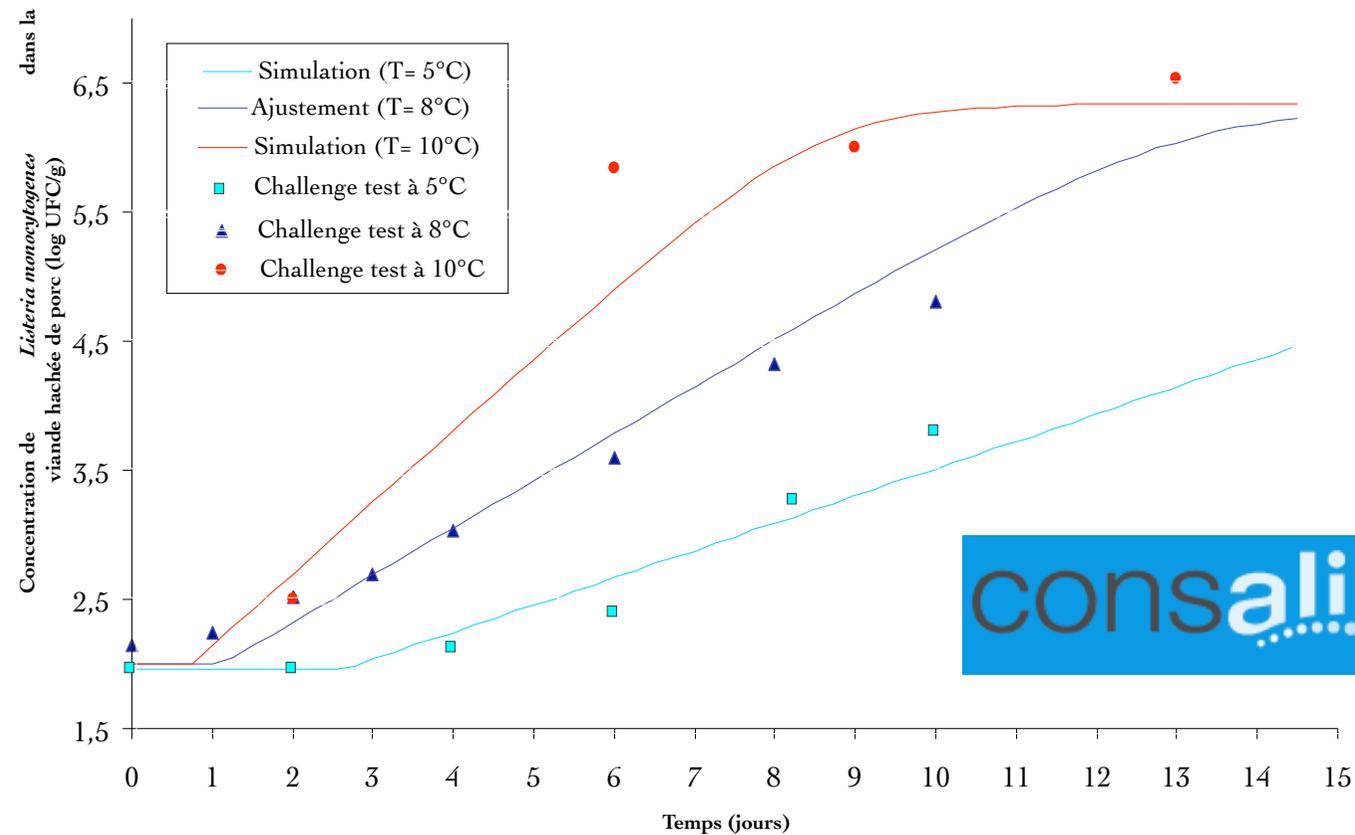
In collaboration with representatives of 6 National Reference Laboratories for *Listeria monocytogenes*.

Caroline DE BACKER, National Reference Laboratory for Food Microbiology, University of Liège, Belgium;

# Conservation des produits réfrigérés

## Viande hachée : *Listeria monocytogenes*

Validation par challenge test à 5°C



consalim

# Conservation des produits réfrigérés

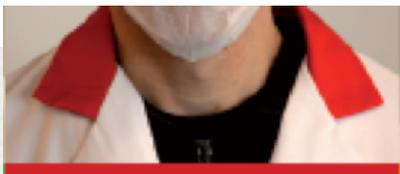
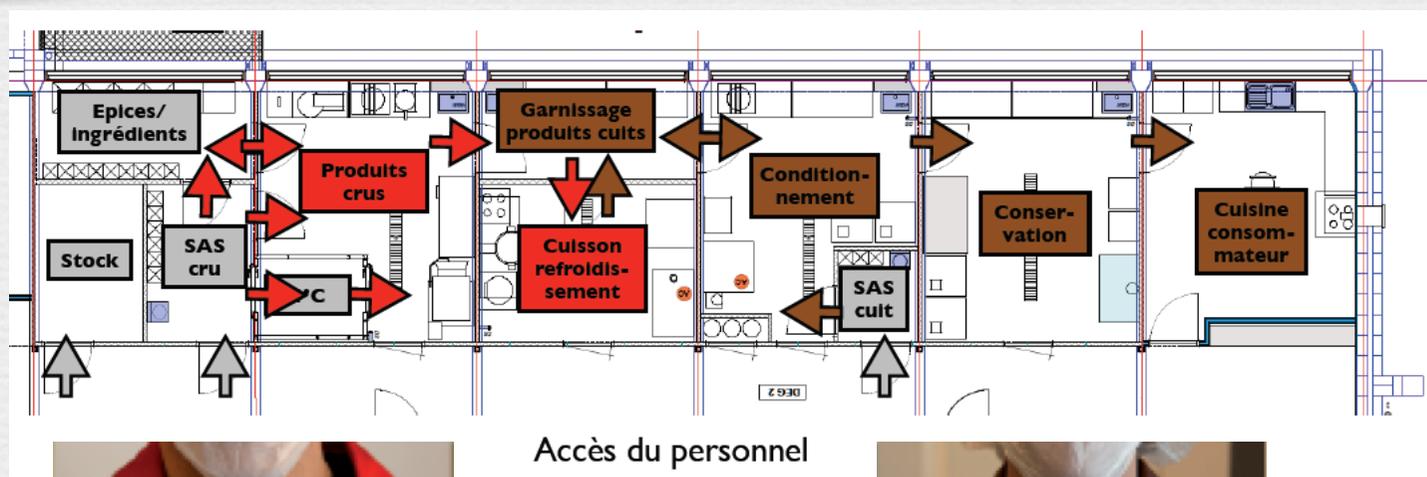
- ❧ Développement de modèles prévisionnels de croissance intégrant:
  - ❧ les paramètres :
    - ❧ du produit
    - ❧ du procédé
    - ❧ de l'ensemble de la flore microbienne présente
- ❧ Intégration de toutes les données pour réaliser une AQRM de toute la chaîne de production, de distribution et de consommation sur les paramètres :
  - ❧ Sécurité sanitaire des aliments
  - ❧ Qualité des produits



# L'offre du Département des Sciences des Denrées alimentaires de l'Université de Liège

## ❖ Une Unité-pilote expérimentale de transformation agro-alimentaire

- ❖ Statut BL2+ (germes pathogènes de classe 2 et 3)
- ❖ Flux contrôlé du personnel, des produits et des déchets
- ❖ Température régulée (à partir de  $-10^{\circ}\text{C}$ )
- ❖ Gradients de pressions relatives dans les locaux
- ❖ Totalement équipée pour les viandes, poissons, produits dérivés et plats préparés
- ❖ Des matières premières à la préparation finale par le consommateur



# L'offre du Département des Sciences des Denrées alimentaires de l'Université de Liège

❧ Des laboratoires de pointe pour caractériser les produits et les procédés



Microbiologie



Unité-pilote



Technologie



Composition



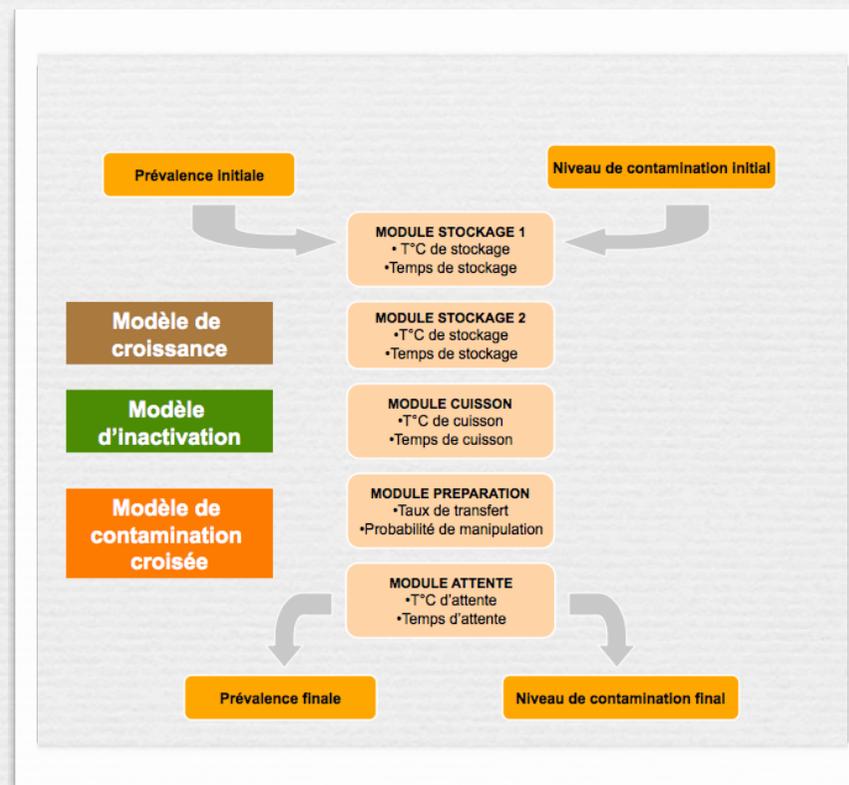
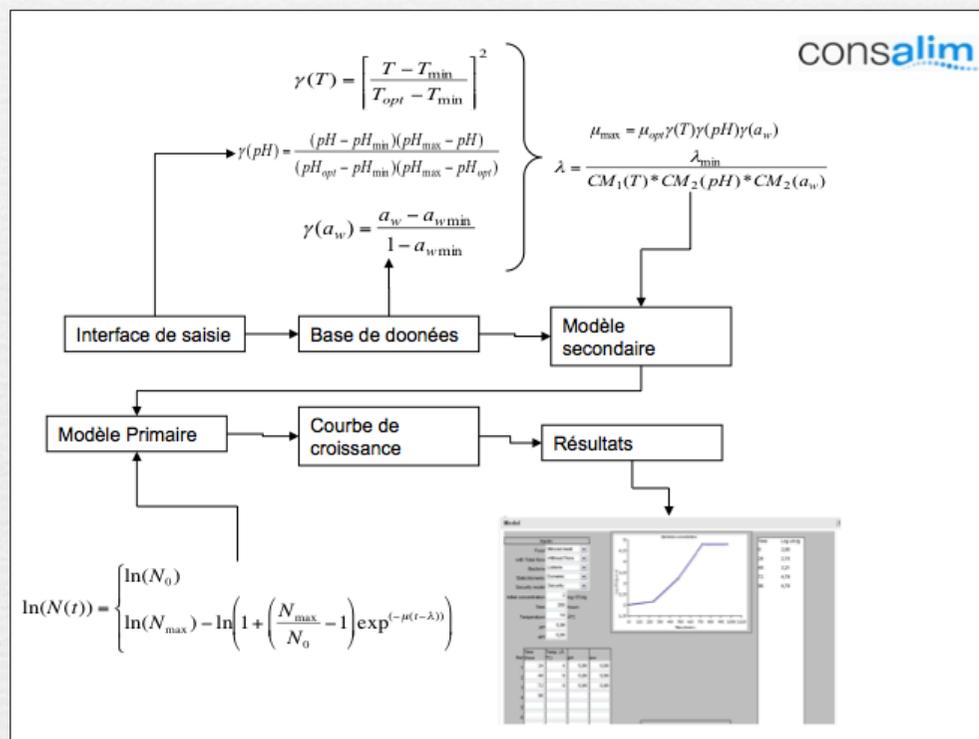
Génétique moléculaire



Chimie

# L'offre du Département des Sciences des Denrées alimentaires de l'Université de Liège

Des spécialistes pour la bioinformatique, la modélisation et l'AQR



# Conclusions

- ❧ AQRM = approche multidisciplinaire (formation vétérinaire adaptée à l'approche méthodologique)
- ❧ Besoin de données quantitatives avec incertitudes réduites (laboratoires, unités-pilote):
  - ❧ Ingrédients, produits intermédiaires, produits finis
  - ❧ Process de production, transformation, distribution
- ❧ Approches méthodologiques de modélisation à développer et valider au niveau international (EFSA)
- ❧ Besoin d'information et de formations adaptées des opérateurs et des contrôleurs à cette nouvelle approche