

Valeur informative d'indicateurs *ante* et *post mortem* pour la détection des dangers biologiques pour le consommateur de viande porcine

Julien FOSSE



UMR Sécurité des Aliments et Microbiologie (SECALIM 1014)

UMR Bio-agression, Epidémiologie et Analyse de Risques (BIOEPAR 1300)

INRA – Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes

Plan

► Introduction

- Zoonoses alimentaires et dangers biologiques
- Maîtrise des dangers biologiques pour le consommateur de viande dans la filière porcine

Objectifs

Etudes expérimentales

Discussion finale et perspectives

Conclusion

La maîtrise des maladies infectieuses d'origine alimentaire : un enjeu sanitaire et social majeur

- **Incidence annuelle des maladies infectieuses alimentaires dans les pays développés** : 10 à 30 % (Lammerding et Fazil, 2000 ; OMS, 2007)
- **Coûts des cas humains pour la collectivité** : 1050 à 395000 US \$ en fonction de l'agent pathogène (d'après Rocourt, 1996)
- **Zoonoses alimentaires** : maladies de l'homme induites par la consommation de **denrées alimentaires d'origine animale** contaminées par des **dangers biologiques dont l'animal était la source**
- **Dangers biologiques** : **agent biologique** [...] présent dans les denrées alimentaires [...] ou un état de ces denrées alimentaires [...] **pouvant avoir un effet néfaste sur la santé** (règlement CE 178/2002)

L'évaluation des risques, fondement de la législation alimentaire européenne

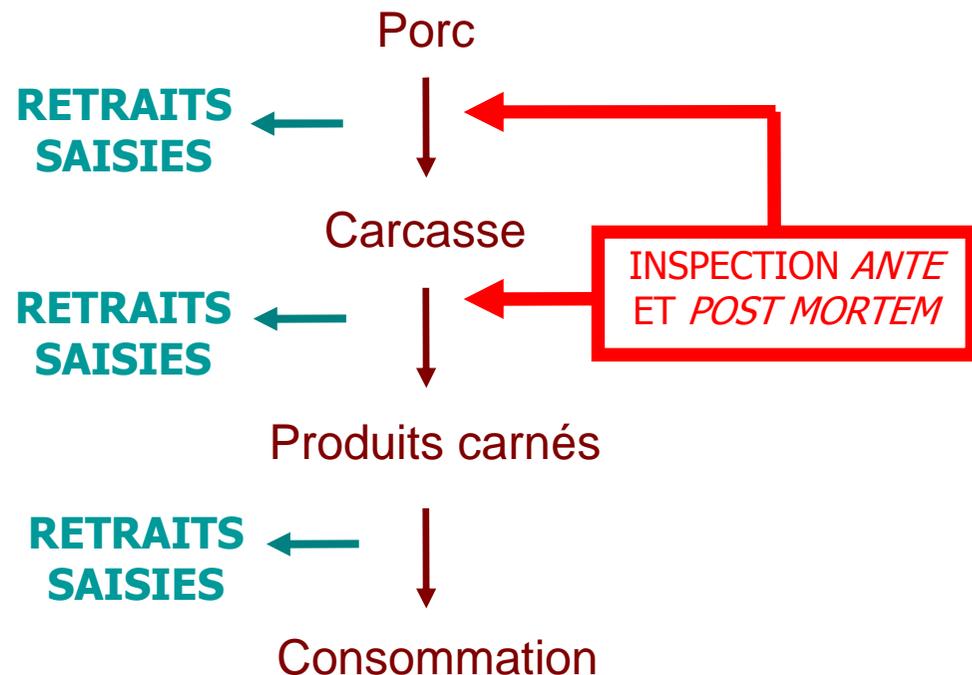
- **Loi alimentaire générale** (règl. CE 178/2002) et **Paquet Hygiène : l'évaluation des risques** doit être appliquée dans une **logique intégrative de filière** (« *de la fourche à la fourchette* »)
- Repose sur l'étape initiale **d'identification et de caractérisation des dangers** et définition du **risque**
 - ⇒ **Risque = probabilité et gravité de l'effet néfaste**
 - **Probabilité** : fréquence du danger dans la denrée ? ou fréquence d'exposition aux dangers ?
 - **Gravité** : comment l'objectiver ? la quantifier ?
- Implique de connaître le **statut de contamination** (localisation / prévalence / niveau de contamination) des **produits primaires porcins**

Les outils de maîtrise des dangers à l'abattoir

- **Possibilité de maîtrise de ces dangers dès les premières étapes des filières** : la production primaire (élevage) et l'abattage (Blaha, 1999 ; Collins et Wall, 2004 ; Singer *et al.*, 2007)

- **Cette maîtrise passe par l'utilisation d'indicateurs de présence des dangers biologiques** : analytiques, zootechniques et cliniques, lésionnels

- **L'inspection des viandes en abattoir, outil historique de maîtrise** : indicateurs *ante* et *post mortem* mis en évidence lors d'un **examen macroscopique visuel** des animaux et des carcasses



Les outils de maîtrise des dangers à l'abattoir

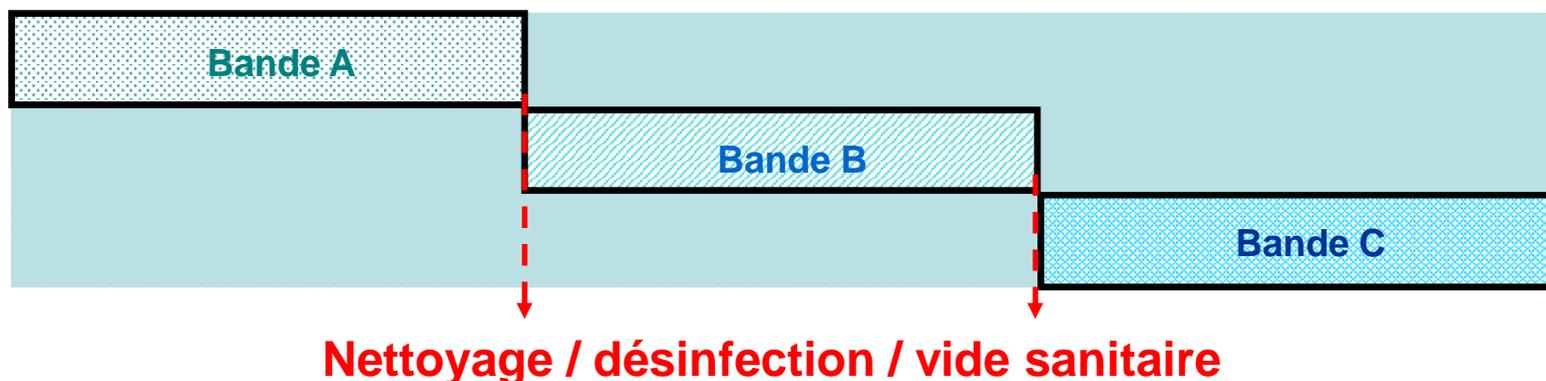
⇒ Un contexte d'évolution des méthodes d'inspection :

- Paquet Hygiène : **utilisation d'ICA** (Informations sur la Chaîne Alimentaire) → **mais quelles informations ?**
- Certaines opérations d'inspection des viandes ne sont pas réalisées dans les abattoirs porcins **à forte cadence** (> 600 pc/h) : **inspection visuelle de facto** (Bailly, 2004, *Th. Med. Vet.*, Nantes)
- Possibilité **d'allègement des modalités d'inspection** des viandes à l'abattoir pour **certaines productions** si mise en place **des ICA**
- Concerne notamment **les porcs élevés en lots et en claustration du sevrage à l'abattage**

La filière porcine française : une forte intégration et une rationalisation des modalités d'élevage

- **1^{ère} viande consommée** en France et en Europe
- **Forte intégration de la filière viande porcine** : groupements de producteurs
- **Forte standardisation et rationalisation des modalités d'élevage** : animaux élevés en bandes, avec un **objectif de production de porcs répondant aux standards des abatteurs** (homogénéité des caractéristiques zootechniques dont poids vif)

⇒ **CONDUITE UNE BANDE** : le plus souvent, une bande = une salle



Besoins de recherche

Dans ce contexte :

- 1) Quels sont les **dangers biologiques** pour le consommateur de viande porcine constituant les **principaux risques** ?
- 2) Quelle est la **valeur informative** de l'inspection des viandes quant à la **détection des dangers biologiques** constitutifs des **principaux risques** ?
- 3) Quels sont les **facteurs de variation** et les **indicateurs** (ICA) du statut de contamination des porcs **en élevage** ?
- 4) Quelle est la **corrélation** entre le **statut de contamination des animaux en élevage** et celui de leurs **carcasses à l'abattoir** ?

Plan

Introduction

▶ **Objectifs**

Etudes expérimentales

Discussion finale et perspectives

Conclusion

Objectifs (1)

- **Apporter des éléments de quantification des risques biologiques** pour le consommateur européen de viande porcine et de la **délectabilité des dangers** lors de **l'examen macroscopique** des carcasses à l'abattoir
- **Etudier la variabilité des statuts de contamination inter- et intra-élevages** à l'égard des dangers constitutifs des principaux risques (dangers retenus) et **recenser les indicateurs** de leur présence en élevage

Objectifs (2)

- **Quantifier les corrélations** entre **statuts de contamination des porcs en élevage** à l'égard des dangers retenus, **statuts de contamination de leurs carcasses à l'abattoir** et indicateurs *ante et post mortem*
- **Modéliser la transmission des dangers retenus** aux premières étapes de la filière porcine (de la production primaire à l'abattoir, sur carcasses chaudes)

Plan

Introduction

Objectifs

Etudes expérimentales

- ▶ **• Identification, caractérisation et hiérarchisation des dangers pour le consommateur de viande porcine et évaluation de la valeur informative des opérations d'examen macroscopique des carcasses**
- Caractérisation du statut de contamination des porcs en élevage et identification des facteurs de risque
- Caractérisation du statut de contamination des porcs et de leurs carcasses et évaluation de la valeur informative d'indicateurs *ante* et *post mortem*
- Modélisation de la transmission des dangers biologiques retenus de l'élevage à l'abattoir

Discussion finale et perspectives

Conclusion

Hiérarchisation des dangers et quantification de la valeur informative de examen macroscopique des carcasses

A - Matériel et méthode

Etude bibliographique : 440 références

Nécessité de construire une **TYPOLOGIE** des dangers :

Avéré / suspecté

Avéré : danger pour lequel le lien entre la consommation et une maladie de l'homme a été démontré par des études cas / témoins

Suspecté : danger pour lequel le lien entre la consommation et une maladie de l'homme n'est que suspecté

Historique / actuel

Autochtone / exotique

Hiérarchisation des dangers et quantification de la valeur informative de examen macroscopique des carcasses

A - Matériel et méthode

Analyse des données disponibles, choix et calcul **d'indicateurs épidémiologiques** :

- ◆ estimation de l'incidence des cas cliniques chez le consommateur européen
→ **Incidence (I)** en cas/100 000 hab/an
- ◆ estimation de la proportion de cas attribuables à la consommation de porc
→ à partir de la **part alimentaire (PA)** en %
→ calculs de $I_{\text{porc}} = I \times PA$
- ◆ estimation de la gravité de ces cas cliniques chez le consommateur à partir des **taux d'hospitalisation (TH) et de létalité (TL)** moyens (%)
→ note de **gravité $G = TH + k \cdot TL$**

👉 **proposition d'une note de risque**

$$R = I_{\text{porc}} \times G = I \times PA \times (TH + 10 \times TL)$$

Hiérarchisation des dangers et quantification de la valeur informative de examen macroscopique des carcasses

A - Matériel et méthode

Calcul des parts alimentaires (PA) attribuables à la consommation de viande porcine

→ à partir **des données relatives aux cas cliniques humains** en fonction du véhicule alimentaire :

$$PA = n_{\text{porc}} / n_{\text{total}}$$

avec n_{porc} et n_{total} : nombre de cas humains liés à la consommation de viande de porc et alimentaires, respectivement

→ le cas échéant, à partir **des données relatives aux foyers de TIA** en fonction du nombre moyen de cas par foyer (N):

$$PA = (f_{\text{porc}} / f_{\text{total}}) \times N$$

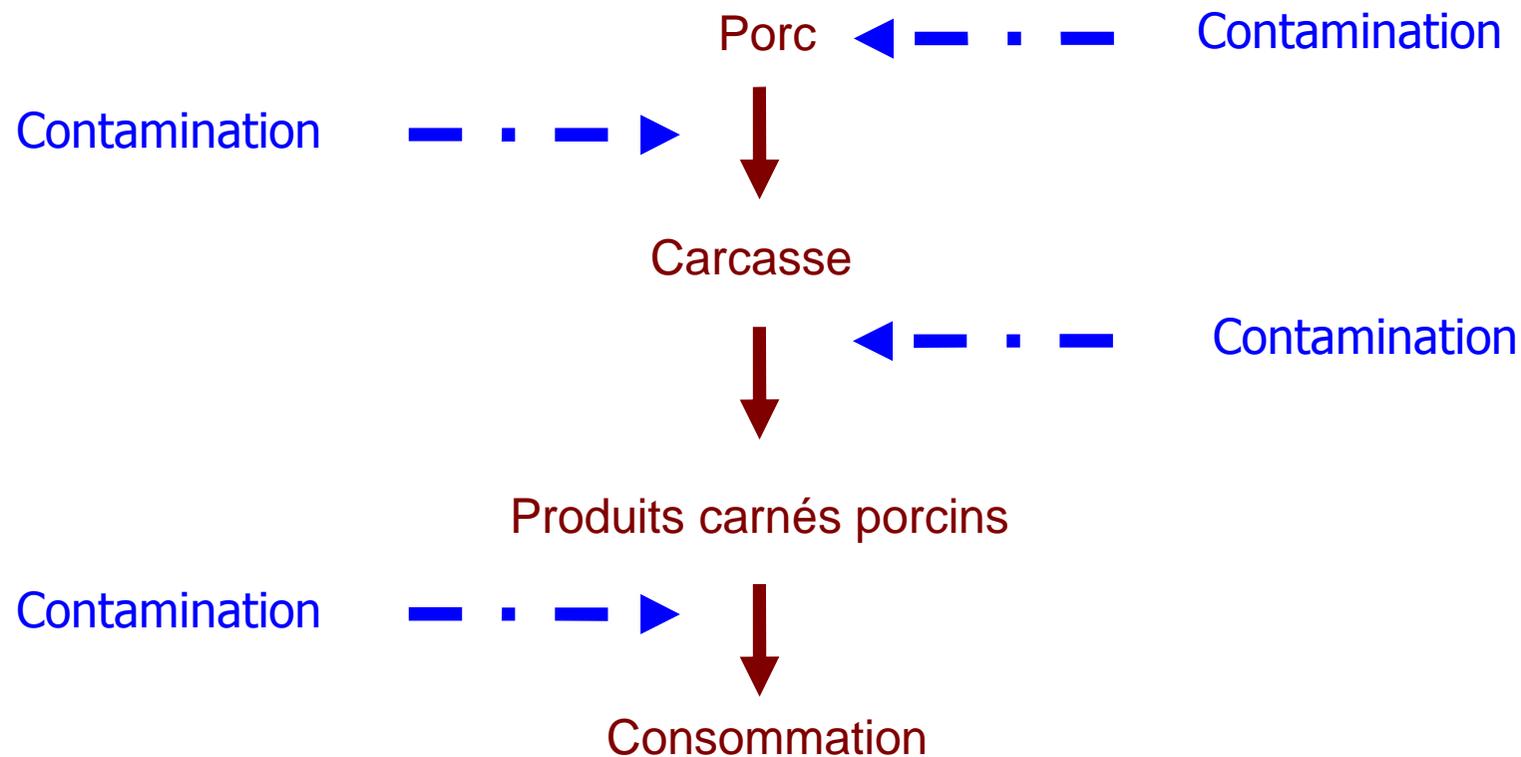
avec f_{porc} et f_{total} : nombre de foyers liés à la consommation de viande de porc et alimentaires, respectivement

→ pour les données manquantes, à partir **des données issues de l'élicitation d'avis d'experts** (Hoffmann et al., *Ressources for the Future*, 2006)

Hiérarchisation des dangers et quantification de la valeur informative de examen macroscopique des carcasses

A - Matériel et méthode

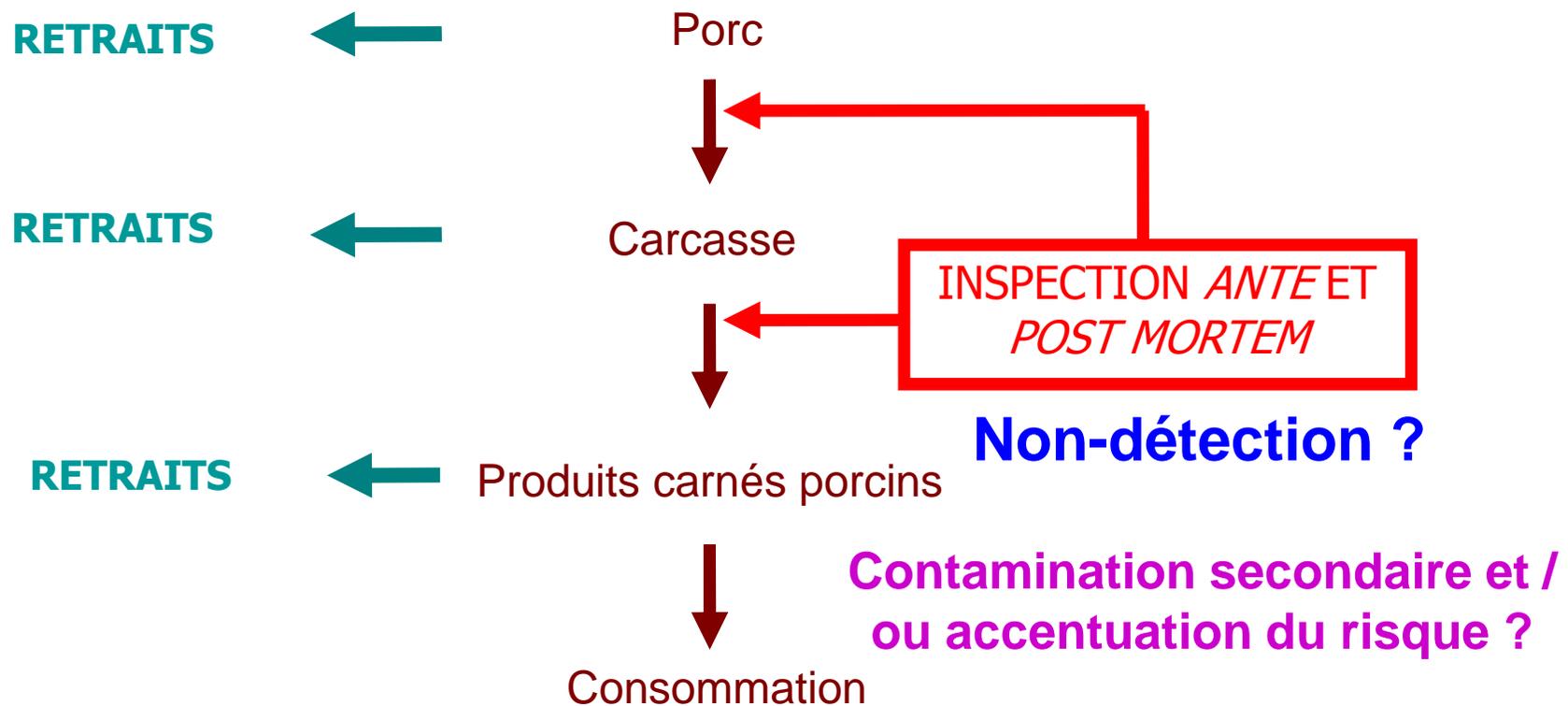
Quantification de la maîtrise des dangers à l'abattoir, grâce à un **examen macroscopique** des carcasses



Hiérarchisation des dangers et quantification de la valeur informative de examen macroscopique des carcasses

A - Matériel et méthode

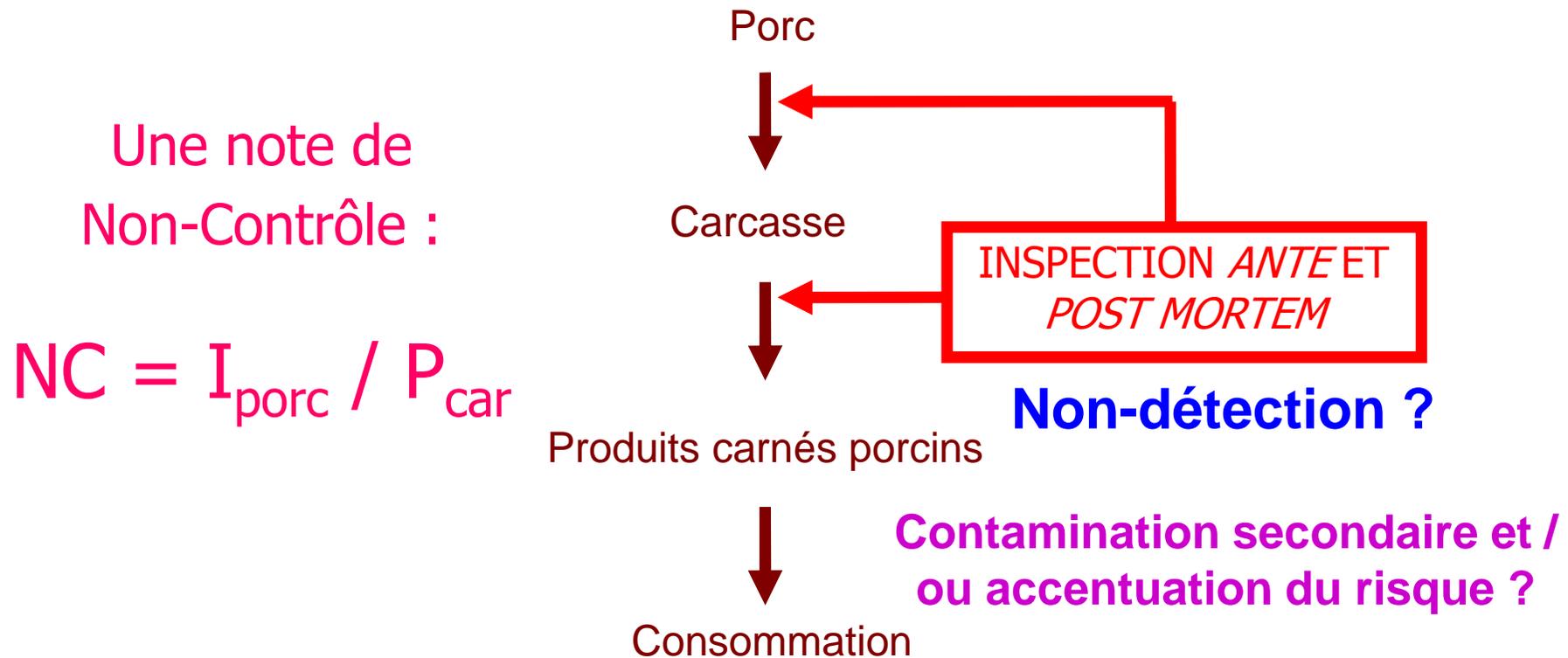
Quantification de la maîtrise des dangers à l'abattoir, grâce à un **examen macroscopique** des carcasses



Hiérarchisation des dangers et quantification de la valeur informative de examen macroscopique des carcasses

A - Matériel et méthode

Quantification de la maîtrise des dangers à l'abattoir, grâce à un **examen macroscopique** des carcasses



Hiérarchisation des dangers et quantification de la valeur informative de examen macroscopique des carcasses

B – Principaux résultats

Identification des dangers

Parmi 35 dangers biologiques identifiés :
12 avérés, autochtones et actuels

→ **3 dangers parasitaires :**

Sarcocystis suihominis, Toxoplasma gondii, Trichinella spiralis

→ **9 dangers bactériens :**

Campylobacter spp. thermotolérants, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Listeria monocytogenes*, *Mycobacterium* spp., *Salmonella enterica*, *Staphylococcus aureus*, STEC, *Yersinia enterocolitica*

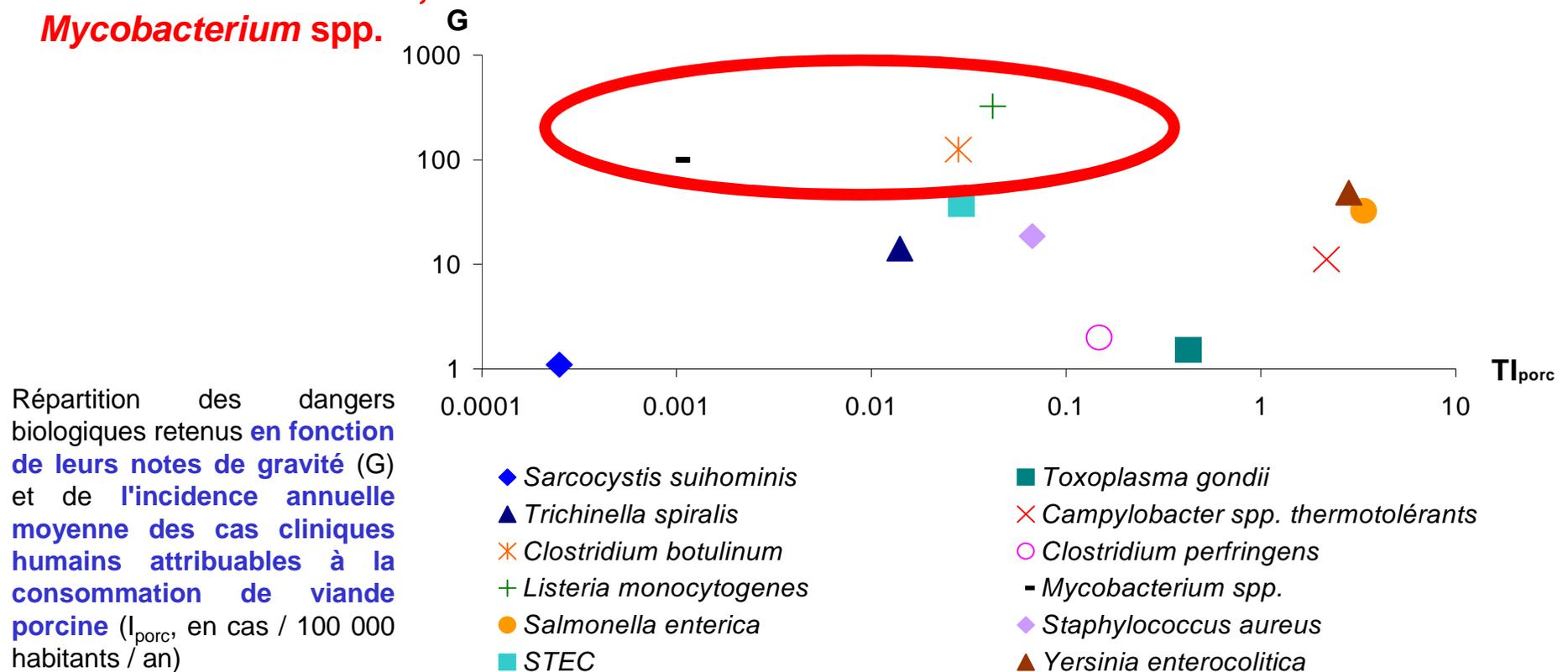
Hiérarchisation des dangers et quantification de la valeur informative de examen macroscopique des carcasses

B – Principaux résultats

Caractérisation des dangers

Listeria monocytogenes,
Clostridium botulinum,
Mycobacterium spp.

Des dangers graves...



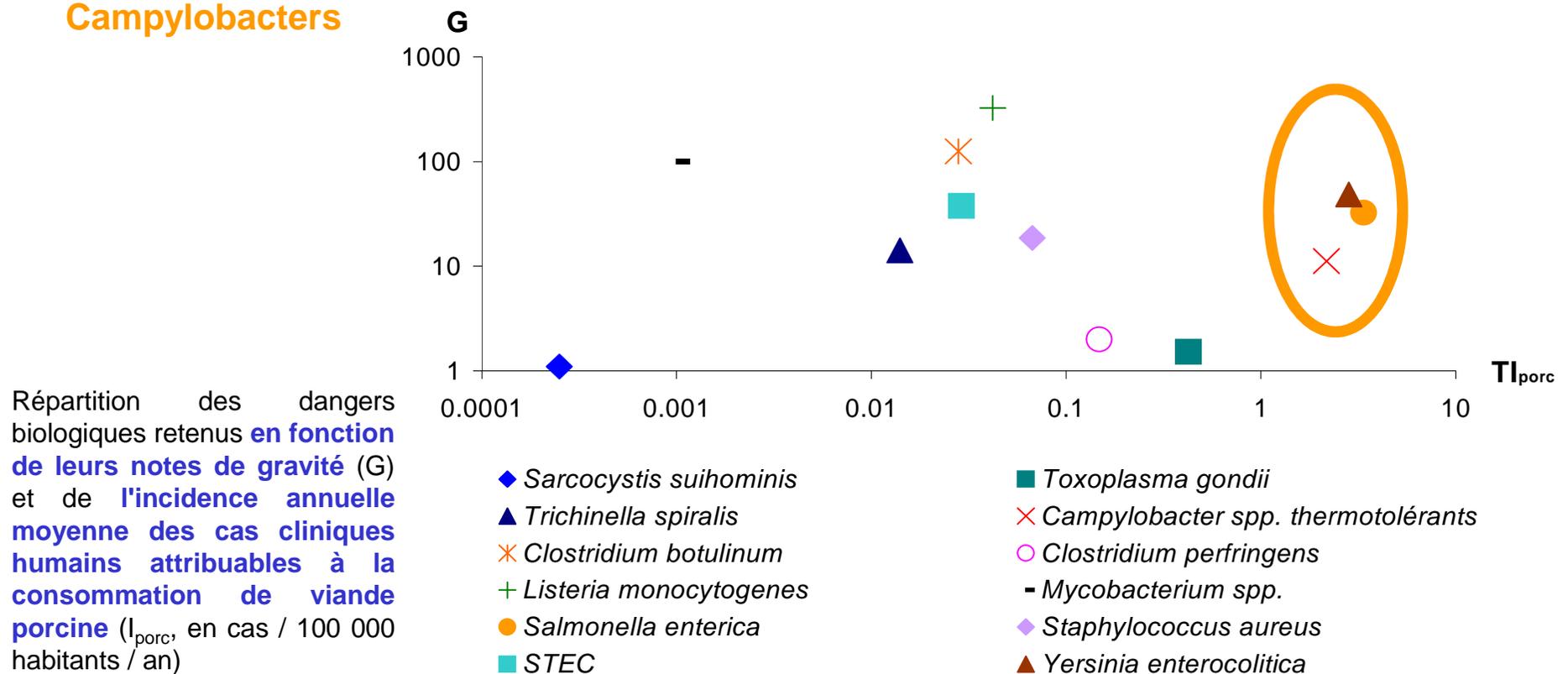
Hiérarchisation des dangers et quantification de la valeur informative de examen macroscopique des carcasses

B – Principaux résultats

Caractérisation des dangers

Yersinia enterocolitica
Salmonella enterica
 Campylobacters

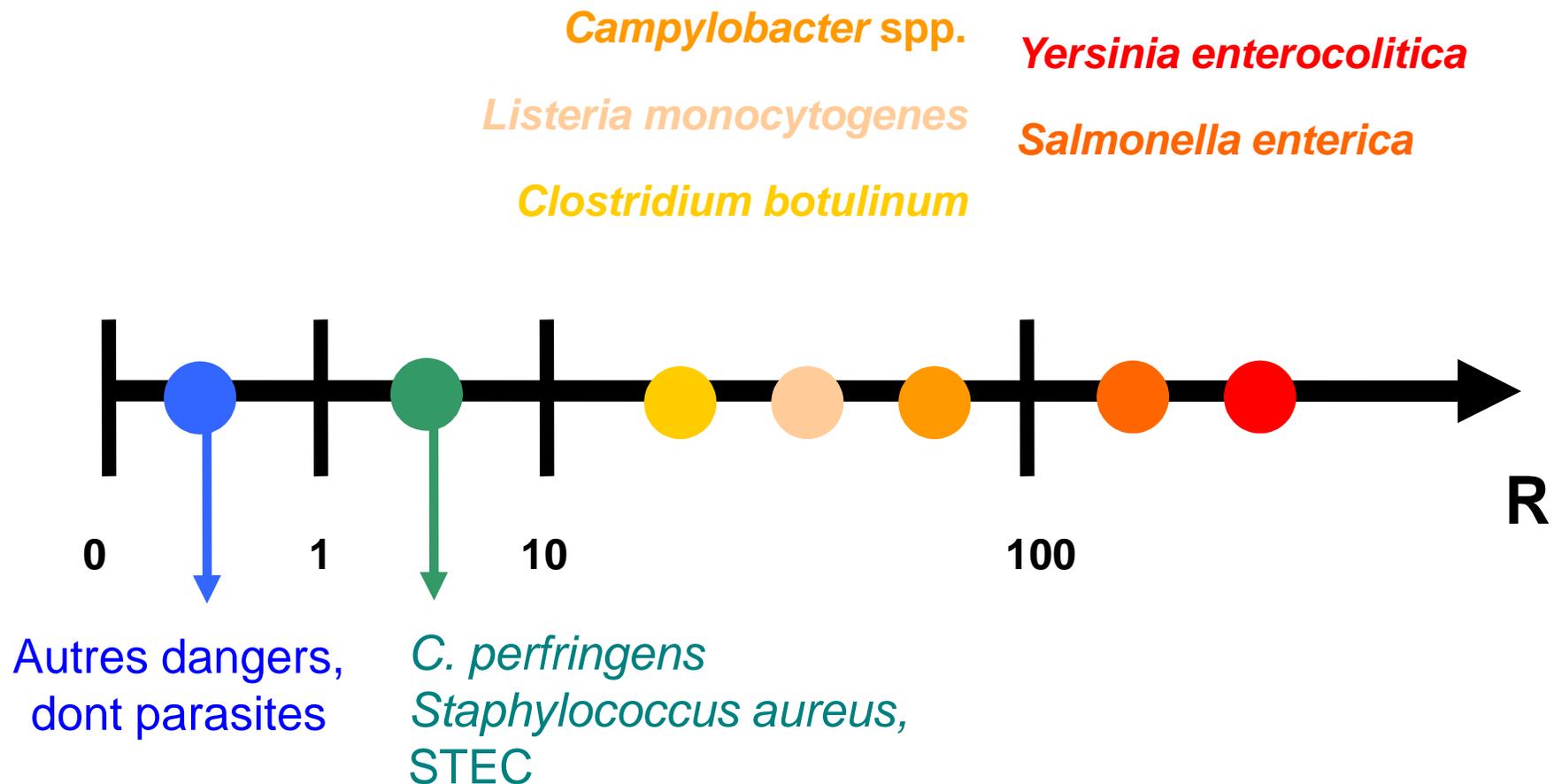
... et d'autres fréquents



Hiérarchisation des dangers et quantification de la valeur informative de examen macroscopique des carcasses

B – Principaux résultats

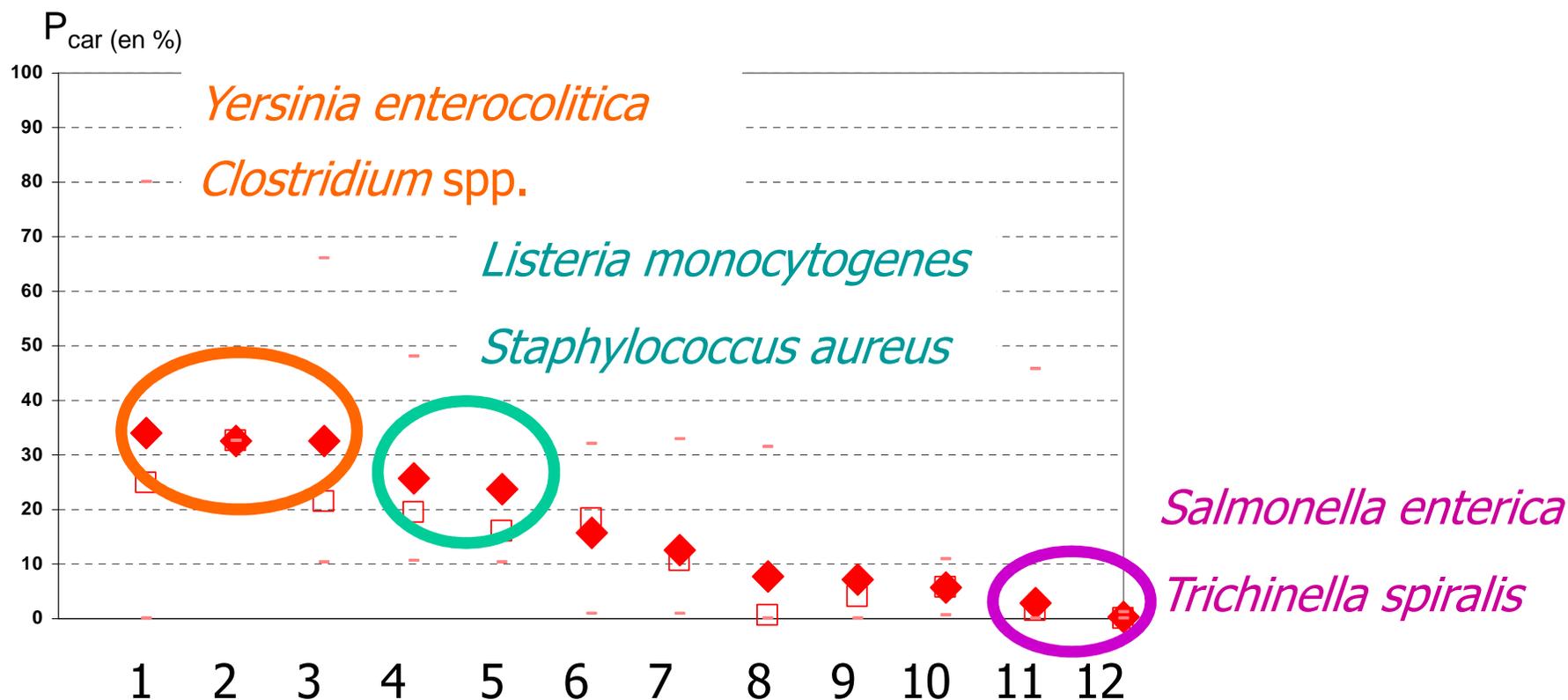
Notes de risque $R = I_{\text{porc}} \times G = I \times PA \times (TH + k TL)$ avec $k = 10$



Hiérarchisation des dangers et quantification de la valeur informative de examen macroscopique des carcasses

B – Principaux résultats

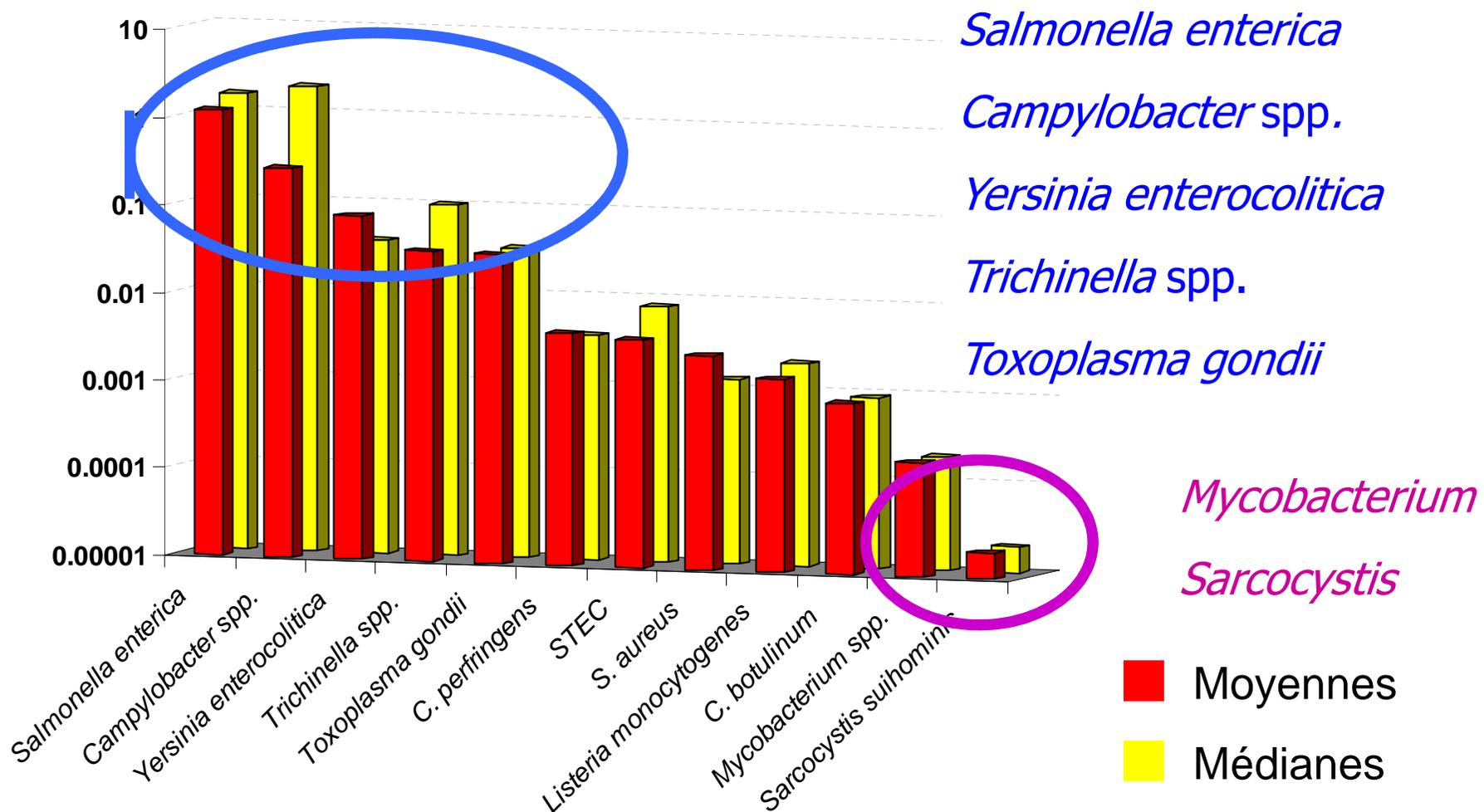
Prévalences moyennes des dangers sur carcasses (P_{car})



Hiérarchisation des dangers et quantification de la valeur informative de examen macroscopique des carcasses

B – Principaux résultats

Notes calculées de non-contrôle (NC) des dangers



Hiérarchisation des dangers et quantification de la valeur informative de examen macroscopique des carcasses

B – Principaux résultats

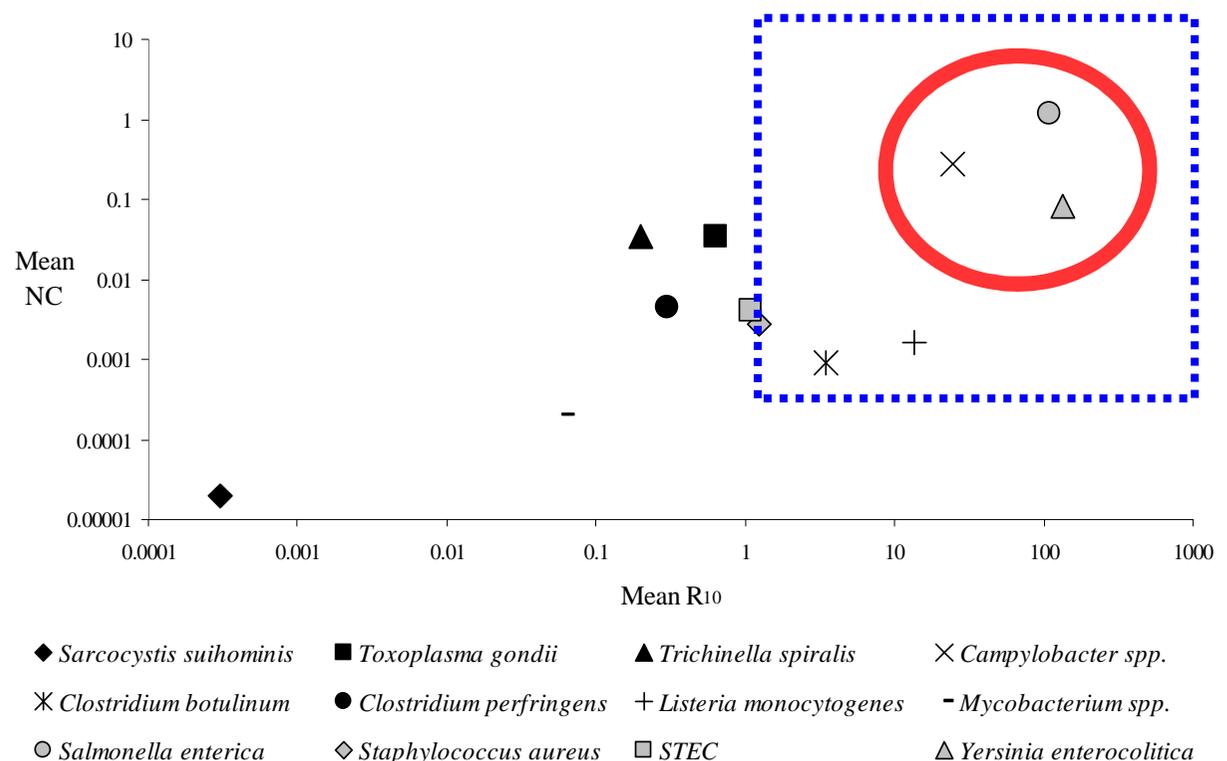
- Très faible détectabilité des dangers caractérisés par des notes de risque élevées :

- *Salm. enterica*
- *Campylobacter*
- *Yers. enterocolitica*
- *Clos. perfringens*
- *L. monocytogenes*
- *S. aureus*

(DANGERS BACTERIENS RETENUS)

- Nécessité d'identifier des indicateurs complétant l'examen macroscopique

Distribution des dangers biologiques avérés, autochtones et actuels en fonction de notes de risque et de non-contrôle



Fosse et al., 2008. *Veterinary Research*, 39:01

Hiérarchisation des dangers et quantification de la valeur informative de examen macroscopique des carcasses

C – Discussion

Limites de l'identification et de la caractérisation des dangers pour le consommateur

- **Absence ou faible nombre de données épidémiologiques** pour certains dangers (dangers viraux) : premières évaluations à affiner pour les incidences et parts alimentaires
- Autres méthodes (DALYs et QALYs) : plus satisfaisantes d'un point de vue conceptuel mais **non applicables ici**
- Taux d'Hospitalisation (TH) et Taux de Létalité (TL) utilisés : ne reflètent **pas l'ensemble des conséquences** socio-économiques
- Fortes variations des prévalences et incidences mais **méthode robuste** : faible modification de la hiérarchisation si moyennes ou médianes

Hiérarchisation des dangers et quantification de la valeur informative de examen macroscopique des carcasses

C – Discussion

Objectif initial de quantification de la détectabilité des dangers lors de l'inspection des viandes :

- Mais la non-détection des dangers durant l'inspection des viandes **ne peut être évaluée directement** du fait des contaminations secondaires
- Les notes de non-contrôle constituent une **première approche**

Plan

Introduction

Objectifs

Etudes expérimentales

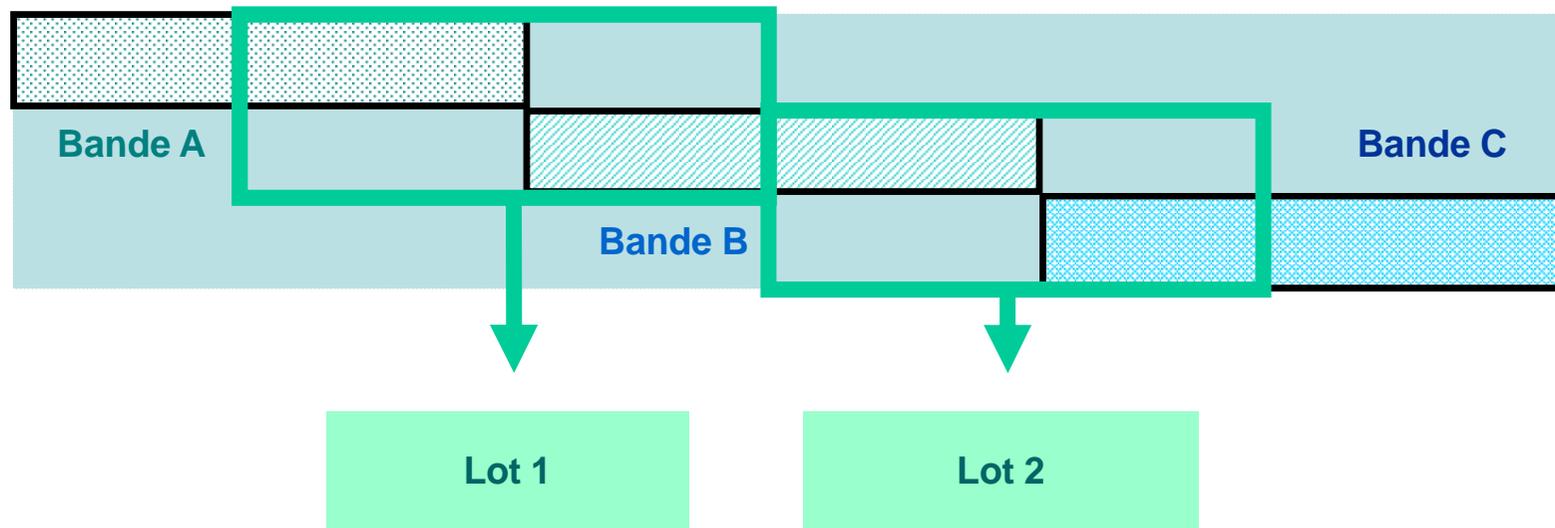
- Identification, caractérisation et hiérarchisation des dangers pour le consommateur de viande porcine et évaluation de la valeur informative des opérations d'examen macroscopique des carcasses
- ▶ **• Caractérisation du statut de contamination des porcs en élevage et identification des facteurs de risque**
- Caractérisation du statut de contamination des porcs et de leurs carcasses et évaluation de la valeur informative d'indicateurs *ante* et *post mortem*
- Modélisation de la transmission des dangers biologiques retenus de l'élevage à l'abattoir

Discussion finale et perspectives

Conclusion

Caractérisation du statut de contamination des porcs en élevage et facteurs de risque de leur contamination

Spécificité française : **la conduite en bande**



Constitution de lots :

- porcs de même poids (sélection visuelle)
- mélanges de bandes : fin de bande (n-1) avec la tête de bande (n)

Variations de statuts entre bandes ? Donc entre lots ?

Caractérisation du statut de contamination des porcs en élevage et facteurs de risque de leur contamination

A – Matériel et méthode

Deux approches complémentaires :

1) Approche méta-analytique :

- évaluation de : *i)* la **prévalence de contamination** des porcs (en élevage ou à l'entrée de l'abattoir), *ii)* des **facteurs de variation de cette prévalence** apparente (nature du prélèvement et méthode analytique), *iii)* **des facteurs de risque en élevage** de l'infection chez le Porc
- seulement **4 dangers** pour lesquels les données sont disponibles : *Campylobacter*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica*, *Yersinia enterocolitica*
- sélection de 154 références bibliographiques dont **80 études retenues pour la méta-analyse**
- estimation des prévalences après transformation logit (Pettiti, 1994)
- à partir des facteurs de risque identifiés en élevage, **profilage** des exploitations

Caractérisation du statut de contamination des porcs en élevage et facteurs de risque de leur contamination

A – Matériel et méthode

Deux approches complémentaires :

2) Approche expérimentale *in situ* : étude de la variabilité des statuts de contamination entre élevages et, au sein d'un même élevage, entre bandes



§ **12 élevages** du Grand Ouest, 2 à 5 bandes suivies par élevage en fonction de la durée de conduite en bande (**31 bandes au total**)



§ recherche et / ou dénombrement sur fèces ou chiffonnages cutanés de ***Campylobacter*** (identification au rang d'espèce par PCR multiplex → **UMR SECALIM**), ***Clostridium perfringens***, ***Listeria monocytogenes***, ***Salmonella enterica***, ***Staphylococcus aureus*** (identification au rang d'espèce par kit biochimique) et ***Yersinia enterocolitica*** (biotypage par CNR Institut Pasteur)

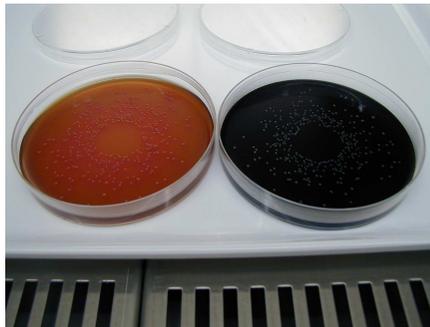
Caractérisation du statut de contamination des porcs en élevage et facteurs de risque de leur contamination

A – Matériel et méthode

Deux approches complémentaires :

2) Approche expérimentale *in situ* : étude de la variabilité des statuts de contamination entre élevages et, au sein d'un même élevage, entre bandes

§ analyses bactériologiques :



- **Recherche et dénombrement de *Campylobacter* spp.** : identification au rang d'espèce par m-PCR (Denis *et al.*, 1999)
→ **UMR SECALIM**
- **Recherche et dénombrement de *Clostridium perfringens*** (ISO V08-056)
- **Recherche et dénombrement de *Listeria monocytogenes*** (ISO 16140)
- **Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus*** (ISO V08-057-2) : identification au rang d'espèce (Api Staph®, BioMérieux).
- **Recherche de *Salmonella enterica*** (ISO 6579, 2005)
- **Recherche de *Yersinia enterocolitica*** (ISO 10273, 2003) avec biotypage des souches par le centre OMS (Institut Pasteur, Paris)

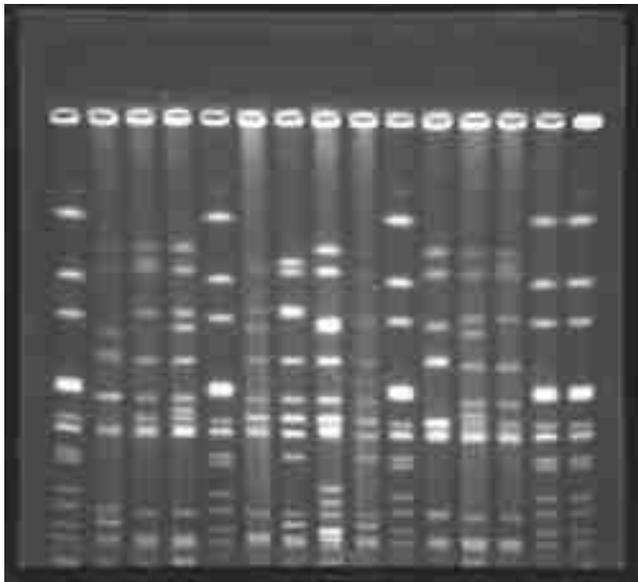
Caractérisation du statut de contamination des porcs en élevage et facteurs de risque de leur contamination

A – Matériel et méthode

Deux approches complémentaires :

2) Approche expérimentale *in situ* : étude de la variabilité des statuts de contamination entre élevages et, au sein d'un même élevage, entre bandes

§ analyse statistique : étude des **effets bande et élevage** notamment par partition de variance (*VarComp* sous SAS)



§ typage de souches de *Campylobacter* thermotolérants et *Salmonella enterica*, par PFGE (*Sma*I et *Xba*I → **UMR SECALIM**) pour un **sous-échantillon de 6 élevages**

Caractérisation du statut de contamination des porcs en élevage et facteurs de risque de leur contamination

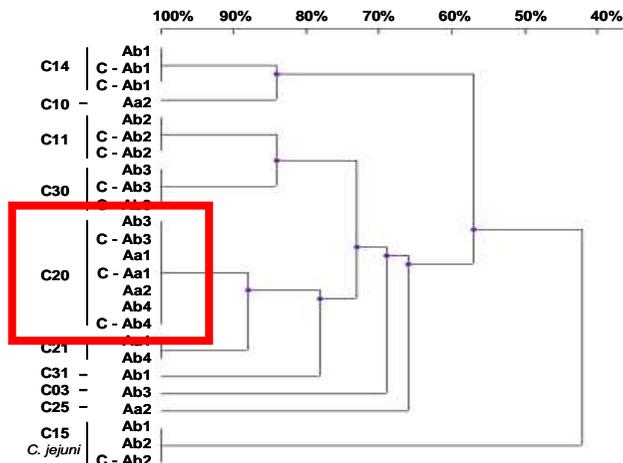
B - Principaux résultats

1) **Méta-analyse** : la **nature du prélèvement** (fèces, contenus rectaux ou digestif) et la **méthode diagnostique** (bactériologie ou sérologie) déterminent des variations de la prévalence apparente, notamment pour *Salmonella enterica*

⇒ **Nécessaire prise en compte dans l'évaluation des risques**

2) **Siège de la variabilité des statuts de contamination** (partition de variance : VarComp, PROC General Linear Models, SAS Institute Inc.) :

⇒ **Pas de mise en évidence d'un effet bande statistiquement significatif**



3) Epidémiologie moléculaire :

⇒ Pour un élevage donné, **les mêmes souches sont retrouvées entre bandes** : signe un **statut d'élevage** et non de bandes et des pratiques d'élevages facilitant le transfert des dangers (conduite en bande non stricte ; Hébert *et al.*, 2007)

Caractérisation du statut de contamination des porcs en élevage et facteurs de risque de leur contamination

B - Principaux résultats : facteurs de risque pour *Campylobacter*, *Salmonella enterica*, *Listeria monocytogenes* et *Yersinia enterocolitica*

Biosécurité

- Défaut de nettoyage-désinfection entre bandes
- Défaut de durée du vide sanitaire
- Contact avec visiteurs, matériel contaminé, animaux sauvages ou domestiques

Alimentation

- Sèche ou humide
- Transition alimentaire non ménagée

Gestion du troupeau

- Taille
- Engraisseurs versus naisseurs-engraisseurs
- Mélanges de bandes ou contact entre bandes

Gestion de la santé

- Traitement antibiotique or anthelminthique curatif ou préventif en engraissement
- Affections intercurrentes (PRRS, PRC, *Lawsonia intracellularis*, *Ascaris suum*)

Caractérisation du statut de contamination des porcs en élevage et facteurs de risque de leur contamination

C – Discussion

- **Méta-analyse** : nombre de publications scientifiques **très variable en fonction des dangers** : rend nécessaire l'approfondissement des études d'épidémiologie descriptive pour certains dangers
- **Facteurs de risque** : **absence d'études pour certains dangers** (*Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*) **et faible nombre pour d'autres** (*Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*)
- **Etude de l'effet bande** : la **taille de l'échantillon limite la validité externe des résultats**, néanmoins confortés par les données épidémiologiques moléculaires

Plan

Introduction

Objectifs

Etudes expérimentales

- Identification, caractérisation et hiérarchisation des dangers pour le consommateur de viande porcine et évaluation de la valeur informative des opérations d'examen macroscopique des carcasses
- Caractérisation du statut de contamination des porcs en élevage et identification des facteurs de risque
- ▶ **• Caractérisation du statut de contamination des porcs et de leurs carcasses et évaluation de la valeur informative d'indicateurs *ante et post mortem***
- Modélisation de la transmission des dangers biologiques retenus de l'élevage à l'abattoir

Discussion finale et perspectives

Conclusion

Corrélations entre statuts de contamination des lots en élevage, à l'abattoir et avec des indicateurs

A. Matériel et méthode : suivi longitudinal de lots de l'élevage à l'abattoir

- **21 lots** issus de **9 élevages**, dans **3 abattoirs**
- En élevage, **pour chaque bande**, prélèvements de **fèces** et **chiffonnages cutanés** sur 10 porcs. **Bouclage des porcs** pour distinguer au sein de chaque lot les bandes constitutives. Recensement des facteurs de risque.



- **A l'abattoir, pour chaque bande de chaque lot**, prélèvements de **contenus rectaux, tonsilles, poitrine et bavette** de 20 carcasses chaudes. Recensement des motifs de saisie.

- **Poolage des prélèvements** : par 2 pour les gorges et bavettes, par 5 pour les fèces, tonsilles et chiffonnages



Corrélations entre statuts de contamination des lots en élevage, à l'abattoir et avec des indicateurs

A. Matériel et méthode : suivi longitudinal de lots de l'élevage à l'abattoir

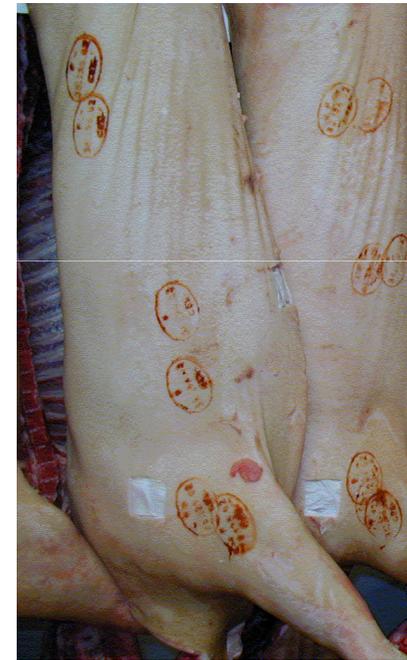
- **Echantillon d'étude :**

- En élevage**

- 67 pools de fèces (soit 335 porcs)
 - 70 pools de chiffonnages cutanés (soit 350 porcs)

- A l'abattoir**

- 130 pools de contenus rectaux (soit 650 porcs)
 - 133 pools de tonsilles (soit 665 porcs)
 - 334 pools de gorge et de bavette (soit 668 porcs)



Corrélations entre statuts de contamination des lots en élevage, à l'abattoir et avec des indicateurs

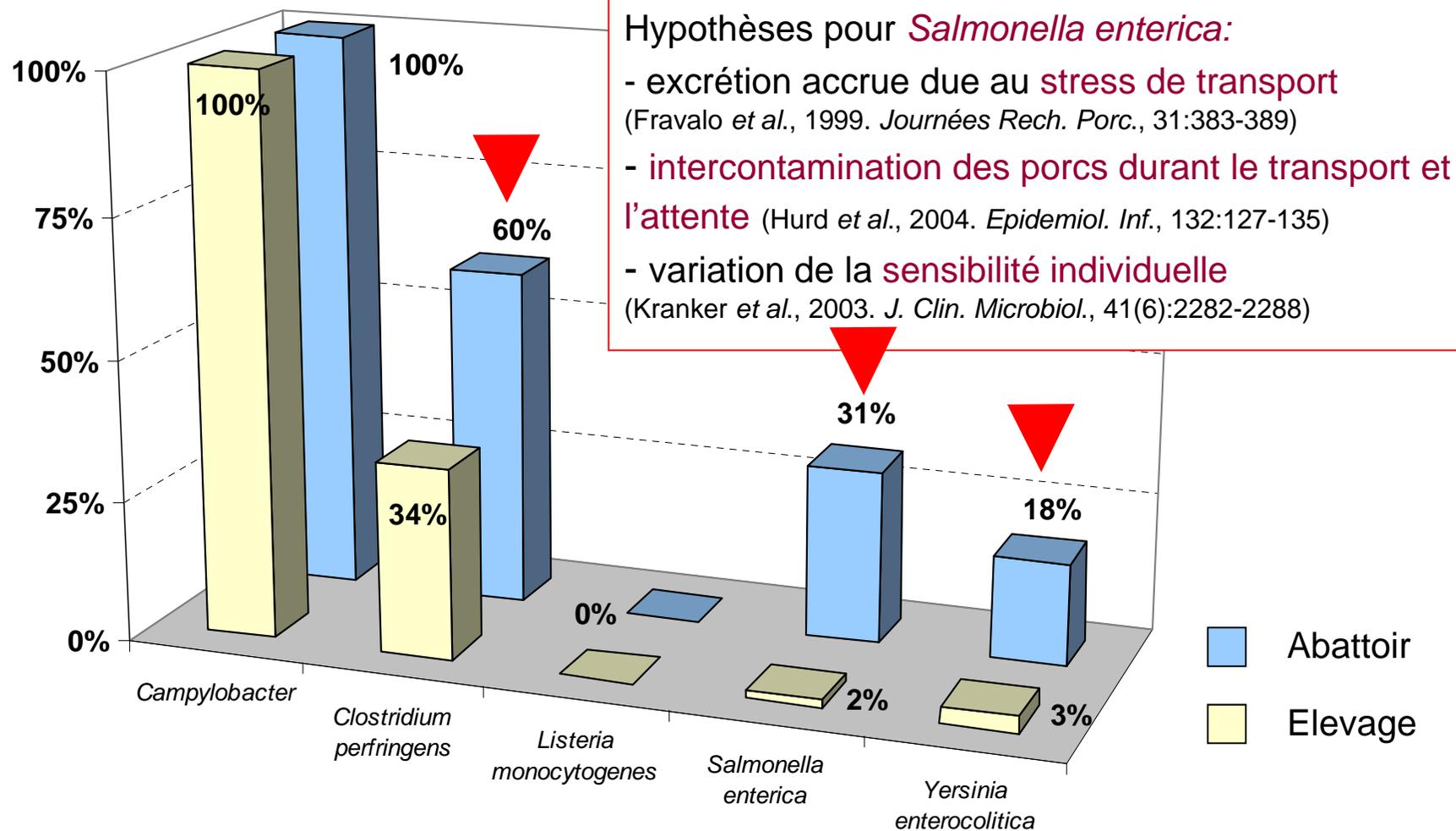
A. Matériel et méthode : analyses bactériologiques

⇒ **Objectif d'accentuation de la détection du danger pour l'homme** : détection de la bactérie pathogène, méthodes dérivées des normes ISO avec abaissement du seuil de détection

- **Détection et dénombrement de *Campylobacter* spp.** (ISO 10272 modifié) avec une identification au rang d'espèce par m-PCR (Denis *et al.*, 1999, *Lett. Appl. Microbiol.*, 29(6): 406-410) → **UMR SECALIM**
- **Détection et dénombrement de *Clostridium perfringens*** (ISO V08-056, 2003)
- **Détection et dénombrement de *Listeria monocytogenes*** (ISO 16140, 2003)
- **Détection et dénombrement de *Staphylococcus aureus*** (ISO V08-057-2) avec une identification au rang d'espèce par kit biochimique (Api Staph®, BioMérieux).
- **Détection de *Salmonella enterica*** (ISO 6579, 2005)
- **Détection de *Yersinia enterocolitica*** (ISO 10273, 2003) avec confirmation d'espèces par typage d'ARN 16S typing (Microseq®) et biotypage des *Y. enterocolitica* confirmées par le centre collaborateur de l'OMS pour *Yersinia* (Institut Pasteur, Paris)

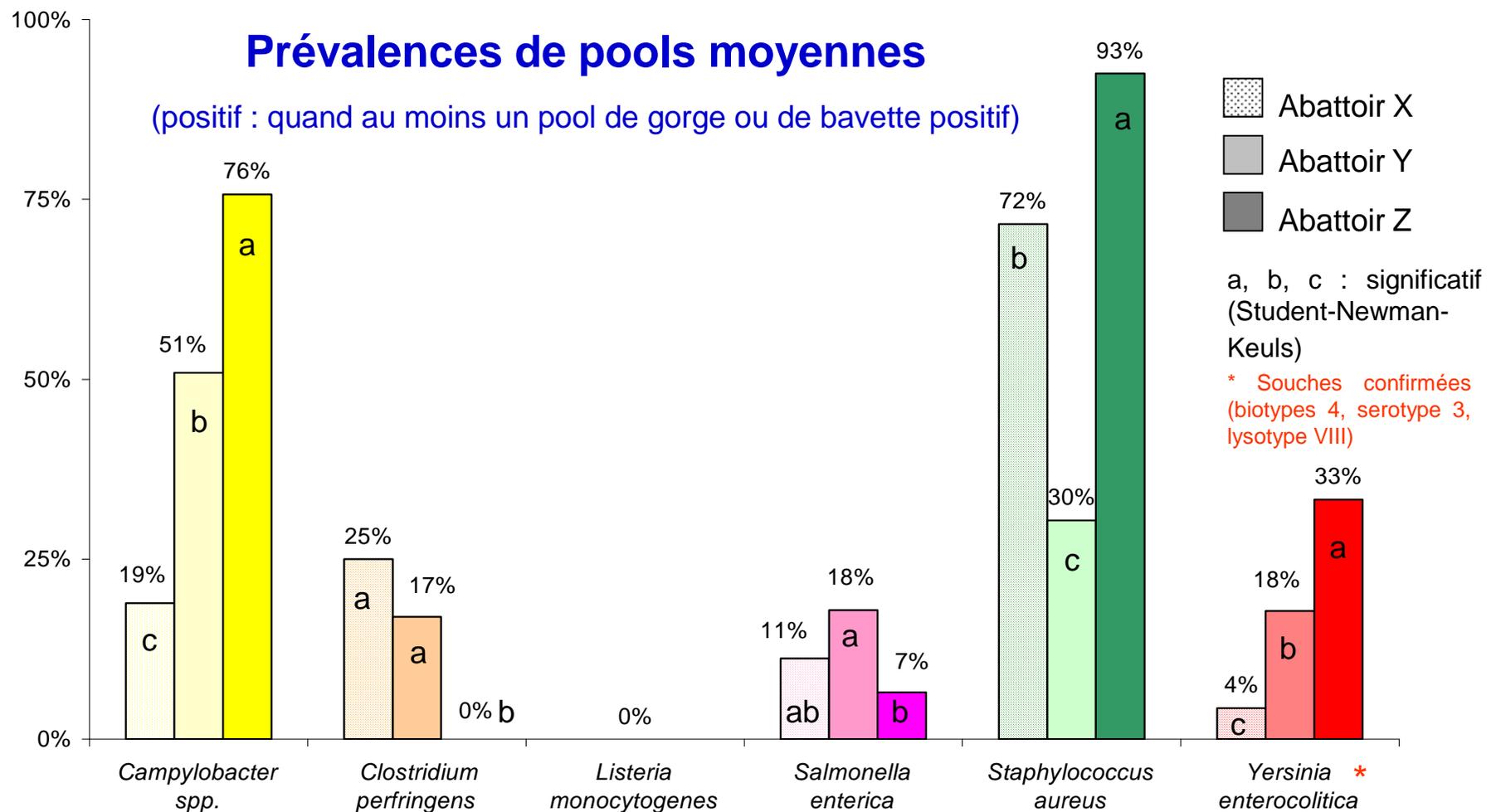
Corrélations entre statuts de contamination des lots en élevage, à l'abattoir et avec des indicateurs

B. Principaux résultats : variations du portage animal de l'élevage à l'abattoir



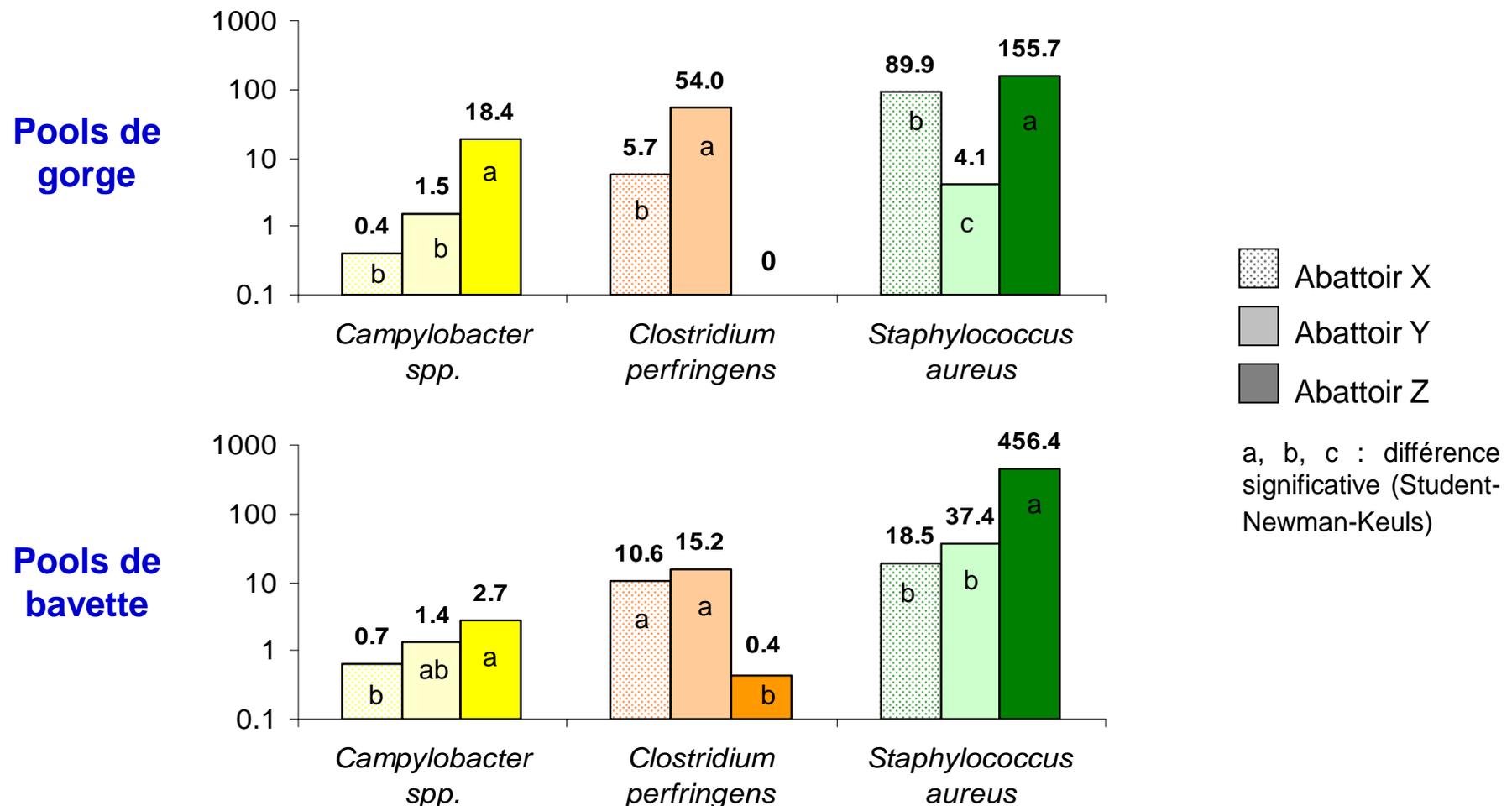
Corrélations entre statuts de contamination des lots en élevage, à l'abattoir et avec des indicateurs

B. Principaux résultats : fortes variations des statuts de contamination des carcasses entre abattoirs



Corrélations entre statuts de contamination des lots en élevage, à l'abattoir et avec des indicateurs

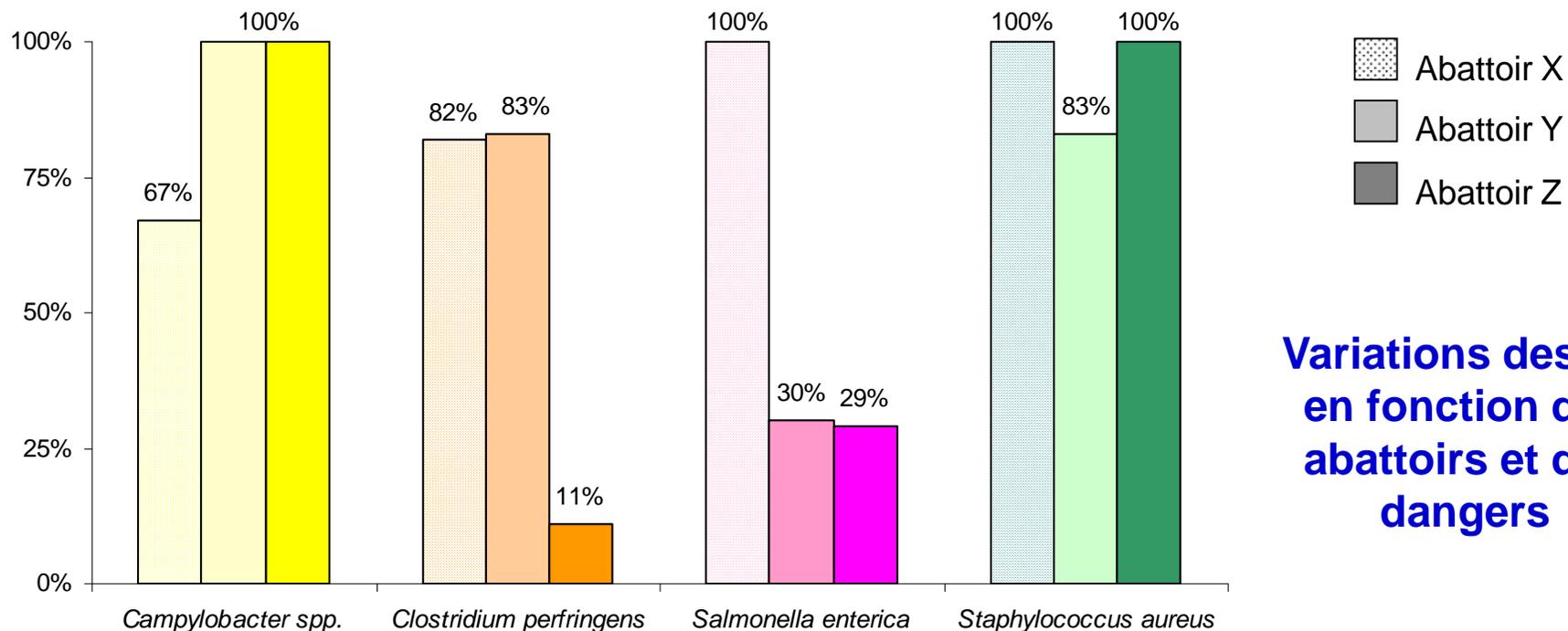
B. Principaux résultats : niveaux de contamination variant en fonction de l'abattoir et du site de prélèvement



Corrélations entre statuts de contamination des lots en élevage, à l'abattoir et avec des indicateurs

B. Principaux résultats : quantification du transfert de contamination apparent du réservoir animal à la carcasse

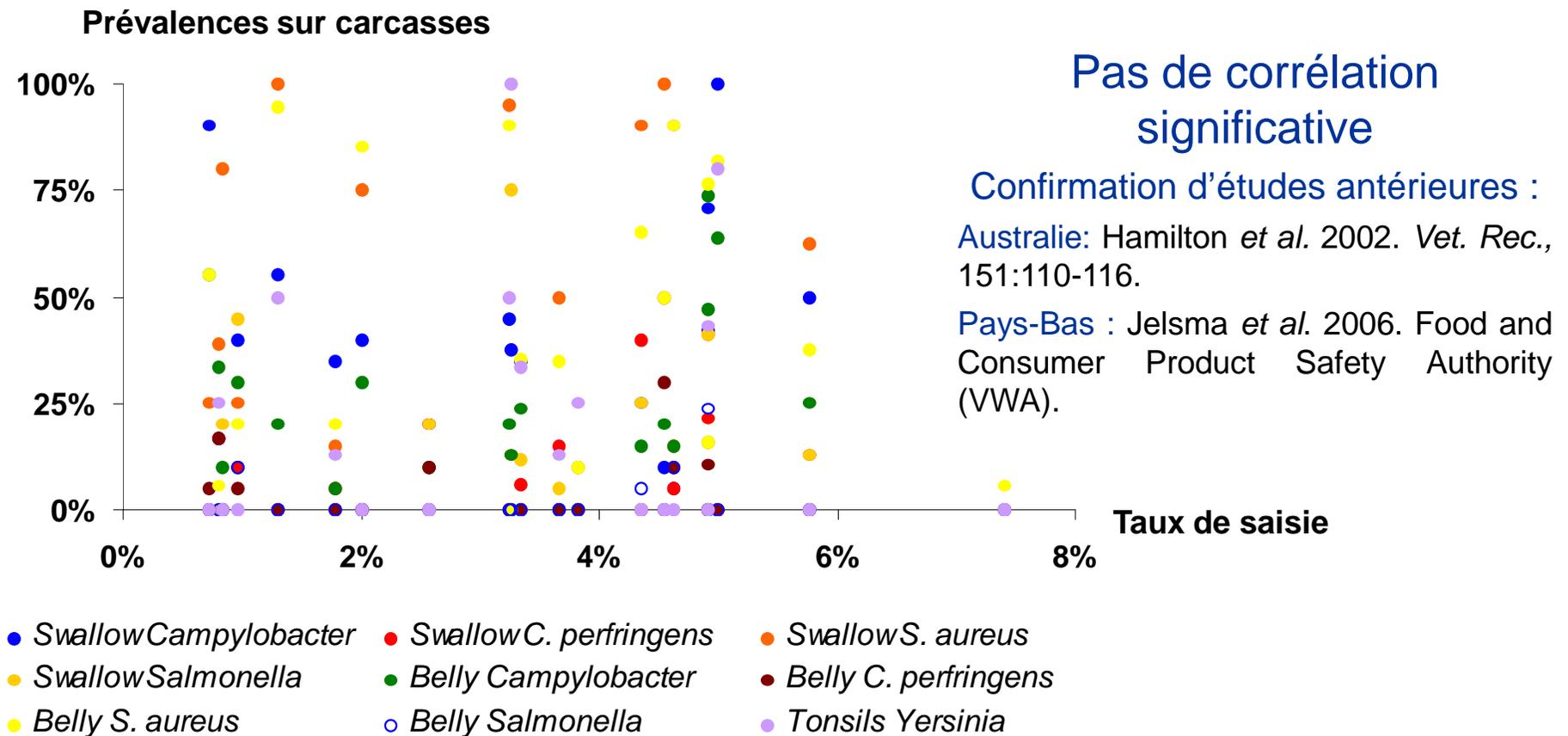
$$\text{RT (ratio de transfert)} = \frac{\text{Lots positifs sur fèces ou peau et sur carcasses}}{\text{Lots positifs sur fèces ou peau}}$$



Variations des RT en fonction des abattoirs et des dangers

Corrélations entre statuts de contamination des lots en élevage, à l'abattoir et avec des indicateurs

B. Principaux résultats : absence de corrélations entre statuts de contamination des carcasses et motifs de saisie



Corrélations entre statuts de contamination des lots en élevage, à l'abattoir et avec des indicateurs

C. Discussion

- **Poolage de prélèvements** : **diminution du nombre de faux négatifs** (objectif général d'accroissement de la détection des dangers) mais **prévalences de pools apparentes élevées** et ne pouvant être utilisées qu'à des fins de comparaison des statuts (faible validité externe)
- **Structuration de la filière** : un élevage vers un même abattoir = **l'effet élevage est indissociable de l'effet abattoir**, sauf pour *Campylobacter* spp., témoin positif de contamination des carcasses
- **Utilisation de méthodes bactériologiques** : détection du **danger** (agent bactérien vivant et donc potentiellement pathogène). Nécessité de toxinotypage pour *Clostridium perfringens*.
- **Effet du stress lié au transport suggéré** pour *C. perfringens* et *Salm. enterica* : passage des bactéries de la paroi intestinale vers lumière ?
- **Variations du statut de contamination des carcasses en fonction du site de prélèvement** : niveaux de contamination des carcasses **compatibles avec doses infectieuses pour *Campylobacter*** (Black *et al.*, 1988) mais **à pondérer par l'effet du ressuage** (Minvielle *et al.*, 2007)

Corrélations entre statuts de contamination des lots en élevage, à l'abattoir et avec des indicateurs

C. Discussion

- **Ratios de transfert apparent des dangers du réservoir animal à la carcasse** : indicateur intégrant de fait les contaminations croisées potentielles. Mais **indicateur de la maîtrise de l'hygiène du process d'abattage** (*critère d'hygiène du procédé*), notamment de l'étape d'éviscération, pour *Campylobacter* spp.
- **Corrélations entre statuts de contamination et indicateurs *ante* et *post mortem* : très faibles à nulles**
- Modèles de **régression logistique** n'ont pas permis de montrer de corrélation entre statut de contamination des animaux en élevage ou à l'entrée de l'abattoir et statuts de contamination des carcasses : **illustre le rôle de la maîtrise de l'hygiène d'abattage**
- **Très faible valeur informative des indicateurs *post mortem* (motifs de saisie) pour les 6 dangers étudiés** : forte variabilité de la présence des indicateurs macroscopiques et **hétérogénéité des motifs de saisie**

Plan

Introduction

Objectifs

Etudes expérimentales

- Identification, caractérisation et hiérarchisation des dangers pour le consommateur de viande porcine et évaluation de la valeur informative des opérations d'examen macroscopique des carcasses
- Caractérisation du statut de contamination des porcs en élevage et identification des facteurs de risque
- Caractérisation du statut de contamination des porcs et de leurs carcasses et évaluation de la valeur informative d'indicateurs *ante* et *post mortem*

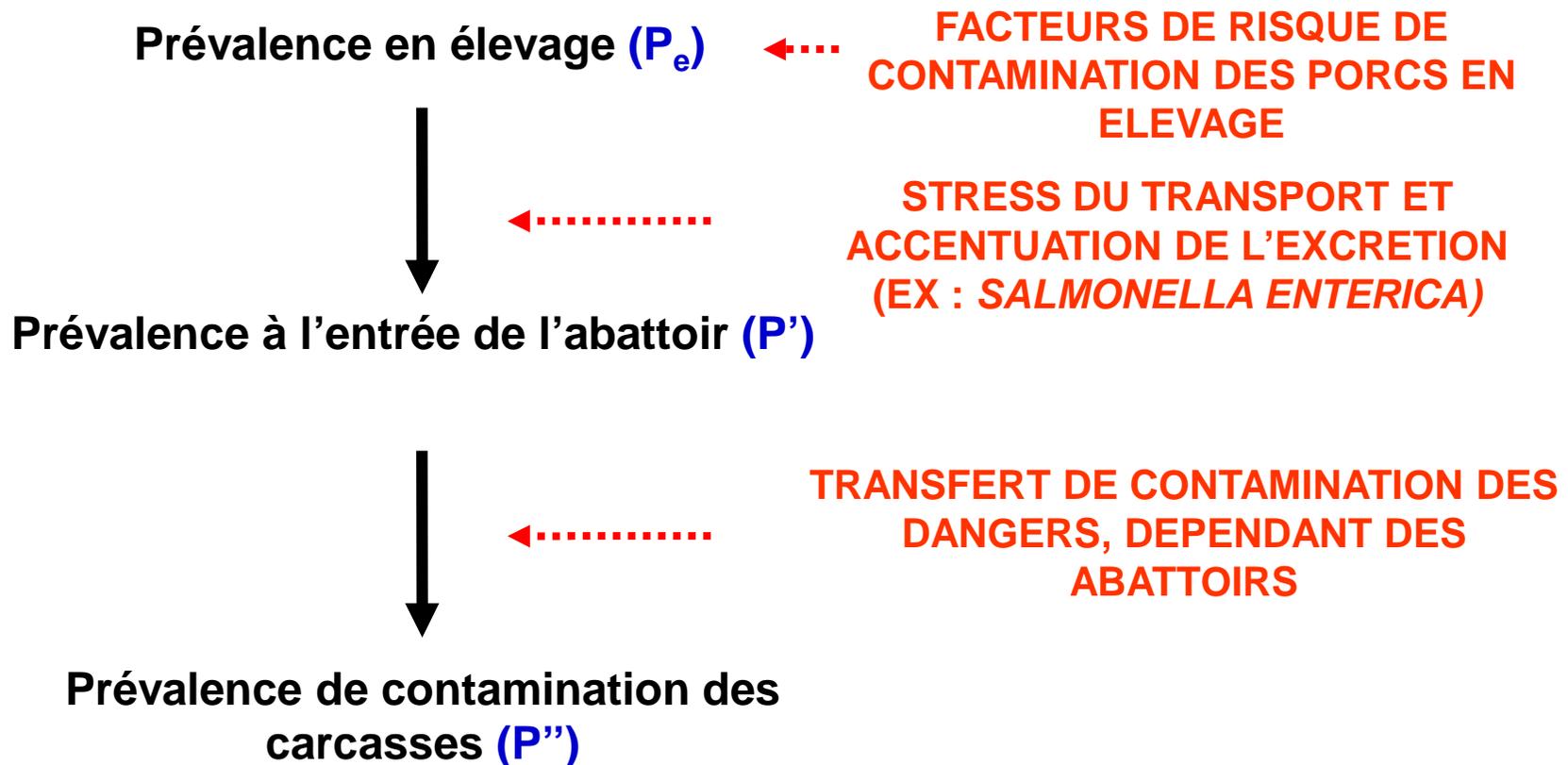
- ▶ **• Modélisation de la transmission des dangers biologiques retenus de l'élevage à l'abattoir**

Discussion finale et perspectives

Conclusion

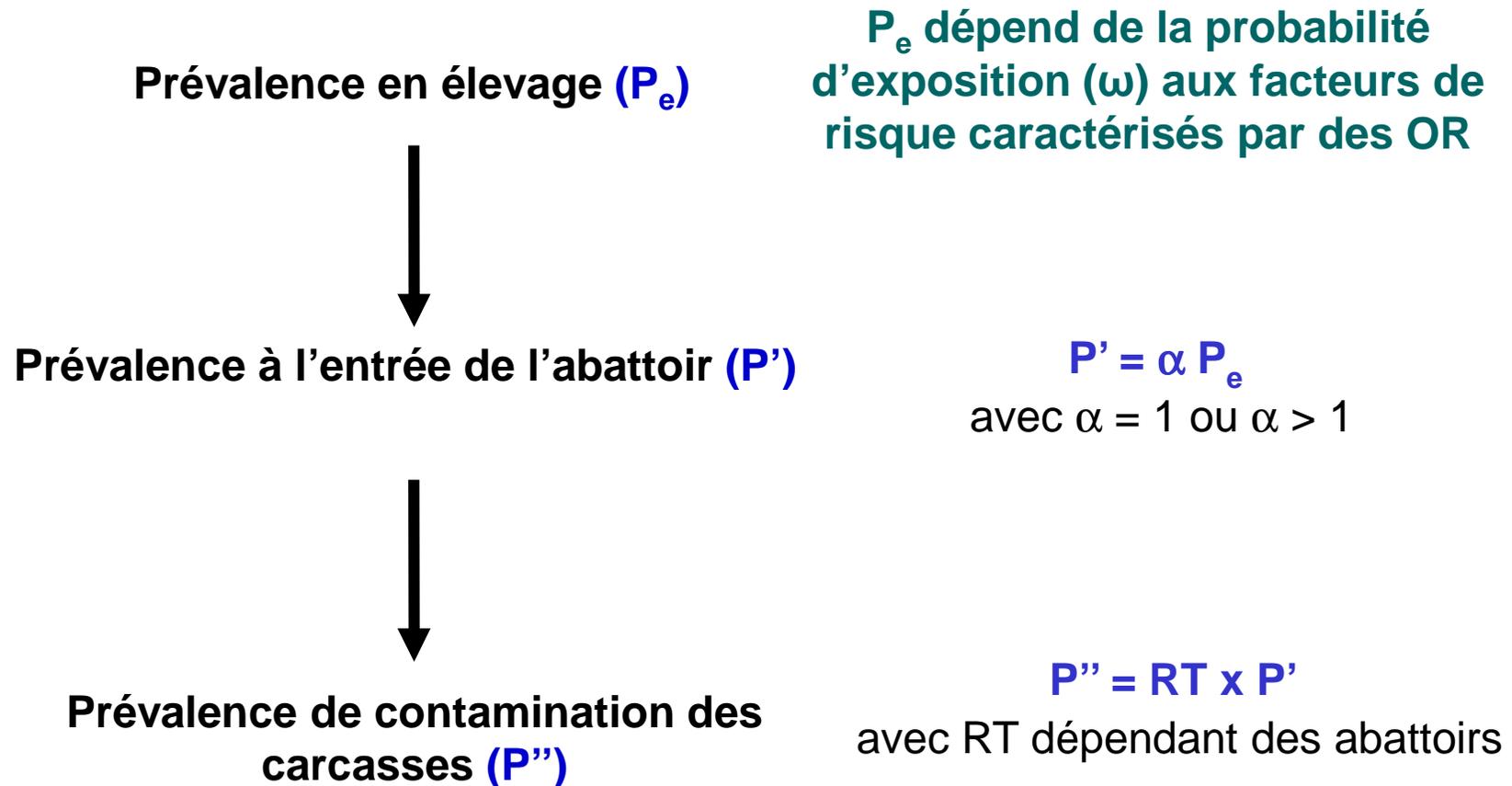
Modélisation de la transmission des dangers retenus de l'élevage à l'abattoir

A. Matériel et méthodes : construction d'un modèle générique descriptif (dangers à réservoir digestif)



Modélisation de la transmission des dangers retenus de l'élevage à l'abattoir

A. Matériel et méthode : paramétrage



Modélisation de la transmission des dangers retenus de l'élevage à l'abattoir

A. Matériel et méthode : paramétrage

On connaît P_e et OR : $P_e = \frac{E_+ P_{E_+} + E_- P_{E_-}}{E_+ + E_-}$ et $OR = \frac{R_{E_+}(1 - R_{E_-})}{R_{E_-}(1 - R_{E_+})}$ \longrightarrow $OR \approx \frac{P_{E_+}(1 - P_{E_-})}{P_{E_-}(1 - P_{E_+})}$

\searrow $P_e = \varpi \times P_{E_+} + (1 - \varpi) \times P_{E_-}$

$\Rightarrow P_e$ mesurable en élevage et OR recensés dans la littérature

\Rightarrow Equation du second degré d'où P_{E_-} et P_{E_+} , prévalences chez le Porc en fonction de l'exposition au facteur de risque en élevage :

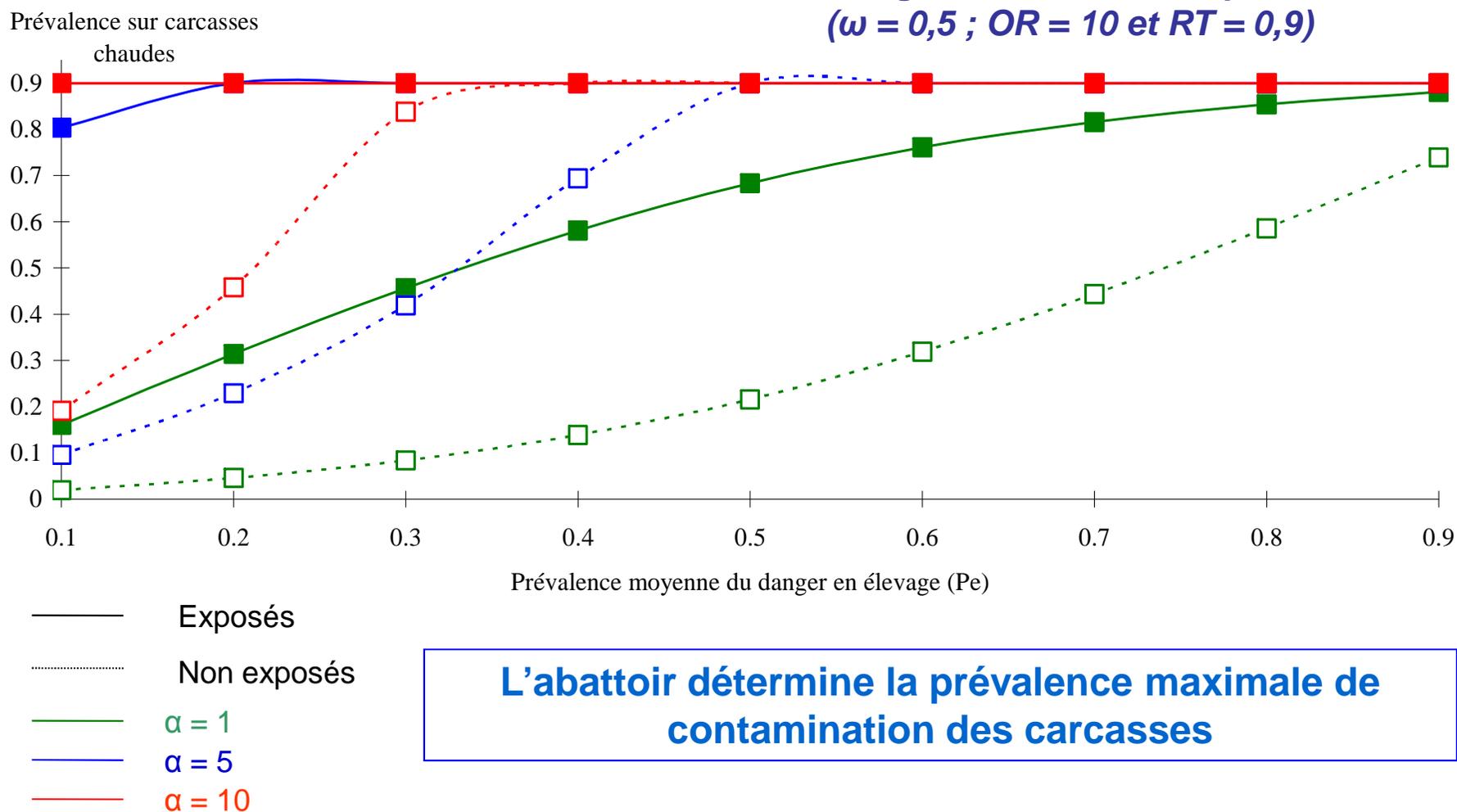
$$P_{E_-} = \frac{\frac{1}{\varpi} OR P_e - OR - \frac{1}{\varpi} P_e + \frac{\varpi - 1}{\varpi} + \sqrt{\left(OR - \frac{1}{\varpi} OR P_e + \frac{1}{\varpi} P_e + \frac{1 - \varpi}{\varpi} \right)^2 + 4 P_e \times \frac{1 - \varpi}{\varpi^2} (OR - 1)}}{2 \times \frac{1 - \varpi}{\varpi} (OR - 1)}$$

$$P_{E_+} = \frac{1}{\varpi} P_e + \frac{\frac{1}{\varpi} OR P_e - OR - \frac{1}{\varpi} P_e + \frac{\varpi - 1}{\varpi} + \sqrt{\left(OR - \frac{1}{\varpi} OR P_e + \frac{1}{\varpi} P_e + \frac{1 - \varpi}{\varpi} \right)^2 + 4 P_e \times \frac{1 - \varpi}{\varpi^2} (OR - 1)}}{2(1 - OR)}$$

Modélisation de la transmission des dangers retenus de l'élevage à l'abattoir

B. Résultats

Estimation des prévalences de contamination des carcasses en fonction des prévalences en élevage et de l'effet transport α
($\omega = 0,5$; $OR = 10$ et $RT = 0,9$)



Modélisation de la transmission des dangers retenus de l'élevage à l'abattoir

C. Discussion

- Modèle générique **simple** qui ne prend pas en considération **l'ensemble des interactions potentielles entre variables** (notamment inter-contamination des animaux durant le transport et l'attente à l'abattoir ; inter-contamination des carcasses), faute de données quantitatives disponibles
- **Pas de modèles semblables** : modélisation exclusivement envisagée pour le danger *Salmonella enterica* en élevage (Hill *et al.*, 2008 ; Lurette *et al.*, 2008)
- **Nécessité d'une validation du modèle**

Plan

Introduction

Objectifs

Etudes expérimentales

▶ **Discussion finale et perspectives**

Conclusion

Discussion finale

Quatre principales limites :

- Insuffisance de données permettant l'identification et la caractérisation ciblée des dangers
⇒ FONDEMENT DE L'ÉVALUATION DES RISQUES
- Insuffisance de données relatives aux facteurs de risque
- Limites relatives au suivi longitudinal de lot : effet élevage indissociable de l'effet abattoir
- Préciser les Ratios de Transfert (RT) apparent
- Quantifier les contaminations secondaires

Besoins de recherche et développement émergents

Besoins relevant de l'épidémiologie (descriptive ou analytique) et du développement d'outils d'analyse

- Quelles prévalences et / ou facteurs de risque pour **certains dangers peu à non étudiés** : *Yersinia enterocolitica*, *Listeria monocytogenes*, *Clos. perfringens*, *S. aureus*, virus alimentaires ?
- Implique le **développement d'outils analytiques** utilisables en routine par les professionnels et les services de contrôle pour la **mise en évidence des dangers sur matrices complexes** (ex : difficulté d'identification de *Yers. enterocolitica*)
- Indispensable pour disposer des informations permettant de **définir certains indicateurs nécessaires à l'évaluation des risques** (Part Alimentaire : identification des aliments vecteurs)
- **Bases de données d'informations complètes** à construire (danger, aliment, conséquences cliniques, etc...) : données des professionnels et des pouvoirs publics

Perspectives

- **Profilage des élevages :**

- **audit d'élevage** : recensement des facteurs de risque
- **surveillance à l'abattoir** de la présence sur organes cibles

- **Profilage des abattoirs** : utilisation des Ratios de Transfert (*Campylobacter*, témoin positif de contamination ?)

- **Identification de couples « élevage / abattoir » à risque élevé :**

- **actions correctives**, éventuellement structurelles
- **inspection renforcée** sur lots provenant d'élevages à haut risque pour les abattoirs maîtrisant mal le process, abattage en fin de journée, etc...

- **Implique actualisation de l'évaluation des risques**

Plan

Introduction

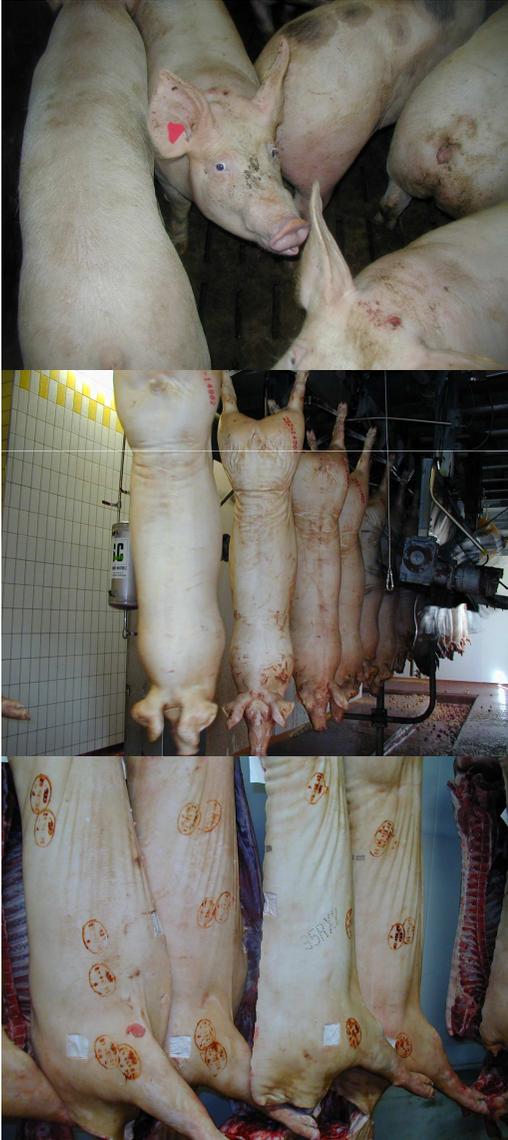
Objectifs

Etudes expérimentales

Discussion finale et perspectives

▶ **Conclusion**

Conclusions



- **Faible détectabilité macroscopique** des 6 dangers bactériens caractérisés par des notes de risques élevées
- Le statut de contamination des porcs en élevage ne dépend pas de la bande : **statut d'élevage**
- **Fort transfert du réservoir animal à la carcasse**
- **A l'abattoir, fortes variations** des prévalences et niveaux de contamination
- Pour une approche fondée sur l'évaluation des risques, **risk-profiling des élevages et des abattoirs**
- **Facteurs de risques** pour le profilage des élevages **et analyses bactériologiques** pour le profilage des abattoirs

Remerciements

A Catherine MAGRAS (UMR SECALIM)

A Albert ROSSERO, Michel LAROCHE, Nicolas OUDOT, Françoise ARMAND, Nabila HADDAD, Jean-Yves AUDIART, Geoffrey TRASSART (UMR SECALIM et BIOEPAR)

A Pascale DUNOYER (Ministère de l'Agriculture, DGAI)

A Henri SEEGERS (UMR BIOEPAR)

A Janine FORESTI, Florence JUGIAU, Florence RAMA (UE HQA, ENVN)

Aux membres de mon comité de thèse et aux chercheurs des UMR SECALIM et BIOEPAR

Aux doctorants et stagiaires de SECALIM et BIOEPAR

Aux éleveurs et aux abatteurs

A Emilie et Rosa



**Merci de votre
attention**