

ETUDE DES CIRCONSTANCES ASSOCIEES A LA CONTAMINATION DE SALLES D'ENGRASSEMENT PAR *SALMONELLA ENTERICA* APRES NETTOYAGE-DESINFECTION *

**Christelle Fablet¹, Corinne Robinault¹, Jean Pierre Jolly¹,
Florent Eono¹, Virginie Dorenlor¹, Annie Labbé¹,
Philippe Fravalo¹ et François Madec¹**

RESUME : Une enquête épidémiologique analytique a été conduite dans 66 élevages de porcs entre avril 2003 et septembre 2005. L'objectif de l'étude était de mettre en évidence les facteurs associés à la contamination de salles d'engraissement de porcs par *Salmonella enterica* à l'issue des étapes de nettoyage et désinfection et avant l'introduction d'un nouveau lot d'animaux. Dans chaque élevage inclus, une salle d'engraissement vide nettoyée-désinfectée a été sélectionnée. La présence de salmonelles a été objectivée à l'aide de chiffonnages des parois et de 1 m² du sol des cases avant l'entrée d'un lot de porcs. Des questionnaires ont permis de collecter d'une part des informations faisant suite à des observations de l'enquêteur dans la salle et d'autre part des données relatives aux procédures hygiéniques appliquées et aux événements survenus dans la salle entre la désinfection et le jour de prélèvement. Une régression logistique a permis d'identifier les facteurs de risque de la contamination des salles par *Salmonella enterica*. L'absence de vidange de la fosse pendant les opérations de nettoyage désinfection, une rugosité importante des parois des cases et l'entrée du personnel de l'élevage dans la salle pendant le vide sanitaire ont été identifiés comme facteurs associés à la présence de salmonelles dans les salles à l'issue des opérations de nettoyage-désinfection.

Mots-clés : *Salmonella enterica*, porcs, facteurs de risque, hygiène.

SUMMARY: A study was carried out between April 2003 and September 2005 in 66 French finishing pig farms to identify risk factors for residual contamination by *Salmonella* following routine cleaning and disinfection and prior to restocking. The *Salmonella* status of the rooms was assessed through the use of sterile gauze swabs rubbed against the wall, the pen partitions and 1 m² of the floor in each pen. The samples were tested bacteriologically for *Salmonella* identification in a conventional four step protocol. After taking samples, a special form was completed by the investigator to record the cleanliness of the pen and the characteristics of the facilities. A questionnaire was filled with the farmer to collect data on the hygiene procedures and on the events which occurred in the farm between disinfection and the sampling day. Logistic regression was used to assess the relationships between the hygiene routine, the characteristics of the facilities and their cleanliness and the *Salmonella* status of the farm after cleaning and disinfection practices and prior to introduction of new stock. The lack of slurry removal during the cleaning procedure increased the risk of residual contamination by *Salmonella*. The chances of finding *Salmonella* after routine cleaning and disinfection was increased if the wall surface was very rough and if the farm workers entered the stalls during the down period.

Keywords : *Salmonella enterica*, pigs, risk factors, hygiene.



* Texte de la communication orale présentée lors de la Journée AEEMA, 1^{er} juin 2007

¹ Afssa, Zoopôle Les Croix, B.P. 53, 22 440 Ploufragan, France

INTRODUCTION

Dans les pays européens, *Salmonella enterica*, par ses sérotypes ubiquistes, représente le principal agent pathogène à l'origine de la contamination des produits agro-alimentaires destinés à la consommation humaine. Les salmonelles constituent la principale cause de toxi-infection alimentaire collective (TIAC). En France, entre 1996 et 2005, elles comptaient pour 64 % des foyers dont l'agent incriminé a été identifié [Delmas *et al.*, 2006]. Bien que les infections humaines à salmonelles soient souvent associées à la consommation d'œufs, d'ovoproduits et de viandes de volailles, des denrées issues de la filière porcine ont été impliquées lors de TIAC à salmonelles. Selon plusieurs études réalisées dans différents pays, il a été estimé qu'entre 10 et 15% des cas de salmonelloses humaines diagnostiquées avaient pour origine la viande de porc [Berends *et al.*, 1998 ; Frenzen *et al.*, 1999 ; Hald et Wegener, 1999]. A l'abattoir, la contamination des carcasses de porcs est principalement due aux pratiques d'éviscération : lors d'accidents de levée des viscères à l'étape d'éviscération, les ventrées contaminées sont à l'origine de la contamination des carcasses et de la dissémination des salmonelles le long de la chaîne d'abattage [Berends *et al.*, 1996]. La faible ou la non contamination du tube digestif permettrait alors de réduire le risque de contamination des carcasses et de la chaîne d'abattage. En élevage, le portage sain prédomine sur la forme clinique [Schwartz, 1999 ; van der Wolf *et al.*, 1999]. Ainsi, la réduction, au niveau de l'élevage, du portage asymptomatique de *Salmonella enterica* devrait permettre de diminuer la pression de contamination au niveau de l'abattoir [Berends *et al.*, 1997 ; Swanenburg *et al.*, 2001 ; Botteldoorn *et al.*, 2003 ; Beloeil *et al.*, 2004]. Afin de proposer les mesures propres à

l'acquisition et au maintien d'un bon statut sanitaire des porcs vis-à-vis des salmonelles, il est nécessaire d'identifier les facteurs qui président à la prolifération de *Salmonella* en élevage. En ce sens, des études épidémiologiques ont été menées tant en Europe qu'en Amérique pour identifier les circonstances associées à la contamination des porcs en croissance par les salmonelles [Berends *et al.*, 1996 ; van der Wolf *et al.*, 1999 ; Funk *et al.*, 2001a ; van der Wolf *et al.*, 2001 ; Leontides *et al.* 2003 ; Beloeil *et al.*, 2004 ; Funk *et al.*, 2004 ; Nollet *et al.*, 2004]. Plusieurs études soulignent le rôle primordial joué par les mesures d'hygiène et en particulier par les opérations de nettoyage et désinfection dans le contrôle de l'infection [Thomas, 1982 ; Berends *et al.*, 1996 ; Davies *et al.*, 1997a ; Beloeil *et al.*, 2004 ; Lo Fo Wong *et al.*, 2004]. Par ailleurs, lors d'une enquête analytique, Beloeil *et al.* [2004] ont mis en évidence que la présence de salmonelles dans les salles d'engraissement avant l'introduction des porcs augmentait le risque d'excrétion de *Salmonella enterica* par les porcs en fin d'engraissement. Les circonstances favorisant la présence de salmonelles dans les salles d'engraissement après les procédures hygiéniques ne sont pas élucidées. Or, l'identification des facteurs associés à la contamination de salles d'engraissement par *Salmonella enterica* après les procédures de nettoyage devrait permettre de proposer des mesures de prévention appropriées. Ainsi, l'objectif de la présente étude est de rechercher les circonstances associées à la contamination de salles d'engraissement de porcs par *Salmonella enterica* à l'issue des étapes de nettoyage désinfection et avant l'introduction d'un nouveau lot d'animaux.

II - MATERIEL ET METHODES

1. SCHEMA D'ETUDE

1.1. ECHANTILLON D'ETUDE

L'étude a été menée entre avril 2003 et septembre 2005 dans 66 élevages de porcs proposés par 8 structures partenaires que sont les groupements de producteurs de porcs et

les coopératives d'alimentation. La sélection des élevages a été réalisée selon les critères suivants : volontariat de l'éleveur, élevage naisseur - engraisseur de plus de 50 truies. Les élevages inclus étaient situés en Bretagne, région où plus de 54 % de la

production porcine française est localisée [ITP, 2000].

1.2. COLLECTE DES DONNEES

Dans chaque élevage, une salle d'élevage vide a été sélectionnée et constitue l'unité épidémiologique de l'étude. Le statut de contamination des cases de la salle a été évalué vis-à-vis des salmonelles après les opérations de nettoyage désinfection, avant l'entrée d'un lot de porcs, au moyen de chiffonnettes stériles (SODIBOX, La Forêt Fouesnant, France). Dans chaque case, le chiffonnage a été réalisé sur les parois des cases sur une hauteur de 50 à 60 cm du sol et sur 1 m² au sol avec une chiffonnette et en utilisant un gant stérile. Au maximum six chiffonnettes étaient utilisées par salle. Dans le cas de salles divisées en deux ou trois grandes cases, deux chiffonnettes étaient utilisées par case. Après prélèvement, chaque chiffonnette a été identifiée et placée dans un sachet plastique stérile. Une salle était considérée contaminée si au moins un prélèvement se révélait positif.

Lors de cette visite, un questionnaire a été complété par l'enquêteur. Il permettait de recueillir des informations faisant suite à des observations et des mesures de la salle : dimensions de la salle, des cases, distance surface lisière - surface caillebotis, appréciation de l'état de propreté visuelle des cases, degré de rugosité des parois et de siccité du sol. Les traces et/ou la présence de rongeurs et d'animaux domestiques étaient également notées. Un questionnaire était rempli avec l'éleveur. Il permettait de collecter des données relatives au protocole de nettoyage désinfection appliqué à la salle, aux modalités d'utilisation des produits chimiques employés et aux événements survenus dans la salle entre la fin de la désinfection et le jour de prélèvement. Les questionnaires comportaient 82 questions. Au total, trois enquêteurs ont pris part à l'étude. Afin de standardiser les méthodes de collecte des données, des sessions de formation ont été effectuées avant le début de l'étude.

2. ANALYSES BACTERIOLOGIQUES

Les chiffonnettes ont été analysées pour recherche de *Salmonella enterica* selon une procédure classique en quatre étapes. Les échantillons ont été pré-enrichis individuellement dans respectivement 150 ml d'eau peptonnée tamponnée à laquelle un

neutralisant (ISOBIO) a été ajouté à hauteur de 10% du volume. Ils ont été incubés pendant 20 heures à 37 °C. Deux ml du milieu de pré-enrichissement ont étéensemencés dans 20 ml de bouillon au tétrationate de Müller-Kauffmann (MK) et 100 µl ont été déposés en trois gouttes au centre d'une boîte de MSR/V (Modified Semi-Solid Rappaport Vassiliadis) (Merck, Nogent sur Marne, France). Ces deux milieux de culture sélectifs ont été incubés respectivement à 42°C pendant 24 heures et 41,5°C pendant 48 heures. Les isolements ont été réalisés, d'une part, sur milieu de Rambach (Humeau, La Chapelle sur Erdre, France) à partir d'un halo de migration caractéristique sur milieu MSR/V et, d'autre part, sur gélose de Xylose-Lysine-Tergitol 4 (AES Laboratoire, Combourg, France) pour chaque bouillon de MK. Après incubation à 37°C pendant 24 heures, les colonies caractéristiques de *Salmonella* ont été confirmées à partir de critères biochimiques sur milieu de Kligler-Hajna (AES Laboratoire, Combourg, France). L'isolat a été sérotypé par agglutination sur lame en utilisant des antisérums polyvalents anti O et anti H (diagnostic Pasteur, Paris, France) et en suivant le schéma de Kaufmann-White [Popoff et Le Minor, 1997].

3. DEFINITION DE LA VARIABLE A EXPLIQUER

L'unité d'intérêt était la salle. Une salle a été déclarée contaminée par les salmonelles si au moins un des prélèvements d'environnement effectué juste avant l'entrée d'une bande de porcs se révélait positif. La variable à expliquer était donc dichotomique (salle contaminée vs. salle non contaminée).

4. ANALYSE STATISTIQUE

L'étude des relations entre chacune des variables potentiellement explicatives et le statut de la salle vis-à-vis de *Salmonella* a été réalisée au cours d'une procédure en deux étapes. Lors de la première étape, une analyse bivariée a été effectuée pour mettre en relation le statut de la salle avec chaque variable explicative. Celles-ci avaient été préalablement codées en deux ou plusieurs modalités. Le nombre de modalités par variable a été limité afin que le pourcentage du total par modalité soit supérieur à 10%. A cette étape, seules les variables statistiquement associées avec la variable dichotomique à expliquer et possédant une signification biologique ont été retenues (test du χ^2 ou test exact de Fisher, $p < 0,25$). Dans le cas de relations mettant en évidence

une forte colinéarité entre les variables explicatives ($p < 0,05$), une des deux variables a été retenue (celle la plus liée à la variable à expliquer). Dans une seconde étape, des modèles de régression logistique multiple ont été élaborés en incluant les variables sélectionnées lors de la première étape [SAS Institute Inc., 2001]. Les modèles ont été élaborés selon la méthode décrite par Hosmer

et Lemeshow [1989] en utilisant une procédure pas à pas descendante au seuil $p < 0,10$. La contribution de chaque variable au modèle a été testée en utilisant le test du rapport de vraisemblance [Mc Cullagh et Nelder, 1989]. Les odds ratios ont été transformés en risques relatifs selon la méthode développée par Beaudeau et Fourichon [1998].

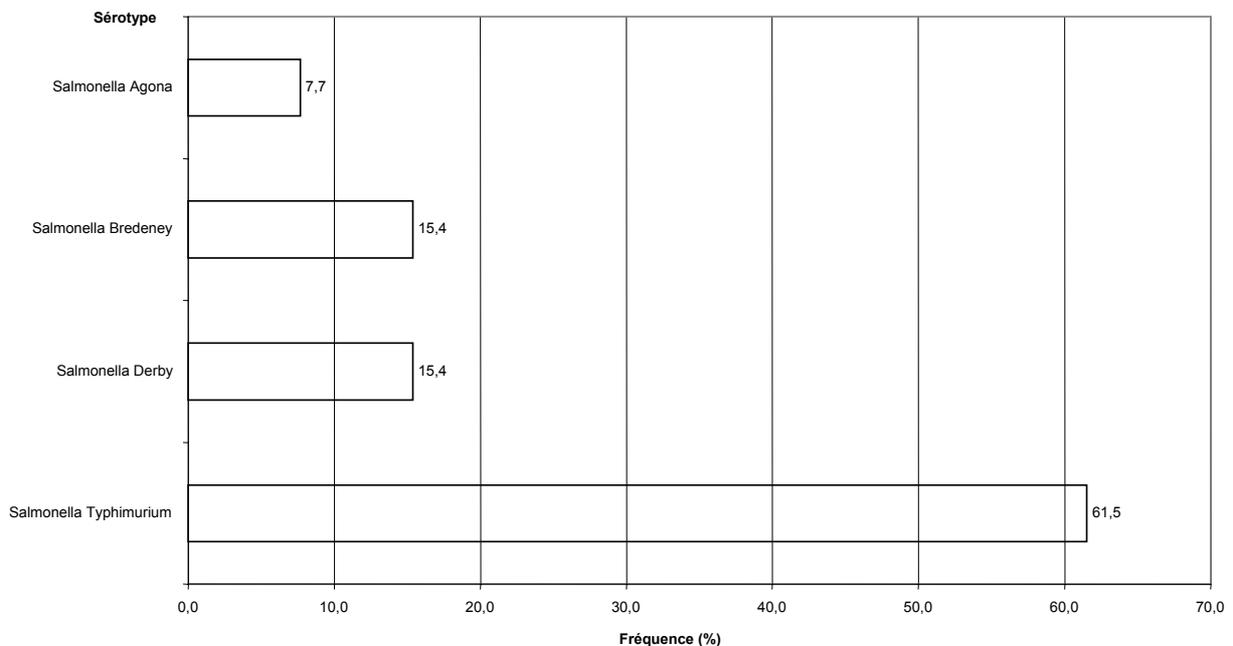
III - RÉSULTATS

Dans les 66 salles incluses dans l'étude, au total 534 cases ont été échantillonnées afin d'évaluer leur statut de contamination vis-à-vis de *Salmonella enterica*. La surface moyenne échantillonnée par chiffonnette était de 7,7 m² ($\sigma = 2,3$) et de 7,8 m² ($\sigma = 2,9$) pour les salles respectivement considérées non contaminées et contaminées par les salmonelles. Ces surfaces ne différaient pas significativement entre les deux catégories de salles ($p > 0,05$).

Parmi les 66 salles, 19,7% [10,1 ;29,3] IC 95% se sont révélées contaminées par les salmonelles à l'issue des opérations hygiéniques et avant l'entrée des porcs. Au total quatre sérotypes ont été identifiés. Le sérotype le plus fréquemment isolé était *Salmonella* Typhimurium comme indiqué figure 1.

Figure 1

**Fréquence d'isolement des sérotypes de *Salmonella enterica*
dans l'environnement des porcs avant l'entrée des animaux dans la salle**
(n=66 salles, avril 2003-septembre 2005)



Les variables explicatives retenues au terme de l'analyse bivariée comme associées au statut de contamination de la salle vis-à-vis des salmonelles à la suite des phases de nettoyage désinfection et avant l'entrée des animaux sont données au tableau 1.

Compte tenu de la forte colinéarité entre le type de matériau des murs de la salle et le degré de rugosité des murs ($p < 0,05$), la première variable a été écartée de la suite de l'analyse. Parmi cinq facteurs sélectionnés au cours de cette première étape d'analyse statistique, trois facteurs ont été retenus dans le modèle d'analyse multivariée comme statistiquement associés avec le statut de

contamination de la salle. Les facteurs de risque significatifs obtenus sont présentés au tableau 2.

L'absence de vidange de la fosse pendant les opérations de nettoyage désinfection augmente le risque que la salle soit décelée contaminée ($p < 0,10$, $RR = 3,2$). L'entrée du personnel de l'élevage dans la salle pendant la période de vide sanitaire multiplie par 6 le risque que la salle soit contaminée par les salmonelles. Des parois jugées très rugueuses constituent un troisième facteur associé à la présence de salmonelles dans la salle après les opérations de nettoyage désinfection.

Tableau 1

Définition et distribution des variables explicatives retenues au terme de l'analyse bivariée
(66 salles d'élevage, France, 2003-2005)

Libellé des variables	Répartition des salles (%)	Fréquence de salles décelées contaminées par <i>Salmonella enterica</i> (%)	p
Etat de siccité du sol de la salle lors de la visite			0,20
• Sec	83,3	16,4	
• Humide	16,7	36,4	
Vidange de la fosse de la salle pendant le protocole nettoyage désinfection			0,06
• Oui (partiellement ou totalement)	62,1	12,2	
• Non	37,9	32,0	
Entrée du personnel de l'élevage dans la salle pendant le vide sanitaire			0,01
• Non	46,9	6,5	
• Oui	53	31,4	
Degré de rugosité des murs			0,01
• Lisse	34,9	8,7	
• Rugueux	51,5	17,6	
• Très rugueux	13,6	55,6	
Présence de matières fécales dans les cases (observées par l'enquêteur lors des prélèvements)			0,18
• Oui	39,4	11,5	
• Non	60,6	25,0	
Matériaux de constitution des murs			0,09
• Brique	16,7	9,1	
• Enduit ciment	46,9	29	
• Fibrociment	7,6	40	
• Panneau en béton	28,8	5	

Tableau 2
Variables retenues dans le modèle logistique final
(n = 66 élevages, Avril 2003 - Septembre 2005)

Variables	Régression logistique ¹			
	OR ²	IC ³ (90%)	RR ⁴	IC (90%)
Vidange de la fosse pendant le protocole nettoyage désinfection				
• Oui	1,0	-	1,0	-
• Non	3,9	1,1-13,6	3,2	1,4-7,3
Entrée du personnel de l'élevage dans la salle pendant le vide sanitaire				
• Non	1,0	-	1,0	-
• Oui	8,5	1,9-38,5	6,1	1,8-20,1
Degré de rugosité des murs				
• Lisse	1,0	-	1,0	-
• Rugueux	2,3	0,5-10,6	2,1	0,6-7,4
• Très rugueux	12,4	1,9-76,7	6,1	1,8-20,7

1 : Modèle de régression logistique : constante = -1,57, déviance du modèle = 7,07, ddl du modèle = 5.

2 : Odds Ratio

3 : Intervalle de Confiance

4 : Risque relatif selon la méthode de Beaudou et Fourichon [1998].

IV – DISCUSSION

Dans notre enquête, les données ont été collectées par trois enquêteurs. Lorsque plusieurs enquêteurs participent au recueil des données, des variations inter observateurs sont notées [Petersen *et al.*, 2004]. Afin de standardiser les méthodes de collecte des informations, des séances de formation des personnes impliquées ont été effectuées avant le début de l'étude et devaient conduire à une réduction des biais dus aux enquêteurs. Le statut de contamination des salles d'élevage après les opérations de nettoyage-désinfection et avant l'introduction d'un nouveau lot de porcs a été évalué par une méthode de prélèvement de surface au moyen de chiffonnettes. Les salmonelles étant des entérobactéries qui survivent dans les conditions d'ambiance des salles d'élevage, la technique de chiffonnage de surfaces se révèle être une méthode appropriée à la recherche de salmonelles dans les salles d'élevage. Ce type de prélèvement a précédemment été utilisé tant en élevage qu'à l'abattoir pour décrire la contamination de cases de porcs par *Salmonella enterica* [Beloeil *et al.*, 2003 ; Beloeil *et al.*, 2004 ; Nollet *et al.*, 2005]. Toutefois, les sites de prélèvement diffèrent selon les études. Nollet *et al.* [2005] ont évalué le statut de salles de

porcs à l'égard des salmonelles à partir d'un échantillon de cases de la salle tandis que Funk *et al.* [2001b] et Beloeil *et al.* [2003] ont effectué des prélèvements dans toutes les cases. Concernant la sensibilité d'une méthode de prélèvement, le choix des sites de prélèvement peut influencer les capacités à détecter la contamination. Dans notre étude, toutes les cases ont fait l'objet d'un prélèvement. Par ailleurs, les sites retenus, *i.e.* les parois des cases et une fraction du sol des cases, sont supposés être les surfaces les plus fréquemment en contact avec les matières fécales des porcs. Ces sites de prélèvement ont également été utilisés lors de précédentes études françaises afin d'évaluer le statut de contamination de salles d'élevages de porcs après les procédures de nettoyage et désinfection [Beloeil *et al.*, 2003; Beloeil *et al.*, 2004]. Les biais de classement des statuts de contamination résiduelle des salles ont ainsi été minimisés. D'autre part, la surface échantillonnée par chiffonnette ne différait pas significativement entre les cases identifiées contaminées et non contaminées.

A l'issue des procédures de nettoyage-désinfection et du vide sanitaire, la présence de salmonelles a été décelée pour 19,7% des

salles. L'échantillon d'étude n'étant pas constitué à partir d'une sélection aléatoire des élevages, le résultat doit être interprété avec prudence. La contamination de salles de maternité, de post-sevrage et d'élevage à l'égard des salmonelles après les procédures de nettoyage et désinfection et/ou avant l'introduction d'une bande de porcs a été décrite dans le cadre d'études longitudinales [Funk *et al.*, 2001b ; Beloeil *et al.*, 2003 ; Beloeil *et al.*, 2004 ; Nollet *et al.*, 2005]. Toutefois, les fréquences de contamination sont rarement mentionnées. Beloeil *et al.* [2004] qui ont travaillé sur un échantillon de 105 salles d'élevage ont identifié la présence de salmonelles dans 33,3 % des locaux après l'application des protocoles de nettoyage-désinfection et avant l'introduction de porcs. Une hypothèse d'explication de la différence en terme de taux de positivité entre les résultats de cette étude et notre travail peut être liée à la plus faible taille de notre échantillon (66 élevages) qui a conduit à limiter la précision de l'estimation. Néanmoins, la détection de salmonelles dans une proportion non négligeable d'élevages indique que le cycle d'infection peut être entretenu au sein d'un élevage.

Plusieurs sérotypes ont pu être isolés à partir des prélèvements effectués dans les salles après les phases hygiéniques. Les sérotypes les plus fréquemment isolés étaient *Salmonella* Typhimurium et *Salmonella* Derby qui représentaient respectivement 61,5% et 15,4% des sérotypes isolés. Ces sérotypes sont également décrits comme les plus fréquents lors d'études réalisées en France [Beloeil, 1999 ; Beloeil, 2004] et dans d'autres pays européens [Lo Fo Wong et Hald, 2000 ; Nollet *et al.*, 2004] ainsi qu'en Amérique du Nord [Davies *et al.*, 1997b ; Letellier *et al.*, 1999 ; Funk *et al.*, 2001b].

Le niveau de rugosité des parois des salles est associé au statut de contamination des salles après les opérations de nettoyage-désinfection et avant l'introduction d'une bande de porcs en croissance. Une enquête menée dans des salles de post-sevrage après nettoyage et désinfection a montré que le nombre de bactéries retrouvées sur des parois considérées « lisses » était inférieur à celui de surfaces qualifiées de rugueuses [Madec *et al.*, 1999]. Dans notre étude, le degré de rugosité des parois était lié au type de matériau. En effet, les surfaces recouvertes de béton étaient

plus fréquemment considérées rugueuses. Les matériaux rugueux étant plus difficiles à nettoyer soigneusement, nous pouvons supposer que les salmonelles peuvent persister dans des résidus de matières organiques incrustés dans les anfractuosités des parois. Les résultats permettent de mettre en évidence que les matériaux de construction des salles d'élevage contribuent au succès des opérations de décontamination des locaux.

L'évacuation du lisier pendant les étapes de nettoyage de la salle est un deuxième point mis en évidence afin de prévenir la contamination des salles par les salmonelles. Plusieurs travaux indiquent que les salmonelles peuvent survivre pendant plusieurs semaines dans le lisier [Jones, 1976 ; Ajariyakhajorn *et al.*, 1997]. Fablet *et al.* [2005] ont identifié des salmonelles dans du lisier de porcs stocké sous les animaux. Au regard de ces données, du lisier contaminé stocké sous les caillebotis peut *via* les aérosols contribuer à la recontamination des surfaces.

Enfin, l'importance de l'application de mesures de biosécurité est soulignée dans ces travaux. Le risque qu'une salle soit déclarée positive est augmenté lorsque le personnel entre dans la salle pendant la période de vide sanitaire. Même si les opérations de décontamination des locaux sont soigneusement effectuées, une re-contamination peut survenir lors de l'entrée du personnel de l'élevage dans la salle. Les hommes *via* les cottes, bottes et autres équipements contaminés peuvent être à l'origine de la dissémination de salmonelles au sein d'un élevage. L'application des mesures de biosécurité strictes a été décrite dans la littérature comme un facteur protecteur du statut de contamination des porcs par les salmonelles et elles sont plus généralement recommandées pour prévenir l'introduction de pathogènes [Funk *et al.*, 2001a ; Lo Fo Wong *et al.*, 2004].

Au regard des résultats obtenus, il apparaît qu'au delà des opérations de nettoyage-désinfection en tant que telles, le type et la qualité intrinsèque des matériaux de construction des bâtiments et la gestion de la salle après désinfection contribuent au succès des opérations de décontamination des locaux et permettent plus généralement de rompre le cycle de contamination inter bandes.

BIBLIOGRAPHIE

- Ajariyakhajorn C., Goyal S.M., Robinson R.A., Johnston L.J., Clanton C.A. - The survival of *Salmonella Anatum*, pseudorabies virus and porcine reproductive and respiratory syndrome virus in swine slurry. *Microbiol.*, 1997, **20**, 365-369.
- Beaudeau F., Fourichon C. - Estimating Relative Risk of disease from outputs of logistic regression when the disease is not rare. *Prev. Vet. Med.*, 1998, **36**, 243-256.
- Beloil P.A., Eveno E., Gerault P., Fravallo P., Rose V., Rose N., Madec F. - An exploratory study about contamination of pens of finishing pigs by ubiquitous *Salmonella*. Proceedings of the Third International Symposium of the Epidemiology and Control of *Salmonella* in Pork, Washington, D.C., USA, 5-7th August 1999, 101-105.
- Beloil P.A., Chauvin C., Proux K., Rose N., Queguiner S., Eveno E., Houdayer C., Rose V., Fravallo P., Madec F. - Longitudinal serological responses to *Salmonella enterica* of growing pigs in a subclinically infected herd. *Prev. Vet. Med.*, 2003, **60**, 207-226.
- Beloil P.A., Fravallo P., Fablet C., Jolly J.P., Eveno E., Hascoet Y., Chauvin C., Salvat G., Madec F. - Risk factors for *Salmonella enterica subs. enterica* shedding by market-age pigs in French farrow-to-finish herds. *Prev. Vet. Med.*, 2004, **63**, 103-120.
- Berends B.R., Urlings H.A.P., Snijders J.M., Van Knapen F. - Identification and quantification of risk factors in animal management and transport regarding *Salmonella* spp. in pigs. *Int. J. Food Microbiol.*, 1996, **30**, 37-53.
- Berends B.R., van Knappen F., Snijders J.M.A., Mossel D.A.A. - Identification and quantification of risk factors regarding *Salmonella* spp. on pork carcasses. *Int. J. Food Microbiol.*, 1997, **36**, 199-206.
- Berends B.R., van Knapen F., Mossel D.A., Burt S.A., Snijders J.M. - Impact on human health of *Salmonella* spp. on pork in the Netherlands and the anticipated effects of some currently proposed control strategies. *Int. J. Food Microbiol.*, 1998, **44**, 219-229.
- Botteldoorn N., Heyndrickx M., Rijpens N., Grijspeerd K., Herman L. - *Salmonella* on pig carcasses: positive pigs and cross contamination in the slaughterhouse. *J. Appl. Microbiol.*, 2003, **95**, 891-903.
- Davies P.R., Morrow W.E., Jones F.T., Deen J., Fedorka-Cray P.J., Gray J.T. - Risk of shedding *Salmonella* organisms by market-age hogs in a barn with open-flush gutters. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 1997a, **210**, 386-389.
- Davies P.R., Morrow W.E., Jones F.T., Deen J., Fedorka-Cray P.J., Haries I.T. - Prevalence of *Salmonella* in finishing swine raised in different production systems in North Carolina, USA. *Epidemiol. Infect.*, **119**, 1997b, 237-244.
- Delmas G., Gallay A., Espié E., Haeghebaert S., Pihler M., Weill F.X., De Valk H., Vaillant V., Désenclos J.C. - Les toxico-infections alimentaires collectives en France entre 1996 et 2005. *B.E.H.*, 2006, **51-52**, 418-422.
- Fablet C., Fravallo F., Jolly J.P., Robinault C., Madec F. - A field study of *Salmonella enterica* contamination of finishing pig slurry in France. ISAH Congress, Varsovie, Pologne, 2005, **2**, 273-275.
- Frenzen P.D., Buzby J.C., Roberts T. - An update estimate of the economic costs of human illness due to foodborne *Salmonella* in the United States. Proceedings of the Third International Symposium on the Epidemiology and Control of *Salmonella* in Pork, Washington, D.C., USA, 5-7 August 1999, 215-218.
- Funk J.A., Davies P.R., Gebreyes W.A. - Risk factors associated with *Salmonella enterica* prevalence in three-site production systems in North Carolina, USA. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.*, 2001a, **114**, 335-338.
- Funk J.A., Davies P.R., Nichols M.A. - Longitudinal survey of *Salmonella enterica* on growing pigs reared in multiple-site swine production systems. *Vet. Microbiol.*, 2001b, **83**, 45-60.
- Funk J.A., Gebreyes W.A. - Risk factors associated with *Salmonella* prevalence on swine farms. *J. Swine H. Prod.*, 2004, **12**, 246-251.

- Hald T., Wegener H.C. - Quantitative assessment of the sources of the human salmonellosis attributable to pork. Proceedings of the Third International Symposium on the Epidemiology and Control of *Salmonella* in Pork, Washington, D.C., USA, 5-7 August 1999, 200-205.
- Hosmer D.W., Lemeshow S. - Applied Logistic Regression, 307 pages, New York, 1989.
- ITP - Le porc par les chiffres, 47 pages, Ed. Institut Technique du Porc, Paris, 2000.
- Jones P.W. - The effect of temperature, solids content and pH on the survival of *Salmonellas* in cattle slurry. *Br. Vet. J.*, 1976, 132-284.
- Leontides L. S., Grafanakis E., Genigeorgis C. - Factors associated with the serological prevalence of *Salmonella enterica* in Greek finishing swine herds. *Epidemiol Infect.*, 2003, 131, 599-606.
- Letellier A., Messier S., Paré J., Ménard J., Quessy S. - Distribution of *Salmonella* in swine herds in Québec. *Vet. Microbiol.*, 1999, 67, 299-306.
- Lo Fo Wong D.M.A. and Hald T. - *Salmonella* in pork (SALINPORK): pre-harvest and harvest control options based on epidemiologic, diagnostic and economic research. Final report of the European Commission of Project FAIR1 CT95-0400, 2000, 251 pages.
- Lo Fo Wong D.M.A., Dahl J., Stege H., van der Wolf P. J., Leontides L., von Altröck A., Thorberg B.M. - Herd-level risk factors for subclinical *Salmonella* infection in European finishing-pig herds. *Prev. Vet. Med.*, 2004, 62, 253-266.
- Madec F., Humbert F., Salvat G., Maris P. - Measurement of the residual contamination of post-weaning facilities for pigs and related risk factors. *J. Vet. Med. B*, 1999, 46, 37-45.
- Mc Cullagh P., Nelder J.A. - Log likelihood for binomial data. *In: Generalized Models*, Chapman and Hall (Ed.), London, 1989, 114-119.
- Nollet N., Maes D., De Zutter L., Duchateau L., Houf K., Huysmans K., Imberechts H., Geers R., de Kruif A., Van Hoof J. - Risk factors for the herd-level bacteriologic prevalence of *Salmonella* in Belgian slaughter pigs. *Prev. Vet. Med.*, 2004, 65, 63-75.
- Nollet N., Houf K., Dewulf J., Duchateau L., De Zutter L., De Kruif A., Maes D. - Distribution of *Salmonella* strains in farrow-to-finish pig herds: A longitudinal study. *J Food Prot.*, 2005, 68, 2012-2021.
- Petersen H.H., Enoe C., Nielsen E.O. - Observer agreement on pen level prevalence of clinical signs in finishing pigs. *Prev. Vet. Med.*, 2004, 64, 147-156.
- Popoff M.Y., Le Minor L. - Antigenic formulas of the *Salmonella* serovars. 8 pages, Ed. Institut Pasteur, Paris, 1997.
- SAS Institute Inc. - SAS/STAT User's Guide. Version 8, Ed. Cary, NC, 2001.
- Schwartz K.J. - Salmonellosis. *In: Diseases of Swine*. Straw B., Mengeling W., D'Allaire S., Taylor D. (Ed.), Ames, Iowa, 1999, 535-551.
- Swanenburg M., Berends B.R., Urlings H.A.P., Sniijders J.M.A., van Knappen F. - Epidemiological investigations into sources of *Salmonella* contamination of pork. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.*, 2001, 114, 356-359.
- Thomas P. Cleansing and disinfection of pig housing. *Pig News Inf.*, 1982, 3, 157-160.
- Van der wolf P.J., Bongers J.H., Elbers A.R., Franssen F.M., Hunneman W.A., van Exsel A.C.A., Tielen M.J. - *Salmonella* infections in finishing pigs in The Netherlands: bacteriological herd prevalence, serogroup and antibiotic resistance of isolates and risk factors for infection. *Vet. Microbiol.*, 1999, 67, 263-275.
- Van der Wolf P.J., Wolbers W.B., Elbers A.R., van der Heijden H.M., Koppen J.M., Hunneman W.A., van Schie F.W., Tielen M.J. - Herd level husbandry factors associated with the serological *Salmonella* prevalence in finishing pig herds in the Netherlands. *Vet. Microbiol.*, 2001, 78, 205-219.



Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier les éleveurs et leurs structures pour la participation à l'étude ainsi que l'AFSSET et le programme « Porcherie Verte » (INRA et ADEME) pour le soutien financier.