

INFLUENCE DE L'EFFICACITE DE LA DECONTAMINATION DES SALLES D'ELEVAGE SUR LA PREVALENCE DE PORTAGE DE SALMONELLA DANS LES LOTS DE PORCS CHARCUTIERS ISSUS D'UN TROUPEAU NAISSEUR-ENGRAISSEUR *

Amandine Lurette¹, Catherine Belloc¹, Suzanne Touzeau²,
Thierry Hoch¹, Henri Seegers¹ et Christine Fourichon¹

RESUME : La maîtrise du portage de Salmonella est une des préoccupations majeures de la filière porcine notamment depuis l'adoption de la directive européenne de 2004 sur les zoonoses. La prévalence d'animaux porteurs asymptomatiques en fin d'engraissement est un point critique pour la propagation de Salmonella dans la chaîne d'abattage et la contamination des produits porcins. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet de conduites d'élevage et de la qualité du nettoyage-désinfection sur la prévalence de portage des porcs charcutiers au départ à l'abattoir. Nous avons développé un modèle mathématique pour simuler à la fois, la dynamique des populations de truies et de porcs dans un élevage naisseur-engraisseur, la gestion de la conduite en bandes par l'éleveur et la propagation des salmonelles. La transmission entre animaux dépend du niveau de contamination du sol des salles de l'élevage dans lesquelles les animaux se succèdent. Cette contamination est liée au nombre d'animaux infectés qui excrètent dans ces salles et à la qualité du nettoyage-désinfection. Plusieurs scénarios combinant différentes valeurs d'efficacité du nettoyage-désinfection avec deux types de conduites en bande, avec et sans mélange de bandes en fin d'engraissement, ont été testés. Dans nos résultats, la séroprévalence dans les lots de porcs charcutiers au départ à l'abattoir est significativement plus élevée avec une diminution de l'efficacité du nettoyage-désinfection. Les valeurs de séroprévalence dans les lots de porcs charcutiers sont proches pour des efficacités de décontamination situées entre 99,9 et 90% quelle que soit la conduite testée. Une efficacité de décontamination de 80% est associée à une séroprévalence très élevée. Ce niveau est plus fort dans le cas d'une conduite avec mélange de bandes en fin d'engraissement. Les résultats montrent que, une fois la bactérie installée dans le troupeau, le respect des pratiques d'hygiène permet de maintenir la prévalence de l'infection à un niveau faible.

Mots-clés : Salmonella, modèle, pratiques d'hygiène.

SUMMARY : The control of Salmonella carriers has been a major objective of the pork industry, particularly since the new European regulation on zoonosis was adopted in 2004. The prevalence of asymptomatic carrier pigs at slaughter age is a critical point in the contamination of the food chain. The objective of this study was to assess the effect of herd management and of the efficacy of cleaning-disinfecting procedures on the prevalence of carriers in groups of pigs delivered to the slaughterhouse. We developed a stochastic mathematical model to simulate the dynamics of the pig population, herd management and Salmonella transmission within a farrow-to-finish herd. Transmission between pigs is contingent on the contamination level of the pen floor on which the animals are reared. This contamination level is related to the number of shedder pigs in the pen and to the efficacy of the cleaning-disinfecting procedures. Several scenarios combining various levels of efficacy in the cleaning-disinfecting procedures with two types of batch management systems and with or without batch mixing at the end of the finishing period were tested.

* Texte de la conférence présentée lors de la Journée AEEMA, 31 mai 2007

¹ UMR Gestion de la Santé Animale, ENVN-INRA, Nantes, France

² UR Mathématiques et Informatiques Appliquées, INRA, Jouy-en-Josas, France

The Salmonella seroprevalence in groups of pigs at slaughter was significantly higher whenever the efficacy in cleaning-disinfecting was lower. The levels of seroprevalence in groups of pigs at slaughter were close for cleaning-disinfecting efficacies between 99.9% and 90%, whatever the batch management tested. The seroprevalence increased significantly with a decontamination rate of only 80%. This increase was higher when this low level of efficacy was combined with herd management involving batch mixing rather than straight batch management. Our results suggest that implementation of strict hygiene can effectively keep the prevalence of Salmonella infection at a low level.

Keywords : Salmonella, model, hygienic practices.



I - INTRODUCTION

Les salmonelles ont été à l'origine d'environ 90 000 cas de toxi-infections alimentaires recensés en Europe en 2006 [EnterNet, 2006]. Les produits porcins, après les ovoproduits et la viande de volaille, sont une des sources majeures de salmonelloses humaines en Europe [Anonyme, 2006]. La nouvelle réglementation européenne N° EC 2160/2003 concernant la maîtrise des salmonelles oblige les Etats Membres à mettre en place des mesures visant à réduire la prévalence de ces bactéries dans leur filière de viande porcine.

Plusieurs pays ont anticipé cette réglementation par la mise en place de plans de maîtrise incluant des mesures visant à prévenir l'introduction de salmonelles dans les troupeaux et leur transmission au sein d'un troupeau [Anonyme, 2006]. Les animaux infectés ne présentent aucun signe clinique et excrètent la bactérie dans leur environnement. Ils sont responsables de la contamination d'animaux sensibles dans le troupeau, durant le transport, sur les quais d'attente à l'abattoir et des carcasses durant les étapes d'abattage et de transformation [Berends *et al.*, 1997 ; Botteldoorn *et al.*, 2003 ; Beloeil *et al.*, 2004]. Les éleveurs doivent donc réduire la prévalence des porcs porteurs à l'âge d'abattage afin de limiter la contamination de la filière.

A l'échelle du troupeau, des études épidémiologiques ont montré que les mesures de maîtrise des salmonelles visant à réduire l'exposition des animaux à la bactérie peuvent limiter la transmission intra-troupeau [Dahl *et al.*, 1997]. Les pratiques d'hygiène combinées avec une conduite en bandes sont associées à un risque moindre de détecter des animaux porteurs de salmonelles à l'abattoir [SalinPork, 2000]. La conduite en bandes correspond à la mise en lots de taille égale, appelés bandes,

d'animaux de même âge ou dans le même stade physiologique. Cette conduite induit une structure de contact particulière puisque les animaux d'âges différents (issus de bandes différentes) ne se mélangent pas. Les animaux d'une même bande entrent et sortent d'une salle en une seule fois. La salle est alors nettoyée, désinfectée et une période de vide sanitaire est réalisée. Les processus de nettoyage et de désinfection ont été mis en évidence comme facteurs permettant de réduire le nombre d'animaux porteurs de salmonelles à l'abattoir [Beloeil *et al.*, 2003]. Cependant, la présence de bactéries résiduelles après un nettoyage est un facteur de risque de propagation de l'infection au sein d'un troupeau [Fablet *et al.*, 2006]. En fonction des modalités de mise en œuvre du processus de nettoyage, son efficacité est susceptible de varier d'un élevage à un autre.

La conduite en bandes du troupeau influence la structure de contact entre animaux [Lurette *et al.*, accepté]. Cette conduite devrait donc être considérée puisqu'elle peut induire une modification de la propagation de pathogènes au sein d'une population [Read et Keeling, 2003]. Cependant, les modèles décrivant la propagation des salmonelles au sein d'un troupeau porcin ne représentent pas la conduite en bandes [van der Gaag *et al.*, 2003 ; Ivanek *et al.*, 2004 ; Hill *et al.*, 2007].

L'objectif de cette étude est donc d'élaborer un modèle qui permette de simuler, dans un élevage naisseur-engraisseur, à la fois la dynamique de la population de porcs et la transmission de *Salmonella*. Il permettra d'étudier l'influence de la conduite en bandes et de la qualité du nettoyage-désinfection sur la prévalence de *Salmonella* en sortie d'élevage.

II - MATERIEL ET METHODE

Nous avons développé un modèle stochastique en temps discret avec un pas de temps d'une semaine. La bande est la plus petite unité modélisée. Le modèle prend en compte à la fois la dynamique des populations de porcs et de truies et la transmission des salmonelles au sein d'un troupeau naisseur-engraisseur.

1. DYNAMIQUE DU TROUPEAU

Le système modélisé est un élevage naisseur-engraisseur conduit en sept bandes avec un intervalle de trois semaines entre bandes. Le troupeau est composé de 120 truies. Nous représentons à la fois le cycle de reproduction des truies et la croissance des porcs charcutiers de leur naissance à leur départ pour l'abattoir. Le cycle de reproduction des truies est représenté par la succession des bandes dans trois salles différentes : verraterie, gestation et maternité. La durée dans chacune des salles et le changement de salle sont induits par le stade physiologique des animaux. Le cycle débute en salle de verraterie. La bande y reste quatre semaines. La bande de truies est ensuite transférée en salle de gestation pour 12 semaines. La fin du cycle est réalisée en salle de maternité depuis une semaine avant la mise bas et jusqu'au sevrage des porcelets (cinq semaines en tout). Les truies de la bande sont alors conduites en salle de verraterie pour débiter un nouveau cycle.

La croissance des porcs charcutiers correspond à la succession des bandes dans trois salles spécifiques : maternité (allaitement de quatre semaines), post-sevrage (huit semaines) et engraissement (12 à 16 semaines). Un nettoyage, une désinfection et une période de vide sanitaire d'une semaine sont réalisés dans les salles entre deux bandes successives. L'effectif de chaque bande correspond à la capacité d'une salle. Un taux de mortalité est affecté à la bande de porcs à chaque stade physiologique. Les dates de mortalité sont uniformément réparties tout au long du stade.

Etant donné l'incitation pour l'éleveur de fournir des lots de porcs charcutiers de poids homogène et considérant la variabilité de la vitesse de croissance, une bande part à l'abattoir en plusieurs fois. Les lots au départ à l'abattoir sont composés d'animaux issus de

plusieurs bandes. A chaque pas de temps correspondant à un départ à l'abattoir, soit toutes les deux semaines dans notre modèle, nous avons représenté la mise en lots des porcs charcutiers. La proportion d'une bande qui quitte l'élevage est calculée à partir d'une distribution log-normale de l'âge auquel est atteint le poids d'abattage, qui varie entre les bandes.

Au moment de vider la salle d'engraissement pour le nettoyage-désinfection et le vide sanitaire, il peut rester des porcs avec un poids inférieur au poids d'abattage demandé par l'abatteur. La gestion du départ à l'abattoir est alors différente suivant les choix de l'éleveur. L'éleveur peut choisir : (i) de vendre ces porcs en dehors de la gamme de poids demandée ou (ii) de les conserver dans le troupeau afin de prolonger leur durée de croissance. Ce dernier choix entraîne des adaptations de conduite telles que le mélange de bandes en fin d'engraissement. Les animaux ayant un poids inférieur au poids demandé sont mélangés à ceux de la bande suivante (trois semaines plus jeune) et la salle d'engraissement est vidée.

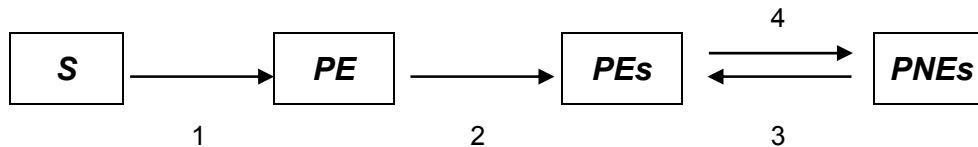
2. DYNAMIQUE D'INFECTION

Chez le porc, le portage de salmonelles est généralement asymptomatique [Berends *et al.*, 1996]. Les animaux infectés ne sont pas détectables par observation. Deux principales méthodes de dépistage ont été développées : la méthode bactériologique sur échantillons de matière fécale met en évidence la présence de bactéries et la méthode sérologique sur sérum met en évidence les anticorps anti-*Salmonella* [Van Winsen *et al.*, 2001]. Le modèle considère une transmission indirecte via l'ingestion de bactéries, excrétées par les porcs infectés et présentes dans l'environnement. La décontamination des salles permet de réduire fortement la quantité de salmonelles mais ne permet pas leur élimination totale. Au sein d'une bande, nous avons considéré une exposition uniforme de tous les animaux. La transmission entre animaux de bandes différentes intervient par le biais (i) de la salle du fait de la présence de salmonelles résiduelles et (ii) d'animaux mélangés à une autre bande et potentiellement excréteurs.

Figure 1

Représentation des états de santé vis-à-vis de l'infection par les salmonelles et des transitions entre états

(S : animaux Sensibles, PE : animaux Porteurs Excréteurs, PEs : animaux Porteurs Excréteurs séroconvertis, PNEs : animaux Porteurs Non-Excréteurs séroconvertis ; 1 : Infection, 2 : Séroconversion, 3 : Arrêt de l'excrétion, 4 : Réactivation de l'excrétion)



L'infection par les salmonelles est représentée par des états de santé vis-à-vis de l'infection et par des transitions entre ces états (figure 1). On distingue quatre états : (i) les animaux Sensibles (S), i.e. les porcs exempts de salmonelles, (ii) les Porteurs Excréteurs (PE), i.e. les porcs infectés par les salmonelles qui excrètent la bactérie et contaminent leur salle, (iii) les Porteurs Excréteurs séroconvertis (PEs), i.e. les animaux porteurs excréteurs qui ont des anticorps anti-*Salmonella* et (iv) les Porteurs Non-Excréteurs séroconvertis (PNEs) i.e. les animaux porteurs de la bactérie mais dont l'excrétion est interrompue et qui présentent les anticorps anti-*Salmonella*. Les animaux PNEs peuvent retrouver l'état PEs si leur excrétion est réactivée.

La quantité de salmonelles dans une salle d'élevage est mise à jour à chaque pas de temps en fonction de la quantité résiduelle et du nombre d'excréteurs dans la salle. A chaque changement de salle, une décontamination de la salle considérée est appliquée. Cela correspond au pourcentage de salmonelles éliminées par les processus de nettoyage-désinfection et de vide sanitaire.

Le modèle a été paramétré de façon à obtenir des prévalences de porteurs (PE, PEs et PNEs) chez les lots de porcs charcutiers compatibles avec les données de la littérature.

3. SCENARIOS TESTES

Plusieurs scénarios ont été testés par simulation. Ils combinent deux types de conduite : la conduite en bandes stricte ou la conduite en bandes avec mélanges d'animaux issus de bandes différentes en fin d'engraissement. Chacune de ces deux conduites est associée à une valeur d'efficacité de décontamination des salles d'élevage.

Quatre valeurs d'efficacité ont été testées : 99,9%, 99%, 90% et 80%. Une efficacité de 99,9% correspond à la meilleure efficacité obtenue en conditions d'élevage [Rajkowski *et al.*, 1998]. L'efficacité de la décontamination peut cependant être réduite par une utilisation non optimale de l'ensemble du processus (par exemple, la température, la concentration du désinfectant, la molécule utilisée). Nous avons choisi de représenter une efficacité de décontamination faible de 80% ainsi que des valeurs intermédiaires. Les différentes combinaisons de conduite et de décontamination possibles représentent huit scénarios.

4. SIMULATIONS

Les résultats du modèle ont été obtenus à partir de 150 simulations réalisées sur une période de 400 semaines pour chacun des scénarios testés. Le modèle a été initialisé par une unique introduction de salmonelles dans l'élevage par le biais de cochettes infectées intégrées dans le troupeau de truies.

Pour chaque simulation, la prévalence de porcs porteurs séroconvertis, excréteurs ou non, dans chaque lot de porcs charcutiers au départ à l'abattoir a été calculée au cours du temps. De plus, le pourcentage de lots de porcs charcutiers avec une séroprévalence supérieure à 40% ($p_{40\%}$) a été calculé. Ces lots sont considérés comme les lots de porcs les plus à risque pour la contamination de la chaîne de production de la viande porcine dans le plan danois [Mousing *et al.*, 1997].

Des analyses statistiques ont été réalisées par ANOVA ($P=0,05$) suivies par un test de Tukey pour comparer les résultats de $p_{40\%}$ obtenus pour chaque efficacité de décontamination pour les deux conduites testées.

III – RESULTATS

Après une unique introduction de salmonelles dans le troupeau, la bactérie s'est installée et a persisté dans les lots de porcs charcutiers envoyés à l'abattoir. Après l'installation des salmonelles dans le troupeau conduit en bandes de manière stricte, la séroprévalence dans les lots de porcs charcutiers a atteint un équilibre apparent pour chaque valeur d'efficacité de la décontamination (figure 2). Des fluctuations ont été observées autour de la valeur de l'équilibre apparent. La séroprévalence moyenne a peu varié pour des valeurs de décontamination situées entre 99,9

et 90% une fois l'équilibre atteint. Cette séroprévalence a varié entre 11 et 16% pour une décontamination située entre 99,9 et 80%.

Pour les deux types de conduite, les valeurs de $p_{40\%}$ obtenues par simulation n'étaient pas significativement différentes pour des valeurs de décontamination de 99 et de 90%.

Pour une efficacité de décontamination égale à 80%, le pourcentage $p_{40\%}$ est plus élevé pour une conduite en bandes strictes (10,1%) que pour une conduite avec mélange de bandes (14,3%).

Figure 2

Séroprévalence dans les lots de porcs charcutiers envoyés à l'abattoir au cours du temps en fonction de quatre valeurs d'efficacité de la décontamination des salles pour une conduite des animaux en bandes stricte
(moyenne sur 150 simulations)

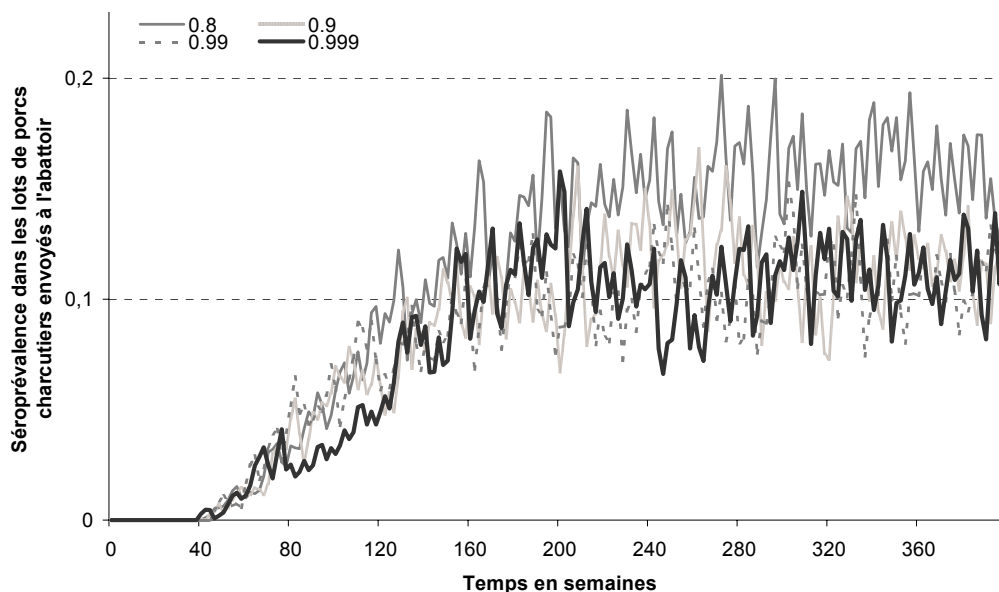
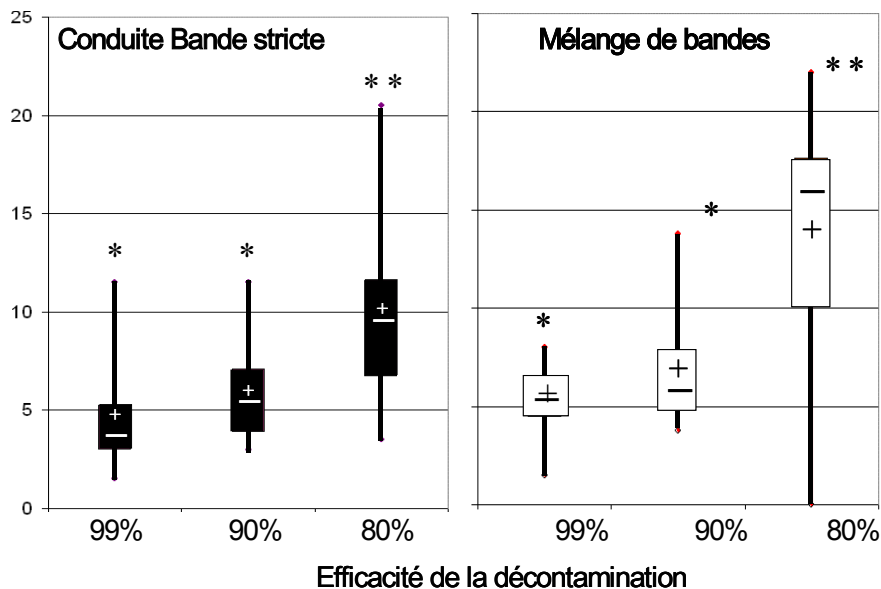


Figure 3

Pourcentage de lots de porcs charcutiers avec une séroprévalence supérieure à 40% en fonction de la conduite et des valeurs d'efficacité de la décontamination des salles
(moyenne sur 150 simulations)



IV – DISCUSSION

Le modèle développé représente à la fois la conduite du troupeau par l'éleveur et la transmission des salmonelles au sein de ce troupeau. Ce modèle a permis de tester l'influence de la conduite et de la décontamination des salles sur la prévalence des salmonelles chez les porcs charcutiers au départ à l'abattoir. Ce modèle permet de comparer l'effet de mesures en tenant compte à la fois du statut des animaux vis-à-vis de l'infection par les salmonelles et de la production des porcs charcutiers.

Les résultats de cette étude montrent qu'une seule introduction de salmonelles dans un troupeau indemne peut entraîner l'installation de la bactérie dans toutes les catégories d'animaux du troupeau et sa persistance dans les lots de porcs charcutiers envoyés à l'abattoir.

Cependant, le respect des pratiques d'hygiène telles que la conduite en bandes stricte et la décontamination des salles permet de maintenir la séroprévalence dans les lots de porcs charcutiers livrés à l'abattoir à un niveau

faible. La mise en œuvre d'une conduite en bandes stricte est d'autant plus nécessaire lorsque la décontamination des salles d'élevage est mauvaise.

La conduite avec mélange de bandes en fin d'engraissement permet de réduire le pourcentage de porcs envoyés à l'abattoir en-dessous du poids demandé par l'abatteur [Lurette *et al.*, accepté]. Cette conduite est fréquemment rencontrée en élevages producteurs de porcs charcutiers (Hébert, 2006). Cette conduite ne modifie pas les valeurs de séroprévalence dans les lots de porcs charcutiers quand la décontamination des salles est efficace (entre 90 et 99,9%).

Actuellement, l'éleveur privilégie le paiement de ses porcs charcutiers plutôt que leurs statuts vis-à-vis de l'infection par les salmonelles. Dans l'hypothèse où des pénalités financières seraient appliquées sur les lots de porcs charcutiers fortement contaminés, il est possible que les éleveurs changent leurs priorités.

Les priorités peuvent aussi dépendre de l'historique du troupeau vis-à-vis d'infections diverses. En effet, l'éleveur peut favoriser le respect des recommandations des pratiques d'hygiène si il a déjà dû faire face à des pertes (performances zootechniques et/ou financières) liées à la propagation d'une infection dans son troupeau.

Une conduite en bandes stricte et une décontamination des salles efficace semblent aussi essentielles pour la maîtrise d'autres agents pathogènes.

Les données concernant l'efficacité des processus de nettoyage et de désinfection sont peu renseignées dans la littérature. Des

données supplémentaires seront nécessaires afin d'améliorer l'estimation de la variabilité de l'efficacité de la décontamination des salles en conditions d'élevage.

Les pratiques d'hygiène qui réduisent le contact des porcs avec la bactérie, ne permettent cependant pas de réduire la prévalence de l'infection avec les valeurs testées dans cette étude. Dans une perspective de maîtrise du portage de salmonelles chez le porc charcutier, il serait intéressant d'associer ces pratiques à des mesures permettant d'augmenter la résistance des porcs vis-à-vis de l'infection.

BIBLIOGRAPHIE

- Anonyme - Opinion of the Scientific Panel on Biological Hazards on "Risk assessment and mitigation options of *Salmonella* in pig production, European Food Safety Authority. *The EFSA Journal*, 2006, **341**, 1-131.
- Beloil P.A., Chauvin C., Proux K., Madec F., Fravallo P., Alioum A. - Impact of the *Salmonella* status of market-age pigs and the preslaughter process on the *Salmonella* caecal contamination at slaughter. *Vet. Res.*, 2004, **35**, 5, 513-530.
- Beloil P.A., Fravallo P., Fablet C., Jolly J.P., Eveno E., Hascoet Y., Chauvin C., Salvat G. and Madec F. - Risk factors for *Salmonella enterica* subsp *enterica* shedding by market-agepigs in French farrow-to-finish herds. *Prev. Vet. Med.*, 2004, **63**(1-2), 103-120.
- Berends B.R., Urlings H.A.P., Snijders J.M.A., Van Knapen F. - Identification and quantification of risk factors in animal management and transport regarding *Salmonella* spp. In pigs International. *J.Food Microbiol.*, 1996, **30**, 37-53.
- Berends B. R., van Knapen F., Snijders J.M., Mossel D.A. - Identification and quantification of risk factors regarding *Salmonella* spp. on pork carcasses. *Int. J. Food Microbiol.*, 1997, **36**, 199-206.
- Botteldoorn N., Heyndrickx M., Rijpens N., Grijspeerdt K., Herman L. - *Salmonella* on pig carcasses: positive pigs and cross contamination in the slaughterhouse. *J. App. Microbiol.*, 2003, **95**, 891-903.
- Dahl J., Wingstrand A., Nielsen B., Baggesen D.L. - Elimination of *Salmonella* Typhimurium infection by the strategic movement of pigs. *Vet. Res.*, 1997, **28**, 679-681.
- EnterNet – <http://www.enternet.com/>; Site officiel EnterNet : réseau européen de surveillance des salmonelloses humaines, 2006.
- Fravallo P., Cariolet R., Proux K., Salvat G. - Le portage asymptomatique de *Salmonella enterica* par les porcs : résultats issus de la constitution d'un modèle en conditions expérimentales. *Compte-rendus des Journées de la Recherche Porcine*, 2003, **35**, 393-400.
- Hill A.A, Snary E.L, Arnold M.E., Alban L., Cook A.J.C. - Dynamics of *Salmonella* transmission on a British pig grower-finisher farm: a stochastic model. *Epidemiol. Infect.*, 2007, 1-14.
- Hébert H.- Modalités de conduite en bandes en élevage porcin : effets sur les contacts entre animaux. Thèse vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes, 27 Octobre 2006.
- Ivanek R., Snary E.L., Cook A.J., Grohn Y.T. - A mathematical model for the transmission of *Salmonella* Typhimurium within a grower-finisher herd in Great Britain. *J. Food Protect.*, 2004, **11**, 2403-2409.

- Kranker S., Alban L., Boes J., Dahl J. - Longitudinal study of *Salmonella enterica* serotype Typhimurium infection in three Danish farrow-to-finish swine herds. *J. Clinical Microbiol.*, 2003, **41**, 2282-2288.
- Lurette A., Belloc C., Touzeau S., Hoch T., Seegers H., Fourichon C. - Modelling batch farrowing management within a farrow-to-finish pig herd: influence of management on contact structure and pig delivery to the slaughterhouse. Accepted in *Animal*.
- Mousing J., Thode Jensen P., Halgaard C., Bafer F., Field N.J., Nielsen B., Nielsen J.P., Bech-Nielsen S. - Nation-wide *Salmonella enterica* surveillance and control in Danish slaughter swine herds. *Prev. Vet. Med.*, 1997, **29**, 247-261.
- Nielsen B., Baggesen D., Bager F., Haugegaard J., Lind P. - The serological response to *Salmonella* serovars typhimurium and infantis in experimentally infected pigs. The time course followed with an indirect anti-LPS ELISA and bacteriological examinations. *Vet. Microbiol.*, 1995, **47**, 205-218.
- Read J.M., Keeling M.J. - Disease evolution on networks: the role of contact structure. *Proceedings of the Royal Society of London*, 2003, **270**, 699-708.
- SalinPork - Pre-harvest and harvest control options based on epidemiologic, diagnostic and economic research. D.M.A. Lo FoWong and T. Hald, eds. (2000), 266pp.
- van der Gaag M.A., Vos F., Saatkamp H.W., van Boven M., van Beek P., Huirne R.B.M. - A state-transition simulation model for the spread of *Salmonella* in the pork supply chain. *Eur J Oper Res.*, 2004, **3**, 782-798.
- Van Winsen R.L., van Nes A., Keuzenkamp D., Urlings H.A.P., Lipman L.J.A., Biesterveld S., Snijders J.M.A., Verheijden J.H.M., van Knapen F. - Monitoring of transmission of *Salmonella enterica* serovars in pigs using bacteriological and serological detection methods. *Vet. Microbiol.*, 2001, **80**, 267-274.

