



HAL
open science

Étude exploratoire par simulation de l'effet de mesures de maîtrise sur le portage de salmonelles chez le porc charcutier

Amandine Lurette, Catherine C. Belloc, Suzanne Touzeau, Thierry Hoch, Henri H. Seegers, Christine Fourichon

► To cite this version:

Amandine Lurette, Catherine C. Belloc, Suzanne Touzeau, Thierry Hoch, Henri H. Seegers, et al.. Étude exploratoire par simulation de l'effet de mesures de maîtrise sur le portage de salmonelles chez le porc charcutier. 40. Journées de la Recherche Porcine, Feb 2008, Paris, France. hal-02752102

HAL Id: hal-02752102

<https://hal.inrae.fr/hal-02752102>

Submitted on 3 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Etude exploratoire par simulation de l'effet de mesures de maîtrise sur le portage de salmonelles chez le porc charcutier

*Amandine LURETTE (1), Catherine BELLOC (1), Suzanne TOUZEAU (2),
Thierry HOCH (1), Henri SEEGERS (1), Christine FOURICHON (1)*

*(1) INRA, UMR708 Gestion de la Santé Animale, ENVN, 44307 Nantes Cedex
(2) INRA, UR341 Mathématiques et Informatique Appliquées, 78352 Jouy-en-Josas Cedex*

lurette@vet-nantes.fr

Etude exploratoire par simulation de l'effet de mesures de maîtrise sur le portage de salmonelles chez le porc charcutier

La maîtrise du portage de *Salmonella* est une des préoccupations majeures de la filière porcine notamment depuis l'adoption de la directive européenne sur les zoonoses. L'objectif de cette étude est de simuler de manière exploratoire, la mise en œuvre de mesures de maîtrise sur le portage de salmonelles chez le porc charcutier au départ pour l'abattoir et d'évaluer l'effet de ces mesures à partir de plusieurs critères. 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. Dans cette étude, le modèle épidémiologique est utilisé pour tester trois niveaux de réduction de la valeur de la probabilité d'infection traduisant l'application d'une mesure. Une mesure dont l'action sur les animaux est temporaire et une autre dont l'action est durable ont été testées sur différentes catégories d'animaux. Trois critères d'évaluation ont été utilisés afin de comparer l'effet de l'application de mesures. Pour ces trois critères, l'application de mesures dont l'action est durable entraîne une diminution plus élevée de la séroprévalence dans les lots de porcs charcutiers qu'une mesure dont l'action n'est que temporaire. L'effet de la mise en œuvre d'une mesure (quelle que soit la durée de son action) diffère si la mesure est appliquée sur les truies ou sur les porcs. Dans une perspective de maîtrise, la détermination d'un critère approprié dépend des objectifs à atteindre dans un contexte donné.

Simulation exploratory study of the effect of control measures on the *Salmonella* carriage in finishing pig

Since the new European regulation dealing with zoonosis, control of *Salmonella* carriage is one of major public concern in pork food chain. The objective of this study was to simulate in an exploratory way, the implementation of control measures of *Salmonella* carriage in groups of slaughter pigs and to assess the effect of these measures from several criteria. We developed a stochastic mathematical model to represent the pig and sow populations within a farrow-to-finish herd, the herd management and the *Salmonella* spread. In this study, the epidemiological was used to test three reduction levels of the infection probability representing the control measure implementation. One measure with action on animals was long-lasting and one with a temporary action was tested on several animal populations. Three assessment criteria were used to compare the effect of control measure implementation. For the three criteria tested, the implementation of control measure with a long-lasting action led to a higher decrease of the seroprevalence in groups of slaughter pigs than a measure with a temporary action. The implementation of a measure (whatever its action duration) differed if it was implemented on sows or on pigs. In a control perspective, the identification of an appropriate criterion depends on objectives to reach in terms of prevalence improvement.

INTRODUCTION

Dans les pays européens, les salmonelles ont été à l'origine d'environ 90 000 cas de toxi-infections alimentaires en 2006 (EnterNet, 2006). Les produits porcins, après les ovoproduits et la viande de volaille, sont une des sources majeures de ces cas de salmonelloses humaines en Europe (Anonyme, 2006). La nouvelle réglementation européenne N° EC 2160/2003 concernant la maîtrise des salmonelles oblige les états 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 porteurs asymptomatiques qui excrètent la bactérie dans leur environnement sont responsables de la contamination d'animaux sensibles dans le troupeau, durant le transport, sur les quais d'attente à l'abattoir, et de la contamination 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 de viande porcine.

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, telle que la conduite en bandes stricte et le nettoyage-désinfection, peuvent limiter la transmission intra-troupeau (Dahl et al., 1997 ; SalinPork, 2000). Des résultats de simulation ont montré que la conduite en bandes stricte permet de maintenir la prévalence de l'infection par les salmonelles à un niveau faible mais ne permet pas de réduire cette prévalence une fois que l'infection est installée dans le troupeau (Lurette et al., 2007b). D'autres mesures doivent donc être envisagées dans une perspective de maîtrise de l'infection. Des mesures visant à augmenter la résistance à l'infection des porcs lors de l'exposition à la bactérie permettent de limiter la propagation des salmonelles au sein d'un troupeau. Ainsi, le rôle protecteur de l'acidification de l'alimentation, de l'utilisation d'antibiotiques, de flore de barrière et de la vaccination ont été soulignés (Berends et al., 1996 ; Schwartz, 1999 ; SalinPork, 2000 ; Beloeil et al., 2004 ; Haesebrouck et al., 2004).

La modélisation est un outil qui permet d'évaluer ex-ante l'effet de la mise en œuvre de mesures existantes ou envisagées. L'objectif de cette étude est de simuler de manière exploratoire, la mise en œuvre de mesures de maîtrise sur le portage de salmonelles chez le porc charcutier au départ pour l'abattoir et d'évaluer l'effet de ces mesures à partir de plusieurs critères.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

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 (Lurette et al., 2007a). 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.

1.1. Dynamique du troupeau

A chaque pas de temps, soit chaque semaine, le modèle calcule l'effectif d'animaux dans chaque bande. Cet effectif est fonction de l'effectif au pas de temps précédent et des flux d'animaux i.e. du nombre d'animaux qui entrent ou qui sortent de la bande entre deux pas de temps successifs. Le cycle de reproduction des truies est représenté par la succession des bandes dans trois stades correspondant à l'occupation de salles spécifiques: la salle de verraterie, la salle de gestation et la salle de maternité. La croissance des porcs est représentée par trois stades successifs qui correspondent à la durée de présence dans trois salles différentes : la période d'allaitement, la période de post-sevrage et la période d'engraissement.

Un vide sanitaire d'une semaine est réalisé dans les salles de maternité, de post-sevrage et d'engraissement entre chaque bande. L'effectif de chaque bande correspond à la capacité d'une salle.

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

Quand la salle d'engraissement doit être vidée afin de réaliser les processus de nettoyage-désinfection et le vide sanitaire, il peut rester des porcs avec un poids inférieur au poids d'abattage demandé par l'abatteur. Des mélanges de bandes en fin d'engraissement peuvent être effectués afin de limiter la vente d'animaux dont le poids est inférieur à celui demandé. Ces mélanges sont réalisés entre animaux issus de bandes successives (trois semaines plus jeunes).

1.2. Dynamique d'infection

Les animaux infectés par des salmonelles excrètent la bactérie dans leur salle d'élevage. Nous représentons une transmission oro-fécale par le biais de l'ingestion de salmonelles présentes dans la salle. Au sein d'une bande, tous les animaux de la salle sont exposés à la même quantité de salmonelles. Entre bandes, la transmission peut intervenir par mélange de bandes ou par la présence de salmonelles résiduelles dans une salle d'élevage.

Quatre états sont décrits d'après la littérature au regard de l'infection par les salmonelles : sensible, noté S ; excréteur PE, après ingestion d'une quantité suffisante de bactéries ; excréteur séropositif PE, après une séroconversion ; et porteur séropositif PNE, quand l'excrétion s'arrête. L'excrétion est intermittente et est en particulier réactivée par des conditions stressantes telles que le sevrage (Figure 1). Les animaux d'une bande sont distribués dans ces quatre états à chaque pas de temps. L'effectif dans chaque état au temps t dépend de l'effectif au temps précédent et des animaux ayant subi une transition au pas de temps considéré.

L'effectif qui passe de l'état S à l'état PE est tiré dans une loi binomiale de probabilité p_1 : la probabilité d'infection. Cette probabilité d'infection est calculée en fonction de la quantité de salmonelles dans la salle d'élevage de la bande considérée au temps t . Elle est décrite par une fonction discontinue possédant un seuil minimal et un seuil maximal entre lesquels, la probabi-

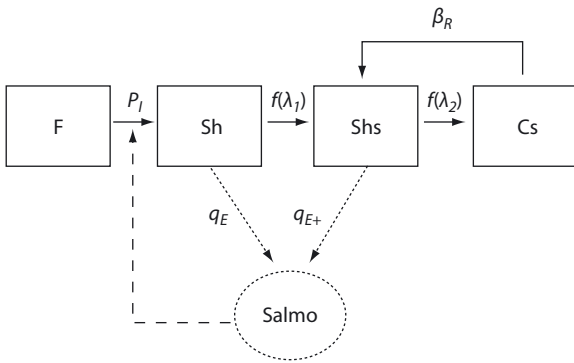


Figure 1 - Représentation des états épidémiologiques et des transitions entre états considérés dans le modèle.

S : Sensible ; PE : porteur excréteur ; PEs : porteur excréteur séropositif ; PNEs : porteur non-excréteur séropositif ; Salmo : quantité de salmonelles dans la salle; p_i : probabilité d'infection ; λ_1 : délai de séroconversion ; λ_2 : durée d'excrétion ; β_R : probabilité de réactivation de l'excrétion ; q_E et q_{E+} : quantité de salmonelles excrétées par un animal excréteur séronégatif et séropositif, respectivement.

lité est proportionnelle à la quantité de salmonelles. Au stade d'allaitement, les porcelets sont considérés moins sensibles à l'infection du fait de la présence d'anticorps maternels protecteurs dans le colostrum qu'ils ingèrent. La transition de l'état PE à l'état PEs dépend du délai de séroconversion λ_1 . L'effectif subsistant cette transition au temps t est tiré aléatoirement dans une loi binomiale de probabilité $1 - \exp(-t/\lambda_1)$. De même, l'effectif qui passe de l'état PEs à PNEs dépend de la durée d'excrétion. Le retour à l'état excréteur séropositif PEs est aussi déterminé par une loi binomiale dont la probabilité β_R est prise plus forte lors du sevrage des porcelets.

A chaque pas de temps, la quantité de salmonelles présentes dans une salle est diminuée d'un facteur de dégradation et augmentée de la quantité excrétée par les animaux excréteurs (séropositifs ou non) de la bande. A chaque changement de salle, 99,9 % des bactéries de la salle sont éliminées. Les paramètres épidémiologiques utilisés dans le modèle ont été identifiés et estimés à partir de la littérature et d'avis d'experts.

2. SIMULATION

2.1. Scénarios testés

Aucune information n'est actuellement disponible quant à l'effet quantifié de la mise en oeuvre de mesures de maîtrise sur le mécanisme d'infection. Dans cette étude, nous avons donc utilisé le modèle épidémiologique de manière exploratoire, c'est-à-dire de manière à déterminer quelles valeurs de paramètres, traduisant la mise en oeuvre d'une mesure, permettent de réduire la prévalence de l'infection chez les porcs charcutiers. Nous avons limité les effets de la mise en oeuvre de mesures sur la dynamique d'infection à leur action sur la probabilité d'infection. Nous avons ici testé trois niveaux de réduction du paramètre p_i par rapport à sa valeur initiale : 25, 50 et 90 %.

Nous avons choisi de représenter la mise en oeuvre d'une mesure dont l'action sur les animaux est temporaire et une autre dont l'action est durable.

Les modifications de p_i associées à une mesure temporaire sont appliquées à différentes catégories d'animaux et durant différentes périodes :

- aux truies durant la période maternité,
- aux porcs durant la période d'engraissement.

Quand les animaux changent de stade de reproduction (truies) ou de croissance (porcs), l'arrêt de la mesure correspond à la réinitialisation du paramètre p_i . Cette mesure pourrait correspondre à la mise en oeuvre d'une acidification de l'alimentation pour les catégories d'animaux considérées.

Nous avons modifié la valeur du paramètre p_i pour représenter l'application d'une mesure durable :

- aux truies dès l'entrée en salle de verrerie,
- aux porcelets dès le début du post-sevrage.

La catégorie d'animaux considérée conserve cette nouvelle valeur jusqu'à sa sortie de l'élevage (mort, réforme ou départ abattoir). Cette mesure pourrait représenter l'application d'un protocole de vaccination chez les truies et chez les porcelets dont l'effet est durable via l'acquisition d'une immunité active.

Différents scénarios représentant la mise en oeuvre de ces deux mesures en élevage ont été testés. Le troupeau est initialement contaminé par les salmonelles avec une séroprévalence moyenne dans les lots de porcs charcutiers égale à 10 %. Toutes les trois semaines, un lot de cochettes infectées, de séroprévalence moyenne 5 %, est introduit dans le troupeau de truies. Pour chaque mesure, les scénarios combinent :

- les catégories d'animaux ciblées (2 pour chacune des mesures),
- les trois niveaux de réduction de p_i et sa valeur par défaut.

Les combinaisons possibles pour les deux mesures, à action temporaire ou durable, représentent 16 scénarios. Pour chacun des scénarios, 150 répétitions ont été réalisées, et la prévalence calculée sur les lots de porcs charcutiers livrés à l'abattoir pendant 400 semaines (soit 200 lots).

2.2. Critères d'évaluation

Plusieurs sorties du modèle sont utilisées afin de comparer l'effet de la mise en oeuvre des mesures en fonction du niveau de réduction de p_i associé et de la catégories d'animaux ciblée par la mesure. Ces sorties sont considérées comme des critères d'évaluation. Dans cette étude, nous avons choisi de tester trois critères différents : (1) la séroprévalence moyenne dans les lots de porcs charcutiers livrés à l'abattoir, (2) le pourcentage de lots de porcs charcutiers livrés à l'abattoir avec une séroprévalence inférieure à 5 % (noté $p_{5\%}$) et (3) le pourcentage de lots de porcs charcutiers livrés à l'abattoir avec une séroprévalence supérieure à 40 % (noté $p_{40\%}$). La valeur moyenne de ces sorties sur les 150 répétitions est calculée.

La prévalence sérologique a été retenue comme indicateurs de portage dans un lot dans la mesure où c'est une méthode déjà utilisée pour certains plans de surveillance. Les valeurs de séroprévalence de 5 et 40 % ont été choisies à partir des seuils utilisés dans le plan danois pour le classement des troupeaux en fonction de leur niveau de contamination (Alban et al., 2002).

Les différentes valeurs des critères obtenues à partir de chaque scénario sont comparées par une analyse de variance ($p < 0,0001$).

3. RÉSULTATS

Une diminution significative de la séroprévalence moyenne est observée pour un niveau de réduction de la probabilité d'infection p_i supérieur ou égal à 25 % lors de la mise en œuvre d'une mesure dont l'action est durable sur les truies et sur les porcelets (Tableau 1). Pour une mesure dont l'action est temporaire, une diminution significative de la séroprévalence n'est observée que lors d'une application sur les porcs en engraissement. Pour une mesure à action durable, la séroprévalence moyenne est divisée par trois pour un niveau de réduction de p_i chez les truies égal à 90 %. La séroprévalence moyenne est divisée par 6 lorsque la mesure est appliquée aux porcelets. L'application d'une réduction de p_i de 90 % de façon temporaire chez les porcs en engraissement entraîne une division par 3 seulement de la valeur de séroprévalence par rapport à sa valeur initiale.

Les résultats sont comparables pour le pourcentage de lots de porcs charcutiers à faible séroprévalence (Tableau 2). Par contre, les résultats obtenus sont différents pour les lots à forte séroprévalence (Tableau 3). Un niveau de réduction de p_i de 25 % est

Tableau 1 - Séroprévalence moyenne dans les lots de porcs charcutiers livrés à l'abattoir en fonction du niveau de réduction de la probabilité d'infection p_i et de la catégorie d'animaux ciblée par la mesure durable ou temporaire mise en œuvre (en gras : valeurs significativement différentes de la valeur initiale).

Catégories d'animaux ciblées par la mesure	% de réduction de la probabilité d'infection			
	0	25	50	90
Mesure Durable				
Truies	16,4	14	11,1	5,7
Porcelets	16,4	9,5	5,6	2,2
Mesure Temporaire				
Truies en maternité	16,4	16,4	16	15,8
Porcs en engraissement	16,4	12,3	8,9	5,6

Tableau 2 - Pourcentage de lots de porcs charcutiers livrés à l'abattoir avec une séroprévalence inférieure à 5 % (p_5) en fonction du niveau de réduction de la probabilité d'infection p_i et de la catégorie d'animaux ciblée par la mesure durable ou temporaire mise en œuvre (en gras : valeurs significativement différentes de la valeur initiale).

Catégories d'animaux ciblées par la mesure	% de réduction de la probabilité d'infection			
	0	25	50	90
Mesure Durable				
Truies	11,2	17,6	25,9	52,3
Porcelets	11,2	26	51,4	91
Mesure Temporaire				
Truies en maternité	11,2	11,6	12,1	12,2
Porcs en engraissement	11,2	18	28,9	50,5

Tableau 3 - Pourcentage de lots de porcs charcutiers livrés à l'abattoir avec une séroprévalence supérieure à 40 % (p_{40}) en fonction du niveau de réduction de la probabilité d'infection p_i et de la catégorie d'animaux ciblée par la mesure durable ou temporaire mise en œuvre (en gras : valeurs significativement différentes de la valeur initiale).

Catégories d'animaux ciblées par la mesure	% de réduction de la probabilité d'infection			
	0	25	50	90
Mesure Durable				
Truies	6,6	6,4	5,4	5,1
Porcelets	6,6	5,1	5	5
Mesure Temporaire				
Truies en maternité	6,6	6,6	6,6	6,4
Porcs en engraissement	6,6	5,1	4,8	3,6

suffisant pour obtenir une diminution significative de ce pourcentage pour les deux types de mesure, quand celles-ci sont appliquées sur les porcelets (mesure à action durable) et sur les porcs en engraissement (mesure à action temporaire). La diminution du pourcentage n'est significative qu'à partir d'un niveau de réduction supérieur ou égal à 90 % quand une mesure durable est appliquée sur les truies. En outre, les niveaux de réduction testés ne permettent pas de diminuer significativement le pourcentage de lots avec une séroprévalence élevée, quand ils sont mis en œuvre de façon temporaire sur les truies.

4. DISCUSSION ET CONCLUSION

Les résultats de cette étude montrent que le modèle développé permet d'explorer les niveaux de réduction des paramètres épidémiologiques nécessaires à atteindre pour qu'une mesure agissant sur ce (ou ces) paramètre(s) soit considérée comme efficace.

Les résultats obtenus mettent en évidence un effet plus marqué de la mise en œuvre de mesures dont l'action est durable sur la diminution de la séroprévalence dans les lots de porcs charcutiers par rapport à l'application d'une mesure dont l'action n'est que temporaire, et ce, pour les deux catégories d'animaux testées dans ces travaux.

L'effet de la mise en œuvre d'une mesure (dont l'action est temporaire ou durable) diffère si la mesure est appliquée sur les truies ou sur les porcs. La réduction de la probabilité d'infection des porcs à l'engrais entraîne une diminution plus élevée de la séroprévalence des porcs charcutiers au départ pour l'abattoir, que n'entraîne la réduction de la probabilité d'infection des truies.

Notre approche permet aussi d'utiliser le modèle afin de déterminer les scénarios permettant de réduire la séroprévalence en dessous de seuils fixés au préalable. Ces seuils peuvent être des valeurs cibles dans la mise en œuvre de mesures de maîtrise.

Lors de l'application d'une mesure, que ses effets soient temporaires ou durables sur les animaux, plusieurs paramètres épidémiologiques sont susceptibles d'être modifiés. Ainsi,

des études épidémiologiques ont mis en évidence à la fois la réduction de l'excrétion par les porcs et la résistance des animaux vis-à-vis de l'infection lors d'expériences de vaccination chez des truies (Haesebrouck et al., 2004 ; Roesler et al., 2006). Dans notre étude, seul l'effet de la probabilité d'infection p_i pour deux catégories d'animaux a été étudié. Il serait intéressant de comparer l'effet de la réduction d'un paramètre versus l'effet de la réduction de plusieurs paramètres sur une ou plusieurs populations cibles.

Les résultats de notre étude montrent que l'effet de la mise en œuvre d'une mesure peut différer selon le critère utilisé. La diminution du pourcentage de lots de porcs charcutiers livrés à l'abattoir avec une séroprévalence élevée ($p_{40\%}$) est moins marquée que l'augmentation des lots avec une séroprévalence

faible ($p_5\%$). Cependant, si l'objectif de la mesure de maîtrise est de cibler prioritairement les lots fortement contaminés, le critère $p_{40\%}$ serait plus intéressant que $p_5\%$.

De nombreux critères d'évaluation peuvent être examinés dans les résultats de nos simulations. Il est donc nécessaire de préciser les objectifs à atteindre, en termes d'amélioration de prévalence notamment, afin de déterminer le (ou les) critère(s) le(s) plus approprié(s) pour évaluer l'efficacité de la mise en œuvre d'une mesure dans un contexte donné.

En conclusion, cette présentation correspond à un exemple d'utilisation de notre modèle, qui permet d'évaluer ex-ante l'effet de l'application d'une mesure dans un troupeau porcin. Les résultats sont cependant à considérer avec prudence puisque nous avons fait des hypothèses quand aux paramètres cibles des mesures testées.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alban L., Stege H., Dahl J., 2002. The new classification system for slaughter-pig herds in the danish *Salmonella* surveillance-and-control program. *Prev. Vet. Med.*, 53, 9-10, 133 : 146.
- Anonyme, 2006. 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.
- Beloeil P.A., Chauvin C., Proux K., Madec F., Fravallo P., Alioum A., 2004. Impact of the *Salmonella* status of market-age pigs and the preslaughter process on the *Salmonella* caecal contamination at slaughter. *Vet. Res.*, 35, 5, 513-530.
- Beloeil P.A., Fravallo P., Fablet C., Jolly J.P., Eveno E., Hascoet Y., Chauvin C., Salvat G., Madec F., 2004. Risk factors for *Salmonella enterica subsp enterica* shedding by market-age pigs in French farrow-to-finish herds. *Prev. Vet. Med.*, 63(1-2), 103-120.
- Berends B.R., Urlings H.A.P., Sniijders J.M.A., Van Knapen F., 1996. Identification and quantification of risk factors in animal management and transport regarding *Salmonella spp.* in pigs. *International J. Food Microbiol.*, 30, 37-53.
- Berends B.R., Knapen F.V., Sniijders J.M.A., Mossel D.A., 1997. Identification and quantification of risk factors regarding *Salmonella spp.* on pork carcasses. *J. Food Protect.*, 36, 199-206.
- Botteldoorn N., Heyndrickx M., Rijpens N., Grijspeerd K., Herman L., 2003. *Salmonella* on pig carcasses: positive pigs and cross contamination in the slaughterhouse. *J. App. Microbiol.*, 95, 891-903.
- Dahl J., Wingstrand A., Nielsen B., Baggesen D.L., 1997. Elimination of *Salmonella Typhimurium* infection by the strategic movement of pigs. *Vet. Res.*, 28, 679-681.
- EnterNet, 2006. <http://www.enternet.com/> ; Site officiel EnterNet : réseau européen de surveillance des salmonelloses humaines.
- Haesebrouck F., Paksman F., Chiers K., Maes D., Ducatelle R., Decostere A., 2004. Efficacy of vaccines against bacterial diseases in swine: what can be expected ? *Vet. Microbiol.* 100, 255-268.
- Lurette A., Belloc C., Touzeau S., Hoch T., Seegers H., Fourichon C., 2007a. Modelling the prevalence of *Salmonella* carrier pigs at slaughtering age: influence of management systems and of the *Salmonella* status of replacement gilts. *Proceedings of the 7th International Symposium on the epidemiology & control of foodborne pathogens in pork*, May 9-11, Verona, Italy.
- Lurette A., Belloc C., Touzeau S., Hoch T., Seegers H., Fourichon C., 2007b. Modélisation de l'effet de la conduite d'élevage sur la propagation de *Salmonella* en élevage naisseur-engraisseur. *Journées Rech. Porcine*, 39, 351-356.
- Roesler U., Heller P., Waldmann K., Truyen U., Hensel A., 2006. Immunization of sows in an integrated pig-breeding herd using a homologous inactivated *Salmonella* vaccine decreases the prevalence of *Salmonella Typhimurium* infection in the offspring. *J. Vet. Med. B, Infectious diseases and veterinary public health* 53, 5, 224-228.
- SalinPork, 2000. Pre-harvest and harvest control options based on epidemiologic, diagnostic and economic research. D.M.A. Lo FoWong and T. Hald (eds.), 266p.
- Schwartz K.J., 1999. Salmonellosis. In: *Diseases of Swine*. Straw B., Mengeling W., D'Allaire S., Taylor D. (Ed.), Ames, Iowa, 1999, 535-551.