

Analyse des facteurs associés à la contamination des carcasses de porcs par *Salmonella* à l'aide des réseaux bayésiens

Roxane ROSSEL (1), Lionel JOUFFE (2), Pierre-Alexandre BELCEIL (3)*

(1) INPAQ (Interprofession Porcine Aquitaine), Route de Samadet, F-64410 Arzacq

(2) Bayesia, 6 rue Léonard de Vinci, BP 0119, F-53001 Laval Cedex

(3) DGAI (Direction Générale de l'Alimentation), 251 rue de Vaugirard, F-75732, Paris Cedex 15

roxane.rossel@inpaq.fr

*Adresse actuelle : European Food Safety Authority, Zoonoses Unit, Largo N.Palli 5/A, I - 43100 Parma , Italia

Analyse des facteurs associés à la contamination des carcasses de porcs par *Salmonella* à l'aide des réseaux bayésiens

Les liens entre le statut sérologique de l'élevage vis-à-vis des salmonelles, les conditions de pré-abattage et la contamination des carcasses en salmonelles ont été étudiés à partir de 177 lots de porcs issus de 63 élevages. A l'abattoir, pour chaque lot, des prélèvements par chiffonnage ont été réalisés sur le sol des cases de stockage (1 m²) avant déchargement des porcs, sur la peau des porcs (1 chiffonnette/10 porcs) avant l'anesthésie et sur 25 carcasses (300 cm²/carcasse ; 5 carcasses/chiffonnette). 20 porcs de chaque lot ont fait l'objet de prélèvements sanguins. Les sérums et les chiffonnettes ont été analysés respectivement en sérologie et bactériologie à l'égard des salmonelles. L'analyse statistique a été réalisée selon la méthode des réseaux bayésiens grâce au logiciel BayesiaLab. Le pourcentage de porcs séropositifs du lot et le statut sérologique de l'élevage vis-à-vis des salmonelles (proportion de sérums positifs sur 40 à 65 sérologies concernant 2 ou 3 lots d'abattage) sont des variables isolées des autres et uniquement liées entre elles. La contamination des carcasses est directement liée à la contamination sur la peau des porcs vivants: la probabilité conditionnelle d'avoir des carcasses contaminées passe de 59,3 % à 35,6 % selon que la peau est contaminée ou non. La contamination de la peau est liée à la contamination des cases de stockage. La probabilité conditionnelle d'avoir la peau contaminée passe de 70,9 % à 36,4 % selon que les cases de stockage sont contaminées ou non.

Analysis of factors associated with *Salmonella* isolation on pork carcasses using bayesian networks

The aim of this study was to investigate the association between the *Salmonella* serological status of pig herds, the pre-slaughtering process and the *Salmonella* surface contamination of carcasses. The study was carried out in 5 slaughterhouses and included 177 pigs batches from 63 herds already involved in a *Salmonella* serological monitoring system. Before unloading the batches at the slaughterhouse, the lairage pens floor (1 m²) was wiped with one swab. Before stunning, one swab was wiped on loin, breast and ham of 10 pigs per batch. Blood samples were taken from 20 pigs per batch. Surface samples (3*100 cm²) of 25 carcasses (5 carcasses pooled/swab) were taken on ham, breast and throat. Serum samples were tested for *Salmonella* antibodies and swabs were tested for the presence of *Salmonella*. Statistical analysis was performed by bayesian networks using the BayesiaLab software. Serological variables, i.e. the percentage of *Salmonella* seropositive pigs in the batch and the *Salmonella* serological level of the herd (based on 40 to 65 sera involving 2 or 3 slaughter pigs batches), appeared to be isolated and just linked together. Carcass contamination was directly linked to the skin contamination of live pigs before stunning: the conditional probability of carcass surface contamination decreased from 59.3% to 35.6% when pigs skin was contaminated or not. Skin contamination was connected with the contamination of lairage. The conditional probability of skin contamination decreased from 70.9% to 36.4% when lairage pens floor was contaminated or not.

INTRODUCTION

Les salmonelles sont, chez l'Homme, une des principales causes d'infection bactérienne d'origine alimentaire. Les produits porcins, après les ovoproduits et la viande de volaille, sont régulièrement incriminés lors de foyers de salmonelloses humaines (Berends et al., 1998 ; European Food Safety Authority, 2006). Dans le but de réduire le risque de contamination des viandes de porc, le règlement communautaire n°2160/2003 exige la mise en place, par tous les Etats Membres, de mesures de maîtrise des salmonelles à tous les stades de la filière porcine et notamment en élevage. Afin de se conformer à cette nouvelle réglementation, plusieurs pays européens ont mis en place des programmes de maîtrise des salmonelles en élevages fondés sur une surveillance sérologique (Kühnel et Blaha, 2004 ; Sorensen et al., 2004 ; Van der Stede et al., 2008). Dans certains de ces programmes, les porcs issus d'élevages fortement et fréquemment séropositifs vis-à-vis des salmonelles sont transportés et abattus sous conditions d'hygiène accrues et les carcasses produites sont orientées vers des circuits de transformation spécifiques, voire sont décontaminées (Nielsen et al., 2001). L'objectif de la présente étude est d'identifier les relations entre le statut sérologique des élevages, les conditions de gestion des animaux avant l'abattage et la contamination des carcasses, afin notamment d'établir si le statut infectieux des élevages vis-à-vis de *Salmonella* pouvait conditionner, seul, le devenir des carcasses.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1. Population de l'étude

L'étude a été réalisée entre février 2005 et février 2006 dans 5 abattoirs français. Des élevages naisseurs-engraisseurs et engraisseurs qui faisaient l'objet d'un suivi sérologique à l'égard de *Salmonella* ont été inclus dans l'étude. Le suivi consistait à tester le statut sérologique de 3 lots de porcs charcutiers par élevage et par an, à raison de 20 porcs par lot. Le statut sérologique des élevages correspondait à la proportion de sérums positifs vis-à-vis des salmonelles au cours de l'année précédente.

1.2. Schéma d'étude

Chaque élevage a été étudié à l'abattoir sur 1 à 3 lots de porcs charcutiers, issus de bandes différentes et répartis sur une année. Avant le déchargement des lots étudiés, des prélèvements environnementaux étaient réalisés sur le sol des porcheries d'attente. Avant l'anesthésie, des prélèvements de surface étaient réalisés sur la peau des porcs. Chaque lot a fait l'objet de prélèvements sanguins, à raison de 20 porcs par lot, conformément au suivi sérologique déjà en place. Des prélèvements de surface étaient également réalisés sur la couenne de carcasses du lot. Les prélèvements environnementaux et de surface étaient destinés à la recherche bactériologique de *Salmonella*. Les sérums étaient destinés à la recherche d'anticorps dirigés contre les salmonelles. En outre, des données descriptives relatives à la gestion du lot avant l'abattage ont été recueillies.

1.3. Prélèvements à l'abattoir

1.3.1. Prélèvements sur les sols de porcheries d'attente à l'abattoir

Pour chaque lot, avant que les porcs ne soient déchargés à l'abattoir, des prélèvements environnementaux ont été réalisés,

par chiffonnage, sur le sol des cases d'attente, sur une surface de 1m². Pour les lots de porcs livrés la veille de leur abattage, ces prélèvements ont été réalisés après un rinçage à l'eau des sols dans la majorité des cas, rarement après l'application d'un détergent-désinfectant. Pour les lots livrés le jour même de la tuerie, dans des cases qui hébergeaient précédemment un lot de porcs, aucune opération de nettoyage n'était réalisée.

1.3.2. Prélèvements sur la peau des porcs vivants avant anesthésie

Avant anesthésie, la peau de la longe, de la poitrine et du jambon de 10 porcs par lot était frottée à l'aide d'une chiffonnette unique, sur une surface la plus étendue possible. Les porcs testés étaient ceux hébergés dans les cases échantillonnées par les prélèvements d'environnement.

1.3.3. Prélèvements sanguins

Les échantillons sanguins étaient prélevés sur la table de saignée. Ils étaient centrifugés dans la journée pour recueillir le sérum qui était stocké à -20°C jusqu'à l'analyse.

1.3.4. Prélèvements sur les carcasses en fin de chaîne

Avant l'entrée dans la chambre froide de ressuage, 25 carcasses du lot ont fait l'objet de prélèvements de surface, par chiffonnage, sur la couenne du jambon, la poitrine et la gorge. Une surface de 100 cm² était échantillonnée par site anatomique (300 cm²/carcasse) et 5 carcasses étaient échantillonnées par chiffonnette.

1.4. Analyses bactériologiques

Les chiffonnettes ont fait l'objet de recherches de salmonelles selon la norme NF U47-100 au laboratoire A.Bio.C (Arzacq-64). Pour les carcasses, une analyse a été effectuée sur chaque chiffonnette correspondant à un pool de 5 carcasses.

1.5. Analyses sérologiques

Les analyses sérologiques ont été réalisées au laboratoire A.Bio.C (Arzacq-64) avec le kit IDEXX HerdCheck Salmonellose Porcine. Les sérums dont le pourcentage de Densité Optique égalait ou dépassait 40 % ont été considérés positifs.

1.6. Données pré-abattage

Des données concernant la gestion du lot de porcs avant et lors de son abattage ont été recueillies à l'abattoir, sur le bon d'enlèvement et dans la base de données de l'organisme de pesée-classement-marquage. Ces données concernaient la taille du lot, sa durée de mise à jeun totale (entre le dernier repas et l'abattage), son temps d'attente à l'abattoir, le nombre de porcs abattus avant lui lors de la tuerie et son ordre de stockage dans la case de porcherie d'attente, c'est à dire si un autre lot de porcs avait précédemment été stocké dans cette même case au cours de la journée de tuerie.

1.7. Analyse statistique

L'analyse statistique s'appuie principalement sur le formalisme des réseaux bayésiens. D'un point de vue qualitatif, les

réseaux bayésiens sont des graphes orientés acycliques où les nœuds (schématisés par des cercles) représentent les variables et les arcs (schématisés par des flèches) représentent les relations probabilistes directes entre les variables connectées. D'un point de vue quantitatif, à chaque nœud racine, i.e. sans arc entrant, est associée une table de probabilité décrivant la distribution de probabilité marginale de la variable correspondante. Pour les nœuds ayant des parents (définis par des arcs entrants), une table de probabilité conditionnelle décrit, pour chaque combinaison des états des parents et de la variable correspondant au nœud, la distribution de probabilité associée à la situation ainsi décrite (Pearl, 1988). L'algorithme d'apprentissage utilisé pour l'analyse de nos données, SopLEQ (Jouffe, 2002), repose sur le score MDL (Minimum Description Length) (Friedman et Goldszmidt, 1996).

Dans le modèle étudié, le statut sérologique à l'égard des salmonelles (variable « séro salmo élevage ») concernait l'élevage, toutes les autres variables se rapportaient au lot: le pourcentage de porcs séropositifs à l'égard des salmonelles dans le lot (variable « séro salmo lot »), la contamination en salmonelles de la peau des porcs vivants avant l'anesthésie (variable « peau »), la contamination en salmonelles des sols des porcheries d'attente à l'abattoir (variable « sol porcherie »), l'ordre de stockage dans la porcherie d'attente (variable « ordre stockage case »), le nombre de porcs abattus avant le lot étudié au cours de la journée d'abattage (variable « N porcs abattus avant »), le nombre de porcs dans le lot (variable « N porcs »), le temps d'attente à l'abattoir (variable « temps d'attente »), la durée de jeûne entre le dernier repas et l'abattage (variable « durée de jeûne ») et la contamination en salmonelles des carcasses (variable « carcasses »). Les variables ont été automatiquement discrétisées par arbre de décision afin de trouver les seuils les plus pertinents au regard de la variable « carcasses ». En cas d'échec de la discrétisation par arbre de décision (indépendance marginale de la variable par rapport à « carcasses ») nous avons utilisé une discrétisation par Kmeans. La variable « carcasses » est considérée positive si la présence de salmonelles est détectée sur au moins un des cinq prélèvements réalisés sur le lot, c'est à dire sur au moins une carcasse sur 25.

2. RÉSULTATS

2.1. Descriptif des lots étudiés

177 lots de porcs, issus de 63 élevages, ont été étudiés. Pour chacun des lots, le statut sérologique de l'élevage d'origine (= pourcentage de porcs séropositifs) a été calculé à partir de 59,7 sérums en moyenne (min: 40 ; max: 65) recueillis sur 3 lots d'abattage (2 lots dans 1 seul cas) au cours des 12 derniers mois. Lorsqu'un élevage a été étudié sur plusieurs lots (2 ou 3 lots), son statut sérologique était donc recalculé en incluant les résultats sérologiques du lot précédent.

2.2. Prévalences bactériologiques de salmonelles

Pour 73,9 % des lots, des salmonelles ont été isolées sur les sols des cases où ils allaient être stockés dans la porcherie de l'abattoir. 61,9 % des lots présentaient des salmonelles sur la peau des porcs vivants avant l'anesthésie. Des salmonelles ont été isolées sur la couenne des carcasses (au moins 1 pool de 5 carcasses/5 pools) dans 50,3 % des lots (Tableau 1).

Au niveau des carcasses 18,1 %, 10,7 %, 7,9 %, 4,5 % et 9,0 % des lots sont positifs respectivement sur 1, 2, 3, 4 et 5 chiffonnettes sur les 5.

2.3. Relations entre les variables

Le réseau bayésien automatiquement induit par le logiciel BayesiaLab est présenté en Figure 1. Les arcs symbolisent des liens significatifs (Khi2, $p < 0,01$) entre les variables. L'épaisseur des arcs est directement liée à la force de la relation. Cette force, calculée selon la divergence de Kullback-Leibler (KL), représente la contribution de chaque arc dans la représentation globale de la distribution de la probabilité jointe. Elle est beaucoup plus pertinente qu'une simple mesure de corrélation entre deux variables, comme par exemple la corrélation de Pearson, en tant que mesure globale et non linéaire. La valeur exacte de cette force est affichée sur l'arc, ainsi que le poids de l'arc dans la représentation totale de la distribution de probabilité jointe.

Les variables sérologiques, « séro salmo élevage » et « séro salmo lot », apparaissent isolées des autres variables et uniquement liées entre elles. La contamination des carcasses en salmonelles est directement liée à la contamination de la peau des porcs vivants : la probabilité d'isoler des salmonelles sur les carcasses passe de 59,3 % à 35,6 % selon que des salmonelles ont été isolées de la peau des porcs vivants ou non. Ces probabilités conditionnelles sont illustrées par le graphe généré par BayesiaLab et présenté en Figure 2.

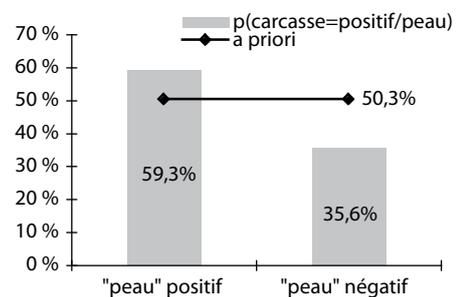


Figure 2 - Impact marginal de l'état de contamination en salmonelles de la peau des porcs sur la probabilité de contamination des carcasses en salmonelles

Tableau 1 - Prévalences bactériologiques de salmonelles dans les différents prélèvements

| | Stades de prélèvement | | |
|-----------------|--------------------------|--------------------|-------------------|
| | Sol porcherie d'abattoir | Peau porcs vivants | Couenne carcasses |
| N lots positifs | 130 | 109 | 89 * |
| N lots testés | 176 | 176 | 177 |
| % lots positifs | 73,9 % | 61,9 % | 50,3 % |

* au moins 1 chiffonnette positive/5

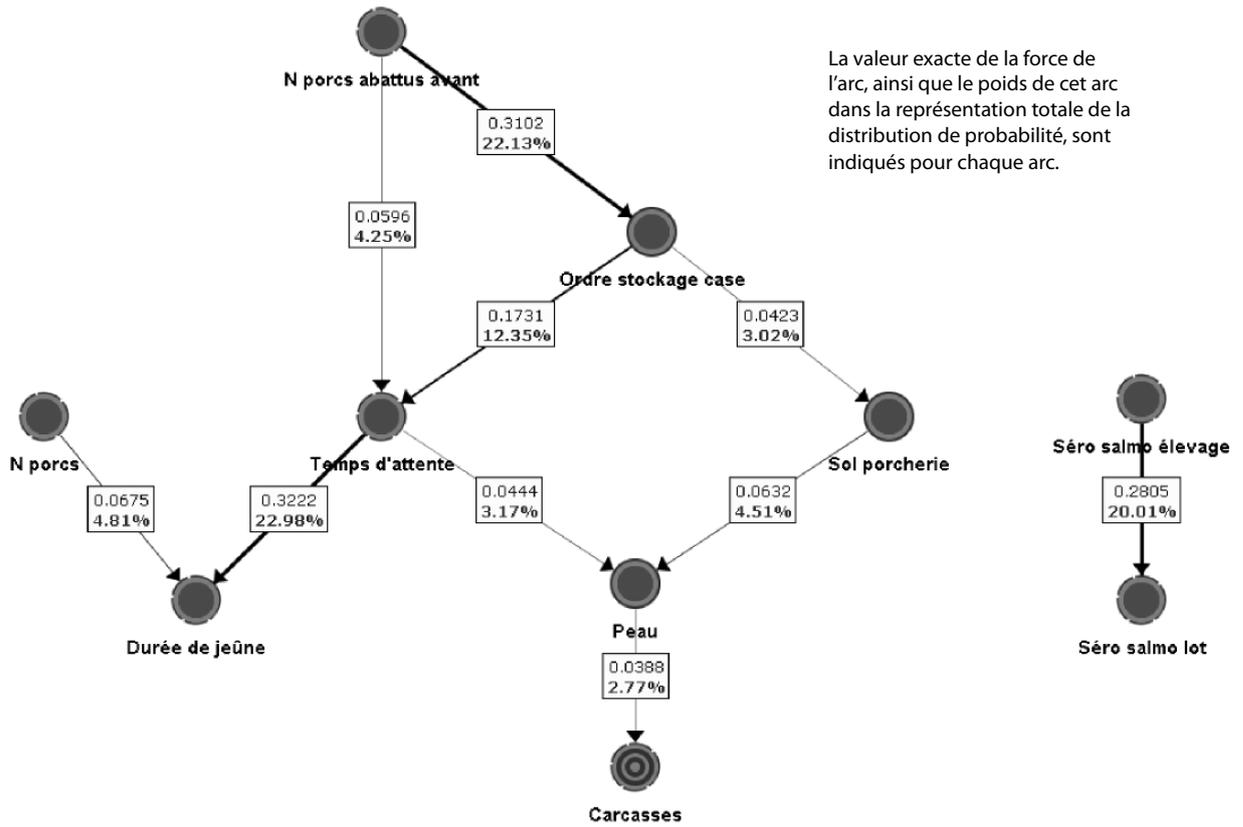


Figure 1- Réseau bayésien élaboré par apprentissage par BayesiaLab

La contamination cutanée des porcs par *Salmonella* avant abattage est liée à la fois à la contamination des cases de stockage et au temps d'attente du lot. La probabilité d'isoler des salmonelles sur la peau des porcs vivants passe de 70,9 % à 36,4 % selon que des salmonelles ont été isolées ou non des cases où ils ont été stockés à l'abattoir (Figure 3).

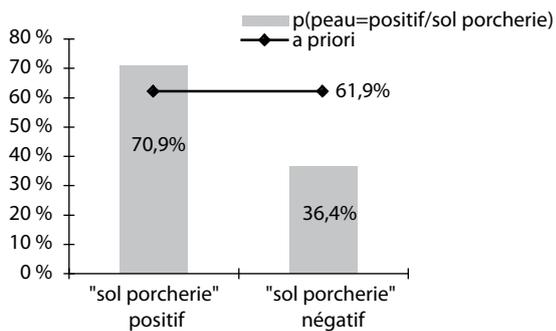


Figure 3 - Impact marginal de la contamination du sol des porcheries d'attente à l'abattoir sur la probabilité de contamination de la peau des porcs en salmonelles

Par ailleurs, plus le temps d'attente est long, moins le risque d'isoler des salmonelles sur la peau des porcs est élevé. La probabilité d'isoler des salmonelles sur la peau des porcs vivants décroît de 87,4 % à 56,2 % lorsque le temps d'attente passe de moins à plus de 10,34 heures (Figure 4).

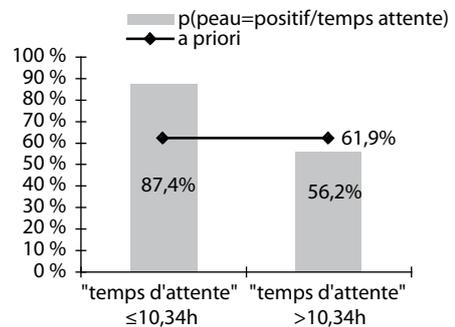


Figure 4 - Impact marginal du temps d'attente à l'abattoir sur la probabilité de contamination de la peau des porcs en salmonelles

Le temps d'attente du lot est lié au nombre de porcs déjà abattus au cours de la tuerie ainsi qu'à l'ordre de stockage du lot dans la porcherie. La probabilité d'être stocké dans la porcherie juste après un autre lot de porcs passe de 0 % à 80,4 % lorsque le temps d'attente passe de plus à moins de 10,34 heures (Figure 5).

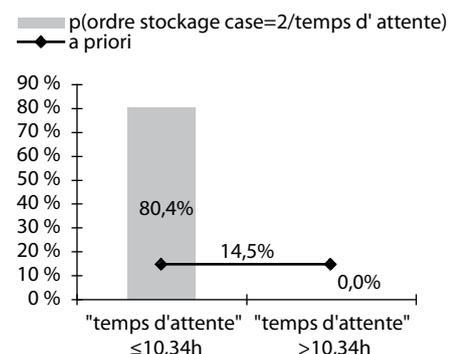


Figure 5 - Impact marginal du temps d'attente à l'abattoir sur la probabilité que le lot soit stocké après un lot précédent

La contamination des sols de porcheries d'attente à l'abattoir est liée à l'ordre de stockage du lot dans la case. La probabilité que le sol de la case soit contaminé passe de 96,1 % à 69,9 % selon qu'un lot y a déjà été stocké au cours de la tuerie ou non (Figure 6).

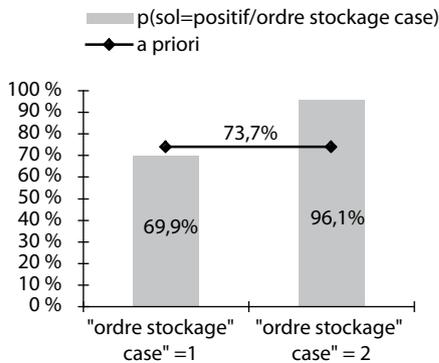


Figure 6 - Impact marginal de l'ordre de stockage à l'abattoir sur la probabilité de contamination du sol de porcherie d'attente en salmonelles

3. DISCUSSION

3.1. Prévalences bactériologiques en salmonelles

Les taux de contamination des cases de porcherie d'attente relevés dans notre étude sont comparables à ceux rapportés dans la bibliographie. Les écarts observés d'une étude à l'autre viennent notamment de la multiplicité des modes opératoires. En France, Mircovich et al. (2005) mettent en évidence des salmonelles sur 42 % des sols des porcheries d'attente à l'abattoir. Aux Etats-Unis, Rostagno et al. (2003) détectent des salmonelles dans 78 % des prélèvements réalisés dans les cases d'attente à l'abattoir. Au Pays-Bas, Swanenburg et al. (2001) ont reporté des niveaux de contamination en salmonelles des porcheries d'abattoir allant jusqu'à 90 % des prélèvements et ne diminuant que partiellement après un rinçage à l'eau ou même des opérations de nettoyage-désinfection classiques.

La présence de salmonelles sur la peau des porcs avant ou juste après l'anesthésie a été mise en évidence dans plusieurs études. La comparaison des prévalences est une fois de plus délicate étant donné les différents modes opératoires. Minvielle et al. (2005) détectent des salmonelles sur 29 % des lots de porcs à la saignée.

En fin de chaîne, les prévalences que nous observons sont fortement surestimées puisque l'unité de calcul est un pool de 5 à 25 carcasses. Les prévalences individuelles observées dans d'autres études, sur des carcasses en fin de chaîne, varient de 4 % à 37 % des porcs (Booteldoorn et al., 2003 ; Bouvet et al. 2005), les modes opératoires contribuant toujours à expliquer les différences.

3.2. Facteurs associés à la contamination des carcasses par les salmonelles

Dans les conditions de notre étude, le statut sérologique de l'élevage à l'égard des salmonelles n'est directement lié ni à la présence de salmonelles sur la peau des porcs avant abattage ni à la présence de salmonelles à la surface des carcasses qui en

sont issues. Sorensen et al. (2004) avaient pourtant montré que le risque d'avoir des carcasses positives en salmonelles à l'abattoir augmentait avec le niveau de séropositivité de l'élevage. Les conditions de cette étude danoise, avec des temps de transports et d'attente à l'abattoir très courts, d'environ 1 heure, sont moins favorables aux contaminations croisées aux cours de ces étapes et peuvent expliquer ce lien significatif entre la séropositivité des élevages et la contamination des carcasses. A l'inverse, dans notre étude, les animaux attendent en moyenne 14h23 à l'abattoir et seulement 4 % des lots attendent moins de trois heures. Selon la bibliographie, des attentes à l'abattoir de plus de 2 ou 3 heures constituent un risque important de contaminations croisées des porcs du fait de la pression en salmonelles dans ces locaux (Swanenburg et al., 2001 ; Beloeil et al., 2004).

Dans notre étude, la contamination cutanée des porcs vivants avant abattage est associée au niveau de contamination des carcasses. Les salmonelles présentes sur la peau des porcs sont susceptibles d'être isolées des carcasses en dépit des différentes étapes du procédé d'abattage potentiellement décontaminantes telles que le flambage. Giovannaci et al. (2001) avaient montré que les salmonelles retrouvées sur les produits carnés porcins provenaient essentiellement des animaux vivants. A l'inverse, Minvielle et al. (2005) ne montrent pas de lien direct entre la contamination des carcasses et celle des porcs vivants dont elles proviennent. Limiter la contamination des sols des cases de porcherie d'attente semble être un levier pertinent pour limiter le risque de contamination cutanée par contact et le risque de contamination intestinale par ingestion, au cours de la phase d'attente. La contamination cutanée est à même de favoriser la contamination des premiers maillons de la chaîne d'abattage (tapis de saignée, bac d'échaudage) et, selon nos résultats, également des carcasses. La contamination intestinale peut favoriser la contamination des carcasses à la faveur d'opérations mal maîtrisées (détournage de la rosette, levée des ventrées...).

La période d'attente à l'abattoir a été identifiée comme étant un facteur de risque crucial en matière de contamination par les salmonelles: plus le temps d'attente est long plus le risque de contamination des porcs par des salmonelles est important (Swanenburg et al., 2001 ; Beloeil et al., 2004). Dans la présente étude, l'effet du temps d'attente à l'abattoir est assez inattendu, contraire aux données bibliographiques existantes. En effet le risque d'avoir des porcs contaminés en surface augmente lorsque le temps d'attente diminue. Dans notre modèle, les variables « temps d'attente » et « ordre stockage case » sont liées. Les lots de porcs qui attendent moins de 10,34h à l'abattoir sont majoritairement stockés dans des cases qui ont déjà hébergé un lot de porcs au cours de la tuerie. Ces cases sont susceptibles d'être plus contaminées en salmonelles et donc de favoriser une contamination cutanée des porcs. A l'inverse, les lots de porcs qui attendent plus de 10,34h sont tous arrivés la veille de la tuerie, dans des cases au moins rincées, qui apparaissent moins contaminées. D'ailleurs la probabilité de contamination cutanée passe de 86,7 % à 57,6 % selon que le lot est stocké après un autre lot dans la porcherie ou non.

CONCLUSION

La mise en œuvre d'un traitement spécifique des carcasses de porcs, fondée sur le seul statut sérologique de l'élevage d'ori-

gine, n'apparaît pas pertinente puisque ce dernier n'est pas directement associé à la contamination des carcasses, dans les conditions de notre étude et en l'absence des mesures de maîtrise suggérées par nos résultats. Notre étude a effectivement permis de mettre en évidence une relation significative entre la présence de salmonelles sur les carcasses de porcs à l'abattoir et la présence de salmonelles sur la peau des porcs vivants avant l'anesthésie. La contamination cutanée est elle-même liée à la présence de salmonelles dans les porcheries d'attente à l'abattoir. Toute opération permettant de limiter la contamination de ces locaux est donc susceptible de s'inscrire dans le cadre de mesures de maîtrise de la contamination des produits porcins par les salmonelles. Il peut s'agir de la gestion séparée des lots susceptibles d'excréter des salmonelles, et donc de contaminer

les porcheries d'abattoir, ainsi que de la mise en place de procédures de nettoyage-désinfection efficaces (Mircovich et al. 2005). La sérologie constitue un outil intéressant pour identifier des lots de porcs susceptibles d'excréter des salmonelles et pour en ordonnancer le transport et le stockage à l'abattoir, ainsi que pour revoir l'application des bonnes pratiques d'hygiène dans leur élevage d'origine.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée grâce aux financements de la Direction Générale de l'Alimentation du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche ainsi que de l'Union Européenne. Nous remercions également les abattoirs partenaires.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Belœil P.A., Chauvin C., Proux K., Madec F., Fravallo P., Alioum A., 2004. Impact of the *Salmonella* status of market-age pigs and the pre-slaughter process on *Salmonella* caecal contamination at slaughter. *Vet. Res.*, 35, 513-530.
- Berends B.R., van Knapen F., Mossel D.A., Burt S.A., Snijders J.M., 1998. 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.* 44, 219-229.
- Booteldoorn N., Heyndrickx M., Rijpens N., Grijspeerd K., Herman L., 2003. *Salmonella* on pig carcasses: positive pigs and cross contamination in the slaughterhouse. *J. Appl. Microbiol.* 95, 891-903.
- Bouvet J., Bavai C., Rossel R., Le Roux A., Montet M.P., Mazuy C., Vernozy-Rozand C., 2003. Evolution of pig carcass and slaughterhouse environment contamination by *Salmonella*. *Revue Med. Vet.* 154, 11, 775-779.
- European Food Safety Authority, 2006. Opinion of the scientific panel on biological hazards related to risk assessment and mitigation options of *Salmonella* in pig production. *The EFSA Journal*, 341, 1-131. Available on: www.efsa.eu.int.
- Friedman N., Goldszmidt M., 1996. Learning bayesian networks with local structure. *Proceedings of the 12th Conf. on Uncertainty in Artificial, Morgan Kaufmann*, 1996.
- Giovannacci I., Queguiner S., Ragimbeau C., Vendeuvre J.L., Ermel G., Salvat G., Carlier V., 2001. Tracing of *Salmonella* spp. in two pork slaughter and cutting plants using serotyping and macrorestriction genotyping. *J. Appl. Microbiol.* 90, 131-147.
- Jouffe L., 2002. Nouvelle classe de méthodes d'apprentissage de réseaux bayésiens. *Journées francophones d'Extraction et de Gestion des Connaissances (EGC)*, Montpellier, France, janvier 2002.
- Kühnel K., Blaha T., 2004. Investigations on targeted intervention measures for minimizing *Salmonella* cross-contamination during slaughter. *Proceedings of the 18th IPVS congress, Hambourg, Germany*, (2), 651.
- Minvielle B., Le Roux A., Boulard J., Catarina A., Bouyssièrre M., 2005. Influence du mode d'élevage sur la propreté visuelle des porcs et la contamination microbiologique des porcs et des carcasses. *Journées Rech. Porcine*, 37, 99-106.
- Mircovich C., Minvielle B., Le Roux A., 2005. Nettoyage-Désinfection des porcheries d'attente à l'abattoir : maillon dans la lutte contre la contamination des porcs par les Salmonelles. *Journées Rech. Porcine*, 37, 107-112.
- Nielsen B., Alban L., Stege Helle, Sorensen L.L., Mogelmose V., Bagger J., Dahl J., Baggesen D.L., 2001. *Proceedings of Salinpork, Leipzig, Germany*, 2-5 september 2001, 14-24.
- Pearl J., 1988. *Probabilistic Reasoning in intelligent Systems: Networks of plausible inference*, Ed. Morgan Kaufmann.
- Rostagno M.H., Hurd H.S., McKean J.D., Ziemer C.J., Gailey J.K., Leite R.C., 2003. Preslaughter holding environment in plants is highly contaminated with *Salmonella enterica*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 69, 4489-4494.
- Sorensen L.L., Alban L., Nielsen B., Dahl J., 2004. The correlation between *Salmonella* serology and isolation of *Salmonella* in Danish pigs at slaughter. *Vet. Microbiol.*, 101, 131-141.
- Swanenburg M., Urlings H. A. P., Keuzenkamp D. A., Snijders J. M. A., 2001. *Salmonella* in the lairage of pig slaughterhouses. *J. Food Prot.*, 64, 1, 12-16.
- Van der Stede Y., Bollaerts K., Abrahantes K.J.C., Aerts M., Imberechts H., Mintiens K., 2008. Assignment of *Salmonella* risk farms by serological surveillance at pre-harvest level: an impossible task? *Proceedings of the 20th IPVS congress, Durban, South-Africa*, 175.