

# INTRODUCTION ET PERSISTANCE DE *SALMONELLA* DANS LES ELEVAGES DE POULETS DE CHAIR : RECHERCHE DE FACTEURS DE RISQUE\*

N. Rose<sup>1</sup>, J.P. Mariani<sup>1</sup>, P. Drouin<sup>1</sup>, J.Y. Toux<sup>1</sup>,  
V. Rose<sup>1</sup>, F. Beaudeau<sup>2</sup> et P. Colin<sup>1</sup>

**RESUME :** L'objectif de cette étude était de mettre en évidence et de quantifier les facteurs de risque d'introduction et de persistance de *Salmonella* dans les élevages de poulets de chair. Une enquête épidémiologique analytique a été réalisée dans 86 élevages de poulets de chair, situés dans l'Ouest de la France. Les facteurs de risque de contamination du lot en fin de bande étaient relatifs à l'hygiène du bâtiment avant la mise en place (présence de salmonelles résidentes), au statut sanitaire des poussins vis-à-vis de *Salmonella*, au rôle des camions d'aliment en tant que vecteur et à la présentation de l'aliment sous forme de farine au démarrage. Dans un second temps, la recherche des facteurs expliquant la persistance de *Salmonella* dans le bâtiment après la décontamination, a permis de mettre en évidence l'importance d'une décontamination incluant une seconde désinfection du bâtiment, la nécessité d'une limitation des accès au bâtiment, la présence de rongeurs dans le bâtiment et le statut sanitaire du lot précédent.

**SUMMARY :** The aim of this study was to find out and to quantify risk factors for *Salmonella* introduction and *Salmonella* persistence in broiler farms. An analytical survey was carried out in western France on 86 broiler units. Risk factors for *Salmonella* contamination of the flock at the end of the rearing period were : (1) *Salmonella* status of the house before placing day-old chicks (resident *Salmonella*), (2) *Salmonella* status of delivered day-old chicks, (3) feed trucks as mechanical vectors and (4) feed form at starting. In a second part, risk factors for *Salmonella* persistence in the house after cleansing and disinfection, were determined. It has been shown : (1) the importance of a terminal disinfection, (2) the role of limited access for trucks to the house, (3) the role of rodents as vectors and (4) the sanitary status of the previous flock.



## I - INTRODUCTION

Le contrôle des toxi-infections alimentaires dues à *Salmonella* est un enjeu majeur dans le domaine de la santé publique dans presque tous les pays Européens. Les infections humaines dues à *Salmonella* sont le plus souvent dues à la consommation d'œufs contaminés [Henzler *et al.*, 1994a], et de produits à base d'œufs ou de viande [Desenclos *et al.*, 1996]. En raison des différents modes de consommation et des risques de contamination croisée, les produits alimentaires issus de la filière volaille de chair sont de plus en plus

impliqués dans les toxi-infections alimentaires collectives à *Salmonella* [Lee, 1974 ; Hird *et al.*, 1993 ; Bryan et Doyle, 1995], et afin de réduire le niveau de contamination des carcasses, il est important non seulement d'éviter la dissémination au cours des opérations d'abattage et de transformation [Mead, 1993], mais également de maîtriser le niveau de contamination par *Salmonella* dès la sortie de l'élevage.

\* Texte de la communication présentée le 7 mai 1999

<sup>1</sup> Agence française de sécurité sanitaire des aliments, B.P. 53, 22440 Ploufragan, France

<sup>2</sup> Ecole nationale vétérinaire de Nantes, BP 40706, 44307 Nantes, Cedex 03, France

Les facteurs de risque de contamination des poulets de chair par *Salmonella* déjà reportés dans la littérature sont principalement : (1) un niveau d'hygiène global faible [Henken *et al.*, 1992 ; Fris et Van Den Bos, 1995] et la contamination du lot précédent par *Salmonella* [Oystein *et al.*, 1996], avec une persistance à l'intérieur du bâtiment [Lahellec *et al.*, 1986 ; Baggesen *et al.*, 1992], (2) la contamination des poussins d'un jour et de l'aliment [Vaughn *et al.*, 1974 ; Oystein *et al.*, 1996 ; Christensen *et al.*, 1997 ; Davies *et al.*, 1997], (3) la structure de l'élevage (plus de 3 bâtiments sur l'exploitation) [Oystein *et al.*, 1996], (4) les saisons froides et humides [Oystein *et al.*, 1996], et (5) l'infestation du bâtiment par les ténébrions [Baggesen *et al.*, 1992]. Ces travaux sont soit des études bactériologiques à caractère descriptif [Vaughn *et al.*, 1974 ; Baggesen *et al.*, 1992 ; Davies et Wray, 1996a ; Davies *et al.*, 1997], soit des études épidémiologiques quantitatives [Henken *et al.*, 1992 ; Fris et Van Den Bos, 1995 ; Oystein *et al.*, 1996]. Les facteurs de risque mis en évidence dans les études descriptives ont été déterminés lorsque le même sérotype ou le même biotype moléculaire était identifié simultanément à partir d'échantillons prélevés dans l'environnement des volailles (aliment, environnement de l'élevage, rongeurs, ténébrions, etc.), et sur les poulets. Néanmoins, il existe un certain nombre de limites à ces études : (1) seuls les facteurs de risque potentiels pouvant être prélevés pour recherche de *Salmonella* sont susceptibles d'être intégrés dans ce type d'étude et (2) généralement, seul un sérotype de *Salmonella enterica* subsp. *enterica* est pris en

considération [Baggesen *et al.*, 1992 ; Davies et Wray, 1996a ; Davies *et al.*, 1997], alors que des sérotypes autres que *Salmonella* Enteritidis ou *Salmonella* Typhimurium, tel *Salmonella* Hadar, sont de plus en plus fréquemment retrouvés dans les filières de production avicoles, et impliqués dans les toxico-infections alimentaires collectives [Rowe *et al.*, 1980 ; Bouvet et Grimont, 1996].

Les études épidémiologiques quantitatives ont elles été conduites, le plus souvent, dans les élevages de reproducteurs de la filière chair [Henken *et al.*, 1992 ; Fris et Van Den Bos, 1995] et rarement dans des élevages de production [Oystein *et al.*, 1996]. Dans cette dernière étude, une importante base de données danoise (inspection *ante mortem*) a été analysée rétrospectivement, ce qui a pu constituer un inconvénient majeur dans l'évaluation de certains facteurs de risque. De plus, dans le système de production Français, aucune étude, ayant pour but de déterminer et de quantifier les facteurs de risque de contamination des lots de poulets de chair par *Salmonella*, n'a été à ce jour publiée. C'est pourquoi l'objectif de cette étude a été d'identifier, au moyen d'une enquête prospective, des associations entre les caractéristiques de l'élevage, sa conduite, et la contamination du lot par *Salmonella* (absence/présence) avant l'enlèvement des animaux vers l'abattoir. Dans un second temps, les facteurs de risque de persistance de *Salmonella* dans le bâtiment, avant la mise en place des poussins, ont été mis en évidence.

## II - MATERIEL ET METHODES

### 1. ECHANTILLON

L'enquête a été conduite en 1996 et 1997 et a impliqué 86 élevages de poulets de chair issus de 7 organisations de production situées dans l'ouest de la France. Pour participer à l'étude, les élevages devaient produire des poulets de chair commerciaux de type standard. Seul un lot par exploitation a été étudié, celui-ci étant sélectionné sur des critères de faisabilité (la date et l'heure de livraison des poussins devaient permettre de disposer de suffisamment de temps pour la réalisation des prélèvements dans les bâtiments avant la mise en place des poussins). La sélection des exploitations était donc basée sur l'obtention de l'accord de l'éleveur pour coopérer tout au long de la période d'élevage, d'une part, accepter les prélèvements dans son bâtiment et répondre à un questionnaire, d'autre part. Avant que les éleveurs soient contactés, l'objectif de l'étude leur a été présenté par les responsables des organisations de production ; c'est pourquoi les refus de participation ont été peu nombreux (seulement 6 élevages). Le

tableau I donne les principales caractéristiques zootechniques des 86 lots impliqués dans l'étude.

### 2. COLLECTE DES DONNEES

Chaque ferme a été visitée 2 fois au cours de la période d'élevage. La première visite a eu lieu juste avant la mise en place des poussins (J1), et la seconde en fin de bande, entre J28 et J38 selon l'âge d'abattage. Les données concernant les locaux (sas sanitaire, caractéristiques générales du bâtiment), les abords du bâtiment et l'environnement de l'élevage, la décontamination du bâtiment, les conditions de mise en place des poussins, les conditions d'alimentation et d'abreuvement, la gestion des cadavres, le contrôle des nuisibles et de la faune sauvage (rongeurs, ténébrions, oiseaux sauvages), l'éleveur, les intervenants et les visiteurs, ont été collectées au moyen d'un questionnaire administré par un unique enquêteur lors de chaque visite. Les questions ont été classées par sous-groupe en fonction de leur thématique d'appartenance. Le questionnaire a été testé au cours

d'une étude préalable conduite sur 20 élevages ; il contenait 167 questions, dont 77% étaient fermées.

Le statut hygiénique du bâtiment et des abords vis-à-vis de *Salmonella* a été vérifié au moyen de chiffonnettes stériles (Tableau II). Une zone était considérée contaminée si au moins un échantillon se révélait positif. De manière à déterminer le statut sanitaire des

poussins livrés, 15 fonds de boîtes, groupés par lot de 5, ont été analysés séparément. Ce nombre représentait 10% des fonds de boîtes correspondant à 30 000 poussins livrés, comme le recommandent Davies et Wray [1994]. Les poussins ont été considérés contaminés si au moins un des trois lots analysés se révélait positif.

TABLEAU I  
 Caractéristiques techniques des 86 lots de poulets de chair

Caractéristiques du lot	m	sd	min.	max.
Densité des volailles à J1 (Volaille / m <sup>2</sup> de surface au sol)	24	2,5	17	30
Age à l'abattage (jours)	40	4,5	29	52
Poids moyen à l'abattage (kg)	1,9	0,4	1,2	3,1
Mortalité cumulée entre J1 et l'abattage (%)	4,9	2,3	1,7	14
Poids vif au m <sup>2</sup> (surface au sol) avant abattage (kg / m <sup>2</sup> )	33	4,9	22	43

m : moyenne    sd : écart type    min. : minimum    max. : maximum

Tableau II  
 Procédure utilisée pour la recherche de *Salmonella* au moyen de chiffonnettes stériles avant la mise en place et avant l'enlèvement

Période	Zone	Description de l'échantillon
Avant mise en place	Intérieur du bâtiment	Parois : 1 chiffonnette pour 10 m <sup>2</sup> par quartier de bâtiment
		Mangeoires : 1 chiffonnette pour 10 mangeoires par quartier de bâtiment
		Systèmes de ventilation : 1 chiffonnette pour 10 m par quartier de bâtiment
	Sas sanitaire	Litière : 1 paire de chiffonnettes sous pédisacs appliquée sur la longueur du bâtiment selon 2 aller-retours
		Sas sanitaire, « zone sale » : 1 chiffonnette pour 1m <sup>2</sup>
		Sas sanitaire, « zone propre » : 1 chiffonnette pour 1m <sup>2</sup>
	Abords	Sas sanitaire (zone d'entrée) : 1 chiffonnette pour 1m <sup>2</sup>
		Porte d'entrée des poussins : 1 chiffonnette pour 1m <sup>2</sup>
		Portail d'évacuation du fumier : 1 chiffonnette pour 10 m <sup>2</sup>
Avant enlèvement	Intérieur du bâtiment	Litière : 1 paire de chiffonnettes sous pédisacs appliquée sur la longueur du bâtiment selon 2 aller-retours
		Poussière : 2 échantillons de 200 ml

### 3. ISOLEMENT DE *SALMONELLA* ET IDENTIFICATION

Les échantillons ont été pré-enrichis individuellement en eau peptonée tamponnée (AES-laboratoire, Combourg-France) à 37°C pendant 18 à 20 heures, dans un rapport milieu/échantillon de 1:10. Deux ml de ce milieu de pré-enrichissement ont été utilisés pour inoculer 20 ml d'un milieu au tétrathionate de Müller-Kauffmann (AES-Laboratoire, Combourg-France) et 100 µl de ce milieu de pré-enrichissement ont été utilisés pour inoculer des boîtes de Pétri contenant le milieu modifié semi-solide de Rappaport-Vassiliadis (MSRV) (Merck, Nogent sur Marne, France). Les deux

milieux ont été incubés respectivement à 42°C et 41°C pendant 24 h. L'isolement a été effectué, d'une part, en repiquant des colonies issues d'une zone de migration sur MRSV supérieure à 20 mm, sur milieu de Rambach (Humeau, La Chapelle sur Erdre-France), et d'autre part, en repiquant des colonies issues du milieu au tétrathionate sur milieu Xylose Lysine Tergitol-4 (XLT4) (AES-Laboratoire, Combourg-France). Les milieux Rambach et XLT4 ont été incubés à 37°C pendant 24 heures. Les colonies caractéristiques de *Salmonella* ont été confirmées par des tests biochimiques sur milieu de Kligler Hajna (AES-Laboratoire, Combourg-France), milieu ONPG (Sigma, France), Lysine décarboxylase, gélose APP et milieu au

malonate (OSI, Elancourt-France), puis sérotypées par test d'agglutination rapide sur lame en utilisant les sérums polyvalents anti-O et anti-H (Diagnostic Pasteur, Paris-France).

#### 4. DEFINITION DES VARIABLES A EXPLIQUER

##### 4.1. FACTEURS DE RISQUE DE CONTAMINATION DU LOT EN FIN DE BANDE

L'unité d'intérêt était le lot. Un lot a été déclaré contaminé par *Salmonella*, si au moins un des prélèvements pris dans le bâtiment avant enlèvement (Tableau II) était positif. La variable à expliquer était donc dichotomique (lot contaminé vs. lot non contaminé).

##### 4.2. FACTEURS DE RISQUE DE CONTAMINATION DU BATIMENT AVANT LA MISE EN PLACE

L'unité d'intérêt était le bâtiment d'élevage. Un bâtiment a été déclaré contaminé par *Salmonella*, si au moins un des prélèvements pris à l'intérieur du bâtiment avant la mise en place (Tableau II) était positif. La variable à expliquer était donc dichotomique (bâtiment contaminé vs. bâtiment non contaminé).

#### 5. ANALYSE STATISTIQUE

Toutes les variables potentiellement explicatives ont été codées en deux ou plusieurs modalités. Le nombre de modalités par variable a été limité de façon que le nombre d'individus par modalité ne soit pas inférieur à 10% de la taille de l'échantillon. Ces variables ont été sélectionnées dans une première étape destinée à

diminuer les risques d'obtenir des résultats affectés par de la colinéarité [Dohoo *et al.*, 1996]. Toutes les relations deux à deux entre variables explicatives potentielles ont été testées. Dans le cas de relations entre variables appartenant à un même sous-groupe, et révélant une forte colinéarité structurelle, une des deux variables a été choisie (celle la plus liée à la variable à expliquer).

Une procédure en deux étapes a été utilisée pour déterminer les relations entre les variables explicatives et le statut du lot en fin de bande, d'une part, et celui du bâtiment avant la mise en place, d'autre part. La régression logistique a été utilisée (proc LOGISTIC ; [SAS Institute Inc., 1989]) selon la méthode décrite par Hosmer et Lemeshow [1989]. Au cours de la première étape, une analyse univariée a été réalisée pour mettre en relation la variable à expliquer avec chacune des variables explicatives. Seuls les facteurs associés ( $\chi^2$  du rapport de vraisemblance,  $p < 0,25$ ) avec la variable à expliquer, ont été inclus dans le modèle d'analyse multivariée. La seconde étape a impliqué un modèle de régression logistique multiple, incluant tous les facteurs ayant passé la première étape. La contribution de chacun des facteurs au modèle a été évaluée, en utilisant le test du rapport de vraisemblance [McCullagh et Nelder, 1989]. La variable ayant la valeur de  $p$  la plus grande a été retirée et les paramètres ont été estimés de nouveau sur le modèle réduit. Ce processus a été poursuivi jusqu'à ce qu'un modèle, contenant uniquement des variables significatives au seuil  $p < 0,10$ , soit obtenu. Les odds ratios ont été transformés en risques relatifs selon la méthode proposée par Beaudou et Fourichon [1998]. Les interactions n'ont pas été testées en raison de la faible taille de l'échantillon.

### III - RESULTATS

#### 1. CONTAMINATION DES 86 LOTS DE POULETS PAR *SALMONELLA* EN FIN DE BANDE

Parmi les 86 lots suivis, seuls 30% d'entre eux se sont révélés ne pas être contaminés par *Salmonella* (Figure 1). Les sérotypes les plus fréquemment isolés ont été *Salmonella* Hadar et *Salmonella* Heidelberg.

#### 2. FACTEURS DE RISQUE DE LA CONTAMINATION DES LOTS EN FIN DE BANDE (Tableau III)

Parmi les 37 variables testées au cours de la première sélection des variables candidates pour le modèle logistique, seulement 5 d'entre elles étaient significativement associées avec la contamination du

lot par *Salmonella* en fin de bande. Les contaminations par *Salmonella* du bâtiment avant la mise en place et des poussins livrés, augmentaient significativement le risque de contamination du lot en fin de bande ( $p < 0,05$ , RR=2,02 et 1,84 respectivement). Le contrôle par l'éleveur des poussins livrés, pour recherche de *Salmonella*, était un facteur protecteur ( $p < 0,10$ ). Le risque de contamination du lot par *Salmonella* était augmenté lorsque les camions d'aliment devaient passer ou stationner devant l'entrée du sas sanitaire pour effectuer leur livraison et lorsque l'aliment au démarrage était distribué sous forme de farine au lieu d'un aliment en miette ( $p < 0,05$ , RR=2,7 et 1,5 respectivement). Aucun facteur lié aux mesures de sécurité sanitaire tels le changement de tenues ou la conception et l'utilisation du sas sanitaire, ni les facteurs liés à l'environnement et aux caractéristiques du bâtiment n'étaient significatifs ( $p > 0,10$ ).

FIGURE 1

Pourcentage de lots contaminés en fin de bande selon le sérotype de *Salmonella enterica* subsp. *enterica* (86 lots)

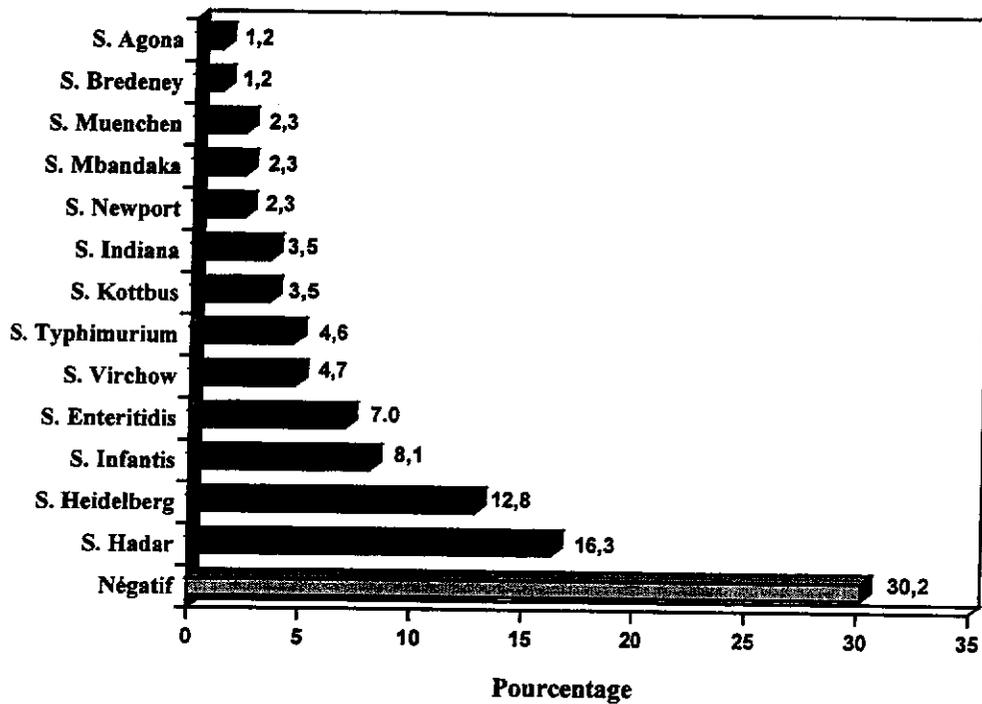


TABLEAU III

Variables retenues dans le modèle de régression logistique final en tant que facteurs de risque de contamination par *Salmonella* des lots de poulets de chair avant enlèvement

Variables	% de lots S+ <sup>b</sup>	Modèle de régression logistique <sup>a</sup>			
		OR	IC (90%) (OR)	RR <sup>c</sup>	IC (90%) (RR)
<b>Statut hygiénique du bâtiment avant mise en place</b>					
I <sup>d</sup> et SS <sup>e</sup> et A <sup>f</sup> = S <sup>g</sup> -	50,0	1,0	-	1,0	-
I = S -, SS ou A = S +	65,0	0,9	0,3-3,2	1,0	0,6-1,6
I = S +, SS et A = S + ou S -	90,0	18,4 <sup>h</sup>	4,1-82,5	2,0	1,5-2,4
<b>Statut sanitaire des poussins à la livraison</b>					
S -	53,3	1,0	-	1,0	-
S +	87,8	11,0 <sup>h</sup>	3,2-38,6	1,8	1,4-2,2
<b>Contrôle des poussins par l'éleveur (recherche de <i>Salmonella</i>)</b>					
Oui	59,5	1,0	-	1,0	-
Non	79,5	3,5	1,2-10,4	1,5	1,1-1,9
<b>Les camions d'aliment stationnent près de l'entrée du sas sanitaire</b>					
Oui	76,2	11,4 <sup>h</sup>	2,8-45,7	2,7	1,4-5,7
Non	52,2	1,0	-	1,0	-
<b>Présentation de l'aliment au démarrage</b>					
Miette	66,7	1,0	-	1,0	-
Farine	85,7	12,2 <sup>h</sup>	1,6-91,4	1,5	1,1-1,6

<sup>a</sup> Modèle de régression logistique : constante = -3,38, déviance du modèle = 63,9, DDL = 6 ( $p < 0,001$ ).

<sup>b</sup> Lots S+ : lots contaminés par *Salmonella* en fin de bande.

<sup>c</sup> RR : risque relatif obtenu selon [Beaudeau et Fourichon, 1998].

<sup>d</sup> I : intérieur du bâtiment ; <sup>e</sup>SS : sas sanitaire ; <sup>f</sup>A : abords.

<sup>g</sup> S : statut vis-à-vis de *Salmonella* (S- : *Salmonella* négatif ; S+ : *Salmonella* positif).

<sup>h</sup> Significatif au seuil  $p < 0,05$  (test du rapport de vraisemblance).

### 3. FACTEURS DE RISQUE DE LA CONTAMINATION DES BATIMENTS AVANT LA MISE EN PLACE (Tableau IV)

L'absence de seconde désinfection (application du désinfectant) et la réalisation de l'opération de désinfection du bâtiment par l'éleveur à la place d'un entrepreneur, étaient significativement liés à une augmentation du risque de persistance de *Salmonella* dans le bâtiment, après les opérations de nettoyage et de désinfection ( $p < 0,05$ , RR=6,2 et 2,6

respectivement). Ce risque de persistance était augmenté lorsque l'éleveur signalait la présence de rongeurs dans les bâtiments ( $p < 0,10$ , RR=1,9). Lorsqu'une part importante des abords du bâtiment était aménagé en accès pour les véhicules et lorsqu'un problème pathologique ayant suscité un traitement antibiotique était signalé sur le lot précédent, ce risque de persistance après les opérations de nettoyage et de désinfection était aussi augmenté ( $p < 0,05$ , RR=4,1 et 3,0 respectivement).

Tableau IV

Variables retenues dans le modèle de régression logistique final en tant que facteurs de risque de persistance de *Salmonella* dans le bâtiment avant la mise en place des poussins

Variables	% de Bât. S+ <sup>b</sup>	Modèle de régression logistique <sup>a</sup>			
		OR	IC (90%) (OR)	RR <sup>c</sup>	IC (90%) (RR)
<b>Désinfection du bâtiment</b>					
2 désinfections (désinfectants homologués <sup>d</sup> )	16,7	1,0	-	1,0	-
1 désinfection (désinfectant homologué)	48,4	13,1 <sup>e</sup>	3,8-45,1	6,2	2,5-17,1
aucune ou seulement 1 (désinfectant non homologué)	63,2	31,0 <sup>e</sup>	7,0-136,8	8,0	3,4-19,5
<b>Réalisation de la désinfection du bâtiment</b>					
Par un entrepreneur	25,0	1,0	-	1,0	-
Seulement par l'éleveur	42,4	3,9 <sup>e</sup>	1,2-12,8	2,6	1,1-7,1
<b>Pourcentage du périmètre du bâtiment utilisé par les véhicules</b>					
< 58%	30,0	1,0	-	1,0	-
≥ 58%	45,7	8,5 <sup>e</sup>	2,6-27,3	4,1	1,8-10,0
<b>Pathologie ayant entraîné un traitement sur le lot précédent</b>					
Oui	46,9	6,8 <sup>e</sup>	2,2-21,0	3,0	1,6-5,3
Non	33,3	1,0	-	1,0	-
<b>Présence de rongeurs signalée par l'éleveur</b>					
Oui	48,2	3,1	1,1-9,3	1,9	1,1-3,2
Non	33,9	1,0	-	1,0	-

- <sup>a</sup> Modèle de régression logistique : constante = -5,69 ; déviance du modèle = 80,9 ; DDL = 6.  
<sup>b</sup> Bât. S+ : bâtiments contaminés par *Salmonella* après le nettoyage et la désinfection.  
<sup>c</sup> RR : risque relatif obtenu selon [Beaudeau et Fourichon, 1998].  
<sup>d</sup> désinfectant homologué [Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation, 1995].  
<sup>e</sup> Significatif au seuil  $p < 0,05$  (test du ratio de vraisemblance).

## IV – DISCUSSION

Cette enquête a été conduite avec des lots de poulets de chair présentant un niveau de performances relativement élevé (tableau I). L'obtention de l'accord de l'éleveur pour la participation à l'étude a pu constituer un biais de sélection. Cependant, un tirage au sort des élevages n'a pu être réalisé, notamment en raison de problèmes pratiques tels que la contrainte liée au jour et à l'heure de livraison des poussins qui auraient augmenté de façon considérable la durée de l'étude pour un nombre d'élevages équivalents (exclusions et reports en fonction des dates et des heures de livraison). Cependant, les caractéristiques

techniques des lots inclus dans l'étude étaient similaires à celles collectées lors d'une enquête technique conduite sur un échantillon de taille plus importante (247 lots de poulets de chair) dans la même zone [Delabrosse, 1998]. Ainsi, notre échantillon peut être considéré comme représentatif des lots de poulets de chair produits dans l'Ouest de la France.

La variable à expliquer était définie, dans la première partie, en tant que lot contaminé par *Salmonella* versus lot non contaminé, en fonction des résultats obtenus après l'analyse bactériologique d'échantillons prélevés dans l'environnement des volailles, en fin de période

d'élevage. Du point de vue de la santé publique, cette stratégie est apparue plus sensible et plus pertinente que de réaliser les prélèvements directement sur les animaux. Plusieurs raisons peuvent être avancées pour expliquer ce choix : (1) les prélèvements de litière et de poussières ont été décrits comme les meilleurs indicateurs pour mettre en évidence l'état de contamination des lots de volailles élevées au sol [Bathia *et al.*, 1979 ; Irwin *et al.*, 1994 ; Wray et Davies, 1994] ; (2) la contamination superficielle des animaux par la poussière et les fientes est à l'origine de la contamination de la chaîne d'abattage et peut constituer un risque majeur pour tous les lots suivants passant dans les mêmes installations [Mead, 1993].

Dans cette enquête, la contamination du bâtiment par *Salmonella*, avant la mise en place des poussins, était un facteur de risque significatif de contamination du lot en fin de bande. Sur les 3 localisations possibles (abords du bâtiment, sas sanitaire, intérieur du bâtiment), la persistance de cette bactérie à l'intérieur du bâtiment, a constitué le facteur déterminant puisque la présence sur les abords ou dans le sas sanitaire n'a pas conduit ici à une augmentation significative du risque de contamination du lot en fin de bande. Cette observation est en accord avec les résultats de Lahellec *et al.* [1986] et Baggesen *et al.* [1992]. Ceci confirme aussi les résultats de Oystein *et al.* [1996] qui ont signalé que l'état de contamination du lot précédent était un facteur de risque majeur de contamination du lot suivant.

La contamination par *Salmonella* des poussins livrés s'est révélé être un facteur de risque majeur, ceci est en accord avec Christensen *et al.* [1997] et Hoover *et al.* [1997]. Ce résultat confirme l'effet du couvoir, vis-à-vis de la contamination du lot par *Salmonella*, reporté par Oystein *et al.* [1996]. Le fait qu'un contrôle des poussins, pour recherche de *Salmonella*, ne soit pas demandé par l'éleveur, était aussi associé avec le risque pour un lot d'être contaminé en fin de bande. Parce que ce contrôle était demandé par les organisations de production, ce facteur pourrait être interprété comme un descripteur du souhait, pour ces entreprises, de livrer systématiquement des poussins indemnes de salmonelles à leurs élevages intégrés, et ainsi, de choisir des couvoirs non contaminés.

Le fait que les camions d'aliments stationnent ou passent devant l'entrée du sas sanitaire pour effectuer leur livraison, augmentait le risque pour un lot d'être contaminé en fin de bande. Ce résultat peut être mis en relation avec ceux de Davies *et al.* [1997], qui ont identifié la contamination des véhicules et des bottes ou chaussures des intervenants à l'élevage comme des sources potentielles de contamination des lots par *Salmonella*. Ceci met en évidence que les abords des bâtiments de volailles sont des réservoirs potentiels de contaminants, pouvant être ainsi à l'origine de la contamination des roues des véhicules et des bottes ou chaussures du personnel. Ceci suggère que le transport mécanique de *Salmonella* constitue un vecteur possible

et devrait être pris en compte avant la construction des bâtiments de volailles, et notamment vis-à-vis de la conception des circuits (aires réservées, demi-périmètres propre/souillé) sur les abords du bâtiment [Drouin *et al.*, 1993].

Le risque pour un lot de poulets de chair d'être contaminé par *Salmonella* était aussi augmenté lorsque la présentation de l'aliment au démarrage était sous forme de farine (contre un aliment distribué sous forme de miettes). L'aliment est souvent considéré comme une voie majeure d'introduction d'une nouvelle contamination par *Salmonella* dans les lots de poulets de chair [Davies *et al.*, 1997]. Ceci est d'autant plus vrai pour les jeunes oiseaux qui peuvent être infectés par de l'aliment contenant moins d'une salmonelle par gramme [Hinton, 1988]. L'aliment sous forme de miettes ou de granulés, subit un traitement thermique lors de la fabrication, au moment de la granulation dans les filières. Ce traitement thermique (60°C à 80°C ; [McCapes *et al.*, 1989]) est susceptible de réduire le taux de contamination de l'aliment [Himathongkham *et al.*, 1996].

La présence de salmonelles résidentes dans le bâtiment avant la mise en place constituant un facteur de risque majeur, les facteurs expliquant cette persistance ont été recherchés dans un second temps. Le principal facteur de risque était représenté par le type de procédure de désinfection appliquée dans le bâtiment : le risque de persistance de *Salmonella* était augmenté de près de six fois lorsqu'une seule désinfection était réalisée au moyen d'un désinfectant homologué par le Ministère de l'Agriculture [Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation, 1995], et était encore plus important lorsqu'aucune désinfection n'avait été effectuée ou lorsque le désinfectant employé n'était pas homologué. L'importance de la réalisation d'une désinfection terminale a été montrée pour d'autres locaux et notamment pour les lieux de stockage des œufs dans les poulaillers de reproducteurs [Davies et Wray, 1996b], et dans les couvoirs [Davies et Wray, 1994]. D'après nos résultats, parmi les 36 bâtiments où une désinfection terminale a été réalisée, 34 d'entre eux l'ont été au moyen d'un désinfectant à base de formaldéhyde et/ou de glutaraldéhyde. Ce résultat est en accord avec Drouin *et al.* [1985], Davies et Wray, [1995b] et Davies et Wray [1996a] qui ont mis en évidence que les procédures de désinfection utilisant le formaldéhyde en tant que désinfectant terminal (thermonébulisation) étaient associées avec les fréquences d'isolement de *Salmonella* les plus faibles dans la majorité des bâtiments suivis après les opérations de nettoyage et de désinfection. Ces derniers auteurs ont aussi trouvé des salmonelles résiduelles sur des équipements qui n'avaient pas été traités par thermonébulisation, suggérant qu'une désinfection terminale est une partie essentielle de la procédure de décontamination du bâtiment, en éliminant tout risque de contamination potentielle *via* un équipement mal décontaminé, ou stocké dans un local où une

recontamination par des nuisibles ou d'autres sources a pu survenir. Le risque accru, observé lorsqu'un désinfectant non homologué était utilisé, pourrait traduire le fait qu'une désinfection inefficace peut augmenter le niveau de contamination par *Salmonella* en favorisant la croissance des bactéries sur des surfaces rendues humides par des concentrations sub-léthales de désinfectants. Si la procédure de désinfection représentait le principal point critique, la réalisation de cette étape par un professionnel était un facteur protecteur vis-à-vis de la persistance de *Salmonella* dans le bâtiment. Ce résultat a aussi été observé par Davies et Wray [1995b] qui ont montré que la désinfection était à l'origine de résultats très variables lorsque les désinfectants étaient appliqués par les employés d'élevage plutôt que par un professionnel.

Un pourcentage élevé du périmètre des abords du bâtiment aménagé en accès pour les véhicules, augmentait le risque de persistance de *Salmonella* dans le bâtiment après les opérations de nettoyage et de désinfection. Ce résultat souligne l'importance des accès en tant que réservoir potentiel, pouvant constituer un danger pour la contamination des bâtiments via un transport mécanique. Ce résultat est en accord avec Drouin *et al.* [1993] ; Davies *et al.*, [1997], qui ont suspecté la contamination des véhicules et des bottes des personnels d'élevage, associée à une persistance de la contamination à l'extérieur de bâtiment décontaminé, en tant que danger potentiel vis-à-vis de la persistance de *Salmonella* dans les bâtiments après les opérations de nettoyage et de désinfection.

Le risque de persistance de *Salmonella* était augmenté lorsqu'une maladie conduisant à un traitement antibiotique était survenu sur le lot précédent. Ce facteur peut être interprété de 2 façons différentes : (1) la maladie survenant sur le lot précédent a pu fragiliser les animaux qui étaient porteurs de *Salmonella* impliquant une importante multiplication et excrétion dans l'environnement ; (2) une importante contamination du bâtiment par *Salmonella* a pu

conduire à une infection des animaux, affaiblissant les oiseaux et augmentant la sensibilité du lot à d'autres agents pathogènes. Ceci suggère probablement qu'un niveau élevé de contamination du bâtiment par *Salmonella* a été responsable d'un échec de décontamination comme il a été montré par Davies et Wray [1996b]. L'interprétation des résultats d'une procédure de désinfection au regard de l'élimination de *Salmonella* dans les poulaillers est souvent compliquée par la présence de rongeurs porteurs de *Salmonella* restant ou retournant au bâtiment [Davies et Wray, 1995a, 1996a]. Si les rongeurs sont régulièrement cités comme porteurs sains ou vecteurs de salmonelles, le danger qu'ils représentent vis-à-vis de la persistance de *Salmonella* dans les poulaillers a été évalué dans peu d'études : aux Etats-Unis, dans la filière ponte [Henzler et Opitz, 1992 ; Henzler *et al.*, 1994b], ou en Grande Bretagne, dans les élevages de reproducteurs [Davies et Wray, 1995a]. Selon nos résultats, le risque de persistance de *Salmonella* dans les poulaillers, après les opérations de nettoyage et de désinfection, était 2 fois plus important quand la présence de rongeurs était signalée par l'éleveur. Ceci démontre le rôle joué par ces derniers dans le maintien de la contamination sur le site.

L'ensemble de ces résultats suggère que la maîtrise de la contamination des lots de poulets de chair par *Salmonella* doit passer par la maîtrise de la biosécurité des élevages (nettoyage et désinfection, limitation de l'accès des véhicules au bâtiment, contrôle des rongeurs) ainsi qu'une maîtrise en amont de la qualité des poussins livrés (contrôle des reproducteurs et hygiène des couvoirs). En outre, ces résultats ont permis de bâtir un système expert, outil d'aide à la décision pour les professionnels, permettant d'estimer, dès la mise en place, le risque de contamination du lot en fin de bande, en s'affranchissant de prélèvements bactériologiques dans les bâtiments et sur le lot. Ce système expert est actuellement en cours de validation sur un nouvel échantillon.

## V – BIBLIOGRAPHIE

- BAGGESEN D.L., OLSEN J.E., and BISGAARD M. ~ Plasmid profiles and phages types of *Salmonella* Typhimurium isolated from successive flocks of chickens on three parent stock farms. *Avian. Pathol.*, 1992, 21, 569-579.
- BATHIA T.R.S., MCNABB G.D., WYMAN H., and NAYAR G.P.S. ~ *Salmonella* isolation from litter as an indicator of flock infection and carcass contamination. *Avian Dis.*, 1979, 24,(4), 838-847.
- BEAUDEAU F. and FOURICHON C. ~ Estimating relative risk of disease from outputs of logistic regression when the disease is not rare. *Prev. Vet. Med.*, 1998, 36,(4), 243-256.
- BOUVET P. and GRIMONT P.-A.-D. ~ Augmentation de l'incidence des infections à *Salmonella* sérotype Hadar en France. *B. E. H.*, 1996, 32/96, 139-141.
- BRYAN F.L. and DOYLE M.P. ~ Health risks and consequences of *Salmonella* and *Campylobacter jejuni* in raw poultry. *J. Food. Protect.*, 1995, 58,(3), 326-344.
- CHRISTENSEN J.P., BROWN D.J., MADSEN M., OLSEN J.E., and BISGAARD M. ~ Hatchery-borne

- Salmonella enterica* serovar Tennessee infections in broilers. *Avian Pathol.*, 1997, 26,(1), 155-168.
- DAVIES R.H., NICHOLAS R.A.J., MCLAREN I.M., CORKISH J.D., LANNING D.G., and WRAY C. ~ Bacteriological and serological investigation of persistent *Salmonella* Enteritidis infection in an integrated poultry organisation. *Vet. Microbiol.*, 1997, 58,(2-4), 277-293.
- DAVIES R.H. and WRAY C. ~ An approach to reduction of *Salmonella* infection in broiler chicken flocks through intensive sampling and identification of cross-contamination hazards in commercial hatcheries. *Int. J. Food Microbiol.*, 1994, 24, 147-160.
- DAVIES R.H. and WRAY C. ~ Mice as carriers of *Salmonella* Enteritidis on persistently infected poultry units. *Vet. Rec.*, 1995a, 137, 337-341.
- DAVIES R.H. and WRAY C. ~ Observations on disinfection regimens used on *Salmonella* Enteritidis infected poultry units. *Poultry Sci.*, 1995b, 74, 638-647.
- DAVIES R.H. and WRAY C. ~ Persistence of *Salmonella* Enteritidis in poultry units and poultry food. *Br. Poult. Sci.*, 1996a, 37, 589-596.
- DAVIES R.H. and WRAY C. ~ Studies of contamination of three broiler breeder houses with *Salmonella* Enteritidis before and after cleansing and disinfection. *Avian Dis.*, 1996b, 40,(3), 626-633.
- DELABROSSE C. ~ Résultats de l'enquête 1996-1997 auprès des aviculteurs du Grand-Ouest, 52 p., Ed. Chambres d'Agriculture du Morbihan, Vannes, France, 1998.
- DESENCLOS J.-C., REBIERE I., BOUVET P., BENZ-LEMOINE E., ROBAIN M., BOUVIER N., PONGE A., VIANNEZ-GAIDE A.-M., PAOLI C., BLEUZE V., TRAN QUYET CHINH E., GRIMONT F., and GRIMONT P.-A.-D. ~ Bilan de l'investigation de 5 épidémies communautaires de salmonellose, France, 1993-1994. *B. E. H.*, 1996, 9/96, 39-43.
- DOHOO I.R., DUCROT C., FOURICHON C., DONALD A., and HURNIK D. ~ An overview of techniques for dealing with large numbers of independent variables in epidemiologic studies. *Prev. Vet. Med.*, 1996, 29, 221-239.
- DROUIN P., TOUX J.Y., and LE BOT L. ~ Recommandations, pour la tenue des abords et la décontamination des poulaillers. *L'aviculteur*, 1993, 545, 49-53.
- DROUIN P., TOUX J.Y., and L'HOSPITALIER R. ~ Essai d'appréciation bactériologique de l'efficacité de la désinfection dans des poulaillers de poulets de chair. *Bulletin d'Information de la Station Expérimentale d'Aviculture de Ploufragan*, 1985, 25,(1), 19-35.
- FRIS C. and VAN DEN BOS J. ~ A retrospective case-control study of risk factors associated with *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Enteritidis infections on Dutch broiler breeder farms. *Avian Pathol.*, 1995, 24, 255-272.
- HENKEN A.M., FRANKENA K., GOELEMA J.O., GRAAT E.A.M., and NOORDHUIZEN J.P.T.M. ~ Multivariate epidemiological approach to salmonellosis in broiler breeder flocks. *Poultry Sci.*, 1992, 71, 838-843.
- HENZLER D.J., EBEL E., SANDERS J., KRADEL D., and MASON J. ~ *Salmonella* Enteritidis in eggs from commercial chicken layer flocks implicated in human outbreaks. *Avian Dis.*, 1994a, 38, 37-43.
- HENZLER D.J. and OPITZ H.M. ~ The role of mice in the epizootiology of *Salmonella* Enteritidis infection on chicken layer farms. *Avian Dis.*, 1992, 36, .
- HENZLER D.J., OPITZ H.M., HURD H.S., and SCHLOSSER W. ~ The significance of rodent control in *Salmonella* Enteritidis risk reduction programs, 8th International congress on Animal Hygiene, 1994b, St Paul, Minnesota, USA.
- HIMATHONGKHAM S., PEREIRA M., and RIEMANN H. ~ Heat destruction of *Salmonella* in poultry feed : effect of time, temperature, and moisture. *Avian Dis.*, 1996, 40, 72-77.
- HINTON M. ~ *Salmonella* infection in chicks following the consumption of artificially contaminated feed. *Epidemiol. Infect.*, 1988, 100, 247-256.
- HIRD D.W., KINDE H., CASE J.T., CHARLTON B.R., CHIN R.P., and WALKER R.L. ~ Serotypes of *Salmonella* isolated from California turkey flocks and their environment in 1984-89 and comparison with human isolates. *Avian Dis.*, 1993, 37, 715-719.
- HOOVER N.J., KENNEY P.B., AMICK J.D., and HYPES W.A. ~ Preharvest sources of *Salmonella* colonization in turkey production. *Poultry Sci.*, 1997, 76,(9), 1232-1238.
- HOSMER D.W. and LEMESHOW S. ~ Applied Logistic Regression, 307 p, New York, 1989.
- IRWIN R.J., POPPE C., MESSIER S., FINLEY G.G., and OGGEL J. ~ A national survey to estimate the prevalence of *Salmonella* species among Canadian registered commercial turkey flocks. *Can. J. Vet. Res.*, 1994, 58, 263-267.
- LAHELLEC C., COLIN P., BENNEJEAN G., PAQUIN J., GUILLERM A., and DEBOIS J.C. ~ Influence of resident *Salmonella* on contamination of broiler flocks. *Poultry Sci.*, 1986, 65, 2034-2039.
- LEE J.A. ~ Recent trends in human Salmonellosis in England and Wales: the epidemiology of prevalent serotypes other than *Salmonella* Typhimurium. *J. Hyg.*, 1974, 72, 185-195.

- MCCAPES R.H., EKPERIGIN H.E., CAMERON W.J., RITCHIE W.L., SLAGTER J., STANGELAND V., and NAGARAJA K.V. ~ Effect of a new pelleting process on the level of contamination of poultry mash by *Escherichia coli* and *Salmonella*. *Avian Dis.*, 1989, 33, 103-111.
- MCCULLAGH P. and NELDER J.A. ~ Log likelihood for binomial data., *In* : Generalized Models, 2nd edn. Chapman and Hall, London, 1989, 114-119.
- MEAD G.C. ~ Problems of producing safe poultry: discussion paper. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 1993, 86, 39-42.
- Ministère de l'Agriculture de la Pêche et de l'Alimentation ~ Substances autorisées pour la désinfection et le nettoyage. *Note de service : DG-AL/SDSPA/N95-8175*, 1995.
- OYSTEIN A., SKOV M.N., CHRIEL M., AGGER J.F., and BISGAARD M. ~ A retrospective study on *Salmonella* infection in Danish broiler flocks. *Prev. Vet. Med.*, 1996, 26, 223-237.
- ROWE B., HALL M.L.M., WARD L.R., and DE SA J.D.H. ~ Epidemic spread of *Salmonella* Hadar in England and Wales. *Br. Med. J.*, 1980, 1065-1066.
- SAS Institute Inc. ~ SAS/STAT User's Guide, Version 6, 4th edn., Cary, NC, 1989.
- VAUGHN J.B., WILLIAMS L.P., LEBLANC D.R., HELSDON H.L., and TAYLOR C. ~ *Salmonella* in a modern broiler operation : a longitudinal study. *Am. J. Vet. Res.*, 1974, 35, 737-741.
- WRAY C. and DAVIES R.H. ~ Guidelines on detection and monitoring of *Salmonella* infected poultry flocks with particular reference to *Salmonella* Enteritidis, 1994, World Health Organisation: Graz, Austria.