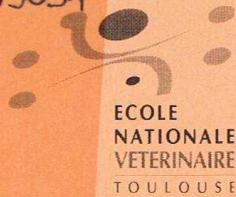


39094

6608-2002



ECOLE  
NATIONALE  
VETERINAIRE  
TOULOUSE

BIBLIOTHEQUE  
ECOLE NATIONALE VETERINAIRE  
DE TOULOUSE

ANNEE 2002

THESE : 2002 - TOU 3 - 408

# LES SALMONELLES DANS LES ELEVAGES PORCINS D'UN GROUPEMENT DE PRODUCTEURS BRETONS : PREVALENCE, FACTEURS DE RISQUE ET SUIVI DE L'EXCRETION DE L'ELEVAGE A L'ABATTOIR

THESE  
pour obtenir le grade de  
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement en 2002  
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

*par*

**Anouck LEMISTRE**  
Née, le 14 avril 1977 à EPINAL (Vosges)

Directeur de thèse : M. le Professeur Guy-Pierre MARTINEAU

## JURY

PRESIDENT :  
**M. Henri DABERNAT**

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEUR :  
**M. Guy-Pierre MARTINEAU**  
**M. Jean-Luc GUERIN**

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE  
Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MEMBRES INVITES :  
**M. BLAISOT**  
**Mlle LETESSIER**  
**M. ROBERT**

Docteur Vétérinaire à Coopagri-Bretagne  
Docteur Vétérinaire à Coopagri-Bretagne  
Docteur Vétérinaire à la CCPA Delta

LES SALMONELLES DANS LES ELEVAGES  
PORCINS D'UN GROUPEMENT DE  
PRODUCTEURS BRETONS : PREVALENCE,  
6608-2002-089



MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE  
ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

Directeur par intérim	: M.	<b>G. BONNES</b>
Directeurs honoraires.....	: M.	<b>R. FLORIO</b>
	M.	<b>R. LAUTIE</b>
	M.	<b>J. FERNEY</b>
	M.	<b>G. VAN HAVERBEKE</b>
Professeurs honoraires.....	: M.	<b>A. BRIZARD</b>
	M.	<b>L. FALIU</b>
	M.	<b>C. LABIE</b>
	M.	<b>C. PAVAUX</b>
	M.	<b>F. LESCURE</b>
	M.	<b>A. RICO</b>
	M.	<b>A. CAZIEUX</b>
	Mme	<b>V. BURGAT</b>
	M.	<b>D. GRIESS</b>

**PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE**

- M. **CABANIE Paul**, *Histologie, Anatomie pathologique*
- M. **CHANTAL Jean**, *Pathologie infectieuse*
- M. **DARRE Roland**, *Productions animales*
- M. **DORCHIES Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
- M. **GUELFY Jean-François**, *Pathologie médicale des Equidés et Carnivores*

**PROFESSEURS 1<sup>ère</sup> CLASSE**

- M. **AUTEFAGE André**, *Pathologie chirurgicale*
- M. **BODIN ROZAT DE MANDRES NEGRE Guy**, *Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie*
- M. **BRAUN Jean-Pierre**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Histologie, Anatomie pathologique*
- M. **ECKHOUTTE Michel**, *Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale*
- M. **EUZEBY Jean**, *Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie*
- M. **FRANC Michel**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
- M. **MARTINEAU Guy**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour*
- M. **MILON Alain**, *Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie*
- M. **PETIT Claude**, *Pharmacie et Toxicologie*
- M. **REGNIER Alain**, *Physiopathologie oculaire*
- M. **SAUTET Jean**, *Anatomie*
- M. **TOUTAIN Pierre-Louis**, *Physiologie et Thérapeutique*

**PROFESSEURS 2<sup>e</sup> CLASSE**

- Mme **BENARD Geneviève**, *Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale*
- M. **BERTHELOT Xavier**, *Pathologie de la Reproduction*
- M. **CORPET Denis**, *Science de l'Aliment et Technologies dans les industries agro-alimentaires*
- M. **DUCOS DE LAHITTE Jacques**, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
- M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
- Mme **KOLF-CLAUW Martine**, *Pharmacie -Toxicologie*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. **LIGNEREUX Yves**, *Anatomie*
- M. **PICAVET Dominique**, *Pathologie infectieuse*
- M. **SCHELCHER François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour*

**PROFESSEUR ASSOCIE**

- M. **HENROTEAUX Marc**, *Médecine des carnivores*
- M. **TAMZALI Youssef**, *Clinique équine*

**PROFESSEURS CERTIFIES DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE**

- Mme **MICHAUD Françoise**, *Professeur d'Anglais*  
M. **SEVERAC Benoît**, *Professeur d'Anglais*

**MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE**

- M. **JOUGLAR Jean-Yves**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour*

**MAITRES DE CONFERENCES 1<sup>ère</sup> CLASSE**

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*  
M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*  
M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*  
Mme **BOUCRAUT-BARALON Corine**, *Pathologie infectieuse*  
Mlle **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*  
Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*  
M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Physiologie et Thérapeutique*  
Mme **BRET-BENNIS Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*  
M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale*  
M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*  
Mlle **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*  
M. **DUCOS Alain**, *Zootecnie*  
M. **DOSSIN Olivier**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*  
Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*  
M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*  
Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la Reproduction*  
M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*  
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*  
M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*  
M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*  
Mme **MESSUD-PETIT Frédérique**, *Pathologie infectieuse*  
Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*  
Mme **RAYMOND-LETRON Isabelle**, *Anatomie pathologique*  
M. **SANS Pierre**, *Productions animales*  
Mlle **TRUMEL Catherine**, *Pathologie médicale des Equidés et Carnivores*  
M. **VALARCHER Jean-François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour*  
M. **VERWAERDE Patrick**, *Anesthésie, Réanimation*

**MAITRES DE CONFERENCES 2<sup>e</sup> CLASSE**

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale*  
Mlle **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie*  
Mlle **CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*  
Mme **COLLARD-MEYNAUD Patricia**, *Pathologie chirurgicale*  
M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie du Bétail*  
M. **GUERIN Jean-Luc**, *Productions animales*  
Mlle **HAY Magali**, *Zootecnie*  
M. **MARENDA Marc**, *Pathologie de la Reproduction*  
M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*

**MAITRES DE CONFERENCES 2<sup>e</sup> CLASSE**

- M. **GRANDJEAN Christophe**, *Gestion de la santé en élevage des ruminants*

**ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS**

- Mme **MEYNADIER-TROEGELER Annabelle**, *Alimentation*  
M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*  
M. **MONNEREAU Laurent**, *Anatomie, Embryologie*

A Monsieur le Professeur Henri DABERNAT  
Professeur des Universités  
Praticien hospitalier  
*Bactériologie-Virologie*

*Pour nous avoir fait l'hommage de présider notre Jury de thèse,  
Hommage respectueux.*

A Monsieur le Professeur Guy-Pierre MARTINEAU  
De l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse  
*Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour*

*Pour avoir accepté de nous guider dans la réalisation de ce travail,  
Qu'il veuille trouver ici l'expression de notre gratitude.*

A Monsieur le Docteur Jean-Luc GUERIN  
Maître de Conférences de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse  
*Productions animales*

*Pour nous avoir fait l'honneur de participer à notre Jury de thèse,  
Remerciements respectueux.*



A Monsieur le Docteur Sylvain BLAISOT  
Docteur vétérinaire à Coopagri-Bretagne

*Pour nous avoir chaleureusement accueilli et pour nous avoir permis de  
réaliser ce travail,  
Remerciements respectueux.*

A Mademoiselle le Docteur Agnès LETESSIER  
Docteur vétérinaire à Coopagri-Bretagne

*Pour nous avoir encadré tout au long de cette étude,  
Sincères remerciements.*

A Monsieur le Docteur Fabrice ROBERT,  
Docteur Vétérinaire à la CCPA Deltavit

*Pour son aide et son intérêt porté à ce travail,  
Remerciements sincères.*



*A mes parents et à ma sœur, qui m'ont soutenue et aidée durant toutes ces années,  
Qu'ils trouvent dans ce travail, le modeste témoignage de mon affection et de ma reconnaissance.*

*A Jérôme, pour sa disponibilité et sa patience, avec tout mon amour.*

*Aux Morues, pour ces années merveilleuses :  
Claire pour son dynamisme et son écoute,  
Elsa pour son sourire et sa joie de vivre,  
Gaëlle pour sa sensibilité humaine et sa fantaisie,  
Marianne pour sa douceur et sa compréhension.*

*A mes amis de l'Ecole Nationale Vétérinaire, qui ont partagé avec moi ces années d'étude.*

*A tous mes amis.*



# *TABLE DES MATIÈRES*



<b>Liste des abréviations :</b>	<b>4</b>
<b>Liste des tableaux et des figures :</b>	<b>5</b>
<b>Introduction :</b>	<b>7</b>
<b>Partie I : Etude bibliographique.....</b>	<b>9</b>
<b>I. Salmonelles et porcs.....</b>	<b>10</b>
1. Etiologie des salmonelles .....	10
1.1. Caractéristiques bactériennes :.....	10
1.2. Taxonomie :.....	10
1.2.1. Espèces et sous-espèces :.....	10
1.2.2. Sérovars :.....	11
1.3. Habitat :.....	14
1.4. Spécificité d'hôtes :.....	14
1.5. Pathogénicité :.....	15
1.5.1. La fièvre typhoïde :.....	15
1.5.2. Les salmonelloses non typhiques :.....	15
1.5.3. Salmonellose animale :.....	16
2. Nature, dynamique de l'infection et méthodes diagnostiques de laboratoire :.....	17
2.1. Les porcs : des porteurs sains de salmonelles :.....	17
2.1.1. Salmonellose clinique chez les porcs :.....	17
2.1.2. Le portage asymptomatique :.....	18
2.2. Dynamique de l'infection :.....	19
2.2.1. Evolution de l'excrétion des salmonelles après inoculation :.....	19
2.2.2. Séroconversion après inoculation :.....	20
2.3. Diagnostic de laboratoire :.....	20
2.3.1. Diagnostic bactériologique :.....	20
2.3.2. Diagnostic sérologique :.....	23
3. Prévalence des salmonelles dans la filière porcine dans différents pays :.....	25
3.1. Au Canada :.....	25
3.2. En Allemagne :.....	25
3.3. Aux Pays-Bas :.....	26
3.4. Au Danemark :.....	26
3.5. Aux Etats-Unis :.....	26
3.6. En Angleterre :.....	26
3.7. En Autriche :.....	27
3.8. En Norvège :.....	27
3.9. En France :.....	27
3.10. Synthèse :.....	27
<b>II. Problématique des salmonelles dans la filière porcine.....</b>	<b>29</b>
1. Problème d'Environnement :.....	29
2. Problème de Santé Publique :.....	30
2.1. Salmonelles et TIAC :.....	30
2.2. Principales sources de TIAC salmonelliques :.....	32
2.3. Estimation quantitative des TIAC salmonelliques dues aux denrées alimentaires d'origine porcine dans différents pays :.....	35
3. Projet de Directive Européenne :.....	36
3.1. Approche réglementaire :.....	36
3.1.1. Dispositions introductives :.....	36
3.1.2. Objectifs communautaires :.....	36
3.1.3. Programmes de contrôle :.....	37
3.1.4. Dispositions générales et finales :.....	38
3.2. L'approche commerciale :.....	38
3.2.1. Echanges intracommunautaires :.....	38
3.2.2. Importations de pays tiers :.....	38
4. Plans de lutte salmonelles :.....	39
4.1. Exemple du programme danois :.....	39
4.1.1. Eléments d'épidémiologie :.....	39
4.1.2. Programme de contrôle des salmonelles au Danemark :.....	40
4.1.3. Résultat du plan de contrôle danois :.....	42

4.1.4.	Première révision du plan de contrôle danois :.....	43
4.2.	Principaux autres pays mettant en œuvre des plans de contrôle salmonelles :.....	45
4.2.1.	La Suède : .....	45
4.2.2.	La Norvège :.....	45
4.2.3.	L'Allemagne : .....	45
4.2.4.	Le Canada : .....	45
<b>Partie II : Etude expérimentale .....</b>		<b>48</b>
<b>I.</b>	<b>Matériel et méthodes : .....</b>	<b>50</b>
1.	Elevages suivis :.....	50
2.	Les analyses de laboratoire :.....	50
2.1.	Analyse sérologique :.....	50
2.2.	Analyse bactériologique : .....	50
3.	Le questionnaire :.....	51
3.1.	Contenu du questionnaire : .....	51
3.2.	Recueil des données : .....	52
3.3.	Méthodes analytiques :.....	53
4.	Etude terrain : Plan de prélèvements : .....	53
<b>II.</b>	<b>Résultats :.....</b>	<b>54</b>
1.	Enquête sérologique : .....	54
2.	Enquête questionnaire :.....	55
2.1.	Description de l'échantillon :.....	55
2.1.1.	Taux d'infection : .....	55
2.1.2.	Données technico-économiques : .....	56
2.2.	L'alimentation : .....	58
2.3.	L'aspect sanitaire : .....	59
2.4.	L'hygiène d'élevage :.....	60
2.5.	Conduite des animaux : .....	61
2.6.	Protection sanitaire :.....	61
2.7.	Origine des reproducteurs :.....	62
3.	Suivi de l'élevage à l'abattoir : .....	62
3.1.	En élevage : .....	62
3.2.	A l'abattoir : .....	63
<b>III.</b>	<b>Discussion : .....</b>	<b>64</b>
1.	Prévalence en élevage : .....	64
1.1.	Limites de l'étude :.....	64
1.2.	Comparaison aux résultats danois : .....	65
2.	Les facteurs de risque en élevage : .....	66
2.1.	Critique de l'analyse :.....	66
2.2.	Facteurs d'introduction de salmonelles en élevages :.....	67
2.3.	Facteurs de propagation ou de circulation des salmonelles au sein de l'élevage :.....	69
3.	Diagnostic en élevage :.....	71
3.1.	Effet bande :.....	71
3.2.	Relation entre les analyses bactériologiques et sérologiques : .....	71
4.	Excrétion de l'élevage à l'abattoir : .....	74
<b>Conclusion :</b>		<b>76</b>
<b>Bibliographie :</b>		<b>78</b>
<b>Annexes :</b>		<b>85</b>

# *Liste des Abréviations*

ADN : Acide Désoxyribonucléique

AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments

CCPA : Centrale des Coopératives de Productions Animales

CEE : Communauté Economique Européenne

CNRSS : Centre National de Référence des Salmonelles et des Shigelles

DDASS : Directions Départementales de l'Action Sanitaire et Sociale

DO : Densité Optique

DSV : Directions des Services Vétérinaires

ELISA : Indirect Enzym-Linked Immunosorbent Assay

FAF : Fabrication A la Ferme

IC 7-105 : Indice de Consommation 7-105

ICG : Indice de Consommation Globale

ITP: Institut Technique du Porc

LPS : Lipopolysaccharide

SAU : Surface Agricole Utile

TIA : Toxi-Infection Alimentaire

TIAC : Toxi-infection Alimentaire Collective

UFC : Unité Formant Colonie



# LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES

Figure 1 : Profil type de l'évolution de l'excrétion de salmonelles et de la séroconversion après inoculation. (54).....	19
Figure 2 : Principales étapes de l'analyse bactériologique des salmonelles. ....	22
Figure 3 : Répartition, par pays, des principaux sérotypes impliqués dans les salmonelloses humaines en 1999 en Europe. (38) (14).....	30
Figure 4 : Evaluation quantitative des différentes sources de salmonellose humaine au Danemark en 1998. (30).....	34
Figure 5 : Répartition des élevages positifs selon leur nombre de sérums positifs sur 15. ....	55
Figure 6 : Répartition des élevages en fonction du nombre de truies.....	56
Figure 7 : Répartition des élevages en fonction du % de perte sevrage-vente, de l'Indice de Consommation Globale et de l'Indice de Consommation 7-105.....	57
Figure 8 : Voies d'introduction de salmonelles dans un élevage. ....	67
Tableau 1 : Identification de <i>Salmonella enterica</i> et de <i>Salmonella bongori</i> . (8) .....	11
Tableau 2 : Schéma simplifié de Kauffman-White-Sérotypes (principaux groupes et principaux sérotypes).(8).....	13
Tableau 3 : Isolement de <i>Salmonella</i> Typhimurium dans différents organes après inoculation par voie orale. (5).....	20
Tableau 4 : Classification des élevages dans la province d'Alberta (Canada) en fonction du % d'infection bactériologique et sérologique. (60).....	25
Tableau 5 : Prévalence bactériologique de <i>Salmonella</i> dans différents pays. ....	28
Tableau 6 : Séroprévalence de <i>Salmonella</i> dans différents pays. ....	28
Tableau 7 : Tableau comparatif entre différents pays des TIAC salmonelliques humaines...	32
Tableau 8 : Etude comparative entre les différents sérotypes de salmonelles retrouvés dans la viande de certains animaux et ceux retrouvés chez l'homme. (30).....	33
Tableau 9 : Pourcentage de TIAC attribuable au porc et principaux sérovars. (30).....	35
Tableau 10 : Prévalence de <i>Salmonella</i> spp. chez les porcs danois. (12) (53).....	42
Tableau 11 : Répartition des élevages positifs selon les 3 niveaux du plan de contrôle. (15) (35) (55).....	43
Tableau 12 : Principaux thèmes abordés dans le questionnaire. ....	52
Tableau 13 : Plan de prélèvements. ....	54
Tableau 14 : Comparaison de la taille moyenne (nombre de truies) des élevages de l'échantillon aux moyennes nationale et bretonne sur l'année 2000. (source ITP : Institut Technique du Porc).....	56
Tableau 15 : Comparaison des moyennes de trois paramètres technico-économiques de l'échantillon par rapport aux niveaux national et breton. ....	57
Tableau 16 : Résultats de l'analyse statistique relatifs à l'alimentation. ....	58
Tableau 17 : Résultats de l'analyse statistique relatifs à l'équilibre digestif. ....	59
Tableau 18 : Résultats de l'analyse statistique relatifs à l'hygiène en élevage.....	60
Tableau 19 : Résultats de l'analyse statistique relatifs à la conduite des animaux. ....	61
Tableau 20 : Résultats de l'analyse statistique relatifs à la protection sanitaire. ....	61

Tableau 21 : Répartition des élevages en fonction des résultats sérologiques et bactériologiques obtenus en élevage.....	63
Tableau 22 : Résultats sérologiques et bactériologiques de l'étude terrain. ....	63
Tableau 23 : Pourcentage d'infection correspondant à chaque résultat sérologique.....	65
Tableau 24 : Répartition des élevages infectés danois selon leur niveau d'infection : (35) (52). .....	65
Tableau 25 : Correspondance entre les résultats sérologiques et bactériologiques par lot de porcs en fin d'engraissement. ....	72

# *INTRODUCTION*

Les salmonelles sont la première cause de toxi-infection alimentaire dans tous les pays industrialisés : il s'agit donc surtout d'un problème de santé publique. Elles sont à l'origine de 75% des intoxications dont la cause a été identifiée. Ces bactéries concernent plusieurs filières. Les aliments les plus souvent incriminés sont par ordre décroissant la viande de volailles, les ovoproduits, les produits de charcuterie, la viande de porc, puis celle de bovin. Les opinions publiques des pays industrialisés se révèlent donc de plus en plus sensibles aux problèmes des maladies d'origine alimentaire : parmi celles-ci la toxi-infection alimentaire due aux salmonelles tient la première place.

La transmission à l'homme de *Salmonella enterica* par des produits carnés d'origine porcine, représente, dans les pays industrialisés, de 6 à 15 % des salmonelloses humaines d'origine alimentaire diagnostiquées. Ce qui est loin d'être négligeable. Chez le porc, les épisodes de salmonelloses cliniques sont rares, les infections subcliniques sont, quant à elles, beaucoup plus fréquentes. Les porcs sont des porteurs sains de salmonelles d'où la difficulté de l'éradication ou plutôt de la diminution de la contamination en élevage.

Dans certains pays comme le Danemark ou la Suède, des plans de contrôle « salmonelles » ont déjà été mis en place. Il est donc possible que dans un avenir plus ou moins proche, nous devions nous préoccuper de ce problème d'hygiène alimentaire. En effet cette problématique fait l'objet d'une attention croissante des pouvoirs publics et de l'ensemble des intervenants des filières porcines, notamment européennes. Un projet de directive européenne a d'ailleurs été publié récemment. La maîtrise de la qualité hygiénique et sanitaire des denrées produites au regard du danger *Salmonella enterica* va, en effet, devenir dans un avenir proche l'objet d'enjeux économiques, commerciaux et réglementaires majeurs.

Afin de pouvoir répondre aux exigences commerciales et réglementaires qui risquent de nous être imposées, nous nous devons de préparer et d'anticiper ces modifications. Actuellement, nous ne sommes pas prêts à apporter des garanties réelles en matière de contamination en salmonelles. Pour cela, plusieurs points restent à élucider :

- Les méthodes de dépistage en élevage : bactériologie/sérologie
- La classification des élevages selon un niveau de contamination
- La détermination des principaux facteurs de risque et des principales voies d'entrée
- Les mesures préventives de l'amplification de l'excrétion de salmonelles entre le départ de l'élevage et l'arrivée à l'abattoir
- Les mesures préventives des contaminations croisées à l'abattoir

L'objectif de cette étude est de réaliser une première approche qui sera éventuellement suivie d'investigations plus poussées et plus précises basées sur les résultats obtenus.

Une présentation de la situation des élevages porcins vis-à-vis des salmonelles ainsi que les différents enjeux et perspectives engendrés par ce sujet seront tout d'abord abordés.

L'étude expérimentale, menée en élevage et à l'abattoir sera ensuite présentée. Les objectifs sont de trois ordres : faire un point de la contamination salmonelles dans les élevages naisseurs-engraisseurs, mettre en évidence les principaux facteurs de risque liés à une contamination en élevage et suivre l'excrétion des salmonelles de l'élevage à l'abattoir.

*PARTIE I : ETUDE  
BIBLIOGRAPHIQUE*

# I. SALMONELLES ET PORCS

## 1. ETIOLOGIE DES SALMONELLES :

### 1.1. *Caractéristiques bactériennes :*

Les salmonelles appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae* : ce sont des bacilles droits (0,3-1 sur 1-6  $\mu\text{m}$ ) à Gram négatif, non mobiles ou mobiles grâce à des flagelles péritriches, aéro-anaérobies cultivant sur milieux ordinaires, fermentant le glucose avec ou sans production de gaz, réduisant les nitrates en nitrites, et donnant un test des oxydases négatif. Ces bactéries sont hôtes facultatifs du tractus digestif des Mammifères et sont potentiellement pathogènes pour l'homme et l'animal. (45)

### 1.2. *Taxonomie :*

La nomenclature et plus particulièrement la désignation des espèces et sous-espèces du genre *Salmonella* font l'objet de nombreuses discussions et de nombreuses demandes de dérogations. Actuellement, en pratique, deux possibilités sont offertes aux microbiologistes afin de désigner les espèces et sous-espèces. (24) Nous suivrons dans cette étude les propositions de Le Minor et Poppof (1987). Les nomenclatures de *Salmonella bongori* et de *Salmonella enterica* sont en effet utilisées par la très grande majorité des scientifiques.

#### 1.2.1. *Espèces et sous-espèces :*

Le genre *Salmonella* comprend deux espèces génomiques (définies d'après de récents travaux d'hybridation ADN/ADN), il s'agit de *Salmonella enterica* (espèce habituelle) et *Salmonella bongori* (espèce rare). L'espèce type est *Salmonella enterica* ; elle est subdivisée en six sous-espèces : *enterica*, *salamae*, *arizonae*, *diarizonae*, *houtenae* et *indica*. La subdivision en sous-espèces est réalisée à l'aide d'un certain nombre de caractères biochimiques. Dans la pratique, l'étude des caractères suivants, figurant en gras dans le tableau 1, est suffisante : utilisation du malonate, possession d'une bêta-galactosidase (test ONPG), gélatinase, culture en présence de KCN, production d'acide à partir du sorbitol, lyse par le phage O1.

**Tableau 1 : Identification de *Salmonella enterica* et de *Salmonella bongori*. (8)**

	<i>Salmonella enterica</i> subsp.						<i>Salmonella bongori</i>
	<i>enterica</i>	<i>salamae</i>	<i>arizonae</i>	<i>diarizonae</i>	<i>houtenae</i>	<i>indica</i>	
Dulcitol	+	+	-	-	-	D	+
<b>ONPG (2h)</b>	-	-	+	+	-	D	+
<b>Malonate</b>	-	+	+	+	-	-	-
<b>Gélatinase</b>	-	+	+	+	+	+	-
<b>Sorbitol</b>	+	+	+	+	+	-	+
<b>Culture avec KCN</b>	-	-	-	-	+	-	+
L(+)-tartrate	+	-	-	-	-	-	-
Galacturonate	-	+	+	+	+	+	+
glutamyltransferase	+	+	+	+	+	+	+
glucuronidase	D	D	+	+	-	D	-
mucate	+	+	-	-	-	+	+
salicine	-	-	-	-	+	-	-
lactose	-	-	+	+	-	D	-
<b>lyse par phage O1</b>	+	+	+	+	-	+	D

Symboles : + =90% ou plus de réactions positives/ - =90% ou plus de réactions négatives/D= réactions variables

La sous-espèce la plus couramment isolée chez l'homme et l'animal est *Salmonella enterica* subsp. *Enterica*. En France, selon les données recueillies au CNRSS (Centre National de Référence des Salmonelles et des Shigelles), 99,73% des souches appartiennent à la sous-espèce *enterica*. (8)

### 1.2.2. Sérovars :

Au sein de chacune des sous-espèces de *Salmonella enterica*, il est possible de distinguer des sérovars caractérisés par leurs antigènes somatiques (antigènes O), par leurs antigènes flagellaires (antigène H) et, éventuellement, par leur antigène Vi (pour virulence). Actuellement environ 3 000 sérovars sont connus et la majorité appartient à la sous-espèce *Salmonella enterica* subsp. *enterica*. (8) C'est aussi la seule sous-espèce au sein de laquelle des noms sont donnés aux sérovars. (49) Autrement dit, si un sérovar porte un nom, c'est qu'il appartient forcément à la sous-espèce *enterica*. La désignation de ces sérovars n'est pas réglementée mais elle est conseillée. Ces sérovars ne sont pas en italique et commencent par une lettre capitale. Par exemple, pour le sérovar Typhimurium, la nouvelle nomenclature propose : (24)

- *Salmonella enterica* subsp. *enterica* sérovar Typhimurium
- *S. enterica* subsp. *enterica* sérovar Typhimurium (en effet, l'abréviation d'un nom de genre *Salmonella* = *S.n*'est permise que si elle est suivie de l'épithète d'espèce *S.enterica*)
- *Salmonella* Typhimurium

Nous adopterons la dernière écriture pour cette étude.

Les sérotypes des sous-espèces autres que la sous-espèce *enterica* sont seulement désignés par leurs formules antigéniques.

Les sérovars sont définis par la diversité du lipopolysaccharide (LPS= **antigène somatique O** : AgO) et des **antigènes flagellaires H**, d'après la classification élaborée par White en 1926 puis par Kaufmann en 1972 et 1978 et Le Minor en 1987 (Tableau 2). Le LPS,

ancré dans la membrane externe de la bactérie, est constitué de trois parties qui sont, de l'intérieur vers l'extérieur : le lipide A, identique chez toutes les entérobactéries, le « core » ou noyau polysaccharidique de base, identique chez toutes les salmonelles et le polysaccharide spécifique qui, lui, détermine de nombreux types d'antigènes O qui ont été caractérisés et identifiés par des chiffres. Ces antigènes participent à la classification des différents sérovars. Certains antigènes O (stables et de grande valeur) déterminent des groupes (par exemple l'Ag O2 pour le groupe A, l'Ag O4 pour le groupe B, l'Ag O9 pour le groupe D) : ils sont d'un intérêt diagnostique majeur. D'autres sont qualifiés d'accessoires et sont :

- soit associés à un ou plusieurs groupes (exemple de l'Ag O12 toujours associé aux Ag O2(A) ; O4(B) ; O9(D))
- soit peuvent être déterminés par des phages convertisseurs (exemple du facteur O1, ces facteurs sont soulignés dans le schéma de Kauffmann-White)
- soit sont le résultat de l'expression d'un plasmide et, dans ce cas, différents sérotypes peuvent exprimer ce facteur s'ils sont contaminés par un tel plasmide.

**Ainsi d'un point de vue diagnostique, les facteurs antigéniques majeurs ont le rôle prépondérant.** Les autres facteurs permettent de faire des recherches plus poussées qui ne sont en général pas utilisées dans les méthodes de routine.

**L'antigène d'enveloppe ou Ag Vi** est l'un des plus importants pour le diagnostic dans le genre *Salmonella*. Cet antigène, quand il est présent, confère à la bactérie une forte pathogénicité et une bonne résistance à la réponse immunitaire.

Les salmonelles peuvent exprimer soit un seul antigène (phase) flagellaire (sérovars monophasiques comme Enteritidis, Dublin, Agona, Derby) soit deux antigènes flagellaires (sérovars diphasiques comme Typhimurium). Ces phases flagellaires ont été caractérisées et permettent l'identification des sérotypes dont les antigènes O sont identiques. La détermination des 2 phases est essentielle pour l'identification du sérovar (méthode d'inversion de phase).

Il existe 88 facteurs antigéniques O et 97 facteurs antigéniques H. (8)

**Tableau 2 : Schéma simplifié de Kauffman-White-Sérotypes (principaux groupes et principaux sérotypes).(8)**

		Antigène O		Antigène H	
		phase 1	phase 2	phase 1	phase 2
<b>Groupe O : 4 (B)</b>	Typhimurium	<u>1,4</u> ,[5],12		i	1,2
	Saintpaul	<u>1,4</u> ,12, <u>27</u>		e, h	1,2
	Heidelberg	<u>1,4</u> ,[5],12		r	1,2
	Brandenburg	<u>1,4</u> ,12		l, v	e,n,z
	Bredeney	<u>1,4</u> ,12, <u>27</u>		l, v	1,7
	Agona	<u>1,4</u> ,12		f,g,s	
	Derby	<u>1,4</u> ,[5],12		f,g,s	
	Paratyphi B	<u>1,4</u> ,[5],12		b	1,2
	Schwarzengrund	<u>1,4</u> ,12, <u>27</u>		d	1,7
	Wien	<u>1,4</u> ,12, <u>27</u>		b	l,w
	Abortusovis	4,12		c	1,6
	Stanley	<u>1,4</u> ,[5],12, <u>27</u>		d	1,2
	Indiana	<u>1,4</u> ,12		z	1,7
<b>Groupe O : 9 (D)</b>	Dublin	<u>1,9</u> ,12 [Vi]		g, p	
	Enteritidis	<u>1,9</u> ,12		g, m	
	Typhi	9,12 [Vi]		c	
<b>Groupe O : 6,7 (C1)</b>	Infantis	6,7, <u>14</u>		r	1,5
	Virchow	6,7		r	1,2
	Montevideo	6,7, <u>14</u>		g, m,[p],s	[1,2,7]
	Choleraesuis	6,7			
	Mbandaka	6,7, <u>14</u>		z10	e, n, z15
<b>Groupe O : 6,8 (C2)</b>	Bovismorbificans	6,8		r, [i]	1,5
	Newport	6,8, <u>20</u>		e, h	1,2
	Hadar	6,8		z10	e, n, x
	Goldcoast	6,8		r	l, w
<b>Groupe O : 3,10 (E1)</b>	Anatum	3,10[ <u>15</u> ] [ <u>15,34</u> ]		e, h	1,6
	London	3,10[ <u>15</u> ]		l, v	1,6
	Meleagridis	3,10[ <u>15</u> ] [ <u>15,34</u> ]		e, h	l, w
<b>Groupe O : 1,2 (A)</b>	Paratyphi A	<u>1,2</u> ,12		a	

Facteurs O soulignés : facteurs déterminés par un phage ou un plasmide/ Facteurs entre crochets : facteur qui varie facilement par mutation

Les groupes O les plus fréquents sont les groupes B, C et D avec respectivement une fréquence de 51,8%, 20,3%, et 19,1% : ce sont les plus importants en matière de diagnostic. (8)

### 1.3. Habitat :

Les salmonelles présentent deux caractéristiques permettant d'expliquer leur très large distribution : d'une part, la très grande diversité des animaux susceptibles de les héberger (hommes, mammifères, oiseaux, reptiles, insectes...) et d'autre part, la très grande résistance des salmonelles dans l'environnement (elles peuvent persister environ 14 mois dans le milieu extérieur et même plus en présence de matière organique).

Leur résidence principale est l'intestin de tous les animaux y compris l'homme. La plupart des salmonelles isolées des animaux à sang chaud appartiennent à la sous-espèce *enterica*, les autres sous-espèces sont plus fréquemment isolées des animaux à sang froid et semblent même faire parties de la flore intestinale normale.

Le portage est donc très fréquent dans le tube digestif des animaux notamment dans les filières aviaires, bovines et porcines : ces animaux peuvent être malades ou non. Or un ruisseau (les eaux peuvent effectivement être souillées par des fécès de malades ou de porteurs), un peu de lisier, une pâture, un sac de tourteau ou une douzaine d'œufs sont des endroits idéaux pour les salmonelles.

Les salmonelles sont donc des hôtes facultatifs du tractus digestif des mammifères, elles peuvent persister longtemps dans le milieu extérieur. On les retrouve aussi dans certains locaux, en particulier dans les bâtiments d'élevage (surtout quand il y a de la poussière et de l'humidité), dans les abattoirs, dans les fabriques d'aliments, dans les industries agro-alimentaires... .

### 1.4. Spécificité d'hôtes :

D'un point de vue épidémiologique, les salmonelles peuvent être classées en trois groupes.

**Le premier groupe** correspond aux sérovars n'infectant que l'homme et responsables de fièvre typhoïde avec diffusion septicémique (*Salmonella* Typhi, *Salmonella* Paratyphi A, *Salmonella* Sendai). Ces salmonelles ne se transmettent que d'homme à homme, ou par l'intermédiaire de l'eau et des aliments souillés par les fécès ; ils ne sont en aucun cas pathogènes pour d'autres espèces.

**Le deuxième groupe** comprend les sérovars étant adaptés à des espèces particulières de vertébrés comme *Salmonella* Gallinarum pour les volailles, *Salmonella* Abortusovis pour les ovins, *Salmonella* Typhisuis et *Salmonella* Cholearesuis pour les porcs et *Salmonella* Dublin pour les bovins.

**Le troisième groupe**, à l'opposé, comprend des sérovars comme *Salmonella* Typhimurium et *Salmonella* Derby pouvant infecter différentes espèces animales ainsi que l'homme : ils sont qualifiés d'ubiquistes. Actuellement, ce sont les principaux sérovars impliqués dans les salmonelloses. (8)

Les animaux hébergeant des salmonelles peuvent présenter des signes d'infection ou être de simples porteurs sains. Cependant, il est important de noter que tous les sérotypes de salmonelles peuvent être pathogènes pour l'homme.

## 1.5. Pathogénicité :

### 1.5.1. La fièvre typhoïde :

*Salmonella* Typhi, spécifique de l'homme, est responsables de la fièvre typhoïde. Ce bacille entre par le tractus digestif, pénètre l'épithélium de l'intestin grêle, se multiplie dans les organes lymphoïdes (plaques de Peyer) puis, après avoir été phagocyté par les cellules réticulo-endothéliales, s'accumule dans les nœuds lymphatiques, la rate, le foie et la moelle osseuse. Certains de ces bacilles gagnent la vésicule biliaire à l'origine d'une réinfection continue de l'intestin. Après une incubation d'une à deux semaines surviennent une bactériémie et les signes cliniques (céphalée, anorexie, douleurs abdominales, diarrhée ou constipation). Pendant la maladie, les bactéries sont excrétées dans les selles chez 50 à 80% des malades, et 2% d'entre eux deviennent porteurs chroniques pendant un an ou plus. Seul l'homme est infecté. (8)

### 1.5.2. Les salmonelloses non typhiques :

Ces salmonelloses sont dues surtout aux salmonelles ubiquistes.

Les humains peuvent être contaminés par les salmonelles soit par contact direct, soit par ingestion de denrées alimentaires contaminées.

La transmission directe à l'homme à partir d'animaux contaminés et fortement excréteurs est possible mais sa fréquence est rare et donc difficile à apprécier : elle se manifeste essentiellement chez les éleveurs et les vétérinaires qui sont en contact étroit avec les bactéries comme par exemple en élevage bovin lors d'extraction de veau emphysémateux. Cette salmonellose se manifeste par une dermatite pustuleuse associée à une légère migraine et une fièvre peu élevée. (68) La transmission de personne à personne intervient plutôt rarement, seulement dans des institutions rassemblant des personnes âgées ou de très jeunes enfants. (44)

Par contre, si la fréquence des salmonelloses humaines par contact direct est faible et si le nombre de cas de fièvre typhoïde est en nette régression dans les pays industrialisés, il n'en est pas de même pour les Toxi-Infections Alimentaires (TIA) qui ne cessent de croître. (8)

Tous les sérotypes de *Salmonella* (tout du moins, ceux appartenant à la sous-espèce *enterica*) sont potentiellement pathogènes pour l'homme et peuvent déterminer chez le consommateur un syndrome de gastro-entérite fébrile. Après une incubation de 6 à 72 heures, ces TIA se manifestent par de la diarrhée fébrile, liquide et fétide, des vomissements et des crampes abdominales. Ces signes cliniques perdurent pendant 3 à 5 jours. L'importance des symptômes peut être variable d'un individu à l'autre en fonction de la dose de bactéries viables ingérées, de la souche et de la sensibilité des individus. (8) (44) Ce qui est typique est la fièvre due à l'endotoxine (LPS), à la multiplication des salmonelles et à leur passage dans le sang.

Chez les personnes fragiles (jeunes enfants, personnes âgées, sujets immunodéprimés ou présentant certaines pathologies sous-jacentes) des complications possibles (déshydratation, septicémie) et même des mortalités peuvent intervenir. (44) Mais la plupart du temps, la mortalité est tout de même faible.

### 1.5.3. Salmonellose animale :

Les animaux peuvent être atteints de véritables salmonelloses (syndrome diarrhéique, hyperthermie) touchant principalement les élevages bovins (*Salmonella* Dublin et *Salmonella* Typhimurium), porcins et même avicoles. Or les animaux peuvent aussi être porteurs sains : ils peuvent soit excréter de façon intermittente les salmonelles présentes dans leur tube digestif, soit héberger les bactéries dans les monocytes et les macrophages sans aucun symptôme apparent. (8)

Même si les deux aspects (portage et maladie) peuvent être retrouvés dans toutes les espèces, les volailles et les porcs sont, le plus fréquemment, des porteurs sains.

## 2. NATURE, DYNAMIQUE DE L'INFECTION ET METHODES DIAGNOSTIQUES DE LABORATOIRE :

### 2.1. *Les porcs : des porteurs sains de salmonelles :*

Les salmonelles, dans la filière porcine, ne posent que peu de problèmes pathologiques en élevage à la différence des bovins ou encore des brebis chez qui les salmonelles peuvent être à l'origine d'avortements.

#### 2.1.1. Salmonellose clinique chez les porcs :

Les épisodes de salmonellose clinique en élevage porcin sont rares mais spectaculaires.

De nombreux sérotypes de salmonelles ont été retrouvés sur les carcasses à l'abattoir, mais peu sont connues pour être véritablement pathogènes pour les porcs. Dans des conditions de maladies intercurrentes ou de stress, les sérotypes habituellement non pathogènes peuvent être à l'origine de maladie. Les pathologies résultent d'une infection à *Salmonella* Typhimurium ou *Salmonella* Cholearesuis. (70) En Amérique du Nord où *Salmonella* Cholearesuis est encore bien présent, la salmonellose du porc est sérieuse. En Europe, par contre, *Salmonella* Cholearesuis est beaucoup moins présent et laisse la place aux sérovars ubiquistes comme *Salmonella* Typhimurium beaucoup moins pathogènes pour le porc. (41) Ainsi l'infection des porcs par une grande variété de sérovars est commune, mais les maladies cliniques causées par d'autres sérotypes que *Salmonella* Cholearesuis ou *Salmonella* Typhimurium sont peu fréquentes.

La salmonellose à *Salmonella* Cholearesuis est surtout présente en Amérique du Nord, très peu en Europe et absente en France. Les manifestations dépendent de l'âge : les symptômes digestifs dominant en post-sevrage alors que la pathologie respiratoire est le plus souvent rencontrée chez le porc en engraissement. Cette maladie est exceptionnelle chez les porcelets en période de lactation. Différents symptômes peuvent apparaître avec dans l'ordre de fréquence croissante : symptômes nerveux, symptômes de sépticémie avec mort brutale (abattement important, cyanose marquée au niveau des oreilles), diarrhée jaune-verdâtre et symptômes respiratoires. L'émaciation est un signe constant. L'association des signes cliniques (respiratoires et digestifs dans le même élevage) est typique surtout en présence de certains facteurs de risque comme les engraissements multi-sources, le stress, les maladies intercurrentes... La morbidité est souvent élevée (supérieure à 30%) ainsi que la mortalité si aucun traitement n'est mis en place.(46)

La salmonellose à *Salmonella* Typhimurium est présente en Amérique du Nord mais aussi en Europe : elle ne représente pas une pathologie majeure. La salmonellose à *Salmonella* Typhimurium est avant tout une maladie digestive chronique caractérisée par des lésions au niveau du côlon et n'affecte qu'un nombre limité d'animaux. *Salmonella* Typhimurium, à la différence de *Salmonella* Cholearesuis, ne provoque pas de septicémie et reste localisé au système digestif (intestin et noeuds lymphatiques). Les lésions intestinales chroniques sont caractéristiques. La salmonellose à *Salmonella* Typhimurium se manifeste essentiellement chez quelques porcelets sevrés par des épisodes de diarrhée jaune-verdâtre, mais aussi en début d'engraissement. Comme pour *Salmonella* Cholearesuis, elle est très rare chez les porcelets en période de lactation. La mortalité est faible mais l'émaciation et les retards de

croissance font de la salmonellose à *Salmonella* Typhimurium une maladie économique. La salmonellose à *Salmonella* Typhimurium est aussi l'une des principales causes de sténose rectale, conséquence de l'atteinte chronique du côlon et conduisant à l'obstruction plus ou moins complète du rectum.(47)

Globalement, plusieurs formes ont été décrites ; la forme digestive est la plus répandue et s'accompagne souvent d'une forme respiratoire, génitale, septicémique ou même nerveuse. (41) Le tableau est donc très divers, mais la diarrhée jaune-grise est tout de même le signe le plus fréquent. (10)

### 2.1.2. Le portage asymptomatique :

Dans la plupart des cas, les porcs sont porteurs de salmonelles sans exprimer le moindre symptôme : **les porcs sont des porteurs sains de salmonelles**. Ce portage est en fait de trois types :

- Le portage passif, simple présence de salmonelles dans le tube digestif sans implantation dans la muqueuse, ne dure que quelques jours. Le germe peut être isolé dans les déjections pendant quelques jours puis totalement éliminé.
- Le portage latent correspond à la présence de salmonelles dans les nœuds lymphatiques. Il y a eu multiplication du germe, il n'y a plus de bactéries dans les fécès mais l'infection peut se réveiller à la faveur d'un stress ou d'une diminution de l'immunité.
- Le portage actif est le cas de l'animal porteur sain ou convalescent qui excrète une grande quantité de salmonelles, en absence de symptômes. (6)

Globalement, les cas les plus fréquents sont les porcs infectés de façon asymptomatique et qui excrètent de façon transitoire des salmonelles. Ces excréments transitoires se réalisent sous l'effet d'un stress (densité trop élevée, écart de température, de ventilation...) et contribuent à contaminer l'ensemble de l'élevage et, bien sûr, les carcasses.

La faible spécificité des symptômes cliniques, d'ailleurs rares, ainsi que la prépondérance du portage sain font du diagnostic quelque chose de difficile. Seul le laboratoire permet de l'établir : encore faut-il connaître la dynamique de l'infection afin de pouvoir interpréter les résultats convenablement. Ceci est nécessaire pour savoir quel tissu doit être prélevé à l'abattoir pour le contrôle des salmonelles et si la présence de salmonelles à l'abattoir indique un troupeau infecté ou plutôt le résultat d'une contamination croisée lors du transport ou dans les cases d'attente.

Une infection salmonellique subclinique peut être mise en évidence par détection directe (bactériologie) ou indirecte (sérologie).

## 2.2. Dynamique de l'infection :

Nielsen *et al.* (54), dans une de leurs études réalisée en 1995, ont inoculé par voie orale 37 porcs de 20 à 25 kg avec  $10^8$  UFC (Unité Formant Colonie) *Salmonella* Typhimurium. Des examens bactériologiques sur prélèvements de fécès et sérologiques ont été réalisés régulièrement sur chaque porc jusqu'à 108 jours post-inoculation. Le seuil de positivité utilisé pour le test sérologique est de 10% (un porc est considéré positif lorsque la densité optique du test est supérieure à 10%, le test est expliqué dans la partie bibliographique, I.2.3.2.). Les résultats sont résumés dans la figure 1.

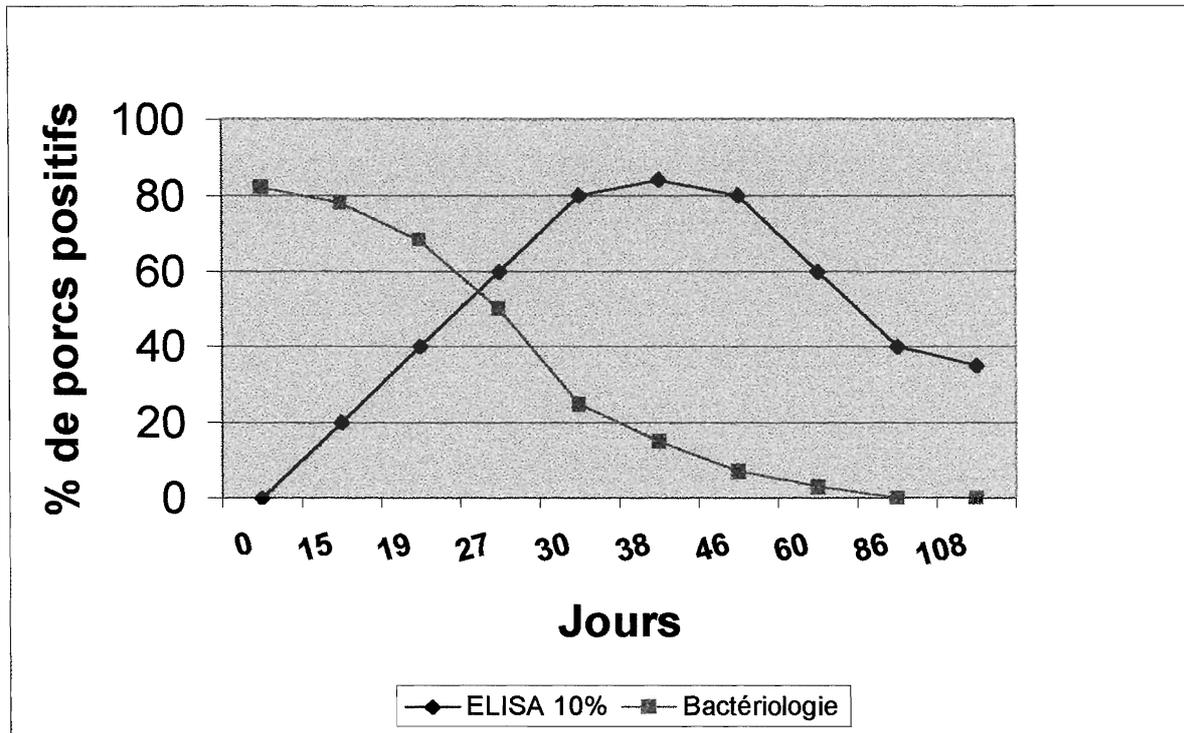


Figure 1 : Profil type de l'évolution de l'excrétion de salmonelles et de la séroconversion après inoculation. (54)

## 2.2.1. Evolution de l'excrétion des salmonelles après inoculation :

Pendant la première semaine, environ 80% des porcs excrètent des salmonelles dans les fécès puis cette excrétion diminue rapidement. A 7 semaines, moins de 10% des porcs présentent des salmonelles dans leur fécès ; après 60 jours l'excrétion n'est plus que sporadique.

Dans cette étude, l'excrétion de salmonelles décroît rapidement. Dans des études similaires d'infection expérimentale, aucune salmonelle n'a été détectée après la treizième semaine tandis que Wood *et al.* (71) montrent que la plupart des porcs inoculés excrètent jusqu'à 28 semaines post-infection. La différence de virulence de la souche *Salmonella* utilisée, la génétique des porcs, la conduite générale de l'expérience et les différentes techniques de cultures peuvent expliquer ces variations.

## 2.2.2. Séroconversion après inoculation :

Comme le montre la figure 1, tous les porcs n'ont pas séroconverti. Le pic de séroconversion se produit entre 30 et 37 jours post-inoculation avec des variations individuelles oscillant entre 6 et 37 jours post-inoculation. Les anticorps subissent ensuite une décroissance : 70 jours après infection, 50% des animaux sont passés sous le seuil de positivité (fixé dans cette étude à 10%). (54)

## 2.3. Diagnostic de laboratoire :

## 2.3.1. Diagnostic bactériologique :

**Prélèvements utilisés :**

Blaha *et al.* en 1997 (5), ont réalisé une étude afin de connaître, après une inoculation par voie orale, la localisation des salmonelles dans les différents tissus en fonction du temps. Ils ont suivi, grâce à des autopsies en séries, le cheminement de *Salmonella* Typhimurium pendant les 2 jours suivant une inoculation par voie orale (1,5ml contenant  $10^{10}$  *Salmonella* Typhimurium/ml sur 24 porcs de 6 semaines et 1,5ml contenant  $10^8$ /ml sur 20 porcs de 12 semaines).

Le tableau 3 résume les résultats de cet essai.

**Tableau 3 : Isolement de *Salmonella* Typhimurium dans différents organes après inoculation par voie orale. (5)**

	amygdales	jejunum	caecum	rectum	noeuds mésentériques	rate	foie	sang
30 minutes								
1 heure								
2 heures								
4 heures								
8 heures								
12 heures								
24 heures								
36 heures								
48 heures								
Témoin 48 h								



Présence sur au moins un porc



Absence

Les premiers organes atteints après infection sont les amygdales, 100% d'isolement 30 minutes après inoculation. A partir de quatre heures après infection, c'est dans les nœuds lymphatiques mésentériques que les salmonelles sont les plus souvent isolées. Il faut cependant noter que dans cette étude, les porcs sont restés à jeûn pendant 24 heures (afin d'être certain qu'ils aient mangé le « beignet » contenant la dose de salmonelles). Ceci permet donc d'expliquer le transit digestif si rapide permettant de retrouver les salmonelles dans le caecum seulement deux heures après l'inoculation orale. Selon cette étude et dans le but d'identifier le statut salmonellique des troupeaux, les nœuds lymphatiques mésentériques seraient les meilleurs prélèvements à l'abattoir. En effet, si les porcs ont attendu moins de quatre heures entre le départ de l'élevage et leur éviscération et que des salmonelles sont présentes au niveau des nœuds lymphatiques, il est fort probable que l'on est à faire à un lot infecté plutôt qu'à une contamination croisée lors du transport ou dans les cases d'attente. (5) Cependant quelques semaines après infection, les salmonelles ne sont, dans certains cas, plus présentes que dans le contenu du colon et/ou du caecum. (54)

**Le contenu caecal et colique ainsi que les nœuds lymphatiques mésentériques sont donc les deux prélèvements de choix pour la recherche bactériologique.**

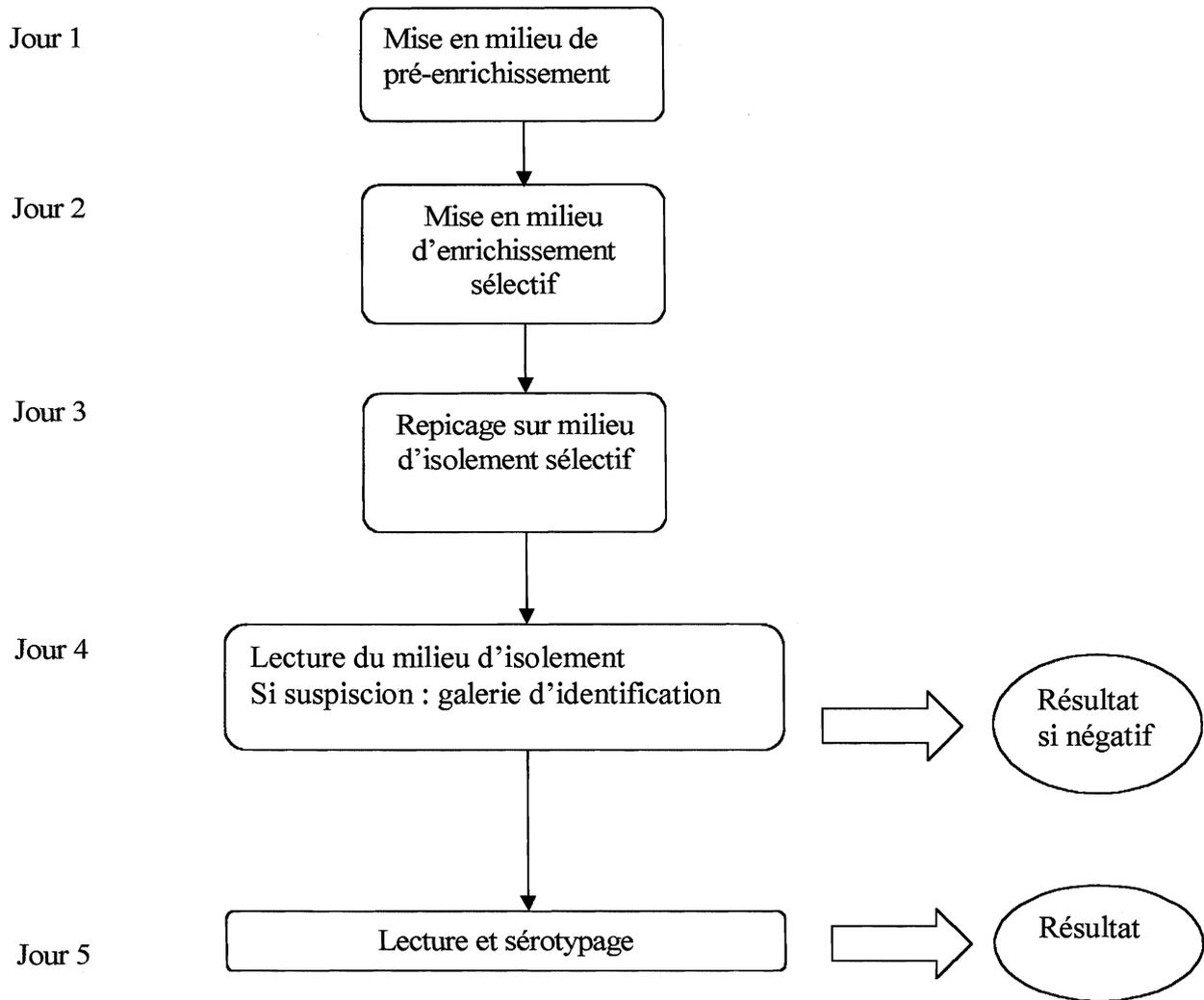
Ceci vient confirmer les résultats de Wood *et al.*(71) obtenus lors d'une étude similaire (exposition orale de porcs à *Salmonella* Typhimurium) : les salmonelles sont présentes dans le plupart des organes une semaine après exposition mais la persistance à long terme est généralement limitée aux amygdales, au contenu intestinal caudal et aux nœuds lymphatiques irriguant ces zones.

De nombreux autres prélèvements peuvent cependant être utilisés pour le diagnostic bactériologique. Les sites cités dans la bibliographie sont nombreux :

- Divers organes tels que les reins, le foie, la rate, la langue, les amygdales.
- Chiffonnettes faites en abattoir sur les carcasses : il suffit de frotter à l'aide des chiffonnettes prévues à cet effet, une surface définie sur la carcasse. Ces chiffonnettes seront ensuite directement envoyées au laboratoire pour être analysées.
- Chiffonnettes faites en élevage dans l'environnement (mangeoire, ventilation, murs...) ou dans les cases, à même le sol, pour disposer d'un pool de fèces.

### **Protocole de laboratoire :**

La recherche et l'identification bactériologique des salmonelles nécessite des étapes spécifiques (identification, sérotypage et éventuellement un antibiogramme). Ceci explique que le délai de rendu des résultats (5 jours) soit plus long que pour les autres germes. Les différentes étapes sont résumées dans la figure 2.



**Figure 2 : Principales étapes de l'analyse bactériologique des salmonelles.**

Pour chaque étape, en fonction de ce que l'on recherche, différents milieux peuvent être utilisés. Ils diffèrent par leur sensibilité, leur spécificité ainsi que par les propriétés biochimiques qu'ils mettent en évidence.

Les infections salmonelliques ont traditionnellement été diagnostiquées par culture d'échantillons de fèces. La sensibilité de la méthode bactériologique est certainement suffisante pendant la phase initiale d'infection. Cependant les porcs contaminés par les salmonelles deviennent rapidement des excréteurs intermittents et peuvent donc être porteurs sans excréter de bactéries pendant de longues périodes. (54) La sérologie semble être une solution alternative à ce problème.

### 2.3.2. Diagnostic sérologique :

#### Les différents tests sérologiques :

Différents tests sérologiques existent ; les principaux sont :

- SALMOTYPE-ELISA<sup>®</sup> : kit allemand commercialisé par le laboratoire « Labor Diagnostik Leipzig »
- VetScreen Salmonella Covalent Mix-ELISA<sup>®</sup> : kit danois ou kit SVANOVA<sup>®</sup> commercialisé par le laboratoire EXIQON
- CHEKIT-SALMONELLA-SERO<sup>®</sup> ou test Bommeli<sup>®</sup> : kit suisse commercialisé par Intervet

Tous ces kits sont des tests immunoenzymatiques (test ELISA indirect) pour la détection des anticorps dirigés contre les salmonelles les plus courantes chez le porc. Les anticorps spécifiques sont détectables dans le jus de viande et le sérum. Ils sont tous basés sur le même principe : ces tests détectent directement les anticorps dirigés contre les épitopes des salmonelles qui ne sont autres que des polysaccharides et plus précisément les antigènes-O : 1, 4, 5, 6, 7 et 12. Ainsi les anticorps contenus dans le sérum ou le jus de viande vont directement se lier aux antigènes du test et cette fixation va permettre l'apparition d'une couleur qui sera proportionnelle au taux d'anticorps présents. Ainsi en mesurant la densité optique de l'échantillon testé, il est possible de quantifier le taux d'anticorps de l'échantillon.

Des tests de comparaison entre ces différents kits ont été réalisés concernant la répétabilité, la sensibilité : le kit danois « Vetscreen Salmonella Covalent mix-ELISA<sup>®</sup> » semble être le plus performant alors que le kit Bommeli<sup>®</sup> présenterait un problème de seuil et de sensibilité.

En 1999, l'AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments) a mis au point une technique sérologique ELISA adaptée à l'espèce porcine et aux sérovars présents en France. Cette méthode assure en théorie un dépistage de 100% des contaminations salmonelliques. Cette technique ELISA est basée sur les LPS de *Salmonella* Typhimurium (O : 1,4,5,12) mais aussi Hadar (O : 6,8), Anatum (O : 3,10) et Infantis (O : 6,7) : principaux sérovars isolés lors des études préliminaires en France. Des LPS de *Salmonella* Enteritidis (O : 1,9,12) ont été rajoutés au mélange afin de dépister l'antigène somatique O :9 spécifique des salmonelles du groupe D.(59)

#### Utilisation :

Ces tests peuvent être utilisés en dépistage pour identifier des élevages potentiellement excréteurs de salmonelles, en schéma de sélection multiplication ou en élevages de production. Ils peuvent également être utilisés après un diagnostic bactériologique, en cas de signes cliniques, pour évaluer la situation épidémiologique d'un élevage.

Or, seul le choix du seuil de positivité de ces tests semble poser problème. Dans le cadre du plan de contrôle danois, utilisant le test Mix-ELISA, ce seuil a été initialement fixé à 40% puis diminuer à 20%. Dans un premier temps, un seuil de détection élevé (40%) permet de contrôler les élevages les plus fortement infectés. La prévalence ainsi diminuée, un seuil plus sévère (20%) permet, dans un second temps, d'affiner le contrôle.

Cette méthode sérologique est appropriée pour être utilisée dans le contexte d'un programme de surveillance continue. Ces techniques de dépistage sérologique ELISA sont en effet peu coûteuses, rapides, automatisables et permettent de tester un nombre élevé de sérums ou de jus de viande. (59)

**Interprétation :**

Les résultats sont rendus en pourcentages de DO (Densité Optique) : par exemple, les danois ont fixé le seuil de positivité à 40% : ceci correspond à la « Percent Positivity Value » soit PP [ $PP = (\text{moyenne de la valeur de densité optique} * 100) / (\text{moyenne de la valeur de la densité optique du test contrôle})$ ].

Ainsi, le test s'interprète de la manière suivante :

PP < 40 : le test est négatif

PP ≥ 40 : le test est positif.

Dans beaucoup de pays, des efforts ont été menés afin de réduire l'importance du portage salmonellique. Or actuellement, quelle est la situation, en matière de contamination salmonellique, dans les différents pays ?

### 3. PREVALENCE DES SALMONELLES DANS LA FILIERE PORCINE DANS DIFFERENTS PAYS :

#### 3.1. Au Canada :

##### En élevage :

Une étude réalisée par Rajic *et al.*(60) pendant l'année 2000 a eu comme principal objectif d'estimer la prévalence de salmonelles dans les élevages de finition dans la province d'Alberta (Canada). 14% des analyses bactériologiques sur fécès et 12% des sérologies se sont avérées positives. En ce qui concerne le pourcentage d'élevages infectés, 52% sont positifs en bactériologie et 83% en sérologie. Une répartition des élevages positifs en fonction de leurs taux d'infection sérologique et bactériologique a été réalisée. Le tableau suivant présente ces résultats. (60)

**Tableau 4 : Classification des élevages dans la province d'Alberta (Canada) en fonction du % d'infection bactériologique et sérologique. (60)**

Prévalence au sein des élevages	% d'élevages	
	Bactériologie	Sérologie
0-10%	66,3	64
>10% et ≤ 20%	11,2	14,6
> 20%	22,5	21,3

Les sérotypes les plus fréquemment isolés sont *Salmonella* Typhimurium, *Salmonella* Infantis et *Salmonella* Derby.

Une autre étude, réalisée en 1998 au Québec, portant sur 41 fermes a montré que 71% des fermes étaient détectées positives : ces résultats ont été obtenus par des analyses bactériologiques de prélèvements fécaux. Seulement 8% de la totalité des échantillons étaient positifs sur les 1923 analysés. Ainsi beaucoup d'élevages semblent infectés mais ils le sont peu. (42)

##### A l'abattoir :

Dans trois régions du Canada (Québec, Ontario et Manitoba), la prévalence estimée est de 5%, selon une étude menée par Letellier *et al.*(43) d'avril 1995 à juin 1996, à partir de prélèvements du contenu du caecum sur la chaîne d'abattage. *Salmonella* spp. était présent dans 26% des troupeaux. Les sérovars les plus présents sont *Salmonella* Brandenburg, *Salmonella* Derby, *Salmonella* Infantis et *Salmonella* Typhimurium.

#### 3.2. En Allemagne :

Afin d'obtenir des informations sur la prévalence des salmonelles chez les porcs allemands, une étude inter-laboratoires a été menée de février à juin 1996. 11 942 carcasses ont été analysées à l'aide de méthodes sérologique et bactériologique. L'étude a révélé que

6% des carcasses étaient positives à partir des analyses de matières fécales ou nœuds lymphatiques. Les analyses sérologiques à partir de muscle diaphragmatique ont permis d'estimer la prévalence de salmonelles dans les carcasses à 8%. (39)

### 3.3. Aux Pays-Bas :

Le pourcentage d'élevages infectés en salmonelles à partir d'échantillons fécaux (analyse bactériologique) a été estimé, selon l'étude de Van der Wolf *et al.*(65) à 24%. Cette étude portait sur 317 élevages choisis au hasard. 10% des prélèvements ont été détectés positifs. Les salmonelles appartenant aux groupes B, C1 et D1 (O : 1,9) sont les plus fréquentes.

Van der Wolf *et al.* (66) ont réalisé à nouveau en 1999 une étude de prévalence mais cette fois, dans un souci de comparaison avec les autres pays, elle a été estimée par analyse sérologique à l'aide du test Mix-ELISA. 24,5% et 11% des porcs en finition ont été détectés positifs avec respectivement un seuil de 10% et de 40% de densité optique.

### 3.4. Au Danemark :

Avant la mise en place du plan de contrôle, une étude réalisée par Baggesen *et al.* (3), en 1995, a permis d'estimer la prévalence bactériologique de salmonelles à partir d'échantillons de caecum prélevés à l'abattoir : 6% des porcs et 22% des élevages sont positifs (un élevage est estimé positif lorsqu'au moins un porc de ce même élevage est positif). Une seconde étude menée entre juin 1998 et février 1999, 4 ans après la mise en place du plan de contrôle, identifie des salmonelles dans 3% des contenus caecaux et dans 11% des élevages. (11)

Dans le cadre du contrôle danois, des estimations de séroprévalence à partir de jus de viande ont été réalisées. Dans les premières années du programme (1995-1996), cette prévalence était de 5,4% (12) et, en 1998, elle est descendue à 2-3%. (11)

### 3.5. Aux Etats-Unis :

Une enquête de prévalence a été menée aux Etats-Unis entre mai 1999 et mars 2000, 47 élevages y ont participé. Un total de 6817 échantillons de jus de viande et 903 nœuds lymphatiques mésentériques ont fait l'objet d'analyses sérologiques et bactériologiques de façon respective : 10% des échantillons de jus de viande et 29% de nœuds lymphatiques se sont avérés positifs. (28)

### 3.6. En Angleterre :

23% des prélèvements de caecum contre seulement 5,5% des carcasses (chiffonnage) se sont avérés positifs. Les résultats sérologiques à partir de jus de viande (muscle du cou) donnent 15% de porcs positifs avec un seuil de positivité à 40%. (20)

### 3.7. En Autriche :

Köfer *et al.* ont testé 10 000 échantillons de sang provenant de 1000 élevages en 1999 et 7040 provenant de 704 élevages en 2000. 4,5% et 6,5% des élevages sont détectés positifs en 1999 et 2000 respectivement. (40)

### 3.8. En Norvège :

Des études ont été menées afin de connaître la prévalence des porcs à l'abattoir. Des analyses sérologiques sur jus de viande ainsi que des cultures à partir de nœuds lymphatiques, de chiffonnages de carcasses et de viandes écrasées ont été réalisées tous les ans de 1995 à 1999. La séroprévalence annuelle des élevages de porc varie entre 0 et 0,6%. La prévalence établie à partir des nœuds lymphatiques varie d'une année à l'autre entre 0 et 0,5%, celle obtenue à partir des échantillons de viande écrasée oscille entre 0 et 0,05% alors qu'aucun chiffonnage de carcasse n'a été détecté positif. (26)

### 3.9. En France :

L'ITP (Institut Technique du Porc) réalise depuis 1992 un suivi des contaminations des carcasses par analyses bactériologiques sur des prélèvements de couenne. En 1992, 95 et 96, cette étude a révélé 15,5%, 12,7% et 8,8% des carcasses contaminées à partir de 400, 600 et 1860 analyses pour chacune de ces années. (34)

### 3.10. Synthèse :

Nous pouvons donc résumer, à titre de comparaison, les différents résultats obtenus selon les pays en distinguant les analyses bactériologiques et sérologiques. Sont présentées, dans les tableaux suivants : les prévalences bactériologiques (Tableau 5) et les séroprévalences (Tableau 6) estimées à partir de prélèvements en élevages (fèces ou sang) ou à l'abattoir (contenu de caecum, jus de viande....).

**Tableau 5 : Prévalence bactériologique de *Salmonella* dans différents pays.**

Année	Localisation	Prélèvement	Nombre d'échantillons	% positifs	Référence
1995-1996	Canada (Québec, Ontario, Manitoba)	caecum	1 420	5,2	Letellier (1999)
1998	Canada (Québec)	féces	1 923	7,9	Letellier (1999)
2000	Canada (Alberta)	féces	1 334	14,3	Rajic (2001)
1995/1999	Norvège	nœuds lymphatiques	25 128	0,06	Fredriksen (1999)
1996	France	couenne	1 860	8,8	Corrégé (1998)
1996	Allemagne	féces/nœuds lymphatiques	11 942	6,2	Käsbohrer (1997)
1998/1999	Danemark	caecum	17 987	3,4	Christensen (1999)
1999	Pays-Bas	féces	1 246	9,8	Van Der Wolf (1999)
1999/2000	Etats-Unis	nœuds lymphatiques	903	29	Gibson (2001)
2001	Angleterre	caecum	2 509	23	Davies (2001)

**Tableau 6 : Séroprévalence de *Salmonella* dans différents pays.**

Année	Localisation	Prélèvement	Nombre d'échantillons	% positifs	Référence
1995/1999	Norvège	muscle	25 524	0,02	Fredriksen (1999)
1996	Allemagne	diaphragme	11 942	7,7	Käsbohrer (1997)
1998	Danemark	sang	?	2-3	Christensen (1999)
1999	Pays-Bas	sang	1 760	11,1	Van Der Wolf (2001)
1999	Autriche	sang	10 000	4,5	Köfer (2001)
1999/2000	Etats-Unis	diaphragme	6 817	10,3	Gibson (2001)
2000	Canada (Alberta)	sang	2 663	12,05	Rajic (2001)
2001	Angleterre	muscle du cou	2 403	15,2	Davies (2001)

Les données collectées dans les différents pays indiquent de fortes variations dans la contamination des porcs en salmonelles. Ces différences sont dues d'une part à de véritables variations de prévalences (dues surtout aux efforts de certains pays ayant déjà mis en place des plans de contrôle comme par exemple le Danemark) et, d'autre part, à des différences de méthodes d'analyses et de plans d'échantillonnages.

En effet, les analyses bactériologiques utilisées par les différents pays sont difficiles à comparer. Les origines différentes des prélèvements (féces, nœuds lymphatiques, contenu de caecums...), le lieu de prélèvements (élevages, cases d'attente à l'abattoir, chaîne d'abattage) ainsi que les différentes méthodes d'analyse bactériologique rendent la comparaison des résultats obtenus dans les différents pays difficile. En ce qui concerne les analyses

sérologiques, plusieurs tests n'ayant pas tous les mêmes sensibilités, ainsi que différents seuils de positivité ont été utilisés pour ces études. Il faut donc être prudent quant à l'interprétation de ces données.

## II. PROBLEMATIQUE DES SALMONELLES DANS LA FILIERE PORCINE

La problématique « salmonelles » concerne plusieurs filières. Depuis longtemps, la volaille est concernée mais aussi la viande bovine et le lait. Or actuellement, on commence à se soucier du problème salmonelles en production porcine, les danois étant les initiateurs de l'action.

Les salmonelles posent des problèmes : (34)

1. environnementaux
2. de santé publique
3. réglementaires
4. commerciaux
5. sanitaires

### 1. PROBLEME D'ENVIRONNEMENT :

Le lisier de porcs peut être vecteur de différents agents pathogènes, dont les salmonelles qui prennent, parmi les préoccupations sanitaires actuelles, de plus en plus d'importance. Le portage sain de salmonelles par les porcs, la survie des salmonelles dans les fèces, pendant le stockage des déjections et dans la terre font de ces bactéries des agents à risque lors de l'épandage du lisier sur pâture. Même si le stockage des déjections permet d'éliminer 90% de ces bactéries entre la première et la quatrième semaine, quelques unes peuvent survivre pendant une durée supérieure à 150 jours. Les salmonelles peuvent aussi demeurer viables et virulentes en dehors des organismes vivants qu'elles parasitent. Leurs conditions optimales de développement sont les suivantes : de 35 à 37°C, pH de 6,5 à 7,5, leur multiplication est assurée de 6,7 à 41°C et elles survivent à des pH allant de 4,1 à 9 et à des températures allant de 5 à 60°C ; elles sont donc très résistantes. Leur durée de survie est donc très variable en fonction de nombreux paramètres comme la température, l'humidité, la teneur en oxygène, le sérotype, la compétition bactérienne... . Toujours est-il que les salmonelles gardent leur virulence même après un temps de survie dans des conditions extrêmes. (6)

Ainsi, les salmonelles présentes dans le lisier se retrouvent, suite à l'épandage, sur les pâtures et peuvent donc être à l'origine de contamination des eaux de rivière, des nappes phréatiques, de l'eau de mer et même des matières premières de l'alimentation animale, d'où des risques de contamination humaine secondaire et de contamination inter-espèces des animaux d'élevages. (15)

Actuellement, les bovins sont les plus concernés par ces contaminations indirectes par le lisier : en effet 40% de la surface agricole utile (SAU) bretonne reçoit du lisier de porc. (34)

Cependant le risque le plus important lié au portage de salmonelles par les animaux semble être un problème de santé publique.

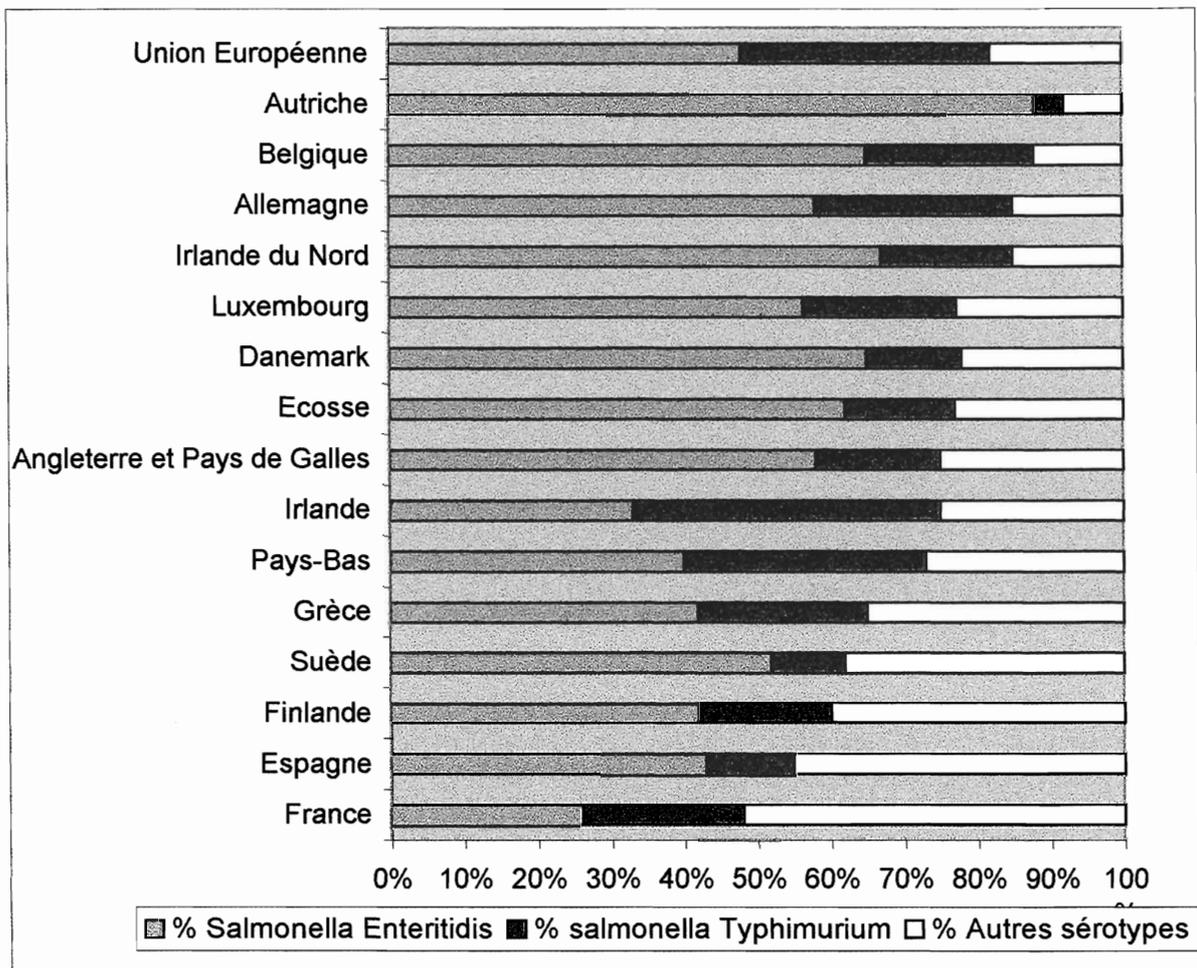
## 2. PROBLEME DE SANTE PUBLIQUE :

Les salmonelles demeurent la première cause des infections d'origine alimentaire dans les pays développés. Survenant sous la forme de cas sporadiques ou de toxi-infections alimentaires collectives (TIAC), principalement familiales, elles peuvent aussi donner lieu à des épidémies communautaires si un aliment distribué à grande échelle est contaminé. (21)

Un foyer de TIAC est défini par l'apparition d'au moins deux cas groupés similaires d'une symptomatologie, en général digestive, dont on peut rapporter la cause à une même origine alimentaire.

### 2.1. *Salmonelles et TIAC :*

En Europe, *Salmonella* est l'agent zoonotique le plus fréquent. En 1999, 200 000 cas de salmonelloses ont été rapportés, ce qui correspond à environ 73 cas pour 100 000 habitants. *Salmonella* Enteritidis et *Salmonella* Typhimurium sont les sérotypes les plus fréquemment responsables de salmonelloses humaines. Selon les données enregistrées, 57% des cas ont été attribués à *Salmonella* Enteritidis et 25% à *Salmonella* Typhimurium. (38) La répartition des différents sérotypes responsables de salmonelloses humaines dans les différents pays de l'Union Européenne est présentée dans la figure 3 ci-dessous.



**Figure 3 : Répartition, par pays, des principaux sérotypes impliqués dans les salmonelloses humaines en 1999 en Europe. (38) (14)**

Les salmonelles responsables de TIAC sont donc les salmonelles ubiquistes (ou mineures) : elles représentent 97% des souches de salmonelles isolées chez l'homme.

Les salmonelles sont la première cause de TIAC en France : elles représentent 80% du total et sont même responsables d'hospitalisation et de décès. (9)

**En France**, environ 10 000 cas par an sont comptabilisés (7348 en 1995 (44)). Or ce chiffre est certainement sous-évalué compte tenu des cas non déclarés : en fait il s'agirait plus de 1 à 1,5 millions de cas. (34) Deux systèmes de surveillance s'occupent de répertorier les cas de salmonellose humaine et de suivre l'évolution des sérovars : le CNRSS et les Directions Départementales de l'Action Sanitaire et Sociale (DDASS). Selon les résultats de 1995, parmi les 566 foyers déclarés au CNRSS, 28% sont dus à *Salmonella* Typhimurium et 57% à *Salmonella* Enteritidis et parmi les 185 foyers déclarés à la DDASS et DSV (Directions des Services Vétérinaires), 72% résultaient d'une infection à *Salmonella* Enteritidis et 16% à *Salmonella* Typhimurium. **Depuis 1995, alors que le nombre de TIAC diminue, l'importance relative des salmonelles augmente avec, comme principaux sérovars, *Salmonella* Typhimurium et *Salmonella* Enteritidis.** (44)

Dans de nombreux autres pays, les cas de salmonelloses font l'objet d'une attention grandissante.

**Au Danemark**, par exemple, le nombre de cas enregistrés a triplé durant la dernière décennie avec une incidence atteignant un maximum de 95 pour 100 000 habitants en 1997. Les sérotypes dominants associés aux maladies affectant l'être humain sont *Salmonella* Typhimurium et *Salmonella* Enteritidis. (30) Puis grâce aux plans de contrôle mis en place dans différentes filières (volaille, porc), une nette diminution des cas de TIAC salmonelliques a pu être observée. Le nombre de cas enregistrés pour 100 000 habitants est passé de 73,3 en 1998 (30) à 49 pour l'année 2000. (53)

**En Angleterre et au Pays de Galles**, dans les années 80, le nombre de cas de salmonellose humaine a été estimé (selon les cas déclarés) à environ 30 000 par an : les deux mêmes sérovars sont encore en cause. (69) Ainsi, des cas de salmonelloses humaines, la plupart du temps associés à la consommation d'aliments, apparaissent régulièrement dans tous les pays du monde. **En Norvège**, 1000 à 1500 cas par an sont rapportés, (26) **aux Etats-Unis**, on en relève environ 40 000 épisodes par an (23), **en Belgique**, 15 774 infections à salmonelles ont été rapportées en 1999 (7) **aux Pays-Bas**, 17 pour 100 000 habitants, soit 2 557 cas ont été déclarés en 1997 (30), **en Allemagne**, 128,4 pour 100 000 habitants, soit 105 340 cas sont enregistrés en 1997 (30)...

Le tableau suivant compare le nombre de cas de salmonellose humaine enregistrés dans différents pays.

**Tableau 7 : Tableau comparatif, entre différents pays, des TIAC salmonelliques humaines.**

Pays	Année	Nombre de cas déclarés/an	Nombre de cas pour 100 000 habitants	Source
Belgique	1999	15 774	160	Botteldorm (2001)
Allemagne	1997	105 340	128,4	Hald, Wegener (1999)
Danemark	1997	4 750	95	Hald, Wegener (1999)
Danemark	1998	3 665	73,3	Hald, Wegener (1999)
Danemark	2000	2500	49	Nielsen (2001)
Union Européenne	1997	205 556	73	Kaesbohrer (1999)
Angleterre et Pays de Galles	1980	30 000	50	Ward, Threlfall (1997)
Norvège	années 1990	1000-1500	30	Fredriksen (1999)
Pays-Bas	1997	2 557	17	Hald, Wegener (1999)
Etats-Unis	1998	40 000	16	Ekpergin (1998)
France	1995	7 348	13	Maillot (1997)

Les salmonelles sont largement répandues chez l'homme et les animaux et sont reconnues comme principaux agents de maladies d'origine alimentaires chez l'homme. Or quelles sont les principales sources alimentaires de salmonelles à l'origine de TIAC.

## 2.2. Principales sources de TIAC salmonelliques :

La consommation d'aliments contaminés est généralement à l'origine des cas de salmonellose humaine. Ce sont les denrées d'origine animale qui sont le plus souvent impliquées. Les animaux (les volailles, les porcs, les bovins et les produits de la mer) constituent un vaste réservoir de salmonelles posant un problème de santé publique. Le passage dans la chaîne alimentaire est soit directe soit le résultat d'une contamination croisée inter-aliments. La multiplication des bactéries dans les denrées est souvent liée à des fautes d'hygiène dans la fabrication d'aliments transformés ou dans la préparation du repas ou lors du transport ou du stockage. (44)

Les principales denrées à l'origine de ces TIAC salmonelliques sont, en aviculture, les œufs et, dans le porc, la charcuterie.

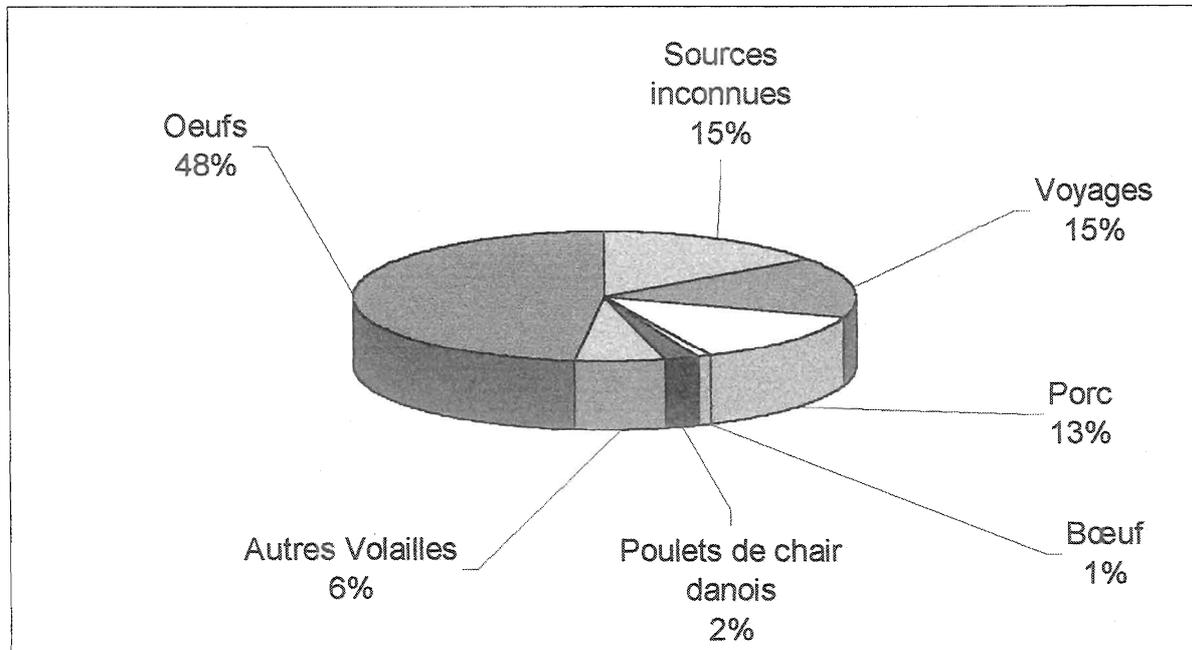
Au Danemark, une étude comparative entre les différents types de salmonelles isolés des animaux et des aliments et ceux retrouvés chez l'homme a été réalisée en 1998 afin de mieux connaître l'origine alimentaire de ces TIAC ainsi que les principaux sérovars impliqués. (Tableau 8)

**Tableau 8 : Etude comparative entre les différents sérotypes de salmonelles retrouvés dans la viande de certains animaux et ceux retrouvés chez l'homme. (30)**

Sérotype	Homme	Porc	Bœuf	Poulet de chair	Poule pondeuse
<b>S. Enteritidis</b>	<b>67,2</b>	0	0	24,5	<b>85,4</b>
<b>S. Typhimurium</b>	<b>17,5</b>	<b>54</b>	10,5	18,2	6,8
S. Hadar	1,6	0	0	3,7	0
S. Manhattan	1,1	0	0	3	0
<b>S. Infantis</b>	0,9	<b>17,2</b>	0	17,5	4,9
S. Virchow	0,8	0,2	0	0,4	0
S. Agona	0,8	0	0	1,1	0
<b>S. Derby</b>	0,6	<b>6,3</b>	10,5	1,1	0
S. Newport	0,6	0	0	0	0
S. Java	0,5	0	0	0	0
S. Stanley	0,5	0	0	0	0
S. Braenderup	0,4	0	0	0	0
S. Bovismorbificans	0,4	0	0	0	0
S. Glostrup	0,3	0	0	0	0
S. Heidelberg	0,3	0,2	0	0	0
S. Saintpaul	0,3	0	0	0	0
S. Dublin	0,3	0,2	68,4	0	0
Autres salmonelles non typables	6,1	21,9	10,5	30,5	2,9
Total	100	100	100	100	100

Ainsi, nous pouvons confirmer que la plupart des salmonelloses humaines sont dues à *Salmonella* Enteritidis qui se trouvent majoritairement chez les poules pondeuses puis les poulets de chair. En effet la majorité des TIAC sont dues aux œufs et ovoproduits surtout, mais aussi à la viande de volailles. Les TIAC transmises par la viande de porc sont moins importantes et sont plutôt dues à *Salmonella* Typhimurium : **les sérotypes dominants chez le porc et responsables de TIAC sont, dans l'ordre d'importance : *Salmonella* Typhimurium, *Salmonella* Infantis et *Salmonella* Derby.** Des résultats similaires ont été enregistrés aux Pays-Bas et en Allemagne. (30)

Suite à ces investigations, Hald et Wegener (30) ont estimé de façon quantitative les différentes sources de salmonelloses humaines au Danemark en 1998. Ces résultats sont présentés dans la figure suivante. (Figure 4)



**Figure 4 : Evaluation quantitative des différentes sources de salmonellose humaine au Danemark en 1998. (30)**

Le Danemark a connu trois vagues de salmonelloses humaines pour lesquelles la majorité des cas ont été causés par trois sources distinctes : les poulets de chair danois dans les années 80, le porc au début des années 90 et les œufs au milieu et à la fin des années 90. Différentes mesures ont été prises afin de minimiser les risques vis-à-vis de ces productions. En 1989, un plan de contrôle a été instauré dans la filière des poulets de chair, en 1995 a débuté celui de la filière porcine. Les œufs restent une source non négligeable. En ce qui concerne le bœuf, il semblerait que les danois mangent moins de viande rouge que de porc. (30)

Les salmonelles peuvent donc être présentes dans la plupart des denrées alimentaires d'origine animale. Globalement, sans se limiter au Danemark, les principales sources alimentaires, dans l'ordre d'importance décroissante, sont donc : (34)

Œufs et ovoproduits surtout	+++
Viande de volailles	
Charcuterie	
Viande de porcs	
Viande de bœufs	+/-

Les volailles ont toujours été les plus incriminées dans les cas de salmonellose humaine. Dans la filière avicole, de nombreux plans de contrôle, mis en place dans différents pays, comme le Danemark (plan de contrôle initié en 1989) (30), les Pays-Bas (plan de contrôle sur les reproducteurs initié en 1989) (22) ont permis une nette diminution de la prévalence de salmonelles dans les élevages et donc de l'occurrence de TIAC salmonelliques. Le porc est aussi une source potentielle de salmonelles et fait l'objet de nombreuses préoccupations. Les porcs arrivent en effet en **position intermédiaire**, entre les produits avicoles et la viande de bœuf.

En terme de contamination salmonellique humaine, le porc occupe donc globalement une position qui pourrait être importante mais qui doit probablement varier dans les différents pays.

### 2.3. Estimation quantitative des TIAC salmonelliques dues aux denrées alimentaires d'origine porcine dans différents pays :

La consommation de viande de porc et ses produits contaminés a été estimée responsable de 10 à 15% des cas de salmonellose humaine au Danemark, 14 à 19% aux Pays-Bas et 18 à 23% en Allemagne. (30) Le tableau 9 présente ces résultats ainsi que les principaux sérovars associés.

**Tableau 9 : Pourcentage de TIAC attribuable au porc et principaux sérovars. (30)**

Année	Pays	% de TIAC dues au Porc	Principaux sérovars	Référence
1997	Pays-Bas	14-19	Typhimurium Infantis Panama Derby Livingstone	Hald et Wegener, 1999
1997	Allemagne	18-23	Typhimurium Infantis Bovismorbificans Derby Livingstone	Hald et Wegener, 1999
1997	Danemark	10-15	Typhimurium Infantis Derby	Hald et Wegener, 1999

Les résultats obtenus dans les différents pays montrent bien qu'en moyenne **10 à 20% des cas de salmonelloses humaines peuvent être attribuées au porc et à ses produits**. Comme nous avons déjà pu l'observer dans l'étude danoise de 1998, les données récoltées quant aux sérovars majeurs isolés chez le porc et responsables de TIAC sont *Salmonella* Typhimurium surtout mais aussi *Salmonella* Infantis et *Salmonella* Derby.

Ainsi des cas majeurs de salmonellose humaine associée au porc ont été enregistrés et ont permis de prendre conscience du fait que le porc est une source potentielle de salmonelles. Il s'agit d'un véritable problème de santé publique. Ceci a souligné l'importance des mesures de contrôle salmonelles dans la production porcine.

Par les problèmes de santé publique engendrés, les salmonelles font l'objet d'enjeux majeurs au niveau européen. Sous l'impulsion de la Commission et des Etats membres engagés dans la mise en place de programmes de contrôle salmonelles, un projet de directive européenne relatif aux agents zoonotiques transmissibles par les aliments est en cours de négociation et de rédaction.

### 3. PROJET DE DIRECTIVE EUROPEENNE :

De plus en plus, l'Union Européenne se soucie des zoonoses dont les salmonelles font parties. Le premier août 2001 est parue une proposition de Directive du Parlement européen et du Conseil sur la surveillance des zoonoses et des agents zoonotiques ainsi qu'une proposition de règlement du Parlement européen et du Conseil sur le contrôle des salmonelles et d'autres agents zoonotiques présents sur la chaîne alimentaire. Cette directive prévoit une révision fondamentale de l'approche du contrôle des maladies zoonotiques. Cette proposition de règlement couvrirait en principe toutes les zoonoses ; cependant, les exigences de contrôle ne sont axées que sur certains types de salmonelles non encore définis. Elle prévoit l'extension du champ d'application de la Directive « Zoonoses » 92/117/CEE (Communauté Economique Européenne) notamment, à l'ensemble des filières porcines européennes et à leurs produits.

#### 3.1. *Approche réglementaire :*

##### 3.1.1. Dispositions introductives :

L'objectif de cette proposition de directive est de mettre en place des mesures adaptées et efficaces pour contrôler les salmonelles et d'autres agents zoonotiques, de manière à réduire leur prévalence et le risque qu'ils représentent pour la santé humaine. Ce règlement a pour but :

- des objectifs de contrôle visant, avant tout, la production primaire des animaux et si nécessaire, les étapes ultérieures de la chaîne alimentaire ;
- la mise en place de programmes et de règles spécifiques de contrôle ;
- d'établir des règles en ce qui concerne les échanges intracommunautaires et des importations en provenance d'un pays tiers de certains animaux et de leurs produits.

##### 3.1.2. Objectifs communautaires :

Cette proposition donne un cadre à la politique de réduction des agents pathogènes. Elle consiste à mettre en place des objectifs communautaires de réduction des agents pathogènes pour certains agents zoonotiques dans certaines populations d'animaux d'élevages. Les salmonelles sont identifiées comme l'objectif prioritaire, notamment dans les produits de volaille et les œufs. Ces objectifs doivent être appliqués à compter de 2005 aux cheptels de poulets reproducteurs, de 2006 aux poules pondeuses, de 2007 aux poulets de chair et de **2008 aux dindes et aux porcs de reproduction**. En ce qui concerne la production porcine, les objectifs communautaires de réduction de la prévalence concernent les troupeaux de reproducteurs porcins et tous les sérotypes de salmonelles présentant un intérêt du point de vue de la santé publique. Ces objectifs doivent être fixés pour le 31.12.2006 et, à partir du 01.01.2008, s'appliquent l'obligation de tests et de certification pour les échanges.

### 3.1.3. Programmes de contrôle :

#### **Programmes de contrôle nationaux :**

Cette proposition de directive prévoit la mise en place, par les Etats membres, de programmes de contrôle nationaux pour les zoonoses définies par ce même règlement. Ce programme doit être continu et au moins appliqué sur une période de 3 ans.

Ces programmes de contrôle nationaux :

- prévoient la détection des zoonoses et des agents zoonotiques selon des modalités bien précises (définition de la zone géographique, liste des laboratoires agréés, autorités compétentes en charge de ce plan de contrôle pour chaque état membre, les schémas d'échantillonnage...);
- déterminent les mesures de contrôle à prendre à la suite de la détection d'agents zoonotiques ;
- doivent énoncer les tests utilisés et les critères d'évaluation des résultats de ces tests.

Ils doivent couvrir au moins les stades suivants de la chaîne alimentaire :

- la production des aliments des animaux
- la production primaire des animaux
- la transformation et préparation des denrées alimentaires d'origine animale

Après définition des objectifs communautaires, chaque Etat membre est tenu, dans un délai de 6 mois, de soumettre son plan de contrôle national à la Commission. Là encore, dans un délai de 6 mois après soumission du plan à la Commission, ce plan, s'il est jugé conforme aux exigences communautaires, est approuvé par la Commission, sinon la Commission peut exiger des modifications afin d'obtenir conformité.

Une fois le programme de contrôle approuvé, l'exploitant du secteur alimentaire doit, à ses frais, faire prélever des échantillons en vue de la recherche des zoonoses et agents zoonotiques et plus particulièrement des salmonelles, en respectant les exigences des échantillonnages.

#### **Programmes de contrôle des exploitants du secteur alimentaire :**

La méthode permettant de réduire les agents zoonotiques consisterait à mettre en place des programmes de contrôle nationaux. Or, étant donné que les systèmes de production fonctionnent de plus en plus selon un modèle d'intégration, il convient de prévoir une possibilité d'action volontaire du secteur privé. Par conséquent, il est proposé que les Etats membres encouragent le secteur alimentaire à élaborer ses propres programmes de contrôle. Les exploitants doivent soumettre leur plan de contrôle aux autorités compétentes de l'Etat membre dans lequel ils se trouvent : ce sont ces autorités compétentes qui gèrent l'organisation du plan de contrôle au niveau de chaque pays. Chaque Etat membre désigne son autorité compétente qui est responsable de l'élaboration du programme de contrôle, de la collecte des résultats suite à la mise en place de ce plan ainsi que la réalisation des contrôles réguliers permettant le bon déroulement de cette intervention.

#### **Laboratoire de référence :**

Les laboratoires nationaux de référence pour l'analyse et les tests de recherche, des zoonoses et des agents zoonotiques doivent être désignés par chaque Etat membre, agréés par

l'autorité compétente de cet Etat membre, leurs noms et adresses doivent être communiqués à la Commission.

#### 3.1.4. Dispositions générales et finales :

La Commission réalise des contrôles sur place dans les Etats membres et les pays tiers afin de s'assurer de la bonne exécution des dispositions exigées en ce qui concerne les salmonelles et les autres agents zoonotiques.

D'ici 2008, un programme de contrôle salmonelles doit être mis en place. Face à ces futures exigences, nous devons nous investir dans ce domaine pour être opérationnel au moment voulu et même se montrer plus compétitif en anticipant la mise en place d'un tel programme.

### 3.2. L'approche commerciale :

#### 3.2.1. Echanges intracommunautaires :

Le principe de cette proposition est de pouvoir garantir que tout acheteur d'animaux vivants ou d'œufs à couver connaisse le statut de l'exploitation d'origine des animaux. Ceci est possible à l'échelle d'un pays par le biais des programmes nationaux de contrôle. Au niveau communautaire, cela implique la mise en place de certificat sanitaire. A partir des dates fixées par ce même règlement (le 01/01/2008 pour le porc), avant toute expédition d'animaux vivants ou d'œufs à couver, les cheptels des animaux concernés par ces dispositions devront subir des tests de recherche des agents zoonotique définis comme étant « tous les sérotypes de salmonelles présentant un intérêt du point de vue de la santé publique ». La date et les résultats de ces tests seront inclus aux certificats sanitaires et serviront donc de garanties. Ainsi ce certificat pourrait devenir une véritable exigence commerciale : en effet, la proposition de directive prévoit qu'un Etat membre peut décider d'appliquer à ses importations les mêmes exigences que celles mises en œuvre sur son territoire dans le cadre de son programme de contrôle.

Les objectifs ne sont fixés actuellement que pour la filière volaille : après cette période de transition, les œufs de table pour la consommation directe ne sera autorisée que si ces œufs proviennent de cheptels testés négatifs par rapport à *Salmonella* Enteritidis et *Salmonella* Typhimurium et, pour la viande de volaille, « l'absence de salmonelles dans 25 g » sera exigée.

Certains pays ont déjà mis en place une réglementation stricte qui constitue une entrave aux échanges commerciaux pour les pays ne s'alignant pas aux nouvelles normes.

Ainsi, les plans de lutte « salmonelles » ainsi que les garanties apportées par certains pays constituent de véritables arguments commerciaux.

#### 3.2.2. Importations de pays tiers :

Après la mise en place de ces plans de contrôle dans les Etats membres, la Commission reverra la liste des pays tiers autorisés à importer les animaux concernés par ces

réglementations et les œufs à couver dans l'Union Européenne. L'autorisation d'importation ne sera renouvelée que si ce pays tiers soumet à la Commission des garanties en matière d'agents zoonotiques, au moins équivalentes à celles mises en place dans la communauté européenne.

De même que, lors des échanges intracommunautaires, des tests de recherche des salmonelles sont réalisés sur les cheptels d'origine et les résultats sont inscrits sur les certificats d'importation. (13)

Ainsi, la problématique salmonelles étant de taille, certains pays ont déjà mis en place des mesures de contrôle : c'est le cas du Danemark qui est l'initiateur de ce plan de contrôle, plan qui risque de se généraliser, par le biais des directives européennes, à l'ensemble des Etats membres. D'autres pays ont aussi déjà mis en place des plans de contrôle.

## 4. PLANS DE LUTTE SALMONELLES :

### 4.1. *Exemple du programme danois :*

Durant la dernière décennie le Danemark a connu, comme bon nombre de pays industrialisés, une nette augmentation des cas de salmonellose humaine.

Jusqu'à la fin des années 80, les volailles étaient considérées comme étant la principale source de salmonelles. A partir de 1991, la prévalence des salmonelles dans la viande de porc augmentait de façon évidente.

Sensible à ce problème de santé humaine, le Ministère de l'Agriculture danois a mis sur pied un ambitieux programme de contrôle des salmonelles, agents de zoonose, sur toute la filière porcine. (1) Les intérêts commerciaux ont bien sûr motivé ce programme, le Danemark exporte en effet 80 % de sa production. (35)

Le plan de lutte danois mérite d'être détaillé, étant donné son envergure et son rôle précurseur.

#### 4.1.1. Eléments d'épidémiologie :

Les épisodes cliniques de salmonellose porcine sont rares. Les infections subcliniques, quant à elles, sont beaucoup plus fréquentes. En effet, une enquête menée dans 1200 élevages, selon la technique classique de culture à partir du contenu caecal, révèle 22 % d'élevages infectés avec une grande diversité de sérotypes (30 sérotypes isolés dont 65% de *Salmonella* Typhimurium). Ce résultat montre que la prévalence du portage sans expression clinique est bien plus importante que celles des épisodes cliniques.

La prévalence réelle de salmonellose doit même être supérieure à ce que l'enquête indique, car la méthode microbiologique manque de sensibilité pour mettre en évidence les animaux infectés chroniques qui n'excrètent que peu de bactéries et par intermittence.

Etant donné les limites du test microbiologique, un test sérologique a été mis au point par le Laboratoire Vétérinaire National. Il s'agit d'un test ELISA indirect capable de déceler 95% des sérovars présents chez le porc au Danemark. (1) Ce test a déjà été décrit au préalable dans la partie bibliographique, I.2.3.2. .

#### 4.1.2. Programme de contrôle des salmonelles au Danemark :

Ce plan s'applique sur toute la filière porcine de « l'étable à la table ». Le programme se réalise selon les parties suivantes : (I) la surveillance des aliments, (II) la surveillance des cheptels d'élevage et de multiplication et (III) la surveillance des abattoirs : précautions d'hygiène, jeûne avant abattage, abattage fait sous des précautions d'hygiène intensifiées et contrôle des produits de viande. (55)

##### **Contrôle des fabriques d'aliments :**

L'aliment peut être une source potentielle de contamination d'un élevage par les salmonelles, des contrôles obligatoires sont réalisés dans toutes les fabriques d'aliments du bétail, sur le produit fini ainsi que tout au long du process de fabrication. Le process de fabrication inclut un chauffage de l'aliment à une température de 81°C. Les salmonelles sont sensibles à la chaleur et à la dessiccation : un traitement de 2 à 3 minutes à 81°C est nécessaire pour les éradiquer. Les usines sont contrôlées quatre fois par an au minimum par des prélèvements de 50 g de matière première et d'aliments finis, ainsi que par des prélèvements d'environnement. Chaque mois, le Ministère de l'Agriculture danois publie les résultats de toutes les fabriques d'aliments. (55) En 1995, sur 2000 échantillons testés, 0,5% était positif, mais aucun en *Salmonella* Typhimurium. (15)

##### **Contrôle des élevages de sélection-multiplication :**

Cette partie du plan de contrôle a débuté en 1993. Les élevages de sélection et multiplication se soumettent volontairement à un contrôle sérologique mensuel réalisé à l'aide du nouveau test ELISA sur 20 futurs reproducteurs âgés de 4 à 6 mois. Ce dépistage permet d'établir un index salmonelles sur les 3 derniers mois et les élevages fortement infectés par les salmonelles voient leurs ventes d'animaux reproducteurs interrompues jusqu'à ce que son niveau de contamination ait diminué.

Plus de 85% des élevages de sélection-multiplication au Danemark n'ont jamais montré de réaction sérologique positive. (55)

##### **Contrôle des porcs charcutiers à l'abattoir :**

Le principe du plan de contrôle à l'abattoir est de tester tous les élevages qui produisent plus de 100 porcs charcutiers par an. A l'abattoir, la surveillance des élevages est réalisée par un contrôle ELISA sur jus de 10 grammes de viande : 4 à 60 échantillons sont réalisés par trimestre et par élevage en fonction de la taille. Les élevages sont ainsi, en fonction des résultats de ces analyses, classés selon trois niveaux, ceux classés en niveau 3 ayant le plus de réponses positives :

- La classe 1 correspond à la classe acceptable : < 10% d'animaux infectés.
- La classe 2 correspond aux élevages soumis à une visite obligatoire : 10% < % d'animaux infectés < 40%.
- La classe 3 correspond aux élevages soumis à des visites obligatoires, des mesures spécifiques à mettre en place dans l'élevage ainsi que des conditions d'abattage particulières : > 40% d'animaux infectés. (55)

Pour chaque troupeau, ce niveau en salmonelles est recalculé chaque mois sur la base des résultats obtenus dans les trois derniers mois. (52)

Aucune mesure correctrice n'est appliquée pour les élevages de niveau 1. Tous les troupeaux détectés comme appartenant aux niveaux 2 et 3 sont donc dans l'obligation de réduire leur taux d'infection salmonellique.

Des mesures sont imposées :

➔ Pour les élevages de niveau 2 :

Ils sont soumis à des visites obligatoires d'élevage et des mesures particulières à appliquer dans la conduite d'élevage.

Phase 1 : Dans les 35 jours suivants la détection, un plan de contrôle dans ces élevages doit obligatoirement être mis en place avec la collaboration de l'éleveur et du vétérinaire et l'abattoir doit en être prévenu. Ce plan de contrôle prévoit le prélèvement d'échantillons de fécès sur des animaux d'âges différents et des prélèvements de l'environnement afin de mettre en évidence la période d'apparition des salmonelles et le ou les sérotype(s) sévissant(s) dans l'élevage. Une pénalité de 4 euros par porc abattu est imposée à l'éleveur si ce plan n'est pas prévu dans les 35 jours suivant l'établissement du statut de l'élevage.

Phase 2 : L'éleveur et le vétérinaire doivent se rencontrer à nouveau 3 mois après afin de vérifier si toutes les mesures sont bien appliquées. Ils doivent signer un formulaire prouvant que les mesures visant à réduire le taux de salmonelles ont bien été appliquées. L'abattoir doit en être averti et, là encore, une amende de 4 euros peut être imposée pour chaque porc abattu si les demandes de l'abattoir ne sont pas mises en place par l'éleveur.

Les principaux conseils dans un plan de lutte sont les suivants :

- Conduite en bandes
- Conduite tout plein-tout vide
- Nettoyage, désinfection entre bandes
- Achats d'animaux dans des élevages contrôlés vis-à-vis des salmonelles
- Eviter la dissémination des fécès entre cases
- Limiter toute pathologie digestive en fin d'engraissement

Des mesures plus spécifiques peuvent être aussi mises en place :

- Alimentation avec de la farine à granulométrie élevée ou de la soupe fermentée (augmentation de la résistance des porcs aux salmonelles)
- Acidification de l'eau de boisson
- Conduite en bande stricte (les mouvements rétrogrades des animaux infectés sont à proscrire)

➔ Pour les élevages de niveau 3 :

Les mêmes mesures en élevages sont à appliquer ainsi que les visites obligatoires. De plus, pour ces élevages, des mesures particulières sont prises à l'abattoir afin d'éviter la contamination des carcasses. Elles sont prévues en fonction des étapes à risque qui sont à l'abattoir : l'ablation de la rosette (anus et rectum), l'ablation des amygdales et de la langue ainsi que l'éviscération qui contribuent à la contamination des carcasses par l'agent zoonotique qu'est *Salmonella*. Les animaux issus de ces élevages sont abattus sur des lignes

d'attente spéciales ou en fin de journée. Le temps d'attente à l'abattoir est limité, les abats sont traités thermiquement, les têtes ne sont pas fendues, la rosette est mise dans un sac plastique dès son ablation. Il s'agit de la méthode « Bung Bag » qui est actuellement largement utilisée au Danemark, Norvège et Suède et qui donne de très bons résultats pour limiter la contamination des carcasses. De plus, un contrôle des carcasses est réalisé (20 contrôles microbiologiques par chiffonnage d'une surface définie de 1400cm<sup>2</sup>). Si plus de 25% des carcasses sont contrôlées positives, la viande n'est pas vendue en viande fraîche mais traitée thermiquement ou bien orientée en salaison.

Ainsi les mesures appliquées à l'abattoir en ce qui concerne les élevages de niveau 3 sont les suivantes :

- 1) Abattage en fin de journée
- 2) Cadences ralenties
- 3) Précautions d'hygiène intensifiées
- 4) Sac plastique pour l'ablation de la rosette « Bung Bag »
- 5) Viscères subissent un traitement thermique
- 6) Contrôle microbiologique de la contamination des carcasses par la prise d'échantillons aléatoire

Une pénalité de 4 euros était prévue pour les élevages restant à un niveau 3 pendant 6 mois consécutifs jusqu'à ce qu'ils repassent à un niveau 2 ou 1. Or, depuis octobre 1999, les porcs charcutiers issus d'élevage de niveau 3 se voient imposer des pénalités sur leur valeur d'abattage proportionnelles au temps depuis lequel l'élevage est passé à un niveau 3 (3 mois : déduction de 3 % ; 4 à 6 mois : déduction de 6 % ; 7 mois et plus : déduction de 9%).



Pour tous les élevages :

Une mise à jeun est obligatoire (sous peine d'une amende de 1,5 euros par porc à tout lot dont 30 % des animaux ne sont pas à jeun), un « bung bag » (sachet rectal) est réalisé et 2200 échantillons de produits finis par mois sont analysés. (15) (35) (55)

#### 4.1.3. Résultat du plan de contrôle danois :

La séroprévalence des porcs charcutiers a diminué de façon significative depuis la mise en place du plan de contrôle en 1995. Ces résultats sont présentés dans le tableau suivant (Tableau 10).

**Tableau 10 : Prévalence de *Salmonella* spp. chez les porcs danois. (12) (53)**

Année	1995	1996	1997	1998	1999	2000
% d'échantillons positifs	5,4	1,2	1,1	1,2	0,9	0,7

Non seulement la prévalence des porcs infectés diminue mais le nombre d'élevages de niveau 1 a augmenté au dépend des niveaux 2 et 3.

**Tableau 11 : Répartition des élevages positifs selon les 3 niveaux du plan de contrôle.**  
(15) (35) (55)

% d'élevages	1995	1996	1999
Niveau 1	94,6	95,1	96,9
Niveau 2	3,3	3,0-3,5	2,4
Niveau 3	2,1	1,4-1,7	0,7

Globalement, depuis la mise en œuvre du plan de contrôle, d'une part la prévalence des porcs infectés a diminué et d'autre part le niveau d'infection diminue.

Contrôle du produit fini : finalement, les produits finis sont soumis à des examens bactériologiques : environ 2200 porcs sélectionnés aléatoirement sont testés tous les mois. (55)

Résultats : ce programme a permis, depuis sa mise en place, de passer d'un taux de contamination d'environ 3 % dans la viande fraîche et de 10-15% dans les abats à des niveaux de 0,5-1,5% et 3-5% respectivement. (35) Simultanément, le nombre de cas humains de salmonelloses dus au porc a décliné de 1 144 en 1993 à 166 en 2000. (53)

Coût : cet important programme a réellement débuté dans son intégralité en janvier 1995. Son coût annuel estimé est d'environ 3,5 à 4 millions d'euros, soit environ 1,25 euros par porc produit. (15)

En répondant de façon autonome à la pression de l'opinion publique, le Danemark a anticipé la réglementation et peut donc bénéficier, vis-à-vis des autres pays ne proposant pas de telles garanties, d'un véritable atout commercial.

Il faut cependant noter que le Danemark a bénéficié, pour la mise en place de ce plan de contrôle salmonelles, d'une organisation de la filière porcine quasi-intégrée : presque tous les éleveurs sont membres de la « Fédération de producteurs et d'abattoirs de porcs danois », qui abat plus de 95% des porcs produits au Danemark. Ceci facilite donc l'organisation d'un tel programme nécessitant une forte coopération.

#### 4.1.4. Première révision du plan de contrôle danois :

En 2001, le plan de contrôle danois instauré en 1995 a été amélioré à différents niveaux. Les contrôles de l'alimentation, des élevages de sélection-multiplication et des naisseurs restent quasiment inchangés. Trois niveaux de contrôle ont surtout été modifiés :

- Le contrôle des porcs à l'abattoir
- Les pénalités financières
- Le contrôle de la viande de porc

#### Contrôle des porcs à l'abattoir :

Différents points du contrôle des porcs à l'abattoir ont été modifiés et sont en application depuis août 2001 :

- L'échantillonnage a été simplifié : 60, 75 et 100 animaux sont prélevés par an respectivement pour les petits ( $\leq 2000$  porcs produits par an), les moyens (entre 2001 et 5000 porcs produits par an) et les grands élevages ( $> 5000$  porcs produits par an).
- Seuls les élevages produisant plus de 200 porcs charcutiers par an sont contrôlés.

- Le seuil de positivité du test Mix-ELISA a été réduit à 20% de densité optique au lieu de 40% dans l'ancien programme. Le test est donc plus sensible augmentant ainsi le nombre de résultats positifs.
- Tous les mois, un index *Salmonella* est établi pour chaque élevage. Dans l'ancien programme, l'index *Salmonella* correspondait à la moyenne des résultats sérologiques obtenus sur les trois derniers mois. Le nouvel index salmonelles est basé sur le même principe, à la seule différence, que la moyenne des résultats sérologiques des trois derniers mois est pondérée avec comme coefficients respectifs 1,1,3 pour chacun des mois. La moyenne pondérée est appelée l'index sérologique *Salmonella* des porcs à l'abattoir. Cette modification permet, dans le cas d'une augmentation de la séro-prévalence dans un élevage, de classer ce même élevage à un niveau plus élevé un mois plus tôt que dans l'ancien programme de contrôle. Cela permet donc d'intervenir plus rapidement.
- Les élevages sont assignés en trois niveaux en fonction de l'index sérologique établi chaque mois.
  - Niveau 1 : index < 40
  - Niveau 2 :  $40 \leq \text{index} < 70$
  - Niveau 3 : index  $\geq 70$

Ces limites ont été calculées en fonction du risque d'excrétion à l'abattoir.

### **Les nouvelles pénalités financières :**

Un système de pénalités plus strict a été mis en place. Les élevages de niveaux 2 et 3 se voient attribuer une pénalité de 2% et 4% de façon respective sur la valeur des carcasses abattues.

### **Contrôle des salmonelles sur la viande de porc :**

Cinq carcasses par jour d'abattage font l'objet d'une recherche dans trois zones définies, sur 100 cm<sup>2</sup> pour chaque échantillon. Cette méthode est plus sensible et permet donc d'enregistrer un nombre d'échantillons positifs plus importants. (53)

Le premier plan de contrôle danois, instauré en 1995, a permis une réduction du taux d'élevages infectés et du pourcentage de viandes de porc contaminées. Les modifications de ce plan instauré en 2001 ne sont que le prolongement de ce qui a été enclenché en 1995, à savoir la maîtrise de la contamination des porcs par les salmonelles. Les Danois s'adaptent donc à leur niveau d'infection plus faible en utilisant des méthodes de détection et des mesures de contrôle plus strictes afin de resserrer de plus en plus le « goulot d'étranglement » et peut-être même réussir une quasi-éradication comme les Suédois.

4.2. Principaux autres pays mettant en œuvre des plans de contrôle salmonelles :

4.2.1. La Suède :

Ce pays fut le premier, en 1961, à mettre en place un programme obligatoire de contrôle salmonelles. Les élevages de sélection, de multiplication et de production subissent une à deux fois par an des prélèvements de fécès et d'environnement. Si des résultats positifs apparaissent, l'arrêt de diffusion de reproducteurs et des mesures de conduite d'élevages sont imposés.

En aval de l'élevage, des prélèvements réguliers (chiffonnages de carcasses, nœuds lymphatiques, pièces de découpe) sont réalisés dans les 12 abattoirs principaux. Les résultats de ce plan de contrôle sont parlants : en élevage, moins de 0,1% des porcs sont positifs et les carcasses présentent un pourcentage de positifs inférieur à 0,01. Nous pouvons donc considérer que les salmonelles en Suède ont été éradiquées ou, du moins, ne risquent plus de présenter un danger important pour la population humaine. (15)

4.2.2. La Norvège :

Depuis 1995, un plan de contrôle salmonelles a été rendu obligatoire. En élevage de sélection-multiplication, des pool de fécès sont réalisés une fois par an, et en production, des noeuds lymphatiques sont prélevés en abattoir en vue d'une étude bactériologique. A l'abattoir, des chiffonnages de carcasses et 25g de viande fraîche servent à estimer la contamination. Ici aussi les résultats sont plus qu'encourageants : moins de 0,6 et 0,5% de porcs sont détectés positifs en élevages de sélection-multiplication et de production respectivement. Aucune carcasse ne révèle la présence de salmonelles et, dans la viande fraîche, le niveau de contamination estimé est inférieur à 0,05%. Là encore, l'éradication est quasi-obtenue. (26) (15)

4.2.3. L'Allemagne :

En 1998, un plan de contrôle a été instauré sur une base de volontariat dont l'objectif principal était la certification « ferme contrôlée pour la salmonellose ». Ce plan a pris, courant 2000, un caractère obligatoire. L'entrée en vigueur de ce projet était prévue pour le printemps ou l'été 2001. Le protocole est similaire à celui des Danois. Seuls les niveaux d'infection permettant de distinguer les niveaux 1, 2 et 3 varient : 20 et 40% sont les limites choisies par les Allemands contre 10 et 40% chez les Danois. (36) (57)

4.2.4. Le Canada :

En 1995, une enquête a été réalisée dans 200 élevages afin d'estimer la prévalence des élevages de porcs en salmonelles : 30 à 60% des élevages se sont révélés positifs selon leur taille et leur densité. Depuis 1998, le Canada s'intéresse de près au problème des salmonelles dans les élevages de porcs. Une firme représentant 20% de la production au Québec a mis en place un plan de contrôle.

La stratégie de contrôle de salmonelles s'articule selon les 4 étapes suivantes.

- 1) Elaborer un protocole de nettoyage et désinfection ayant pour but de garantir un environnement sans salmonelle à tous les étages de la chaîne de production. Les grandes lignes de ce protocole ont été dégagées suite à de nombreux essais : éliminer les matières fécales résiduelles de l'environnement, utiliser un désinfectant à effet résiduel, appliquer un désinfectant avec un canon à mousse, nettoyer et désinfecter les instruments...
- 2) Réduire le taux de salmonelles à l'étage de sélection-multiplication avec comme but de garantir des animaux de renouvellement indemnes de salmonelles. Les moyens mis en œuvre sont le respect du tout plein-tout vide, la minimisation du nombre de fournisseurs, le contrôle du nettoyage, le contrôle de l'environnement et du renouvellement des animaux, l'utilisation de l'aliment en soupe.
- 3) La réduction de salmonelles pour les élevages pratiquant la vente d'animaux : cette mesure passe par le respect du tout plein-tout vide, la minimisation des sources d'introduction et le contrôle du nettoyage.
- 4) Le contrôle des porcs en finition à destination de l'abattoir avec comme but de produire de la viande avec un niveau en salmonelles inférieur à 2%. Ce programme de contrôle est assuré par le prélèvement de 8 sérums par bande avant chaque départ des animaux vers l'abattoir et ceci afin d'établir le statut en salmonelles selon 3 niveaux d'infection. Des cases différentes dans les camions et en abattoir sont attribuées pour les lots de fort et faible niveau de contamination. De plus, les lots faiblement et fortement infectés sont abattus respectivement le matin et en fin de journée. Entre chaque lot, des procédures spécifiques de nettoyage-désinfection sont réalisées dans les cases d'abattoir et dans les camions. Douze heures de diète hydrique sont exigées pour les animaux avant l'abattage. Enfin, des prélèvements de carcasses sont réalisés tous les jours dans les abattoirs.

Ce vaste programme est mis en place depuis 3 ans et les résultats obtenus en matière de contamination de carcasses (1,5%) sont satisfaisants.(48) (48)

D'autres pays réfléchissent très sérieusement à la mise en place d'un plan salmonelles : il s'agit de la Grande-Bretagne, des Pays-Bas et de la Belgique. (15)

Ainsi de nombreux pays ont depuis longtemps mis en place des plans de programme ou sont sur le point de le réaliser. En France, nous commençons juste à nous intéresser au problème et le travail restant à fournir est de taille. A l'automne 2000, a débuté une étude épidémiologique analytique entreprise par l'AFSSA, résultats à suivre.

Il s'avère difficile de comparer ces différents plans de contrôle : le plan d'échantillonnages et le type de prélèvements vont influencer considérablement les résultats d'un plan de contrôle, d'où les grandes différences obtenues selon les études et selon les pays. En effet, ces programmes utilisent différents moyens de dépistage des salmonelles en élevage

soit des méthodes bactériologiques (Suède, Norvège) soit des méthodes sérologiques (Danemark, Allemagne).

Face à l'avancée de nombreux pays en matière de contrôle ou même d'éradication des salmonelles dans la filière porcine et face aux futures exigences réglementaires, nous nous devons de préparer et d'anticiper ces modifications. Nous devons être prêts à fournir des garanties en matière de contamination salmonellique afin de ne pas se fermer de marchés. Or en France, peu d'études ont été réalisées dans ce domaine et aucun plan de contrôle ne voit le jour actuellement. De nombreux points restent encore à éclaircir avant de mettre en place la stratégie la plus adaptée à la situation actuelle en France. Quelle est la prévalence des élevages ? Quelles méthodes de dépistage utiliser : bactériologie ou sérologie ? Comment classer les élevages et en fonction de quel seuil ? Déterminer les principaux facteurs de risque en élevage ? Quantifier la contamination des carcasses et en déterminer l'origine ? Quelles mesures préventives apporter en élevage et à l'abattoir afin de diminuer cette contamination ?



*PARTIE II : ETUDE  
EXPERIMENTALE*

L'objectif de cette étude est de réaliser une première approche de la problématique salmonelles dans la filière porcine. Les objectifs sont de quatre ordres : faire un point de la contamination des élevages naisseurs-engraisseurs, mettre en évidence les principaux risques liés à une contamination en élevage, poser les bases d'un diagnostic en élevage et suivre l'excrétion de l'élevage à l'abattoir.

Cette étude a été réalisée de juillet à décembre 2001 au sein du groupement Coopagri-Bretagne (secteur de Plaintel, Côtes d'Armor) et en collaboration avec la firme service CCPA (Centrale des Coopératives de Productions Animales) Deltavit basée à Janzé (Ile-et-Vilaine).

Cette étude se compose de trois parties complémentaires. Tout d'abord une **étude sérologique** a permis d'estimer la prévalence de salmonelles en élevage. Puis, une **enquête questionnaire** a été réalisée afin d'essayer de mettre en évidence les principaux facteurs de risque d'une infection salmonellique en élevage. Les résultats sérologiques de l'enquête prévalence ont été réutilisés aux fins d'une analyse statistique croisée entre le pourcentage d'infection des élevages et les données du questionnaire. Enfin, dix élevages, sélectionnés sur la base des résultats sérologiques (5 négatifs et 5 positifs), ont fait l'objet d'une **investigation terrain** plus poussée en élevage et à l'abattoir. Des données en matière de diagnostic d'élevage et de suivi de l'excrétion de l'élevage à l'abattoir en sont ressorties.

## I. MATERIEL ET METHODES :

### 1. ELEVAGES SUIVIS :

113 élevages, tous naisseurs-engraisseurs, de 150 truies en moyenne, en sérothèque à la CCPA Deltavit, ont été analysés à l'aide du kit sérologique Mix-ELISA danois (SVANOVA<sup>®</sup>). Pour chaque élevage, les sérums de 15 porcs charcutiers d'âge supérieur à 150 jours, prélevés en élevage entre janvier et juillet 2001 ont été testés.

Ces éleveurs se localisent dans le Finistère (14,8%), dans les Côtes d'Armor (53,9%), dans le Morbihan (20%) et en Mayenne (4,35%).

Parallèlement à cette étude sérologique, un questionnaire a été envoyé à ces mêmes éleveurs. Ce questionnaire, dont une partie a été soumise au technicien et une autre à l'éleveur, avait pour but d'étudier les différents facteurs de risque liés à une contamination en élevage par les salmonelles.

Pour l'investigation terrain, nous avons choisi 10 élevages parmi la liste précédente. Pour cela, nous nous sommes fiés à plusieurs critères comprenant les résultats sérologiques (deux groupes de 5 élevages: un positif et un négatif), les dates auxquelles ont été faites les prises de sang (mai, juin ou juillet 2001), la proximité géographique de ces élevages et, bien sûr, l'accord de l'éleveur.

### 2. LES ANALYSES DE LABORATOIRE :

#### 2.1. *Analyse sérologique :*

La technique utilisée par la CCPA Deltavit est, dans cet essai, un test ELISA indirect, validé sur sérum, mais pouvant aussi être utilisé sur jus de viande. Le principe et la spécificité ont été décrits dans la partie bibliographique, I.2.3.2. .

#### Utilisation :

Dans notre étude, seule l'utilisation sur sérum a été nécessaire afin de dépister des élevages naisseurs-engraisseurs potentiellement excréteurs.

#### Interprétation :

Le seuil de positivité utilisé est une DO de 40%.

#### 2.2. *Analyse bactériologique :*

L'analyse bactériologique utilisée suit le programme d'accréditation COFRAC. Les salmonelles peuvent non seulement être présentes en petit nombre par rapport à une flore bactérienne nombreuse et variée, en particulier des entérobactéries, mais aussi s'y trouver

dans un état physiologique précaire. Leur recherche nécessite trois étapes successives. Les échantillons sont pré-enrichis en milieu sélectif (eau peptonée tamponnée) pendant 24 heures à 37°C, ceci afin de revivifier les salmonelles en état physiologique précaire. Puis un enrichissement en milieu sélectif liquide ou semi-solide (bouillon au tétrathionate de Mueller-Kauffmann) pendant 24 heures permet la multiplication sélective des salmonelles. Enfin, afin d'obtenir des colonies correctement isolées, un isolement sur milieu sélectif XLT4 est réalisé après 24 heures. Les colonies caractéristiques de *Salmonella* sont fushia ou présentent un centre noir. En cas de présence de telles colonies, une identification et un sérotypage sont réalisés.

### 3. LE QUESTIONNAIRE :

#### 3.1. Contenu du questionnaire :

Le but de cette étude était de déterminer les facteurs de risque d'une infection subclinique par *Salmonella enterica* dans les élevages naisseurs-engraisseurs en Bretagne. Ce questionnaire regroupe les facteurs de risque identifiés comme tels, ainsi que des facteurs de risque potentiels.

Le fameux « Walcheren Project » (56), dont les résultats ont été rapportés dans de nombreuses publications, prouve que les salmonelles sont partout. Les insectes, les fécès d'oiseaux, les effluents, l'eau, les hommes, les porcs, l'eau des égouts... sont contaminés. Le cycle de transmission des salmonelles se réalise par des contaminations répétitives de matériels et d'êtres vivants véhiculant de façon passive ou active ces agents pathogènes.

Ainsi de nombreux facteurs de risque peuvent être à l'origine de l'infection d'un élevage par des salmonelles.

L'infection à *Salmonella enterica* dans les élevages de porcs est souvent subclinique et de nombreux facteurs de risque peuvent affecter cette pression d'infection. Ces risques potentiels peuvent être divisés en deux catégories :

- les risques d'introduction de salmonelles en élevage
- les risques de propagation et de circulation de salmonelles au sein de l'élevage

En s'appuyant sur les informations disponibles dans la bibliographie (18) (62), un certain nombre d'hypothèses ont été formulées et sont à la base de ce questionnaire. Ces hypothèses sont de quatre ordres :

1. L'aliment et les systèmes d'alimentation sont associés à la prévalence de *Salmonella enterica* dans les élevages. L'aliment acheté, sec et sous forme de granulés augmente cette prévalence.
2. Les mesures d'hygiène en élevage (procédures de nettoyage-désinfection...) sont associées à la prévalence de *Salmonella enterica*.
3. L'utilisation de produits sanitaires ayant des effets sur la flore intestinale (antibiotiques, probiotiques...) est associée à la prévalence de *Salmonella enterica* dans les élevages.
4. Les élevages ayant peu de contacts avec l'extérieur (homme, animaux, matériel) présentent un risque d'introduction de *Salmonella enterica* plus faible.

Ces hypothèses sont donc à la base de l'élaboration du questionnaire. Celui-ci s'articule sur quatre thèmes principaux : l'alimentation, l'hygiène en élevage, les aspects sanitaires et la protection sanitaire. Ils regroupent donc les risques d'introduction et de propagation des salmonelles en élevage présentés dans le tableau 12.

**Tableau 12 : Principaux thèmes abordés dans le questionnaire.**

Facteurs d'introduction	Facteurs de propagation
<p><u>Aliment</u> : usine d'origine, hygiène des silos.</p> <p><u>Protection sanitaire</u> : quai d'embarquement, local d'attente, sas d'entrée, lutte contre les nuisibles, quarantaine, autres espèces sur l'exploitation, personnel permanent pour les porcs.</p> <p><u>Eau</u> : traitement, contrôle.</p>	<p><u>Aliment ( structure et pH)</u> : origine, mode de distribution, présentation, système de distribution, nombre d'aliments, nombre de repas, hygiène des systèmes d'alimentation.</p> <p><u>Problèmes digestifs</u> : fréquence et étiologie.</p> <p><u>Traitements</u> : antibiotiques, acidifiants, autres ajouts.</p> <p><u>Mouvements des animaux</u> : mouvements rétrogrades entre bandes, méthode d'allotement.</p> <p><u>Hygiène et désinfection</u> : vide sanitaire, durée du vide sanitaire.</p>

Des données technico-économiques ont aussi été demandées afin de décrire l'échantillon d'élevages utilisés.

Nous avons tout d'abord abordé l'atelier d'engraissement puis l'atelier post-sevrage pour les trois premiers thèmes et, enfin, nous avons réalisé une approche globale de l'élevage en ce qui concerne la protection sanitaire. Pour chaque élevage, un questionnaire a été envoyé à l'éleveur et un au technicien en charge du suivi de ce même élevage : ces deux questionnaires sont complémentaires et non redondants. Ces questionnaires figurent respectivement en annexes 1 et 2.

### 3.2. Recueil des données :

Pour chaque élevage, deux questionnaires ont été recueillis : celui de l'éleveur et celui du technicien. Ces deux questionnaires complémentaires avaient pour but de diminuer le nombre de questions adressées à l'éleveur et ainsi d'augmenter le pourcentage de réponses des éleveurs. Avant envoi, ce questionnaire a été testé et nous avons estimé à 10 minutes le temps nécessaire pour le remplir. Afin d'optimiser le nombre de retours de questionnaires, 3 rappels téléphoniques ont été réalisés et ceci en essayant de fournir le plus d'arguments et

d'explications afin de sensibiliser les éleveurs sur le sujet salmonelles, sans toutefois les alerter.

122 éleveurs, incluant les 113 analysés sérologiquement, ont été sondés en totalité : 62,3% des éleveurs et 91% des techniciens ont répondu. Les données à analyser, obtenues en totalité et exploitables concernent **71 élevages**, soit 58,2% des élevages sélectionnés initialement. Les élevages écartés l'ont été pour 3 raisons : non retour du questionnaire par l'éleveur, non retour du questionnaire par le technicien ou prélèvements réalisés hors du site correspondant aux réponses fournies par le questionnaire.

### 3.3. Méthodes analytiques :

#### Saisie des données :

Afin de faciliter la saisie des données, la majorité des questions sont des questions fermées. De telles réponses ont été codées simplement par 1/0. Les autres questions, semi-fermées, contiennent des informations sur le nombre de repas, de jours, le nombre d'animaux... et ont été codées par intervalle. Par exemple, la codification de la durée du vide sanitaire a été attribuée en fonction d'un seuil de 5 jours (seuil estimé efficace) (37) : durée du vide sanitaire inférieure à 5 jours et supérieure ou égale à 5 jours a été codifiée par 0 et 1 de façon respective. Les questions ouvertes étaient limitées et ont fait aussi l'objet d'une codification en fonction des catégories de réponses obtenues.

#### Analyse statistique :

Nous disposons donc d'informations exploitables concernant les facteurs de risque pour 71 élevages. Ces élevages font bien sûr partis des 113 analysés de façon sérologique.

Toutes les données recueillies par le biais du questionnaire ont donc été codifiées en vue d'une analyse statistique. Celle-ci a été réalisée par Philippe Boniface (Zootechnicien de la CCPA) à l'aide du logiciel SPSS. Une analyse croisée (test du Khi-deux) entre les facteurs de risque et le pourcentage d'infection des élevages (0%; 0,1-15% ; >15% ) a permis d'exploiter les données recueillies. Cette répartition (0% ; 0,1-15% ; >15%) en fonction du pourcentage d'infection permet une bonne distribution des élevages au sein de ces trois catégories.

Pour le test du Khi-deux, nous avons choisi de fixer le seuil de confiance à 95%, permettant de distinguer les facteurs significatifs. Ainsi seuls les facteurs dont  $p \leq 0,05$  sont considérés comme facteur de risque réel et ceux dont  $0,05 < p \leq 0,1$  sont estimés comme facteur de risque présentant une légère tendance à être associés à la prévalence de *Salmonella enterica*.

## 4. ETUDE TERRAIN : PLAN DE PRELEVEMENTS :

L'étude terrain se compose d'une partie en élevage et d'une partie à l'abattoir.

**En élevage**, nous avons choisi de nous intéresser uniquement aux charcutiers et les plus vieux afin de pouvoir suivre la même bande à l'abattoir. Une salle d'engraissement a fait l'objet de prélèvements (lot de 70 animaux en moyenne) : 15 prises de sang réparties sur 3 ou 4 cases et 2 chiffonnettes faites dans ces mêmes cases. Les chiffonnettes sont prélevées à

même le sol sur une surface de 1 m<sup>2</sup>, dans les coins où les fécès étaient les plus abondantes. Elles correspondent donc plus à des prélèvements de fécès qu'à de véritables prélèvements de l'environnement. Nous avons préféré réaliser des chiffonnettes que des prélèvements individuels de matière fécale car elles rendent mieux compte de la contamination d'une bande : elles sont plus représentatives de l'ensemble du lot. (2) Cette technique donne un aspect global de la contamination à l'échelle du lot sans passer par la prévalence individuelle.

A l'abattoir, deux chiffonnettes dans les cases d'attente (juste avant le départ des porcs pour la chaîne d'abattage) et 10 prélèvements de caecum sur la chaîne ont été réalisés pour chaque lot. Des informations supplémentaires ont également été recueillies comme la durée d'attente du lot dans les cases et le mélange des lots suivis avec d'autres.

Pour chaque élevage sont donc réalisés 15 prélèvements de sang en élevage soit en totalité 150 analyses sérologiques pour cette étude terrain.

Deux chiffonnette en élevage, deux chiffonnettes à l'abattoir et 10 prélèvements de caecum « poolés » par 5, soient 6 analyses bactériologiques sont réalisées par élevage. Soixante analyses bactériologiques ont été réalisées lors de cette étude terrain.

Ces prélèvements (élevage et abattoir) ont été réalisés en octobre 2001.

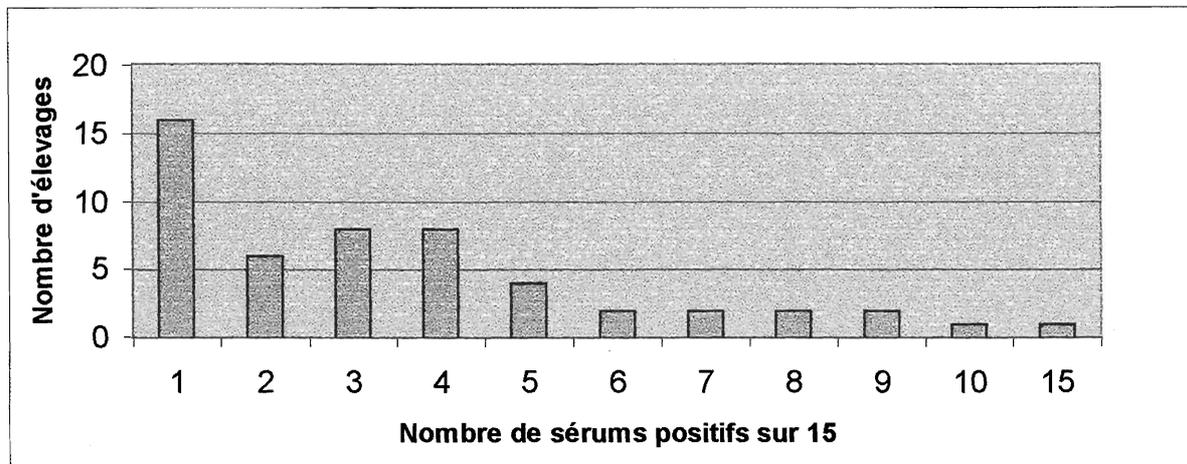
**Tableau 13 : Plan de prélèvements.**

Site	Prélèvements	Laboratoire
<b>Élevage :</b>		
1 salle en fin d'engraissement	15 prises de sang (3 à 4 par case ) 2 chiffonnettes sur le sol(2cases/chiffonnette)	Sérologie Bactériologie
<b>Abattoir :</b> (sur la bande prélevée en engraissement)		
Porcherie d'attente Chaîne	2 chiffonnettes sur le sol 10 prélèvements de contenu de caecum	Bactériologie Bactériologie (par pool de 5)

## II. RESULTATS :

### 1. ENQUETE SEROLOGIQUE :

Sur les 113 élevages testés sérologiquement, **52 élevages (soit 46%) ont au moins un sérum positif.**



**Figure 5 : Répartition des élevages positifs selon leur nombre de sérums positifs sur 15.**

Cet histogramme présente la répartition des élevages en fonction du nombre de positifs sur les 15 analyses. Une classe, la plus importante, représentant 30,8% des élevages positifs, ne présentent qu'un sérum positif sur 15. Puis nous avons 4 classes à 2, 3, 4 et 5 sérums positifs qui représentent respectivement 11,5% ; 15,4% ; 15,4% ; 7,7% des élevages positifs. Enfin viennent les élevages plus fortement infectés (de 6 à 15 sérums positifs) qui représentent en totalité 19,2% des élevages infectés.

Globalement, beaucoup d'élevages sont infectés mais la plupart d'entre eux ont un faible taux d'infection : en effet un tiers des élevages infectés n'ont qu'un sérum positif sur les 15 analysés, et 80% des élevages positifs ont moins de 6 sérums infectés.

## 2. ENQUETE QUESTIONNAIRE :

Pour cette étude 71 élevages ont donc participé. Nous avons donc recueilli pour chacun les résultats sérologiques ainsi que les données récoltées par le biais du questionnaire. Ces informations sont de deux ordres. D'une part, les données technico-économiques nous ont permis de décrire l'échantillon d'élevages utilisés et d'autre part les informations relatives aux facteurs de risque ont été utilisées pour l'analyse statistique.

### 2.1. *Description de l'échantillon :*

#### 2.1.1. Taux d'infection :

Il n'y a pas de différence entre le taux d'infection des élevages écartés de l'enquête et ceux qui en font partis : sur les 71 élevages retenus pour l'étude des facteurs de risque, 32 ont au moins un sérum positif soit 45 % d'élevages positifs (taux initialement à 46%).

## 2.1.2. Données technico-économiques :

Ces données récoltées à l'aide du questionnaire permettent de décrire l'échantillon utilisé et de vérifier si celui-ci est bien représentatif des niveaux breton et national.

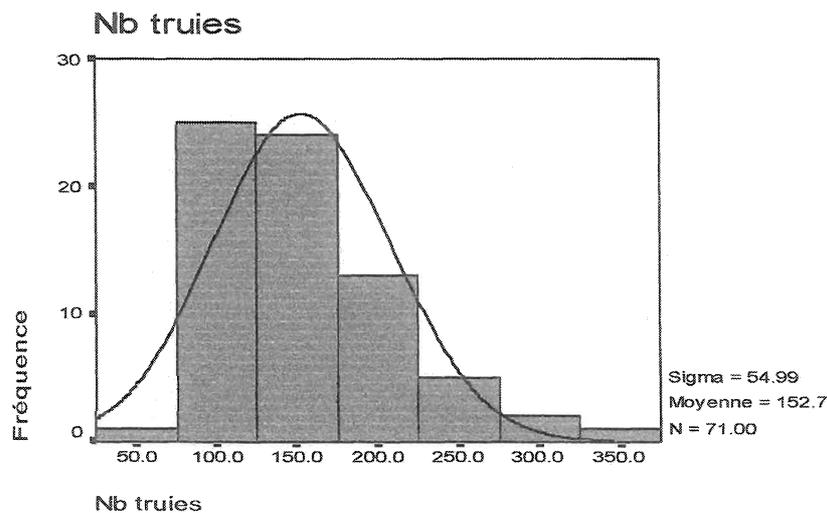
**Taille :**

La taille des élevages a été estimée à partir du nombre de truies. Le tableau suivant compare la taille moyenne des élevages de cette étude aux moyennes nationale et bretonne.

**Tableau 14 : Comparaison de la taille moyenne (nombre de truies) des élevages de l'échantillon aux moyennes nationale et bretonne sur l'année 2000. (source ITP : Institut Technique du Porc).**

Taille moyenne de l'échantillon	Intervalle de confiance à 95%	Moyenne nationale sur l'année 2000	Moyenne bretonne sur l'année 2000
153	[140-166]	148	167

La moyenne de la taille des élevages de l'échantillon est donc assez représentative du niveau national et légèrement inférieur à celle de la Bretagne. La distribution suit bien une loi normale. La figure 6 illustre cette condition.



**Figure 6 : Répartition des élevages en fonction du nombre de truies.**

**Performances :**

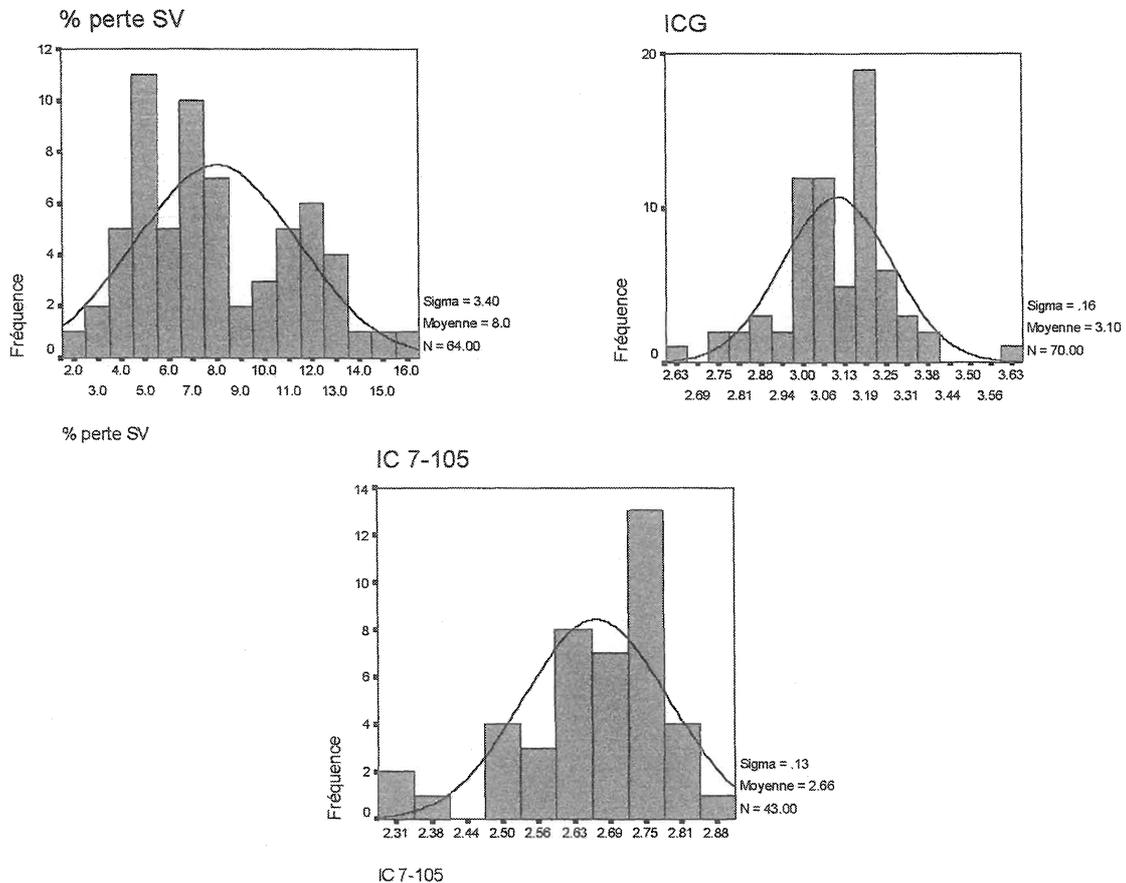
Afin de caractériser l'échantillon, trois paramètres de référence ont été choisis : le pourcentage de pertes sevrage-vente, l'indice de consommation globale (ICG) et l'indice de consommation 7-105 (IC 7-105). Le tableau suivant permet de situer la moyenne de notre échantillon pour ces différents paramètres par rapport aux moyennes nationale et bretonne.

**Tableau 15 : Comparaison des moyennes de trois paramètres technico-économiques de l'échantillon par rapport aux niveaux national et breton.**

	Moyenne de l'échantillon	Intervalle de confiance à 95%	Moyenne nationale pendant l'année 2000.	Moyenne bretonne pendant l'année 2000
% de perte sevrage-vente	8	[7,1-8,8]	7,9	8,6
ICG	3,1	[3,06-3,14]	3,1	3,08
IC 7-105	2,66	[2,62-2,7]	2,61	2,6

ICG : Indice de Consommation Globale/IC 7-105 : Indice de Consommation entre 7 et 105 kilogrammes.

Les distributions de ces paramètres sont présentées ci-dessous. (Figure 7)



**Figure 7 : Répartition des élevages en fonction du % de perte sevrage-vente, de l'Indice de Consommation Globale et de l'Indice de Consommation 7-105.**

A la vue de ces résultats, notre échantillon s'avère donc représentatif à la fois des moyennes nationale et bretonne.

Une analyse croisée entre chaque facteur de risque étudié et le pourcentage d'infection des élevages a permis d'obtenir les résultats ci-dessous. Ceux-ci sont présentés par thème.

## 2.2. L'alimentation :

Les résultats de l'analyse statistique relatifs à l'alimentation figurent dans le tableau suivant.

**Tableau 16 : Résultats de l'analyse statistique relatifs à l'alimentation.**

Facteur étudié	Réponse	Nb d'élevages / réponse	Khi-deux Pearson	Interprétation du test au seuil de 95%
Distribution de l'aliment	Soupe	59	0,014	Facteur significatif
	Sec	12		
Présentation de l'aliment	Farine	56	0,099	Facteurs ayant un léger effet sur la contamination
	Granulé/Miette	15		
Système d'alimentation	Nourrisseur	10	0,09	
	Nourrisoupe	1		
	Turbomat	1		
Nombre de repas	Repas soupe	59	0,078	
	2	35		
	3	26		
Nombre d'aliments	à volonté	10	0,066	
	Monophase	24		
	Biphase	26		
Usine d'origine	Triphase	21	0,809	Facteurs non significatifs
	1	11		
	2	18		
	3	23		
Origine de l'aliment	4	14	0,415	
	Industrielle	54		
	FAF	17		

### Facteur significatif ( $p \leq 0,05$ ) :

Le facteur « distribution de l'aliment » (soupe vs sec) est significatif ( $p=0,014$ ). L'aliment sec serait un facteur de risque par rapport à l'aliment soupe.

### Facteurs présentant une tendance à être associés au pourcentage d'infection des élevages ( $0,05 < p < 0,1$ ) :

Certains facteurs montrent plus une tendance à être liés au pourcentage d'infection salmonellique, c'est-à-dire que nous remarquons une certaine dépendance entre les facteurs sans pour autant que le facteur soit significatif au seuil choisi.

- Le facteur « présentation de l'aliment » (farine vs granulé/miette) semble présenter une légère tendance : les élevages travaillant en farine semblent plus liés aux élevages non infectés ( $p=0,099$ ).
- Le facteur « système d'alimentation » (soupe/nourrisseur /nourrisoupe/turbomat) : les élevages travaillant en soupe présentent une tendance à être associés aux élevages non infectés ( $p=0,09$ ).

- Le facteur « nombre de repas » (2/3/à volonté) : les élevages réalisant une alimentation fractionnée semble plus liés aux élevages infectés ( $p=0,078$ ).

Tous ces résultats pourraient être des sous-produits du facteur « soupe vs sec » : en effet, par l'analyse statistique, nous avons pu mettre en évidence une dépendance entre tous ces facteurs et le facteur soupe-sec. Ces variables, présentant une tendance à être associées aux pourcentages d'infection, ne sont que des variables dépendantes vis-à-vis du facteur soupe-sec et ne peuvent en aucun cas faire l'objet d'une interprétation en terme de risque de contamination salmonellique.

- Le facteur « nombre d'aliments » (mono/bi/triphase) présente aussi une tendance significative ( $p=0,066$ ). Les élevages en triphase auraient tendance à être moins infectés par les salmonelles. Cela pourrait éventuellement s'expliquer par l'apport d'une alimentation mieux adaptée à l'écosystème du tube digestif du porc en fonction de sa croissance.

### **Les facteurs non significatifs ( $p>0,1$ ) :**

Les usines d'origine des aliments ont aussi été testées et aucune d'entre elles n'apparaît plus associée à des élevages infectés ( $p=0,809$ ). Pour cette analyse, nous avons utilisé 66 élevages et non 71. Les élevages ne travaillant qu'en « fabrication à la ferme » ont été écartés afin de ne pas biaiser l'analyse. De plus un élevage, le seul à être fourni par l'usine 5, a été éliminé pour l'étude de ce facteur ; en effet un effectif de 1 pour une variable aurait rendu statistiquement l'analyse non interprétable.

Le facteur « origine de l'aliment » c'est-à-dire aliment industriel ou fabriqué à la ferme, n'est pas significativement lié au pourcentage d'infection des élevages ( $p=0,415$ ).

### 2.3. L'aspect sanitaire :

**Tableau 17 : Résultats de l'analyse statistique relatifs à l'équilibre digestif.**

Facteur étudié	Réponse	Nombre d'élevages / réponse	Khi-deux de Pearson	Interprétation du test au seuil de 95%
Fréquence des problèmes digestifs	Fréquents	23	0,054	Facteur ayant un léger effet sur la contamination
	Occasionnels	48		
Antibiotiques	Non	46	0,312	Facteurs non significatifs
	Oui	25		
Acidifiants	Jamais/Occasionnellement	26	0,311	
	Systématiquement	45		
Probiotiques	Jamais/Occasionnellement	55	0,665	
	Systématiquement	16		

Le facteur « fréquence des problèmes digestifs » révèle une tendance : les élevages ayant des problèmes fréquents seraient moins infectés que ceux n'en ayant que de façon occasionnelle ( $p=0,054$ ). Ceci ne peut s'interpréter qu'en matière de compétition de flore.

Le facteur « origine des problèmes digestifs » n'a pas été exploité car trop de données étaient non spécifiques et cette analyse n'aurait apporté aucun résultat intéressant.

L'administration d'antibiotiques, d'acidifiants ou de probiotiques, qu'ils soient directement dans l'aliment ou qu'ils soient rajoutés, ne sont en aucun cas significatifs, contrairement à toute attente. Ces différents additifs ont effectivement une action directe sur la flore digestive et nous pouvions nous attendre à un résultat.

#### 2.4. L'hygiène d'élevage :

Les résultats de l'analyse statistique relatifs à l'hygiène en élevage sont répertoriés dans le tableau suivant.

**Tableau 18 : Résultats de l'analyse statistique relatifs à l'hygiène en élevage.**

Facteur étudié	Réponse	Nombre d'élevages / réponse	Khi-deux de Pearson	Interprétation du test au seuil de 95%
Nettoyage du circuit soupe	Régulier	40	0,412	Facteurs non significatifs
	Irrégulier	18		
Vidange des silos	Non	8	0,622	
	Oui	63		
Désinfection des silos	Non	58	0,84	
	Oui	13		
Vidange des fosses entre chaque bande	Non	40	0,512	
	Oui	31		
Désinfection des salles entre chaque bande	Non	2	0,662	
	Oui	69		
Vide sanitaire entre chaque bande	Non	4	0,427	
	Oui	67		
Durée du vide sanitaire	Pas de vide sanitaire	4	0,706	
	> 5 jours	29		
	≤ 5 jours	38		
Nature du sol	Caillebotis intégral	55	0,899	
	Caillebotis partiel/paille	16		

#### **Hygiène des circuits d'aliments :**

Le nettoyage du circuit soupe, la vidange et désinfection des silos sont des facteurs non significatifs.

#### **Hygiène des bâtiments :**

Tous les facteurs relatifs à l'hygiène des bâtiments (désinfection des salles, vidange des fosses à chaque bande, vide sanitaire et durée, nature du sol) sont des facteurs non significatifs.

Toutes les mesures habituelles d'hygiène en élevage étaient intéressantes à analyser. En effet la conduite en bande stricte (vidange des fosses à chaque bande, vide sanitaire...), l'hygiène de la machine à soupe...sont des facteurs importants car une conduite continue favorise le transfert de salmonelles d'un lot à l'autre et pérennise ainsi l'infection au sein de

l'élevage. Or, là encore, aucun de ces facteurs n'a vraiment été identifié en tant que véritable facteur de risque.

### 2.5. Conduite des animaux :

De la même manière, les facteurs relatifs à la conduite des animaux : mélange des bandes, présence d'une infirmerie, densité, conduite du regroupement des animaux sont autant de facteurs n'ayant, selon notre analyse, aucune influence sur le niveau d'infection en salmonelles d'un élevage. Le tableau suivant illustre nos résultats.

**Tableau 19 : Résultats de l'analyse statistique relatifs à la conduite des animaux.**

Facteur étudié	Réponse	Nombre d'élevages / réponse	Khi-deux de Pearson	Interprétation du test au seuil de 95%
Mélange des bandes	Non	44	0,451	Facteurs non significatifs
	Oui	27		
Infirmerie	Non	39	0,295	
	Oui	32		
Nombre d'animaux par case	>20	29	0,135	
	≤20	42		
Regroupement de différentes cases	Non	20	0,581	
	Oui	51		

### 2.6. Protection sanitaire :

Les différents facteurs analysés ainsi que les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

**Tableau 20 : Résultats de l'analyse statistique relatifs à la protection sanitaire.**

Facteur étudié	Réponse	Nombre d'élevages / réponse	Khi-deux de Pearson	Interprétation du test au seuil de 95%
Action contre les insectes	Non	22	0,041	Facteur significatif
	Oui	49		
Présence de sas	Non	45	0,841	Facteurs non significatifs
	Oui	26		
Tenue propre à disposition	Non	22	0,334	
	Oui	49		
Présence de pédiluve	Non	46	0,711	
	Oui	25		
Traitement de l'eau	Non	47	0,281	
	Oui	24		
Présence de clôture	Non	66	0,935	
	Oui	5		
Action contre les rongeurs	Non	37	0,478	
	Oui	34		
Accès des chiens/chats dans l'élevage	Non	19	0,986	
	Oui	52		
Autres productions	100% porc	32	0,156	
	Ruminants	31		
	Volailles	4		
	Ruminants et Volailles	4		
Présence d'une quarantaine	Non	4	0,547	
	Oui	67		

Seul le facteur « action contre les insectes » montre une relation avec le pourcentage d'infection des élevages : les élevages réalisant une action contre les insectes sont moins infectés par les salmonelles ( $p=0,041$ ).

Les autres facteurs (sas, tenue propre, pédiluve, clôture, traitement de l'eau, action contre les rongeurs, accès des chiens et des chats à l'élevage, autres productions, quarantaine) ne semblent pas, selon notre étude, avoir un intérêt dans la lutte contre les salmonelles.

Nous aurions pu penser que toutes ces mesures habituelles tendent, quand elles sont bien appliquées, à réduire le risque d'introduction de salmonelles.

### 2.7. *Origine des reproducteurs :*

Pour ce facteur, le dépouillement du questionnaire a révélé 24 origines de reproducteurs pour nos 71 élevages. Une analyse statistique n'aurait pas été interprétable compte tenu du nombre trop important de données différentes. Seul un élevage d'origine ressort : il est en effet toujours associé à des élevages positifs. Cela ne veut en aucun cas signifier qu'il est infecté et à contrario que les autres origines de reproducteurs ne le sont pas. C'est un élément qu'il serait intéressant de vérifier.

## 3. SUIVI DE L'ELEVAGE A L'ABATTOIR :

En raison du faible nombre de prélèvements et d'élevages investis, une analyse statistique paraît impossible. Seules des tendances résultants de l'interprétation des résultats obtenus pourront être dégagées.

### 3.1. *En élevage :*

150 et 20 prélèvements respectivement en vue d'une analyse sérologique ou bactériologique ont été réalisés sur les porcs en fin d'engraissement dans 10 élevages naisseurs-engraisseurs. Douze sérologies sur 150 se sont avérées positives, soit 8% et une analyse bactériologique sur 20 a mis en évidence la présence de *Salmonella enterica*, soit 5%.

Un lot correspond à l'ensemble des prélèvements réalisés dans un élevage donné, un jour donné et sur une bande donnée.

Un lot est considéré positif en bactériologie si au moins une analyse est positive sur les deux prélèvements de fécès. Un lot est considéré négatif en bactériologie si les deux prélèvements sont négatifs. Il en est de même pour la sérologie.

Un élevage (Elevage A) est sérologiquement négatif et bactériologiquement positif (Elevage -/+). Un élevage (Elevage B) est sérologiquement positif alors que les analyses bactériologiques ne révèlent aucune présence de salmonelles (Elevage +/-). Toutes les autres analyses (bactériologiques et sérologiques) sont négatives (Elevage -/-).

Ainsi, nous pouvons classer les résultats obtenus de la manière suivante :

**Tableau 21 : Répartition des élevages en fonction des résultats sérologiques et bactériologiques obtenus en élevage.**

Nombre d'élevages	Sérologie	Bactériologie
1	—	+
1	+	—
8	—	—

Ces résultats sont présentés avec plus de précision dans le tableau 22.

### 3.2. A l'abattoir :

Neuf cases d'attente sur dix se révèlent positives avec un grand nombre de sérovars différents, soient 17 analyses sur 20 positives. Les sérovars retrouvés sont ceux habituellement retrouvés chez le porc : il s'agit surtout de *Salmonella* Typhimurium et *Salmonella* Derby. Les sérovars retrouvés ici sont par ordre de fréquence décroissante : *Salmonella* Derby (retrouvé à 5 reprises), *Salmonella* Typhimurium (4), *Salmonella* Infantis (2) et *Salmonella* Agona (1).

Quatre élevages sur 10 présentent des salmonelles dans les caecums avec, là aussi, différents sérovars. Pour chacun de ces élevages, les deux analyses bactériologiques s'avèrent positives, soit au total huit analyses sur 20. *Salmonella* Typhimurium et *Salmonella* Derby sont les sérovars les plus fréquents, *Salmonella* Virchow n'apparaît qu'une seule fois.

Les durées d'attente des porcs à l'abattoir s'échelonnent entre 2 heures 30 et 13 heures. Quatre lots sur dix ont été mélangés à d'autres porcs dans les cases d'attente.

Tous ces résultats sont présentés dans le tableau suivant.

**Tableau 22 : Résultats sérologiques et bactériologiques de l'étude terrain.**

Elevages	Catégorisation initiale	Nb pos. Etude 1	Nb pos. Etude 2	Chif. Elev.	Sérotype Elev.	Chif. Abat.	Sérotype Abat.	Caecum	Sérotype caecum
A	Positifs	8	0	1	Tennessee	2	Typhimurium	2	Virchow, Typhimurium
B		6	12	0		2	Infantis et Derby	2	Typhimurium
C		5	0	0		2	Derby	0	
D		4	0	0		1	Derby	0	
E		3	0	0		2	Agona	0	
F	Négatifs	0	0	0		2	Typhimurium	0	
G		0	0	0		2	Derby, Infantis et Typhimurium	2	Derby
H		0	0	0		2	Derby	2	Derby
I		0	0	0		2	Typhimurium	0	
J		0	0	0		0		0	

Nb pos. Etude 1 : Nombre de sérologies positives sur 15 lors de l'étude de prévalence (Etude 1) / Nb. Pos. Etude 2 : Nombre de sérologies positives sur 15 lors de l'étude terrain (Etude 2) / Chif. Elev. : Chiffonnettes réalisées en élevage / Sérotype Elev. : sérotypes de salmonelles retrouvés en élevage à partir des chiffonnettes / Chif. Abat. : chiffonnettes réalisées à l'abattoir dans les cases d'attente / Sérotype Abat. : sérotypes de salmonelles retrouvés à l'abattoir à partir des chiffonnettes / Caecum : nombre d'analyses bactériologiques positives à partir de prélèvements de caecums / Sérotype caecum : sérotypes de salmonelles retrouvés à l'abattoir à partir des prélèvements de caecum.

### III. DISCUSSION :

Cette étude a permis une approche de la problématique salmonelles dans les élevages porcins de l'élevage à l'abattoir. En s'appuyant sur les résultats obtenus, les différents points soulevés en introduction vont donc faire l'objet d'une discussion réalisant la critique de l'étude ainsi que l'interprétation des résultats.

#### 1. PREVALENCE EN ELEVAGE :

##### 1.1. *Limites de l'étude :*

Les prises de sang ont été réalisées dans le cadre de la prophylaxie Aujesky, nous pouvons donc supposer que le tirage au sort des porcs prélevés a été réalisé de façon aléatoire.

En prenant un échantillon de 15 animaux pour un lot de porcs charcutiers de taille moyenne égale à 70, il y a 95% de chance d'avoir au moins une réponse positive sur ces 15 prélèvements et donc de déclarer le lot positif, si le pourcentage d'animaux infectés dans ce lot est de 16%. (64) Ces données sont bien sûr valables si nous estimons que la sensibilité et la spécificité du test utilisé sont de 100%.

Si sur un tel échantillon tous les résultats sont négatifs, nous pouvons affirmer (avec un risque d'erreur de 5%) que la proportion d'animaux infectés est inférieure à 16%. On répond donc à l'objectif de qualification du lot à pourcentage d'animaux infectés inférieur à 16%.

Nous pouvons donc estimer le pourcentage d'infection correspondant à chaque résultat sérologique. Pour cela, nous estimerons l'intervalle de confiance à 95% sachant que l'on se réfère à un lot de 70 animaux (population finie). (64) La formule utilisée est la suivante :

Soit  $p$  la proportion déterminée sur un échantillon  $n$  de la population  $N$ . L'écart-type de cette proportion est :

$$\sigma = \sqrt{[(1-n/N)*(pq/n)]}$$

$p$  : proportion (0 à 1)

$q$  : complément à 1 de la proportion

$n$  : nombre d'unités dans l'échantillon

Conditions d'application :  $np > 5$  et  $nq > 5$

**Tableau 23 : Pourcentage d'infection correspondant à chaque résultat sérologique.**

Nombre de sérums positifs sur les 15 testés	Proportion : p en %	Intervalle de confiance à 95% du taux d'infection
0	0	< 16%
1	6,7	]0 ; 18%] #
2	13,4	]0 ; 22%] #
3	20	]0 ; 40%] #
4	26,7	[1-35%] #
5	33,4	[12-54%]
6	40	[18-62%]
7	46,7	[24-69%]
8	53,4	[31-76%]
9	60	[38-82%]
10	66,7	[46-88%] #
15	100	100%#

# : conditions d'application non respectées

Ces calculs ne donnent rien d'interprétables si ce n'est des intervalles très larges montrant que de telles prévalences sont difficilement estimables à partir de cet échantillonnage (15 animaux testés sur un lot de 70).

### 1.2. Comparaison aux résultats danois :

Selon notre étude, 46% des élevages ont au moins un sérum positif sur les 15. Le taux d'élevages infectés est non négligeable, d'autant plus que le seuil de détection est de 16%. Les salmonelles sont donc bien présentes. A titre de comparaison et afin d'avoir un niveau de référence, nous pouvons d'ailleurs comparer ces résultats à ceux des Danois avant la mise en place de leur plan de contrôle.

Cependant, cette comparaison doit être interprétée avec beaucoup de précautions : en effet la nature (sang/jus de viande), le lieu du prélèvement (élevage/abattoir) et le nombre de prélèvements vont conditionner directement les résultats. De façon plus globale, le plan d'échantillonnage est ici très différent entre notre étude et celle du Danemark et il faut donc rester très prudent quant à l'interprétation de cette comparaison.

Les Danois ont estimé le pourcentage d'élevages infectés à 5,4% en 1995. La répartition de ces élevages est présentée dans le tableau suivant.

**Tableau 24 : Répartition des élevages infectés danois selon leur niveau d'infection : (35) (52).**

Elevages	Résultats Danemark (avant la mise en place du plan : 1995)
Niveau 1	94,6%
Niveau 2	3,3%
Niveau 3	2,1%
% d'élevages infectés	5,4%

Les Danois avaient, avant l'initiation de leur plan de contrôle, un taux d'élevages infectés beaucoup plus faible que celui obtenu selon les résultats de notre étude : 5,4% au Danemark contre 46% selon notre étude.

La majorité des élevages danois infectés se situent au niveau 1 (c'est-à-dire la classe acceptable ; <10% d'animaux infectés). D'après les résultats de notre étude présentés dans la partie expérimentale II.1. (cf. figure 5) beaucoup d'élevages sont infectés mais la plupart d'entre eux ont un faible taux d'infection. La répartition des élevages infectés selon leur niveau de contamination semble suivre la même tendance que celle des Danois. Or le pourcentage d'infection, lui, est loin d'être similaire.

La situation actuelle nous montre qu'un important travail de réduction de l'infection salmonellique est à envisager et ce le plus rapidement possible compte tenu du taux d'infection obtenu beaucoup plus élevé que ne l'était celui du Danemark avant la mise en place de son plan de contrôle.

## 2. LES FACTEURS DE RISQUE EN ELEVAGE :

Deux grandes idées ressortent de notre étude.

Les facteurs relatifs à l'alimentation semblent jouer un rôle important en terme de contamination salmonellique : un des deux facteurs significatifs ( $p < 0,05$ ) ainsi que la majorité des facteurs présentant une légère tendance à être associés au niveau d'infection en salmonelles ( $0,05 < p < 0,1$ ) sont en relation avec l'alimentation.

Les facteurs relatifs à l'hygiène et à la protection sanitaire en élevage n'apparaissent pas avoir un quelconque effet sur la présence de salmonelles dans les élevages.

Afin d'interpréter au mieux ces résultats, les limites et les biais de notre étude doivent être connus. Nous critiquerons donc, dans un premier temps la méthodologie. Nous discuterons ensuite de façon successive les facteurs de risque d'introduction de salmonelles en élevage puis ceux jouant un rôle dans la propagation et la circulation de ces bactéries au sein de l'élevage.

### 2.1. Critique de l'analyse :

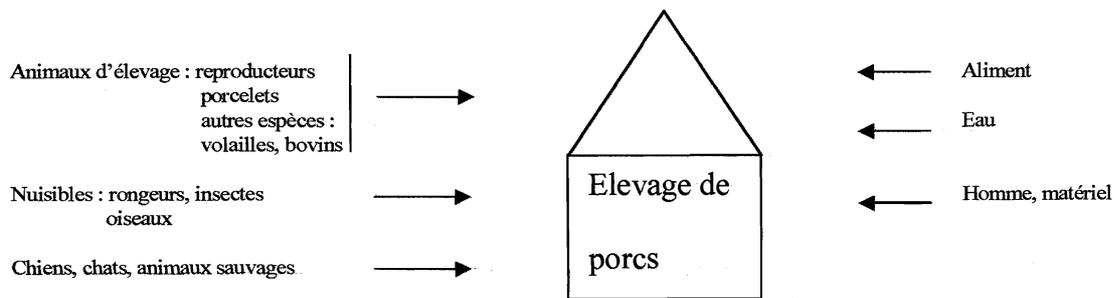
Les biais sont dus à plusieurs facteurs. **Le faible effectif** rend, pour certains facteurs, l'étude statistique non interprétable : en effet les conditions d'utilisation du test Khi-deux sont (I) un grand effectif et (II) un effectif théorique minimum de 5 pour les différentes classes. Or notre étude ne répond pas pour tous les facteurs à ces critères. **La codification simplifiée** peut aussi être une source de biais. Par exemple, nous avons considéré que des antibiotiques étaient administrés uniquement quand ils l'étaient de manière systématique et non pas de façon occasionnelle. Ainsi un très grand nombre d'informations n'ont pas été utilisées ou plutôt simplifiées afin d'obtenir des effectifs compatibles avec une analyse statistique. **L'objectivité des données provenant des éleveurs** peut aussi être à l'origine d'un biais. Nous pouvons citer par exemple la question « fréquence des problèmes digestifs » à laquelle l'éleveur a répondu sans savoir à quoi se référer.

Il est aussi à noter que toute la partie sur le post-sevrage n'a pas été étudiée : en effet la prise en compte de ces informations supplémentaires nous aurait amené à encore plus simplifier notre codification et aurait introduit plus de biais. Nous avons donc préféré nous limiter à l'atelier d'engraissement. Par exemple, si nous nous intéressons au facteur

« distribution de l'aliment » (soupe/sec), que les porcelets reçoivent des granulés et les charcutiers de la soupe, cela nous aurait obligé à privilégier un type d'aliment et ce choix aurait pu induire un biais.

## 2.2. Facteurs d'introduction de salmonelles en élevages :

L'écologie et l'omniprésence des salmonelles rendent leurs voies d'entrée potentielles dans un élevage multiples. Le schéma ci-dessous illustre ces voies d'entrée. (15)



**Figure 8 : Voies d'introduction de salmonelles dans un élevage.**

Les trois grands risques figurant dans cette figure sont ceux relatifs à l'introduction d'un aliment infecté, à l'application des bonnes mesures de protection sanitaire et à l'introduction d'animaux infectés.

Selon notre étude, la quasi-totalité de ces facteurs ne semblent pas affecter le niveau de contamination salmonellique des élevages.

### L'aliment :

L'aliment peut, en effet, être contaminé par les salmonelles et donc les véhiculer en élevage. Les salmonelles dans les aliments pour animaux peuvent avoir différentes origines :

- Une contamination initiale des matières premières ;
- Des traitements industriels décontaminants, en particulier la granulation, pas toujours utilisés dans les conditions optimales ;
- Des sources de recontamination après traitement thermique : absence de séparation entre produits traités lors du stockage et du chargement, conditions d'hygiène au chargement et lors du transport mal maîtrisées (présence d'oiseaux, quai ouvert à l'extérieur...)

Deux catégories de matières premières peuvent être distinguées : celles ne subissant aucun traitement capables de diminuer ou de détruire la flore bactérienne (céréales issues de meunerie, manioc...), ce sont les plus à risque et celles subissant une étape de décontamination dans le processus de fabrication (farines, tourteaux...). Une contamination par des salmonelles retrouvées dans les produits de la dernière catégorie correspond soit à une mauvaise maîtrise du procédé, soit à une recontamination dans ou à l'aval de l'usine fabriquant ces produits. (4)

Or, compte tenu des mesures de contrôle prises dans la plupart des fabriques d'aliment, il semblerait que ce facteur potentiel d'introduction de salmonelles en élevage soit faible. En effet, actuellement, des plans de contrôle sont réalisés dans toutes les fabriques d'aliments afin d'éliminer les salmonelles : des traitements, thermiques comme la granulation,

chimiques comme l'acidification ainsi que l'application de bonnes pratiques industrielles concernant la gestion des équipements, du stockage et du transport sont à l'origine des très faibles niveaux de contamination des aliments en salmonelles. Au Danemark, l'aliment acheté est traité thermiquement afin de contrôler l'occurrence en salmonelles, qui est d'ailleurs faible. En 2000, seulement 0,3% des échantillons de produits finis examinés étaient testés positifs. (53) *Salmonella* Typhimurium, sérovar le plus fréquent dans les élevages de porcs et dans la viande de porc au Danemark, n'a jamais été isolé des aliments pour les animaux. (18) Des résultats similaires ont été obtenus en Suède. (29)

L'aliment en tant que facteur d'introduction de salmonelles est donc un risque minime, le résultat obtenu dans notre étude ne montrant aucun effet de l'usine d'origine des aliments n'est donc pas étonnant.

### **Les mesures de protection sanitaire :**

Les mesures de protection sanitaire (sas d'entrée, lutte contre les insectes, les rongeurs...) font l'objet d'avis divers concernant l'importance de leur rôle dans l'introduction éventuelle de salmonelles en élevage.

Dans une étude menée au Canada par Letellier *et al.* (42), de nombreux prélèvements d'environnement comme les fécès de rongeurs, ceux réalisés sur les portes, les bottes, le sol se sont avérés positifs. Toutefois, nous ne pouvons pas conclure que ces différents prélèvements positifs soient réellement à l'origine de l'infection. De la même manière, aucun ne peut être exclu comme source de contamination. (31) Cependant il n'y a aucun doute qu'ils participent aux éventuelles recontaminations si des mesures appropriées ne sont pas mises en place.

Funk *et al.* (27), dans une étude menée dans 2 compagnies de production porcine, ont en effet démontré que les pratiques d'hygiène et de biosécurité (plus de 2 personnes présentes sur le site de production quotidiennement, autres espèces domestiques sur le site) étaient associées à l'augmentation de la prévalence de salmonelles.

Selon les résultats de notre étude, seule la lutte contre les insectes s'avère significative. Il faut néanmoins relativiser ce résultat. En effet, si les ténébrions sont des insectes reconnus comme vecteurs de salmonelles, il semble évident qu'une action contre les insectes seule, soit insuffisante pour réduire de façon importante le taux d'infection en salmonelles compte tenu de l'importance du facteur alimentaire. Associé à un autre moyen de lutte, il peut y contribuer. Ce résultat est d'autant plus difficile à interpréter car les facteurs « distribution de l'aliment » et « lutte contre les insectes » seraient confondantes, c'est-à-dire dépendantes. Ainsi, même si aucun résultat ne s'avère réellement significatif, aucun, aux vues de données bibliographiques, ne peut être exclu comme point de départ ou de propagation de la contamination.

### **Introduction d'animaux infectés :**

L'introduction d'animaux d'élevage infectés de façon subclinique peut être une voie d'entrée. (18) Le transport des porcs induit un stress et augmente donc l'excrétion des salmonelles : ceci facilite donc l'introduction de *Salmonella enterica* au sein de l'élevage. (62) Or, bien que les Danois imposent pour la diffusion des reproducteurs un statut sérologique inférieur au niveau 3, aucune étude n'a réellement prouvé que les cochettes pouvaient être à l'origine de la contamination ou du maintien du statut salmonelles en élevage. Au contraire, une étude américaine a montré que la prévalence des salmonelles augmente considérablement dans les deux semaines qui suivent leur introduction dans le nouvel élevage et que les sérotypes isolés sont ceux trouvés dans l'élevage receveur et non dans l'élevage fournissant les cochettes. De plus, Corregé *et al.* (16) ont étudié le rôle

épidémiologique du statut des cochettes et concluent : « Il apparaît que ce ne sont sans doute pas les cochettes qui sont à l'origine de la transmission ou du maintien de la contamination d'un élevage par les salmonelles ».

Ce facteur de risque reste donc potentiel mais rien n'a encore été établi de manière certaine. Notre étude n'apporte aucun renseignement complémentaire. Aucune étude statistique n'a été entreprise compte tenu du nombre trop important d'origines des reproducteurs.

Parallèlement à ces voies d'entrée, d'autres facteurs sont susceptibles d'influencer le niveau de contamination ou le maintien de la contamination dans un élevage.

### 2.3. Facteurs de propagation ou de circulation des salmonelles au sein de l'élevage :

Parmi ces facteurs, l'alimentation et plus particulièrement « la distribution de l'aliment » (soupe vs sec) ressort comme principal facteur de risque de notre étude.

Une fois les salmonelles présentes dans l'élevage, de nombreux facteurs sont susceptibles de favoriser ou même d'accentuer la propagation de ces bactéries.

#### **La structure et le pH de l'aliment :**

Le facteur aliment « soupe vs sec » semble être, selon notre analyse, le principal facteur de risque. Ceci est conforme aux données retrouvées dans la bibliographie. Prohaszka *et al.* (58) ont démontré que les hauts niveaux d'acides gras volatils non-dissociés inhibaient la croissance des salmonelles dans le contenu stérile du côlon. Le degré de dissociation des acides gras volatils dépend du pH : à pH faible, la proportion des acides gras non-dissociés dans le côlon est plus importante, et l'effet antibactérien est plus fort que dans un côlon à pH élevé. Ceci expliquerait l'effet protecteur de l'aliment humide. En effet, dans la plupart des systèmes d'alimentation humide, à la différence de l'aliment sec, un processus de fermentation naturelle permet la croissance de bactéries et de levures produisant de l'acide lactique, participant ainsi à diminuer le pH. Cet effet diminuerait la présence de salmonelles qui se développent mieux à des pH de l'ordre de 6-8. (18) (63). L'aliment sec serait donc un facteur de risque par rapport à l'aliment soupe.

La « présentation de l'aliment » (farine vs granulés/miettes) est un facteur qui, aux vues de nos résultats, semble présenter un léger effet sur le risque d'émergence des salmonelles. Là encore les résultats sont difficiles à interpréter compte tenu de sa dépendance vis-à-vis de la « présentation de l'aliment ».

« L'origine de l'aliment » (industrielle vs Fabrication A la Ferme, FAF) est un élément non significatif selon notre étude. Or ceci est contraire à la bibliographie qui préconise la FAF comme élément de protection vis à vis des salmonelles, ce qui est quelque peu surprenant. L'aliment acheté est en effet traité et contrôlé pour les salmonelles alors que l'aliment à la ferme contient des ingrédients non traités thermiquement et donc apparemment plus susceptibles de transmettre *Salmonella enterica*. Il apparaît donc que le risque lié à l'aliment n'est pas sa teneur en salmonelles mais plutôt ses autres caractéristiques. La plupart des aliments achetés sont traités thermiquement (afin de diminuer l'occurrence des salmonelles) alors que les aliments fabriqués à la ferme ne subissent pas de traitement thermique, se

présentent toujours sous forme de farine et sont moins finement broyés. Tous ces éléments : traitement thermique, farine/granulés, finesse de la mouture sont des éléments importants dans les infections salmonelliques. Or, nous ne savons pas encore comment ces différences peuvent expliquer un tel effet biologique. L'aliment acheté serait donc un facteur de risque par rapport à l'aliment fabriqué à la ferme. Une granulométrie importante serait un facteur de protection.

**Le niveau d'infection est donc beaucoup plus lié aux facteurs intrinsèques, c'est-à-dire aux caractéristiques physiques de l'aliment, qu'à la contamination de l'aliment.**

### **L'équilibre de la flore digestive :**

La « santé entérique », c'est-à-dire l'équilibre de la flore digestive, est un élément pouvant interférer avec l'occurrence des salmonelles. Les problèmes digestifs causés par d'autres agents pathogènes modifient l'équilibre écologique de la flore intestinale et peut donc prédisposer à des salmonelloses subcliniques.

L'utilisation d'antibiotiques n'élimine pas *Salmonella enterica* et peut même augmenter le risque d'infection. (62)

Or tous ces éléments ne sont que des hypothèses n'ayant jamais fait l'objet d'affirmation certaine. Notre étude ne permet en effet d'appuyer aucune de ces hypothèses : la fréquence des problèmes digestifs, l'utilisation d'antibiotiques, de probiotiques ou d'acidifiants ne semblent pas interférer, selon notre étude, avec une infection à salmonelles. Or Van Der Wolf *et al.*(67) ont démontré l'effet bénéfique de l'acidification de l'eau de boisson dans le cadre d'une diminution de l'infection salmonellique sur des porcs en engraissement. En effet l'acidification de l'eau de boisson est l'une des principales mesures préconisées dans un plan de lutte salmonelles, comme celui du Danemark.

### **Hygiène en élevage :**

La conduite continue sans nettoyage-désinfection facilite le transfert de *Salmonella enterica* entre deux lots consécutifs. (18) Des données expérimentales indiquent que l'infection résiduelle de l'environnement ou les autres porcs sont les sources d'infection les plus fréquentes en élevage. (19) Ceci souligne donc l'importance d'un environnement « propre » et donc de procédures de nettoyage et désinfection efficaces.

Notre étude ne révèle aucun de ces éléments comme facteur de risque.

### **Conduite des animaux :**

Les mouvements et déplacements des porcs auraient pu prédisposer à la dissémination des salmonelles or il n'en est rien selon nos résultats. Cependant, à chaque transfert, les animaux sont confrontés à un nouvel environnement et donc à une éventuelle infection résiduelle. De plus, le déplacement et le mélange d'animaux induisent un stress et rendent les porcs plus susceptibles à une infection. (18) Ce facteur n'est qu'une hypothèse car il n'a fait l'objet d'aucune investigation expérimentale.

La surdensité n'a pas été identifiée comme facteur de risque. Cependant, dans de telles conditions, les mesures d'hygiène sont plus difficiles à appliquer et la plus grande promiscuité favorise aussi la transmission de porc à porc. (18) Nous pouvons noter qu'une étude a cependant mis en évidence l'association entre l'augmentation de la densité et celle de la prévalence de salmonelles en élevage. (27) Nous aurions donc pu nous attendre à un résultat significatif en ce qui concerne ces paramètres.

L'aliment, non pas par les salmonelles qu'il peut contenir, mais plutôt par ses propriétés intrinsèques (structure et pH), semble être le principal facteur de risque. Les bonnes pratiques d'hygiène et de protection sanitaire (hygiène des manipulations et des locaux, respect des normes d'élevage, conduite en bandes...) sont théoriquement connues comme facteurs de protection contre les salmonelles. Dans notre étude, ces facteurs de biosécurité ne sont pas significativement associés à la séroprévalence *Salmonella*. Ceci est en accord avec une autre étude. (31) Il apparaît cependant qu'elles joueraient un rôle non négligeable dans la propagation au sein de l'élevage. Ces méthodes de nettoyage-désinfection ainsi que les mesures de protection sanitaire sont en effet préconisées dans le plan de lutte des élevages infectés.

### 3. DIAGNOSTIC EN ELEVAGE :

L'objectif de cette discussion concernant le diagnostic en élevage est de participer à la définition des moyens permettant d'établir le statut d'un atelier d'engraissement vis-à-vis de la contamination par *Salmonella*. A quelle unité devons-nous nous référer, quel test (sérologie ou bactériologie) est-il le plus judicieux d'utiliser et dans quel but ?

#### 3.1. Effet bande :

En comparant la première et la deuxième séries de résultats sérologiques en élevage (la première série a été réalisée dans le cadre de l'étude prévalence, la seconde dans le cadre de l'étude terrain) nous constatons que parmi le groupe des 5 élevages positifs, seul un élevage est resté positif, quatre élevages ont changé de statut et, parmi le groupe des 5 élevages négatifs, aucun n'a changé de statut. L'excrétion est donc variable d'un lot à l'autre au sein d'un élevage. La caractérisation d'un élevage engraisseur correspond plus, dans ce cas, à la définition d'un statut bande. Une autre observation vient renforcer cette idée : l'unique élevage ayant les deux séries de sérologie positive présente pour chacune d'elle des prévalences différentes : 6/15 sérums positifs et 12/15 sérums positifs respectivement. Le suivi de ces deux lots de porcs charcutiers dans le même élevage montre une hétérogénéité de prévalence d'une bande à l'autre. La définition du statut de l'élevage ne pourra donc pas être établi sur des prélèvements ponctuels mais sur un suivi régulier compte tenu de cet effet bande. Des résultats similaires venant conforter nos résultats, ont été obtenus dans une étude menée par Fravalo *et al.*(25). Ils ont montré « qu'une étude épidémiologique visant à déterminer les conditions d'apparition ou de maintien de *Salmonella* dans un atelier d'engraissement devra prendre comme unité la bande plus que l'élevage ». Gibson *et al.* (28), dans leur étude, aboutissent à la même conclusion.

#### 3.2. Relation entre les analyses bactériologiques et sérologiques :

Dans l'étude terrain, dix lots ont été analysés par sérologie et bactériologie. 15 prélèvements sanguins et 2 prélèvements de fécès (chiffonnettes) correspondant à 4 cases ont été réalisés pour chaque lot.

La correspondance entre les résultats sérologiques et bactériologiques par individu n'est pas possible à analyser car les prélèvements de fécès ne sont pas individuels mais représentatifs du lot (une chiffonnette pour deux cases). Par contre la correspondance entre

ces deux analyses (bactériologie et sérologie) a été réalisée par lot de porcs en engraissement. Ces résultats sont présentés dans le tableau suivant. (Tableau 25)

**Tableau 25 : Correspondance entre les résultats sérologiques et bactériologiques par lot de porcs en fin d'engraissement.**

		Bactériologie	
		Négative	Positive
Sérologie	Négative	8	1
	Positive	1	0

Ces résultats montrent qu'il y a concordance des résultats dans 80% des cas, or aucune analyse ne montre une correspondance entre une bactériologie et une sérologie positives. Nous pouvons donc nous interroger quant à la correspondance entre ces deux types d'analyses. Pourquoi certains élevages bactériologiquement positifs sont sérologiquement négatifs et inversement ?

L'étude de Proux *et al.* (59) menée sur 70 lots a montré une bonne correspondance entre la bactériologie et la sérologie pour les élevages de classes extrêmes (élevages à faible et fort niveau de contamination) alors que les résultats apparaissent plus mitigés pour les élevages de classe intermédiaire. Cependant, cette relation entre les deux types d'analyses existe car le coefficient de corrélation entre la densité optique moyenne (mesurée lors de l'analyse sérologique) des 20 sérums testés pour chaque lot et le pourcentage de chiffonnettes positives est élevé. (59) Ceci vient confirmer de nombreuses études montrant une bonne corrélation entre la bactériologie et la sérologie. (33) (61) (60)

Même si différentes publications montrent une relation entre les résultats sérologique et bactériologique, toutes mettent en avant une certaine discordance entre ces deux types d'analyses surtout pour les élevages ayant un niveau de contamination intermédiaire.

Dans notre étude, des discordances entre ces deux méthodes d'analyse apparaissent. En effet un élevage sur 10 est positif en bactériologie et séronégatif alors qu'un élevage sur 10 présente la situation inverse. Plusieurs hypothèses sont envisageables pour expliquer ces résultats.

**Les caractéristiques propres de ces deux méthodes d'analyse** (bactériologie et sérologie), c'est-à-dire leur spécificité, leur sensibilité et leur détectabilité peuvent être à l'origine de ces résultats non concordants. Par exemple dans l'élevage A, pourtant séronégatif, a été retrouvée *Salmonella* Tennessee. Le test utilisé prétend détecter les antigènes 1, 4, 5, 6, 7 et 12 ; *Salmonella* Tennessee possède les antigènes 6 et 7. Si séroconversion il y a eu, la sérologie aurait dû s'avérer positive. La DO correspondant au seuil de positivité du test sérologique joue aussi un rôle important. Dans cette étude, elle a été fixée à 40%. Si le seuil avait été choisi plus faible, les élevages séropositifs auraient probablement été plus nombreux. Les limites du test sérologique doivent donc être envisagées même s'il ne s'agit pas de la seule hypothèse à formuler.

Un résultat bactériologique semble beaucoup plus aléatoire qu'un résultat sérologique dans le sens où il va dépendre de la **technique de prélèvement** (prélèvement individuel, pool de fécès ou chiffonnage, quantité de fécès prélevées, surface chiffonnée...) et du **moment du**

**prélèvement.** Ces différences dans le protocole choisi peuvent largement influencer les résultats obtenus.

**Les caractéristiques liées à la dynamique de l'infection** peuvent aussi et surtout influencer les résultats. Des animaux peuvent être excréteurs de salmonelles et séronégatifs (cas de l'élevage A) soit, parce que l'infection est trop récente pour que la séroconversion ait eu lieu (séroconversion entre 15 et 36 jours) soit que le portage digestif ne s'accompagne pas forcément d'une séroconversion. De même, des animaux peuvent être séropositifs et bactériologiquement négatifs (cas de l'élevage B) : soit les animaux sont non excréteurs au moment du prélèvement (excrétions intermittentes) et peuvent le devenir sous l'effet d'un stress ou de toute cause de diminution de l'immunité, soit ils sont non porteurs de salmonelles (contact antérieur avec une persistance longue des anticorps). (16) La figure 1 présentée dans la partie bibliographique I.2.2. illustre ces possibles discordances entre sérologie et bactériologie liées à la dynamique de l'infection.

**La bactériologie sur fécès** permet théoriquement de caractériser le statut excréteur d'un animal ou d'un groupe d'animaux. Cependant, lors de portage sain, comme cela peut être le cas dans l'élevage B, l'excrétion de salmonelles est intermittente et faible. Le résultat d'une analyse ne renseigne pas forcément sur le statut réel de l'animal. C'est pourquoi, pour pallier à cette difficulté, nous avons préféré les chiffonnettes aux prélèvements individuels : celles-ci sont en effet plus représentatives du lot mais le risque d'obtenir des faux négatifs n'est pas pour autant à négliger.

**En ce qui concerne la sérologie,** l'interprétation d'un résultat est délicate. Un animal ou un lot séropositif n'est plus forcément porteur de salmonelles et donc par voie de conséquence excréteur. En effet, les anticorps semblent persister assez longtemps après infection. Seules des sérologies régulièrement répétées peuvent renseigner sur la dynamique d'un lot mais en aucun cas ne renseigne sur le statut porteur ou excréteur des animaux à leur départ à l'abattoir. (15)

En fait des discordances entre bactériologie et sérologie sont possibles car elles ne renseignent pas sur les mêmes points. Les bactériologies sur chiffonnettes sont plus utiles pour évaluer la dissémination des salmonelles à un moment donné, pour un lot donné et signent une infection récente ou une ré-excrétion suite à un stress, à un changement d'environnement... alors que les sérologies s'appuient sur des résultats individuels et prouvent que ces porcs ont été en contact avec les salmonelles.

Il paraît donc difficile de choisir, entre ces deux méthodes d'analyses, laquelle serait la plus adaptée dans le cadre d'un plan de lutte salmonelles. Cependant, un suivi sérologique semble être une solution alternative : les avantages potentiels de la sérologie sont un moindre coût, des résultats obtenus plus rapidement, la possibilité de standardiser la méthode, la facilité d'accès et de prise des échantillons, et une meilleure sensibilité que la méthode bactériologique dans le sens où elle permet l'identification de porcs infectés antérieurement mais qui ne sont plus excréteurs de salmonelles. Les inconvénients de cette méthode sont, d'une part, que nous ne pouvons pas être sûrs que l'infection est encore présente au moment du prélèvement, que cette méthode ne met pas en évidence une infection récente, qu'elle ne détecte que les sérovars appartenant aux groupes B, C1 et D1 (65) (39) et que le séovar ne peut pas être précisé.

Or les résultats des prélèvements réalisés en élevage sont-ils à même de prévoir le risque d'excrétion à l'abattoir ?

#### 4. EXCRETION DE L'ELEVAGE A L'ABATTOIR :

Selon les résultats obtenus dans les élevages, seulement deux lots seraient susceptibles d'excréter des salmonelles à l'abattoir (Elevages A et B). Or 9 des 10 cases d'attente où ont été parqués nos lots sont contaminées avec des sérovars très différents non identifiés en élevage. Les caecums de quatre élevages sont positifs et contiennent les mêmes sérovars que ceux retrouvés dans les cases d'attente.

**Ainsi les statuts des élevages sont modifiés entre l'élevage et l'abattoir et tendent vers des prévalences à fortes valeurs.** En effet, des résultats de prévalence en élevages peuvent être distinctement différents de ceux obtenus en abattoir sur les mêmes porcs. Une étude menée par Craven & Hurst (17) a montré une grande différence entre les niveaux d'infection en salmonelles en élevage (8%) et à l'abattoir (70%) sur les mêmes animaux. (17) Une étude réalisée par Fravalo *et al.* (25) sur l'évolution du statut salmonelles entre l'élevage et l'abattoir a confirmé que l'étape transport-attente à l'abattoir correspond à une intensification des risques, le pourcentage des porcs excréteurs augmente pendant cette étape. Il a donc été conclu que la prévalence bactériologique estimée à l'abattoir n'est pas indicative de la réelle prévalence du troupeau (65) et que les salmonelles peuvent être disséminées très rapidement en une journée. (17) Les résultats de notre étude sont conformes à ces données sur l'évolution du statut salmonelles entre l'élevage et l'abattoir.

Quelles sont les causes de l'augmentation de cette excrétion ?

Les porcs infectés à la ferme sont considérés comme la principale source d'infection à l'abattoir. **Le stress du transport active les porteurs latents** qui contaminent ainsi l'environnement des camions et de l'abattoir. (70) En effet une infection initiale des amygdales par les salmonelles peut ensemercer le côlon et le rectum en deux heures, ce qui est inférieur au temps de transport et d'attente à l'abattoir des porcs. (51)

Le stress subi par les animaux suite aux mélanges, à la diète hydrique et au transport joue certainement un rôle dans l'augmentation du pourcentage d'excréteurs. L'apparition de nouvelles salmonelles dans les cases d'attente à l'abattoir des lots étudiés, par rapport à celles rencontrées en élevage sur ces mêmes lots, prouve l'existence de **contaminations croisées entre animaux de statuts différents.** (50) (dans notre étude, quatre lots sur 10 ont été mélangés à d'autres lots) Une étude menée par Hurd *et al.* (32) a évalué à 2-3 heures, le temps nécessaire pour que les porcs s'infectent à partir d'un environnement contaminé par *Salmonella* Typhimurium. Les porcs ayant attendu au minimum deux heures et demi ont eu le temps, pour la plupart de se contaminer au contact des porcs infectés.

La contamination peut donc être exponentielle : un porc va contaminer dix porcs et chacun d'entre eux en contaminera dix autres...L'étape transport-attente à l'abattoir correspond à une véritable **AMPLIFICATION** de la contamination. Le haut niveau de contamination des porcs à l'abattoir est probablement le résultat des contaminations croisées dans les cases d'attente surpeuplées. (70) Il faut aussi préciser que l'abattoir réunit toutes les conditions optimales pour le développement des salmonelles à savoir l'humidité et la chaleur. Une séparation entre les lots sains et les lots contaminés pourraient être une première étape dans un plan de réduction des contaminations à l'abattoir.

Les études de Morgan *et al.* (50) et de Craven & Hurst (17) ont montré l'importance des phases de transport et d'attente des animaux dans l'augmentation de la prévalence de

salmonelles entre l'élevage et l'abattoir : la mise à jeûn, le mélange d'animaux de différents élevages, le transport, l'attente à l'abattoir...créent des conditions de stress. Il a aussi été montré que des cases d'attente de taille plus importante et des conditions d'hygiène des camions et des locaux insuffisantes favorisaient la transmission de salmonelles entre les porcs. Ces études ont donc montré que les principaux facteurs de risque sont donc le stress subi par les porcs augmentant ainsi l'excrétion ou favorisant une ré-excrétion ainsi que le mélange de porcs de sources différentes. (17) (50)

La prévalence des salmonelles en élevage est un mauvais prédicteur de celle obtenue à l'abattoir. Le transport et l'attente à l'abattoir sont les sources immédiates de contamination : la source initiale est le portage par les animaux puis la transmission se réalise directement de porc à porc ou par le biais d'un environnement contaminé (salmonelles résiduelles). Ces observations viennent renforcer différentes études menées à ce sujet. (51)

# *Conclusion*

Cette étude contribue à mettre en avant la situation des élevages porcins vis-à-vis de l'infection à *Salmonella enterica*. De nombreux efforts restent à fournir afin d'améliorer le statut sanitaire des animaux relatif aux salmonelles. En élevage, le facteur aliment est probablement la piste la plus importante. En abattoir, l'étape transport-attente constitue la principale étape à risque (amplification de l'excrétion et augmentation de la contamination) à étudier avant de pouvoir la maîtriser.

Cette étude n'est donc qu'une première approche de la problématique *Salmonella*. Aux vues des résultats obtenus, de nombreuses pistes de recherche peuvent être envisagées.

Tout d'abord, il serait intéressant de sélectionner des élevages positifs, stratifiés sur le mode d'alimentation, de faire varier certains paramètres alimentaires (utiliser un aliment mou à la place d'un aliment sec, par exemple) et de suivre l'évolution du statut de l'élevage vis-à-vis de *Salmonella enterica*. En ce qui concerne l'étape transport-attente à l'abattoir, un camion expérimental conçu pour étudier le bien-être (partenariat entre l'ITP et Coopagri-Bretagne) pourrait servir à comparer l'excrétion de salmonelles par les porcs entre un transport « classique » et un transport dans un tel camion où les conditions de bien-être sont respectées. Enfin, à l'abattoir des prélèvements de nœuds lymphatiques mésentériques ainsi que des sérologies sur jus de viande permettraient de mieux discerner les porcs contaminés dès l'élevage de ceux qui le sont lors de l'étape transport-attente à l'abattoir.

Tant que des élevages fournissent des lots de porcs fortement excréteurs, le transport et l'attente à l'abattoir amplifient le problème : augmentation de la prévalence et multiplication des sérovars. Il serait certes intéressant de prendre des mesures de réduction de la contamination en élevages, mais les efforts seraient vains si l'étape transport-attente n'est pas prise en compte (respect du bien-être des animaux, nettoyage-désinfection, séparation des lots infectés et sains...). Une maîtrise du risque ne sera possible que par la complémentarité d'actions au sein de la filière.

**AGREMENT ADMINISTRATIF**

Je soussigné, M. BONNES , Directeur par intérim de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, certifie que  
**Mlle LEMISTRE Anouck**  
a été admis(e) sur concours en : 1997  
a obtenu son certificat de fin de scolarité le : 23 mai 2002  
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

**AGREMENT SCIENTIFIQUE**

Je soussigné, , Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,  
autorise la soutenance de la thèse de :

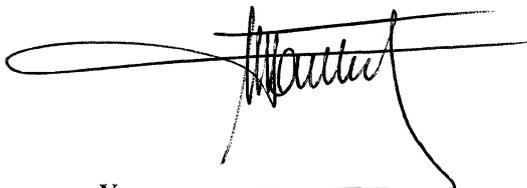
**Mlle LEMISTRE Anouck**

intitulée :

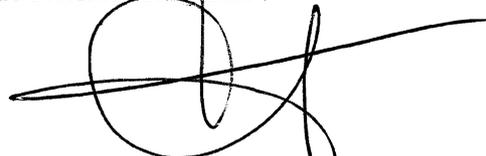
*"Les salmonelles dans les élevages porcins d'un groupement de producteurs bretons : prévalence, facteurs de risques et suivi de l'excrétion de l'élevage à l'abattoir"*

**Le Professeur  
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse**

**Professeur Guy-Pierre MARTINEAU**



**Vu :  
Le Président de la thèse :**



**Professeur Henri DABERNAT**

**Vu :  
Le Directeur par intérim  
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse**



**Professeur M. BONNES**

**Vu le : 26 avril 2002  
Le Président  
de l'Université Paul Sabatier**

**Professeur Raymond BASTIDE**





# *BIBLIOGRAPHIE*

- (1) BAGER, F., BAGGESEN, D.L., NIELSEN, B. Control of Salmonella in the Danish National pig herd. *Proceeding of the 8<sup>th</sup> International Congress of Animal Hygiene*, St Paul, USA, 1994, 109-112.
- (2) BAGGESEN, D.L., DAHL, J., WINGSTRAND, B. *et al.* Detection of *Salmonella enterica* in different materials from the environment of pig herds. *Proceedings of the Second International Symposium on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork*, Copenhagen, Denmark, 1997, 173-175.
- (3) BAGGESEN, D.L., WEGENER, H.C., BAGER, F. *et al.* Herd prevalence of *Salmonella enterica* infections in Danish slaughter pigs determined by microbiological testing. *Preventive Veterinary Medicine*, 1996, **26**, 201-213.
- (4) BEROFF, H., HUMBERT, F. Les salmonelles et l'aliment du bétail, moyens de lutte. Synthèse bibliographique. *CNEVA-Ploufragan*, 1999, Bulletin Spécial Tecaliman N°35.
- (5) BLAHA, T., SOLANO-AGUILAR, G., PIJOAN, C. The early colonization pattern of *Salmonella* Typhimurium in pigs after oral intake. *Second International Symposium on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork*, Copenhagen, Denmark, 1997, 71-73.
- (6) BOIVENT, B., Lisier de porc sur pâture et salmonelles. Th. : Med.vet. : Nantes : 1995. 126 p.
- (7) BOTTELDOORN, N., HEYNDRICKX, M., RIJSENS, N., *et al.* The prevalence of Salmonella, Campylobacter and VTEC in pig farm. *Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Symposium of the Epidemiology and Control of Salmonella and other food borne pathogens in Pork*, Leipzig, Germany, 2001, 202-204.
- (8) BOUVET, P.J.M. : Le genre Salmonella : taxonomie, nomenclature, sérotypage, prévention, CNRSS, 27/03/97.
- (9) BOUVET, P.J.M., FAYOLLE, C., GUIBERT, G. *et al.* La surveillance des salmonelloses en France : données récentes du centre de référence. *Salmonella and Salmonellosis*, Ploufragan, France, 1997, 559-564.
- (10) CHATENET, D.D., Contribution à l'étude de la contamination par les salmonelles aux différents stades de la filière porcine. Th. : Med.vet. : Toulouse : 1992-TOU 3, 75 p.
- (11) CHRISTENSEN, J., BAGGENSEN, D.L., NIELSEN, A.C. *et al.* Prevalence of *Salmonella enterica* in pigs before the start of the Danish *Salmonella* Control Programme (1993/94) and four years later (1998). *Proceedings of the 3rd International Symposium on the Epidemiology and Control of Salmonella in Pork*, Washington, USA, 1999, 333-339.
- (12) CHRISTENSEN, J., RUDEMO, M. Multiple change-points analysis applied to the monitoring of *Salmonella* prevalence in Danish pigs and pork. *Preventive Veterinary Medicine*, 1998, **36**, 131-143.
- (13) COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES. Proposition de directive du Parlement européen et au Conseil sur la surveillance des zoonoses et des agents

zoonotiques, modifiant la décision 90/424/CEE du Conseil et abrogeant la directive 92/117/CEE du Conseil. Bruxelles, le 01.08.2001, 78 p.

- (14) COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES. Reports on Trends and sources of zoonotic agents in the European Union and Norway, Summary. Based on individual reports submitted by the Member States pursuant to article 5 of Council directive 92/117/EEC, 1999, 10 p.
- (15) CORREGE, I. La problématique salmonelles en filière porcine. *Techni-Porc*, 2001, **24**, 25-31.
- (16) CORREGE, I., PROUX, K., FRAVALO, P. *et al.* Les salmonelles en élevage porcin : caractérisation et rôle épidémiologique du statut des cochettes. *Journées de la Recherche Porcine*, Paris, France, 2002, **34**, 309-315.
- (17) CRAVEN, J.A., HURST, D.B. The effect of time in lairage on the frequency of *Salmonella* infection in slaughtered pigs. *The Journal of Hygiene*, 1982, **88**, 107-111.
- (18) DAHL, J., WINGSTRAND, A. Reduction of subclinical *Salmonella* infection in Danish pig herds. *Salmonella and Salmonellosis*, Ploufragan, France, 1997, 631-635.
- (19) DAHL, J., WINGSTRAND, A., BAGGESEN, D. *et al.* Spread of *Salmonella* infection in pens and between pens. *Proceedings 14<sup>th</sup> International Pig Veterinary Society Congress*, Bologne, Italie, 1996, p 181.
- (20) DAVIES, R.H., DALZIEL, R., WILESMITH, J.W. *et al.* National survey for *Salmonella* in pigs at slaughter in Great Britain. *Proceedings of the 4th International Symposium of the Epidemiology and Control of Salmonella and other food borne pathogens in Pork*, Leipzig, Germany, 2001, 202-204.
- (21) DESENCLOS, J.C., HAEGHEBAERT, S., DELAROQUE, E. *et al.* Epidémiologie des épidémies communautaires à *Salmonella* en France, 1993-1996. *Salmonella and Salmonellosis*, Ploufragan, France, 1997, 555-558.
- (22) DE VRIES, S. *Salmonella* Enteritidis control in the Netherlands. *Salmonella and Salmonellosis*, Ploufragan, France, 1997, 657-659.
- (23) EKPERIGIN, H.E., NAGARAJA, K.V. *Salmonella*. *Veterinary Clinics of North-America : Food Animal Practice*, 1998, **14**, 17-29.
- (24) EUZEBY, J.P. Nomenclature des salmonelles. *Dictionnaire de bactériologie vétérinaire*, <http://www.bacdicto.net>, 2000, 12 p.
- (25) FRAVALO, P., ROSE, V., EVENO, E. *et al.* Définition bactériologique du statut de porcs charcutiers vis-à-vis d'une contamination par *Salmonella*. *Journées de la Recherche Porcine*, Paris, France, 1999, **31**, 383-389.
- (26) FREDRIKSEN, B., HOPP, P., SANDBERG, M. The *Salmonella* surveillance and control programme in Norway. *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Symposium on the Epidemiology and Control of Salmonella in Pork*, Washington, USA, 1999, 350-352.

- (27) FUNK, J.A., DAVIES, P.R., GEBREYES, W. Risk factors associated with *Salmonella enterica* prevalence in three-site swine production systems in North Carolina, U.S.A. *Proceedings of the 4th International Symposium on the Epidemiology and Control of Salmonella and other food born pathogens in Pork*, Leipzig, Allemagne, 2001, 75-77.
- (28) GIBSON, K., RITTER, L., BLAHA, T. *et al.* Monitoring the dynamics of *Salmonella* prevalence in commercial swine herds. *Proceedings of the 4th International Symposium on the Epidemiology and Control of Salmonella and other food born pathogens in Pork*, Leipzig, Allemagne, 2001, 274-280.
- (29) HÄGGBLUM, P. Control of *Salmonella* in pig feed. *Proceedings of the Second International Symposium on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork*, Copenhagen, Denmark, 1997, 274-277
- (30) HALD, T., WEGENER, H.C. Quantitative assessment of the sources of human salmonellosis attributable to pork. *Proceedings of the 3rd International Symposium on the Epidemiology and Control of Salmonella in Pork*, Washington, USA, 1999, 200-205.
- (31) HAMILTON, D., BOBBIT, J., DAHL, J. *et al.* Risk factors for within herd *Salmonella* infection of pigs in Australia. *The 16<sup>th</sup> Internatoinal Pig Veterinary Society Congress*, Melbourne, Australia, 2000, p 204.
- (32) HURD, H.S., McKEAN, J.D., GAILEY, J.K. *et al.* Acute gastrointestinal infection in market weight pigs occurs rapidly exposure to environmental *Salmonella*. *Proceedings of American Association of Swine Veterinarians*, Nashville, USA, 2001, p 553.
- (33) HUMBERT, F., PROUX, K., BOHNERT, M. *et al.* Looking for a reliable method to follow the *Salmonella* status of finishing pigs. *Proceedings of the Second International Symposium on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork*. Copenhagen, Denmark, 1997, 129-131.
- (34) INSTITUT TECHNIQUE DU PORC : Problématique des salmonelles. 1998. Paris, Institut Technique du Porc, 1998, s.p. .
- (35) INSTITUT TECHNIQUE DU PORC : La chasse aux salmonelles est ouverte... et pas seulement au Danemark. *Patho-gènes*, Novembre 1997, N°28, 1-3.
- (36) INSTITUT TECHNIQUE DU PORC : Projets de contrôle obligatoire de tous les élevages de porcs allemands sur les salmonelles. *Patho-gènes*, Novembre 2000, N°38, p 1.
- (37) INSTITUT TECHNIQUE DU PORC : L'organisation de l'atelier. *Le mémento de l'éleveur*. Edition 2000. Paris : Institut Technique du Porc, 2000, 25-40.
- (38) KAESBOHRER, A. Control strategies for *Salmonella* in the pig to pork chain in the European Union. *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Symposium on the Epidemiology and Control of Salmonella in Pork*, Washington, USA, 1999, 358-361.
- (39) KAESBOHRER, A., GUEUE, L., STAAK, CH. *et al.* Prevalence of *Salmonellae* in German slaughter pigs as detected by cultural, serological and PCR techniques. *Salmonella and Salmonellosis*, Ploufragan, France, 1997, 315-320.

- (40) KÖFER, J., PLESS, P., FUCHS, K. Serological Salmonella surveillance in Styrian swine herds. *International Symposium of the Epidemiology and Control of Salmonella and other food borne pathogens in Pork*, Leipzig, Germany, 2001, 202-204.
- (41) LAVAL, A., MORVAN, H., DESPREZ, G., CORBION, B. Salmonellosis in swine. *Salmonella and Salmonellosis*, Ploufragan, France, 1992, 164-175.
- (42) LETELLIER, A., MESSIER, S., PARE, J. *et al.* Distribution of Salmonella in swine herds in Québec. *Veterinary Microbiology*, 1999, **67**, 299-306.
- (43) LETELLIER, A., MESSIER, S., QUESSY, S. Prevalence of *Salmonella* spp. and *Yersinia enterocolitica* in Finishing Swine at Canadian Abattoirs. *Journal of Food Protection*, 1999, **62**, 22-25.
- (44) MAILLOT, E. *et al.* Salmonelloses humaines et Salmonelloses bovines. *G.T.V.*, 1997,**2-B**, **542**, 5-16.
- (45) MARTEL, J.L. Bactériologie et épidémiologie des salmonelloses bovines en France. *G.T.V.*, 1997, **2-B**,**542**, 17-23.
- (46) MARTINEAU, G.P. La salmonellose à *Salmonella Choleraesuis*. *Maladies d'élevages des porcs*, éd. France Agricole, 1997, 36-39.
- (47) MARTINEAU, G.P. La salmonellose à *Salmonella Typhimurium*. *Maladies d'élevages des porcs*, éd. France Agricole, 1997, 40-43.
- (48) MENARD, J. Strategic Control of *Salmonella*. Pfizer Symposium, 16 Novembre 2001, s.p. .
- (49) MILLEMAN, Y. Les marqueurs épidémiologiques des salmonelles. *Veterinary Research*, 1998, **29**,3-19.
- (50) MORGAN, I.R., KRAUTIL, F.L., CRAVEN, J.A. Effect of time in lairage on caecal and carcass *Salmonella* contamination of slaughter pigs. *Epidemiology and Infection*, 1987, **98**, 323-330.
- (51) MORROW, W.E.M., DAVIES, P.R., SEE, T. *et al.* The prevalence of *Salmonella* spp. in feces on the farm and in ceca at slaughter. *The 16<sup>th</sup> International Pig Veterinary Society Congress*, Melbourne, Australia., 2000, p 207.
- (52) MOUSING, J., THODE JENSEN, P., HALGAARD, C. *et al.* Nation-wide *Salmonella enterica* surveillance and control in Danish slaughter swine herds. *Preventive Veterinary Medicine*, 1997, **29**, 247-261.
- (53) NIELSEN, B., ALBAN, L., STEGE, H. *et al.* A new *Salmonella* surveillance and control programme in Danish pig herds and slaughterhouses. *Proceedings of the 4th International Symposium of the Epidemiology and Control of Salmonella and other food borne pathogens in Pork*, Leipzig, Germany, 2001, 14-24.
- (54) NIELSEN, B., BAGGESEN, D., BAGER, F. *et al.* The serological response to *Salmonella* serovars Typhimurium and Infantis in experimentally infected pigs. The

- time course followed with an indirect anti-LPS ELISA and bacteriological examinations. *Veterinary Microbiology*, 1995, **47**, 205-218.
- (55) NIELSEN, B., SORENSEN, L., EMBORG, H.D. The Danish *Salmonella* Surveillance Programme for Pork. *Salmonella and Salmonellosis*, Ploufragan, France, 1997, 619-625.
- (56) OOSTEROM, J., NOTERMANS, S. The concept of *Salmonella* transmission cycles : a historical perspective. *Salmonella and Salmonellosis*, Ploufragan, France, 1992, 245-257.
- (57) POLTEN, B., CONRATHS, F.J., PROTZ, D., BLAHA, T. German guidelines for the reduction of *Salmonella* prevalence in fattening pigs. *Proceedings of the 3rd International Symposium on the Epidemiology and Control of Salmonella in Pork*, Washington, USA, 1999, 370-372.
- (58) PROHASZKA, B.M., JAYARAO, B.M., FABIAN, A. *et al.* The role of intestinal volatile fatty acids in the *Salmonella* shedding of pigs. *Journal of Veterinary Medicine*, 1990, **B37**, 570-574.
- (59) PROUX, K., HOUDAYER, C., FRAVALO, P. *et al.* Mise au point d'une technique ELISA visant la recherche des anti-corps anti-salmonelles sur le porc charcutier. *Journées de la Recherche Porcine*, Paris, France, 2000, **32**, 45-50.
- (60) RAJIC, A., KEENLISIDE, J., McFALL, M. *et al.* *Salmonella* spp. Infections in finishing swine in Alberta. *Proceedings of the 4th International Symposium on the Epidemiology and Control of Salmonella and other food born pathogens in Pork*, Leipzig, Allemagne, 2001, 186-188.
- (61) STEGE, H., CARSTENSEN, B., CHRISTENSEN, J. *et al.* Subclinical *Salmonella* infection in Danish finishing pig herds : association between serological and bacteriological testing. *Proceedings of the Second International Symposium on Epidemiology and Control of Salmonella in Pork*, Copenhagen, Denmark, 1997, 114-118.
- (62) STEGE, H., CHRISTENSEN, J.P., NIELSEN, J.P. *et al.* Data-quality issues and alternative variable-screening methods in a questionnaire-based study on subclinical *Salmonella enterica* infection in Danish pig herds. *Preventive Veterinary Medicine*, 2001, **48**, 35-54.
- (63) STEGE, H., DAHL, J. CHRISTENSEN, J. *et al.* Subclinical *Salmonella* infection in Danish finishing pig herds : risk factors. *Proceedings of the Second International Symposium and Control of Salmonella in Pork*, Copenhagen, Denmark, 1997, 148-152.
- (64) TOMA, B., DUFOUR, B., SANAA, M. *et al.* Les enquêtes en épidémiologie descriptive. *Epidémiologie appliquée à la lutte collective contre les maladies animales transmissibles majeures*, 2<sup>ème</sup> édition, 2001, éd. AEEMA, 103-194.
- (65) VAN DER WOLF, P.J., BONGERS, J.H., ELBERS, A.R.W. *et al.* *Salmonella* infections in finishing pigs in the Netherlands : bacteriological herd prevalence, serogroup and antibiotic resistance of isolates and risks factors for infection. *Veterinary Microbiology*, 1999, **67**, 263-275.

- (66) VAN DER WOLF, P.J., ELBERS, A.R.W., VAN DER HEIJDEN, H.M.J.F. *et al.* *Salmonella* seroprevalence at the population and herd level in pigs in The Netherlands. *Veterinary Microbiology*, 2001, **80**, 171-84.
- (67) VAN DER WOLF, P.J., VAN SCHIE, F.W., ELBERS, A.R.W. *et al.* Addition of organic acids to the drinking water of finishing pigs : preliminary results of an intervention study to prevent *Salmonella* infections. *The 16<sup>th</sup> International Pig Veterinary Society Congress*, Melbourne, Australia, 2000, p 214.
- (68) VISSER, I.J.R. Salmonellose cutanée chez les vétérinaires. *Veterinary Record*, 1991, **129**, p 364.
- (69) WARD, L.R., THRELFALL, E.J. Human Salmonellosis in England and Wales-Current situation. *Salmonella and Salmonellosis*, Ploufragan, France, 1997, 547-549.
- (70) WILCOCK, B.P., SCHWARTZ, K.J. Salmonellosis. *Diseases of swine*, éd. A.D. Leman, B.E. Straw, W.L. Mengeling, S. D'Allaire, D.J. Taylor, 7th edition, 1992, 570-583.
- (71) WOOD, R.L., POPISCHIL, A., ROSE, R. Distribution of persistent *Salmonella* Typhimurium infection in internal organs of swine. *American Journal Veterinary Research*, 1989, **50**, 1015-1021.



# *ANNEXES*

## ANNEXE 1

ELEVEUR :

# AUDIT SALMONELLES EN ELEVAGE

Nom de l'élevage :

Adresse de l'élevage :

Nom du Technicien :

Nom du Vétérinaire :

Date :

Ce questionnaire a pour but de réaliser une enquête sur les principaux facteurs de risque en ce qui concerne le problème des Salmonelles.

Les principaux thèmes abordés sont :

- \* l'alimentation
- \* les pathologies digestives
- \* l'hygiène d'élevage
- \* la protection sanitaire

Nous aborderons tout d'abord l'atelier d'engraissement puis l'atelier de post-sevrage et enfin, nous réaliserons une approche globale de l'élevage en ce qui concerne la protection sanitaire.

## ANNEXE 1

### ATELIER D'ENGRAISSEMENT

#### ALIMENTATION :

1. Donnez-vous des antibiotiques en engraissement dans l'aliment ? OUI  NON
  
2. Ajoutez-vous dans l'aliment complet des acidifiants ? OUI  NON   
Fréquence ? systématiquement   
Occasionnellement
  
3. Ajoutez-vous dans l'aliment complet des probiotiques (flore, lactobacille... par exemple du Sorbial, Fermacton) OUI  NON   
Fréquence ? systématiquement   
Occasionnellement
  
4. Autres ajouts ? OUI  NON   
Si oui, Nom : .....

#### PATHOLOGIE DIGESTIVE EN ENGRAISSEMENT :

##### Problèmes digestifs :

- +/- en continu
- Un épisode à chaque bande
- Plusieurs épisodes à chaque bande
- Occasionnellement
- Jamais

## ANNEXE 1

### HYGIENE EN ENGRAISSEMENT :

1. Hygiène des silos :

Vidange totale des silos : OUI  NON

Si oui, au mois une fois tous les 6 mois OUI  NON

Désinfection des silos : OUI  NON

Si oui, au moins une fois tous les 6 mois OUI  NON

2. Conduite tout plein tout vide : OUI  NON

3. Les animaux de différentes cases en post-sevrage sont-ils regroupés :

En pré-engraissement OUI  NON

En engraissement OUI  NON

4. Y-a-t-il mélange de différentes bandes dans une même salle ? OUI  NON

5. Y-a-t-il vidange des fosses à chaque bande ? OUI  NON

6. Y-a-t-il séparation des animaux malades ? OUI  NON

7. Faites-vous une désinfection ? OUI  NON

9. Faites-vous un vide sanitaire ? OUI  NON

Durée du vide sanitaire : .....

10. Si vous travaillez en soupe, effectuez-vous un nettoyage régulier de votre circuit à soupe ?

OUI  NON

SI oui, avec quelle fréquence ? 1 fois par semaine

1 fois par mois

1 fois tous les 6 mois

1 fois tous >6 mois

11. Quelle est la nature du sol en engraissement :

Caillebottis intégral

Caillebottis partiel

Paille

12. Nombre d 'animaux par case en engraissement : >20  ≤20

## ANNEXE 1

### ATELIER DE POST-SEVRAGE

#### ALIMENTATION EN POST-SEVRAGE :

1. Donnez-vous des suppléments antibiotiques (dans l'aliment ou en pompe doseuse) : OUI  NON

Quand ? En premier âge   
En deuxième âge

Fréquence ? Systématiquement   
Occasionnellement

2. Ajoutez-vous dans l'aliment complet des acidifiants ? OUI  NON   
Fréquence ? Systématiquement   
Occasionnellement

3. Ajoutez-vous dans l'aliment complet des probiotiques ? (flore, lactobacille... par exemple Sorbial, Fermacton) OUI  NON

Fréquence ? Systématiquement   
Occasionnellement

4. Autres ajouts ? OUI  NON   
Si oui, Nom de l'ajout : .....

#### PATHOLOGIE DIGESTIVE EN POST-SEVRAGE :

Problèmes digestifs :

+/- en continu

Un épisode à chaque bande

Plusieurs épisodes à chaque bande

Occasionnellement

Jamais

## ANNEXE 1

### HYGIENE EN POST-SEVRAGE :

1. Hygiène des silos :
- Vidange totale des silos : OUI  NON   
Si oui, au moins une fois tous les 6 mois OUI  NON
- Désinfection des silos : OUI  NON   
Si oui, au moins une fois tous les 6 mois OUI  NON
2. Conduite tout plein tout vide : OUI  NON
3. Lors de la constitution des cases au sevrage, regroupez-vous les animaux en fonction :
- De leur taille   
De leur sexe   
Par portées
4. Y-a-t-il mélange de différentes bandes dans une même salle ? OUI  NON
5. Y-a-t-il vidange des fosses à chaque bande ? OUI  NON
6. Y-a-t-il séparation des animaux malades ? OUI  NON
7. Faites-vous une désinfection ? OUI  NON
8. Faites-vous un vide sanitaire ? OUI  NON   
Durée du vide sanitaire : .....
9. Nombre d'animaux par case en post-sevrage : 20-35  > 35
10. Quelle est la nature du sol en post-sevrage :
- Caillebottis intégral   
Caillebottis partiel   
Paille

## ANNEXE 1

### APPROCHE GLOBALE DE L'ELEVAGE :

#### PROTECTION SANITAIRE :

1. Accueil des personnes ?
- |  |     |                          |     |                          |
|--|-----|--------------------------|-----|--------------------------|
| Existe-t-il un SAS d'entrée pour les personnes ? | OUI | <input type="checkbox"/> | NON | <input type="checkbox"/> |
| Y-a-t-il une tenue propre à disposition ?        | OUI | <input type="checkbox"/> | NON | <input type="checkbox"/> |
| Y-a-t-il un pédiluve ?                           | OUI | <input type="checkbox"/> | NON | <input type="checkbox"/> |
| Y-a-t-il une clôture autour de l'élevage ?       | OUI | <input type="checkbox"/> | NON | <input type="checkbox"/> |
2. Y-a-t-il une action contre les rongeurs ?
- |                            |        |                          |        |                          |
|----------------------------|--------|--------------------------|--------|--------------------------|
|                            | OUI    | <input type="checkbox"/> | NON    | <input type="checkbox"/> |
| Par une société extérieure | OUI    | <input type="checkbox"/> | NON    | <input type="checkbox"/> |
| Si oui, depuis quand ?     | < 1 an | <input type="checkbox"/> | > 1 an | <input type="checkbox"/> |
3. Y-a-t-il un programme de désinsectisation ?
- |                        |                          |        |                          |
|------------------------|--------------------------|--------|--------------------------|
| Régulier toute l'année | <input type="checkbox"/> | Jamais | <input type="checkbox"/> |
|------------------------|--------------------------|--------|--------------------------|
4. Les chiens et les chats ont-ils accès à l'élevage ?
- |  |     |                          |     |                          |
|--|-----|--------------------------|-----|--------------------------|
|  | OUI | <input type="checkbox"/> | NON | <input type="checkbox"/> |
|--|-----|--------------------------|-----|--------------------------|
5. Existe-t-il une quarantaine pour les animaux nouvellement introduits ?
- |  |     |                          |     |                          |
|--|-----|--------------------------|-----|--------------------------|
|  | OUI | <input type="checkbox"/> | NON | <input type="checkbox"/> |
|--|-----|--------------------------|-----|--------------------------|
6. Y-a-t-il d'autres productions animales sur l'exploitation ?
- |                       |                          |
|-----------------------|--------------------------|
| Vaches laitières      | <input type="checkbox"/> |
| Vaches allaitantes    | <input type="checkbox"/> |
| Veaux de boucherie    | <input type="checkbox"/> |
| Taurillons            | <input type="checkbox"/> |
| Poules pondeuses      | <input type="checkbox"/> |
| Poulets de chair      | <input type="checkbox"/> |
| Poulets reproducteurs | <input type="checkbox"/> |
| Lapins                | <input type="checkbox"/> |
7. Dans le cas, où il existerait une autre production sur l'exploitation, y-a-t-il un personnel spécifique pour les porcs ?
- |   |     |                          |     |                          |
|---|-----|--------------------------|-----|--------------------------|
| De manière permanente ?   | OUI | <input type="checkbox"/> | NON | <input type="checkbox"/> |
| Y-a-t-il des remplacements pendant les vacances ou les week-end ? | OUI | <input type="checkbox"/> | NON | <input type="checkbox"/> |

## ANNEXE 1

### HYGIENE DE L'EAU :

L'eau de l'élevage est-elle traitée ? OUI  NON

Si oui : \* par chloration

Et dans ce cas : Y-a-t-il des tests chlore ? OUI  NON

\* par acidification

\* par peroxyde

\* autre : .....

MERCI de votre COLLABORATION

## ANNEXE 2

TECHNICIEN :

# AUDIT SALMONELLES EN ELEVAGE

Code Elevage :

Nom de l'élevage :

Adresse de l'élevage :

Nom du Technicien :

Nom du Vétérinaire :

Date :

Effectif de l'élevage : Nombre de truies :

Nombre de places en post-sevrage :

Nombre de places en engraissement :

Nombre de bandes :

Données générales : % de perte sevrage-vente : .....

Frais vétérinaires par truie et par an : .....

Indice de consommation global : .....

Indice sevrage-vente : .....

Ce questionnaire a pour but de réaliser une enquête sur les principaux facteurs de risque en ce qui concerne le problème des Salmonelles.

Les principaux thèmes abordés sont :

- \* l'alimentation
- \* l'hygiène d'élevage
- \* les pathologies digestives
- \* la protection sanitaire

Nous aborderons tout d'abord l'atelier d'engraissement puis l'atelier de post-sevrage.

## ANNEXE 2

### ATELIER D'ENGRAISSEMENT

#### ALIMENTATION :

1. Quelle est l'origine de l'aliment ?

Fabrication industrielle  et dans ce cas, de quelles usines ? .....

Fabrication à la ferme

2. Quelle est la nature de l'aliment ?

Soupe

Sec

3. Quelle est la présentation de l'aliment ?

Farine

Granulés

Miettes

Farine thermisée

4. Quel est le mode de distribution ?

Nourrisseur

Nourri-soupe

Turbomat  et dans ce cas, nombre de repas distribués par jour.....

Repas soupe  et dans ce cas, nombre de repas distribués par jour.....

5. Programme alimentaire :

	Nom de l'aliment	Début de distribution (âge en semaines)	Fin de distribution (âge en semaines)	Avez-vous changé d'aliment depuis un an ?
Aliment 1				OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/>
Aliment 2				OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/>
Aliment 3				OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/>

9. Abreuvement :

Les animaux ont-ils accès à l'eau de manière permanente ? OUI  NON

## **ANNEXE 2**

### HYGIENE EN ENGRAISSEMENT

1. Existe-t-il un quai d'embarquement ? OUI  NON
2. Existe-t-il un local d'attente ? OUI  NON

### PATHOLOGIE DIGESTIVE

1. Fréquence des épisodes diarrhéiques : .....
2. Origine des diarrhées si elle a été identifiée (diagnostic, germes...): .....

## ANNEXE 2

### ATELIER DE POST-SEVRAGE

#### ALIMENTATION EN POST-SEVRAGE

1. Quelle est l'origine de l'aliment ?

Fabrication industrielle  et dans ce cas, de quelle usine provient l'aliment ?.....

Fabrication à la ferme

2. Quelle est la présentation de l'aliment ?

Farine

Farine thermisée

Granulés

3. Programme alimentaire :

	Nom de l'aliment	Début de distribution (âge en semaines)	Fin de distribution (âge en semaines)	Avez-vous changé d'aliment depuis un an ?
Aliment 1				OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/>
Aliment 2				OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/>
Aliment 3				OUI <input type="checkbox"/> NON <input type="checkbox"/>

#### PATHOLOGIE DIGESTIVE EN POST-SEVRAGE

1. Fréquence des épisodes diarrhéiques : .....

2. Origine des diarrhées si elle a été identifiée : .....

#### ORIGINE DES REPRODUCTEURS

MERCI.





Toulouse, 2002

NOM : LEMISTRE

PRENOM : Anouck

TITRE :

**LES SALMONELLES DANS LES ELEVAGES PORCINS D'UN GROUPEMENT DE PRODUCTEURS BRETONS : PREVALENCE, FACTEURS DE RISQUE ET SUIVI DE L'EXCRETION DE L'ELEVAGE A L'ABATTOIR.**

RESUME :

Le portage asymptomatique de *Salmonella enterica* par les porcs pose un problème de santé publique et constitue des enjeux économique et commercial majeurs. De nombreux pays vont ou ont déjà mis en place des plans de contrôle nationaux sur toute la chaîne de production porcine. Un projet de directive européenne est actuellement en cours de rédaction et de négociation. Actuellement aucune mesure n'a été mise en place en France. Nous nous devons d'investir ce sujet afin d'être prêt à répondre aux futures exigences réglementaires et commerciales.

Cette étude, réalisée au sein du groupement de producteurs bretons, Coopagri-Bretagne, présente une approche de la problématique *Salmonella* de l'élevage à l'abattoir. La séroprévalence en salmonelles a été estimée à partir de 113 élevages à 46%. Un questionnaire a permis de mettre en évidence un facteur de risque d'une contamination en élevage par les salmonelles : l'usage d'aliment sec par opposition à l'usage d'aliment fermenté liquide. Les mesures de nettoyage-désinfection et de protection sanitaire ne semblent pas, selon notre étude, être associées au statut salmonellique des élevages.

Pour caractériser le statut d'un élevage de porc, la bande est l'unité de référence et la sérologie semble être le test diagnostique le plus adapté. L'excrétion de salmonelles augmente de l'élevage à l'abattoir. L'étape transport-attente à l'abattoir constitue le principal facteur de risque de la contamination des carcasses.

MOTS-CLES : SALMONELLES, PORC, PREVALENCE, FACTEURS DE RISQUE, EXCRETION.

ENGLISH TITTLE :

**SALMONELLAS IN PIG FARMS IN A BRETON COOPERATIVE : PREVALENCE, RISK FACTORS, STUDY OF EXCRETION FROM THE FARM TO SLAUGHTERHOUSE.**

ABSTRACT :

The subclinical *Salmonella enterica* infection in pigs is associated with public health problem and constitute an economic and commercial major issue. Many countries start or will start the implementation of *Salmonella* national surveillance programmes in pig production. A proposal for a European Directive about this subject will soon be published. No measure have been set up in France yet. An in-depth review is necessary in order to be able to meet the future commercial and statutory requirements.

This study, carried out with one Cooperative from Brittany, Coopagri Bretagne, presents an approach to the issue: *Salmonella*, from the farm to the slaughterhouse. The *Salmonella* seroprevalence, studied in 113 pig farms, is estimated at 46%. A questionnaire enabled us to highlight the risk factors or the sources of a *Salmonella* contamination in farms: the use of dry food compared with the use of fermented wet food. According to our study, the cleaning and disinfection procedures as well as the sanitary protection measures are not identified as risk factors.

In order to set the status of a pig farm, a batch is the reference unit and serology seems the most adapted diagnosis test. *Salmonella* excretion increases from the farm to the slaughterhouse. Transport and wait are risk factors for the contamination of the carcasses.

KEY WORDS : SALMONELLA, PIG, PREVALENCE, RISK FACTORS, EXCRETION.