



Coopérative des
producteurs de porcs
de la Réunion



MASTER 2EME ANNEE

BIOLOGIE GEOSCIENCES AGRORESSOURCES

ET ENVIRONNEMENT

**PARCOURS SANTE ANIMALE ET EPIDEMIOSURVEILLANCE DANS
LES PAYS DU SUD**

RAPPORT DE STAGE

**EVALUATION DE LA PREVALENCE DE
SALMONELLA SPP. DANS LES ELEVAGES DE PORCS
A LA REUNION**

**IMPACT DE L'INFECTION DE L'ELEVAGE SUR LA
CONTAMINATION DES CARCASSES APRES LE
PROCESSUS D'ABATTAGE**

Présenté par

Julien DURAND

Réalisé sous la direction de : Eric CARDINALE

Organisme et pays : CRVOI-Cirad Ile de la Réunion

Période du stage : 24 Mars au 7 Septembre 2009

Date de soutenance : 18 septembre 2009

Année universitaire 2008-2009

LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES

ARIBEV : Association réunionnaise interprofessionnelle pour le bétail et les viandes

AFNOR : Association Française de normalisation

AFSSA : Agence française de sécurité sanitaire des aliments

Cirad : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

CRIAP : Coopérative Réunionnaise d'insémination artificielle porcine

CRVOI : Centre de recherche et de veilles des maladies émergentes de l'océan indien

CPPR : Coopérative des producteurs de porc de la Réunion

DOM : Département outre-mer

ISO : International standardisation organisation

Salmonella typhimurium: Salmonella enterica subsp. Enterica serovar Typhimurium

OMS : Organisation mondiale de la santé

LVD : Laboratoire vétérinaire départemental

TIAC : Toxi-infection alimentaire collective

URCOOPA : Union réunionnaise des coopératives agricoles

UE / CE : Union et Commission Européenne

RESUME

Tout au long de cette étude, des prélèvements ont été réalisés pour la recherche de salmonelles sur des lots de porc à différents moments de la chaîne, depuis la fin de l'engraissement, en passant par le transport, l'attente et sur des carcasses en abattoir.

Une prévalence de 66% d'élevages contaminés à une des étapes au moins a été retrouvée sur 27 élevages enquêtés.

Outre ce chiffre relativement élevé, une étude sur les sérotypes retrouvés a permis de mettre en évidence la prédominance de *Salmonella* Typhimurium (60%), puis de *Salmonella* Derby (25%). Ces sérotypes sont connus pour être impliqué dans des cas de salmonellose humaine.

Pour *S. Derby*, son apparition est récente sur l'île de la Réunion et l'on peut d'ores et déjà se poser des questions quant à la circulation des ces différentes souches de bactéries et leur origine.

Enfin l'antibio-résistance de ces souches a été testée, et on a pu remarquer que 100% des souches étaient résistantes à un antibiotique au moins, et 70% des souches présentent 5 résistances au moins.

Même si ces chiffres sont à relativiser car régulièrement trouvés dans la littérature, il n'en demeure pas moins qu'il reste beaucoup d'efforts à apporter pour améliorer la filière porc vis-à-vis des salmonelles.

Grace aux analyses, aux enquêtes, questionnaires et aux observations réalisés aux différents niveaux de la filière faites, il a pu être démontré que les phases de transport notamment et d'attente à l'abattoir sont des points critiques de la contamination en salmonelle.

Il paraît évident que des travaux complémentaires sont à effectuer pour permettre à la filière porcine de faire face à la réglementation qui sera en vigueur en 2011, en ayant une idée du statut de chaque élevage, afin de procéder à des mesures adaptées en terme d'organisation de la filière.

Mots Clefs

Salmonelle ; porc ; île de la Réunion ; antibiorésistance, sérotype, facteur de risque, prospective

ABSTRACT

All over this study, we've carried out research for salmonella, in pig herds on la Reunion Island, by a prospective work from farm to slaughterhouse, and during transport.

66% of the husbandries were controlled positive for salmonella, for at least one step of the meat process.

Though these relatively high figures, we've been looking for the serotypes present at each step of the process, and found that Salmonella Typhimurium was the most frequent serotype (60%), then Salmonella Derby (25%). These serotypes are known for their implication in human health, and are also commonly found in France and other European countries.

Salmonella Derby appeared on la Reunion island recently, whereas it is one of the most frequent serotype in France. Already we can ask questions about its origin and the circulation of the bacteria within the pork branch.

Drug resistance was also tested on the salmonella we captured for different antibiotics. All of the strains showed at least one resistance, and 70 % of the strains were resistant against five antibiotics at least.

Even if the rate of resistance and prevalence seems high, this phenomenon has often been observed among different studies all over the world, and highlights the importance of this problematic.

Thanks to analysis, questionnaire, and observations made all along this study, we've demonstrated that transport and waiting phases at the slaughterhouse were critical steps in salmonella contamination, and effort should be put to separate in time or space infected farms from the other, and insist on washing and disinfection process.

In 2011, new laws from UE will take place, so further studies will be necessary to help the CPPR, if they want to face this problem in good conditions.

KEYWORDS

Salmonella, pigs, la Reunion Island, antibiorésistance, serotype, risk factor, prospective

REMERCIEMENTS

A Eric Cardinale, Pour m'avoir permis de réaliser ce stage très enrichissant, pour son aptitude à transmettre sa passion et sa bonne humeur

A Thierry Thomas, Pour l'accueil au sein de l'équipe de la CPPR et l'attention apportée pour le bon déroulement de l'étude

A Vincent Porphyre, pour sa disponibilité et sa patience envers les stagiaires

A Blandine, pour tout le travail effectué au labo et la précision des résultats apportés

A Christophe Raoul, Jean-Marie Dijoux, Bertrand Picard, Mr Hubert, Alain, Jean-Luc, Pascal, Ancelle, Fabrice et tout le personnel de la CPPR pour leur accueil chaleureux

A toute l'équipe du CRVOI et du CIRAD, pour la richesse apportée au quotidien de par leurs connaissances, et leur passion communicative de la recherche

A tous les élèves rencontrés et leur bon accueil envers mon étude

A Sylvain, pour s'être levé tôt le matin afin de m'aider à l'abattoir

A Isabelle Henry, pour sa disponibilité et son aide apportée lors de la rédaction

Aux chauffeurs de la CPPR, Mrs Henri et Leonel Grondin, Mr Morel et Mr Chevalier, pour leur sympathie et m'avoir initié à la culture réunionnaise

Aux stagiaires et Vat de la Bretagne, pour le soutien mutuel dans le travail et la bonne ambiance en dehors

Aux stagiaires de la LP et de la RDC, surtout pour l'ambiance en dehors du travail.

A ma famille, mes amis

A la Réunion, pour l'accueil généreux de ses habitants toujours prêts à partager leur culture

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES.....	7
Introduction	8
I. Partie bibliographique	8
1. Généralités.....	8
2. Salmonelle et antibiorésistance.....	15
3. Contexte de l'étude.....	18
4. La filière porcine à la Réunion.....	18
5. Objectif général.....	20
6. Objectifs spécifiques.....	21
II. Matériel & Méthodes	21
Echantillonnage.....	21
Période et lieu d'étude.....	21
Récolte de données et enquêtes de terrain.....	22
1. Questionnaire.....	22
2. Prélèvements.....	23
Analyses microbiologiques.....	24
3. Analyses microbiologiques pour l'isolement et l'identification de Salmonella.....	24
4. Méthode pour la Réalisation des antibiogrammes.....	26
III. Résultats	27
Prévalences.....	27
1. Prévalence en élevage.....	27
2. Evolution du statut salmonella des lots selon les différentes étapes.....	27
Sérotypes majoritaires.....	28
3. Sérotypes par lot aux différentes étapes.....	28
Antibiorésistance.....	29
4. Résistance des salmonelles aux différents antibiotiques.....	29
5. Répartition des multirésistances.....	30
6. Profil des résistances.....	30
Analyse Statistique et facteurs de risque.....	31
IV. Discussion	33
Méthodologie.....	33
1. Echantillonnage et prélèvements.....	33
2. Analyses microbiologiques.....	34
Résultats.....	34
3. Prévalences observées.....	34
4. Facteurs de risque.....	35
5. Sérotypes.....	37
6. Antibio-résistance.....	38
Conclusion & Perspectives	40
Bibliographie.....	41

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Schéma 1 : Voies d'entrées des salmonelles en élevage	12
Schéma 2 : Voies de contamination en salmonelles à l'abattoir	14
Graphique 1 : Proportion de Salmonella Spp résistantes dans la filière porcine (France, 2004) ..	16
Carte 1 : Répartition géographique des exploitations étudiées.	22
Tableau 1 : Les colonies caractéristiques à <i>salmonella</i> sur milieu	24
Tableau 2 : caractères biochimiques d'identification de <i>Salmonella</i> ,.....	25
Figure 1. Plaque Rapid One (Salmonella spp.)	26
Figure 2. Antibiogramme de Salmonella sur gélose Hinton.	26
Tableau 3 : évolution du statut des lots positifs	27
Tableau 4 : Sérotypes de Salmonelles isolés.....	28
Tableau 5 : Evolution des sérotypes isolés selon les étapes.....	28
Tableau 6 : Répartition des résistances selon les antibiotiques.....	29
Tableau 7 : Répartition des échantillons selon le nombre de résistances.....	30
Tableau 8 : Répartition du nombre d'échantillons selon les profils de résistance	30
Tableau 9 : Répartition des résistances de S.Typhimurium	31
Tableau 10 : Identification des facteurs de risque en élevage.....	32
Tableau 10 : Identification des facteurs de risque pendant l'attente	32
Tableau 11 : Identification des facteurs de risque pendant le transport	32
Tableau 11 : Identification des facteurs de risque à l'abattoir	33
Tableau 12 : Evolution de la production locale et échanges France / Réunion.....	38
Annexe 1 : Questionnaire	44
Annexe 2 : Schéma du mode opératoire.....	50
Annexe 3 : Concentrations, diamètres critiques et règles de lecture interprétative pour <i>enterobacteriaceae</i>	51
Annexe 4 : Photographies	52

Introduction

Ces dernières années, les problèmes liés aux salmonelles se sont considérablement amplifiés, tant du point de vue de l'incidence de la salmonellose, que de la gravité des cas humains. Tandis que certains pays réussissaient à inverser la tendance à la hausse de l'incidence de la salmonellose humaine, de nouveaux problèmes ont été identifiés. Depuis le début des années 90, des souches de salmonelles résistantes à une série d'antimicrobiens comprenant des agents thérapeutiques majeurs en médecine humaine sont apparues et menacent d'entraîner un grave problème de santé publique. Cette résistance résulte de l'utilisation d'antimicrobiens à la fois en médecine humaine et dans l'élevage animal. Le problème est encore majoré lorsque cette multirésistance concerne les antimicrobiens d'importance critique (nombreuses familles d'antibiotiques, tétracycline, érythromycine, streptomycine etc.) (OMS www).

S'il est admis que la volaille et les ovo-produits sont les premières causes d'infections à salmonelle, il est désormais reconnu que la viande de porcs peut être une source de contamination humaine (Maguire et al., 1993; Wegener et al., 1994)

Par ses sérotypes ubiquistes, elles représentent le principal agent pathogène de contamination des produits agro-alimentaires destinés à la consommation humaine. Les salmonelles représentent environ 72 % des cas de TIAC en France. Des produits carnés issus de la filière porcine ont été associés à des cas de TIAC (MOLBAK et HALD, 1997). Selon plusieurs études menées dans différents pays, notamment au Danemark, il a été estimé qu'entre 10 et 15 % des cas de salmonelloses humaines diagnostiquées avaient pour origine la viande de porc (HALD et al., 1999). La maîtrise de la qualité hygiénique des denrées mises sur le marché est une exigence légitime toujours plus forte du consommateur et elle peut donc constituer un atout concurrentiel au moment où les échanges internationaux s'intensifient.

C'est pourquoi la réglementation européenne fait obligation à ses états membres de mettre en place des dispositifs de surveillance adaptés aux différents maillons de la chaîne de production. Ces mesures sont mises en place pour veiller à la sécurité alimentaire de l'alimentation humaine, et vise à assurer :

- le niveau de protection le plus élevé possible pour le consommateur
- une harmonisation des systèmes de contrôle
- l'analyse des risques
- la responsabilité des opérateurs à chaque point de la chaîne alimentaire.

La mise en place de cette réglementation va rendre obligatoire la mise en place d'un plan de surveillance des salmonelles tout au long de la filière porc.

L'étude suivante s'inscrit dans ce contexte, et permet de réaliser une photographie de la filière à un instant donné en regard au statut en salmonelle élevages, et cherche à mettre en évidence les contaminations éventuelles aux différents moments de la chaîne.

I. Partie bibliographique

1. Généralités

Les salmonelles sont des entérobactéries du genre *Salmonella*, bacilles Gram négatif.

Se sont des bactéries aéro-anaérobies facultatives, elles présentent une forte contagiosité et sont essentiellement responsables d'intoxications alimentaires, de gastro-entérites, de toxoinfections alimentaires et plus rarement de fièvres typhoïde et paratyphoïde.

D'après les travaux récents de taxonomie, en particulier par hybridation de l'ADN, le genre *Salmonella* comporte deux espèces, la principale (longtemps considérée comme la seule), *Salmonella enterica* comprend plus de deux-mille sous-espèces ou sérotypes, dont la plus fréquente est *Salmonella enterica Enterica* — elles-mêmes divisées en de nombreux sérovars (*Enteritidis*, *Derby*, *Hadar*, *Infantis*, *Paratyphi*, *Typhi*, *Typhimurium*, *Virchow*, etc.).

En 2000, le Centre national de référence des *Salmonella* et *Shigella* (CNRSS) de l'Institut Pasteur, à Paris, avait référencé 883 souches de *Salmonella* d'origine humaine. Les sérovars *Enteritidis* et *Typhimurium* en représentaient respectivement 36 % et 29 %.

Les *Salmonella* possèdent des antigènes somatiques O (situé dans la paroi), des antigènes flagellaires H, et des antigènes capsulaires K. Selon cette diversité antigénique, les sous-espèces sont classées en sérotypes, on en connaît aujourd'hui plus de 2500 souches (OMS, 2008)

Bien que tous les sérotypes puissent être pathogènes pour l'homme, ils sont souvent classés en fonction de leur adaptation aux hôtes animaux. Quelques sérotypes ont un spectre d'hôtes limité (ils n'affectent qu'une ou que quelques espèces animales), par exemple *Salmonella Typhi* pour les primates, *Salmonella Dublin* pour les bovins et *Salmonella Choleraesuis* pour les porcs. Lorsque ces souches provoquent une maladie chez l'homme, celle-ci est souvent invasive et peut avoir un pronostic mortel. Toutefois, la plupart des sérotypes ont un large spectre d'hôtes. Habituellement, les sérotypes à large spectre d'hôtes provoquent des gastro-entérites, qui, dans la plupart des cas, ne s'accompagnent d'aucune complication et ne nécessitent pas de traitement, mais peuvent être graves chez les jeunes, les personnes âgées et les malades dont l'immunité est affaiblie. Ce groupe comprend en particulier *Salmonella Enteritidis* et *Salmonella Typhimurium*, les deux principaux sérotypes responsables de salmonelloses transmises de l'animal à l'homme.

Une autre caractéristique des salmonelles est leur résistance importante dans le milieu extérieur. A titre d'exemple, les salmonelles résistent plusieurs années dans des excréments desséchés, un an dans le sol et 120 jours dans l'eau douce. Ainsi, même si les salmonelles sont reconnues comme hôte préférentiel du tube digestif, elles peuvent être considérées comme un germe ubiquiste très présent dans l'environnement.

Salmonellose

En général, les êtres humains contractent une salmonellose en consommant des aliments d'origine animal contaminés (principalement de la viande, de la volaille, des œufs ou du lait), bien que beaucoup d'autres aliments, et notamment des légumes verts contaminés par le fumier, puissent être impliqués dans la transmission de cette maladie. Les organismes pathogènes traversent la chaîne alimentaire de la production primaire aux ménages ou aux établissements de restauration

Le cours clinique de la salmonellose humaine est caractérisé habituellement par une poussée aiguë de fièvre, des douleurs abdominales, des diarrhées, des nausées et parfois des vomissements. Dans certains cas, et en particulier chez les très jeunes enfants et les personnes âgées, la déshydratation associée peut être sévère et parfois mortelle. Dans de tels cas, ainsi que dans ceux où les salmonelles provoquent des septicémies, il est essentiel de disposer pour le traitement d'antimicrobiens efficaces. Dans une faible proportion des cas, la salmonellose s'accompagne de complications graves. Bien que les flambées épidémiques attirent

habituellement l'attention des médias, des études indiquent que plus de 80% des cas de salmonellose se manifestent de manière isolée, plutôt que sous forme de flambées.

Traitement de la salmonellose humaine

Pour traiter une salmonellose chez l'adulte, des antimicrobiens appartenant au groupe des fluoroquinolones sont considérés, dans la plupart des cas, comme la solution optimale. Ces médicaments sont relativement peu chers et bien tolérés, présentent une bonne absorption par voie orale et assurent un effet plus rapide et plus fiable que les antimicrobiens plus anciens. Chez l'enfant gravement atteint, il est fait largement appel aux céphalosporines de troisième génération (à administrer par injection), les quinolones étant généralement déconseillées pour cette tranche d'âge. Les médicaments plus anciens, chloramphénicol, ampicilline et amoxicilline, ainsi que le triméthoprim-sulfaméthoxazole, sont utilisés occasionnellement comme solutions de remplacement.

Epidémiologie et transmission

Outre la transmission de l'infection par des aliments contaminés, on a également relevé des cas humains résultant d'un contact avec des animaux infectés, notamment des animaux domestiques comme les chats ou les chiens. Il est probable que les animaux domestiques contractent l'infection de la même manière que les êtres humains, c'est-à-dire par consommation de viande, le porc étant directement incriminé, en deuxième position derrière la viande de volaille ou de produits dérivés de la volaille contaminés et non cuits.

Sur les trois dernières décennies, on a observé l'évolution de sérotypes particuliers de *Salmonella* dans l'élevage animal intensif, puis chez l'homme. *S. Enteritidis* est à l'origine de l'épidémie la plus récente, qui chez l'homme a atteint son point culminant en 1992 dans de nombreux pays européens. Le léger déclin actuel de ce sérotype peut laisser place à la réémergence de *S. Typhimurium* en tant que sérotype principal pour la salmonellose humaine. Un autre scénario possible est la domination, à brève échéance, de ces deux souches à potentiel épidémique dans de nombreux pays.

Salmonelles dans le monde

La salmonellose est l'une des toxi-infections alimentaires les plus courantes et les plus répandues. Chaque année, des millions de cas sont signalés partout dans le monde, entraînant des milliers de décès.

La salmonellose représente une charge importante pour la santé publique et un coût considérable pour la société de nombreux pays. Très peu de pays fournissent des données sur le coût économique de la maladie. Aux États-Unis d'Amérique, on évalue à 1,4 million par an le nombre d'infections à salmonelles non typhoïdiques, qui entraînent 168 000 visites chez le médecin, 15 000 hospitalisations et 580 décès. Le coût d'un cas de salmonellose humaine dans ce pays peut aller, selon les estimations, d'une quarantaine de dollars des États-Unis à US\$ 4,6 millions, selon que le cas n'entraîne pas de complication ou qu'il débouche sur une hospitalisation et un décès. Le coût total des affections à salmonelles aux États-Unis³ est estimé à US\$ 3 milliards. Au Danemark, le coût annuel lié aux salmonelloses d'origine alimentaire est évalué à US\$ 15,5 millions (pour l'année 2001), ce qui correspond approximativement à 0,009% du PIB. Les autorités de ce pays ont mis en place depuis plusieurs années un programme de lutte contre les salmonelles, dont le coût annuel est estimé

à US\$ 14,1 millions. On évalue à US\$ 25,5 millions l'économie réalisée grâce à ce programme sur les dépenses publiques danoises. Pour les pays en développement, on ne dispose généralement pas de données sur le coût des toxi-infections d'origine alimentaire. (OMS aide-mémoire 139 avril 2005)

Selon un rapport européen, les salmonelles demeurent la cause la plus fréquente des épidémies d'origine alimentaire en Europe, représentant 4 cas sur 10. Globalement, les infections alimentaires auraient affecté plus de 40.000 européens en 2007.

L'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) et le Centre européen de prévention et de contrôle des maladies (ECDC) viennent de publier un rapport de synthèse communautaire sur les épidémies d'origine alimentaire au sein de l'UE en 2007.

Celui-ci indique que *Salmonella* demeure la cause la plus courante des épidémies d'origine alimentaire au sein de l'Union européenne, suivie par les virus d'origine alimentaire et *Campylobacter*. Au total, 5 609 épidémies ont été signalées en 2007, affectant près de 40 000 personnes et provoquant 19 décès.

Salmonelles en production animale

Les salmonelles constituent une préoccupation majeure dans la plupart des filières de production animale. Leur omniprésence dans le règne animal et dans l'environnement ainsi que leur pouvoir pathogène rendent la problématique "salmonelles" fort complexe.

La préoccupation principale en matière de salmonelles est de l'ordre de la santé publique : toxi-infections alimentaires chez l'homme et émergence de souches de salmonelles polymédicament résistantes. Les conséquences directes de ce risque de santé publique sont, pour la filière porc, réglementaire et commerciale.

La complexité de la problématique salmonelle dans les filières animales réside dans certaines caractéristiques de ces bactéries. En premier lieu, toutes les espèces animales, domestiques ou sauvages, sont susceptibles d'héberger des salmonelles. Même s'il existe des différences dans la répartition des sérovars selon les espèces animales, à de très rares exceptions près, les différents sérovars de salmonelles ne sont pas spécifiques d'une espèce animale donnée.

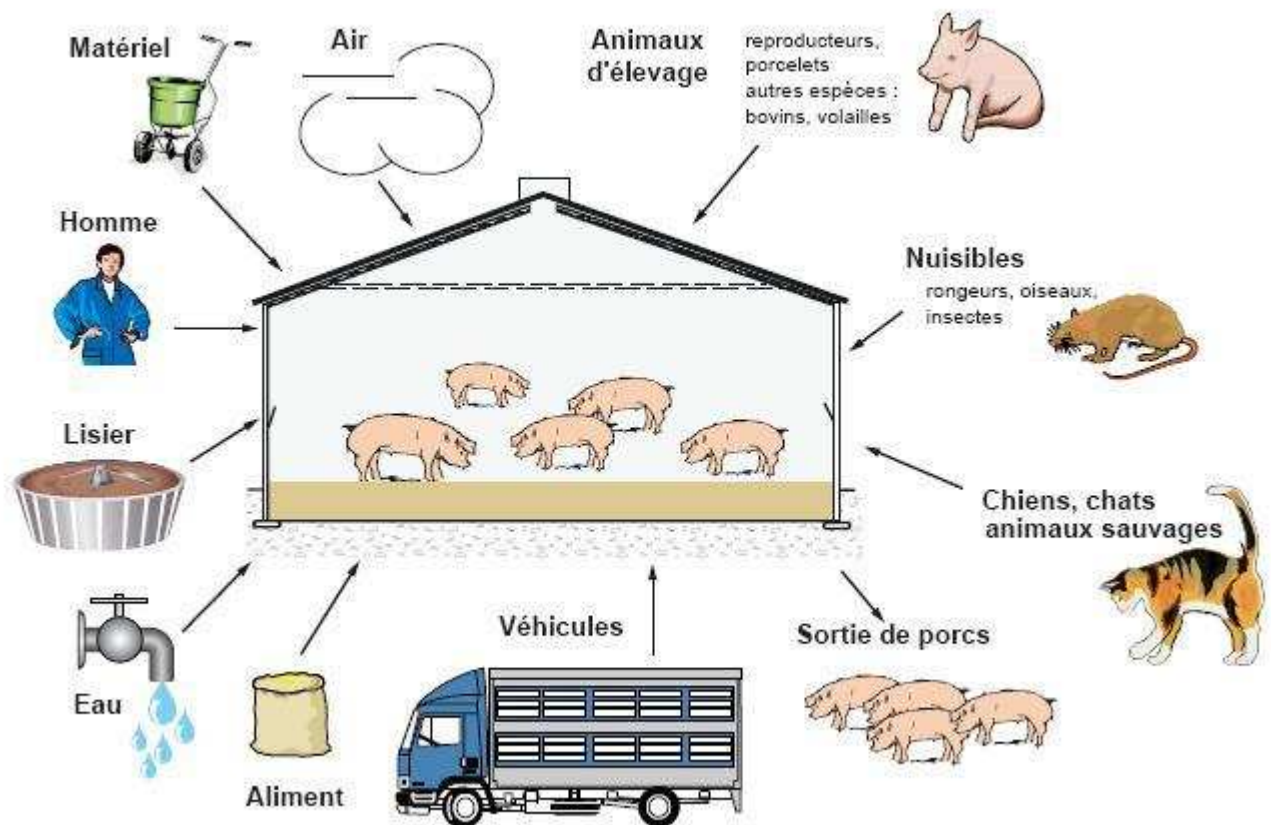
En deuxième lieu, toutes les salmonelles sont potentiellement pathogènes et ceci pour la totalité des espèces animales et pour l'homme. Cependant, il existe des différences de pouvoir pathogène entre les différents sérovars et souvent seulement quelques sérovars (sur les 2 000 existants) sont associés à une pathologie pour une espèce donnée ou un groupe d'espèce donnée. Conséquence de ces deux particularités : les salmonelles sont universellement répandues (géographiquement et chez toutes les espèces animales). Ainsi, le portage sain de salmonelles au niveau du tube digestif peut être considéré comme fréquent même s'il est hasardeux de citer des prévalences précises en raison des variations de résultats selon les espèces, les régions, les plans d'échantillonnage, les méthodes d'analyses...

Salmonelles chez le porc

La salmonellose clinique chez le porc en France est une maladie relativement rare, bien qu'elle soit peut-être sous-estimée. Elle s'exprime essentiellement en post-sevrage et en engraissement avec des diarrhées associées à de l'hyperthermie. La mortalité est en général faible et les traitements antibiotiques efficaces. La forme chronique avec sténose rectale est

assez caractéristique. Dans la plupart des cas, *Salmonella Typhimurium* est la souche qui est isolée (le diagnostic est réalisé par isolement direct sur contenu digestif). D'autres formes cliniques ont été décrites, en particulier des formes génitales avec avortement en fin de gestation et mortinatalité mais le diagnostic n'est en général pas fait sur le terrain. Au niveau de l'élevage l'écologie et l'omniprésence des salmonelles rendent leurs voies potentielles d'entrée dans un élevage multiples. Ces voies sont présentées sur le schéma ci-dessous.

Schéma 1 : Voies d'entrées des salmonelles en élevage (source : IFIP <http://www.ifip.asso.fr>)



Les différentes études menées sur les salmonelles n'ont jusqu'à présent pas permis de privilégier réellement l'une ou l'autre de ces voies et a priori aucune ne peut être exclue comme point de départ d'une contamination. A côté de ces voies d'entrée initiales, des éléments de conduite d'élevage sont susceptibles d'influer sur le niveau de contamination ou le maintien de la contamination dans un élevage. Ces principaux éléments sont l'hygiène des manipulations et des locaux, la conduite en bande, le respect des normes d'élevage.

Ce schéma épidémiologique laisse à penser qu'il est difficile de garder dans le temps un statut indemne de salmonelles dans des élevages de production, sans un suivi régulier et strict.

Les salmonelles sont des germes particulièrement résistants dans l'environnement. A titre d'exemple elles peuvent résister plusieurs années dans des excréments desséchés, un an dans le sol et 120 jours dans l'eau douce. En l'absence de nettoyage-désinfection approprié de cet environnement et à la faveur d'un délai suffisant, les porcs indemnes peuvent donc se contaminer en Salmonelles et de ce fait le risque ultérieur de contamination des carcasses est accrue. (Baggesen et Al., 2000.)

Facteurs de risques d'infection et de contamination

La contamination des produits carnés d'origine porcine est liée au portage asymptomatique de *Salmonella enterica* par les animaux d'élevage, ce qui favorise la présence de salmonelles sur les carcasses et les pièces de découpe de porcs (BORCH et al., 1996). Les porcs vivants porteurs sains qui arrivent à l'abattoir constituent le principal risque de contamination des carcasses par les matières fécales notamment lors d'incidents d'éviscération (BERENDS et al., 1997). La réduction, au niveau de l'élevage, du portage asymptomatique de *Salmonella enterica* devrait permettre de diminuer la pression de contamination au niveau de l'abattoir.

Plusieurs études épidémiologiques visant à rechercher les facteurs de risque de la contamination des porcs menées dans différents pays européens ont pu dégager certains éléments comme étant fortement corrélés au statut salmonelle des animaux : (Beloeil et Al., 2003)

- un faible niveau d'hygiène en élevage (Muirhead, 1993 ; Davies et al., 1997 ; Van der Wolf et al., 1998 ; Lo Fo Wong et al., 2000)
- la conduite d'élevage (Van der Wolf et al., 1998 ; Lo Fo Wong et al., 2000 ; Van der Wolf et al., 2001)
- le statut sanitaire des porcs (Berends et al., 1996 ; Dahl et Wingstrand, 1997 ; Steenhard et al., 2002)
- l'alimentation : mode de distribution et caractéristiques physico-chimiques de l'aliment (Dahl et Wingstrand, 1997 ; Lo Fo Wong et al., 2000 ; Kranker et al., 2001 ; Van der Wolf et al., 2001)

Une étude réalisée à la Réunion en 2008 (Maeder S., 2008) a également permis de dégager quelques facteurs de risque quant au statut salmonelle :

La nature du caillebotis en maternité et en post-sevrage, la présence de matériaux manipulables en post-sevrage, le nombre élevé de bâtiments sur l'exploitation, la dératisation, la fréquence de vidange de la préfosse, la conduite en bande stricte en engraissement, le matériel propre à l'élevage et la propreté des abreuvoirs en maternité sont autant de facteurs influençant la présence ou l'absence de salmonelles (Maeder S, 2008)

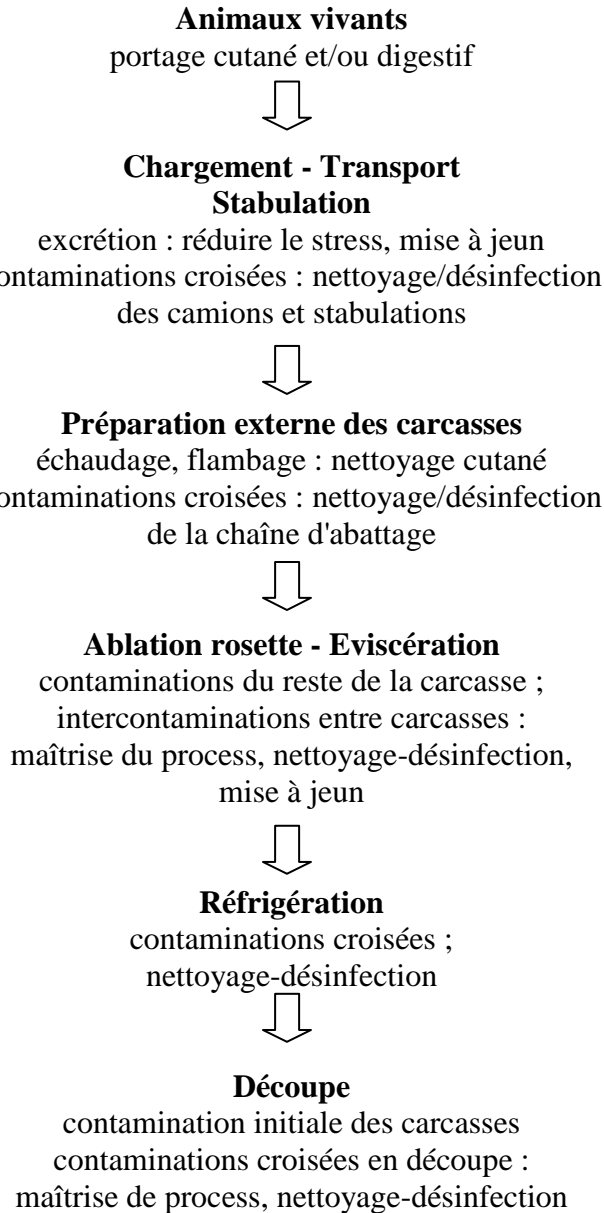
Actuellement en France métropolitaine, on estime à 37% la contamination en production (Gilles Salvat, AFSSA : communication personnelle) ; de nombreux élevages sont contaminés, mais la charge bactérienne semble relativement faible, ce qui est un élément à prendre en considération, puisque la charge bactérienne est un facteur important quant à la dangerosité envers l'homme.

Salmonelles en abattoir

Le schéma suivant résume les voies de contamination généralement décrites des carcasses par les salmonelles. De nombreuses études ont montré l'importance des phases de transport et d'attente des animaux (mise à jeun, limitation des stress, propreté des camions et des locaux), des phases d'éviscération et de l'hygiène en général sur la contamination finale des carcasses.

Cependant, le respect des différentes bonnes pratiques en la matière, même s'il permet de diminuer très fortement le niveau de contamination, ne le réduit pas à néant. (*Corrégé, 2001*)

Schéma 2 : Voies de contamination en salmonelles à l'abattoir (IFIP www.itp.asso.fr/)



L'abattoir étant le dernier maillon de la chaîne tout au long du processus d'élevage, il est indispensable qu'à cette étape le statut en salmonelle soit irréprochable.

Pour cela, il faut réussir à diminuer au maximum l'infection en élevage, et ensuite limiter voire anéantir le danger salmonelle en abattoir grâce aux différents processus que sont l'échaudage, le flambage etc., le tout dans le plus strict respect des règles d'hygiène.

2. Salmonelles et antibiorésistance

Les mécanismes

Plusieurs mécanismes de résistance différents ont été décrits chez les bactéries. Ces mécanismes sont l'inhibition enzymatique, l'imperméabilité de la membrane, les pompes à efflux, l'altération du ribosome-cible, l'altération de précurseurs cibles de la paroi cellulaire, l'altération des enzymes cibles et la surproduction d'enzymes cibles.

L'antibiorésistance s'explique par la présence, chez les bactéries résistantes, de mécanismes leur permettant d'échapper à l'action de certains antibiotiques. Cependant une bactérie résistante à un antibiotique peut demeurer sensible à d'autres. On distingue classiquement 2 formes de résistances, l'une dite « constitutive », l'autre dite « acquise ».

La résistance constitutive est une caractéristique propre à certaines espèces bactériennes pour lesquels tous les représentants de ces espèces possèdent un bagage génétique qui leur permet d'échapper à l'action de certains antibiotiques. Cette forme de résistance n'est pas véritablement préoccupante contrairement à la résistance acquise. Cette dernière est issue d'erreurs occasionnelles de réplication des gènes (mutations). Dans certains cas, les nouveaux gènes confèrent la capacité de résister à l'action d'un antibiotique, voire à plusieurs antibiotiques appartenant à une même famille (résistance croisée). Cette apparition d'un gène de résistance au niveau chromosomique peut résulter soit d'une mutation spontanée indépendante de l'action d'un antibiotique sélectionnant soit de l'altération par un antibiotique, doté d'un potentiel mutagène, du matériel génétique porté par les chromosomes des bactéries. Parfois les bactéries devenues résistantes sont capables de transférer leurs gènes de résistance à d'autres bactéries initialement non résistantes qui deviennent alors résistantes. La capacité de transfert de résistance dite chromosomique, c'est à dire inscrite dans le patrimoine génétique d'une bactérie est relativement limitée. Par contre si le caractère de résistance est porté par les plasmides, éléments d'acide nucléique extra-chromosomiques, la capacité de transfert est beaucoup plus importante, car elle peut résulter de la mise en œuvre de divers mécanismes : conjugaison, transformation, transduction. Cette capacité est d'ailleurs d'autant plus grande que la taille du plasmide portant ce gène de résistance est importante.

La résistance bactérienne peut être qualitative (résistance même à des doses élevées d'antibiotiques) ou quantitative (résistance à dose faible et sensibilité à dose élevée).

La rapidité d'acquisition de résistance et l'importance relative des différents modes d'acquisition (mutation, transfert) varient considérablement selon les espèces bactériennes.

Les échanges de gènes peuvent avoir lieu entre bactéries de même espèce ou non, et entre bactéries pathogènes et non pathogènes.

Avec le temps, certaines bactéries acquièrent des résistances vis-à-vis de plusieurs familles d'antibiotiques (souches multirésistantes). Ainsi *Salmonella Typhimurium* DT 104 est résistante à 5 voire 6 familles d'antibiotiques (Broes et Boutin, 2003). Elle résiste habituellement à l'amoxicilline/ampicilline, à la streptomycine et à la spectinomycine, aux sulfamides, au chloramphénicol/florfénicol et à la tétracycline (Weill X. et al., 2003).

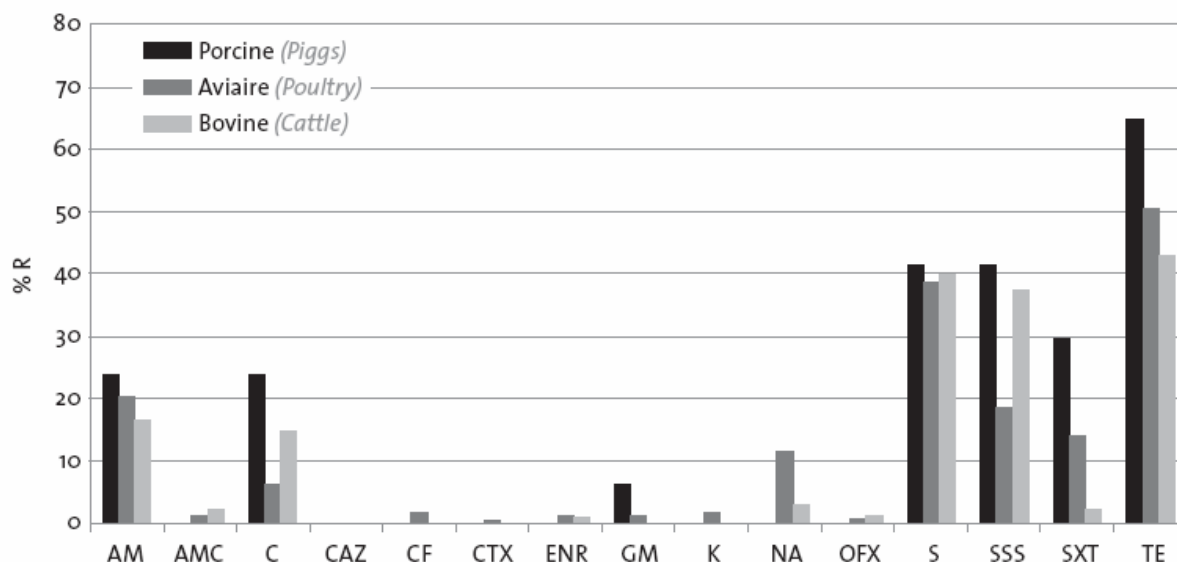
Antibiorésistance des salmonelles

On rencontre désormais souvent des souches de salmonelles multirésistantes et la fréquence de la pharmaco-résistance multiple a considérablement augmenté ces dernières années. Pire encore, certaines variantes de *Salmonella* ont développé une multirésistance qui fait partie intégrante de leur matériel génétique et sont par conséquent susceptibles de conserver des gènes de pharmaco-résistance même si l'on n'utilise plus les antimicrobiens concernés, situation dans laquelle d'autres souches résistantes perdraient en règle générale leur résistance.

L'émergence de salmonelles pharmacorésistantes répond à l'utilisation d'antimicrobiens chez les animaux d'élevage. La pression sélective résultant de l'emploi d'antimicrobiens est l'une des principales forces conduisant à l'apparition de cette résistance, mais d'autres facteurs doivent également être pris en compte. Certains sérotypes de salmonelles, par exemple, sont plus enclins à développer une résistance que d'autres. En outre, on observe régulièrement des variations importantes de la fréquence des sérotypes de *Salmonella* chez les animaux d'élevage et chez l'homme. On a ainsi récemment relevé la propagation à l'échelle mondiale, chez l'homme et certains animaux, d'une souche de *S. Typhimurium* multirésistante lysotype 104. Bien que la propagation de cette souche puisse avoir été facilitée par l'utilisation d'antimicrobiens, on pense qu'elle résulte principalement du commerce national et international d'animaux infectés.

Graphique 1 : Proportion de Salmonella Spp résistantes dans la filière porcine (France, 2004)

POURCENTAGE DE SOUCHES RÉSISTANTES DE SALMONELLA SPP.
ISOLÉES DU SECTEUR « SANTÉ ET PRODUCTION ANIMALE » EN FILIÈRE PORCINE (n = 17), AVIAIRE (n = 1230)
OU BOVINE (n = 110) EN 2004



Réglementation salmonelles

La nouvelle réglementation Européenne " zoonose ", après plusieurs années de discussions à Bruxelles, a été adoptée fin 2003. Deux textes en fixent le cadre : la directive 2003/99/CE, ayant pour objet la surveillance des zoonoses et le règlement 2003/2160/CE, qui, lui, s'intéresse à la maîtrise des risques, c'est-à-dire à la mise en place de plans de surveillance et d'amélioration. Les salmonelles sont tout particulièrement concernées par ces textes.

La directive prévoit la surveillance des zoonoses et des résistances microbiennes, l'étude épidémiologique des foyers de toxi-infections alimentaires collectives ainsi que des échanges d'informations entre les Etats-membres. La liste des zoonoses concernées, fixée dans deux annexes, est très exhaustive ; parmi celles-ci, les principales sont la Brucellose, la Campylobactériose, la Cryptosporidiose, l'Échinococcose, la Listériose, la Salmonellose, la Trichinellose, la Tuberculose et les infections par *Escherichia coli* vérotoxino-gène.

La surveillance doit s'exercer aux stades pertinents de la chaîne alimentaire, c'est-à-dire en élevage, en abattoir et aux autres stades de la transformation. Fait nouveau, l'alimentation animale sera, elle aussi, concernée. Les résultats de chaque Etat-membre seront communiqués annuellement à la Commission et rendus publics.

Concernant les sérotypes de salmonelles, ce texte prévoit " tous les sérotypes présentant un intérêt pour la santé publique ", ce qui en pratique, en filière porc, semble signifier " tous les sérotypes de salmonelles".

L'objectif, clairement annoncé dans ce règlement, est une réduction de la prévalence des salmonelles. Chaque État membre devra proposer à la Commission un plan de contrôle avec des objectifs en termes de diminution de prévalence et de délai d'obtention de cette baisse de prévalence.

Les contrôles devront porter sur l'alimentation animale, les animaux, les carcasses et la transformation. Le règlement ne fixe pas les méthodes de contrôle, mais stipule que le plan proposé devra préciser :

la liste des laboratoires agréés, les méthodes d'analyses utilisées, les plans d'échantillonnage, les mesures prises sur les prélèvements positifs pour assurer la santé publique, la proposition d'un guide de bonnes pratiques en élevage et des mesures d'hygiène à appliquer pendant le transport pour limiter la contamination. La Commission validera ou non chaque plan selon des critères qui ne sont pas précisés dans le texte.

Le principe des différents plans mis en place en Europe repose sur le classement des élevages selon leur niveau de risque de contamination en salmonelles, en distinguant deux ou trois niveaux, des mesures correctives étant mises en place uniquement dans les élevages les plus à risque. Les pourcentages d'animaux séropositifs conduisant au classement d'un élevage dans un niveau donné ont été fixés en fonction des capacités techniques et économiques de la filière à gérer ces élevages à risque. C'est ainsi que le taux d'élevages danois " à risque élevé " oscille de 5 % en 1995 à 3 % en 2004 (Corrégié I., 2008).

La réglementation Européenne exige aussi de raisonner le problème en terme de marge de progrès. Celle-ci est à adapter dans chaque pays, chaque État étant tenu de fixer ses propres objectifs : pourcentage d'élevages non conformes et délai pour l'atteindre.

Ainsi, dans un premier temps, une évaluation économique des mesures spécifiques dans les élevages à risques et des mesures à prendre lors de l'abattage de leurs animaux doit être réalisée pour fixer ensuite un pourcentage effectivement gérable par la filière française, de l'élevage jusqu'au produit remis au consommateur.

Une fois ce taux d'élevages non conformes " potentiellement gérable " déterminé, il faudra savoir à quel niveau fixer le seuil permettant de respecter cet objectif. (Corrégé I., Dubroca S., Minvieille B., Salaun Y., 2009)

3. Contexte de l'étude

L'étude qui a été envisagée vise à anticiper ces changements, et à fournir une évaluation de la filière porcine à la Réunion, en terme de prévalence de salmonelles, à mettre en relation avec les pratiques d'élevage et d'abattage

Nous avons cherché plus précisément ici de découvrir quels maillons de la filière sont le plus « sensibles » en terme de contamination en salmonelle, depuis l'élevage, le transport et jusqu'à l'abattoir.

En élevage porcin, le but fixé par la réglementation n'est pas l'éradication des salmonelles en élevage, comme cela peut être envisagé en volaille, où la réglementation vise des prévalences quasi-nulles. L'objectif est plutôt de ramener à un niveau acceptable la quantité de salmonelles retrouvées sur la viande en bout de chaîne, afin qu'elle ne présente aucun danger pour la consommation humaine.

Le cadre actuel de l'UE vise à une surveillance accrue de l'élevage, pour une amélioration continue, et durable.

Plusieurs étapes sont d'ores et déjà reconnues comme « à risque », comme la contamination précoce, le transport et l'attente liée qui provoque un stress et engendre la sortie et multiplication des salmonelles restées en dormance dans les macrophages, l'éviscération et la contamination croisée...

Les étapes de transport et de stockage des animaux avant l'abattage sont des étapes particulièrement à risque à l'égard de la contamination des porcs en Salmonelles et, par conséquent, des carcasses. En effet entre l'élevage et l'abattage, le pourcentage de porcs contaminés en Salmonelles au niveau digestif augmente (Fravalo, 1999 ; Hurd, 2001). Or il existe une forte relation entre le portage asymptomatique de Salmonelles et la contamination des carcasses en fin de ligne d'abattage. (Rossel R. et Al., 2002)

La connaissance de ces facteurs de risque a été importante dans la phase de création du questionnaire aux éleveurs, et l'on tentera de déterminer si ces facteurs de risque observés en métropole sont les mêmes qu'à la Réunion, si leur importance est identique ...

Un autre élément qui encourage une surveillance accrue des salmonelles, et l'apparition de résistances aux antibiotiques, certaines souches montrent des multirésistances inquiétantes, dont l'origine et l'évolution est encore mal connue. A priori l'utilisation en masse d'antibiotique serait un facteur important dans l'émergence des résistances.

4. La filière porcine à la Réunion

Cette étude a été menée au sein de la C.P.P.R (coopérative des producteurs de porc de la Réunion), née en 1974 de la volonté de quelques éleveurs de s'organiser pour améliorer la qualité et le rendement de leur production, et encadrée par le Cirad.

Une deuxième place derrière la filière avicole avec 8% de la valeur de la production agricole réunionnaise, soit le double de la filière bovine, un cheptel de 88.461 têtes, telles étaient en 2004 les principales caractéristiques de la filière porc à La Réunion, selon le ministère de l'Agriculture. C'est proportionnellement la filière la plus importante des DOM. La viande de

porc est souvent appréciée des Réunionnais. Le poulet d'abord, le porc ensuite et le bœuf enfin, des raisons historiques et culturelles spécifiquement réunionnaises expliquent ce classement.

Une forte coopérative

Derrière ces chiffres, des hommes qui luttent pour la survie de leur outil de travail. En témoigne la rude concurrence subie par les producteurs locaux de la part des importations. En France, la filière souffre d'une crise due à la surproduction. À La Réunion, le secteur est ébranlé par un phénomène semblable. Le BIMA du ministère de l'Agriculture n'hésite pas à évoquer une filière en difficulté, « *du fait d'une augmentation des importations de viandes fraîches et congelées, et d'une légère baisse de la consommation* ». Pour résister et faire de cette filière un outil au service du développement, c'est-à-dire créateur d'emplois mettant en valeur le savoir-faire péi par le biais d'une production de qualité, des éleveurs sont organisés depuis plus de 30 ans en coopérative. Fondée en 1974 par 14 éleveurs, la Coopérative des producteurs de porcs de La Réunion (CPPR) représente aujourd'hui « 70 à 75% de part de marché à La Réunion », indique-t-elle.

Professionnalisation et modernisation

Elle regroupe aujourd'hui 250 éleveurs et sa démarche montre qu'en s'unissant, il est possible de mieux se faire entendre.

La filière porcine à La Réunion se structure autour d'éleveurs, d'abattoirs, d'ateliers de découpe, de transformation et de conditionnement, de moyens logistiques et d'unité de traitements des déchets. Et au fil du temps, la filière se professionnalise et rivalise en qualité avec ses homologues européens.

Dans le détail, « une quinzaine d'éleveurs sélectionneurs ou multiplicateurs fournissent les autres adhérents en truies et verrats de reproduction ». La rationalité, l'équipement des élevages et le bien-être des animaux ont été sensiblement améliorés, note la C.P.P.R. qui relève des progrès dans l'isolation, la ventilation et un caillebotis intégral. Des avancées rendues possible par la modernisation des bâtiments et par l'investissement des producteurs dans le domaine de la formation. Aujourd'hui, un éleveur doit apprendre à maîtriser de nombreuses techniques comme le plan d'alimentation, le sexage des animaux, le plan de prophylaxie et l'hygiène.

Au début des années 70, à la suite des importants investissements dans la chaîne du froid réalisés pour favoriser les importations de viandes européennes congelées, les éleveurs voient la production locale s'effondrer.

Le 11 février 1974, 14 éleveurs s'unissent, décident de travailler ensemble et créent la Coopérative des Producteurs de Porcs de la Réunion. Leur engagement est simple : l'apport total de leur production à la Coopérative qui les paie selon la qualité des carcasses. En 1977, le système de quota mis en place permet à la Coopérative de développer les élevages en partageant la croissance entre un maximum d'éleveurs. En contrepartie de l'engagement durable des éleveurs, la Coopérative s'occupe de l'écoulement de leur production, et l'Interprofession (GIE-VIANDES à l'époque, ARIBEV aujourd'hui) leur assure la garantie du prix.

L'Interprofession fait jouer la solidarité entre la viande de porc locale et la viande de porc importée, sur lesquelles est prélevée une cotisation. Cette cotisation alimente une caisse de péréquation qui permet de réguler le marché local et de promouvoir le porc pays. En 1985, la C.P.P.R. participe à la création de la SICA VIANDES PAYS chargée de commercialiser les carcasses entières ou en morceaux de découpe. Cela permet aux clients bouchers-charcutiers et à la grande distribution naissante de mieux satisfaire les

consommateurs réunionnais. Un nouveau pas est franchi en 1988 quand la SICA VIANDES PAYS fabrique les premières barquettes de viandes de “porc pays”. La C.P.P.R. s’attaque alors à la modernisation de l’ensemble de la filière, ce qui aboutit, en 1993, à la mise en service du nouvel abattoir porcin SICABAT et des ateliers de la SICA VIANDES PAYS à Saint- Pierre. Les investissements ne s’arrêtent pas pour autant : en 1998, la plate-forme logistique Centrale Frais est créée pour livrer tous les magasins tous les jours tôt le matin.

En amont de la filière, 2 provenderies (URCOOPA et PROVAL) fournissent l’aliment. La filière porcine dispose d’un schéma d’amélioration génétique agréé par le Ministère de l’Agriculture et d’un centre d’insémination artificielle (CRIAP). Actuellement 75% des porcelets sont issus d’insémination artificielle.

La CPPR est née en 1974 de la volonté de quelques éleveurs de s’organiser pour améliorer la qualité et le rendement de leur production. Progressivement, de nouveaux éleveurs ont rejoint la structure de départ, et de nouveaux services se sont développés. La CPPR aide les producteurs de porcs à participer au processus de production moderne et de qualité, elle apporte la garantie d’écoulement de la production des éleveurs adhérents, et aide à valoriser la production locale à travers l’industrie agro-alimentaire. Aujourd’hui 190 éleveurs sont adhérents, représentant une production de plus de 9000 tonnes de viande. Au total 74 % de la production de viande porcine proviennent des éleveurs de la CPPR.

Les éleveurs du secteur coopératif sont principalement localisés dans la zone des Hauts. Ils fournissent les trois quarts de la production totale. Il s’agit d’élevages à caractère familial de dimension restreinte : 28 truies en moyenne, soit un dixième de la taille d’une exploitation métropolitaine moyenne. Contrairement au secteur non coopératif, les élevages adhérents à la Coopérative des Producteurs de Porcs de la Réunion sont soumis à un quota limitant leur taille : 45 truies au maximum (<http://www.reunion.chambagri.fr/-Les-productions-animales>). Il s’agit exclusivement de naisseurs-engraisseurs.

5. Objectif général

L’objectif général de ce stage était d’évaluer la contamination des carcasses de porc en fin d’abattage en fonction des étapes précédentes, à partir de la fin d’engraissement (départ des animaux de l’élevage), en passant par le transport, la mise à jeun et l’abattage à l’abattoir de Saint Pierre.

L’originalité de cette étude a été de suivre un même lot de porc afin de déterminer quelles sont les prévalences pour plusieurs souches de Salmonelles à chaque étape, d’identifier les étapes clefs de la contamination (profils de situation), et de déterminer quelles sont, à la Réunion les phases les plus « à risque », afin d’apporter un conseil ciblé auprès des opérateurs pour la maîtrise de ce risque.

On peut ainsi suivre l’évolution du statut en salmonelles des animaux depuis l’élevage jusqu’à l’abattoir, et émettre des hypothèses quant aux causes de la contamination.

Peu d’études ont été menées à la Réunion sur la thématique des salmonelles, tous les résultats obtenus pourront être comparés à ce que l’on retrouve en métropole, et à l’étude menée entre la filière porcine et avicole à la Réunion (Maeder S., 2008) et des mesures adaptées seront par la suite envisageables, compte tenu des spécificités de l’élevage réunionnais.

6. Objectifs spécifiques

Prévalence :

- Estimer la prévalence en salmonelle des élevages enquêtés
- Préciser l'évolution du statut en salmonelle des lots selon les différentes étapes et la diversité des pratiques
- Identifier les paramètres expliquant la contamination par Salmonella du lot de porcs

Sérotypes

- Décrire les principaux sérotypes retrouvés dans les élevages
- Préciser l'évolution des sérotypes retrouvés pour un lot selon les différentes étapes

Antibio-résistance

- Déterminer les résistances aux divers antibiotiques testés
- Décrire les profils de résistance les plus fréquemment observés

II. Matériel & Méthodes

Echantillonnage

Plusieurs critères ont été pris en compte dans la sélection des élevages à enquêter :

Les élevages ayant déjà été contrôlés lors d'une étude antérieure (Maeder S., 2008) ont été repris, afin de suivre l'évolution (ou de confirmer) leur statut.

Les lots issus de ces élevages ont été suivis jusqu'à la fin de l'abattage (voire jusqu'à l'atelier de transformation).

Les résultats obtenus en élevage ont pu ainsi être comparés à ceux obtenus l'année précédente.

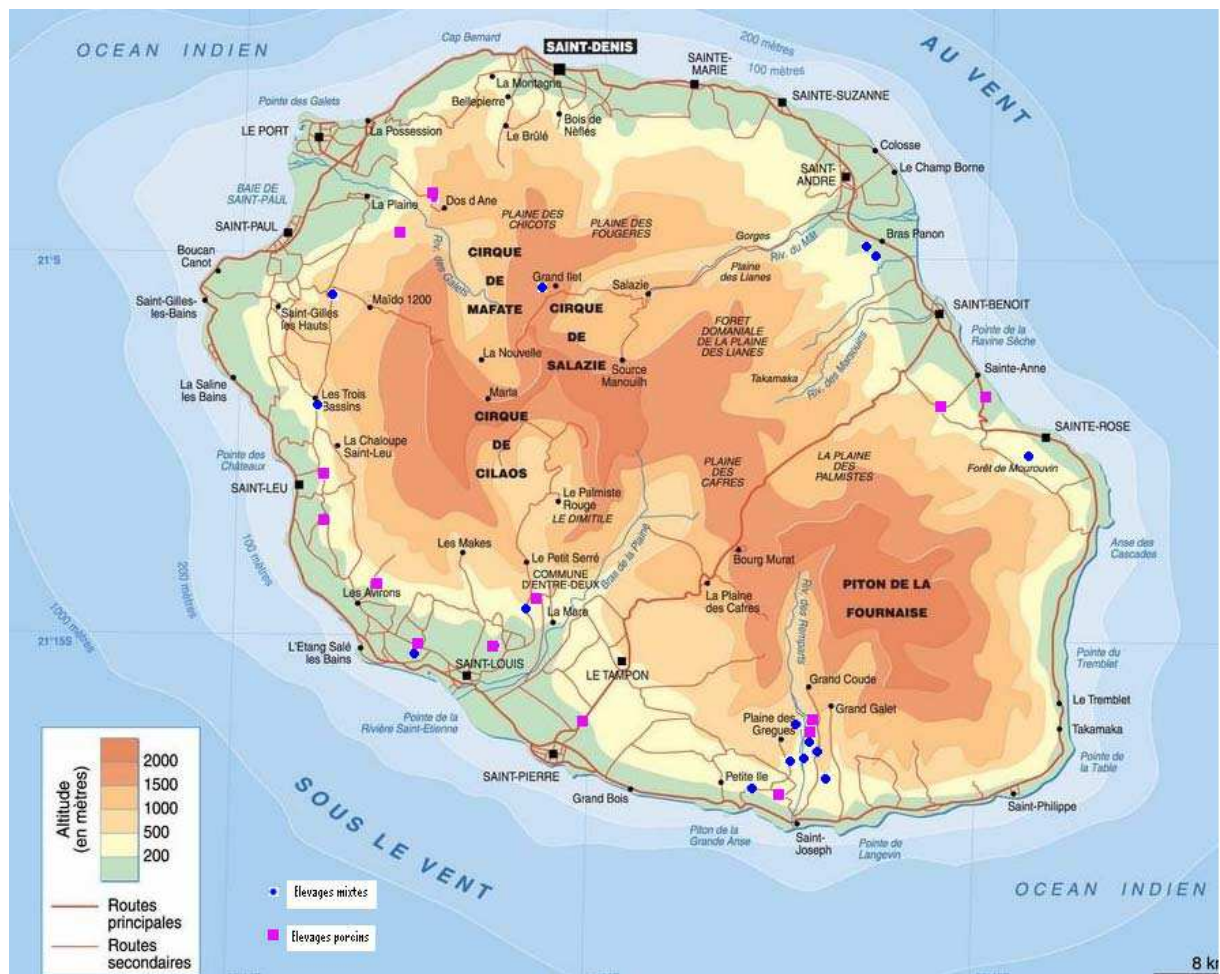
Période et lieu d'étude

L'étude de terrain concernant les prélèvements en élevage et abattoir s'est étendue du 25 Mai au 15 Aout.

Cette période est assez longue car dépendante en partie du planning de l'enlèvement des porcs et de la disponibilité de véhicules, en moyenne, 4 élevages par semaine peuvent être enquêtés. Les analyses laboratoire ont été réalisées dans les deux jours suivant les prélèvements terrains, pour des raisons de conservation, et nécessitent à chaque fois 5 jours de travail.

Les 40 élevages sont répartis sur la globalité de l'île, (voir carte ci-dessous), avec une majorité se situant dans « les hauts »

Carte 1 : Répartition géographique des exploitations étudiées.



Récolte de données et enquêtes de terrain

1. Questionnaire

L'élaboration d'un questionnaire a servi à la récolte d'information potentiellement importante pour mettre en évidence des pratiques à risque, et a permis de noter des observations sur le terrain.

Concernant le questionnaire, afin d'éviter les risques d'interprétation erronée, les questions sont élaborées de sorte à être courtes, en majorité fermées.

Le questionnaire concernera l'historique sanitaire de la bande et du lot étudiés, il permet également de collecter des données relatives aux mesures d'hygiène générale et de biosécurité depuis l'élevage jusqu'à l'abattage

Le questionnaire est composé de plusieurs parties, qui se réalisent aux différentes étapes de la chaîne, et se décompose ainsi :

- Elevage
- Transport
- Pré-abattage
- Abattage

Certaines questions concernent les pratiques d'élevage et sont donc directement adressées à l'éleveur, d'autres sont basées sur l'observation des différentes étapes et méthodes qui conduisent les animaux jusqu'à l'abattoir.

Les informations recueillies grâce à ces questionnaires et les résultats des analyses Salmonella ont été rassemblées dans une base de données Access ©. Cette table servira de base pour les analyses statistiques, notamment pour la mise en évidence des pratiques à risques, et permettra d'émettre des hypothèses quant aux raisons de la contamination des animaux aux différentes étapes de la filière.

2. Prélèvements

En parallèle du questionnaire, et afin d'obtenir des informations sur l'évolution du statut en salmonelle depuis l'élevage jusqu'à l'abattage, les prélèvements seront réalisés aux différents niveaux de la chaîne de production.

En fin d'engraissement :

Pédi-chiffonnettes dans les cases (sol et auge) et le long des murs, afin de confirmer le statut, et de procéder au sérotypage.

Ces prélèvements sont réalisés très tôt le matin, pendant l'enlèvement des cochons avec les transporteurs, et permettent également d'observer leur travail et les différences selon les personnes.

Les sur-bottes et pédi-chiffonnettes stériles sont enfilées juste avant de visiter les cases, et retirées juste avant d'en sortir. Il s'agit de bien passer dans les différentes cases dans lesquelles les animaux se sont trouvés afin de récolter une bonne diversité de fèces.

Durant le transport :

Chiffonnettes sur le dos de l'animal, sur dix porcs du même lot, prévoir 2 chiffonnettes, en fin de transport avant l'attente.

Ces prélèvements sont réalisés à l'arrivée à l'abattoir lors du déchargement, les lots n'étant pas encore mélangés à ce moment là.

Encore une fois cette étape permet de remplir le questionnaire par des observations notamment de l'état du camion avant et après le transport.

De plus, effectuer la tournée avec les chauffeurs est enrichissant puisqu'ils connaissent généralement bien les éleveurs, et peuvent fournir des renseignements intéressants sur des pratiques d'élevage, les conditions sanitaires générales, etc.

A l'abattage

Chiffonnettes sur une zone de 100cm² à l'aide d'un cadre en inox, en veillant bien à ne pas prélever au niveau d'une zone de coupe.

Des caecas seront prélevés sur la chaîne d'abattage, 10 traités séparément et placés dans des sacs stériles.

Cette étape est assez délicate puisqu'elle nécessite l'intervention d'une tierce personne. En effet il est difficile de réaliser à la fois les chiffonnettes, le prélèvement de caeca, et les observations générales, généralement un stagiaire de la CPPR était présent en soutien.

Parmi les difficultés rencontrées, parfois les lots arrivaient dans le désordre et il l'identification des caecas n'était pas toujours possible car les abats passent directement dans une arrière salle. Une fois encore, cette étape nécessitait l'aide d'une tierce personne.

Pour des soucis de temps de conservation, les échantillons étaient transportés au laboratoire du Cirad à St Denis dans les 2 jours. Il fallait veiller à une bonne concertation avec la technicienne afin d'apporter les échantillons à des dates qui permettent une analyse correcte, puisque 5 jours sont nécessaires pour chaque série de prélèvements.

Tout le matériel était commandé au LVD de St Denis la semaine précédente les prélèvements. Les échantillons étaient remontés depuis St Pierre jusqu'à St Denis en voiture deux fois par semaine (après chaque tournée) puisqu'ils doivent être analysés dans les 48 heures.

En moyenne deux tournées par semaines étaient possibles, sachant que les prélèvements s'échelonnent sur 2 jours (premier jour en élevage, second en abattoir).

Analyses microbiologiques

3. Analyses microbiologiques pour l'isolement et l'identification de Salmonella

La recherche de Salmonella nécessite 4 étapes successives, qui s'étalent sur 4 jours. (Société Française de microbiologie, 20007)

Phase une : pré-enrichissement.

Ensemencer la prise d'essai (10g dans 90ml ou 25g dans 225ml) dans l'eau peptonnée tamponnée stérile à température ambiante, puis incuber à 37°C pendant 20h-24h

Phase deux : enrichissement.

Cette phase est réalisée sur deux milieux sélectifs, Rappaport vassiliadis modifié (RVS) et Muller Kauffman au Tétrationate / Novobiocine (MKT).

L'incubation du bouillon MKT se fait à 37°C pendant 24h et celle du bouillon RVS à 42°C pendant 24h.

Phase trois : ensemencement

Se fait sur trois milieux sélectifs solides : le milieu Hektoen, le milieu XLD et le milieu SS permettent l'isolement et l'identification des Salmonella. Les milieux sont mis à incuber 24 h à 37 °C, puis les boîtes sont examinées afin de rechercher la présence des colonies susceptibles ou non d'être des Salmonella. Afin d'obtenir des souches pures, un ré-isolement est effectué à partir des colonies obtenues en isolement.

Tableau 1 : Les colonies caractéristiques à salmonella sur milieu

Milieu	Aspects des colonies suspectes
XLD	Colonies rouges avec ou sans centre noir
S.S	Colonies incolores avec ou sans centre noir
Hektoen	colonies bleues à centre noir ou bleu/vert, vert pour les salmonelles H ₂ S
Rambach	Colonies rouge fuchsia

Phase quatre : La confirmation

Elle est réalisée via une série de tests biochimiques : Hajna/Kligler, Simmons, urée, indole, ONPG, mannitol mobilité, catalase et oxydase qui permettent de mettre en évidence les caractères biochimiques (tableau 1) de *Salmonella* :

Le test de Kligler permet la recherche simultanée du lactose, du glucose, de la production de gaz, d'H₂S et de la β-galactosidase pour les bactéries lactose -.

La lecture de l'utilisation du lactose se fait sur la pente du tube : pente jaune lactose +, pente rouge, lactose -. La fermentation du glucose est décelée dans le culot : Culot jaune = glucose +, culot rouge = glucose -.

La production de H₂S est déterminée par une coloration noire du culot, et le dégagement gazeux est visualisé par une bulle d'air dans la gélose ;

Le test de Simmons permet de voir si le citrate est utilisé comme source de carbone (le virage au bleu indique un virement de pH par alcalinisation du milieu, dans ce cas la souche est citrate de Simmons +) ;

Le test à l'urée met en évidence la présence d'uréase. La coloration rouge traduit une alcalinisation du milieu suite à l'hydrolyse de l'urée et formation de carbonate d'ammonium. Pour la mise en évidence de la production d'indole, quelques gouttes du réactif de Kovacs sont ajoutées dans les tubes du milieu urée-indole. La dégradation du tryptophane est marquée par l'apparition d'un anneau jaune, pour les *Salmonella* qui sont dites indole négatif. Dans le cas contraire, nous avons un anneau rouge.

Le milieu mannitol/mobilité est utilisé pour rechercher la mobilité et l'utilisation du mannitol. Lorsque le milieu reste jaune la souche est mannitol +, et lorsque le milieu se trouble la mobilité est positive.

Le test Ortho-Nitro-Phényl-Galactopyranoside (ONPG) se fait sur les bactéries lactose - (pente du milieu Hajna/Kligler rouge à 24 heures).

Si la suspension reste incolore la souche est ONPG -, s'il y a virage au jaune, la souche est ONPG +

Tableau 2 : caractères biochimiques d'identification de *Salmonella*,

Milieux	Caractères biochimiques	<i>Salmonella</i> non typhiques	<i>Salmonella</i> typhiques	
			S.Typhi	S.Paratyphi A
Milieu Hajna-Kligler	Glucose	+	+	+
	Gaz	+	-	
	H ₂ S	+	+(faible)	-
	Lactose	+/-	-	
Milieu urée-indole	Uréase	-	-	
	Indole	-	-	
Milieu glycérol	Glycérol	-	-	
Milieu LDC	LDC	+	+	

Enfin cette série de tests est confirmée par une plaquette « Rapid-ONE » qui permet de confirmer les caractères biochimiques des Salmonella (figure 1).

Figure 1. Plaquette Rapid One (Salmonella spp.)



Le système rapid one de Remel est une méthode qualitative faisant appel à des réactifs chromogènes pour l'identification des entérobactéries ainsi que d'autres bacilles à oxydase – et gram - .

Chaque plaquette est constituée de plusieurs cavités contenant des réactifs. Après incubation de la plaquette 4 heures à 37 °C, la réactivité est observée par virage de la couleur. Il est nécessaire de rajouter des réactifs dans certaines cavités pour provoquer ce virage. Le profil de test positif et négatif qui en résulte sert de base à l'identification de l'isolat à tester par comparaison des résultats obtenus à des profils de réactivité enregistrés dans une base de données. Voir annexe 2 : Schéma du mode opératoire

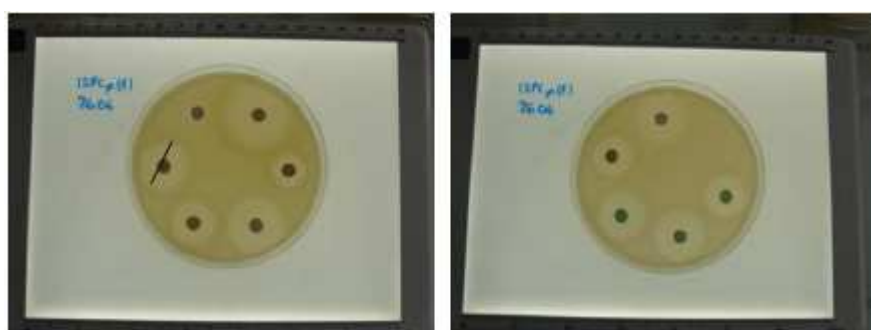
4. Méthode pour la Réalisation des antibiogrammes

L'utilisation de la méthode par diffusion des disques imprégnés d'antibiotiques et la mesure des diamètres sont réalisées selon la méthode de Kirby Bauer, méthode recommandée par l'OMS permettant d'évaluer la résistance et la sensibilité de chaque antibiotique.

Les disques d'antibiotiques sont déposés sur une gélose Hinton classique pour Salmonella (figure 7) et d'une gélose Hinton enrichie à 5 % de sang de cheval pour Campylobacter (figure 8). Après une incubation de 24h à 37°C pour Salmonella à atmosphère classique, la lecture se fait par mesure des diamètres des zones d'inhibition (figure 7).

Les données appliquées pour la lecture proviennent de méthodes reconnues (recommandations du comité de l'antibiogramme de la société Française de microbiologie)

Figure 2. Antibiogramme de Salmonella sur gélose Hinton.



Les diamètres critiques des souches bactériennes nous permettent de déterminer la sensibilité vis-à-vis d'un panel d'antibiotiques.

Le choix des antibiotiques a été fait en fonction de données bibliographiques et de façon à étudier plusieurs familles d'antibiotiques : aminosides (streptomycine et gentamicine), les céphalosporines (céfalotine), les phénicolés (chloramphénicol), les inhibiteurs de la β lactamase (amoxicilline/acide clavulanique), les pénicillines (amoxicilline), les macrolides (érythromycine), les sulfamides (triméthoprime/sulfaméthoxazole), les tétracyclines et enfin les quinolones (acide nalidixique et ciprofloxacine).

III. Résultats

Prévalences

1. Prévalence en élevage

En considérant qu'un élevage est positif si un des échantillons au moins a révélé des salmonelles, 18 ont permis l'isolement de *Salmonella* sur 27 élevages enquêtés.

Parmi ces élevages, 7 sont des élevages de porc strict, et 11 sont des élevages mixtes porc/volaille. Ces résultats ne permettent pas de mettre en évidence une différence significative dans la répartition des élevages positifs.

On observe également que l'isolement est le plus fréquemment réalisé au stade :

- Du caeca : 11 prélèvements positifs / 27
- Des pédichiffonnettes : 9 prélèvements positifs / 27
- Des chiffonnettes post-transport : 8 prélèvements positifs

Des chiffonnettes sur carcasse : 3 prélèvements positifs

2. Evolution du statut salmonella des lots selon les différentes étapes

Tableau 3 : évolution du statut des lots positifs

Code élevage	Statut fin engraissement	Statut post transport	Statut Carcasse	Caeca
1	+	-	-	-
2	-	-	-	+
3	+	+	+	+
4	-	-	+	+
5	+	+	-	+
6	-	-	-	+
7	+	+	-	+
8	+	-	-	-
9	-	+	-	-
10	+	+	+	+
11	-	+	-	+
12	-	-	-	+
13	-	+	-	-
14	-	-	-	+

15	-	-	-	+
16	+	+	-	-
17	+	-	-	-
18	+	-	-	-

Ce tableau résume le statut retrouvé lors des différents prélèvements d'un même lot dans le cadre de l'étude prospective.

Il permet de voir si un élevage est infecté dès l'élevage, s'il est contaminé à un autre moment, et si le statut évolue dans la chronologie des étapes.

Voici donc ce que l'on constate au niveau du suivi des lots :

- 4 lots négatifs en élevage ont subi une contamination lors d'une étape ultérieure, ce qui démontre l'existence de contaminations croisées
- La présence des salmonelles est le plus fréquemment observée au niveau des caecas
- A trois reprises, des salmonelles ont pu être isolées sur les carcasses en bout de chaîne à l'abattoir, malgré les étapes d'échaudage, flambage etc.
- A cinq reprises, des salmonelles ont été identifiées en élevage, mais pas retrouvées dans les caecas des lots correspondant.

Sérotypes majoritaires

Tableau 4 : Sérotypes de Salmonelles isolés

Sérotype isolé	Nombre d'échantillons
<i>S.Typhimurium</i>	<u>17</u>
<i>S.Derby</i>	<u>7</u>
<i>S. Tennessee</i>	<u>3</u>
<i>S. Weltevreden</i>	<u>1</u>

On observe que dans 60 % des cas le sérotype majoritairement retrouvé est *S.Typhimurium*. Viennent ensuite les sérotypes *Derby* et *Tennessee* qui représentent respectivement 25% et 10 % des cas isolés

3. Sérotypes par lot aux différentes étapes

Tableau 5 : Evolution des sérotypes isolés selon les étapes

Code élevage	Sérotype fin engraissement	Sérotype post transport	Sérotype Carcasse	Sérotype Caeca
1				
2				<i>Derby</i>
3	<i>Typhimurium</i>	<i>Typhimurium</i>	<i>Typhimurium</i>	<i>Typhimurium</i>
4			<i>Typhimurium</i>	<i>Typhimurium</i>

5	<i>Typhimurium</i>	<i>Typhimurium</i>		<i>Typhimurium</i>
6				<i>Typhimurium</i>
7	<i>Tennessee</i>	<i>Tennessee</i>		<i>Tennessee</i>
8	<i>Typhimurium</i>			
9	<i>Weltevreden</i>			
10	<i>Derby</i>	<i>Derby</i>	<i>Derby</i>	<i>Derby</i>
11		<i>Typhimurium</i>		<i>Typhimurium</i>
12				<i>Typhimurium</i>
13		<i>Typhimurium</i>		
14				
15				<i>Typhimurium</i>
16	<i>Derby</i>			<i>Derby</i>
17	<i>Typhimurium</i>			
18				

On peut observer le suivi des sérotypes isolés par lot et ainsi voir si les mêmes sont retrouvés aux différentes étapes, ou non. Ceci permet d'avoir un indice supplémentaire sur l'existence de contaminations croisées.

Antibiorésistance

4. Résistance des salmonelles aux différents antibiotiques

Comme on peut le voir dans le tableau ci-dessous, des résistances importantes sont observées pour 3 antibiotiques notamment (88% de résistances des souches aux tétracyclines et à la streptomycine, et 100% des souches résistantes à l'érythromycine.).

Des résistances plus ponctuelles ont pu être observées pour la gentamycine, la Triméthoprime-Sulfaméthoxazole dans respectivement 11.8% et 5.9 % des cas.

La ciprofloxacine est la seule molécule pour laquelle aucune résistance n'a été remarquée.

Pour toute l'analyse, les cas intermédiaires (diamètre d'inhibition), sont considérés positifs.

Tableau 6 : Répartition des résistances selon les antibiotiques

	TE	GN	SXT	Cf	NA	CIP	AM	AMX	E	C	S
Nombre R	15		1	3	11	0	5	11	17	3	15
% R	88,2	11,8	5,9	17,6	64,7	0,0	29,4	64,7	100,0	17,6	88,2
Nombre S	2	15	16	14	6	17	12	6	0	14	2
% S	11,8	88,2	94,1	82,4	35,3	100,0	70,6	35,3	0,0	82,4	11,8

Te = Tétracycline ; GN = gentamycine ; SXT = triméthoprime_sulf ; CF = céfalotine ; NA = acide nalidixique ; CIP = ciprofloxacine ; Am = amox/acide clavulanique ; AMX = amoxicilline ; E = érythromycine ; C = chloramphénicol ; S = streptomycine

5. Répartition des multirésistances

On peut également observer la répartition des échantillons selon le nombre de résistances qu'ils présentent, et l'on remarque ainsi que 100% des échantillons présentent une ou plusieurs résistances aux antibiotiques testés...

On note également que 70 % des souches présentent 5 résistances et au delà.

Tableau 7 : Répartition des échantillons selon le nombre de résistances

Nombre de Résistances	Nombre d'échantillons
1R	1
2R	1
3R	3
4R	0
5R	6
6R	2
7R	3
8R	1

6. Profil des résistances

On note qu'il existe une grande variété de profils de résistance, avec un nombre élevé de multirésistances.

Tableau 8 : Répartition du nombre d'échantillons selon les profils de résistance

Profil de résistance	Nombre d'échantillons
Te, GN, E, C, S	1
Te, E, S	1
TE, GN, NA, AM, AMX, E, S	1
TE, NA, AMX, E, S	1
TE, CF, NA, Am, AMX, E, S	1
TE, CF, NA, AM, AMX, E, C, S	1
TE, NA, AMX, E, C, S	1
TE, AM, AMX, E, S	1
TE, CF, NA, AM, AMX, E, S	1
TE, E, S	2
TE, NA, AMX, AM, S	1
TE, SXT, NA, AMX, E, S	1
TE, NA, AMX, E, S	2
NA, E	1
TE, NA, AMX, E, C, S	1

Une grande diversité de profils a été retrouvée. Dans ce cas on observe que seulement 2 couples de souches semblables sont retrouvées à deux reprises. 75% des souches retrouvées semblent être uniques.

Pour *S.Typhimurium*, la souche la plus souvent isolée, le profil de résistance le plus commun est une

Tableau 9 : Répartition des résistances de S.Typhimurium

	TE	GN	SXT	Cf	NA	CIP	AM	AMX	E	C	S
Nombre R	7	0	0	3	5	0	4	6	7	2	7
% R	100	0	0	42	71	0	57	85	100	28	100
Nombre S	0	7	7	4	2	7	3	1	0	5	0
% S	0	100	100	57	28	100	42	14	0	71	0

Pour *S. Typhimurium*, le sérotype le plus couramment observé, on observe des résistances systématiques à la tétracycline, l'érythromycine et la streptomycine, ce qui est en accord avec les tendances générales tous sérotypes confondus, un peu supérieur tout de même.

Aucune résistance à la gentamycine et au triméthoprime Sulfaméthoxazole n'a été observée pour ces souches.

Toutes ces souches ont révélées un nombre élevé de multirésistances :

6 souches ont montré 5 résistances au moins (5 ; 5 ; 6 ; 7 ; 7 ; 8), une souche a montré 3 résistances (profil classique TE ; E ; S).

Ces résultats encore une fois ne semblent pas mettre en évidence des différences particulières par rapport à l'ensemble des autres souches, cependant le nombre d'antibiogramme réalisé avec des *S. Typhimurium* est assez réduit, 7 souches testées seulement.

Analyse Statistique et facteurs de risque

Pour chaque variable étudiée, un test du χ^2 est effectué afin de mettre en évidence les facteurs de risques les plus significatifs, en regard du statut en salmonelle des différentes étapes.

C'est ainsi que 6 pratiques à risques se distinguent, à partir des données récoltées grâce au questionnaire réalisé depuis l'élevage jusqu'à l'abattoir.

Sont considérées significativement associées à la présence de salmonelles, les modalités dont la p-value est supérieure à 0.25 au seuil 95%.

Tableau 10 : Identification des facteurs de risque en élevage

Variables explicatives	P. Value
Nombre de bandes	0,9105104
Nombre de truies par bande	0,7260952
Nombre de truies total	0,3881247
Présence d'autre espèce	0,6957404
Proximité entre les bâtiments	0,6791086
Statut salmonelle 2008	0,4113138

Tableau 10 : Identification des facteurs de risque pendant l'attente

Variables explicatives	P. Value
Aire	0,2986976
Sol	0,4435984
Arrivée d'eau	0,009374768
Nettoyage post-enlèvement	0,002736574
Nombre de porcs sur l'aire	0,5796393
Alimentation pendant attente	0,2986976
Abreuvement	0,2986976
Durée attente	0,5796393

Tableau 11 : Identification des facteurs de risque pendant le transport

Variables explicatives	P. Value
Etat du sol (camion)	0,2800769
Etat des murs	0,3016109
Etat des barrières de séparation	0,5511488
Embarquement pratique	0,3336972
Vêtements du chauffeur adéquats	0,3016109
Durée du transport	0,9432065
Mélange de lots d'élevages différents	0,8815458
Nombre d'élevage différents	0,6122735
Durée du chargement	0,1870388
Nombre de personne pour le chargement	0,7993389
Mélange charcutiers/truie de réforme	0,1353996

Tableau 11 : Identification des facteurs de risque à l'abattoir

Variables explicatives	P. Value
Persistance de poils	0,3864762
Contact viande / peau	0,6650055
Déversement tractus digestif	0,1939309
Nombre de carcasses souillées	0,2745758
Rythme de la chaine	0,4113138
Quantité d'animaux	0,7818140
Statut précédent	0,1647253

IV. Discussion

Méthodologie

1. Echantillonnage et prélèvements

Afin d'avoir une idée de l'évolution du statut par rapport à l'année précédente, et de travailler avec des élevages sur lesquels des informations étaient disponibles, l'échantillon des 27 éleveurs prélevés a été choisi parmi les éleveurs enquêtés pour une étude sur les salmonelles en 2008.

Ces élevages sont situés sur l'ensemble de l'île et permettent donc une bonne couverture géographique de la Réunion.

Parmi ces élevages, la moitié est des éleveurs de porc strictement, et l'autre moitié est constituée d'éleveurs mixtes porc/volaille, et permet de mettre en évidence des différences éventuelles entre ces 2 types d'élevage.

Pour les prélèvements réalisés en élevage, durant le transport, et en abattoir, tous ont été réalisés par une seule personne, ce qui permet d'avoir une homogénéité et une uniformité des prélèvements et donc des résultats.

Pour certains prélèvements, les caecas en abattoir, la présence d'une tierce personne était nécessaire afin de pouvoir identifier les lots avec les échantillons correspondants. Pour limiter les biais, cette personne fut la même tout au long de la période de prélèvements.

De même les questionnaires d'enquête ont tous été renseignés par une seule et même personne, ce qui évite les biais dus à l'interprétation que pourraient avoir plusieurs personnes distinctes. Les réponses aux questionnaires ont parfois mérité quelques modifications, notamment lorsque les propos des éleveurs différaient des observations faites sur le terrain.

L'étude n'a pu représenter qu'un faible nombre d'élevages, puisqu'afin de pouvoir suivre les lots depuis l'élevage jusqu'à l'abattoir, il fallait attendre les périodes d'enlèvements des porcs par la CPPR. Le suivi d'un lot était la priorité plutôt que le nombre d'élevages.

Cependant, pour chaque élevage et lot étudiés, les prélèvements ont été réalisés de manière identique, afin que les résultats soient le plus fiable possible.

En accord avec les données bibliographiques et en raison de l'excrétion intermittente, nous avons décidé de collecter les fèces non pas directement mais par l'intermédiaire de pédichiffonnettes ; ce qui permet d'augmenter la sensibilité de la méthode d'analyse

(Arnold *et al.* 2005, Farzan *et al.*, 2008).

Les fèces étaient ramassées directement sur le sol à l'aide de pédichiffonnettes des cases d'engraissement pour les prélèvements d'élevage. Pour chaque élevage, la collecte a été réalisée sur une surface couvrant la globalité des cases d'engraissement, afin de couvrir toutes les zones potentiellement contaminées.

Cette méthode de chiffonnage a été aussi préférée pour les mêmes raisons pour les prélèvements après transport et à l'abattoir.

2. Analyses microbiologiques

Pour la recherche de salmonelles, deux méthodes sont possibles, la sérologie et la bactériologie.

La bactériologie a été choisie car elle permet de déterminer le statut de l'animal ou de l'élevage au moment du prélèvement, quand parfois en sérologie la séroconversion est longue, voire inexistante dans l'intestin. De plus en sérologie, du fait de la longue persistance des anticorps, on a un fort risque d'obtenir de faux positifs.

La bactériologie permet de mieux qualifier le risque, mais nécessite de réaliser de nombreux prélèvements à cause de l'excrétion intermittente. Elle impose également de tenir compte des contaminations croisées éventuelles, une standardisation de la méthode de prélèvement, une conservation au froid des échantillons et une analyse dans les 48 heures.

Dans le but d'assurer une véritable répétabilité, les analyses ont toutes été réalisées par une technicienne de laboratoire familiarisée avec les techniques utilisées, ayant déjà pratiqué la recherche de salmonelle. Les analyses ont été réalisées de manière standardisée selon les normes reconnues efficaces AFNOR V08-052 pour la recherche de salmonelles.

Les sérotypages furent également réalisés par cette même personne au laboratoire vétérinaire départemental, après une formation auprès d'un microbiologiste confirmé, en suivant la Méthode Kaufmann Le Minor (François-Xavier Weill, 2009)

Résultats

3. Prévalences observées

La prévalence retrouvée au cours de cette étude (66% de positifs), est relativement élevée, en comparaison à ce que l'on peut retrouver dans d'autres pays.

Une étude récente en Espagne a démontré une prévalence de 43% d'élevages positifs, pour 243 élevages enquêtés (Carina Garcia-Feliz et Al., 2009).

En France métropolitaine, une étude réalisée en 2003 avait montré une prévalence de 36% d'élevages positifs, sur un total de 105 élevages (Fablet et Al., 2003).

Entre 2004 et 2005, une étude sur les différents sérovars retrouvés en Ethiopie a décelé 43% de positivité quant aux salmonelles, sur 278 élevages.

Entre 2000 et 2003, en Thaïlande, une étude transversale menée dans les fermes, les abattoirs et sur les animaux, mettait en évidence des prévalences respectives de 6%, 28% et 29% (Paguntod et Kaneene, 2006).

Les chiffres retrouvés à la Réunion semblent donc plus élevés que ce que l'on retrouve dans différents pays, aussi bien pour les pays tropicaux que pour les latitudes Européennes.

Cependant, une étude similaire réalisée en 2008 à la Réunion (Maeder S., 2008), avait également mis en évidence une prévalence de 60%, sur 30 élevages identifiés. Ces chiffres

semblent confirmer une tendance selon laquelle les élevages réunionnais présentent un fort taux d'infection en salmonelles.

On observe que pour certains prélèvements positifs en élevage, les salmonelles ne furent pas systématiquement isolées dans les caecae des lots correspondants. Ceci peut être dû à de mauvaises pratiques de nettoyage et désinfection, sachant que les salmonelles sont des bactéries résistantes qui peuvent survivre plusieurs mois dans l'environnement. A titre d'exemple elles peuvent résister plusieurs années dans des excréments desséchés, un an dans le sol et 120 jours dans l'eau douce. En l'absence de nettoyage-désinfection approprié de cet environnement et à la faveur d'un délai suffisant,

Les porcs indemnes peuvent donc se contaminer en Salmonelles et de ce fait le risque ultérieur de contamination des carcasses est accru. (Rossel R, 2002)

Inversement, des lots d'animaux pour lesquels des prélèvements ont été positifs au niveau des caecae, n'ont pas révélés de salmonelles en élevage. Cependant, une bactériologie négative ne signifie pas absence de salmonelles car l'excrétion se fait de manière intermittente, et les prélèvements ne sont pas réalisés de manière répétée sur une longue période.

A trois reprises, on remarque que des prélèvements négatifs en élevage, vont se révéler être positifs à la sorti du camion. Plusieurs explications à ce phénomène sont envisageables :

- Cela peut être du à des contaminations croisées, par les animaux d'un élevage infecté qui se trouvaient également dans le camion à ce moment la. Du fait de la forte promiscuité des porcs à ce moment, et aussi parce que parfois jusqu'à quatre élevages différents peuvent être mélangés, cette étape peut être fortement suspectée en terme de lieu de contamination en salmonelles.

- Cela peut également être du au camion en lui-même, qui est souillé en permanence par les porcs, et qui n'est pas toujours nettoyé régulièrement. En effet, le matin, les chauffeurs partent en général pour deux tournées. Après les premiers ramassages, les animaux sont déposés à l'abattoir, puis le chauffeur part pour une seconde tournée. Cependant le camion n'est pas nettoyé à ce moment, bien qu'il puisse être fortement souillé lors de la tournée précédente, favorisant encore une fois l'infection de porcs provenant d'un élevage sain.

De plus, Le stress augmente l'excrétion fécale de salmonelles par les porteurs sains qui contaminent les camions et les porcheries d'attente de l'abattoir (Mircovitch C. et Al., 2006)

La contamination des porcheries d'attente à l'abattoir est donc un facteur de risque important (Rostagno et al, 2003 ; Beloeil et al, 2004).

Les étapes de transport et de stockage des animaux avant l'abattage sont des étapes particulièrement à risque à l'égard de la contamination des porcs en Salmonelles et, par conséquent, des carcasses (Rossel R., 2002). En effet entre l'élevage et l'abattage, le pourcentage de porcs contaminés en Salmonelles au niveau digestif augmente (Fravalo, 1999 ; Hurd, 2001, Swanenburg et al, 2001).

Enfin, des chiffonnages réalisés sur les carcasses ont révélés à 3 reprises des contaminations en salmonelles, malgré les étapes précédentes d'échaudage, d'épilage, flamage etc.

Reste à déterminer si ces processus ne permettent pas l'élimination de toutes les bactéries, ou est-ce que la carcasse est contaminée à nouveau pendant les étapes d'éviscération, comme pourraient l'indiquer certains facteurs de risque à l'abattoir.

4. Facteurs de risque

On sait qu'il existe une forte relation entre le portage asymptomatique de Salmonelles et la contamination des carcasses en fin de ligne d'abattage : un animal vivant porteur digestif de

Salmonelles aurait 3 à 4 fois plus de chances qu'un animal indemne de donner une carcasse contaminée (Berends et al., 1997).

Ces nouvelles contaminations lors du transport et du stockage à l'abattoir surviennent à la faveur de différents facteurs notamment le mélange d'animaux de statuts sanitaires différents dans des conditions de « stress » important. Ce « stress », lié au transport et aux mélanges d'animaux, relance voire augmente l'excrétion de Salmonelles par les animaux porteurs. Par ailleurs il rend les animaux indemnes plus sensibles à l'infection par les Salmonelles. Les contaminations croisées sont donc favorisées.

Les observations réalisées lors des prélèvements sur le terrain viennent confirmer cette tendance : En effet, on sait que les mesures de biosécurité sont d'une importance capitale en matière de contrôle des salmonelles.

Les facteurs de risque les plus mis en avant par le questionnaire sont les suivants :

En élevage, une aire d'attente en caillebotis semble diminuer le risque, par rapport à d'autres surfaces (béton etc.), l'absence d'arrivée d'eau sur le quai est considérée comme à risque, tout comme l'absence de nettoyage et désinfection après l'enlèvement, l'alimentation et l'abreuvement pendant l'attente.

Ces éléments peuvent être considérés comme des indicateurs d'hygiène, c'est pourquoi il n'est pas étonnant de les voir ressortir. Pour l'alimentation et l'abreuvement, il a déjà été démontré que la mise à jeun avant l'abattoir diminue les risques de contamination (Wayne Du, 2005)

Durant le transport, l'état de salubrité du sol notamment du véhicule, la longue durée du chargement et le mélange des porcs charcutiers et des truies de réforme semble augmenter le risque. Ceci apparaît évident, puisque la proximité des animaux dans le véhicule en fait un lieu d'infestation idéal, et si un lot de porcs contaminés vient d'être transporté, la probabilité que le lot suivant se contamine à ce moment est grande.

Enfin à l'abattoir, le déversement de tractus digestif, le nombre important de carcasses souillées seraient des facteurs de risque quant à la contamination à cette étape. Enfin les élevages dont le statut était positif l'an dernier semblent plus enclins à être contaminés.

Ceci est confirmé par les observations faites sur le terrain pendant les étapes de l'attente et du transport, où les conditions d'hygiènes ne sont pas toujours optimales. Tous les éleveurs ne pratiquent pas le nettoyage et la désinfection de l'aire d'attente après le passage du camion de la CPPR, ce qui peut permettre aux salmonelles de survivre dans l'environnement et de contaminer les lots de porcs suivants ultérieurement. (Voir photos en annexe)

De même, au niveau du transport, les véhicules sont en général nettoyés et désinfectés en fin de semaine, et rarement le reste du temps. Entre deux tournées, les camions ne sont pas nettoyés, bien que parfois fortement souillés par les animaux des élevages précédents.

Ces étapes sont donc des moments clefs du contrôle des contaminations croisées, et mériteraient des études plus approfondies, notamment au niveau du transport. Il serait intéressant de réaliser des prélèvements sur le camion, avant la première tournée, puis avant la seconde, afin de suivre une éventuelle évolution de la contamination.

Le processus de nettoyage étant réalisé en fin de semaine (le vendredi généralement), il serait également judicieux de surveiller l'évolution du statut du véhicule tout au long de la semaine.

Dans l'organisation des tournées, en ayant connaissance du statut en salmonelle des élevages, il pourrait être bénéfique de commencer par des élevages sains, afin qu'ils ne puissent subir les contaminations d'un élevage précédent contaminé. On peut également envisager de dédier des tournées spécifiques aux élevages les plus infectés.

Idéalement, un nettoyage du camion après chaque tournée, ou à la fin de chaque journée de travail. Ceci pourrait diminuer la charge bactérienne au sein du véhicule, et ainsi éviter la contamination d'animaux sains.

En résumé, il serait d'un intérêt sanitaire certain de séparer dans le temps et l'espace la gestion des élevages les plus contaminés, et d'insister sur les processus de nettoyage et désinfection.

Afin de permettre la mise en place de telles mesures, il faudrait commencer à procéder à une identification des élevages les plus touchés par la salmonelle, comme le prévoit la loi sur les salmonelles, qui sera mise en place en 2011.

5. Sérotypes

De nombreux sérotypes différents sont retrouvés au cours de l'isolement des salmonelles, et il est important dans le cadre d'un programme de surveillance de contrôler la répartition des sérovars selon les filières animales, leur diversité selon le milieu et le climat, et l'évolution des sérotypes qui sont en expansion.

Selon une Eude Française réalisée par l'Afssa, le sérovar Typhimurium fut toujours le principal sérovar isolé. Ce sérovar, en augmentation générale, l'est dans les trois secteurs cette année. Cela représente 18,7% des souches isolées en 2004 dans le secteur Santé et production animales, 17,3% des souches isolées en 2004 dans le secteur Hygiène des aliments et 33,2% des souches isolées en 2004 dans le secteur Ecosystème naturel contre respectivement 15,8%, 15,7% et 22,8% des souches isolées en 2003. (Rapport AFFSA, 2004)

L'évolution des principaux sérovars, par ordre d'importance décroissant, est la suivante :

Typhimurium, en très forte hausse (25,3% des souches isolées en 2003, 40,2% en 2004), Derby, en baisse sensible (28,1% des souches isolées en 2003, 19,6% en 2004), Infantis, en très forte baisse (24% des souches isolées en 2003, 9,8% en 2004), Kedougou, en progression (1,4% des souches isolées en 2003, 4,3% en 2004), tout comme Agona (2,3% des souches isolées en 2003, 4,3% en 2004), Livingstone et Schwarzengrund, en progression chacun (2,8% des souches isolées en 2003, 3,3% en 2004) et S. I 4,12:i-, également en augmentation (0,9% des souches isolées en 2003, 3,3% en 2004).

En France Métropolitaine, une étude sur les facteurs de risque en élevage porcin, a révélé la prédominance de S. Derby (51%), suivi de S. Typhimurium (38%), puis d'autres sérovars en proportion moindre, tel que S. Infantis, Anatum, Brandenburg, Newport etc. (Beloil, 2004) Une étude sur les sérovars de salmonelle menée en Ethiopie en 2004 montre une prédominance de sérotypes différents de ceux régulièrement trouvés en Europe : 30% des sérotypes correspondaient à S. Hadar, 26% à S. Eastbourne, 24% à S. Saintpaul, et seulement 7,5% de S. Typhimurium. Au total un grand nombre de sérovars a été identifié, 17 au total, avec de faibles proportions pour certains (Aragaw K. et Al., 2007)

Toujours en comparant avec l'étude de 2008 à la Réunion, pour la filière porcine, il y avait une large dominance du sérotype S. Typhimurium (70%), suivi de S. Newport (11%), puis S. Veijle, Weltevreden et Grampion à la hauteur de 6%.

Cette année, nous retrouvons encore une fois une large proportion de S. *Typhimurium* (60 %), suivi de l'apparition de S. *Derby*, fréquemment retrouvé (25%).

Grâce à l'étude prospective et au suivi des lots aux différentes étapes, les sérotypes peuvent également indiquer d'éventuelles contaminations croisées, notamment si les sérotypes retrouvés aux différentes étapes ne sont pas les mêmes.

Dans ce cas, on constate que pour un même lot contaminé à différents moments, le même sérotype est retrouvé à ces différentes étapes.

Ceci peut s'expliquer par le fait qu'une contamination précoce d'un animal par un sérotype précis, va permettre à cette souche de s'installer préférentiellement et limiter l'infection par d'autres sérotypes (Cardinale Eric, 2009)

On peut se poser la question quant à l'apparition du sérotype derby sur le territoire Réunionnais, alors qu'il est plus régulièrement associé à des contaminations en France métropolitaine, d'autant plus que *S. Derby* est impliqué dans des toxi-infections alimentaires relativement sévères.

Cette arrivée récente du sérotype *S. Derby* pourrait être due aux échanges qui ont lieu entre la France et la Réunion en matière de viande de porc.

Tableau 12 : Evolution de la production locale et échanges France / Réunion

	2000	2005	2006	Evolution 2006 /2000
Production locale (tonne)	12 534	12 675	12 368	- 1,3 %
Dont production CPPR (en tonne)	8 866	9 452	9 186	+3,6%
Part de marché CPPR	71%	74%	74%	+4,2%
Importation de viande fraîche en tonne	1 222	2 518	2 600	+112,7%
Taux d'approvisionnement de la production locale en frais	91,1%	83,4%	82,6%	-9,31%
Importation viande à transformer	8 280	7 505	9 031	+9,1%
Taux d'approvisionnement global de la production locale	56,9%	55,8%	51,5%	-9,4%

Sources : (douanes – ARIBEV)

Comme en témoigne le tableau ci-dessus, il existe des échanges entre la France métropolitaine et la Réunion, dont l'importation de viande fraîche qui s'est fortement intensifiée ces dernières années pour répondre aux besoins des consommateurs.

Ce commerce pourrait être une explication quant à l'introduction du sérovar Derby à la Réunion, il est toutefois difficile de retracer le chemin qu'auraient parcourues les bactéries, pour finalement arriver dans les élevages de la Réunion.

6. Antibio-résistance

Le nombre de résistance retrouvé est très élevé, puisque 100% des souches sont résistantes à un antibiotique au moins.

Ce phénomène n'est pas une première et a été souvent décrit dans la littérature, il en demeure tout de même inquiétant.

De plus, la capacité de résistance aux antibiotiques, est amplifiée par la transmission de résistance par des plasmides d'*Escherichia coli*. La conséquence est l'émergence de souches polyrésistantes aux antibiotiques (Corrége Isabelle, 2001).

Récemment, une étude américaine a démontré une résistance de 75% de souches de salmonelles à un antibiotique au moins, et 38 % de ces souches présentaient 6 résistances au moins (Aaron M. Lynne et Al., 2009).

En 2002 en Espagne, Usera *et al.*, décrivaient que 96.3% des souches de salmonelles (208/216) de porcs de leur étude étaient résistantes à au moins un antibiotique et que 64.8 % (140/216) étaient résistantes à 4 antibiotiques ou plus. En 2000 toutes les souches de *S. Typhimurium* étaient sensibles à la ciprofloxacine et à la céfalotine. Les résistances communes étaient des résistances à l'ampicilline, au chloramphénicol, à la streptomycine, aux sulfonamides ou à la tétracycline seule ou avec d'autres antibiotiques (Usera *et al.*, 2002).

Au Brésil, une étude de 2008 recensait 82% de résistances des salmonelles à un antibiotique au moins, avec de fortes résistances aux tétracyclines (70%), et aux sulfonamides (54%). Des profils différents étaient retrouvés selon les différents sérovars.

Aux Etats-Unis, la résistance de *S. Typhimurium* aux tétracyclines a augmenté de 90 % après leur usage en médecine humaine et vétérinaire, ainsi qu'en tant que facteurs de croissance.

Leur utilité pour lutter contre les infections causées par *S. Typhimurium* a été rendue à zéro 50 ans après leur première utilisation (Teuber, 1999). La situation est d'autant plus préoccupante depuis l'émergence du sérotype DT 104 multirésistant. En septembre 1998, une femme est décédée des suites d'une infection par une souche DT 104 d'origine porcine (Teuber, 1999).

En comparant avec l'étude menée en 2008 à la Réunion (Maeder S., 2008), on observe que les résultats semblent cohérents et semblables. En 2008, toutes les souches étaient également résistantes à un antibiotique au moins. Des résistances fréquentes ont été observées pour la tétracycline, l'érythromycine, et la streptomycine, avec respectivement, 94%, 94% et 97% de souches résistantes. Ces résultats semblent confirmer les chiffres de la présente étude, et donc révèlent un nombre important de multirésistances. Contrairement à l'année passée, aucune résistance à la ciprofloxacine, quinolone de troisième génération.

La forte diversité des profils de résistance est souvent liée à la pression de sélection par les antibiotiques utilisés.

L'apparente diversité des souches retrouvées et la forte fréquence des souches multirésistantes sont autant de paramètres à surveiller, car potentiellement dangereux pour santé humaine.

D'après l'étude de 2008, les seuls antibiotiques consommés par les animaux sont les aliments médicamenteux (hors pathologie spécifique). Ces derniers ont déjà été identifiés comme facteurs de risque éventuels à maintes reprises (Rajic *et al.*, 2007, Sauli *et al.*, 2005, Corrége, 2006, Oserterberg *et al.*, 2006), les contrôles en usines n'étant pas obligatoires, des salmonelles ont pu être isolées sur ces aliments, sans que le retrait de ces derniers soient prononcés. En perspective des contrôles à ce niveau seraient intéressants afin de cerner une des voies d'entrées des salmonelles dans les élevages.

Autre voie d'entrée incriminée dans l'origine de l'introduction des bactéries, les rongeurs (rats essentiellement), les cafards identifiés comme facteur de risque, et également les oiseaux sauvages.

Les perspectives sont donc nombreuses afin de déterminer l'origine exacte des bactéries en élevage, et d'en savoir plus quant à l'évolution des résistances, qui semblent proliférer au cours des dernières années.

L'évolution de la résistance et ses mécanismes de transmission seraient un sujet de recherche intéressant, afin de savoir si elles proviennent de mutations spontanées chez diverses souches, ou s'il s'agit d'échanges de plasmides porteurs de gène de résistance, pouvant éventuellement être échangés via d'autres bactéries tel qu'*Escherichia Coli*.

A noter également que pour *S. Typhimurium*, le sérotype le plus souvent observé, les multirésistances sont nombreuses, et compte tenu de sa virulence potentielle, l'évolution des résistances et de la fréquence de ce sérotype est à surveiller.

Conclusion & Perspectives

Cette étude démontre que la problématique des salmonelles est toujours d'actualité, d'autant plus ici à la Réunion où l'on trouve une prévalence élevée (66% des lots ont un prélèvement positif entre l'élevage et l'abattoir), où l'on trouve de nombreuses souches multirésistantes aux antibiotiques, et où l'on retrouve des sérotypes connus pour être dangereux pour la santé humaine, tel que *S. Typhimurium* et *S. Derby*, souche récemment apparue à la Réunion.

Ces résultats viennent confirmer les tendances recueillies l'année passée lors d'une première étude sur les salmonelles et campylobactéries en élevage.

La présente étude met en évidence la nécessité d'intervenir à chaque niveau de la chaîne pour un contrôle efficace des salmonelles, puisque leur isolement a pu être réalisé à tous les niveaux, depuis l'élevage, le transport des animaux, les carcasses à l'abattoir et les caecas.

On peut également mettre en évidence la présence de contaminations croisées par le changement de statut des prélèvements pour un même lot de porcs, ce qui met en évidence l'importance des phases de transport, et d'attente à l'abattoir.

Si l'analyse des facteurs de risque n'était pas l'objectif premier des recherches effectuées, les diverses observations permettent de distinguer certains points critiques. En effet, la littérature décrivant à maintes reprises l'importance des processus de nettoyage et désinfection, les enquêtes de terrain ont permis de constater certaines pratiques qu'il conviendrait d'améliorer, notamment dans le cadre de la mise en place de la réglementation de 2011.

Ceci implique d'avoir une bonne connaissance du statut de chaque élevage, comme le prévoit la nouvelle directive, qui vise à classer les élevages en 3 catégories, selon leur statut en salmonelle.

A partir de là, des améliorations pourraient être effectuées à toutes les étapes et adaptées aux différentes situations.

Une diminution de la prévalence et donc de la contamination de certains élevages par l'application de mesures sanitaires, serait une première étape décisive dans le contrôle des salmonelles.

Une attention particulière devrait être portée lors de la phase de transport, source de stress pour les animaux et de contaminations croisées. Eviter de mélanger les élevages sains et infectés, dans le temps et l'espace, et procéder à un nettoyage plus fréquent des véhicules.

Lors de la phase d'attente à l'abattoir, il serait important d'éviter de mélanger les lots de statut différents, et de raccourcir le temps d'attente des animaux les plus « à risques ».

Pour permettre la bonne mise en place des mesures, une étude plus approfondie, avec un suivi régulier sera nécessaire afin d'atteindre les objectifs fixés par les règles de la communauté Européenne.

Au-delà de l'élevage, la filière devra également tenir compte de la contamination de l'environnement, à savoir les eaux de rivière, mer, les nappes phréatiques, ainsi que le danger que peuvent susciter les autres espèces animales en termes de salmonelles afin de protéger les élevages.

Bibliographie

Aaron M. Lynne, Lindsay L. Dorsey, Donna E. David, Steven L. Foley, Characterisation of antibiotic resistance in host-adapted *Salmonella enterica*

AFFSA, 2004, Inventaire du réseau *Salmonella*, sérotypage et sensibilité aux antibiotiques

Arnold *et al.* 2005, Detection of *Salmonella* in Finishing Pigs on Farm and at Slaughter in Piedmont, Italy

Aragaw K., Molla B., Muckle A., The characterisation, of salmonella sérovars isolates from apparently healthy slaughtered pigs at Addis Abada abattoir, Ethiopia, 2007

Baggesen, D. L., D. Sandvang, and F. M. Aarestrup. 2000. Characterization of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium DT104 isolated from Denmark and comparison with isolates from Europe and the United States. J

Beloeil et Al., 2003, Recherche de facteurs de risques de l'excrétion de *Salmonella enterica* par les porcs en croissance.

Berends B.R., van Knapen F., et al., 1997. Int. J. of Food Microbiol.. 36: 199-206

Borch E., Nesbakken T. et al., 1996. Int. J. of Food Microbiol. 30 : 9-25.

Broes et Boutin, 2003, L'antibiorésistance : que peuvent faire les producteurs de porcs ? Expo Congrès du porc du Québec 2003.

Cardinale Eric, 2009, communication personnelle, Saint Denis – CRVOI

Cavallo J.D. ; Chardon H., Chidiac C. et Al., 2007, recommandations 2007 du comité de l'antibiogramme de la société Française de microbiologie.

Corrégé I., Dubroca S., Minvieille B., Salaun Y. Mise en œuvre d'un plan de lutte pour 2009,

Corrégé Isabelle, 2001, Problématique salmonelle en élevage porcin

Corrégé I., 2006b. Séroprévalence en salmonella et facteurs de risque associés dans le sud-ouest de la France. Techni Porc, 29 (3) : 13-16.

Corrégé I., 2001. La problématique salmonelles en filière porcine. Techni Porc, 24 (2) : 25-31.

Corrégé I., 2008, Le programme de surveillance des salmonelles en France

Dahl J., Wingstrand A., 1997. Proceedings symposium *Salmonella* and Salmonellosis, Ploufragan, France. 631-636

Davies P R., Bovee F.G.E.M., et al., 1998. J. of Am. Vet. Med. Ass. 212: 1925-1929

- Du Wayne, 2005, Salubrité et qualité du porc : jeûne avant l'abattage
- Fablet et Al., 2003, Etude des circonstances associées à l'excrétion de *Salmonella enterica* par les porcs en croissance
- Fablet et al., 2006, Etude de la contamination du lisier de porcs par *Salmonella enterica* dans 69 élevages bretons
- Farzan *et al.*, 2008, Molecular epidemiology and antimicrobial resistance of *Salmonella* Typhimurium on Ontario swine farms.
- Fravalo, P. et Al., 1999. Définition bactériologique du statut de porcs charcutiers vis-à-vis d'une contamination par *Salmonella*. Evolution de ce statut entre l'élevage et l'abattoir, Journées de la Recherche Porcine en France, 31, 383-389.
- Hald T., Molback K., et al., 1999. Proceedings of the 3rd International Symposium of the Epidemiology and Control of *Salmonella* in Pork, Washington DC, USA. 197-199
- Kranker S., Dahl J., et al., 2001. Berl. Munch. Tierarztl. Wochr. 114, 350-352
FEDORKA CRAY et al., 1997 ; TIELEN et al., 1997
- Lo Fo Wong et al., Herd level risk factors for subclinical *Salmonella* infection in european slaughter pig herds. Proceedings of the 9th Symposium of the International Society for Veterinarian Epidemiology and Economics, Beckenbridge, Colorado, U.S.A
- Maeder S., Etude de *Salmonella* spp, *Campylobacter* spp et leurs antibiorésistances dans la filière porcine à l'île de la Réunion, 2008
- Maguire et al., Krisztina M. Papp-Wallace, Margaret Nartea, David G. Kehres, 1993, The CorA Mg²⁺ Channel Is Required for the Virulence of *Salmonella enterica* Serovar Typhimurium
- Mircovitch C. et Al., 2006, Laroche M., Desmonts M. H., Federighi M, Magras C., Statut de dangerosité des carcasses de porcs vis-à-vis du danger *Campylobacter* spp
- Muirhead, 1993, House mice linked to persistence of Salmonellosis on pig farms. *Feedstuffs*
- OMS, 2008 Aide-mémoire 237 avril 2007
- OMS aide-mémoire 139 avril 2005
- Paguntod et Kaneene, 2006, *Salmonella* in food animals and humans in northern Thailand. *International Journal of Food Microbiology*, 108 : 346-354.
- Rajic Al., et al., 2007, *Salmonella* Infections in Ninety Alberta Swine Finishing Farms: Serological Prevalence, Correlation between Culture and Serology, and Risk Factors for Infection
- Rossel R., Le Roux A., Minvieille B., 2002, Contamination en Salmonelles des camions de transport de porcs charcutiers et des porcheries d'attente à l'abattoir

Rostagno M. H., I. V. Wesley, D. W. Trampel and H. S. Hurd et al, 2003, *Salmonella* Prevalence in Market-Age Turkeys On-Farm and at Slaughter

Salvat Gilles, communication personnelle, Avril 2009, Saint Pierre

Silue Navoun, 2004 Thermorésistance de trois sérotypes de salmonella dans l'oeuf et les gésiers de poulets

Swanenburg M., Berends, B.R., Urlings, H.A.P., Snijders, J.M.A., 2001, Epidemiological investigations into the sources of Salmonella contamination of pork [Epidemiological untersuchungen zur Herkunft der Salmonella-Kontaminationen von Schweinefleisch] (2001)

Teuber M. 1999. Spread of antibiotic resistance with food-borne pathogens. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 56: 755-763.

Thakur et al., 2007, Longitudinal Study of Salmonella Dispersion and the Role of Environmental Contamination in Commercial Swine Production Systems

Van Winsen et al., 2001, monitoring of transmission of Salmonella enterica serovars in pigs using bacteriological and serological method detection

Wegener H. C.; Baggesen D. L.; Gaarslevk, 1994, Salmonella typhimurium phage types from human salmonellosis in Denmark 1988-1993

Weill X. et al., 2003, *Salmonella* : épidémiologie, typage et résistance aux antibiotiques

Wingstrand A., Dahl J., et al., 1997. The 2nd international symposium on Epidemiology and Control of *Salmonella* in Pork, Copenhagen, Denmark. 170-172.

<http://www.ifip.asso.fr>

<http://www.who.int/fr/>

ANNEXES

Annexe1 : Questionnaire



Questionnaire Salmonellose en Elevage Porcin



*Centre de Veille et de Recherche de l'Océan Indien
Coopérative des Producteurs de Porcs de la Réunion
Centre International de Recherche en Agronomie pour le Développement*

Durand Julien
Tel : 02 62 35 71 50
Fax : 02 62 35 71 51
Mail : jdurand@cpr.fr

Code éleveur :

Date : / / 09

Zone géographique :

Présentation de l'élevage

Nombre de truies dans l'élevage			
Nombre de bandes en engraissement			
Nombre de truies par bande			
Autre espèce de rente élevée sur l'exploitation	Non	Volailles	Autre
Proximité entre les bâtiments d'espèces différentes	Oui	Non	
Volume approximatif des autres espèces			
Contrôle antérieurs de l'élevage vis-à-vis de salmonelle	Oui	Non	
Statut de l'élevage lors de l'étude précédente vis-à-vis de Salmonelle	Positif	Négatif	

Attente

Présence d'une aire de stockage avant embarquement	Oui	Non	
Nature du sol lors de l'attente			
Présence d'une arrivée d'eau sur le quai	Oui	Non	
Nettoyage de l'aire de stockage et du quai après chaque départ	Aire	Quai	Non
Méthodes de nettoyage	Brossage	Karcher	Autre
Désinfection de l'aire et du quai après chaque départ	Aire	Quai	Non
Durée du processus nettoyage/désinfection			
Surface de la zone d'attente	Ciment	Terre	Autre
Nombre de porcs sur l'aire d'attente			
Le camion passe-t-il par un rotoluve, ou désinfecte-t-il les roues du camion avant d'entrer	Oui	Non	
Le camion d'enlèvement des porcs croise le circuit des camions de livraison d'aliment ou d'animaux (cochettes, porcelets...) ou du personnel	Oui	Non	
Les animaux sont-ils nourris durant l'attente	Oui	Non	
Si oui, nature de l'alimentation	Sec	Soupe	
Les animaux sont-ils abreuvés durant l'attente	Oui	Non	
Type d'abreuvoir			
Durée de l'attente avant transport			
Période de l'attente	Matin	Après-M	Soir Nuit
Plusieurs lots sont-ils mélangés lors de l'attente	Oui	Non	

Transport

Nettoyage / désinfection du camion à chaque fin de journée	Oui	Non	
Nettoyage / désinfection entre chaque lot « sensible » (récemment contrôlé positif)	Oui	Non	
Rinçage à l'eau chaude	Oui	Non	
Séchage du camion après nettoyage	Oui	Non	
Etat général du sol	Propre	Sale	
Etat général des murs	Propre	Sale	
Etat général des barrières de séparation	Propre	Sale	
Embarquement pratique, absence d'objets pointus dépassants des parois	Oui	Non	
Dispositif limitant la contamination croisée par matière fécales (caillebotis, caisse...)	Oui	Non	
Présence d'un plancher antidérapant	Oui	Non	
Ventilation suffisante	Oui	Non	
Protection contre un excès de lumière	Oui	Non	
Parois en bois du véhicule recouvertes de plastique ou aluminium à l'intérieur	Oui	Non	
Le chauffeur porte-t-il des vêtements adaptés	Oui	Non	
Le chauffeur porte-t-il des bottes	Oui	Non	
Etat des vêtements et chaussures	Propre	Sale	
Le chauffeur rentre-t-il dans des salles contenant des animaux non destinés à l'abattoir	Oui	Non	

Fiche de renseignement du lot transporté (Prises d'antibiotiques, statut salmonelles...)	Oui	Non	
Chargement, nombre animaux / m ²			
Transport des animaux aux heures les plus fraîches	Oui	Non	
Mélange de plusieurs lots lors du transport	Oui	Non	
Durée du transport			
Distance élevage-abattoir			
Y-a-t-il transport d'animaux d'élevages différents dans le même camion ?	Oui	Non	
Si oui, combien			
Durée du chargement			
Nombre de personnes pour le chargement			
Utilisation cannes, bâton ou objet divers pour faire avancer les animaux			
Mélange de porcs charcutiers avec des truies de réforme			

Pré-abattage

Nombre de porcs dans l'aire d'attente			
Mélange des lots lors de l'attente	Oui	Non	
Nombre de porcs souillés arrivants à l'abattoir			
Case de repos à l'arrivée à l'abattoir	Oui	Non	
Présence d'un système de brumisation dans les cases d'attente	Oui	Non	

Abattage

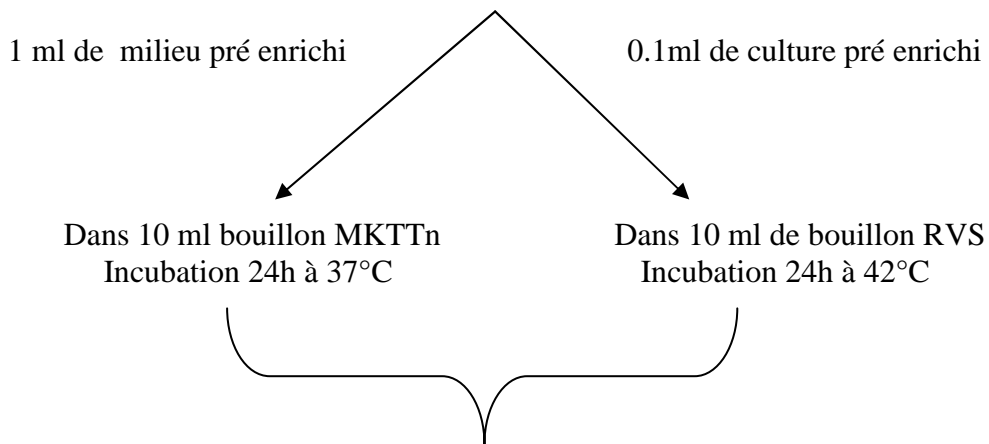
Fréquence de nettoyage du matériel de saignée			
Blessures de la trachée ou œsophage lors de la saignée	Oui	Non	
Température de l'eau à l'échaudage			
Persistence de poils après épilage	Oui	Non	
Contact entre la viande et les parties externes de la peau	Oui	Non	
Contact entre la viande et les mains ou appareils qui ont traité la partie externe de la peau	Oui	Non	
Déversement du tractus digestif après éviscération	Oui	Non	
Signes de contamination fécale de la carcasse	Oui	Non	
Nettoyage des couteaux et scies après chaque souillure	Oui	Non	
Désinfection des locaux après chaque journée de travail	Oui	Non	
Le personnel porte des chaussures faciles à nettoyer, des vêtements de travail clairs ainsi qu'une coiffe	Oui	Non	
Changements de vêtements dans la journée si très salis	Oui	Non	
Lavage des mains au début et à chaque reprise du travail	Oui	Non	
Abattage des « lots à risque » en fin de journée	Oui	Non	
Nombre de carcasses souillées après processus d'abattage			

Rythme de la chaîne au moment de l'abattage	
Quantité d'animaux abattus dans la journée	
Heure d'abattage	

Annexe 2 : Schéma du mode opératoire

Prise d'essai X g + Eau Peptonnée Tamponnée stérile

Incubation à 37°C pendant 20H à 24h



Dans 10 ml bouillon MKTTn
Incubation 24h à 37°C

Dans 10 ml de bouillon RVS
Incubation 24h à 42°C

Isolement sur gélose XLD, Hektoen, (Salmonella Shigella), Rambach.
Au moins 5 colonies caractéristiques/si il y a peu ou pas colonie faire ré isolement
Incubation 24h à 37°C

Tests biochimiques
Kligler Hajna, citrate de Simmons, urée indole, ONPG, Mannitol Mobilité

Confirmation Biochimique sur plaque (Micro galerie)
RapID'One (incubation 4h a 37°C)

Antibiogramme* sur gélose Mueller Hinton*
Incubation 24h à 37°C

Annexe 3 : Concentrations, diamètres critiques et règles de lecture interprétative pour enterobacteriaceae

Antibiotique	Charge du disque	Concentrations critiques (mg/L)		Diamètres critiques (mm)		Remarques
		S	R	S	R	
Chloramphénicol	30 µg	≤ 8	> 16	≥ 23	< 19	Interprétation valable pour thiamphénicol.
Tétracycline	30 UI	≤ 4	> 8	≥ 19	< 17	Interprétation valable pour les autres tétracyclines, sauf la minocycline. <i>En cas de diamètre inférieur à 22 mm, il y a lieu de déterminer la sensibilité.</i>
Minocycline	30 UI	≤ 4	> 8	≥ 19	< 17	
Tigécycline	15 µg	≤ 1	> 2	≥ 22		
Colistine	50 µg	≤ 2	> 2	≥ 15	< 15	Les diamètres ont pour but de vérifier la résistance naturelle de l'espèce. Ils ne permettent pas de détecter toutes les résistances acquises chez les souches isolées. Déterminer la CMI en cas d'utilisation thérapeutique. Interprétation valable pour polymyxine B
Sulfamides	200 µg	≤ 64	> 256	≥ 17	< 12	Interprétation valable uniquement pour les souches isolées des urines.
Triméthoprime	5 µg	≤ 4	> 8	≥ 16	< 12	Interprétation valable uniquement pour les souches isolées des urines.
Triméthoprime/sulfaméthoxazole	1,25/23,75 µg	≤ 2/38	> 8/152	≥ 16	< 10	Interprétation valable pour les autres associations triméthoprime-sulfaméthoxazole.
Nitrofuranes	300 µg	≤ 32	> 128	≥ 17	< 14	Interprétation valable uniquement pour les souches isolées des urines.
Acide oxolinique	10 µg	≤ 2	> 4	≥ 20	< 17	Il est justifié de fournir une réponse globale pour l'ensemble des quinolones classiques (parfois appelées de première génération) en n'étudiant qu'un seul représentant de ce groupe. Interprétation valable uniquement pour les souches isolées des urines.
Fluméquine	30 µg	≤ 4	> 8	≥ 25	< 21	
Acide nalidixique	30 µg	≤ 8	> 16	≥ 20	< 15	
Acide pipémidique	20 µg	≤ 8	> 16	≥ 19	< 14	
Acide piromidique	25 µg	≤ 16	> 32	≥ 20	< 16	
Ciprofloxacine	5 µg	≤ 0,5	> 1	≥ 25	< 22	La résistance aux fluoroquinolones est croisée entre les différentes molécules. Le niveau d'expression peut varier pour chaque molécule. Les souches sensibles à la norfloxacine (NOR) sont sensibles aux autres fluoroquinolones. Les souches I (ou R) à NOR, des différences d'activité intrinsèque peuvent exister. Fournir une réponse indépendante pour les autres molécules.
Enoxacine	5 µg	≤ 1	> 2	≥ 22	< 19	
Lévofloxacine	5 µg	≤ 1	> 2	≥ 20	< 17	
Loméfloxacine	5 µg	≤ 1	> 2	≥ 22	< 19	
Moxifloxacine	5 µg	≤ 0,5	> 1	≥ 24	< 21	
Norfloxacine	5 µg	≤ 0,5	> 1	≥ 25	< 22	
Ofloxacine	5 µg	≤ 0,5	> 1	≥ 25	< 22	
Péfloxacine	5 µg	≤ 1	> 4	≥ 22	< 16	
Fosfomycine	50 µg	≤ 32	> 32	≥ 14	< 14	La résistance acquise à la fosfomycine est homogène. La présence d'une zone d'inhibition ne doit pas être prise en compte. Interprétation valable pour la fosfomycine-trométamol.

Annexe 4 : Photographies

Photo 1 : Embarquement des porcs dans le véhicule de la CPPR



Photo 2 : Débarquement des animaux à l'abattoir de St Pierre



Photo 3 : Cases d'attente à l'abattoir de St Pierre



Photo 4 : Décès d'un animal durant le transport



Photo 5 : Caillebotis sur l'aire d'attente

