

**VALEUR INFORMATIVE D'INDICATEURS
ANTE ET POST MORTEM POUR LA DETECTION
DES DANGERS BIOLOGIQUES POUR LE
CONSOMMATEUR DE VIANDE PORCINE**

THESE DE BIOLOGIE DE L'UNIVERSITE DE RENNES 1
SOUTENANCE PUBLIQUE : 1^{ER} DECEMBRE 2008

Julien FOSSE

Thèse menée de 2005 à 2008 au sein des
UMR INRA - Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes
Sécurité des Aliments et Microbiologie (SECALIM 1014)
& Bio-Agression, Epidémiologie et Analyse des Risques (BIOEPAR 1300)

Co-direction de thèse :

Pr Catherine MAGRAS (DVM, PhD, HDR, Dipl. ECVPH), UMR SECALIM
Pr Henri SEEGERS (DVM, Dipl. ECBHM, Dipl. ECVPH), UMR BIOEPAR

SOMMAIRE

Synthèse des travaux de recherche menés dans le cadre de la thèse d'université	2
1. Etat de la science et contexte de recherche	2
2. Objectifs scientifiques	2
3. Démarche scientifique	3
3.1. Matériels et méthodes	3
3.2. Partenaires scientifiques	3
4. Principaux résultats et valorisations par les professionnels et les pouvoirs publics	3
4.1. Méthode de hiérarchisation des dangers pour le consommateur	3
4.2. Etude du statut de contamination des porcs en élevage et des facteurs de risque	4
4.3. Suivi longitudinal de lots de porcs de l'élevage à l'abattoir	4
4.4. Construction d'un modèle générique de transmission des dangers biologiques retenus de l'élevage à l'abattoir	4
5. Perspectives d'utilisation du modèle générique de transmission des dangers pour la proposition d'un schéma de maîtrise fondé sur l'évaluation des risques	7
5.1. Etablir les profils de risque des élevages	7
5.2. Etablir les profils de risque des abattoirs	7
5.3. Combiner ces profils de risque pour cibler la réalisation de mesures correctives	7
Publications scientifiques	8
Références bibliographiques	10

SYNTHESE DES TRAVAUX DE RECHERCHE MENES DANS LE CADRE DE LA THESE D'UNIVERSITE

1. Etat de la science et contexte de recherche

Le Livre Blanc de la Commission européenne sur la sécurité alimentaire a préconisé le remaniement des modalités de gestion des maladies infectieuses alimentaires au sein de l'Union européenne, avec notamment l'institution du principe de précaution et l'évaluation des risques comme fondements des politiques publiques relatives à la sécurité des aliments (règlement (CE) 178/2002). Une telle mutation a conduit les pouvoirs publics, dans le cadre d'une démarche d'évaluation des risques, à s'interroger sur la pertinence des mesures de maîtrise des dangers pour le consommateur mises en place au sein des filières agro-alimentaires, par les professionnels, mais également par l'Etat. Parmi ces mesures, l'inspection sanitaire en abattoir, qui se place à l'interface entre l'élevage - la production primaire - et l'aval des filières de productions de denrées alimentaires d'origine animale, constitue un élément clef de maîtrise des dangers biologiques pour le consommateur.

L'évaluation de l'adéquation entre les techniques d'inspection mises en œuvre et le statut sanitaire des animaux entrant à l'abattoir puis celui de leurs carcasses doit donc être menée. Or, le statut de contamination des denrées alimentaires d'origine animale vis à vis de dangers pour le consommateur restent, pour certains d'entre eux, inconnus ou partiellement déterminés, et ce même pour les dangers les plus fréquemment incriminés dans des cas d'infection bactérienne d'origine alimentaire (DGSanCo, 2000 ; Vaillant *et al.*, 2004). Par ailleurs, l'évaluation de la gravité des effets néfastes n'est aujourd'hui pas ou insuffisamment conduite. Or ces éléments doivent être pris en compte pour envisager, dans le cadre de l'analyse des risques, une réforme des méthodes d'inspection respectant l'esprit de la réglementation européenne récemment promulguée (Schruff et Blaha, 2004). En outre, sur un plan plus cognitif, les limites analytiques (absence de détection, seuil de détection trop élevé, sensibilité et / ou spécificité insuffisantes) pour de nombreux dangers conduisent à envisager une amélioration de la détection de ces dangers par la définition et l'utilisation d'indicateurs complémentaires. Nous entendons ici par indicateur toute information microbiologique, zootechnique, lésionnelle, analytique susceptible d'être corrélée à la présence d'un danger pour l'homme. L'utilisation d'un indicateur ou d'une combinaison d'indicateurs pourrait être alors envisagée pour améliorer la détection des viandes « dangereuses ». L'application de cette évaluation pourrait conduire, le cas échéant, à la proposition de nouveaux schémas de maîtrise des dangers biologiques responsables de ces maladies. Parmi les filières pouvant faire l'objet de cette évaluation, la filière viande porcine, première viande consommée en France et en Europe, constitue un objet d'étude d'intérêt. En effet, de récentes études ont montré l'impossibilité pratique de réaliser l'ensemble des opérations d'incision et palpation des organes et viscères prévues dans la réglementation européenne en vigueur (règlement CE 852/2004, annexe II), du fait notamment de cadences d'abattages trop élevées (Bailly, 2004).

2. Objectifs scientifiques

Dans ce contexte, les objectifs de notre thèse étaient de quatre ordres :

- i*) identifier et caractériser les dangers biologiques pour le consommateur de viande de porc et évaluer la valeur informative des opérations d'examen macroscopique des carcasses quant à leur détection à l'abattoir ;
- ii*) caractériser, au niveau de la production primaire, le statut de contamination des porcs à l'égard des dangers biologiques retenus sur la base de l'évaluation des risques menée, et identifier les facteurs de risque de la présence de ces dangers en élevage ;
- iii*) caractériser le statut de contamination de lots de porcs et de leurs carcasses et évaluer la valeur prédictive de l'utilisation d'indicateurs *ante* et *post mortem* quant à la détection des dangers biologiques retenus ;
- iv*) enfin modéliser la transmission des dangers zoonotiques alimentaires au sein de la filière porcine, afin de dessiner les perspectives d'un schéma de maîtrise des dangers biologiques alternatif au schéma actuel.

3. Démarche scientifique

3.1. Matériels et méthodes

Pour atteindre ces objectifs, nos travaux ont été conduits de manière largement imbriquée. Néanmoins, nous avons développé pour chaque objectif un matériel et méthode. Ainsi, nous avons distingué quatre étapes :

- i*) la hiérarchisation des dangers biologiques pour le consommateur de viande porcine, notamment au regard de leur détectabilité lors de l'examen macroscopique des carcasses réalisé dans le cadre de l'inspection sanitaire à l'abattoir. Cette étape impliquait de développer une méthode originale d'estimation des cas de maladies infectieuses d'origine alimentaire spécifiquement attribuables à la consommation de viande porcine en Europe, de quantification de la gravité des cas cliniques humains de ces maladies, utilisant les indicateurs épidémiologiques disponibles (taux de létalité et de mortalité) et, enfin, de quantification de la détectabilité des dangers constitutifs des principaux risques. Développée lors des commissions d'évaluation antérieures, nous ne reviendrons pas ici sur cette méthodologie ayant montré que les dangers biologiques responsables des cas de zoonoses alimentaire induites par la consommation de viande porcine les plus graves et les plus fréquents sont

non-détectables lors de l'examen macroscopique visuel des carcasses. Il s'agit des *Campylobacter* spp. thermotolérants, *Clostridium perfringens*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica*, *Staphylococcus aureus* et *Yersinia enterocolitica*.

ii) la caractérisation du statut de contamination des porcs en élevage à l'égard des dangers constitutifs des principaux risques pour le consommateur, notamment en relation avec l'identification des facteurs de risque de leur présence à ce niveau de la production primaire. Cette étape a reposé sur deux approches complémentaires : a) une approche bibliométrique pour le recensement des facteurs de risque de présence des dangers en élevage porcin et la quantification par méta-analyse de leur prévalence en élevage et à l'entrée de l'abattoir chez l'animal vivant, en fonction de la nature du prélèvement et de la méthode analytique choisie ; b) une étude expérimentale *in situ* menée dans 12 élevages du Grand Ouest et visant à définir le statut de contamination des porcs et en évaluer la variabilité en fonction de leur bande d'appartenance. Cette seconde approche reposait notamment sur l'utilisation d'outils d'épidémiologie moléculaire (PFGE – *Pulsed Field Gel Electrophoresis*) pour l'étude de la variabilité des profils de souches de *Campylobacter* spp. entre élevages et entre bandes.

iii) l'évaluation des relations entre statut de contamination des animaux en élevage et à l'entrée de l'abattoir d'une part, entre statut des animaux et contamination de leurs carcasses d'autre part. Cette étape impliquait le suivi longitudinal de lots d'animaux de l'élevage à l'abattoir et la réalisation de prélèvements en élevage puis à l'abattoir sur des animaux identifiés par bouclage. Ce suivi a été mené sur 31 lots issus de 9 élevages, abattus dans trois outils distincts. La campagne de prélèvement, particulièrement lourde, a été menée d'octobre 2006 à mars 2008 et impliquait la participation systématique de 3 personnes en élevage et de 5 personnes à l'abattoir.

iv) enfin, à l'aune des résultats de ces trois étapes, la modélisation de la transmission des dangers biologiques constitutifs des principaux risques pour le consommateur aux premières étapes de la filière porcine a été proposée.

3.2. Partenaires scientifiques

Ce travail de recherche a impliqué la réalisation d'analyses bactériologiques que nous avons menées au sein de l'UMR SECALIM pour le dénombrement, l'identification moléculaire (PCR multiplex) et le typage de souches (PFGE) du danger *Campylobacter* spp. Pour les autres dangers recherchés, les analyses bactériologiques ont été menées par un laboratoire prestataire de service accrédité par le COFRAC pour ces recherches. La confirmation et le typage (bio- et lyso-typage) des souches de *Yersinia enterocolitica* ont été menés par le CNR de la peste et autres yersiniose de l'Institut Pasteur, centre collaborateur de l'OMS pour la recherche de *Yersinia enterocolitica*.

4. Principaux résultats et valorisations par les professionnels et les pouvoirs publics

4.1. Méthode de hiérarchisation des dangers pour le consommateur

La méthode de hiérarchisation des dangers basée sur des indicateurs quantitatifs d'évaluation des risques que nous avons développée est transposable à l'ensemble des filières agro-alimentaires. Une partie de ses conclusions, essentiellement l'identification des dangers, a été utilisée par l'Institut de la Filière Porcine (IFIP) dans le cadre de ses travaux sur les guides de bonnes pratiques d'hygiène en élevage et à l'abattoir ainsi que sur l'information sur la chaîne alimentaire. En outre, cette méthode a été transposée à la filière viande bovine, dans le cadre du stage de Mme Agnès Werner (*Royal Veterinary College* de Londres) résidente du collège européen de santé publique vétérinaire. Cette transposition a donné lieu à une publication connexe.

4.2. Etude du statut de contamination des porcs en élevage et des facteurs de risque

En terme d'évaluation des risques, nos travaux montrent que pour un élevage donné, les variations de statut de contamination des porcs au cours du temps et entre bandes (groupes d'animaux élevés ensemble dans un même local) sont nulles à négligeables. Un statut sanitaire d'élevage peut donc être défini, sur la base d'analyses bactériologiques. Les facteurs de risques associés à la présence des dangers en élevage, décrits dans la littérature, permettent parallèlement de proposer des profils de risque des élevages. Ces facteurs de risque sont présentés dans le tableau 1 ci-après.

Tableau 1 - Synthèse des facteurs de risque de présence de certains dangers biologiques pour le consommateur en élevage porcin.

	Facteur de risque		Danger associé
Biosécurité	- Défaut de nettoyage-désinfection et durée du vide sanitaire insuffisante	<ul style="list-style-type: none"> • Insuffisance de raclage des fèces des truies ou absence de vidange des pré-fosses entre bandes de truies en maternité • Désinfection des salles sans nettoyage préalable ou nettoyage des salles sans désinfection, contamination résiduelle des locaux avant le remplissage de la salle • Vide sanitaire insuffisant (moins de 6 jours en maternité, moins de 7 jours en post-sevrage, moins de 3 jours en engraissement) 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Salm. enterica</i> • <i>Campylobacter</i> spp. • <i>Salm. enterica</i> • <i>L. monocytogenes</i> • <i>Salm. enterica</i>
	- Défaut d'hygiène et tenue vestimentaire	<ul style="list-style-type: none"> • Absence de nettoyage-désinfection des bottes, de lavage des mains avant de soigner les animaux, absence de toilettes sur le site d'élevage, absence de sas 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>L. monocytogenes</i> • <i>Salm. enterica</i>
	- Infection des animaux d'origine humaine ou via l'équipement - Logement des animaux et maîtrise de l'ambiance	<ul style="list-style-type: none"> • Visite de plus de deux personnes chaque jour dans le local d'engraissement, présence de visiteurs ayant été en contact avec d'autres exploitations le jour de la visite, partage d'équipement entre exploitations • Sols pleins ou paillés par opposition au caillebotis • Caillebotis partiel par opposition au caillebotis total • Cloisons ajourées entre salles ou possibilités de contacts "groin à groin" • Défaut de ventilation 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Salm. enterica</i> • <i>Salm. enterica</i> • <i>Salm. enterica</i> • <i>Salm. enterica</i> • <i>Y. enterocolitica</i> • <i>Salm. enterica</i>
Alimentation et abreuvement	- Aliment	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentation sèche, comparativement à une alimentation humide • Alimentation humide, comparativement à une alimentation sèche • Alimentation sous forme de granulés en comparaison avec une alimentation non granulée • Changement de type d'aliment durant l'engraissement 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Y. enterocolitica</i> • <i>Salm. enterica</i> • <i>L. monocytogenes</i> • <i>Salm. enterica</i>
	- Transitions alimentaires - Type d'abreuvoirs	<ul style="list-style-type: none"> • Abreuvoirs bols par opposition aux abreuvoirs linéaires de type sucette 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Salm. enterica</i>
	Conduite d'élevage	- Type d'élevage	<ul style="list-style-type: none"> • Elevages post-sevreurs engraisseurs et engraisseurs par comparaison aux élevages naisseurs-engraisseurs
- Densité de l'élevage - Mélanges de bandes ou de porcs d'origines différentes - Autres espèces animales élevées et contact avec des animaux sauvages		<ul style="list-style-type: none"> • Densité d'occupation de la salle inférieure à 0,75 m² par porc • Mélanges de bandes en engraissement, porcs provenant de différents élevages fournisseurs • Elevage de volailles sur l'exploitation • Autres espèces d'animaux domestiques ou sauvages ou contacts indirects avec d'autres élevages de porcs 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Salm. enterica</i> • <i>Salm. enterica</i> • <i>Salm. enterica</i> • <i>Campylobacter</i> spp. • <i>Salm. enterica</i>
Gestion de la santé du troupeau		- Traitement médicamenteux en engraissement	<ul style="list-style-type: none"> • Traitement antibiotique curatif ou préventif au cours de l'engraissement, utilisation de la tylosine ou de la chlortétracycline comme promoteur de croissance, supplémentation en chlortétracycline, pénicilline-procaïne et sulfaméthazine
	- Maladies intercurrentes	<ul style="list-style-type: none"> • Traitement anthelminthique préventif • Diarrhée chez le porc en croissance, infection par le virus du Syndrome Dysgénésique et Respiratoire Porcin (SDRP), par le coronavirus respiratoire porcin (CRP), par <i>Lawsonia intracellularis</i>, infestations hépatiques par <i>Ascaris suum</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Campylobacter</i> spp. • <i>Salm. enterica</i>

Ces éléments peuvent, si les services de contrôle le souhaitent, être intégrés aux indicateurs recensés lors de visites sanitaires d'élevage, prévues par le Paquet Hygiène dans le cadre d'une inspection *ante mortem* renforcée.

4.3. Suivi longitudinal de lots de porcs de l'élevage à l'abattoir

Le statut de contamination des carcasses à l'abattoir est dépendant du statut de contamination des animaux dont elles proviennent, mais également du niveau de maîtrise d'hygiène à l'abattoir. De fortes variations de prévalences et / ou niveaux de contamination des carcasses en fonction des abattoirs, des dangers et des sites de prélèvement ont été observées (tableaux 2 et 3). Dans le cadre de l'application d'une démarche fondée sur l'évaluation des risques, la prise en compte combinée du statut d'élevage et du statut de l'abattoir est nécessaire. Ce statut d'abattoir peut être quantifié par le taux de transfert des dangers bactériens de l'animal à la carcasse, le danger *Campylobacter*, systématiquement identifié chez le porc, pouvant constituer un témoin positif de contamination.

En outre, notre étude montre l'augmentation de la prévalence de contamination des animaux de l'élevage à l'abattoir. L'effet du stress lié au transport sur l'excrétion fécale des dangers à réservoir digestif

(*Clostridium perfringens* et *Salmonella enterica*, notamment) peut également être quantifié et être pris en considération dans une évaluation globale des risques.

4.4. Construction d'un modèle générique de transmission des dangers biologiques retenus de l'élevage à l'abattoir

A partir de l'ensemble des données générées au cours de notre travail de thèse, un modèle générique de transmission des dangers bactériens de l'animal à la carcasse a été construit. L'utilisation de ce modèle permet d'illustrer le rôle déterminant de la maîtrise de l'hygiène d'abattage dans la prévalence de contamination finale des carcasses avant ressuage. Ainsi, lorsque l'on fait varier les différents paramètres du modèle, on observe que la prévalence maximale de contamination des carcasses est définie par le ratio de transfert de contamination de l'animal à la carcasse. Cette prévalence maximale est atteinte d'autant plus rapidement que la prévalence du danger en élevage est élevée mais également que le facteur d'accentuation de l'excrétion lors du transport et que la probabilité d'exposition au facteur de risque sont élevés. Pour un facteur de risque caractérisé par un odds ratio (OR) faible et une probabilité d'exposition à ce facteur de risque élevée, la différence de prévalence de contamination des carcasses provenant d'animaux exposés ou non au facteur de risque est faible, et ce quelle que soit la prévalence moyenne de contamination des porcs en élevage. En revanche, pour un odds ratio élevé, supérieur à 2, la différence de prévalence du portage digestif entre les animaux exposés et non exposés est telle que les prévalences finales de contamination des carcasses sont très significativement différentes. Ainsi, si les paramètres maximaux sont injectés dans le modèle, pour une prévalence moyenne du danger en élevage de 10 %, 90 % des carcasses provenant d'animaux exposés seront contaminées par le danger, contre moins de 10 % pour celles provenant d'animaux non exposés. Ce schéma théorique pourrait être observé notamment pour le danger *Salmonella enterica*, dont la prévalence chez le porc en élevage est faible mais pour lequel des facteurs de risque caractérisés par des OR très élevés ont été décrits dans la littérature, et dont l'excrétion semble fortement augmentée du fait du stress lié au transport.

A partir de ce modèle, les profils de risque de transmission des différents dangers bactériens que nous avons étudiés peuvent être déterminés :

- pour *Campylobacter* spp., danger associé à un portage digestif animal systématique, la prévalence finale de contamination des carcasses chaudes est déterminée par le ratio de transfert de contamination, et donc par la maîtrise de l'hygiène du process d'abattage. La recherche de ce danger pourrait donc être considérée, au sens du règlement (CE) 2073/2005, comme un critère microbiologique d'hygiène du procédé au niveau de l'abattoir.

- pour *Salmonella enterica* et *Yersinia enterocolitica*, dangers faiblement présents en élevage et pour lesquels des facteurs de risque caractérisés par des risques relatifs élevés ont été déterminés, la connaissance du statut de contamination des animaux entrant à l'abattoir et / ou du profil de risque de l'élevage, fondé sur le recensement des facteurs de risque, pourrait constituer un élément d'intérêt pour leur maîtrise. Cet état de fait concerne notamment *Salmonella enterica*, dont le stress du transport semble accentuer l'excrétion.

- pour *Clostridium perfringens*, danger dont la prévalence et le niveau de contamination en élevage semblent variables et pour lequel peu de facteurs de risque ont été identifiés, la connaissance combinée du statut de contamination des animaux entrant à l'abattoir et de la maîtrise de l'hygiène du process d'abattage est nécessaire afin d'évaluer précisément les risques ;

- enfin, pour *Staphylococcus aureus*, danger fréquemment isolé de la peau des porcs, le statut de contamination des carcasses est déterminé de manière combinée par l'étape de flambage et les différentes manipulations réalisées au cours du process.

Tableau 2 - Prévalences de pools et niveaux de contamination des pools de prélèvements, en élevage et à l'abattoir.

	<i>Campylobacter</i> spp.			<i>Clostridium perfringens</i>			<i>Listeria monocytogenes</i>			<i>Salmonella enterica</i>		<i>Staphylococcus aureus</i> *		<i>Yersinia enterocolitica</i> **		
	n	Prév. (%)	NC	n	Prév. (%)	NC	n	Prév. (%)	NC	n	Prév. (%)	n	Prév. (%)	NC	n	Prév. (%)
<i>Elevage</i>																
Fèces (1)	67	100	1,5 10 ⁶ [8,4 10 ⁵ - 2,2 10 ⁶]	67	34	2,6 10 ⁵ [23 - 46] [5,6 10 ³ - 5,2 10 ⁵]	67	0	< seuil	67	1	so	so	so	68	3
Peau (2)	so	so	so	so	so	so	so	so	so	so	so	70	61	2,6 10 ³ [50 - 73] [1,2 10 ³ - 4,0 10 ³]	so	so
<i>Abattoir</i>																
Fèces (1)	130	100	1,7 10 ⁶ [9,8 10 ⁵ - 2,3 10 ⁶]	130	60	1,7 10 ⁶ [52 - 68] [0 - 7,4 10 ⁵]	130	0	< seuil	130	31	so	so	so	so	so
Carcasse :	335	48	so	335	15	so	335	0	so	335	12	335	65	so	so	so
- gorge (2)	335	36	15	335	11	37	335	0	< seuil	335	11	335	47	170	so	so
- bavette (2)	335	26	2	335	5	41	335	0	< seuil	335	3	335	45	350	so	so
Tonsilles	so	so	so	so	so	so	so	so	so	so	so	so	so	so	133	18
																[12 -25]

Tableau 3 - Prévalences de pools et niveaux de contamination des carcasses en fonction de l'abattoir et du site de prélèvement.

		<i>Campylobacter</i> spp.			<i>Clostridium perfringens</i>			<i>Listeria monocytogenes</i>			<i>Salmonella enterica</i>		<i>Staphylococcus aureus</i> *			<i>Yersinia enterocolitica</i> **	
		n	Prév. (%)	NC	n	Prév. (%)	NC	n	Prév. (%)	NC	n	Prév. (%)	n	Prév. (%)	NC	n	Prév. (%)
Abattoir A	Gorges	116	13	0,9	116	20	8,7	116	0	< seuil	116	10	116	66	120	so	so
			[7 - 19]	[0,7 - 1,1]		[13 - 27]	[7,5 - 9,9]					[5 - 16]		[57 - 74]	[61 - 180]		
	Bavettes	116	12	1,1	116	8	51	116	0	< seuil	116	3	116	41	28	so	so
			[6 - 18]	[0,8 - 1,4]		[3 - 13]	[35 - 67]					[0 - 5]		[32 - 50]	[20 - 35]		
	Tonsilles	so	so	so	so	so	so	so	so	so	so	so	so	so	so	46	4
Abattoir B	Gorges	112	33	1,6	112	13	85	112	0	< seuil	112	17	112	16	7	so	so
			[24 - 42]	[1,3 - 1,8]		[6 - 19]	[36 - 130]					[10 - 24]		[9 - 23]	[6 - 8]		
	Bavettes	112	29	1,7	112	6	35	112	0	< seuil	112	2	112	16	31	so	so
			[21 - 38]	[1,3 - 2,1]		[2 - 11]	[27 - 43]					[0 - 4]		[9 - 23]	[16 - 46]		
	Tonsilles	so	so	so	so	so	so	so	so	so	so	so	so	so	so	45	18
Abattoir C	Gorges	107	64	25	107	0	< seuil	107	0	< seuil	107	7	107	61	270	so	so
			[55 - 73]	[15 - 35]								[2 - 11]		[51 - 70]	[150 - 390]		
	Bavettes	107	37	2,7	107	1	5	107	0	< seuil	107	4	107	80	600	so	so
			[28 - 46]	[1,2 - 4,2]		[0 - 3]						[0 - 7]		[73 - 88]	[380 - 810]		
	Tonsilles	so	so	so	so	so	so	so	so	so	so	so	so	so	so	42	33
																	[19 - 48]

Légendes : n : nombre de pools de prélèvements analysés ; Prév. : prévalence ; NC : niveau de contamination moyen exprimé : (1) en UFC / g ou (2) en UFC / cm² ; [x - y] : intervalle de confiance à 95 % de la valeur moyenne observée ; so : sans objet ; * : souches de staphylocoques coagulase positifs confirmées au rang de l'espèce *S. aureus* à l'aide de kits biochimiques ; ** : souches appartenant au biotype IV, sérotype O:3, pathogènes pour l'homme, confirmées par le CNR de la peste et autres yersinioses (Institut Pasteur, Paris).

5. Perspectives d'utilisation du modèle générique de transmission des dangers pour la proposition d'un schéma de maîtrise fondé sur l'évaluation des risques

Malgré les limites que comporte ce travail, il nous semble possible d'envisager l'utilisation de ces résultats pour la construction d'un schéma de maîtrise des dangers nouveau, basé sur le profilage des élevages et des abattoirs. Une telle démarche n'a, à notre connaissance, été envisagée à ce jour qu'aux Pays-Bas, où la séroprévalence de *Mycobacterium avium* a été utilisée pour le classement d'élevages à bas ou haut risque (Jelsma *et al.*, 2006).

5.1. Etablir les profils de risque des élevages

Pour identifier les élevages dont les animaux envoyés à l'abattoir pourraient potentiellement être porteurs des dangers biologiques avérés, autochtones et actuels que nous avons étudiés, deux démarches complémentaires peuvent être envisagées :

- le recensement, lors d'un audit d'élevage, de l'ensemble des indicateurs pouvant constituer des facteurs de risque de présence des dangers biologiques pour le consommateur (tableau 33) ;
- la recherche des dangers sur / dans les organes cibles (contenus digestifs, tonsilles amygdaliennes, peau), à l'abattoir, afin d'évaluer le statut sanitaire de l'élevage. Cette recherche pourrait être réalisée d'autant plus fréquemment que les informations d'élevage suggèrent l'existence de facteurs de risque.

La combinaison de ces différents indicateurs, analytiques et zootechniques, pourrait autoriser, pour un danger donné, l'attribution d'un score aux élevages en fonction de leurs profils de risque. Trois catégories pourraient, dans un premier temps, être envisagées :

- élevages à haut risque : mise en évidence du danger sur / dans les organes cibles et identification de facteurs de risque de présence des dangers lors de l'audit d'élevage ;
- élevages à risque intermédiaire : recensement de facteurs de risque sans mise en évidence des dangers ;
- élevages à faible risque : les dangers ne sont pas mis en évidence dans les organes cibles et aucun facteur de risque n'est recensé.

L'identification de ces profils de risque pourrait conduire les services de contrôle à demander aux éleveurs concernés la mise en œuvre de mesures correctives, notamment quand des défauts de biosécurité sont identifiés (mise en place de pédiluves à l'entrée des salles d'engraissement et utilisation de tenues spécifiques, limitation de l'introduction d'animaux sauvages et maîtrise du statut de contamination des porcs provenant d'élevages différents introduits lors du renouvellement).

5.2. Etablir les profils de risque des abattoirs

L'utilisation des résultats d'analyses bactériologiques réalisées en tant que critères microbiologiques pour le calcul de ratios de transfert des dangers pourrait être envisagée pour classer les abattoirs. Parmi les dangers pouvant être utilisés pour le calcul de ces ratios de transfert, les *Campylobacter* spp. thermotolérants peuvent être envisagés comme témoins de contamination digestive des carcasses. Il s'agit en effet de dangers associés à un portage digestif inapparent systématique et spécifique de l'animal. Ces bactéries sont par ailleurs faiblement résistantes dans l'environnement, et notamment dans celui de l'abattoir caractérisé par le maintien d'un froid positif limitant leur survie (Bhaduri et Cottrell, 2004 ; Laroche *et al.*, 2004). La mise en évidence de ces dangers sur carcasses signe donc un transfert de contamination direct (du tube digestif de l'animal vers sa carcasse) ou indirect (contaminations croisées des carcasses à partir des matériels souillés) à partir du réservoir animal.

L'enregistrement de ces ratios de transfert sur une base nationale pourrait également être envisagé afin de comparer la maîtrise de l'hygiène du process d'abattage entre outils et ainsi cibler les entreprises au sein desquelles les efforts de contrôle par les services officiels doivent être menés. Parmi les mesures de maîtrise pouvant être envisagées au sein des outils d'abattage caractérisés par les ratios de transfert les plus élevés, une surveillance accrue des opérations d'éviscération, passant notamment par la recherche de souillures fécales et la réalisation, en tant que mesures correctives, de parages superficiels ou de saisies partielles ou totales des carcasses souillées. Le ralentissement de la cadence d'abattage ou la modification de la structure de la chaîne d'abattage peuvent également constituer des mesures correctives structurelles envisageables à long terme.

5.3. Combiner ces profils de risque pour cibler la réalisation de mesures correctives

La valeur informative de l'examen macroscopique des carcasses pour la détection des cinq dangers biologiques étudiés est faible. En outre, de récentes études ont montré que la réalisation d'incisions des nœuds lymphatiques pouvait être à l'origine d'une contamination des carcasses par *Salmonella enterica* (Jelsma *et al.*, 2006). La réalisation d'une inspection *post mortem* allégée fondée exclusivement sur l'examen visuel des carcasses, sans incision ni palpation des nœuds lymphatiques et viscères, est donc non seulement possible mais *a priori* souhaitable.

Au sein des abattoirs caractérisés par des ratios de transfert de contamination élevés, les lots provenant d'élevages considérés comme à risque élevé pourraient faire l'objet de mesures de contrôle renforcé, ce qui passe par :

- l'abattage des animaux en fin de journée de tuerie, et ce afin de limiter la contamination de la chaîne d'abattage ;
- le contrôle approfondi des opérations d'éviscération et l'attention portée à la recherche de souillures digestives lorsque des indicateurs de présence de dangers à réservoir digestif sont recensés ;
- le retrait systématique des tonsilles amygdaliennes pour les carcasses provenant d'élevages à profil de risque élevé à l'égard de *Yersinia enterocolitica* et destinées à la fabrication de produits de charcuterie utilisant les viandes de tête.

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES (<http://publicationslist.org/julien.fosse>)

• Publications dans des revues à comité de lecture

- Revues internationales

- Fosse, J., H. Seegers, C. Magras. 2008. Foodborne zoonoses due to meat: a quantitative approach for a comparative risk assessment applied to pig slaughtering. *Veterinary Research*, 39:01.
- Fosse, J., H. Seegers, C. Magras. 2008. Hiérarchiser les risques de zoonoses alimentaires : une approche quantitative. Application aux dangers bactériens transmis par la consommation de viandes porcine et bovine. *Revue Scientifique et Technique de l'OIE*, 27(3) :643-655.
- Fosse, J., H. Seegers, C. Magras, 2008. Prevalence and risk factors for bacterial food-borne zoonotic hazards in slaughter pigs: a review. *Zoonoses and Public Health*, 56(8):429-454.
- Fosse, J., A. Rossero, M. Laroche, N. Oudot, G. Trassart, H. Seegers, C. Magras, 2008. Multi-infection of pigs by bacterial food-borne zoonotic hazards: an exploratory study. *Applied and Environmental Microbiology* (soumis le 15/09/08).
- Fosse, J., M. Laroche, A. Rossero, M. Federighi, H. Seegers, C. Magras. 2006. Recovery methods for detection and quantification of *Campylobacter* depend on meat matrices and bacteriological or PCR tools. *Journal of Food Protection*, 69(9):2100-2106.

- Revues nationales

- Fosse, J., N. Oudot, M. Laroche, A. Rossero, H. Seegers, C. Magras, 2008. Contamination de lots de porcs par cinq agents de zoonoses alimentaires bactériennes : variabilité en élevage et à l'abattoir. *Epidémiologie et Santé Animale*, 53, 57-71.
- Fosse, J., M. Laroche, N. Oudot, A. Rossero, C. Magras. 2008. Quantification de la détection de dangers bactériens contaminant des carcasses de porcs à l'aide d'indicateurs macroscopiques. *Viandes et Produits Carnés* 27(numéro spécial 12^{èmes} JSMTV) :227-228.
- Fosse, J., M. Laroche, M. Federighi, C. Magras. 2006. Influence de la méthode de récupération, de la matrice carnée et de la souche sur le rendement de récupération de *Campylobacter* spp. implantés sur viande de porc. *Viandes et Produits Carnés* 25(numéro spécial 11^{èmes} JSMTV):177-178.

• Publications en congrès avec écrit intégral et comité de lecture

- Congrès internationaux

- Fosse, J., H. Seegers, C. Magras. 2007. Quantitative assessment of the informative value of meat inspection in Europe to detect biological hazards transmitted to humans by pork consumption. In : *7th International Symposium on the Epidemiology and Control of foodborne pathogens in pork*, Vérone (Italie), p. 10-14.

- Congrès nationaux

- Fosse, J., N. Oudot, A. Rossero, M. Laroche, H. Seegers, C. Magras, 2008. Contamination de produits primaires porcins par *Campylobacter* spp., *Clostridium perfringens* et *Salmonella enterica*. *Journées de la Recherche Porcine*, 40: 55-60.
- Magras, C., T. Vallée, A. Leclercq, J. Fosse, 2008. Détection de *Yersinia enterocolitica* sur carcasses de porc : premiers résultats. *Journées de la Recherche Porcine*, 40:79-80.
- Fosse, J., C. Magras, H. Seegers. 2007. Evaluation quantitative des risques biologiques pour le consommateur de viande de porc. *Journées de la Recherche Porcine*, 39:207-214.
- Fosse, J., J-M. Cappelier, M. Laroche, N. Fradin, K. Giraudet, C. Magras. 2006. Viandes bovines : une analyse des dangers biologiques pour le consommateur appliquée à l'abattoir. *Rencontres Recherches Ruminants*, 13:411-4.

• Publications en congrès avec résumé et posters

- Congrès internationaux

Werner, A., J. Fosse, D. Peiffer, K. Stärk, C. Magras. 2008. Hierarchization of biological hazards for beef consumers in Europe: a first approach. *In : Proceedings of the 8th annual scientific Congress of the European College of Veterinary Public Health*. Thessalonik, Greece, 10-11th December.

Fosse, J., M. Laroche, A. Rossero, M. Federighi, C. Magras. 2006. Quantification of *Campylobacter jejuni* and *C. coli* recovery level from inoculated pork samples by mechanical pummeling according to meat matrixes and recovery liquids. *In : G. Duffy, C. Cagney (eds). Emerging Campylobacteraceae in the food chain*. Dublin, Ireland, 8th February. Dublin, Teagasc, p. 46.

Magras, C., M. Laroche, C. Mircovich, J. Fosse, M. H. Desmonts, M. Federighi. 2006. Quantitative analysis of campylobacter hazard in the pork food chain. *In : G. Duffy, C. Cagney (eds). Emerging Campylobacteraceae in the food chain*. Dublin, Ireland, 8th February. Dublin, Teagasc, p. 56.

Fosse, J., C. Magras, H. Seegers. 2005. Identification of biological hazards transmitted to humans by pork consumption: the first step of a risk analysis approach in european slaughterhouses. *In : S. Reid (eds). Proceedings of the 5th annual scientific Congress of the European College of Veterinary Public Health*. Glasgow, United Kingdom, 25-26th November. Glasgow, ECVPH, p. 10-13.

Magras, C., M. Laroche, M. Lebigre, J. Fosse, M. H. Desmonts, C. Mircovich. 2005. Campylobacter quantitative risk analysis in fattening pig slaughterhouse. *In : S. Reid (eds). 5th annual scientific Congress of the European College of Veterinary Public Health*. Glasgow, United Kingdom, 25-26th November. Glasgow, ECVPH, p. 16-17.

- Congrès nationaux

Fosse, J., C. Magras. 2005. Implications de la promulgation du paquet hygiène en élevage bovin. *In : Malher, X (eds). Journées bovines nantaises*, Nantes, 6 octobre 2005. Nantes, ENVN, p 150.

- Conférence invitée

Fosse, J. 2008. Multi-infection of pigs by six bacterail food-borne zoonotic hazards: quantitative assessment of their detection from farm to slaughterhouse. *Séminaire européen sur la modernisation du contrôle sanitaire en abattoir*, Lyon, Ecole nationale vétérinaire, 7-11 juillet.

• Publications à vocation de transfert

- Presse professionnelle

Fosse, J., H. Seegers, C. Magras. 2007. Les dangers biologiques pour le consommateur de viandes : une analyse appliquée au Porc. *Bulletin Epidémiologique AFSSA*, 24, 4-7.

- Pages de sites internet

Fosse, J., H. Seegers, C. Magras. 2008. Les zoonoses alimentaires transmises par la consommation des viandes. PigTrop, site du CIRAD [en ligne : www.pigtrop.cirad.fr].

Fosse, J., H. Seegers, C. Magras. 2007. L'examen macroscopique des carcasses ne suffit pas pour maîtriser les risques biologiques liés à la consommation de viande de porc. Vigie Viande n°710 du 12/12/2007 [en ligne : www.vigie-viande.info].

• Mémoires diplômants

Fosse, J., 2008. Valeur informative d'indicateurs ante et post mortem pour la détection des dangers biologiques pour le consommateur de viande porcine. Thèse de l'Université de Rennes, mention biologies, 330 p (manuscrit déposé, en cours d'évaluation). Soutenance fixée au 1^{er} décembre 2008.

Fosse, J., 2005. Définition d'une méthode de récupération des *Campylobacter* spp. thermotolérants implantés sur des matrices carnées porcines pour leur identification bactériologique et moléculaire. Mémoire de fin d'études de master recherche biologie de l'Université de Rennes, 37 p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bailly, C. 2004. Etat des lieux des modalités de l'inspection sanitaire des viandes de porc à l'abattoir. *Th. Med. Vet.* Nantes, (138).
- Bhaduri, S., Cottrel, B. 2004. Survival of cold-stressed *Campylobacter jejuni* on ground chicken and chicken skin during frozen storage. *Appl. Environ. Microbiol.* 70:7103-7109.
- DGSanCo (Direction Générale de la Santé et de la protection des Consommateurs). 2000. Opinion of the scientific committee on veterinary measures relating to public health on foodborne zoonoses. Commission européenne, Bruxelles, Belgique.
- Jelsma, A., R. Lesuis, E. Ronteltap. 2006. Final report on the data analysis from the "visual inspection pilot". Food and Consumer Product Safety Authority, La Haye, Pays-Bas.

- Laroche, M., J. Kaiser, M. Federighi, C. Magras. 2004. Survie de *Campylobacter jejuni* et *Campylobacter coli* sur des échantillons de couenne et de viande de porc stockés à 4°C. *Viandes et Produits Carnés* (hors série : 10^{èmes} Journées Science du muscle et technologies des viandes):185-186.
- Schruff, C., Blaha, T. 2004. A decision model for the risk-based meat inspection. *In* : Animal production in Europe : the way forward in a changing world. In-between congress of the ISAH, Vol.2, 477-478. ISPAIA, Saint-Malo.
- Vaillant, V., De Valk, H., Baron, E. 2004. Morbidité et mortalité dues aux maladies alimentaires d'origine infectieuse en France. Rapport annuel de l'Institut de Veille Sanitaire (InVS), Saint-Maurice.