

## *Campylobacter* spp. dans les produits alimentaires d'origine animale

R. ASMAI<sup>1</sup>, R. TRIQUI<sup>2</sup>, H. KARIB<sup>2</sup>, B. BOUCHARIF<sup>3</sup>, K. ES-SOUCRATTI<sup>4</sup>, H. EN-NASSIRI<sup>4</sup>

(Reçu le 18/12/2018; Accepté le 14/03/2019)

### Résumé

En dépit des recherches déjà conduites au cours des 30 dernières années, la campylobactériose est l'infection bactérienne d'origine alimentaire la plus répandue dans le monde. Cependant, on connaît peu de choses des caractéristiques du genre *Campylobacter* et de sa survie, apparemment fragile, dans la chaîne alimentaire. Ce travail bibliographique se propose de faire le point sur les caractéristiques du genre *Campylobacter*, sa prévalence dans les denrées alimentaires, la campylobactériose humaine, ainsi que de décliner des éléments de l'évaluation du risque des *Campylobacters* thermophiles. L'évaluation du risque *Campylobacter* s'avère, comme pour tout autre risque zoonotique alimentaire, primordiale afin d'évaluer l'impact en santé publique de ce danger et d'orienter les choix de maîtrise et de gestion liés à ce pathogène au niveau de la chaîne alimentaire.

**Mots clés:** *Campylobacter* spp., campylobactériose humaine, prévalence, aliment

### *Campylobacter* spp. in food products of animal origin

### Abstract

Despite research already conducted within the last 30 years, campylobacteriosis remains the most common bacterial foodborne infection in the world. Little is known about the characteristics of *Campylobacter* and the survival of this apparently fragile organism in the food chain. The present literature review aims at updating information on the genus *Campylobacter*, its characteristics, prevalence in food, and on human campylobacteriosis. It also presents an overview of the risk assessment of thermophilic *Campylobacter*. The risk assessment of *Campylobacter*, is of major importance in evaluating the impact in public health and in determining choices for control and management strategies in the food chain.

**Keywords:** *Campylobacter* spp., Human campylobacteriosis, prevalence, food

### INTRODUCTION

Aujourd'hui, les maladies liées à la consommation de produits alimentaires contaminées par des microorganismes pathogènes, appelées aussi «maladies d'origine alimentaire» (MOA) constituent une des premières causes de morbidité/mortalité dans le monde. En effet, les premières estimations mondiales de l'OMS sur les MOA montrent que, chaque année, 2 personnes sur 10 tombent malades en consommant des aliments contaminés, et que 420 000 en meurent. Les enfants de moins de 5 ans sont particulièrement exposés et chaque année 125 000 décèdent suite à ces maladies (OMS, 2015).

Au sein des MOA, la campylobactériose est une zoonose causée par des bactéries du genre *Campylobacter* spp., dont le principal réservoir est le tube digestif des mammifères et des oiseaux sauvages et domestiqués. Elle constitue aussi l'une des quatre principales causes de maladies entériques zoonotiques dans le monde. En effet, il a été estimé que 5 à 14% de toutes les maladies diarrhéiques dans le monde sont causées par *Campylobacter* spp. (CDC, 2017). Ainsi, le nombre de cas rapportés par année dans le monde s'élève à 1,5 millions aux États-Unis. (CDC, 2017), 4 millions au Canada (PHAC, 2018), 190.566 cas d'infections dans les pays de l'Union Européenne (EFSA, 2016), 3 à 4000 cas au Pays de Galles (PHW, 2018). En France, le centre national de référence des *Campylobacters* et *Hélicobacters* fait état de 6,2 cas recensés pour 100 000 habitants en 2009 (ANSES, 2016).

La situation dans les pays en voie de développement est rapportée comme plus grave en l'absence de systèmes de contrôle et de surveillance des campylobactérioses. Les données rapportées sont généralement le résultat de travaux de recherche financés par l'OMS (Akitoye *et al.*, 2009).

En Afrique, Goualie *et al.*, (2010) rapportent des estimations comprises entre 40 000 et 60 000 cas pour 100 000 habitants, en termes d'incidence annuelle des campylobactérioses chez les enfants. Les moyens de lutte et de prévention s'avèrent donc plus que nécessaires, même s'il a été montré que la répétition des infections chez certains enfants leur conférerait une protection vis-à-vis de la suivante (Engberg *et al.*, 2000).

Au Maroc, les informations concernant la campylobactériose humaine sont très lacunaires, car les cas sporadiques ne sont pas enregistrés, et même la recherche des *Campylobacters* en cas d'épisodes de TIAC (*Toxi-Infections Alimentaires Collectives*) n'est pas systématiquement mise en œuvre; Il s'en suit une non prise en compte des cas dans les statistiques officielles des TIAC et des (MAO) au Maroc. Sur un autre registre, les infections à *Campylobacter* spp. engendrent des pertes économiques considérables dues au coût élevé du traitement, mais aussi au nombre de jours d'arrêt de travail. À titre d'exemple, le traitement d'une campylobactériose au Royaume-Uni est de 465 €, alors qu'il est de 77 € aux Pays Bas (Messouadi *et al.*, 2013).

<sup>1</sup> Office National de la Sécurité Sanitaire des Produits Alimentaires, Région Marrakech-Safi, Marrakech,

<sup>2</sup> Département de Pathologie et Santé Publique Vétérinaire, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat

<sup>3</sup> Laboratoire de microbiologie des aliments, Institut Pasteur du Maroc, Casablanca

<sup>4</sup> Département de Biologie, Faculté des sciences Ain Chock, Université Hassan II, Casablanca

## CARACTÈRES BACTÉRIOLOGIQUES

### Morphologie

Les *Campylobacters* sont des bacilles à Gram négatif, non sporulés, de forme spiralée incurvée ou en S, pouvant évoluer en une forme coccoïde considérée comme une forme de dégénérescence (ANSES, 2016). Le germe a un diamètre de 0,2 à 0,8 µm, une longueur de 0,5 à 5,0 µm et une largeur de 0,2 à 0,5 µm (Euzéby, 2005).

Les espèces de *Campylobacter* sont généralement très mobiles, grâce à un ou deux flagelles polaires ayant un mouvement typique en tir bouchon (ANSES, 2016).

Quatre espèces se caractérisent par des particularités:

- *C. gracilis*: espèce immobile et dépourvue de flagelles;
- *C. hominis*: constituée de bacilles droits et immobiles (dépourvus de flagelles);
- *C. showae* et *C. pylori* (connues actuellement sous le nom de *Helicobacter pylori*) qui disposent de multiples flagelles (Euzéby, 2005).

### Caractères biochimiques et culturaux

Les principaux caractères biochimiques des *Campylobacters* thermotolérants sont:

- Le caractère oxydase positive systématique;
- Le caractère uréase négative;
- Le caractère catalase positive pour *C. coli*, *C. jejuni* et *C. lari*;
- L'absence de production d'indole;
- L'absence d'enzymes extracellulaires (protéases, lipases);
- L'absence de métabolisme fermentaire des sucres;
- Une production de sulfure d'hydrogène variable;
- Une réaction d'hydrolyse de l'hippurate variable (présente chez *C. jejuni*).

D'autres caractères biochimiques existent; ils sont exploités pour la réalisation de divers schémas de biotypes, propres aux *Campylobacters* et qui ont un intérêt taxonomique et de diagnostic; mais qui sont de moins en moins utilisés (Leblanc Maridor, 2008). La culture des espèces de *Campylobacter* est réputée difficile. Certains

*Campylobacters*, dits «thermotolérants» ont un optimum de croissance à 42°C. Ce groupe comprend les espèces *C. jejuni*, *C. coli*, *C. upsaliensis* et *C. lari*.

Les espèces du genre *Campylobacter* sont micro-aérophiles (5% O<sub>2</sub>, 10% CO<sub>2</sub> et 85% N<sub>2</sub>) mais certaines peuvent également pousser en aérobiose ou en anaérobiose comme *Campylobacter rectus* et *Campylobacter curvus* qui sont capables de croître en présence de 1 à 5% d'oxygène (OIE, 2017).

## ÉPIDÉMIOLOGIE

*Campylobacter* a surpassé *Salmonella* en tant que germe de toxi-infections alimentaires. En effet, l'OMS a estimé en 2010 le nombre mondial d'infections aux environs de 96 millions pour *Campylobacter* spp. et 4 millions pour *Salmonella non typhi*. *C. jejuni*, et dans une moindre mesure *C. coli*, sont responsables de plus de 90% de ces infections (ANSES, 2018).

### Réservoirs et habitat

Ces bactéries sont commensales de l'intestin de nombreux animaux domestiques et sauvages à sang chaud, et dont les déjections peuvent contaminer les eaux stagnantes et les sols environnants. Elles ne peuvent pas se multiplier dans le milieu extérieur, mais peuvent y persister et contaminer ainsi l'environnement (ANSES, 2011).

### Facteurs de contamination

Les *Campylobacters* sont des micro-organismes ubiquitaires retrouvés dans trois principaux réservoirs: humain, animal et hydro-tellurique. De ce fait, il existe différents modes de contamination humaine. Il s'agit le plus souvent de viande de poulet crue ou insuffisamment cuite, mais aussi de viande de bœuf, de porc, de produits laitiers non pasteurisés, d'eaux contaminées, d'aliments crus ou peu cuits, souillés par contamination lors de manipulations avant leur consommation (OMS, 2018). La contamination par contact est moins fréquente. La transmission interhumaine, rare dans les pays industrialisés, est beaucoup plus fréquente dans les pays en voie de développement, où le taux de portage asymptomatique est élevé. (ANSES, 2011).

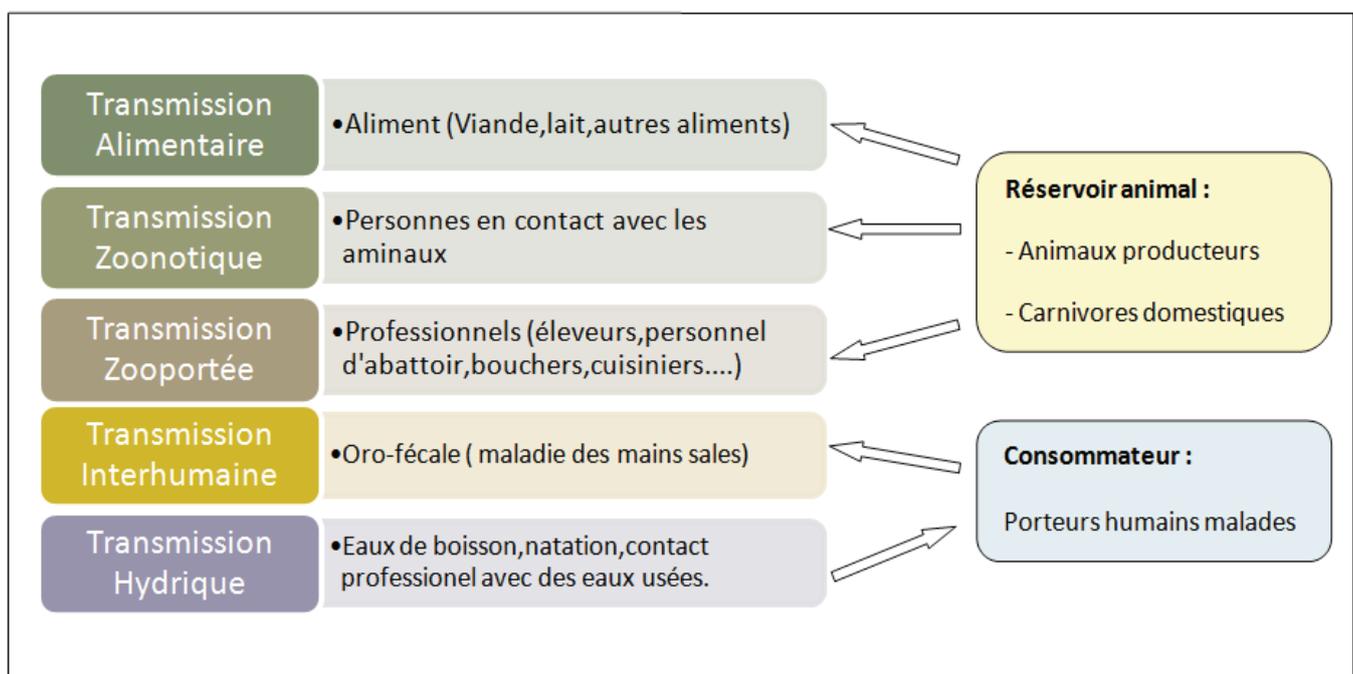


Figure 1: Les différents modes de contamination de l'homme par *Campylobacter* spp.

## LA CAMPYLOBACTÉRIOSE HUMAINE

L'infection à *Campylobacter* se traduit essentiellement par une diarrhée (dans 85% des cas) profuse, liquide ou visqueuse, contenant parfois du sang, associée à des douleurs abdominales, des vomissements, des nausées et des céphalées (Butzler, 1984). Les principales espèces de *Campylobacter* considérées comme agents de TIA sont *C. jejuni*, *C. coli*, *C. lari*, et *C. upsaliensis* (Zilbauer et al., 2009). Cependant, d'autres espèces ont été citées dans la littérature (Altekruse et al., 1999). Les symptômes de la toxi-infection alimentaire à *Campylobacter* sont assez proches de ceux d'une salmonellose. *C. jejuni* peut être à l'origine d'un syndrome post-infectieux de type arthritique, d'inflammation hépatique ou rénale, et surtout du syndrome de Guillain-Barré, qui se manifeste par une paralysie temporaire du système nerveux périphérique. Ce syndrome est réputé comme très sévère, avec une mortalité pouvant atteindre 2 à 3% des cas, et des séquelles neurologiques majeures pour 15 à 22% des cas (ANSES, 2011).

Le tableau 1 résume les caractéristiques d'une campylobactériose humaine.

### Aliments impliqués

Plusieurs catégories d'aliments (y compris l'eau) peuvent être contaminées, même si les viandes et les produits carnés sont à considérer en premier. Au cours de la transformation, du transport et de la distribution des aliments, le nombre de *Campylobacters* thermotolérants viables a tendance à diminuer. Ces derniers ne présentent pas de caractères particuliers de résistance au sel ou aux acides et survivent bien aux températures de réfrigération (0 à 10 °C), mais sont très sensibles à la chaleur ; les traitements thermiques supérieurs à 65°C permettent leur destruction quel que soit le support (liquide ou solide), tandis que la congélation arrête la croissance de ces bactéries, et détruit vraisemblablement une faible partie de la population bactérienne, surtout en milieu liquide (ANSES, 2011).

### Impact économique et sociétal

L'impact des campylobactérioses sur la santé humaine se décline selon trois aspects:

- La morbidité (gastro-entérites): elle entraîne des consultations médicales, des arrêts de travail et des frais d'hospitalisation;
- La mortalité qui reste à ce jour peu étudiée;
- Le syndrome de Guillain-Barré, complication rare mais grave.

Cet impact sur la santé humaine a été chiffré aux Pays-Bas, entre 1990 et 1995, par Havelaar et al. (2000) en une unité de mesure de santé publique appelée DALY (*Disability Adjusted Life Year*) qui correspond à la somme des années de vie perdues du fait d'une mortalité prématurée ou des années de vie avec une incapacité; cette somme étant pondérée par un facteur allant de 0 à 1 selon la sévérité de la maladie. Cet impact a été chiffré pour les campylobactérioses à 1403 DALY; ce qui implique que pour une population de 15 millions d'habitants, environ 0,01% de toutes les années de vie perdue sont dues à cette infection. (Havelaar et al., 2000).

Par ailleurs, l'impact économique des campylobactérioses a pu être évalué aux Etats-Unis: il a été estimé entre 1,5 et 8 milliards de dollars par an, dont 0,2 à 1,8 milliards imputables aux syndromes de Guillain-Barré consécutifs aux campylobactérioses (Buzby, 2012). Au Maroc, aucune étude de coût financier n'a été conduite à ce jour.

## PRÉVALENCE DES CAMPYLOBACTERS DANS LES ALIMENTS

Les espèces du genre *Campylobacter* ont été isolées à partir de différents aliments d'origine animale et végétale (crudités). Cependant, la viande de poulet constitue l'aliment à risque le plus important. L'eau a été également rapportée comme aliment pouvant facilement véhiculer les campylobacters chez des personnes qui utilisent des eaux contaminées (lacs, ruisseaux) (Humphrey et al., 2007).

### Volailles

Des taux de contamination des carcasses de poulet de chair variables d'un pays à l'autre ont été rapportés: 62% au Maroc (Jouahri et al., 2007), 81,3% en Italie (Haba Hernandez, 1993), 70,7% aux USA (Zhao et al., 2001), 56% au Sénégal (Cardinale et al., 2003), 71,3% en Brésil (Kuana et al., 2008), 34,7% en Bosnie-Herzégovine (Uzunovid-Kamberovid et al., 2007) et 15% en Irlande (Whyte et al., 2004). Si les données épidémiologiques sont nombreuses pour la filière poulet, il n'en est pas de même pour la filière dinde.

### Lait et produits dérivés

Étant un microorganisme commensal du bétail, la contamination de l'homme se fait par la consommation de lait ou de produits laitiers non pasteurisés. Par conséquent, l'état de propreté de l'animal, en particulier celui des mamelles, du milieu environnant, du trayeur, du matériel de récolte du lait, et enfin du matériel de conservation et de trans-

**Tableau 1: Caractéristiques de la campylobactériose humaine**

Durée moyenne d'incubation	Principaux symptômes	Durée des symptômes	Complications	Formes asymptomatiques
2-5 jours	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diarrhée</li> <li>▪ Fièvre</li> <li>▪ Douleurs abdominales</li> <li>▪ Céphalées</li> <li>▪ Selles sanguinolentes</li> <li>▪ Vomissements</li> <li>▪ Entérite aiguë spontanément résolutive</li> </ul>	3-4 jours	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bactériémies et septicémies</li> <li>▪ Syndrome post-infectieux: syndrome de Guillain-Barré</li> <li>▪ Appendicites, péritonite, cholécystite</li> <li>▪ Létalité : &lt; 0,1%</li> </ul>	Chez certains patients ayant eu antérieurement une campylobactériose

port détermine le niveau de contamination par les germes pathogènes. Les *campylobacters* thermophiles survivent dans le lait pendant 24 heures à température ambiante, et 3 semaines à une température de réfrigération (4°C). Cependant, ces organismes sont détruits lors du processus de pasteurisation (Hudson *et al.*, 1984).

### Viandes rouges et produits transformés

De nombreuses espèces de *Campylobacter* ont été fréquemment isolées dans des produits carnés, Cette diversité d'espèces tient aux contaminations multiples et croisées que peut subir le produit carné tout au long de la chaîne de production (Grau, 1988).

Ainsi, chez le porc (source importante d'infection après le poulet), le portage intestinal est un portage *quasi* exclusif à *C. coli*, alors que sur les produits carnés d'origine porcine, d'autres espèces telles que *C. jejuni* et *C. lari* sont également rencontrées (Epling *et al.*,1993). Les carcasses d'autres animaux de boucherie (bovins, ovins et caprins) peuvent également être contaminées par le contenu intestinal lors des opérations d'abattage et de préparation des viandes (Grau,1988). Le degré de contamination de la viande de ces espèces animales reste relativement faible par rapport à celui de la viande de poulet ou de porc (Zhao *et al.*, 2001).

### Eau

La plupart des épidémies de campylobactériose d'origine hydrique recensées dans la littérature seraient causées par une défécation lors du traitement de l'eau ou la contamination de celle-ci par des matières fécales (Humphrey et Musca, 1989); Il en est de même pour la contamination de l'eau de boisson dans les fermes avicoles (Pearson *et al.*, 1993).

### Autres aliments

Selon les résultats d'une étude sur la qualité microbiologique de l'œuf entier liquide, la contamination des ovoproduits par *Campylobacter* spp. semble très faible (Fricker et Park, 1989).

Les légumes et les fruits peuvent constituer pour l'Homme une source d'infection à *Campylobacter*. Ces végétaux sont contaminés à partir d'autres aliments d'origine animale ou par l'eau non potable (Doyle et Schoeni, 1986). La sensibilité des espèces de *Campylobacter vis-à-vis* du pH et d'une activité d'eau faible suggèrent que ces bactéries ne seraient pas viables dans les salades (AFSSA, 2004).

Le tableau 2 présente la prévalence du *Campylobacter* au niveau de divers produits d'origine animale et végétale dans différents pays.

**Tableau 2 : Prévalence des Campylobacters au niveau des aliments (Cherrabi, 2009)**

Type de Produit	Pays	Nombre d'échantillons	Nombre de positifs (%)	Référence
Carcasses de poulet	Maroc	50	31 (%)	(Jouahri <i>et al.</i> ,2007)
	Sénégal	300	168 (%)	(Cardinale <i>et al.</i> ,2003)
	Brésil	546	524 (%)	(Kuana <i>et al.</i> ,2008)
	Bosnie	147	51 (%)	(Uzunovid-Kamberovid <i>et al.</i> ,2007)
	USA	184	130 (%)	(Zhao <i>et al.</i> ,2001)
	Irlande	890	44 (%)	(Whyte <i>et al.</i> ,2004)
	UK	758	421 (%)	(Fricker et Park,1989).
Carcasses de Dinde	USA	172	24 (%)	(Zhao <i>et al.</i> ,2001)
	Irlande	88	33 (%)	(Whyte <i>et al.</i> ,2004)
Carcasses de Canard	Irlande	24	11 (%)	(Whyte <i>et al.</i> ,2004)
	Pologne	200	96 (%)	(Lammerding <i>et al.</i> ,1988)
Carcasses d'oies	Pologne	200	76 (%)	(Lammerding <i>et al.</i> ,1988)
Carcasses de petits ruminants	Grèce	110	96 (%)	(Lazou <i>et al.</i> ,2008)
	Angleterre	103	16 (%)	(Fricker et Park,1989).
Carcasses de Bœuf	Irlande	221	7 (%)	(Whyte <i>et al.</i> ,2004)
	Angleterre	127	30 (%)	(Fricker et Park,1989).
	Australie	44	13 (%)	(Fricker et Park,1989).
Œufs	Angleterre	650	0 (%)	(Fricker et Park,1989).
Lait Cru	Pays- bas	1200	2 (%)	(AFSSA,2006).
Huîtres	France	600	5 (%)	(AFSSA,2004).
Produits de la pêche	Angleterre	89	13 (%)	(Fricker et Park,1989).
Légumes	France	400	2 (%)	(AFSSA,2004).
Salades	Angleterre	106	0 (%)	(Fricker et Park,1989).
Champignons	USA	200	3 (%)	(Doyle et Schoeni,1986)

## ÉVALUATION DES RISQUES LIES AUX CAMPYLOBACTERS THERMOPHILES

L'appréciation scientifique du risque zoonotique alimentaire permet d'évaluer l'impact en santé publique d'un danger et d'orienter la décision publique de maîtrise. Suivant les directives du CODEX régissant l'évaluation des risques microbiologiques, l'évaluation des risques, associe 4 volets: l'identification des dangers, la caractérisation des dangers, l'évaluation de l'exposition, et la caractérisation des risques (FAO, 2007).

### Identification des facteurs de risque chez l'Homme

L'identification des dangers évalue les données et les informations scientifiques; elle recueille également des données concrètes sur les sources d'infection à *Campylobacter* spp. associés à la consommation de poulet dans la population humaine. Elle décrit l'incidence des infections humaines, les caractéristiques de l'organisme, les sources d'infection, les facteurs de risque et les caractéristiques de l'infection. Les données en relation avec ce premier volet ont été déjà abordées dans les paragraphes précédents de ce chapitre.

### Caractérisation des dangers

La caractérisation des dangers est l'évaluation qualitative et/ou quantitative de la nature des effets néfastes sur la santé associée aux agents biologiques, chimiques et physiques qui peuvent être présents dans les denrées alimentaires (AFSCA, 2007). En relation avec *Campylobacter* spp., le volet caractérisation des dangers a pour objectif de fournir:

- Un examen des caractéristiques de l'hôte, du microorganisme et des effets sur la matrice alimentaire;

- Un résumé et un examen des données et des informations disponibles en ce qui concerne les effets néfastes sur la santé;

- Un modèle dose-réponse basé sur les données tirées d'études de l'alimentation humaine.

S'agissant de *Campylobacter* spp., les études épidémiologiques publiées ne contiennent pas assez d'informations pour établir une relation dose-réponse à partir des données épidémiologiques. Une étude d'essai d'alimentation humaine a été réalisée aux États-Unis avec un peu plus d'une centaine de jeunes adultes volontaires en bonne santé (Black et al., 1998). Les données de dose-réponse dans le cas d'une infection due à la souche de *Campylobacter* A3249 ont été ajustées aux modèles de dose-réponse en utilisant les techniques de probabilité maximale (Black et al., 1998). Il a été démontré que la solution exacte du modèle bêta-poisson présente une concordance statistiquement bonne avec les données (Teunis et Havelaar, 2001).

### Évaluation de l'exposition

L'association étroite entre la campylobactériose humaine et la consommation de poulet, fait de la viande de volaille un facteur de risque majeur (FAO/OMS, 2002). L'évaluation du risque tient compte de la prévalence et du nombre de *Campylobacter* susceptibles d'être présents dans les produits à base de poulet. L'évaluation de l'exposition évalue dans un premier temps la fréquence et les niveaux de *Campylobacter* sur l'exploitation agricole, en estimant la probabilité qu'un élevage sélectionné de manière aléatoire soit positif pour *Campylobacter*, la prévalence parmi les individus du troupeau, et les niveaux de colonisation et de contamination des animaux (internes et externes).

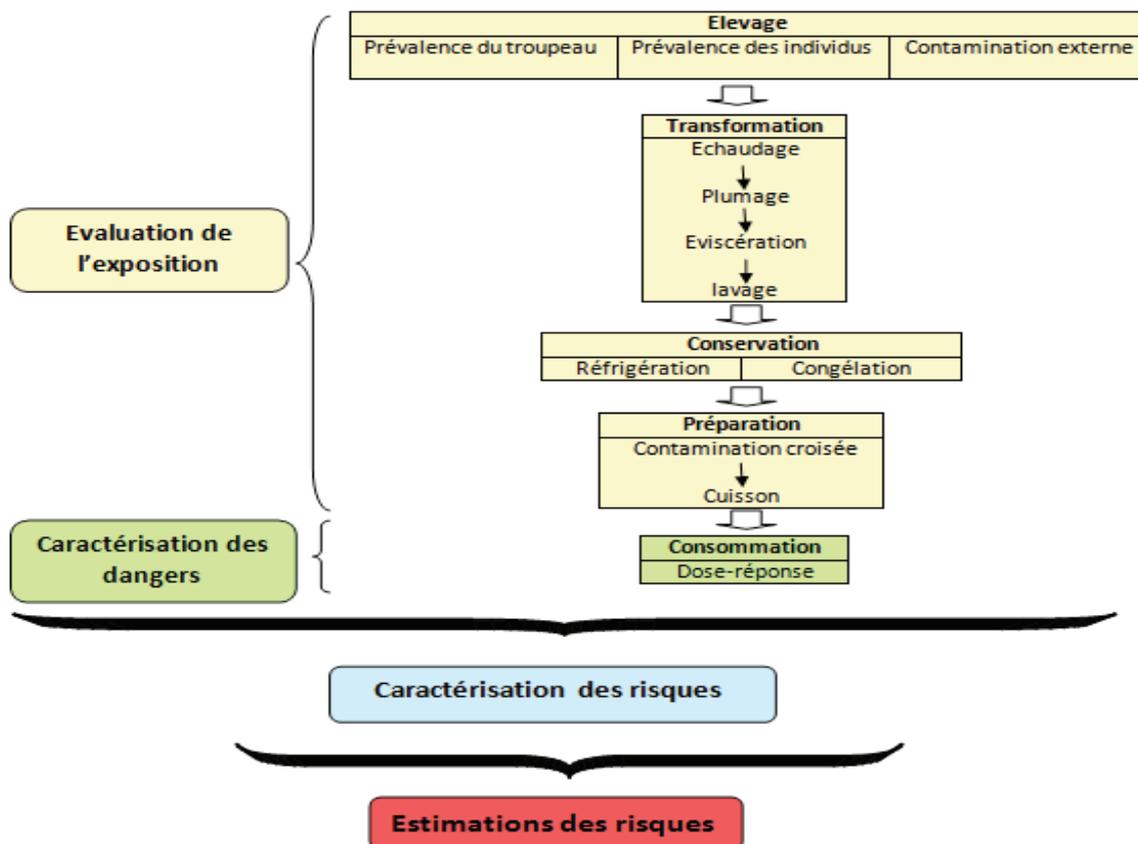
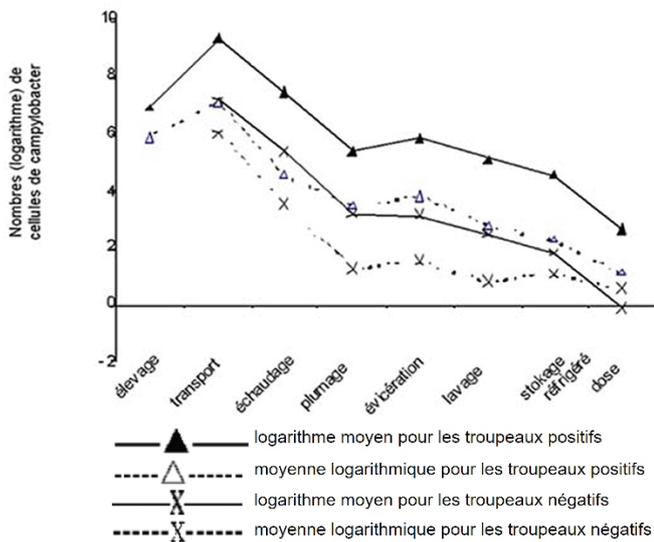


Figure 2: Représentation schématique du modèle d'évaluation du risque de *Campylobacter* spp. dans le poulet

Elle s'intéresse ensuite aux étapes transport, transformation, stockage et préparation par le consommateur, et les associe pour prédire leur impact global sur la charge de contamination en *Campylobacter* sur une carcasse ou un produit à base de poulet choisis de manière aléatoire afin de déterminer le niveau d'exposition finale (OMS, 2009).

### Modèles d'évaluation de l'exposition

Les études cas-témoins réalisées dans le monde ont identifié à plusieurs reprises la manipulation de volailles crues, et la consommation de produits dérivés de la volaille comme facteurs de risque importants de campylobactériose. Par conséquent, un modèle d'évaluation de l'exposition a été mis au point pour la consommation d'un repas contenant du poulet. Ce modèle présente de façon détaillée la prévalence et les nombres de *Campylobacter* dans toute la chaîne alimentaire, de la production à la consommation (il s'agit de poulets frais entiers, préparés pour la consommation par rôtissage au four à domicile) (Figure 3).



**Figure 3:** Nombre de cellules de *Campylobacter* par carcasse pendant la transformation des carcasses fraîches réfrigérées par air, provenant de troupeaux positifs et négatifs. (Les troupeaux négatifs deviennent contaminés pendant le transport). La moyenne des logarithmes et le logarithme de la moyenne sont indiqués. (Les différences entre celles-ci est le résultat de l'asymétrie de la distribution des valeurs et du fait que les valeurs «zéro» ne peuvent pas être incorporées dans les calculs de la moyenne des logarithmes (qui ne concernent donc que les carcasses positives) (FAO/OMS, 2001)

### Caractérisation des risques

La caractérisation des risques intègre les informations recueillies dans les volets précédents afin de parvenir à des estimations de la probabilité d'événements indésirables pouvant résulter de la préparation et de l'ingestion du poulet.

Un risque est une fonction de la probabilité et de la gravité d'un effet néfaste sur la santé, du fait de la présence d'un danger. Cette étape relie la probabilité et l'ampleur de l'exposition aux campylobacters associées à la consommation de poulets avec les événements indésirables qui peuvent survenir. Le risque qui en résulte est exprimé comme risque individuel ou risque par portion de poulet.

Dans tous les cas, une caractérisation des risques doit comporter: les incertitudes y afférentes, la probabilité d'apparition et de la gravité des effets potentiels néfastes sur la santé dans une population donnée, basée sur l'identification et la caractérisation des dangers et sur l'évaluation de l'exposition (FAO, 2007). La caractérisation du risque comprend les éléments suivants:

*Un modèle de référence:* Afin de clarifier la relation apports-résultats entre les différents modules du modèle et pour explorer également la crédibilité du modèle. Un modèle de référence choisi par un groupe d'experts FAO/OMS en 2009 a été défini comme «La transformation des carcasses fraîches provenant de troupeaux positifs et négatifs (avec une prévalence globale de 80% pour le troupeau), qui sont réfrigérées par air en fin d'abattage».

*Une analyse de scénario:* dans une analyse du scénario, les effets des modifications par rapport à la référence sont étudiés en changeant un ou deux des paramètres du modèle. Ce faisant, l'impact de l'incertitude dans les estimations relatives aux paramètres peut être exploré, et le potentiel des stratégies de réduction peut être évalué (OMS, 2009).

### APERÇU SUR LES PRINCIPAUX MODÈLES D'ÉVALUATION DU RISQUE DÉVELOPPÉS POUR LES CAMPYLOBACTERS

Les publications scientifiques en rapport avec ce volet sont principalement les rapports de synthèse publiés dans les pays de l'Union Européenne par :

- Hartnett en 2001 (Royaume Uni)
- Rosenquist, Christensen en 2003 (Danemark)
- Havelaar, Nauta en 2005 (Pays bas)
- Brynestad en 2006 (Allemagne)
- Uyttendaele en 2006 et Gellynck, Messens en 2008 (Belgique)
- Lindqvist, Lindblad en 2008 (Suède)
- Calistri, Giovannini en 2008 (Italie)

Par ailleurs, l'évaluation des risques a été examinée par deux consultations d'experts FAO/OMS en 2001 et en 2002, et a été présentée dans divers forums, dont le Comité du Codex sur l'hygiène alimentaire ainsi que dans certaines conférences et réunions scientifiques internationales. Elle a été ensuite révisée par des pairs en 2006. Le dernier résumé interprétatif a été publié en 2009.

Le développement d'un cadre consensuel pour l'évaluation des risques de *Campylobacter* dans la viande de poulet a été entamé en 2008. Le «*Consensus risk assessment framework*» ou «*CRAF*» contient des informations détaillées sur les modèles d'évaluation des risques de *Campylobacter* réalisés par les partenaires MedVetNet du Royaume-Uni (*VLA*), du Danemark (*Food DTU*), des Pays-Bas (*RIVM*) et de l'Allemagne (*BfR*). Le modèle d'évaluation des risques de *Campylobacter* élaboré en Nouvelle-Zélande a été également incorporé dans ce cadre consensuel (Nauta, 2009).

## Exemple de l'approche Danoise

En 1998, un profil du risque de *Campylobacter* spp. dans les produits à base de poulet a été réalisé par le «*Danish Institute for Food*» (Institut danois des aliments). Sur la base de ce profil, une évaluation des risques liés aux produits à base de viande de poulet de chair a été réalisée. Il s'agit d'une analyse quantitative du risque réalisée en 2001, et qui a servi de référence à tous les opérateurs de la filière (Breck, 2008).

Les chercheurs ont choisi de modéliser des maillons jugés importants à considérer (abattage et préparation par le consommateur) en raison notamment d'une plus grande facilité d'intervention et de prévention au niveau de ces maillons, mais aussi faute d'informations sur les autres maillons de la contamination.

Le risque étudié concerne la consommation d'un repas à base de viande de poulet (en distinguant le cas d'un poulet préalablement congelé). La justification de ces choix paraît raisonnable dans la mesure où la modélisation ne prétend pas évaluer le risque réel encouru, mais la (s) différence (s) (ou le sens de la différence) lors de la comparaison de différents scénarios.

Le rapport présente des notions générales sur la démarche utilisée en matière d'évaluation quantitative des risques (QRA) en général et microbiologiques (QMRA), une analyse critique d'autres tentatives de QRA réalisées à ce jour dans le monde, et un début de QRA menée sur les modules susmentionnés. Il ressort de cette démarche deux suggestions pour la mise en œuvre de travaux futurs dans le domaine de l'évaluation quantitative du risque, à savoir :

La préconisation d'une approche d'abord globale, dans laquelle tous les maillons seraient mis en place dès le départ (même réduits à leur plus simple expression),

L'emploi d'une approche bayésienne, afin d'allier commodément un algorithme décrivant la modélisation à l'intégration (éventuellement progressive) de données complexes à tous les niveaux de la chaîne (AFSSA, 2001).

Un plan d'action sur 5 ans portant sur *Campylobacter* spp. a été mis en œuvre en 2008. Le risque lié aux importations de viande de poulet de chair a été également inclus dans le plan. En 2006, un contrôle plus poussé de *Campylobacter* spp. et des *Salmonelles* dans les viandes fraîches nationales et importées, basé sur une évaluation des risques, a été imposé au Danemark.

## Rapport des consultations FAO/OMS 2001

L'évaluation des risques se compose d'un rapport technique «Évaluation des risques *Campylobacter* spp. dans les poulets» et d'un modèle informatique implémenté en Microsoft Excel et @Risk (utilitaire complémentaire permettant d'utiliser les algorithmes du modèle de simulation Monte Carlo) (OMS, 2009). Les simulations Monte-Carlo sont des méthodes algorithmiques visant à calculer une valeur numérique approchée en utilisant des procédés aléatoires, c'est-à-dire des techniques probabilistes servant à calculer des intégrales en dimensions plus grandes que 1. La méthode de simulation de Monte-Carlo permet d'introduire une approche statistique du risque. Elle consiste à

isoler un certain nombre de variables-clés et à leur affecter une distribution de probabilité (Nicholas, 1987).

Le modèle d'évaluation des risques décrit plusieurs phénomènes en termes mathématiques (incluant une simulation Monte Carlo) qui, par le biais d'un réseau complexe d'interactions, contribuent au niveau de risque associé à l'ingestion de produits à base de poulet contaminé par *Campylobacter*. Cette évaluation résulte de la fusion de modèles qui ont été antérieurement élaborés au Canada, au Royaume-Uni, et au Danemark pour diverses raisons.

Ainsi, cinq scénarios ont été décrits d'une manière détaillée dans le rapport principal:

**Scénario 1:** changement de la prévalence de la contamination des volailles au stade de la vente au détail

**Scénario 2:** changement du niveau de contamination

Les scénarios 1 et 2 peuvent être résumés de la manière suivante: on estime que toute stratégie de gestion modifiant la prévalence chez les volailles contaminées au stade de la vente au détail aura un impact proportionnel sur le risque moyen.

**Scénario 3:** Changement de la prévalence entre les bandes de volailles et parmi les individus

**Scénario 4:** changement des niveaux de contamination interne et à la surface avant et tout au long des étapes de la transformation. Le quatrième scénario comprend plusieurs stratégies possibles afin de refléter les différents changements que l'on peut introduire dans le niveau de contamination avant et pendant les opérations de transformation.

**Scénario 5:** impacts de l'atténuation des risques liés à la congélation de poulet frais (OMS, 2009).

La démarche utilisée dans les deux rapports présentés ci-dessus, mais aussi dans les articles publiés sur le sujet, consiste en la construction de modules puis en leur assemblage.

## CONCLUSION

Le poulet de chair a été identifié comme principal véhicule de *Campylobacter* thermophiles dans la chaîne alimentaire. L'étude de la prévalence de *Campylobacter* spp. au niveau des élevages de poulet de chair, et au niveau des autres maillons (transport, abattage, ressuyage, découpe, mise à l'étal) est nécessaire en vue de connaître les niveaux de contamination qui seraient attendus au niveau carcasse, découpe, ou de manière ultime sur un plat prêt à consommer.

Par ailleurs, il y a lieu de rappeler que peu d'études ont ciblé le comportement des *Campylobacter* thermophiles et leur prévalence dans des contextes épidémiologiques et environnementaux différents de ceux communément rapportés dans la littérature (essentiellement les pays du nord). Des études conduites dans les «pays chauds» seraient à même de mieux appréhender le comportement et les stratégies de maîtrise des *Campylobacter* thermophiles.

## RÉFÉRENCES

- Leblanc Maridor M. (2008). *Campylobacter* chez le porc: méthodes d'identification quantitative et dynamique d'infection. Thèse de doctorat. Rennes 1.
- OMS (2018). *Campylobacter* <http://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/campylobacter>
- AFSCA(2007). Brochure sur l'Application de l'évaluation des risques dans la chaîne alimentaire, D/2007/10.413/2
- AFSSA (2006). Rapport Fiche de description de danger microbiologique transmissible par les aliments: *Campylobacter* spp.
- AFSSA (2001). Appréciation des risques alimentaires liés aux campylobacters: Application au couple poulet / *Campylobacter jejuni*.
- AFSSA (2004). Rapport technique: Appréciation des risques alimentaires liés aux campylobacters: Application au couple poulet/ *Campylobacter jejuni*.
- Akitoye O. C., Deboye K., Adekunle O.C. (2009). Incidence, isolation and characterization of *Campylobacter* species in Osogbo. *Biol. Med.*, 1: 24-27.
- Altekruse S. F., Stern N.J., Fields P., Swerdlow D.L. (1999). *Campylobacter jejuni*, An emerging foodborne pathogen. *Emerging Infectious Diseases*, 8: 237-243.
- ANSES (2011). Fiche de description de danger biologique transmissible par les aliments.
- ANSES (2016). Fiche de description de danger biologique transmissible par les aliments: *Campylobacter jejuni*, *Campylobacter coli*.
- ANSES (2018). Avis et rapport relatif au danger *Salmonella* spp. en alimentation animale.
- Black R.E., Levine M.M., Clements M.L., Hughes T.P. and Blaser M. (1998). Experimental *Campylobacter jejuni* infection in humans. *Journal of Infectious Diseases*, 157: 472-479.
- Breck B. (2008). Approche danoise concernant le risque de *Campylobacter* dans la viande de volaille, agriculture. [gouv.fr/telecharger/44122?token=2898cc25efaf38644632dee64debe58d](http://gouv.fr/telecharger/44122?token=2898cc25efaf38644632dee64debe58d).
- Butzler J.P. (1984). *Campylobacter* infection in man and animals. CRC Press.
- Buzby J.C. (2012). Total and per capita value of food loss in the United States. *Food Policy*, 37: 561-570.
- Cardinale E., Perrier Gros-Claude J.D., Tall F., Cissé M., Guèye E.F., Salvat G. (2003). Prevalence of *Salmonella* and *Campylobacter* in retail chicken carcasses in Senegal. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 56: 13-16.
- CDC (2017). Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Emerging and Zoonotic Infectious Diseases (NCEZID), Division of Foodborne, Waterborne, and Environmental Diseases (DFWED). <http://www.cdc.gov/campylobacter/faq.html>
- Cherrabi (2009). Les *Campylobacter* dans les denrées alimentaires: revue bibliographique.
- Doyle M.P. et Schoeni J. L. (1986). Isolation of *Campylobacter jejuni* from retail mushrooms. *Applied and Environmental Microbiology*, 51: 449-450.
- EFSA (Rapport de l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) et le Centre européen de prévention et de contrôle des maladies: [http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa\\_locale-1178620753816\\_1211902267941.htm](http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale-1178620753816_1211902267941.htm).
- EFSA (2016). Rapport zoonoses: Les infections à *Listeria* se stabilisent mais sont fréquemment signalées chez des personnes âgées, [www.efsa.europa.eu/fr/press/news/161216](http://www.efsa.europa.eu/fr/press/news/161216).
- Engberg J., On S.L., Harrington C.S., Gerner-Smidt P. (2000). Prevalence of *Campylobacter*, *Arcobacter*, *Helicobacter*, and *Sutterella* spp. in human fecal samples as estimated by a reevaluation of isolation methods for *Campylobacter*s. *J. Clin. Microbiol.* 2000.
- Epling L.K. et. Carpenter J.A, and Blankenship L.C. (1993). Prevalence of *Campylobacter* spp. and *Salmonella* spp. on pork carcasses and the reduction effected by spraying with lactic acid. *Journal of Food Protection*, 56: 336-337.
- Euzéby J. (2005). Validation of publication of new names and new combinations previously effectively published outside the IJSEM, *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 55:983-985.
- FAO (2007). Principes et directives pour la gestion des risques microbiologiques: [www.fao.org/input/download/standards/10741/CXG\\_063f.pdf](http://www.fao.org/input/download/standards/10741/CXG_063f.pdf).
- FAO/OMS (2001). Rapport d'une consultation mixte d'experts. Évaluation des risques pour *Campylobacter* spp. dans les poulets et pour *Vibrio* spp. dans les produits de la pêche.
- FAO/OMS (2002). Rapport d'une consultation mixte FAO/OMS d'experts. Évaluation des risques pour *Campylobacter* spp. dans les poulets et pour *Vibrio* spp. dans les produits de la pêche.
- Fricker C. R. et Park R.W.A. (1989). A two-year study of the distribution of thermophilic *Campylobacter* in human, environmental and food samples from the reading area with particular reference to toxin production and heat-stable serotype. *J. Appl. Bacteriol.*, 66: 477-490.
- Goualie G.B., Karou G.T., Bakayoko S., Coulibaly K.J., Coulibaly K.E., Niamke S.L. et Dosso M. (2010). Prévalence de *Campylobacter* chez les poulets vendus dans les marchés d'Abidjan: Étude pilote réalisée dans la commune d'Adjamé. Étude pilote réalisée dans la commune d'Adjamé en 2005, *RASPA*.
- Grau F. H., (1988). *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter hyointestinalis* in the intestinal tract and on the carcasses of calves and cattle. *J. Food Prot.* 51:857-861.
- Haba Hernandez J. (1993). Incidence and control of *Campylobacter* in foods. *Microbiologia Sem.*, 9: 57-65.
- Havelaar AH., DeWit M.A., Van Koningsveld R., Van Kempen E. (2000). Health burden in the Netherlands due to infection with thermophilic *Campylobacter* spp. *Epidemiology & Infection*, 125: 505-522.

- Hudson P.J., Vogt R.L., Brondum J. and Patton C.M. (1984). Isolation of *Campylobacter jejuni* from milk drinking an outbreak of campylobacteriosis. *The Journal of infectious diseases*, 150: 789.
- Humphrey T. J., O'Brien S., Madsen M. (2007). Campylobacters as zoonotic pathogens: A food production perspective. *International Journal of Food Microbiology*, 117: 237-257.
- Humphrey T.J. and Musca I. (1989). Incubation temperature and the isolation of *Campylobacter jejuni* from food, milk or water. *Letters in Applied Microbiology*, 9: 137-139.
- Jouahri M., Karib H., Asehraou A., Hakkou A., Touhami M. (2007). Prevalence and control of thermotolerant *Campylobacter* species in raw poultry meat in Morocco. *Meso: prvi hrvatski časopis o mesu*, 9: 262-267..
- Kuana S. L., Santos L. R., Rodrigues L. B., Borsoi A., Moraes H. L. S., Salle C. T. P. et Nascimento V.P. (2008). Occurrence and characterization of *Campylobacter* in the Brazilian production and processing of broilers. *Avian Diseases*, 52: 680-684.
- Lammerding A. M., Garcia M. M., Mann E. D., Robinson Y., Dorward W. J., Ruscott R.B., and Tittiger F. (1988). Prevalence of *Salmonella* and thermophilic *Campylobacter* in fresh pork, beef, veal and poultry. *Can. J. Food Prot.*, 51: 47-52.
- Lazou T., Houf K., Soutos N., Dovas C. (2008). Prevalence Of *Campylobacter* spp. In Sheep And Goats At The Abattoir In Northern Greece. *foodmicro.*, 374:1143.
- Messouadi S., Manai M., Federighi M., Dousset X. (2013). *Campylobacter* dans la filière poulet. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 2: 90-99.
- Nauta M. (2009). *Campylobacter* Risk Assessment in the EU: Past, present and future, rapport final CRAF, <https://www.efsa.europa.eu/sites/default/.../colloque081204-p5.pdf>.
- Nicholas Metropolis (1987). The Beginning of the Monte Carlo Method, *Los Alamos Science*, 15: 125-130.
- OIE (2017). Terrestrial Manual, Chapter 2.9.3 Infection with *Campylobacter jejuni* and *C. coli*.
- OMS (2009). Évaluation des Risques liés à *Campylobacter* spp. dans les poulets de chair: Résumé Interprétatif.
- OMS (2015). Organisation mondiale de la Santé, Département Sécurité sanitaire des aliments et zoonoses. [http://www.who.int/foodsafety/areas\\_work/foodborne-diseases/fr/](http://www.who.int/foodsafety/areas_work/foodborne-diseases/fr/)
- Pearson A.D., Greenwood M., Healing T. D., Rollins D., Shahamat M., Donaldson J., and Colwell R. R. (1993). Colonization of broiler chickens by waterborne *Campylobacter jejuni*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 59: 987-996.
- PHAC (2018). Public Health Agency of Canada. <https://www.canada.ca/en/public-health/services/diseases/campylobacteriosis-campylobacter/surveillance.html>
- PHW (2018). Public Health Wales *Campylobacter*, [www.wales.nhs.uk/sitesplus/888/page/43695](http://www.wales.nhs.uk/sitesplus/888/page/43695).
- Teunis P.F.M. and Havelaar A.H. (2000). The beta Poisson dose-response model is not a single hit model. *Risk Analysis*, 20: 513-520.
- Uzunovid-Kamberovid S., Zorman T., Heyndrickx M. and Možina S. (2007). Role of poultry meat in sporadic *Campylobacter* infections in Bosnia and Herzegovina: Laboratory-based study. *Croat. Med. J.*, 48: 842-851.
- Whyte P., McGill K., Cowley D., Madden R.H., Moran L., Scates P., Carroll C., O'Leary A., Fanning S., Collins J.D., McNamara E., Moore J.E., Cormican M. (2004). Occurrence of *Campylobacter* in retail foods in Ireland. *International Journal of Food Microbiology*, 95: 111-118.
- Zhao C., Ge B., De Villena J., Sudler R., Yeh E., Zhao S., White D.G., Wagner D, Meng J. (2001). Prevalence of *Campylobacter* spp., *Escherichia coli*, and *Salmonella* Serovars in Retail Chicken, Turkey, Pork, and Beef from the Greater Washington, D.C., Area. *Applied and Environmental Microbiology*, 67: 5431-5436.
- Zilbauer M., Dorrell N., Wren B.W., Bajaj-Elliott M. (2007). *Campylobacter jejuni*-mediated disease pathogenesis: an update, *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 102: 123-129.