

LA BIOSECURITE : EVALUATION ET GESTION DES RISQUES

Racicot Manon¹, Vaillancourt Jean-Pierre²

1 AGENCE CANADIENNE D'INSPECTION DES ALIMENTS, SAINT-HYACINTHE (Québec), J2S 7C6, Canada

2 DEPARTEMENT DE SCIENCES CLINIQUES, Faculté de Médecine Vétérinaire, Université de Montréal, C.P. 5000, SAINT-HYACINTHE (Québec), J2S 7C6, Canada.

Manon.Racicot@inspection.gc.ca

Jean-pierre.vaillancourt@umontreal.ca

RESUME

Afin de mettre en place un programme de biosécurité efficace, il faut d'abord être en mesure d'évaluer correctement le risque. Il faut identifier le danger, le caractériser, établir le degré d'exposition probable d'un troupeau ou d'une région à ce danger et évaluer les conséquences de cette exposition afin de pouvoir adéquatement caractériser le risque. Les agents pathogènes sont multiples et l'émergence de nouvelles problématiques exigent de revisiter fréquemment notre évaluation du risque à l'échelle de la ferme et de la région. Les modes de transmission d'un agent infectieux sont également nombreux: les humains et leurs véhicules, l'environnement, les intrants, les extrants, les rongeurs, les insectes, les aérosols, etc. Les protocoles de biosécurité doivent inclure plusieurs mesures pour contrer ces divers modes de transmission. Sur la ferme, les mesures de biosécurité visent à prévenir la contamination du site (bioexclusion ou biosécurité externe), éviter la propagation entre différents groupes d'animaux d'un pathogène déjà présent dans la ferme (biogestion), et empêcher que ce pathogène puisse se propager à d'autres fermes (bioconfinement ou biosécurité interne). Pour ce faire, le site de production doit être fractionné en zones. Ce concept de zonage est important lorsqu'on met en place des mesures en lien avec la gestion des oiseaux, de l'eau, des visiteurs, de l'équipement, des oiseaux morts, du fumier, des insectes et des animaux sauvages. Les compagnies et les fermes d'une même région, surtout en zone de forte densité d'élevages se doivent également de partager certaines informations afin de contrôler les maladies contagieuses jugées importantes. Une haute observance des mesures de biosécurité à la ferme et à l'échelle régionale est essentielle à la réussite d'un programme de biosécurité. Le leadership nécessaire pour son application revient principalement aux membres de l'industrie, c'est-à-dire les intervenants des différentes filières.

ABSTRACT

Biosecurity : Assessing and managing risks

In order to put in place an effective biosecurity program, one must first be able to properly assess risk. Danger must be identified, characterized, the likely degree of flock or regional exposure to this danger must be determined, as well as resulting consequences in order to correctly characterize risk. There are various pathogenic agents and emerging problems requiring frequently revisiting this risk assessment at the flock, as well as at the regional levels. Modes of transmission of infectious agents are also numerous: personnel and their vehicles, the environment, farm inputs and outputs, rodents, insects, airborne, etc. Biosecurity protocols must include a series of measures in order to counter these various modes of transmission. Farm biosecurity measures aim at preventing site contamination (bioexclusion or external biosecurity), preventing the propagation of pathogens between flocks on the same farm (biomanagement), and avoiding transmission to other farms (biocontainment or internal biosecurity). To achieve this, the production site must be divided into zones. The zoning concept is important when putting in place measures dealing with flock management, water, visitors, equipment, dead birds, manure, insects and wild animals. Companies and farms in a given region, mainly in high farm density areas, must also share some information in order to control important contagious diseases. High biosecurity compliance at the farm and regional levels is essential to the success of a biosecurity program. The necessary leadership to accomplish this mainly rests with members of the industry.

INTRODUCTION

La biosécurité est définie comme étant les mesures ou plans de santé conçus afin de protéger une population contre les agents infectieux et transmissibles. Quel que soit le type de production animale, certains principes de base doivent être respectés, et conduisent à l'évaluation des facteurs de risque et à leur gestion. Ceci est d'autant plus important qu'au cours des dernières décennies, on note l'émergence de plusieurs nouvelles maladies infectieuses ou la réémergence de maladies connues à cause de souches plus pathogènes (Barnes et Vaillancourt, 2003). L'influenza aviaire est un exemple particulièrement troublant, en particulier en France au cours des deux dernières années.

1. ÉVALUATION DU RISQUE

Pour qu'une maladie infectieuse se manifeste, les agents pathogènes doivent entrer en contact avec des animaux sensibles, c'est-à-dire des animaux non immunisés ou dont l'immunité est limitée. La transmission a lieu suite à des contacts directs ou indirects. Les contacts directs font suite à des relations étroites entre un animal susceptible et un animal infecté présentant ou non des signes cliniques (état de porteur). Les contacts indirects ont lieu grâce à des vecteurs. Les personnes, des animaux, l'équipement, les véhicules, les aliments, l'eau, la litière et autres peuvent transporter et transmettre de façon mécanique des microorganismes. Beaucoup plus rarement, la transmission peut se faire par un vecteur biologique, tel un insecte, lors de maladies vectorielles.

1.1. Identification du danger

Il existe des différences de vulnérabilité entre les fermes face à l'introduction de pathogènes infectieux selon les interactions entre le personnel, le type de production, la densité d'élevage, les pratiques de gestion, la fréquence et le type de contacts avec les animaux. Suite à l'épidémie d'influenza aviaire hautement pathogène aux Pays-Bas en 2003, une étude a démontré une augmentation significative du risque pour les élevages de poules commerciales comparativement aux autres types

de production. Les auteurs associent ce risque accru au nombre élevé de contacts entre ces fermes, notamment par le biais du transport des œufs (Thomas et al., 2005). Avec l'intensification de la production française de canards gras, l'importance des rimerelloses du canard mulard n'a cessé de croître (Brugère-Picoux et al. 2015). Ainsi, l'identification du danger pour un éleveur se basera sur les maladies présentes dans le troupeau ou dans la région, les maladies à éradiquer (et pour lesquelles un programme de certification existe), les agents pathogènes alimentaires, et, finalement, les maladies à déclaration obligatoire, telle l'influenza aviaire H5 ou H7. Les caractéristiques de la ferme (aménagement : entrées, bâtiments, etc.; trafic sur le site, le type de production), et la densité régionale d'élevages sont également des déterminants du risque d'introduction et de diffusion de pathogènes infectieux.

1.2. Caractérisation du danger

La caractérisation du danger comprend, pour un agent infectieux donné, les sérotypes problématiques et leurs facteurs de virulence. À cause de préoccupations grandissantes en terme de santé publique, les agents zoonotiques, comme par exemple *Campylobacter jejuni* et *Salmonella Enteritidis*, prennent une importance particulière, même si l'impact sur la santé du cheptel peut paraître négligeable. Il est primordial d'avoir accès aux tests diagnostiques nécessaires pour tous les pathogènes pouvant préoccuper les producteurs.

1.3. Caractérisation de l'exposition

Il s'agit ici d'être en mesure d'établir la prévalence des agents pathogènes d'intérêt dans le troupeau, mais également au niveau de la région. Une exposition suffisante afin de transmettre l'infection dépendra de plusieurs facteurs, dont principalement : la souche de l'agent infectieux, sa dose infectante, sa vitesse de multiplication et sa résistance dans l'environnement.

1.4. Conséquences de l'exposition

Les conséquences de l'exposition dépendront de la virulence de la souche de l'agent infectieux et

de la quantité du microbe ingéré. Évidemment, l'état de santé de l'hôte, son statut immunitaire et vaccinal auront un impact sur l'expression de la maladie. Mais un grand nombre et une grande diversité de pathogènes en contact étroit avec l'hôte produiront une pression d'infection pouvant dépasser la capacité de l'hôte à combattre le ou les pathogènes. En résultera des taux de morbidité et de mortalité variables selon les caractéristiques du ou des agents infectieux et selon l'état de santé du troupeau.

1.5. Caractérisation du risque

La caractérisation du risque tiendra compte des points soulevés ci-dessus. Toutefois, l'appréciation du risque (faible, modéré, élevé) dépendra principalement de la croyance du producteur concernant la probabilité que son troupeau devienne infecté et également du degré de sévérité de la maladie en cas d'infection. Ainsi, la gestion du risque sera intimement liée au niveau de risque perçu par le producteur.

2. GESTION DU RISQUE

Sur la ferme, les mesures de biosécurité visent à prévenir la contamination du site par des pathogènes (bioexclusion ou biosécurité externe), éviter la propagation entre différents groupes d'animaux d'un pathogène déjà présent dans la ferme (biogestion), et empêcher que ce pathogène ne puisse se propager à d'autres fermes (bioconfinement ou biosécurité interne). Pour ce faire, le site de production doit être fractionné en zones. Certaines mesures de biosécurité telles que l'innocuité des aliments, le nettoyage et la désinfection de l'équipement et des bâtiments sont importantes pour maintenir à la fois la biosécurité interne et externe.

La biosécurité peut également se diviser en quatre niveaux : local, régional, national et international. Au niveau de la ferme (local), le but est de garder un élevage exempt de maladies et de minimiser les impacts lorsque la maladie se manifeste. Au niveau régional, les objectifs principaux sont la surveillance de maladies spécifiques et le développement de stratégies pour les contrôler. Des plans et des mesures de contrôle sont également élaborés pour circonscrire les épidémies. Finalement, à l'échelle nationale et internationale, la biosécurité tente principalement de prévenir l'introduction de maladies animales exotiques, de

contrôler les importations illégales et d'éduquer le public (Dargatz et al., 2002; Hueston et Taylor, 2002; Gunn et al., 2008).

Pour être efficaces, les protocoles de biosécurité doivent inclure plusieurs mesures pour contrer les divers modes de transmission. Il peut être difficile d'évaluer ces mesures indépendamment les unes des autres, puisqu'elles sont plus efficaces lorsqu'elles sont appliquées conjointement (Bojesen, 2003). Par contre, certaines combinaisons de mesures de biosécurité sont plus efficaces que d'autres lorsque l'on tient compte de l'agent pathogène, de la susceptibilité des animaux, de la pression d'infection et des installations sanitaires de la ferme. Par exemple, dans une étude expérimentale, la combinaison du lavage des mains et du port de vêtements propres n'est pas suffisante pour éviter la transmission d'*Escherichia coli* chez les porcs. Par contre, la combinaison d'une douche et du port de vêtements propres prévient cette transmission (Amass et al., 2003a). Suite à l'élaboration et la mise en place d'un protocole de biosécurité, le défi majeur demeure l'application constante et quotidienne de ces mesures.

Les modes de transmission sont multiples: les humains et leurs véhicules, l'environnement, les intrants, les extrants, les rongeurs, les insectes, les aérosols, etc. Selon l'agent pathogène, ces modes de transmission seront plus ou moins importants. Par exemple, selon le modèle de dispersion de l'influenza aviaire faiblement pathogène H7N2 en Virginie en 2002, la transmission semblait être associée aux intervenants avicoles, à l'équipement contaminé et autres vecteurs mécaniques, plutôt qu'aux aérosols (Akey, 2003).

2.1. Oiseaux

Aucune mesure de biosécurité ne peut contrer la contamination d'un site si les oiseaux arrivent à la ferme déjà infectés. C'est pourquoi il est important qu'un ou des certificats sanitaires témoignent de la santé des reproducteurs. Les oiseaux doivent également provenir d'un couvoir certifié. Si des oiseaux doivent être ajoutés au site de production, il faut s'assurer de la compatibilité entre les statuts vaccinaux et de santé des oiseaux présents sur le site et ceux ajoutés.

2.2. Site multi-espèces

Les sites multi-espèces représentent évidemment des sites à risque plus élevé de transmission d'agents infectieux puisque certaines maladies peuvent se transmettre entre différentes espèces (ex: influenza aviaire, maladie de Newcastle) et le risque de développement d'antibiorésistance est également plus élevé (ex: partage de la litière usagée) (Letellier et al. 2011). Il est donc préférable d'élever une seule espèce pour un site donné. S'il est impossible de se limiter à une espèce sur un site, il est très important d'observer les mesures de biosécurité de base entre chaque espèce (voir en particulier la section sur les visiteurs et employés, ci-dessous).

2.3. Source d'eau

En règle générale, les puits de surface représentent un plus grand risque que les puits artésiens et ceux-ci sont un plus grand risque qu'un système de distribution par réseau public. Les poulets et les dindes sont trois fois plus à risque d'infection à *Campylobacter* lorsque l'eau n'est pas désinfectée. Une étude a d'ailleurs démontré que la chloration de l'eau en plus du nettoyage et de la désinfection du système d'abreuvement a permis de diminuer la proportion d'oiseaux colonisés par *Campylobacter* de 81% à 7% (Pearson et al., 1993). Il est donc judicieux d'analyser l'eau au moins une fois par an, de maintenir un programme de désinfection en continu de l'eau et de nettoyer et désinfecter les lignes d'eau entre les bandes. Pour les troupeaux gardés à l'extérieur, il est important d'éviter que les oiseaux sauvages aient un accès facile aux abreuvoirs des oiseaux domestiques.

2.4. Visiteurs et employés

Il importe en premier lieu de tenir un registre des visiteurs pour assurer une traçabilité des entrées des visiteurs sur la ferme et dans les bâtiments d'élevage. Le contenu du registre peut inclure : date, heure, noms, but de la visite, bâtiment visité, historique des visites précédentes, mesures de biosécurité appliquées. Le registre est particulièrement important lors d'une épidémie telle que l'influenza aviaire. Durant un tel épisode, il permet une traçabilité rapide et efficace facilitant le contrôle et l'éradication de la maladie (Barcelo et Marco; 1998; England, 2002). Le registre peut se trouver à différents endroits tels qu'à l'entrée de chacun des

bâtiments, à l'entrée d'un bâtiment principal ou à l'entrée du site de production. L'endroit choisi doit favoriser l'observance. Dans le cadre du contrôle d'une maladie contagieuse importante (syndrome entérique mortel du dindonneau), une étude en Caroline du Nord a évalué l'observance d'un nouveau système d'enregistrement à l'entrée des fermes appartenant à une compagnie intégrée. Tout le personnel et les visiteurs, incluant l'éleveur, les membres de sa famille, les employés de la ferme, les techniciens, les vétérinaires et les livreurs d'aliments devaient signer à chaque entrée. Afin d'évaluer l'observance, une caméra cachée a été installée sur trois fermes permettant une surveillance 24 heures par jour pendant sept jours consécutifs. L'observance du registre variait entre 7 et 49%, ce qui est très faible (Vaillancourt et Carver, 1998). Un registre virtuel utilisant une technologie de géolocalisation (GPS) est maintenant une alternative intéressante, telle que l'outil «*Be seen, be safe*» (<https://beseenbesafe.ca/>). Essentiellement, une application installée sur le téléphone des intervenants avicoles permet de détecter automatiquement, et en temps réel, lorsque ces personnes arrivent et quittent le site de production.

Les bottes des visiteurs et des employés peuvent mécaniquement propager des agents pathogènes entre les bâtiments d'une ferme et d'une ferme à l'autre. Par exemple, la bactérie *Campylobacter* peut être introduite dans un élevage via les bottes, les vêtements et l'équipement suite à une contamination environnementale (Newell, 2003). D'ailleurs, une étude démontre que les bottes sont négatives pour *Campylobacter* jusqu'à ce que le lot d'oiseaux devienne positif (Gregory et al., 1997). Une fois contaminées, les bottes peuvent propager les pathogènes sur des distances non négligeables. Kirk et al. (2003) ont expérimentalement étudié la distance sur laquelle on pouvait retrouver des bactéries *Escherichia coli* résistantes à l'ampicilline après avoir marché avec des bottes contaminées sur deux types de sol: une surface de plastique et une surface de ciment. Suite à une contamination des bottes avec une charge de 10^8 *E. coli* par gramme, il a été possible d'isoler ces bactéries au niveau du sol jusqu'à une distance de 121,9 mètres pour la surface de plastique et 45,7 mètres pour la surface de ciment. Lorsque la charge bactérienne est de 10^2 , la distance est respectivement de 68,8 mètres et de 30,5 mètres pour la surface de plastique et la surface de ciment. Pour diminuer

les risques associés à la transmission de pathogènes par les bottes, il est recommandé, entre autres, de dédier une paire de bottes par bâtiment (Amass et al., 2000a). Une autre étude identifie la désignation de bottes pour chaque bâtiment comme le facteur le plus important pour protéger les productions de poulets de chair danoises d'une infection par *Campylobacter* (Newell, 2003). Par ailleurs, le port de bottes et le changement de vêtements à l'entrée des bâtiments sont significativement associés à une plus faible utilisation d'antimicrobiens dans les troupeaux de dindes en France (OR=2,7; IC95% : 1,2-6,2) (Chauvin et al., 2004). Pour faciliter l'hygiène des bottes, assurer une bonne observance ou combler un manque d'expérience, plusieurs fermes offrent aux visiteurs des pédisacs plutôt que des bottes de caoutchouc lavables. Par contre, aucune étude n'a évalué la durabilité et la résistance des bottes de plastique. Les chercheurs recommandent donc que ces bottes ne soient pas portées par les employés de ferme, puisqu'elles ne sont pas suffisamment durables (Poss et al., 1998; Amass et al., 2000a; Racicot et al., 2012a).

La littérature sur l'efficacité des pédiluves est souvent limitée aux avis des auteurs sur la façon de l'utiliser. Cette mesure de biosécurité ne fait pas l'unanimité et plusieurs se questionnent quant à son utilité. L'étude d'Evans et Sayers (2000) démontre que les pédiluves peuvent retarder de façon significative la colonisation par *Campylobacter*. Par contre, d'autres études n'ont pas trouvé de protection significative associée aux pédiluves. C'est le cas de l'étude sur les facteurs de risque de *Campylobacter* réalisée auprès de 75 fermes de poulets de chair en France (Refrégier-Petton et al., 2001). D'autre part, des études démontrent les risques associés à leur mauvaise utilisation. En effet, les pédiluves peuvent être une source de contamination et de développement de résistances bactériennes (Langsrud et al., 2003). Amass et ses collègues ont également démontré en 2001 que l'usage d'un pédiluve pendant deux minutes avec un désinfectant à large spectre (monopersulfate de potassium (22,5%), acide sulfamique (5%), acide malique (10%)) n'était pas efficace si les matières fécales n'étaient pas préalablement enlevées. C'est donc dire que, si les pédiluves peuvent être efficaces, cette efficacité dépend de conditions d'utilisation rarement retrouvées dans des élevages commerciaux.

Outre les bottes, les employés et les visiteurs peuvent transporter des pathogènes sur leurs mains après avoir manipulé des animaux ou de l'équipement. Le lavage des mains est également important pour prévenir la transmission des maladies zoonotiques. Le but du lavage des mains est de réduire la charge microbienne. Pour ce faire, plusieurs produits sont disponibles. Un assainissant réduit la charge microbienne et évite sa multiplication, comparativement à un désinfectant qui détruit les microorganismes (Saif et al., 2008). Une étude a évalué l'efficacité de deux différents produits pour se laver les mains: de l'eau et du savon comparativement à du gel à base d'éthanol. Les participants à cette étude lavaient leurs mains après avoir manipulé des animaux d'exposition. Les résultats démontrent que les deux produits ont une efficacité semblable pour réduire le compte bactérien total et les coliformes (Davis et al., 2005). Les assainissants ont également une action virocide. En effet, il a été démontré qu'ils peuvent éliminer le metapneumovirus aviaire et le virus de la maladie de Newcastle sur des mains expérimentalement contaminées, et ce, une minute après l'application (Patnayak et al., 2008). Les ramasseurs de volaille se contaminent beaucoup les mains dans le cadre de leur travail. Ils peuvent ainsi agir comme vecteur mécanique et transmettre des maladies infectieuses d'une ferme à l'autre. Il y a aussi un enjeu de santé publique. Une étude par Racicot et al. (2013) a évalué l'efficacité de différents protocoles visant à décontaminer les mains: eau et savon; crème dégraissante; lingette de main imbibée d'un désinfectant; un gel à base d'alcool était également appliqué sur les mains après chaque procédure de nettoyage. La décontamination des mains uniquement à l'aide du gel à base d'alcool a également été évaluée. Pour la réduction des coliformes, il n'y avait aucune différence entre les quatre protocoles si les mains n'étaient que légèrement ou modérément contaminées. Lorsque les mains étaient très contaminées, le gel à base d'alcool employé seul était moins efficace que la crème dégraissante suivie du gel. Pour ce qui est de la réduction du nombre total de bactéries aérobies, il n'y avait aucune différence entre les protocoles lorsque les mains étaient peu contaminées. Le protocole eau et savon suivi du gel était plus efficace que la lingette lors de contaminations modérée et élevée. Tous ces protocoles semblaient efficaces contre les salmonelles. Donc, lorsque les mains sont modérément ou très contaminées, il est important de les nettoyer d'abord avec de l'eau et du savon

ou une crème dégraissante avant d'appliquer un gel à base d'alcool. Lorsque questionnés concernant leur préférence, les ramasseurs préféraient de l'eau chaude et du savon à la crème dégraissante.

Après le lavage, il est nécessaire d'assécher les mains. En effet, lorsque des objets sont touchés par des mains mouillées, on note un transfert important de microorganismes vers ces objets. Le séchage réduit cette translocation bactérienne d'au moins 94% (Patrick et al., 1997). Ainsi, pour éviter toute contamination croisée, le séchage des mains après les avoir lavées est nécessaire. L'emplacement des lavabos, la disponibilité des produits et du papier et le type de produits sont des éléments importants pour encourager un lavage des mains fréquent et approprié (Garner et Favero, 1986). Une autre mesure d'hygiène par rapport aux mains est le port de gants. Il importe d'en faire un usage unique, puisque les microorganismes adhèrent aux gants même si ceux-ci sont nettoyés et séchés. Un lavage des mains est tout de même nécessaire après le retrait des gants. En effet, lorsque des gants expérimentalement contaminés sont retirés, jusqu'à 50% des mains sont souillées (Doebbeling et al., 1988).

Les vêtements peuvent transporter mécaniquement des microorganismes. En effet, Goodwin (1985) et Christensen (1994) ont démontré que différents mycoplasmes peuvent survivre sur les vêtements entre un et six jours. Poss (1998) recommande que les employés portent des vêtements et des bottes propres et soient assignés à une seule ferme par jour. D'autres auteurs recommandent que les revêtements soient désignés à chacun des bâtiments (Callan et Garry, 2002). Le port de vêtements jetables est parfois recommandé, particulièrement pour les travailleurs assignés au nettoyage et à la désinfection des bâtiments (De Benedictis et al., 2007). Dans le milieu avicole, le port de bottes et de cotte réduit le risque d'introduction du virus de la laryngotrachéite (Zellen et al., 1984).

Outre l'hygiène des bottes, des mains et des vêtements, certaines fermes vont également exiger un temps de retrait entre deux visites de ferme. Certains auteurs mettent en doute la nécessité d'avoir un temps de retrait entre deux visites, dès lors que la biosécurité soit efficace pour prévenir la transmission (Amass et al., 2003b et 2004). Il faut tout de même noter que

ces études ne tiennent pas compte de la densité d'élevages, de la pression d'infection, du manque d'observance, de la susceptibilité des animaux et des installations sanitaires souvent sous optimales. Ainsi, un temps de retrait d'une journée ou deux peut être utile lorsqu'une application adéquate des mesures de biosécurité n'est pas garantie.

L'application méthodique du protocole de biosécurité relié à l'entrée et la sortie des bâtiments d'élevage est essentielle. Pour éviter les contaminations croisées, un certain ordre dans l'application des mesures doit être respecté. Ceci fut démontré lors d'une investigation reliée à une épidémie de cryptosporidiose dans une ferme école. Les causes d'infection furent reliées au fait que les étudiants lavaient leurs mains avant de retirer leurs vêtements et leurs bottes. Certains asséchaient même leurs mains sur les vêtements souillés (Kiang et al., 2006). Pour éviter ces contaminations croisées, il est nécessaire de fournir un environnement permettant une application ordonnée des mesures d'hygiène demandées. Une conception suggérée pour l'entrée des bâtiments d'élevage est une entrée de type danoise avec trois zones : une zone propre, une zone grise ou intermédiaire et une zone contaminée. La zone contaminée, près de la porte extérieure, sert à retirer son manteau et à signer le registre des visiteurs. Il est donc recommandé d'avoir des crochets ou des casiers, ainsi qu'un crayon avec le registre dans cette section. En passant de la zone contaminée à la zone grise, les souliers personnels sont retirés. Dans la zone grise, le lavage des mains est effectué. Il est recommandé que cette zone soit munie d'un lavabo, idéalement avec de l'eau chaude, de savon liquide, d'essuie-mains en papier et d'une poubelle. De la zone grise à la zone propre, les individus mettent les bottes de la ferme désignées pour ce bâtiment ou les pédisacs (si le visiteur conserve ses souliers). Finalement, la zone propre sert à appliquer les autres mesures de biosécurité telles que le port de cotte et le port du filet pour les cheveux (charlotte). Une approche à deux zones peut aussi être envisagée (Hansson et al. 2007). Les résultats d'une étude menée auprès de 88 producteurs de poulets de chair au Danemark démontrent l'importance d'avoir des barrières sanitaires telle qu'un sas sanitaire avec un banc pour prévenir l'introduction de pathogènes. Le principe est de séparer la zone contaminée de la zone propre par un banc contraignant le personnel et les visiteurs à faire un changement de bottes et de vêtements

en passant par-dessus cette barrière. Tel que le démontre le tableau 2, l'absence de barrière sanitaire était un facteur de risque important pour l'introduction de la *Campylobacter* (Hald et al., 2000; Newell et Fearnley., 2003).

Observance et stratégies d'intervention

L'application constante des mesures de biosécurité est essentielle au succès de tout type de production animale. Cependant, les mesures de biosécurité sont souvent peu appliquées en production avicole (Nespeca et coll., 1997; Vaillancourt and Carver, 1998; Van Steenwinkel et coll., 2011; Racicot et coll.2011, 2012a). Haynes et ses collègues (1979) définissent l'observance comme étant le comportement d'une personne (en termes de prendre des médicaments, de suivre des régimes ou d'exécuter des changements de style de vie) coïncidant avec la recommandation médicale. La mesure de l'observance est le rapport des recommandations appliquées sur celles prescrites. En terme de biosécurité, on pourrait définir l'observance comme étant le rapport des mesures de biosécurité appliquées sur celles exigées.

L'étude de Racicot et al. (2011 et 2012ab) a décrit l'application des mesures de biosécurité à l'entrée et à la sortie de 24 bâtiments d'élevages avicoles au Québec à l'aide de caméras cachées. Basés sur les résultats du groupe contrôle, 44 erreurs de biosécurité différentes ont été observées à l'entrée et la sortie des bâtiments. La plupart étaient reliées à la délimitation des zones (propre versus contaminée). La nature et la fréquence des erreurs suggèrent un manque de compréhension des principes de biosécurité. Le visionnage des vidéos a révélé 3055 visites par 277 individus différents. L'effet des audits et de caméras visibles sur l'observance a été étudié, de même que les déterminants de l'observance et la relation entre les traits de la personnalité, l'expérience, l'éducation et l'observance. Les résultats ont démontré que les audits réalisés pour cette étude n'avaient pas d'impact sur l'observance des employés. Les caméras visibles ont eu un impact, à court terme, sur le port de bottes et le respect des zones durant la visite. Par contre, six mois plus tard, l'observance avait significativement diminué, au point de ne plus être statistiquement plus élevée que le groupe contrôle. La durée (longue) et le moment de la visite (matin), la présence de l'éleveur ou d'un observateur, la conception de l'entrée (facilitant l'application des mesures), le nombre de

bâtiments, le nombre de mesures de biosécurité exigé, le type de bottes, et être membre de la famille de l'éleveur étaient significativement associés à l'observance de la biosécurité. Finalement, trois traits de la personnalité étaient associés à l'observance: sens des responsabilités, individu orienté vers l'action et complexité (la personne préfère une approche logique et rationnelle et l'utilisation de stratégies complexes), de même que le nombre d'années d'expérience et le niveau d'éducation.

Le niveau de risque connu de transmission de maladies semble favoriser une meilleure adoption des mesures (Dorea et al., 2010). On note de plus l'importance de fournir à chaque employé les plans écrits de tous les aspects de la biosécurité et d'assurer un programme de formation continu (England, 2002). Pour une maladie donnée, le risque d'infection influence la mise en place des mesures de biosécurité. Le retour sur l'investissement augmente alors proportionnellement avec le risque (Gifford et al. 1987). Par contre, la perception du risque diffère souvent grandement entre les producteurs rendant l'uniformité de l'application de la biosécurité difficile. La perception du risque est cependant intimement liée à la conception et à la compréhension des principes de biosécurité et à l'incidence locale des maladies. La perception du risque est également influencée par le mouvement d'animaux et des personnes. Ainsi, les producteurs de petites fermes ou de fermes familiales se considèrent moins à risque par rapport aux fermes d'élevages intensifs ou aux fermes intégrées (Larsen, 2009).

Outre la perception du risque et les facteurs mentionnés ci-dessus, d'autres facteurs individuels peuvent influencer l'application des recommandations. Il s'agit des attitudes, de l'expérience avec la maladie, et des croyances personnelles au sujet de la santé des animaux, de l'incidence, de la prévention et du contrôle des maladies (Palmer et coll., 2009).

Haynes et ses collègues (1979) décrivent différentes stratégies pour améliorer l'observance des recommandations médicales. Le simple fait d'associer la recommandation médicale à une habitude quotidienne (appelé *tailoring* en anglais) est un moyen efficace pour augmenter l'observance. De plus, des rappels sur les recommandations à suivre font passer l'observance de 24 % à 70%. Les autres stratégies efficaces sont les suivis, les contrats ou

les engagements à suivre les recommandations, l'implantation graduelle de ces dernières, l'autosurveillance et l'usage d'incitatifs positifs (ex : récompenses) et négatifs (ex : pénalités). Cependant, on note un déclin de l'observance dans le temps. Certaines interventions pourraient maintenir l'observance telle que l'autosurveillance et l'appui des pairs, mais les résultats sont variables. Selon Conrad (1985), deux domaines sociaux émergent pour expliquer la problématique de l'observance : la communication et les croyances. L'observance peut également être améliorée suite à l'implantation d'un programme de formation.

Malgré les résultats de Racicot et coll., 2012a, les audits demeurent une approche à considérer pour évaluer et maintenir l'observance dans la mesure où ils ont une approche systématique visant à identifier les possibilités d'amélioration et à fournir une méthode pour les réaliser. Pour ce faire, les audits et les auditeurs doivent d'abord définir leurs responsabilités respectives. Un comité consultatif peut donner des conseils, coordonner les activités et établir les mécanismes pour l'élaboration des audits pour s'assurer de développer une approche cohérente et complète respectant les priorités. Le processus d'audit doit être pertinent, objectif, quantifiable, répétable et capable de suggérer des changements à apporter. L'identification de standards est essentielle dans ce processus. Ces standards doivent concilier les pratiques courantes avec les protocoles déjà définis, évalués et publiés. Des ressources sont évidemment nécessaires pour documenter le processus d'audits, collecter les données et analyser les résultats. La confidentialité des résultats individuels est essentielle. Par contre, les données doivent collectivement faire l'objet de rapports réguliers témoignant des points évalués, des améliorations ou des manques identifiées, des mesures correctives et de leurs résultats.

Une combinaison d'interventions comportementales et environnementales et de programmes de formation continue est probablement à privilégier.

2.5. Équipement

Durant l'épidémie d'influenza aviaire faiblement pathogène H5N2 en 2005 au Japon, il y avait 29 fois plus de chance d'introduction du virus lorsqu'il y avait partage de l'équipement entre les fermes. Il est donc préférable d'éviter les

prêts d'équipement entre les fermes. Si cela n'est pas possible, il faut laver et désinfecter l'équipement avant qu'il ne quitte la ferme ainsi qu'à l'entrée sur la ferme recevant ce prêt.

2.6. Gestion des carcasses

Lors de l'épidémie d'influenza aviaire faiblement pathogène H7N2 en 2002 (Virginie, USA), il y avait sept fois plus de chance d'introduction du virus chez les fermes utilisant un système d'équarrissage. Il est donc préférable de détruire les oiseaux morts sur le site, dans la mesure qu'un mode de disposition adéquat est légalement possible (ex : incinération; enfouissement; compostage). Ce n'est malheureusement pas applicable en France alors que seul l'équarrissage est autorisé. Dans ces circonstances, il faut localiser le bac contenant les carcasses le plus loin possible des troupeaux et près de la route pour que le camion d'équarrissage ne circule pas sur le site. Le bac doit être conçu afin d'éviter l'accès aux insectes et animaux sauvages et domestiques. Il faut aussi s'assurer de bien communiquer les risques aux fournisseurs de service afin de planifier la séquence des visites du site le moins à risque vers le plus à risque.

2.7. Gestion du fumier

Lorsque la distance entre le troupeau et le stockage de fumier est de moins de 200 mètres, une étude a rapporté une augmentation de la probabilité d'infection à *Campylobacter* (OR = 4,0) (Arsenault et coll. 2007). On peut en déduire qu'une masse importante de matière organique à proximité d'un troupeau est à risque de contaminer celui-ci via des vecteurs mécaniques (rongeurs, oiseaux sauvages, eau, insectes ou personnes). Il est donc recommandé d'entreposer adéquatement le fumier en prévenant autant que possible l'accès aux vecteurs potentiels. Une plus grande distance entre le troupeau et le fumier permet aussi de réduire le risque de contamination par aérosols. Dans cette optique, l'épandage du fumier est un facteur de risque non négligeable, en particulier dans les régions à haute densité d'élevages. Pour réduire le risque, un compostage est utile avant l'épandage. On peut aussi privilégier les modes d'épandage avec enfouissement direct permettant de limiter la dispersion d'aérosols.

Si une maladie d'importance a été diagnostiquée dans un troupeau à l'intérieur d'un bâtiment, lorsque possible, il est très utile de chauffer la

litière en chauffant le bâtiment en plus du compostage avant de la retirer du bâtiment.

2.8. Rongeurs et animaux sauvages

Plusieurs études ont démontré le rôle de vecteur des rongeurs et autres animaux sauvages. Il y a de trois à huit fois plus de chance d'avoir une infection à *Campylobacter* ou *Salmonella Enteritidis* si des souris ou des rats ont été observés sur un site de production avicole (Henzler et Opitz, 1992). Une étude a même rapportée deux fois plus de chance d'influenza aviaire si l'éleveur observe des rats laveurs ou des renards à proximité de la ferme (McQuisten et al., 2005). Une association significative a aussi été démontrée entre la présence d'écureuils sur un site et la présence de *Pasteurella multocida* dans un troupeau de volaille (Snipes et al., 1988). Une bonne gestion de ces risques exige une approche intégrée comprenant la présence d'appâts et l'aménagement du site (entretien de la végétation autour des bâtiments; entretien des bâtiments; éviter la présence d'aliments ou de débris sur le site [ex: matériaux de construction]). Un contrat de dératisation est souvent plus efficace que de laisser l'éleveur gérer lui-même la dératisation. La disposition des carcasses d'oiseaux et du fumier, telle que discutée précédemment, est également importante.

2.9. Insectes

Les mouches

Avec chaque femelle ayant de 5 à 6 pontes de 75 à 150 œufs chacune, et considérant 10 à 12 générations dans un été, une infestation de mouches peut rapidement se produire (Roy et Brown, 1954; Ebeling, 1975). Bien qu'elles se limitent en général à une aire de 3 km², les mouches peuvent aisément parcourir jusqu'à 30 km (Parker, 1916; Schoof, 1959). Elles hébergent plusieurs pathogènes tels des coccidies, entérocoques, staphylocoques, etc (Markus, 1980; Graczyk et al., 1999). Une étude au Japon fait particulièrement réfléchir, alors que le virus d'influenza aviaire hautement pathogène H5N1 a été isolé de 30% des mouches capturées dans un rayon de 2,3 km d'une ferme infectée (Sawabe et al. 2006)! La gestion des mouches commence en évitant la présence d'eau stagnante à proximité du troupeau. Une bonne gestion du fumier et des oiseaux morts est également importante. Finalement, l'usage d'appâts et d'insecticides peut être nécessaire. Pour les

troupeaux gardés à l'intérieur, il est important de garder les portes fermées et d'avoir des moustiquaires (Poss et al., 1998; Axtell, 1999; Allen et al., 2005; Barrington et al., 2006).

Ténébrions

Vivant jusqu'à une année, une femelle peut pondre 800 œufs au cours de sa vie. Il n'est pas rare de trouver 1000 ténébrions par mètre carré de litière. Comme pour les mouches, des conditions d'humidité et de chaleur favorables peuvent rapidement conduire à une infestation importante. En plus de causer des dommages aux bâtiments et de se nourrir des aliments destinés aux oiseaux, les ténébrions peuvent être porteurs et vecteurs d'un grand nombre de pathogènes (ex: *Campylobacter*, *Salmonella*, virus de la bursite infectieuse, reovirus, coronavirus, *Emeria*, etc.) (Milushev, 1978; Markus, 1980; Graczyk et al., 2000; Steinkraus et Cross, 1993; Goodwin et Waltman, 1996; Bates et al., 2004; Crippen et Sheffield, 2006). Le contrôle des ténébrions commence par le maintien d'un environnement propre et sec à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments. En cas d'infestation, il faut traiter l'environnement avec un insecticide dès le départ du troupeau et juste avant l'arrivée de la prochaine bande. Dans les régions où il fait assez froid l'hiver, un bon moyen de contrôle est de laisser le bâtiment geler quelques jours durant le vide sanitaire.

2.10. Densité régionale d'élevages

Une densité régionale élevée augmente le risque de transmission de pathogènes infectieux à cause de la plus grande densité de vecteurs et de la possibilité de transmission via des aérosols. Par exemple, il y a dix fois plus de chance qu'une ferme positive à la laryngotrachéite infectieuse soit localisée à l'intérieur d'un corridor de vent provenant d'une autre ferme positive à cette maladie. Boender et al. (2007) ont démontré qu'un troupeau à moins d'un kilomètre d'un site contaminé par un virus de l'influenza aviaire avait près de 35 fois plus de chance de devenir infecté comparativement à un troupeau situé à plus de 10 km. Plusieurs études récentes ont d'ailleurs démontré la présence du virus ou de son ARN dans l'air autour d'élevages infectés par le virus influenza sur des distances pouvant atteindre un kilomètre (Torremorell et al. 2016)

Afin de minimiser les risques associés à la proximité entre élevages, plusieurs mesures doivent être considérées. En plus de s'assurer de

L'observance des mesures standards à l'entrée et à la sortie des bâtiments et du site, on peut réduire le risque de transmission par aérosols en ayant un brise-vent végétal; en considérant la direction des vents et la proximité des sites de production existants lors de la construction d'un nouveau bâtiment avicole; et en considérant une coordination du trafic avicole au niveau régional. Il s'agit ici, pour une région donnée, que les producteurs et les intervenants sur les fermes se concertent afin de gérer les déplacements de façon à minimiser les risques de contamination croisée.

3. COMMUNICATION DU RISQUE

L'emphase sur la communication est nécessaire afin d'optimiser l'observance des mesures de biosécurité.

Obstacles à l'observance

Plusieurs facteurs ont été mentionnés en lien avec l'observance. Il importe de souligner de nouveau l'impact du niveau de connaissance et de compréhension des mesures de biosécurité sur celle-ci (Lotz, 1997; Barcelo et Marco, 1998; Amass et Clark, 1999; Sanderson et al., 2000; O'Bryen et Lee, 2003; Racicot et al., 2011). La communication demeure au cœur du succès de la prise en compte de la biosécurité, surtout lors d'épidémies. En 2005, lors d'une épidémie de laryngotrachéite en Californie, deux compagnies se sont coordonnées pour effectuer un vide sanitaire prolongé et pour mettre en place des audits extensifs incluant 70 items de biosécurité. La coopération et la communication entre les compagnies ont contribué à l'éradication de la maladie (Chin et al., 2009). L'importance de la communication est également soulignée dans un

sondage réalisé en 2001 auprès de 72 vétérinaires nord-américains sur l'importance accordée à certains éléments de biosécurité. Les résultats, présentés dans le tableau 1, sont sur une échelle d'un à quatre, un étant négligeable et quatre étant très important.

Quand il s'agit de protéger un cheptel avicole, les trois principaux intervenants sont les producteurs, les vétérinaires et les techniciens. Il faut prioriser une meilleure collaboration, communication et responsabilisation de ces trois parties. Pour assurer une bonne communication, le message est essentiel, mais le contenu du message est déterminant. Les organismes nationaux, les programmes universitaires coopératifs et les organisations gouvernementales produisent du matériel éducatif pour les producteurs, mais dont le contenu varie grandement. Ce manque d'harmonie entre les recommandations spécifiques, et la confusion qui en résulte, contribue probablement au manque d'application de la biosécurité (Jardine et Hurdey, 1997; Moore et al., 2008). L'implantation de standards de biosécurité peut aider à uniformiser celle-ci dans la mesure où ils sont basés sur la science plutôt que sur des considérations politiques ou économiques. Par contre, lorsque les coûts de ces mesures sont perçus disproportionnés par rapport aux risques et que la réglementation est exigée par les gouvernements, la confiance envers ceux-ci est généralement ébranlée (Dunn, 2003). Du coup, le leadership nécessaire à la mise en place de programmes de biosécurité efficaces revient aux membres de l'industrie.

Tableau 1: Résultats de sondage sur l'importance accordée aux mesures de biosécurité, en particulier concernant la communication, par 72 vétérinaires nord-américains (Vaillancourt, 2009)

Mesures de biosécurité	Résultats
Rapporter régulièrement le statut sanitaire des troupeaux entre les compagnies ou les organisations (ex : coopératives, etc.)	3,6
Faire connaître le statut sanitaire des reproducteurs aux troupeaux de chair	3,4
Communiquer avec le personnel sur les différents aspects de la biosécurité et mettre en place un programme de formation	3,8
Mettre en place des audits réguliers par rapport aux mesures de biosécurité à la ferme	3,5
Communiquer aux éleveurs et aux personnels de l'industrie avicole le statut sanitaire de toutes les fermes impliquées dans une zone épidémique	3,9
Dans le cas d'une maladie transmise de façon verticale, procéder au diagnostic pour définir le statut sanitaire avant l'envoi au couvoir	3,7
Informers les compagnies externes des maladies présentes sur les fermes et leur fournir des instructions appropriées	3,7
Tester tous les troupeaux dans une région à risque lorsqu'un cas est trouvé	3,6
Utiliser des panneaux de quarantaine à l'entrée des fermes suspectes et des fermes infectées	3,6
Utiliser des bains de pieds à l'entrée de tous les bâtiments	2,9
Nettoyer et désinfecter tout l'équipement transporté entre les bâtiments d'une même ferme	2,7
Restreindre l'accès aux visiteurs	3,7
Garder les portes des bâtiments verrouillées	3,5

Tableau 2: Facteurs de risque pour l'introduction de *Campylobacter* dans 88 élevages de poulets de chair au Danemark (Hald et al., 2000)

Facteurs de risque significatifs	Odds ratio et intervalles de confiance
Absence de barrière sanitaire à l'entrée des bâtiments	3,1 (1,1-9,3)
Absence de barrière sanitaire et présence d'autres animaux à proximité	7,0 (1,6-33,9)
Absence de barrière sanitaire et présence d'animaux autres que des volailles sur la ferme	7,6 (1,4-44,9)
Dépeuplement partiel du lot lors de l'envoi à l'abattoir	6,8 (1,2-49,3)
Vide sanitaire de moins de 14 jours	5,0 (1,2-22,6)
Achat du blé, plutôt que de le cultiver	3,1 (1,0-9,9)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Akey, B. L. 2003. Low-pathogenicity H7N2 avian influenza outbreak in Virginia during 2002. *Avian Diseases*, 47 (special issue), 1099-1103.
- Allen, V.M., Newell, D.G., 2005. Evidence for the effectiveness of biosecurity to exclude *Campylobacter* from poultry flocks. In: Food Standards Agency Report, C.p.M. (Ed.), Food Standards Agency Report, Commissioned project MS0004. Food Standards Agency Report, Commissioned project MS0004, pp. 1-28.
- Amass, S. F., Clark, L. K. 1999. Biosecurity considerations for pork production units. *Journal of Swine Health and Production*, 7(5), 217-228.
- Amass, S. F., Halbur, P. G., Byrne, B. A., Schneider, J. L., Koons, C. W., Cornick, N., et coll. 2003a. Mechanical transmission of enterotoxigenic *Escherichia coli* to weaned pigs by people, and biosecurity procedures that prevented such transmission. *Journal of Swine Health and Production*, 11(2), 61-68.
- Amass, S. F., Mason, P. W., Pacheco, J. M., Miller, C. A., Ramirez, A., Clark, L. K., et coll. 2004. Procedures for preventing transmission of foot-and-mouth disease virus (O/TAW/97) by people. *Veterinary Microbiology*, 103(3-4), 143-149.

- Amass, S. F., Pacheco, J. M., Mason, W., Schneider, J. L., Alvarez, R. M., Clark, L. K., et coll. 2003b. Procedures for preventing the transmission of foot-and-mouth disease virus to pigs and sheep by personnel in contact with infected pigs. *Veterinary Record*, 153(5), 137-140.
- Amass, S., Vyverberg, B. D., Ragland, D., Dowell, C. A., Anderson, C. D., Stover, J. H., et coll. 2000a. Evaluating the efficacy of boot baths in biosecurity protocols. *Journal of Swine Health and Production*, 8(4), 169-173.
- Arsenault J., Letellier A, Quessy S, Normand V, Boulianne M. 2007. Prevalence and risk factors for *Salmonella* spp. and *Campylobacter* spp. caecal colonization in broiler chicken and turkey flocks slaughtered in Quebec, Canada. *Preventive Veterinary Medicine*, 81(4), 250-264.
- Axtell, R.C., 1999. Poultry integrated pest management: Status and future. *Integrated Pest Management Reviews* 4, 53-73.
- Barcelo, M., Marco, E., 1998. On Farm Biosecurity. In, *International Pig Veterinary Society Proceedings*, Spain, pp. 1-9.
- Barclay, E. 2004. Biosecurity on farms. from http://www.ruralfutures.uned.edu.au/downloads/BiosecurityonFarmsResultsSummary_84.pdf
- Barrington, G.M., Allen, A.J., Parish, S.M., Tibary, A., 2006. Biosecurity and biocontainment in alpaca operations. *Small Ruminant Research* 61, 217-225.
- Barnes HJ et Vaillancourt JP. Presentations at the 100th NECAD Anniversary: Poultry in the year 2028? Northeastern Conference on Avian Diseases. Orono, ME. Juin 11-13, 2003. Proceedings pp 13-21.
- Bates, C., Hiatt, K.L., Stern, N.J., 2004. Relationship of *Campylobacter* Isolated from Poultry and from Darkling Beetles in New Zealand. *Avian Diseases* 48, 138-147.
- Boender, G.J., Hagensmaars, T.J., Bouma, A., Nodelijk, G., Elbers, A.R.W., Jong, M.C.M.d., Boven, M.v., 2007. Risk Maps for the Spread of Highly Pathogenic Avian Influenza in Poultry. *PLoS Computational Biology* 3, 704-714
- Bojesen, A. M., Nielsen, S. S., Bisgaard, M. 2003. Prevalence and transmission of haemolytic *Gallibacterium* species in chicken production systems with different biosecurity levels. *Avian Pathology*, 32(5), 503-510.
- Brugère-Picoux J, Vaillancourt J-P, et coll. 2015 Manuel de pathologie aviaire. Association Française pour l'avancement de la science (AFAS); 720 pages.
- Callan, R. J., Garry, F. B. 2002. Biosecurity and bovine respiratory disease. *Veterinary Clinics Food Animal Practice*, 18(1), 57-77.
- Chauvin, C., Bouvarel, I., Beloeil, P. A., Orand, J. P., Guillemot, D., Sanders, P. 2005. A pharmaco-epidemiological analysis of factors associated with antimicrobial consumption level in turkey broiler flocks. *Veterinary Research*, 36(2), 199-211.
- Chin, R. P., Garcia, M., Corsiglia, C., Riblet, S., Crespo, R., Shivaprasad, H. L., et coll. 2009. Intervention Strategies for Laryngotracheitis: Impact of Extended Downtime and Enhanced Biosecurity Auditing. *Avian Diseases*, 53(4), 574-577.
- Christensen, N. H., Yavari, C. A., McBain, A. J., Bradbury, J. M. 1994. Investigations into the survival of *Mycoplasma gallisepticum*, *Mycoplasma synoviae* and *Mycoplasma iowae* on materials found in the poultry house environment. *Avian Pathology*, 23(1), 127-143.
- Conrad, P. 1985. The meaning of medications: another look at compliance. *Social Science and Medicine*, 20(1), 29-37.
- Crippen, L.T., Sheffield, C., 2006. External Surface Disinfection of the Lesser Mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Medical Entomology* 43, 916-923.
- Dargatz, D. A., Garry, F. B., Traub-Dargatz, J. L. 2002. An introduction to biosecurity of cattle operations. *Veterinary Clinics Food Animal Practice*, 18(1), 1-5.
- Davis, M. A., Sheng, H., Newman, J., Hancock, D. D., Hovde, C. J. 2005. Comparison of a waterless hand-hygiene preparation and soap-and-water hand washing to reduce coliforms on hands in animal exhibit setting. *Epidemiology and Infection*, Short Report, 1-5.
- De Benedictis, P., Beato, M. S., Capua, I. 2007. Inactivation of Avian Influenza Viruses by Chemical Agents and Physical Conditions: A Review. *Zoonoses Public Health*, 54(2), 51-68.
- Doebbeling, B. N., Pfaller, M. A., Houston, A. K. 1988. Removal of nosocomial pathogens from the contaminated glove: implication for glove reuse and handwashing. *Annual Intern Medicine*, 109(5), 394-398.

- Dorea, F. C., Berghaus, R., Hofacre, C., Cole, D. J. 2010. Survey of Biosecurity Protocols and Practices Adopted by Growers on Commercial Poultry Farms in Georgia, U. S. A. *Avian Diseases*, 54(3), 1007-1015.
- Dunn, E. C. 2003. Trojan pig: paradoxes of food safety regulation. *Environment and Planning*, 35, 1493-1511.
- Ebeling, W., 1975. *Urban entomology*. University of California Los Angeles.
- England, J. J. 2002. Biosecurity: safeguarding your veterinarian: client: patient relationship. *Veterinary Clinics Food Animal Practice*, 18(3), 373-378.
- Evans, S. J., Sayers, A. R. 2000. A longitudinal study of campylobacter infection of broiler flocks in Great Britain. *Preventive Veterinary Medicine*, 46(3), 209-223.
- Garner, J. S., Favero, M. S. 1986. CDC Guideline for Handwashing and Hospital Environmental Control, 1985. *Infection Control*, 7(4), 231-243.
- Gifford, D. H., Shane, S. M., Hugh-Jones, M., Weigler, B. J. 1987. Evaluation of biosecurity in broiler breeders *Avian Diseases*, 31(2), 339-344.
- Goodwin, M., Walt, W.D., 1996. Transmission of Emerica, viruses, and bacteria to chicks: Darkling beetles (*Alphitobius pernix*) as vector of pathogens. *Journal of Applied Poultry Research* 5, 51-55.
- Goodwin, R. F. W. 1985. Apparent reinfection of enzootic-pneumonia-free pig herds: search for possible causes. *Veterinary Record*, 116(26), 690-694.
- Graczyk, T.K., Cranfield, M.R., Fayer, R., Bixler, H., 1999. House flies (*Musca domestica*) as transport hosts of *Cryptosporidium parvum* *American Journal of Tropical Medicine Hygiene* 61, 500-504.
- Graczyk, T.K., Knight, R., Gilman, R.H., Cranfield, M.R., 2001. The role of non-biting flies in the epidemiology of human infectious diseases. *Microbes and Infection* 3, 231-235.
- Gregory, E., Barnhart, H., Dreesen, D. W., Stern, N. J., Corn, J. L. 1997. Epidemiological Study of *Campylobacter* spp. in Broilers: Source, Time of Colonization, and Prevalence. *Avian Diseases*, 41(4), 890-898.
- Gunn, G. J., Heffernan, C., Hall, M., McLeod, A., Hovic, M. 2008. Measuring and comparing constraints to improved biosecurity amongst GB farmers, veterinarians and the auxiliary industries *Preventive Veterinary Medicine*, 84(3-4), 310-323.
- Hald, B., Wedderkopp, A., Madsen, M. 2000. Thermophilic *Campylobacter* spp. in Danish broiler production: a cross-sectional survey and a retrospective analysis of risk factors for occurrence in broiler flocks. *Avian Pathology*, 29(2), 123-131.
- Hansson, I., Vagsholm, I., Svensson, L., Engvall, E. O. 2007. Correlations between *Campylobacter* spp. prevalence in the environment and broiler flocks. *Journal of Applied Microbiology*, 103(3), 640-649.
- Haynes, R. B., Taylor, D. W., Sackett, D. L. 1979. *Compliance in health care*. Baltimore: John Hopkins University Press, 516 pages.
- Henzler, D.J., Opitz, H.M., 1992. The Role of Mice in the Epizootiology of *Salmonella enteritidis* Infection on Chicken Layer Farms. *Avian Diseases* 36, 625-631.
- Hueston, W. D., Taylor, J. D. 2002. Protecting US cattle the role of national biosecurity programs. *Veterinary Clinics Food Animal Practice*, 18(1), 177-196.
- Jardine, C. G., Hrudehy, S. E. 1997. Mixed Messages in Risk Communication. *Risk Analysis*, 17(4), 489-498.
- Kiang, K. M., Scheftel, J. M., Leano, F. T., Taylor, C. M., Belle-Isle, P. A., Cebelinski, E. A., et coll. 2006. Recurrent outbreaks of cryptosporidiosis associated with calves among students at an educational farm program, Minnesota, 2003. *Epidemiology and Infection*, 134(4), 878-886.
- Kirk, J., Boggs, C., Jefferey, J. 2003. Efficacy of disinfectants for sanitizing boots under dairy farm conditions. *Bovine Practitioner*, 37, 50-53.
- Langsrud, S., Moretto, T., Sundheim, G. 2003. Characterization of *Serratia marcescens* surviving in disinfecting footbaths. *Journal of Applied Microbiology*, 95(1), 186-195.
- Larsen, A. F. 2009. Semi-subsistence Producers and Biosecurity in the Slovenian Alps. *Journal of the European Society for Rural Sociology*, 49(4), 330-343.
- Letellier Ann, Ramirez A.I., Giguère K., Vaillancourt J-P. Impact de la cohabitation dindes-poulets sur les populations microbiennes isolées chez la dinde en fin de production. Tunisia 2011
- Lotz, J. M. 1997. Special topic review: Viruses, biosecurity and specific pathogen-free stocks in shrimp aquaculture. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 13(4), 405-413.

- Markus, M.B., 1980. Flies as Natural Transport Hosts of Sarcocystis and Other Coccidia. *The Journal of Parasitology* 66, 361-362.
- McQuiston, J.H., Garber, L.P., Porter-Spalding, B.A., Hahn, J.W., Pierson, F.W., Wainwright, S.H., Senne, D.A., Brignole, T.J., Akey, B.L., Holt, T.J., 2005. Evaluation of risk factors for the spread of low pathogenicity H7N2 avian influenza virus among commercial poultry farms. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 226, 767-772.
- Milushev, I., 1978. Role of flies in the epizootiology of coccidiosis in poultry. *Veterinary Medicine Science* 15, 26-29.
- Moore, D. A., Merryman, M. L., Hartman, M. L., Klingborg, D. J. 2008. Comparison of published recommendations regarding biosecurity practices for various production animal species and classes. *Journal American Veterinary Medicine Association*, 233(2), 249-256.
- Nespeca, R., Vaillancourt, J. P., Morrow, W. E. M. 1997. Validation of a poultry biosecurity survey. *Preventive Veterinary Medicine*, 31(1-2), 73-86.
- Newell, D. G., Fearnley, C. 2003. Sources of *Campylobacter* Colonization in Broiler Chickens. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(8), 4343-4351.
- O'Bryen, P. J., Lee, C. S. 2003. Discussion summary on biosecurity in aquaculture production systems: exclusion of pathogens and other desirables. Paper presented at the Biosecurity in aquaculture production systems: Exclusion of pathogens and other desirables, Baton Rouge, Louisiana.
- Palmer, S., Sully, M., Fozdar, F. 2009. Farmers, animal disease reporting and the effect of trust: a study of West Australian sheep and cattle farmers. *Rural Society*, 19(1), 32-48.
- Parker, R.E., 1916. Dispersion of *Musca domestica* under city conditions in Montana. *Journal of Economic Entomology* 9, 325-351.
- Patnayak, D. P., Prasad, M., Malik, Y. S., Ramakrishnan, M. A., Goyal, S. M. 2008. Efficacy of Disinfectants and Hand Sanitizers Against Avian Respiratory Viruses. *Avian Diseases*, 52(2), 199-202.
- Patrick, D. R., Findon, G., Miller, T. E. 1997. Residual moisture determines the level of touch-contact-associated bacterial transfer following hand washing. *Epidemiology and Infection*, 119(3), 319-325.
- Pearson, A.D., Greenwood, M., Healing, T.D., Rollins, D., Shahamat, M., Donaldson, J., Colwell, R.R., 1993. Colonization of Broiler Chickens by Waterborne *Campylobacter jejuni*. *Applied and Environmental Microbiology* 59, 987-996.
- Poss, P. E. 1998. Turkey Industry Strategies for Control of Respiratory and Enteric Diseases. *Poultry Science* 77(8), 1181-1185.
- Racicot, M., Kocher, A., Beauchamp, G., Letellier, A., Vaillancourt, J.P., 2013. Assessing most practical and effective protocols to sanitize hands of poultry catching crew members. *Preventive Veterinary Medicine* 111, 92-99.
- Racicot, M., Venne, D., Durivage, A., Vaillancourt, J.-P., 2011. Description of 44 biosecurity errors while entering and exiting poultry barns based on video surveillance in Quebec, Canada. *Preventive Veterinary Medicine* 100, 193-199.
- Racicot, M., Venne, D., Durivage, A., Vaillancourt, J.-P., 2012a. Evaluation of strategies to enhance biosecurity compliance on poultry farms in Quebec: effect of audits and cameras. *Preventive Veterinary Medicine* 103, 208-218.
- Racicot, M., Venne, D., Durivage, A., Vaillancourt, J.-P., 2012b. Evaluation of the relationship between personality traits, experience, education and biosecurity compliance on poultry farms in Québec, Canada. *Preventive Veterinary Medicine* 103, 201-207.
- Refrégier-Petton, J., Rose, N., Denis, M., Salvat, G. 2001. Risk factors for *Campylobacter* spp. contamination in French broiler-chicken flocks at the end of the rearing period. *Preventive Veterinary Medicine*, 50(1-2), 89-100.
- Roy, D.N., Brown, A.W.A., 1954. *Entomology : (medical & veterinary) including insecticides & insect & rat control* Excelsior Press Calcutta.
- Saif, Y. M., Fadly, A. M., Glisson, J. R., McDougald, L. R., Nolan, L. K., Swayne, D. E. 2008. *Diseases of poultry* (12th ed.). Iowa: Blackwell publishing, 1324 pages.
- Sanderson, M. W., Dargatz, D. A., Garry, F. B. 2000. Biosecurity practices of beef-cow calf producers. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 217(2), 185-189.
- Sawabe, K., Hoshino, K., Isawa, H., Sasaki, T., Hayashi, T., Tsuda, Y., Kurahashi, H., Tanabayashi, K., Hotta, A., Saito, T., Yamada, A., Kobayash, M., 2006. Detection and isolation of highly

- pathogenic H5N1 avian influenza A viruses from blow flies collected in the vicinity of an infected poultry farm in Kyoto, Japan, 2004. *American Journal of Tropical Medicine Hygiene* 75, 327-332.
- Schoof, H.F., Siverly, R.E., Jensen, J.A., 1952. House fly dispersion studies in metropolitan areas. *Journal of Economic Entomology* 45, 675-683.
- Snipes, K.P., Carpenter, T.E., Corn, J.L., Kasten, R.W., Hirsh, D.C., Hird, D.W., McCapes, R.H., 1988. *Pasteurella multocida* in wild mammals and birds in California: prevalence and virulence for turkeys. *Avian Diseases* 32, 9-15.
- Steinkraus, D.C., Cross, E.A., 1993. Description and Life History of *Acarophenax mahunkai*, n. sp. (Acari, Tarsonemina: Acarophenacidae), an Egg Parasite of the Lesser Mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae) *Annals of the Entomological Society of America* 86, 239-249.
- Thomas, M. E., Bouma, A., Ekker, H. M., Fonken, A. J. M., Stegeman, J. A., Nielen, M. 2005. Risk factors for the introduction of high pathogenicity Avian Influenza virus into poultry farms during the epidemic in the Netherlands in 2003. *Preventive Veterinary Medicine* 69(1-2), 1-11.
- Torremorell, M, Alonso, C, Davies, P.R. et coll. 2016. Investigation into the Airborne Dissemination of H5N2 Highly Pathogenic Avian Influenza Virus During the 2015 Spring Outbreaks in the Midwestern United States. *Avian Diseases* 60:637-643
- Vaillancourt, J. P., Carver, D. K. 1998. Biosecurity: perception is not reality. *Poultry Digest*, 57(6), 28-36.
- Vaillancourt, J.-P. 2009. Can we talk? The role of communication in regional disease control. *La Revue Canadienne d'aviiculture*, 96(6), 16-18.
- Van Steenwinkel, S., Ribbens, S., Ducheyne, E., Goossens, E., Dewulf, J. 2011. Assessing biosecurity practices, movements and densities of poultry sites across Belgium, resulting in different farm risk-groups for infectious disease introduction and spread. *Preventive Veterinary Medicine*, 98(1-4), 259-270.
- Zellen, G. K., Weber, L. J., Martin, S. W. 1984. Infectious Laryngotracheitis in the Niagara Peninsula: A Case Control Study. *Canadian Veterinary Journal*, 25(2), 75-77.