

CLASSEMENT PAR ORDRE D'IMPORTANCE DES ZONOSSES ALIMENTAIRES : METHODOLOGIE ET APPLICATION A LA SITUATION BELGE *

Sabine Cardoen¹, Xavier Van Huffel¹, Dirk Berkvens^{2,3}, Sophie Quoilin⁴,
Geneviève Ducoffre⁴, Claude Saegerman^{2,5}, Niko Speybroeck^{3,6}, Hein Imberechts^{2,7},
Lieve Herman^{2,8}, Richard Ducatelle^{2,9} et Katelijne Dierick^{2,10}

RESUME

Une méthode semi-quantitative a été développée afin de hiérarchiser une liste étendue de zoonoses alimentaires. Des notes ont été données de manière standardisée par 35 experts à 51 agents zoonotiques, sur base de cinq critères relatifs à la santé publique (sévérité et occurrence chez l'homme), à la santé animale (sévérité de la maladie couplée aux conséquences économiques et occurrence chez les animaux) et à l'alimentation (occurrence dans les denrées alimentaires). Indépendamment, l'importance relative des cinq critères a été pondérée par sept gestionnaires du risque de la chaîne alimentaire. Les agents zoonotiques ont été classés selon leur note totale pondérée en quatre groupes d'importance statistiquement différente. Les agents du groupe de grande importance sont *Salmonella spp.*, *Campylobacter spp.*, *Listeria monocytogenes* et *Escherichia coli* vérocytotoxinogènes (VTEC). Ces résultats sont utiles pour l'établissement du programme annuel de contrôle. Ils permettent également d'identifier des manques de connaissance et de proposer des thèmes de recherche.

Mots-clés : Zoonose alimentaire, classement, méthodologie, notes d'experts standardisées, critères.

.../...

- * Texte de la communication orale présentée au cours des Journées scientifiques AEEMA-AESA, 4-5 juin 2009
- ¹ Secrétariat scientifique du Comité scientifique, Direction générale Politique de Contrôle, Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire, CA - Botanique - Food Safety Center, Boulevard du Jardin botanique, 55, B - 1000 Bruxelles, Belgique
- ² Comité scientifique, Direction générale Politique de Contrôle, Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire, CA - Botanique - Food Safety Center, Boulevard du Jardin botanique, 55, B-1000 Bruxelles, Belgique
- ³ Département de Santé animale, Institut de Médecine tropicale, Rue Nationale, 155 - B-2000 Anvers, Belgique
- ⁴ Département d'Epidémiologie, Institut scientifique de Santé publique, rue Juliette Wytsman, 14, B- 1050, Bruxelles, Belgique
- ⁵ Département des maladies infectieuses et parasitaires, Faculté de Médecine vétérinaire, Université de Liège, Boulevard de Colonster, 20, B - 4000, Liège, Belgique
- ⁶ Ecole de Santé publique, Faculté de Médecine, Université Catholique de Louvain, Clos Chapelles-aux-Champs, 30, B - 1200 Bruxelles, Belgique
- ⁷ Département de Bactériologie et Immunologie, Centre d'Etudes et de Recherches vétérinaires et agrochimiques, Groeselenberg, 99, B-1180, Bruxelles, Belgique
- ⁸ Unit Technology and Alimentation, Institute for Agricultural and Fisheries Research, Chaussée de Bruxelles 370, B- 9090 Melle, Belgique
- ⁹ Département de Pathologie, Bactériologie et Pathologie aviaire, Faculté de Médecine vétérinaire, Université de Gand, Avenue Salisbury 133, B-9820, Merelbeke, Belgique
- ¹⁰ Département de Microbiologie, Institut scientifique de Santé publique, rue Juliette Wytsman, 14, B- 1050, Bruxelles, Belgique

.../...

SUMMARY

A semi-quantitative methodology was developed to rank an extended list of foodborne zoonoses. Scores were given by 35 scientific experts in a standardised manner to 51 zoonotic agents based on five criteria related to public health (severity and occurrence in humans), impact on animal health (severity of disease coupled with economic consequences and occurrence in animals) and food (occurrence in food). Independently, the relative importance of the five criteria was weighted by 7 food chain risk managers. The zoonotic agents were ranked based on overall weighted scores and were grouped in four statistically different levels of importance. The following foodborne zoonotic pathogens were classified as "most important": *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *Listeria monocytogenes* and verocytotoxigenic *Escherichia coli* (VTEC). These results support the establishment of the annual monitoring programme. They also make it possible to identify knowledge gaps and to formulate key research questions.

Keywords : Foodborne zoonoses, Prioritization, Methodology, Standardised expert scores, Criteria.



I - INTRODUCTION

De nombreux agents pathogènes alimentaires zoonotiques menacent quotidiennement la santé des consommateurs, et une politique efficace de la part des Agences de sécurité de la chaîne alimentaire doit se concentrer sur les dangers les plus pertinents. Il est donc crucial que les gestionnaires du risque soient informés, sur base scientifique, de l'importance relative de ces agents pathogènes alimentaires zoonotiques. Les programmes de contrôle pour la sécurité alimentaire établis par les gestionnaires du risque s'appuient généralement sur des études fondées sur le risque et sont menées par des évaluateurs de risque [Maudoux *et al.*, 2006]. Dans cette étude, une méthode semi-quantitative standardisée et « evidence-based » a été développée pour hiérarchiser des zoonoses transmises par les denrées alimentaires (et par l'eau), afin de donner des recommandations aux gestionnaires du risque pour l'établissement des programmes annuels de contrôle de la chaîne alimentaire.

Plusieurs classements de maladies et de zoonoses transmissibles qualitatifs [Valenciano *et al.*, 2001], semi-quantitatifs [Carter *et al.*, 1991 ; Petersen *et al.*, 1996 ; Rushdy *et al.*, 1998 ; Doherty *et al.*, 2000 ; Horby *et al.*, 2001 ; Ross *et al.*, 2002 ; Sumner *et al.*, 2002 ; Sumner *et al.*, 2005 ; McKenzie *et al.*, 2007 ; Krause *et al.*, 2007] et quantitatifs

[Kemmeren *et al.*, 2006 ; Fosse *et al.*, 2008], ont déjà été réalisés.

Dans cette étude, une approche semi-quantitative a été adoptée pour éviter les problèmes habituellement rencontrés avec les méthodes quantitatives, tels que le manque de données [Kemmeren *et al.*, 2006 ; Batz *et al.*, 2005], et les méthodes qualitatives, tels que la subjectivité [Cox *et al.*, 2005].

L'approche semi-quantitative décrite dans cet article possède deux améliorations par rapport aux méthodes semi-quantitatives existantes. Premièrement, le processus d'attribution des notes par les experts scientifiques est fondé sur un jeu de données informatives et contemporaines (notes fondées sur des évidences, « evidence-based »), ce qui a permis d'obtenir des notes standardisées, objectives et précises. Cette information d'aide a aussi permis de compenser un éventuel manque de connaissance des experts concernant 51 zoonoses, ce qui a permis de réaliser une étude exhaustive. Deuxièmement, un procédé indépendant de pondération des critères par des gestionnaires du risque de la chaîne alimentaire a permis de considérer une combinaison des priorités politiques des gestionnaires du risque et de l'expertise scientifique des évaluateurs de risque dans le classement final.

La méthodologie développée peut être appliquée pour d'autres exercices de classement que les zoonoses alimentaires. Comme la liste d'agents zoonotiques présentée dans cet article est exhaustive, la méthode présentée est applicable dans le

monde entier. Dans cet article, des données belges ont été utilisées comme modèle pour donner des exemples de résultats, mais des données d'information de chaque pays peuvent être utilisées pour obtenir des classements spécifiques.

II - METHODE

Un schéma de la méthode utilisée est décrit à la figure 1.

1. ETABLISSEMENT D'UNE LISTE EXHAUSTIVE D'AGENTS ZOONO-TIQUES (POTENTIELS) TRANSMIS PAR L'ALIMENTATION (ET PAR L'EAU)

Une liste exhaustive de 51 agents zoonotiques transmis par l'alimentation ou par l'eau a été établie sur base de la littérature scientifique [Acha *et al.*, 2005] et sur base de l'opinion d'un groupe de travail d'experts scientifiques du Comité scientifique de l'Agence fédérale belge pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire (AFSCA) (tableau 1, colonne B). Pour établir la liste, la définition suivante de « zoonose » a été utilisée : « maladie ou infection naturellement transmissible des animaux à l'homme et vice-versa » [Toma *et al.*, 1991]. La liste a été restreinte aux agents pathogènes zoonotiques transmis par les denrées alimentaires ou par l'eau dans le but de travailler de manière exhaustive dans le domaine de la chaîne alimentaire avec des critères de classement spécifiques de cette voie de transmission. L'eau potable est définie comme une denrée alimentaire selon le Règlement (CE) 178/2002. Ce terme inclut l'eau potable mais aussi l'eau susceptible d'entrer en contact avec les denrées alimentaires (par exemple l'eau utilisée pour rincer les légumes).

Dans un souci de simplification, certains agents zoonotiques ont été groupés par espèces (par exemple, *Salmonella* spp.). Dans un souci d'exhaustivité, des agents zoonotiques potentiels (transmission de l'animal à l'homme ou transmission alimentaire pas encore entièrement prouvée) et des agents zoonotiques rares ou exotiques pour la Belgique ont été inclus dans la liste. Malgré leur transmission possible par les aliments ou par l'eau, *Bacillus cereus*, *Ascaris suum* et la tropicale *Entamoeba histolytica* n'ont pas été inclus dans la liste parce que dans ces cas, la

contamination de l'eau et des aliments se fait au départ d'un environnement infecté.

2. SELECTION DE CRITERES PERTINENTS

L'exercice de classement est fondé sur des notes reflétant l'impact des 51 agents pathogènes zoonotiques sur cinq critères pertinents, cités dans les tableaux 1 et 2. Deux critères concernent la santé publique : la gravité de la maladie chez l'homme et l'occurrence de la maladie dans la population humaine entre 2003 et 2006. Deux critères concernent le secteur de la production animale : l'occurrence de la maladie dans la population animale concernée entre 2003 et 2006, et la gravité de la maladie chez les animaux, combinée aux considérations économiques et commerciales pour le secteur. Un cinquième critère concerne l'importance des denrées alimentaires comme source de transmission de l'agent zoonotique à l'homme : l'occurrence de l'agent zoonotique dans les denrées alimentaires et/ou au niveau des carcasses.

Le critère « gravité de la maladie chez les animaux » a donc été couplé à une évaluation de l'impact économique et commercial de la maladie pour le secteur. L'impact socio-économique de la maladie pour la société a été indirectement pris en considération *via* son inclusion dans l'information d'aide permettant de décrire l'impact du critère « gravité de la maladie chez l'homme » (voir point 3).

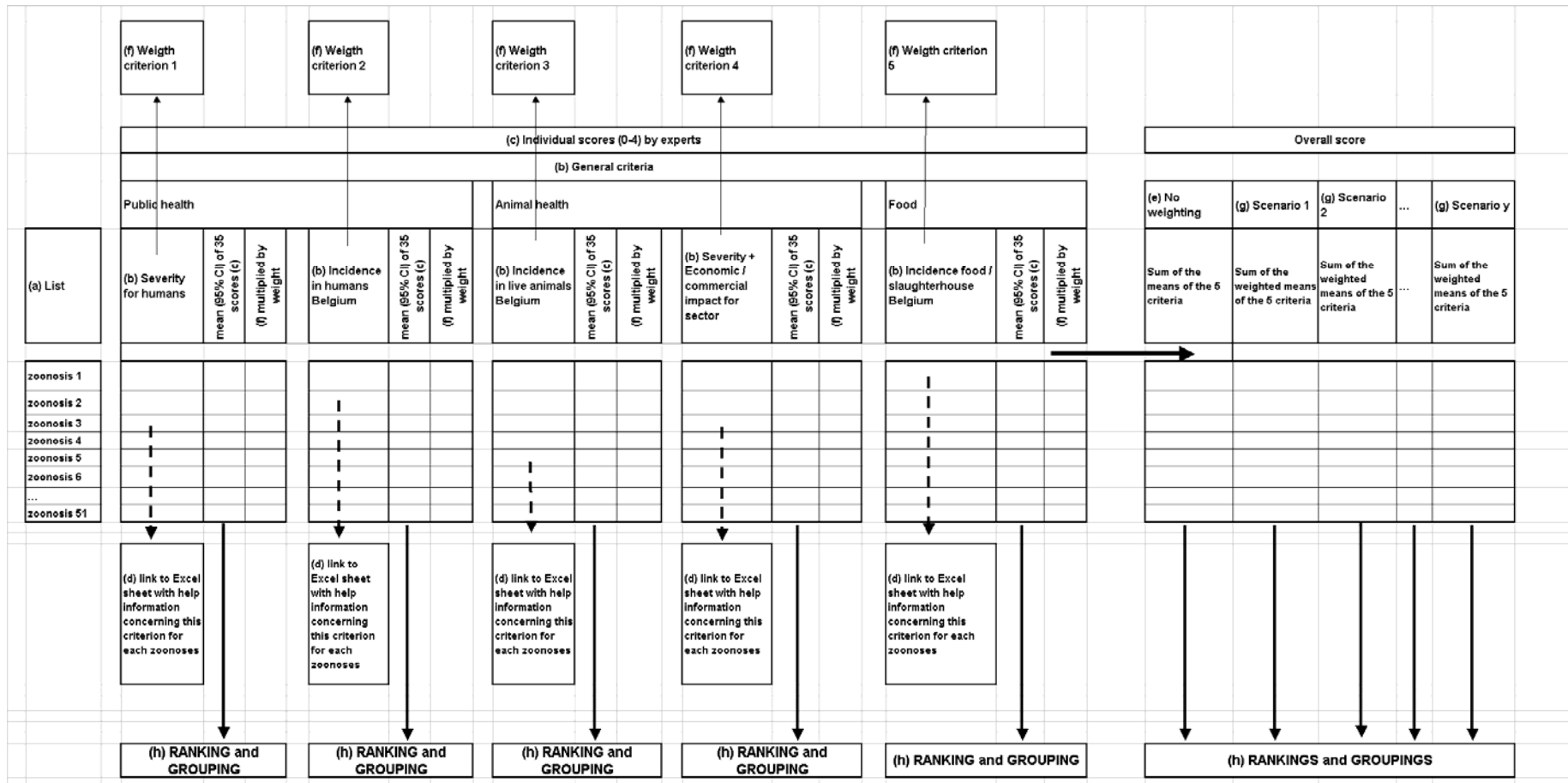
2. CONSTITUTION D'UNE BASE DE DONNEES INFORMATIVES ET CONTEMPORAINES

Pour chacune des 51 zoonoses, un ensemble de données informatives et contemporaines concernant les cinq critères a été collecté et fourni aux experts, qui ont été encouragés à consulter ces données pour attribuer leurs notes individuelles aux cinq critères pour les 51 zoonoses (voir point 4).

Figure 1

Etapes de la méthodologie pour le classement.

Après (a) établissement d'une liste exhaustive d'agents zoonotiques (potentiels) alimentaires et (b) identification de cinq critères pertinents de classement, 35 experts scientifiques ont été invités à donner (c) des notes individuelles standardisées fondées sur (d) de l'information d'aide. (c) La moyenne des 35 notes d'experts a été calculée par agent zoonotique et par critère avec un intervalle de confiance de 95% (distribution normale). La (e) note totale de chaque agent zoonotique a été calculée en faisant la somme des notes moyennes bostrappées des cinq critères. Après (f) pondération des cinq critères par sept gestionnaires du risque, (g) différents scénarios de notes totales pondérées ont été calculés. (h) Des classements et des groupements ont été effectués sur les différents scénarios (sur les notes individuelles par critère et sur les notes totales pondérées). Finalement, les notes totales pondérées ont été comparées aux mesures de contrôle existantes afin de donner d'éventuelles recommandations aux autorités en cas d'inadéquation. (i)



Cette information consistait en données actuelles, quantitatives ou qualitatives, nationales ou internationales originaires de différentes sources officielles, et concernant 24 sujets (tableau 2).

Les données de gravité des maladies chez les humains et les animaux ont été collectées dans la littérature scientifique [Acha *et al.*, 2005], dans des décrets régionaux et dans la Directive 2000/54/CE. Les données sur l'impact économique et commercial des maladies ont été récoltées par une opinion d'experts. Les données sur l'occurrence chez l'homme ont été récoltées à partir de rapports belges annuels sur les maladies infectieuses [Ducoffre, 2007], dans la littérature scientifique [Acha *et al.*, 2005], dans Handistatus II et dans l'interface WAHID (World Animal Health Information Database) de l'OIE. Les données d'occurrence chez les animaux ont été collectées dans les rapports belges « Trends and Sources on zoonotic agents » (2003, 2004 et 2005), dans Handistatus II, dans WAHID, dans la littérature scientifique [Acha *et al.*, 2005] et sur des sites « internet » d'institutions et organisations officielles. Finalement, les données d'occurrence dans les denrées alimentaires ont été extraites des résultats des analyses de 2003 à 2005 menées par l'AFSCA. Des données d'occurrence en Belgique présentes dans la littérature scientifique ont également été utilisées, par exemple pour *Sarcocystis bovihominis* [Vangeel *et al.*, 2007], pour la cryptosporidiose [Geurden *et al.*, 2007], la giardiose [Geurden *et al.*, 2008] et la paratuberculose [Boelart *et al.*, 2000]. Pour aider les experts, les données quantitatives d'occurrence étaient toujours accompagnées d'estimations de la situation épidémiologique de la maladie en Belgique, en Europe et dans le monde, ainsi que par la distribution géographique de la maladie. Les données d'occurrence concernant les maladies exotiques ont été notées comme « cas importés ». Dans les cas où il n'y avait pas de données disponibles, l'information nécessaire pour compléter l'ensemble de données d'aide a été fournie par opinion d'experts (épidémiologistes en santé publique et animale).

A cause de la grande quantité d'information et de la spécificité à la Belgique, le détail de ces données n'est pas repris dans l'article, mais peut être obtenu par simple demande auprès des auteurs.

3. ETABLISSEMENT DE NOTES STANDARDISEES PAR DES EXPERTS SCIENTIFIQUES

Trente cinq experts scientifiques (les évaluateurs du risque), affiliés à différentes institutions scientifiques et universités, et possédant une expérience médicale, vétérinaire, agronomique ou biologique ont été invités à participer à l'exercice d'attribution des notes. Ces experts ont individuellement attribué une note reflétant l'impact des 51 zoonoses sur chacun des cinq critères, après avoir lu des instructions détaillées et avoir été encouragés à utiliser les données informatives et contemporaines.

L'impact de chaque agent zoonotique sur les cinq critères a été doté d'une note sur une échelle allant de 0 à 4 points, selon des instructions (tableau 3). Les experts avaient la possibilité d'encoder "ND" (non déterminé) si aucune donnée n'était disponible ou « ? » s'ils n'étaient pas d'accord avec les données fournies ou si l'attribution d'une note leur semblait impossible. En cas d'absence de données informatives, ils furent invités à donner une note sur base de leurs propres données ou expérience.

5. CALCULS DES NOTES INDIVIDUELLES ET TOTALES ET QUANTIFICATION DE L'INCERTITUDE

Les notes individuelles des 35 experts ont été utilisées pour calculer, pour chaque zoonose, une note individuelle moyenne par critère (échelle de 0 à 4 points), avec son erreur standard reflétant l'hétérogénéité inter-experts (tableau 1, colonnes C à G). En cas de valeur « ND » ou « ? », la note moyenne a été calculée sur base des notes d'experts restants (indiqués par « n » dans le tableau 1). Les notes moyennes ont également été calculées dans R (<http://www.r-project.org/>) par analyse « bootstrap » afin d'estimer correctement la variance des notes totales en résolvant le problème de notes manquantes résultant du fait que certains experts ont attribué des valeurs « ND » ou « ? ». La comparaison des moyennes calculées sans analyse « bootstrap » (méthode d'obtention d'une moyenne par échantillonnage itératif avec remise) avec les moyennes calculées par analyse bootstrap a révélé une absence de biais du à l'analyse « bootstrap ». Le code R utilisé est présenté à l'annexe 1.

Pour chaque agent zoonotique, une note totale (de 0 à 20 points) a été calculée en faisant la somme des cinq notes moyennes « bootstrappées » de chaque critère. L'incertitude pour les notes totales a été mesurée par l'estimation de l'intervalle de confiance à 95% (par analyse « bootstrap » dans R).

Les notes moyennes individuelles d'experts pour chacun des cinq critères (tableau 1) ont été utilisées pour analyser l'impact de chacun de ces critères sur la note totale des agents zoonotiques et pour évaluer quel(s) critère(s) est(sont) responsable(s) de la position relative de chaque agent dans le classement.

6. PONDERATION DES CINQ CRITERES PAR DES GESTIONNAIRES DU RISQUE DE LA CHAINE ALIMENTAIRE

La pondération relative des cinq critères a pour but d'accentuer l'importance de critères spécifiques selon les priorités politiques. Sept gestionnaires du risque dans la chaîne alimentaire ont été invités à distribuer, individuellement et indépendamment, un total de 20 points entre les cinq critères par la méthode Las Vegas [Gore *et al.*, 1987]. Ceci a conduit à l'attribution d'un poids relatif aux critères, qui fut introduit dans les calculs des notes totales, rendant ces notes totales pondérées dépendantes des priorités des gestionnaires du risque.

7. CLASSEMENT ET GROUPEMENT DES ZONOSSES

Les agents pathogènes zoonotiques ont été triés selon leur note totale (pondérée) dans Excel.

Différents groupes d'importance furent identifiés par analyse CART (Classification and Regression Tree-Salford Systems (<http://www.salford-systems.com>)) [Breiman *et al.*, 1984] en utilisant les notes totales moyennes par zoonose comme entrée. Dans cet article, des modèles d'arbre de régression ont été utilisés vu que la variable cible

« importance de la zoonose » est une variable continue [Saegerman *et al.*, 2004] dans le but d'obtenir des sous-groupes avec variance interne minimale (groupes de zoonoses avec importance similaire) en utilisant une technique appelée « cross-validation » [Speybroeck *et al.*, 2004]. Les paramètres par défaut du logiciel, décrits par Steinberg et Colla (1995), ont été utilisés pour développer l'arbre de régression.

8. COMPARAISON DES NOTES TOTALES AVEC L'EXISTENCE DE MESURES DE SURVEILLANCE ET RECOMMANDATIONS

L'information relative à la présence (ou absence) en Belgique de trois types de mesures a été collectée pour les 51 zoonoses: (1) législation belge ou réglementation européenne (par exemple, Directive 2003/99/CE, Arrêté royal du 22 mai 2005, Règlement (CE) No 853/2004, Règlement (CE) No 854/2004), (2) programme de lutte officiel et/ou système de qualification des troupeaux, des exploitations ou du pays et (3) programme de surveillance officiel (monitoring) au niveau de la production primaire (animaux vivants), des abattoirs (carcasses, ateliers de découpe, *etc.*) et/ou de la distribution (denrées alimentaires). Cette information a été comparée aux notes totales pondérées et aux groupes d'importance des 51 zoonoses afin d'identifier d'éventuelles inadéquations et de recommander aux gestionnaires du risque d'éventuels ajustements (augmentation ou diminution du nombre d'analyses, par exemple) du programme de contrôle concernant les agents zoonotiques.

9. IDENTIFICATION DE MANQUES DE CONNAISSANCES

Les manques de connaissances sur les zoonoses ont été identifiés par la présence de valeurs « ND » dans l'information d'aide et/ou par un grand nombre de valeurs « ND » ou « ? » encodées par les experts.

Tableau 1

Liste exhaustive de zoonoses transmises par les denrées alimentaires ou par l'eau (colonne A) et leurs agents étiologiques classés par ordre alphabétique (colonne B).

Les zoonoses potentielles et les zoonoses pour lesquelles la transmission alimentaire n'a pas encore été prouvée sont en italique (colonne A). Les colonnes C à G présentent les cinq critères et la moyenne des notes individuelles des 35 experts avec l'erreur standard.

A	B	C	D	E	F	G
Zoonoses	Agents	Notes moyennes d'experts pour les 5 critères (± erreur standard)				
		Santé publique		Santé animale		Alimentation
	BACTERIES	Gravité pour l'homme	Occurrence chez l'homme	Occurrence chez les animaux vivants	Gravité + impact économique pour le secteur	Occurrence dans les denrées alimentaires / carcasses
<i>Aéromonose</i>	<i>Aeromonas</i> spp.	1,16 ± 0,10 (n = 32)	0,71 ± 0,12 (n = 21)	0,43 ± 0,20 (n = 7)	0,37 ± 0,09 (n = 27)	0,71 ± 0,29 (n = 7)
Arcobactériose	<i>Arcobacter butzleri</i>	1,33 ± 0,12 (n = 30)	1,46 ± 0,16 (n = 28)	2,15 ± 0,34 (n = 13)	0,81 ± 0,15 (n = 27)	1,82 ± 0,38 (n = 11)
Anthrax	<i>Bacillus anthracis</i>	3,61 ± 0,11 (n = 33)	0,27 ± 0,08 (n = 33)	0,60 ± 0,10 (n = 25)	2,44 ± 0,24 (n = 32)	0,21 ± 0,21 (n = 14)
Brucellose bovine	<i>Brucella abortus</i>	2,84 ± 0,09 (n = 32)	0,42 ± 0,09 (n = 31)	0,16 ± 0,08 (n = 31)	2,81 ± 0,16 (n = 31)	0,10 ± 0,07 (n = 21)
Brucellose caprine et ovine	<i>Brucella melitensis</i>	2,88 ± 0,10 (n = 32)	1,00 ± 0,13 (n = 32)	0,13 ± 0,06 (n = 31)	2,77 ± 0,17 (n = 31)	0,13 ± 0,09 (n = 16)
Campylobactériose	<i>Campylobacter coli</i> and <i>jejuni</i>	1,94 ± 0,11 (n = 33)	3,45 ± 0,14 (n = 33)	3,30 ± 0,25 (n = 20)	1,55 ± 0,18 (n = 31)	3,39 ± 0,13 (n = 31)
Vibriose	<i>Campylobacter (vibrio) fetus</i> subsp. <i>fetus</i> and <i>venerealis</i>	2,29 ± 0,21 (n = 31)	0,97 ± 0,06 (n = 29)	1,12 ± 0,12 (n = 25)	1,65 ± 0,17 (n = 26)	0,25 ± 0,16 (n = 8)
Botulisme	<i>Clostridium botulinum</i>	3,52 ± 0,13 (n = 33)	1,00 ± 0,05 (n = 31)	1,40 ± 0,12 (n = 30)	1,94 ± 0,16 (n = 32)	1,00 ± 0,13 (n = 19)
Toxi-infection alimentaire à <i>Clostridium perfringens</i>	<i>Clostridium perfringens</i>	1,69 ± 0,12 (n = 32)	1,27 ± 0,12 (n = 30)	2,10 ± 0,25 (n = 21)	1,90 ± 0,12 (n = 30)	1,29 ± 0,14 (n = 24)
Corynébactériose	<i>Corynebacterium ulcerans</i>	1,38 ± 0,14 (n = 29)	0,19 ± 0,11 (n = 27)	0,78 ± 0,28 (n = 9)	0,92 ± 0,31 (n = 12)	0,25 ± 0,25 (n = 4)
Corynébactériose	<i>Corynebacterium bovis</i>	1,27 ± 0,12 (n = 30)	0,15 ± 0,09 (n = 26)	1,22 ± 0,43 (n = 9)	1,08 ± 0,34 (n = 12)	0,25 ± 0,25 (n = 4)
Fièvre Q	<i>Coxiella burnetii</i>	2,63 ± 0,11 (n = 32)	1,45 ± 0,14 (n = 31)	1,53 ± 0,19 (n = 17)	1,86 ± 0,15 (n = 29)	0,33 ± 0,21 (n = 6)
Syndrome urémique hémolytique	<i>Verocytotoxigenic E. coli</i>	3,48 ± 0,10 (n = 33)	1,91 ± 0,14 (n = 32)	1,89 ± 0,17 (n = 28)	1,61 ± 0,17 (n = 31)	1,52 ± 0,12 (n = 31)
Tularémie	<i>Francisella tularensis</i>	3,12 ± 0,12 (n = 33)	0,84 ± 0,07 (n = 31)	0,86 ± 0,08 (n = 28)	1,25 ± 0,20 (n = 28)	0,25 ± 0,16 (n = 8)
<i>Hélicobactériose</i>	<i>Helicobacter</i> spp.	2,30 ± 0,15 (n = 30)	1,82 ± 0,31 (n = 17)	1,77 ± 0,32 (n = 13)	1,11 ± 0,17 (n = 28)	0,71 ± 0,29 (n = 7)
Leptospirose	<i>Leptospira</i> spp.	2,70 ± 0,12 (n = 33)	1,16 ± 0,07 (n = 31)	1,46 ± 0,15 (n = 24)	1,58 ± 0,14 (n = 31)	0,38 ± 0,18 (n = 8)
Listériose	<i>Listeria monocytogenes</i>	3,39 ± 0,11 (n = 33)	1,76 ± 0,11 (n = 33)	1,45 ± 0,15 (n = 22)	2,06 ± 0,14 (n = 31)	2,34 ± 0,13 (n = 29)
Tuberculose bovine	<i>Mycobacterium bovis</i>	3,09 ± 0,13 (n = 33)	1,15 ± 0,10 (n = 33)	0,90 ± 0,07 (n = 31)	2,91 ± 0,14 (n = 32)	1,00 ± 0,07 (n = 30)
Tuberculose aviaire	<i>Mycobacterium avium</i> subsp. <i>avium</i>	2,50 ± 0,21 (n = 32)	1,00 ± 0,11 (n = 27)	1,50 ± 0,17 (n = 28)	2,32 ± 0,18 (n = 31)	0,88 ± 0,30 (n = 8)
<i>Paratuberculose</i>	<i>Mycobacterium avium</i> subsp. <i>paratuberculosis</i>	2,54 ± 0,21 (n = 26)			2,61 ± 0,15 (n = 31)	1,25 ± 0,25 (n = 8)
Salmonellose	<i>Salmonella enterica</i>	2,58 ± 0,12 (n = 33)	3,42 ± 0,12 (n = 33)	3,23 ± 0,12 (n = 31)	2,69 ± 0,12 (n = 32)	2,97 ± 0,11 (n = 31)
Staphylococcose	<i>Staphylococcus aureus</i>	2,09 ± 0,14 (n = 32)	1,97 ± 0,18 (n = 31)	2,28 ± 0,20 (n = 29)	1,65 ± 0,13 (n = 31)	1,68 ± 0,10 (n = 28)
Streptococcose	<i>Streptococcus</i> spp.	2,06 ± 0,16 (n = 33)	1,36 ± 0,22 (n = 25)	2,53 ± 0,27 (n = 19)	1,75 ± 0,18 (n = 28)	1,86 ± 0,51 (n = 7)
<i>Cholera</i>	<i>Vibrio cholerae</i>	2,94 ± 0,14 (n = 33)	0,56 ± 0,10 (n = 32)	0,06 ± 0,06 (n = 17)	1,00 ± 0,19 (n = 22)	0,25 ± 0,16 (n = 8)
Toxi-infection alimentaire	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	1,66 ± 0,14 (n = 32)	0,45 ± 0,14 (n = 29)	0,56 ± 0,18 (n = 9)	0,55 ± 0,14 (n = 20)	0,86 ± 0,10 (n = 22)
Yersiniose	<i>Yersinia enterocolitica</i>	2,06 ± 0,11 (n = 33)	2,36 ± 0,11 (n = 33)	2,00 ± 0,23 (n = 20)	1,07 ± 0,15 (n = 29)	1,32 ± 0,09 (n = 28)
Pseudotuberculose	<i>Yersinia pseudotuberculosis</i>	2,24 ± 0,12 (n = 33)	1,09 ± 0,07 (n = 33)	1,38 ± 0,29 (n = 13)	1,31 ± 0,14 (n = 26)	0,75 ± 0,16 (n = 8)

A	B	C	D	E	F	G
Zoonoses	Agents	Notes moyennes d'experts pour les 5 critères (± erreur standard)				
		Santé publique		Santé animale		Alimentation
	VIRUS et PRIONS	Gravité pour l'homme	Occurrence chez l'homme	Occurrence chez les animaux vivants	Gravité + impact économique pour le secteur	Occurrence dans les denrées alimentaires / carcasses
Chorioméningite lymphocytaire	Lymphocytic choriomeningitis virus	1,65 ± 0,19 (n = 31)	0,57 ± 0,11 (n = 21)	0,20 ± 0,20 (n = 5)	0,13 ± 0,09 (n = 16)	0,00 ± 0,00 (n = 5)
Gastro-entérite virale à Norovirus	Norovirus	1,61 ± 0,14 (n = 33)	1,87 ± 0,22 (n = 30)	1,00 ± 0,39 (n = 10)	0,73 ± 0,15 (n = 22)	1,58 ± 0,21 (n = 24)
Encéphalite à tiques d'Europe centrale (Vorou et al., 2007)	Central European tick-borne encephalitis virus	3,06 ± 0,13 (n = 33)	1,17 ± 0,12 (n = 29)	0,19 ± 0,11 (n = 21)	1,00 ± 0,25 (n = 21)	0,00 ± 0,00 (n = 6)
Influenza aviaire	Avian influenza virus H5N1	3,28 ± 0,14 (n = 32)	0,07 ± 0,05 (n = 30)	0,10 ± 0,06 (n = 29)	2,94 ± 0,21 (n = 31)	0,06 ± 0,06 (n = 18)
Hépatite A	Hepatitis A virus	2,55 ± 0,14 (n = 33)	2,36 ± 0,14 (n = 33)	0,11 ± 0,07 (n = 19)	0,96 ± 0,18 (n = 26)	0,50 ± 0,13 (n = 22)
Hépatite E	Hepatitis E virus	2,69 ± 0,16 (n = 32)	1,25 ± 0,37 (n = 8)	0,00 ± 0,00 (n = 5)	0,65 ± 0,19 (n = 17)	0,17 ± 0,17 (n = 6)
Infection à Rotavirus	Rotavirus	1,66 ± 0,13 (n = 32)	3,09 ± 0,20 (n = 32)	2,00 ± 0,30 (n = 17)	1,71 ± 0,20 (n = 24)	0,19 ± 0,11 (n = 21)
Encéphalopathie spongiforme bovine	Prion protein	3,84 ± 0,08 (n = 32)	0,27 ± 0,09 (n = 32)	0,94 ± 0,06 (n = 32)	3,28 ± 0,14 (n = 32)	1,03 ± 0,06 (n = 32)

A	B	C	D	E	F	G
Zoonoses	Agents	Notes moyennes d'experts pour les 5 critères (± erreur standard)				
		Santé publique		Santé animale		Alimentation
	PARASITES	Gravité pour l'homme	Occurrence chez l'homme	Occurrence chez les animaux vivants	Gravité + impact économique pour le secteur	Occurrence dans les denrées alimentaires / carcasses
Anisakiase	<i>Anisakis simplex</i>	1,64 ± 0,11 (n = 33)	0,64 ± 0,13 (n = 14)	1,69 ± 0,29 (n = 13)	1,28 ± 0,16 (n = 25)	1,00 ± 0,39 (n = 10)
Balantidiose	<i>Balantidium coli</i>	1,10 ± 0,11 (n = 31)	0,14 ± 0,07 (n = 28)	0,50 ± 0,22 (n = 6)	0,50 ± 0,15 (n = 12)	0,25 ± 0,25 (n = 4)
Chlonorchiose	<i>Clonorchis sinensis</i>	1,79 ± 0,15 (n = 29)	0,56 ± 0,12 (n = 32)	0,10 ± 0,10 (n = 10)	0,25 ± 0,18 (n = 12)	0,00 ± 0,00 (n = 5)
Cryptosporidiose	<i>Cryptosporidium parvum</i>	1,69 ± 0,11 (n = 32)	2,28 ± 0,12 (n = 32)	2,50 ± 0,27 (n = 16)	1,89 ± 0,15 (n = 27)	1,67 ± 0,49 (n = 6)
Diocetophymose	<i>Diocetophyma renale</i>	1,90 ± 0,15 (n = 29)	0,50 ± 0,17 (n = 10)	0,60 ± 0,40 (n = 5)	0,78 ± 0,32 (n = 9)	0,00 ± 0,00 (n = 4)
Diphyllobotriose	<i>Diphyllobothrium</i>	1,00 ± 0,10 (n = 31)	0,64 ± 0,09 (n = 28)	0,20 ± 0,20 (n = 5)	0,50 ± 0,22 (n = 10)	0,00 ± 0,00 (n = 4)
Echinococcose / Hydatidose	<i>Echinococcus granulosus</i>	3,22 ± 0,12 (n = 32)	1,10 ± 0,07 (n = 30)	1,10 ± 0,14 (n = 20)	2,07 ± 0,18 (n = 29)	1,04 ± 0,11 (n = 28)
Echinococcose / Hydatidose	<i>Echinococcus multilocularis</i>	3,52 ± 0,11 (n = 31)	1,08 ± 0,13 (n = 26)	1,42 ± 0,19 (n = 19)	1,54 ± 0,21 (n = 28)	0,38 ± 0,14 (n = 13)
Fasciolose	<i>Fasciola hepatica</i>	2,36 ± 0,13 (n = 33)	1,13 ± 0,11 (n = 30)	1,91 ± 0,21 (n = 22)	1,90 ± 0,13 (n = 31)	1,58 ± 0,26 (n = 12)
Giardiase (Lamblia)	<i>Giardia intestinalis</i>	1,52 ± 0,11 (n = 33)	2,67 ± 0,15 (n = 33)	2,25 ± 0,31 (n = 16)	1,00 ± 0,22 (n = 23)	1,43 ± 0,37 (n = 7)
Pentastomose	<i>Linguatula serrata</i>	0,86 ± 0,13 (n = 29)	0,33 ± 0,21 (n = 6)	0,43 ± 0,20 (n = 7)	0,09 ± 0,09 (n = 11)	0,00 ± 0,00 (n = 5)
Sarcosporidiose	<i>Sarcocystis sui hominis</i>	1,16 ± 0,10 (n = 31)	0,43 ± 0,20 (n = 7)	2,21 ± 0,26 (n = 14)	1,50 ± 0,17 (n = 30)	1,16 ± 0,15 (n = 25)
Sarcosporidiose	<i>Sarcocystis bov hominis</i>	1,03 ± 0,12 (n = 32)	0,96 ± 0,10 (n = 23)	2,43 ± 0,29 (n = 14)	1,59 ± 0,19 (n = 22)	1,55 ± 0,23 (n = 22)
Cysticercose bovine	<i>Taenia saginata</i>	1,06 ± 0,16 (n = 28)	1,61 ± 0,31 (n = 18)	1,76 ± 0,19 (n = 21)	2,13 ± 0,16 (n = 30)	1,65 ± 0,15 (n = 31)
Cysticercose ovine et caprine	<i>Taenia</i> spp. (other than <i>T. saginata</i>)	1,04 ± 0,20 (n = 28)	0,40 ± 0,16 (n = 10)	1,13 ± 0,30 (n = 8)	1,69 ± 0,17 (n = 29)	0,86 ± 0,07 (n = 28)
Toxoplasmose	<i>Toxoplasma gondii</i>	3,03 ± 0,10 (n = 33)	1,50 ± 0,10 (n = 32)	2,04 ± 0,17 (n = 28)	1,69 ± 0,16 (n = 32)	1,36 ± 0,20 (n = 11)
Trichinose	<i>Trichinella</i> spp.	2,58 ± 0,14 (n = 31)	0,86 ± 0,08 (n = 29)	0,50 ± 0,12 (n = 24)	2,00 ± 0,16 (n = 29)	0,72 ± 0,09 (n = 25)

Tableau 2

Description de l'information d'aide (colonne B) correspondant aux critères généraux (colonne A) et résultats de la pondération des critères par les gestionnaires du risque (colonne C)

A Critères généraux	B Critères d'aide (données belges)	C Pondération (moyenne ± erreur standard)
Santé publique		
1. Gravité de la maladie chez l'homme	<ul style="list-style-type: none"> - Signes cliniques - Risque de mortalité - Nécessité d'une hospitalisation - Absence de traitement / vaccin - Nécessité d'une intervention médicale - Possibilité de complications (séquelles) - Possibilité de cas groupés - Existence de YOPI's (young, old, pregnant, immuno-deficient) - Durée de la maladie - Classification de la maladie dans le « Belgian Biosafety Server » (pour la Belgique et pour l'Europe) 	6,57 ± 0,53
2. Occurrence de la maladie dans la population belge	<ul style="list-style-type: none"> - Si l'agent est recherché, nombre de cas enregistrés en Belgique de 2003 à 2006 - Présence de la maladie en Europe - Distribution de la maladie dans le monde 	4,29 ± 0,52
Santé animale		
3. Occurrence chez les animaux vivants en Belgique	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre de cas enregistrés (incidence par an) en Belgique de 2003 à 2005 ou prévalence de la maladie en Belgique - Forme épidémiologique de la maladie en Belgique (sporadique, enzootique, épizootique, émergente, exotique, Belgique (officiellement) indemne) ; même en absence de signes cliniques chez l'animal, la maladie a été comptabilisée vu que dans ce cas, la source d'infection pour les hommes existe sans qu'il y ait de cas enregistrés chez les animaux - Date du dernier cas enregistré - Répartition géographique de la maladie en Europe, dans l'hémisphère Nord et dans le monde, et caractéristiques de la répartition (cosmopolite, pays industrialisés, etc.) 	3,14 ± 0,40
4. Gravité de la maladie chez les animaux et impact économique et commercial de la maladie pour le secteur	<ul style="list-style-type: none"> - Classification de la maladie dans le « Belgian Biosafety Server » (pour la Belgique et pour l'Europe) - Contagiosité de la maladie entre animaux - Existence d'un réservoir animal - Présence de la maladie chez plusieurs espèces animales - Conséquences économiques importantes pour le secteur - Existence d'un risque à l'importation 	2,57 ± 0,43
Denrées alimentaires		
5. Occurrence de l'agent dans les denrées alimentaires / carcasses	<ul style="list-style-type: none"> - Pourcentage d'échantillons positifs dans les denrées alimentaires (toutes matrices confondues) ou au niveau des carcasses à l'abattoir (2003-2005) 	3,43 ± 0,37

Tableau 3
Instructions fournies aux experts pour l'attribution des notes

Notes individuelles	Critères d'occurrence (critères 2, 3 et 5)	Critères de gravité (critères 1 et 4)
0	Nulle (absence)	Bénigne
1	Rare	Faible
2	Modérée	Modérée
3	Significative	Sévère
4	Haute	Mortelle / pas de traitement
ND	Pas de données disponibles (non déterminé, non recherché, non analysé)	
?	Expert pas d'accord avec les données ; impossibilité d'attribution d'une note	

III - RESULTATS

1. NOTES INDIVIDUELLES D'EXPERTS

Le tableau 1 (colonnes C à G) montre les moyennes des 35 notes individuelles d'experts par critère et par zoonose avec leurs erreurs standard et le nombre d'experts ayant attribué une note (n).

Les moyennes des notes individuelles d'experts pour les 51 agents zoonotiques ont été calculées pour chacun des cinq critères (notes entre 0 et 4 points) et comparées. Le critère « gravité de la maladie chez l'homme » (2,19 points) a eu le plus d'impact sur les notes totales et a le plus contribué à la position finale des zoonoses dans le classement. Il est suivi par les critères « gravité chez les animaux couplée aux conséquences économiques » (1,49 points), « occurrence chez les animaux vivants » (1,22 points), « occurrence chez les humains » (1,14 points) et « occurrence dans les denrées alimentaires » (0,84 point).

2. PONDERATION DES CRITERES

En absence de pondération, les cinq critères sont d'égale importance. Par le procédé de pondération, il est possible pour les gestionnaires du risque d'exprimer une préférence. Plusieurs classements deviennent possibles, basés soit sur des notes pondérées, soit sur des notes non pondérées. Les poids donnés aux critères par les sept gestionnaires du risque dans la chaîne alimentaire sont modérés et montrent une bonne homogénéité

(tableau 2, colonne C). L'importance la plus haute a été attribuée à la santé publique et plus particulièrement au critère « gravité de la maladie chez l'homme », critère qui a aussi eu le plus grand impact sur les notes totales des experts (point 1).

3. NOTES TOTALES (PONDEREES), CLASSEMENTS ET GROUPES

L'importance relative des zoonoses a été déterminée en triant les 51 agents zoonotiques sur base de leurs notes totales non pondérées (figure 2) ou pondérées (figure 3). Quatre groupes d'importances significativement différentes ont été identifiés et sont indiqués par des traits dans les figures 2 et 3.

De petits intervalles de confiance ont été observés dans les classements, indiquant peu de problèmes de subjectivité et une dilution d'éventuelles divergences individuelles parmi le grand nombre d'experts.

Les notes individuelles des experts (tableau 1) permettent d'expliquer l'impact individuel des cinq critères sur les notes totales et de justifier la position de chaque zoonose dans le classement. Par exemple, la note élevée de l'agent de l'ESB est due au grand impact de la gravité de la maladie chez l'homme et à l'importance des conséquences économiques de la maladie pour le secteur en cas d'occurrence.

Figure 2

Résultat du classement des zoonoses alimentaires selon les notes totales « bootstrappées » non pondérées. Les moyennes (■) sont présentées avec des intervalles de confiance de 95% (—■—) et les étiquettes de valeurs. Quatre groupes d'importance statistiquement différente ont été identifiés par analyse CART et sont représentés par la moyenne des groupes ± les déviations standard calculées sur base de la population.

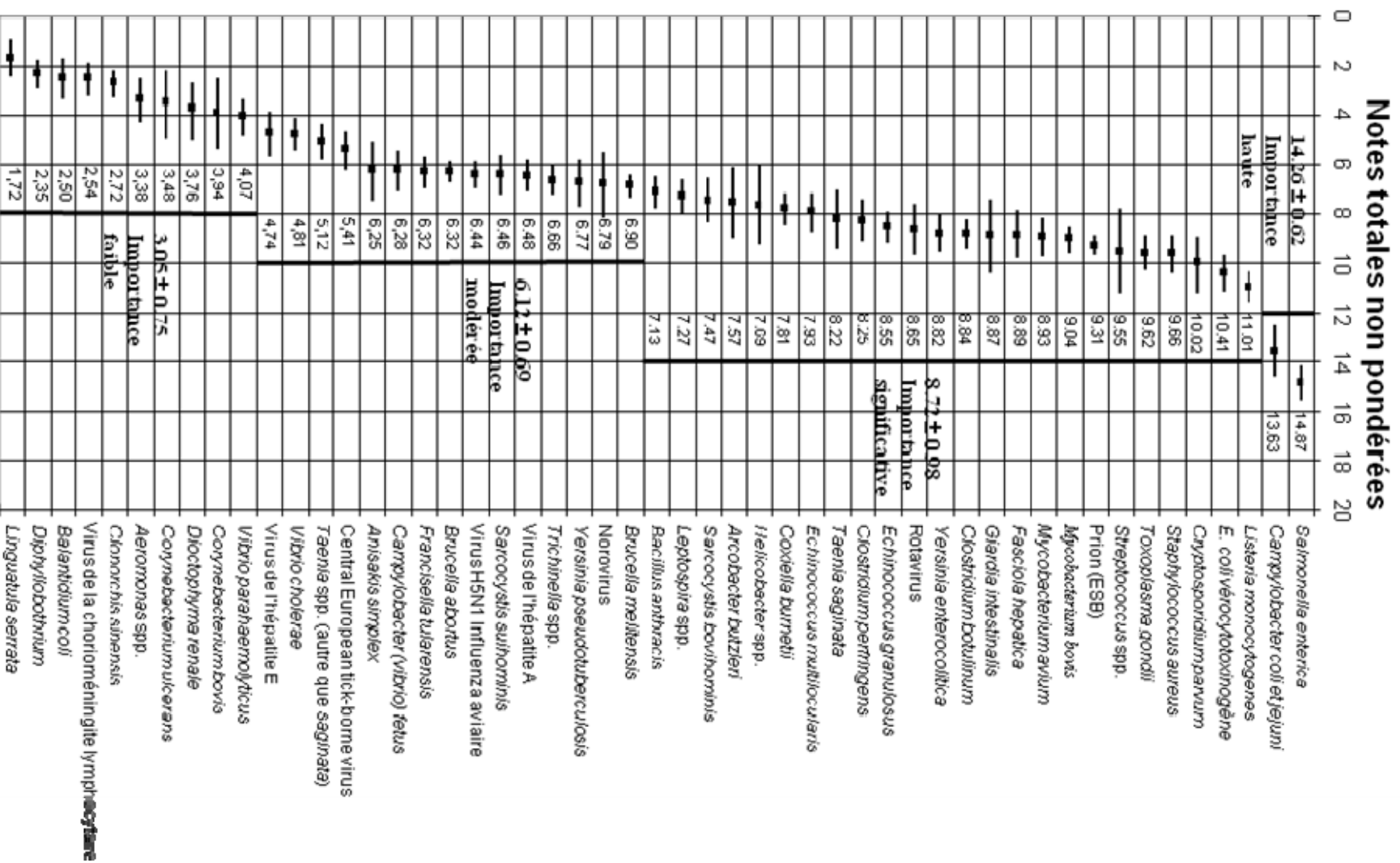
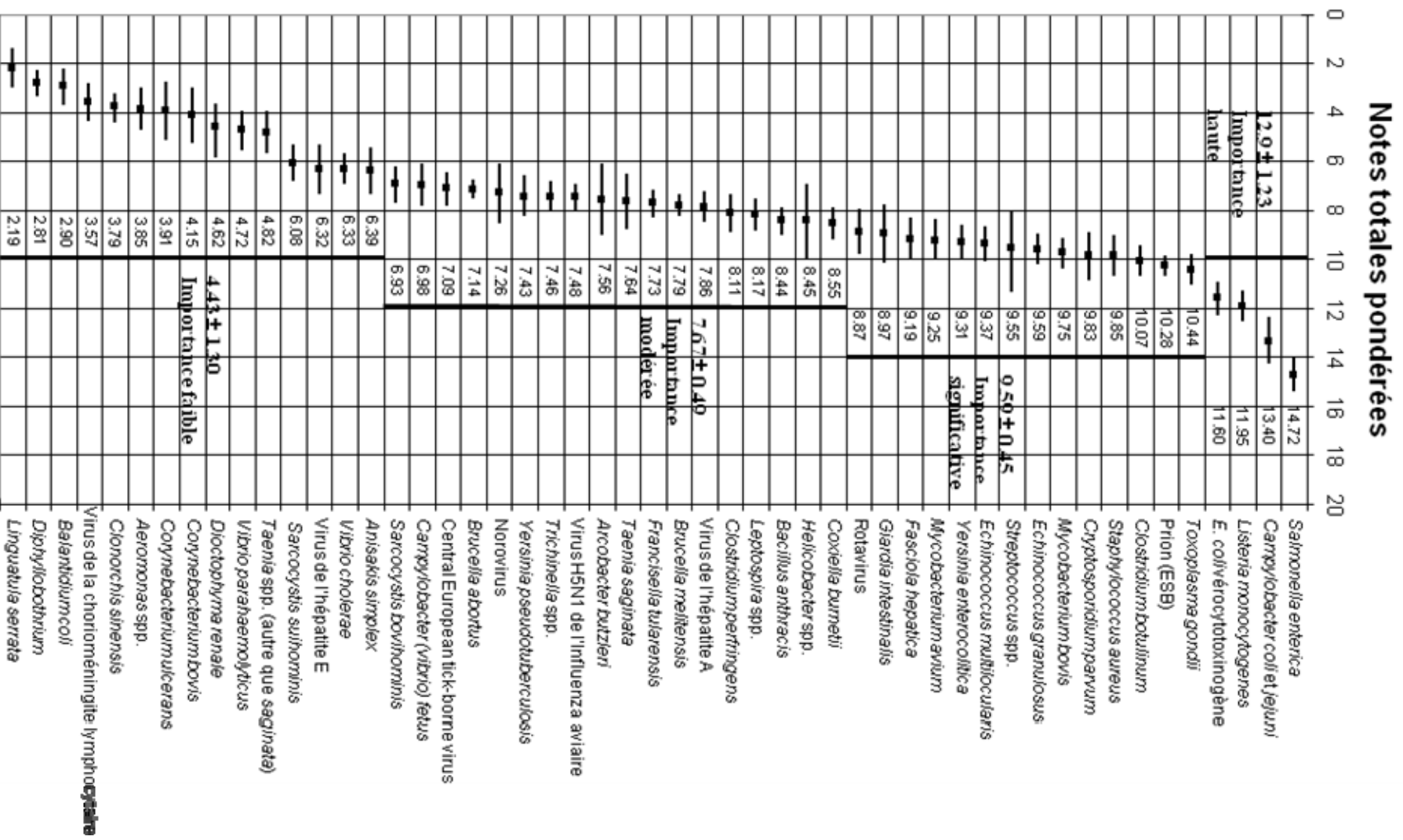


Figure 3
Résultat du classement des zoonoses alimentaires selon les notes totales « bootstrappées » pondérées. Les moyennes (■) sont présentées avec des intervalles de confiance de 95% (—■—) et les étiquettes de valeurs. Quatre groupes d'importance statistiquement différente ont été identifiés par analyse CART et sont représentés par la moyenne des groupes ± les déviations standard calculées sur base de la population.



Si l'on considère les critères d'occurrence chez l'homme, chez les animaux ou dans les denrées alimentaires, les zoonoses les plus importantes sont la campylobactériose et la salmonellose.

Les résultats des classements sont en accord avec le contenu de la Directive 2003/99/CE qui inclut aussi *Salmonella enterica*, *Campylobacter coli* et *jejuni*, *Listeria monocytogenes* et *E. coli* vérocytotoxinogène parmi les agents zoonotiques à surveiller. Bien que cette étude n'avait pas exactement le même objectif, ni la même méthodologie que d'autres études, ses résultats sont en accord avec leurs résultats [Sumner *et al.*, 2005 ; Kemmeren *et al.*, 2006 ; Krause *et al.*, 2007 ; Fosse *et al.*, 2008].

Comme cela était prévu, la plupart des agents zoonotiques rares, comme *Diocotophyma renale*, *Clonorchis sinensis*, le virus de la chorioméningite lymphocytaire, *Balantidium coli*, *Diphyllobotrium latum* et *Linguatula serrata*, qui avaient été inclus dans la liste dans un souci d'exhaustivité, sont de faible importance.

Le second groupe d'importance significative contient beaucoup de parasites, qui sont moins fréquemment surveillés que par exemple les bactéries, principalement à cause d'un manque de disponibilité de méthodes de détection de routine.

4. COMPARAISON DES NOTES TOTALES AVEC LES MESURES DE SURVEILLANCE EXISTANTES ET RECOMMANDATIONS

Les résultats du classement pondéré ont été comparés avec les mesures nationales officielles de contrôle existantes afin d'identifier d'éventuelles inadéquations et donner des recommandations aux gestionnaires du risque de l'autorité compétente pour le programme de contrôle officiel. Les résultats de cette comparaison ont été décrits dans un avis du Comité scientifique (AVIS 22-2008) adressé

aux gestionnaires du risque de l'AFSCA. Quelques exemples de ces recommandations sont l'introduction d'un contrôle officiel de *Toxoplasma gondii* sur les carcasses à l'abattoir, une augmentation du nombre d'analyses de *Listeria monocytogenes*, l'implémentation d'un plan de lutte contre *Campylobacter* spp., etc.

5. IDENTIFICATION ET ANALYSE DES MANQUES DE CONNAISSANCE ET RECOMMANDATIONS POUR LA RECHERCHE

Pour certaines zoonoses possédant une note élevée, un manque de données d'occurrence a été constaté. Pour ces zoonoses, des recommandations pour la réalisation d'études de prévalence (screenings), éventuellement accompagnées de projets de recherche appliquée (par exemple, mise au point de méthodes de détection de routine appropriées) ont également été faites dans l'avis du Comité scientifique (AVIS 22-2008). Ceci fut le cas pour *Toxoplasma gondii* au niveau des carcasses de ruminants et dans les denrées alimentaires, *Coxiella burnetii* (Fièvre Q) chez les ruminants et dans le lait, *Leptospira* spp. chez le bétail, *Anisakis* spp. dans le poisson cru, *Arcobacter* spp. au niveau des carcasses de volailles, *Helicobacter* dans les denrées alimentaires, *Echinococcus* spp. sur les fruits sauvages, *Fasciola hepatica* dans le cresson, *Cryptosporidium parvum* chez les animaux, dans les denrées alimentaires et dans l'eau, et *Giardia intestinalis* dans les denrées alimentaires et dans l'eau.

Concernant les zoonoses potentielles, des recommandations pour de la recherche fondamentale ont été formulées, comme par exemple l'investigation du caractère zoonotique de *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis ou de la transmission alimentaire du virus H5N1 de l'Influenza aviaire.

IV - DISCUSSION ET CONCLUSIONS

L'objectif de cette étude fut de développer une méthode semi-quantitative « evidence-based » pour le classement de zoonoses transmises par l'alimentation ou par l'eau afin de

permettre aux autorités de focaliser leurs efforts sur les dangers les plus pertinents.

Le choix d'une méthode semi-quantitative, plutôt que d'une approche quantitative, se

justifie par le fait que le but de l'étude est de considérer une liste exhaustive de 51 zoonoses alimentaires et cinq critères de classement, et qu'il est impossible de disposer d'un jeu complet de données de tous ces éléments pour pouvoir réaliser une évaluation quantitative. En effet, les approches quantitatives ne peuvent s'appliquer qu'à un nombre restreint de maladies pour lesquelles une banque de données quantitatives exhaustive est disponible [Kemmeren *et al.*, 2006 ; Fosse *et al.*, 2008]. Les méthodes purement qualitatives sont considérées comme trop subjectives et non fiables [Cox *et al.*, 2005] et les approches semi-quantitatives sont considérées comme moins dépendantes de choix arbitraires. La méthodologie utilisée pour cette étude contourne les désavantages des approches purement qualitatives de deux manières. Premièrement, par la manière standardisée avec laquelle les experts ont du attribuer leurs notes individuelles (utilisation de l'information d'aide), et deuxièmement, par la consultation d'un grand nombre d'experts (35), permettant une dilution d'éventuels problèmes de subjectivité ou de mauvaise interprétation. Le fait que les experts ont utilisé les données d'information d'aide a rendu leurs notes « evidence-based », moins subjectives et plus précises. Cette information d'aide a aussi permis d'éviter d'éventuels problèmes de manque de connaissance des experts concernant ces 51 zoonoses.

La méthode respecte la distinction entre l'évaluation du risque et la gestion du risque, selon la définition de l'analyse de risque, en restreignant le jugement des évaluateurs de risque (dans ce cas, le groupe d'experts) à l'attribution de notes aux dangers (les agents zoonotiques) et le jugement des gestionnaires du risque à la pondération des critères. Une autre caractéristique de cette méthode de classement est donc la prise en compte combinée des points de vue des évaluateurs et des gestionnaires du risque pour la détermination du classement final pondéré, permettant de faire des recommandations pertinentes pour le programme d'analyse et de contrôle.

Malgré l'existence de plusieurs voies de transmission des zoonoses, cette étude est limitée aux zoonoses transmises par les denrées alimentaires et par l'eau dans un souci d'utilisation de critères spécifiques à cette voie de transmission et pour travailler de manière exhaustive dans le domaine de la chaîne alimentaire. Le tableau 1 montre une liste de tous les agents zoonotiques

alimentaires possibles, incluant les agents rares ou potentiels, et qui peut être utilisée comme point de départ pour d'autres études similaires avec des données propres à chaque pays.

Le choix des critères a été fait dans le but d'avoir une représentation équilibrée de la santé publique et de la santé animale, en y ajoutant un critère "alimentation" afin d'être en accord avec le but de l'étude. Les aspects socio-économiques concernant la santé humaine et la santé animale ont aussi été pris en considération. Il existe une tendance à considérer la charge de la maladie (« disease burden ») pour la santé publique comme un critère important pour les classements [Kemmeren *et al.*, 2006]. Dans cette étude, ce critère a été pris en considération et inclus dans l'information d'aide concernant le critère « gravité de la maladie chez l'homme », qui reprend des données sur le risque de mortalité, la possibilité de complications dues à la maladie, *etc.* (tableau 2). D'autres critères, comme la perception du risque par le consommateur ou l'impact des médias, n'ont pas été pris en considération à cause de leur nature subjective.

Dans beaucoup d'études, les classements sont réalisés selon plus de cinq critères [Valenciano *et al.*, 2001 ; Krause *et al.*, 2007]. Ici, le nombre de critères a été limité aux cinq les plus pertinents. En réalité, un plus grand nombre d'autres critères a été utilisé via les 24 thèmes de l'information d'aide (tableau 2). Cette façon de faire a permis de simplifier le travail des 35 experts, de pouvoir observer des différences plus significatives entre les 51 zoonoses, et de pouvoir évaluer l'impact des cinq critères les plus pertinents sur les notes totales. Les classements sont principalement influencés par un plus grand impact du critère « gravité de la maladie chez l'homme ».

Dans cet article, seulement deux scénarios de classement sont présentés, mais une pondération différente des critères peut permettre de faire différents autres scénarios, selon la façon dont le poids est réparti entre les critères. Par exemple, si l'on tient compte uniquement du critère de santé publique « gravité pour l'homme », les deux agents zoonotiques les plus importants sont l'agent responsable de l'ESB et *Bacillus anthracis*, probablement parce qu'ils causent de la mortalité. Lorsque l'on considère uniquement le critère « occurrence chez l'homme », ou uniquement le critère « occurrence chez les animaux vivants », ou encore uniquement le critère "occurrence dans l'alimentation", les

deux agents zoonotiques les plus importants sont *Campylobacter jejuni* et *coli* et *Salmonella enterica*. Lorsque l'on considère uniquement le critère « gravité chez l'animal / conséquences économiques pour le secteur », les deux agents les plus importants sont l'agent de l'ESB et le virus H5N1, probablement du fait de la politique d'éradication associée à ces deux maladies. Il est également possible d'exclure des critères des classements, comme par exemple les deux critères de santé animale, lorsque l'on veut par exemple considérer uniquement les critères de santé publique, etc.

Vu que les résultats présentés dans cet article sont spécifiques à la Belgique, ils ne sont pas discutés en profondeur. Ils sont donnés comme exemple pour illustrer les résultats qu'il est possible d'obtenir. Des données d'information de chaque pays peuvent être utilisées et la méthode développée est applicable universellement.

En conclusion, cette méthode fournit un classement reproductible, standardisé et transparent d'agents pathogènes. Les applications possibles de la méthode sont multiples. Premièrement, la mise à jour périodique des données d'occurrence peut permettre de détecter des tendances ou des émergences. Deuxièmement, cette méthode peut être appliquée pour classer des zoonoses autres qu'alimentaires (par exemple, des zoonoses vectorielles ou transmissibles par contact direct) ou des maladies non zoonotiques (par exemple, les maladies animales au sens large du terme), en utilisant d'autres critères. Finalement, cet exercice peut être réalisé de manière universelle avec des données de n'importe quel pays. Les agences de sécurité alimentaire devraient demander à leur comité scientifique de réaliser de tels exercices de classement afin d'appliquer une politique efficace d'un point de vue coût-bénéfice.

BIBLIOGRAPHIE

Acha P.N., Szyfres B. - Zoonoses et maladies transmissibles communes à l'homme et aux animaux, 3 volumes, Troisième édition, OIE, Paris, 2005.

ANONYME. - Règlement (CE) n° 178/2002/CE du Parlement européen et du Conseil du 28 janvier 2002 établissant les principes généraux et les prescriptions générales de la législation alimentaire, instituant l'Autorité européenne de sécurité des aliments et fixant des procédures relatives à la sécurité des denrées alimentaires.

ANONYME. - Decree of the Flemish region of 6 february 2004. Besluit van de Vlaamse regering tot wijziging van het besluit van de Vlaamse regering van 6 februari 1991 houdende vaststelling van het Vlaams reglement betreffende de milieuvergunning, en van het besluit van de Vlaamse regering van 1 juni 1995 houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne.

URL:
http://www.biosafety.be/PDF/BesVG04_NL.pdf

ANONYME. - Arrêté du Gouvernement wallon du 4 juillet 2002 déterminant les

conditions sectorielles relatives aux utilisations confinées d'organismes génétiquement modifiés ou pathogènes.

URL:
http://www.biosafety.be/PDF/ArrRW02_FR.pdf

ANONYME. - Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 8 novembre 2001 relatif à l'utilisation confinée d'organismes génétiquement modifiés et/ou pathogènes et au classement des installations concernées. URL:

<http://www.biosafety.be/PDF/ArrRB02.pdf>

ANONYME. - Directive 2000/54/CE du Parlement européen et du Conseil du 18 septembre 2000 concernant la protection des travailleurs contre les risques liés à l'exposition à des agents biologiques au travail. URL:

http://www.biosafety.be/PDF/2000_54.pdf

ANONYME. - Directive 2003/99/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 novembre 2003 sur la surveillance des zoonoses et des agents zoonotiques, modifiant la décision 90/424/CEE du Conseil et abrogeant la directive 92/117/CEE du Conseil.

- ANONYME. - Arrêté royal portant des mesures pour la surveillance de et la protection contre certaines zoonoses et agents zoonotiques.
- ANONYME. - Règlement (CE) N° 853/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 fixant des règles spécifiques d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale.
- ANONYME. - Règlement (CE) N° 854/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 fixant les règles spécifiques d'organisation des contrôles officiels concernant les produits d'origine animale destinés à la consommation humaine.
- AVIS 2008-22. - Classement des zoonoses transmises par les denrées alimentaires. Avis du Comité scientifique de l'Agence fédérale pour la sécurité de la Chaîne alimentaire. URL : http://www.favv-afscsca.fgov.be/comitescientifique/avis/documents/AVIS22-2008_FR_DOSSIER2005-54.pdf
- Batz M.B., Doyle M.P., Morris J.G., Painter J., Singh R., Tauxe R.V., Taylor M.R., Lo Fo Wong D.M.A. - Attributing illness to food. *Emerging Infect. Dis.*, 2005, **11**, 993-999.
- Boelaert F., Walravens K., Biron P., Vermeersch J.P., Berkvens D., Godfroid J. - Prevalence of paratuberculosis (John's disease) in the Belgian cattle population. *Vet. Microbiol.*, 2000, **77**, 269-281.
- Breiman L., Friedman J.H., Olshen A., Stone C.J. - Classification and Regression trees, Wadsworth Inc., Monterey, USA, 1984.
- Carter A. - Establishing goals, techniques and priorities for national communicable disease surveillance. *Can. J. Infect. Dis.*, 1991, **2**, 37-40.
- Cox L.A. Jr., Babayev D., Huber W. - Some limitations of qualitative risk rating systems. *Risk Anal.*, 2005, **25**, 651-662.
- Doherty J.A. - Establishing priorities for national communicable disease surveillance. *Can. J. Infect. Dis.*, **2000**, **11**, 21-24.
- Ducoffre G. - Surveillance des maladies infectieuses par un réseau de laboratoires de microbiologie 2006. Tendances épidémiologiques 1983-2005. Institut scientifique de Santé publique, section Epidémiologie, Bruxelles, Belgique, 2007.
- Fosse J., Seegers H., Magras C. - Foodborne zoonoses due to meat : a quantitative approach for a comparative risk assessment applied to pig slaughtering in Europe. *Vet. Res.*, 2008, **39:01**, DOI: 10.1051/vetres:2007039.
- Geurden T., Berkvens D., Martens C., Casaert S., Vercruyse J., Claerebout E. - Molecular epidemiology with subtype analysis of *Cryptosporidium* in calves in Belgium. *Parasitol.*, 2007, **134**, 1981-1987.
- Geurden T., Geldhof P., Levecke B., Martens C., Berkvens D., Casaert S., Vercruyse J., Claerebout E. - Mixed *Giardia duodenalis* assemblage A and E infections in calves. *Int. J. Parasitol.*, 2008, **38**, 259-264.
- Gore SM. - Biostatistics and the Medical Research Council. *M.R.C. News*, 1987, **35**, 19-20.
- Handistatus II. OIE, 2004. URL: <http://www.oie.int/hs2/report.asp?lang=en>
- Horby P., Graham C., O'Mahony M. - PHLS overview of communicable diseases 1999. *Communicable Dis. and Public Health*, 2001, **4**, 8-17.
- Kemmeren J.M.M., Mangen M.-J.J., van Duynhoven Y.T.H.P., Havelaar A.H. - Priority setting of foodborne pathogens – disease burden and costs of selected enteric pathogens. Bilthoven, the Netherlands: National Institute for Public Health and the Environment, 2006.
- Krause G., Alpers K., Benzler J., Bremer V., Claus H., Haas W., Hamouda O., Laude G., Rasch G., Schöneberg I., Stark K., Ammon A. - Standardised Delphi method for prioritizing infectious diseases in Germany. Abstract International Meeting on Emerging Diseases and Surveillance 2007.
- Maudoux J.P., Saegerman C., Rettigner C., Houins G., Van Huffel X., Berkvens D. - Food safety surveillance through a risk based control programme: approach employed by the Belgian Federal Agency for the Safety of the Food Chain. *Vet. Q.*, 2006, **28**, 140-154.
- McKenzie J., Simpson H., Langstaff I. - Development of methodology to prioritise wildlife pathogens for surveillance. *Prev. Vet. Med.*, 2007, **81**, 194-210.

- Petersen K.E., James W.O., Thaler A.M., Ragland R.D., Hogue A.T. - Use of a priority rating process to sort meatborne zoonotic agents in beef. *J. Agromed.*, 1996, **3**, 17-36.
- Ross T., Sumner J. - A simple, spreadsheet-based, food safety risk assessment tool. *Int. J. Food Microbiol.*, 2002, **77**, 39-53.
- Rushdy A., O'Mahony M. - Public Health Laboratory Service overview of communicable diseases 1997: results of a priority setting exercise. *Commun. Dis. Rep.*, 1998, **8**(suppl 5), S1-12.
- Saegerman C., Speybroeck N., Roels S., Vanopdenbosch E., Thiry E., Berkvens D. - Decision support tools in clinical diagnosis in cows with suspected bovine spongiform encephalopathy. *J. Clin. Microbiol.*, 2004, **42**, 172-178.
- Speybroeck N., Berkvens D., Mfoukou-Ntsakala A., Aerts M., Hens N., Van Huylbroeck G., Thys E. - Classification trees versus multinomial models in the analysis of urban farming systems in Central Africa. *Agric. Systems*, 2004, **80**, 133-149.
- Steinberg D., Colla P.L. - CART: Tree-Structured Non parametric Data Analysis, Salford Systems, San Diego, US, 1995.
- Sumner J., Ross T. - A semi-quantitative seafood safety risk assessment. *Int. J. Food Microbiol.*, 2002, **77**, 55-59.
- Sumner J., Ross T., Jenson I., Pointon A. - A risk microbiological profile of the Australian red meat industry: Risk ratings of hazard-product pairings. *Int. J. Food Microbiol.*, 2005, **105**, 221-232.
- Toma B., Bénet J.J., Dufour B., Eloit M., Moutou F., Sanaa M. - Glossaire d'épidémiologie animale, Editions du Point Vétérinaire, 365 pages, 1991.
- Trends and sources report on zoonotic agents in Belgium. Edité par l'Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire, l'Institut de Santé publique, et le Centre de recherches vétérinaires et agrochimiques, 2003 (URL: http://www.afsca.be/home/pub/doc07/Report_TS_2003_S.pdf), 2004 (URL: http://www.afsca.be/home/pub/doc07/Report_TS_2004_S.pdf) et 2005 (URL: http://www.afsca.be/home/pub/doc07/Report_TS_2005_S.pdf).
- Valenciano M. - Définition des priorités dans le domaine des zoonoses non alimentaires 2000-2001. Rapport de l'Institut de Veille sanitaire, l'Agence française de Sécurité Sanitaire des Aliments, l'Ecole nationale Vétérinaire de Nantes, la Direction générale de la Santé, le Centre Hospitalier Universitaire Cochin et la Cellule Interrégionale d'Epidémiologie EST.
- Vangeel L., Houf K., Chiers K., Vercruyse J., D'Herde K., Ducatelle R. - Molecular-Based Identification of *Sarcocystis hominis* in Belgian Minced Beef. *J. Food Prot.*, 2007, **70**, 1523-1526.
- Vorou R.M., Papavassiliou V.G., Tsiodras S. Emerging zoonoses and vector-borne infections affecting humans in Europe. *Epidemiol. Infect.*, 2007, **135**, 1231-1247.
- World Animal Health Information Database of the OIE (WAHID).
- URL: <http://www.oie.int/wahid-prod/public.php?page=home>

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier les experts suivants pour leur participation à l'exercice d'attribution des notes : N. Botteldoorn, J.P. Buts, B. Catry, E. Claerebout, M. Claes, G. Daube, J. de Borchgrave, K. De Schrijver, J. Dewulf, L. De Zutter, P. Goubau, M. Govaerts, E. Jongert, G. Meulemans, M. Pensaert, D. Pierard, M. Uyttendaele, O. Vandenberg, D. Van der Linden, S. Van Gucht, L. Vanholme, E. Vanopdenbosch, K. Vermeersch, K. Walravens and J. Wits.

Annexe 1

Code R utilisé pour les notes totales « bootstrappées »

```

setwd("/...")
diseases <- 51; experts <- 35; criteria <- 5
samplesize <- 1000
results <- array(0.0, c(samplesize, diseases))
output <- array(0.0, c(diseases,4))
number_NA <- array(0, diseases)

wght <- 0 ## 0 = unweighted, 1 = expert weighted
ifelse(wght, weighting <- c(1.6425,1.0725,0.7850,0.6425,0.8575), weighting <- c(1,1,1,1,1))

c1 <- as.matrix(read.table("c1.txt", na.strings="?"))
c2 <- as.matrix(read.table("c2.txt", na.strings="?"))
c3 <- as.matrix(read.table("c3.txt", na.strings="?"))
c4 <- as.matrix(read.table("c4.txt", na.strings="?"))
c5 <- as.matrix(read.table("c5.txt", na.strings="?"))
ccc <- array(c(c1, c2, c3, c4, c5), c(diseases, experts, criteria))
for (i in 1:diseases) number_NA[i] <- sum(is.na(ccc[i,,]))
for (i in 1:samplesize)
{
  booty <- sample(1:experts, experts, replace=T)
  for (j in 1:diseases)
  {
    for (k in 1:criteria)
      results[i,j] <- results[i,j] + mean(ccc[j,booty,k], na.rm=T) * weighting[k]
  }
}

for (i in 1:diseases)
{
  output[i,1] <- i
  output[i,2] <- mean(results[i,,], na.rm=T)
  output[i,3] <- quantile(results[i,,], probs=0.025, na.rm=T)
  output[i,4] <- quantile(results[i,,], probs=0.975, na.rm=T)
}

output2 <- t(output)
ii <- order(output2[2,],output2[3,],output2[4,])
output3 <- t(rbind(output2[1,],output2[2,],output2[3,],output2[4,])[,ii])

plot(c(output3[1,3],output3[1,4]),c(1,1),type="l", ylim=c(0,diseases), xlim=c(0,max(output[,4],
na.rm=T)), xlab="", ylab="")
lines(c(output3[1,2],output3[1,2]),c(0.5,1.5))
text(output3[1,3]-0.25,1+0.2,output3[1,1])
for (i in 2:diseases)
{
  lines(c(output3[i,3],output3[i,4]),c(i,i))
  lines(c(output3[i,2],output3[i,2]),c(i-0.5,i+0.5))
  text(output3[i,3]-0.25,i+0.2,output3[i,1])
}e

```

