



AVIS 08-2011

Objet : Evaluation de l'exposition aux *E. coli* résistantes aux céphalosporines par la consommation de viande de poulet (Dossier Sci Com 2010/15 : dossier auto-saisine)

Avis approuvé par le Comité scientifique le 16 septembre 2011.

Résumé

La résistance acquise d'*E. coli* au groupe d'antibiotiques des céphalosporines devient un problème de plus en plus marqué dans le secteur des poulets de chair. Actuellement en Belgique, environ 36 % des souches d'*E. coli* isolées chez les poulets de chair vivants sont résistantes aux céphalosporines et environ 60 % des poulets de chair vivants sont porteurs d'une ou plusieurs de ces *E. coli* résistantes aux céphalosporines.

Le risque pour l'homme de l'ingestion d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines consiste principalement en la transmission de gènes de résistance à d'autres germes, éventuellement pathogènes, présents dans le tube digestif humain. Les souches d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines présentes chez des volailles ne provoqueront en effet qu'exceptionnellement des infections chez l'homme.

Vu les raisons mentionnées ci-dessus, le Comité scientifique souhaite, du point de vue de la sécurité alimentaire, étudier la transmission potentielle, de la volaille à l'homme, de la résistance aux céphalosporines de germes présents chez les poulets aux germes présents dans le système gastro-intestinal de l'homme via la consommation de viande de poulet. Pour cela, un modèle d'analyse quantitative des risques a été élaboré, qui a pour but d'estimer l'exposition aux *E. coli* résistantes aux céphalosporines du consommateur belge après consommation de viande de poulet produite en Belgique. Le modèle consiste en différents modules, qui simulent avec précision la filière belge de production de viande de poulet et le comportement du consommateur belge (notamment concernant la cuisson).

Les résultats de cette étude montrent que lors d'environ 1,5 % des repas comprenant de la viande de poulet, il se produit une exposition de plus de 1000 unités formant colonie (ufc) par repas. Le risque lié à cette exposition pour la santé du consommateur ne peut actuellement pas être estimé en raison d'un manque de connaissances et de données quantitatives à propos de la dose infectieuse nécessaire et des facteurs d'influence dans le système digestif de l'homme pour que la

résistance aux céphalosporines des *E. coli* ingérés soit transmise aux germes présents chez l'homme.

Le modèle met en avant que l'exposition est principalement due à une contamination croisée survenant dans les cuisines, ce qui ne fait que plaider pour la nécessité de bonnes pratiques d'hygiène lors de la préparation de la viande de poulet. D'autres éléments importants pour l'exposition du consommateur aux *E. coli* résistantes aux céphalosporines sont aussi la proportion d'*E. Coli* résistantes aux céphalosporines (dans le nombre total d'*E. Coli*) dans la production primaire, et la contamination totale de la carcasse ou du morceau par *E. Coli*. Cela signifie que l'application d'une stratégie judicieuse en matière d'antibiotiques dans le secteur primaire et le respect de bonnes pratiques d'hygiène à l'abattoir et à l'atelier de découpe peuvent représenter une baisse sensible du risque d'exposition aux *E. Coli* résistantes aux céphalosporines via la consommation de viande de poulet.

Enfin, le Comité Scientifique fait quelques recommandations en vue de suivre de près la problématique de l'antibiorésistance et de stimuler l'utilisation raisonnable des antibiotiques dans le secteur de la production animale.

Summary

Advice 08-2011 Exposure assessment to cephalosporin resistant *E. coli* through consumption of broiler meat (self-tasking initiative)

The acquired resistance of *E. coli* to cephalosporin antimicrobial drugs is becoming a major issue in intensive broiler farming. In Belgium, about 36% of the *E. coli* strains isolated from live poultry are resistant to cephalosporin antimicrobial drugs while 60% of the broilers are carrier of these cephalosporin resistant *E. coli*.

The risk of consuming chicken meat contaminated with cephalosporin resistant *E. coli* consists mainly of the possible transfer of resistance genes to other, potential pathogenic bacteria present in the human intestinal tract. Indeed, cephalosporin resistant *E. coli* strains from poultry only exceptionally cause infections in humans.

Therefore, from a food safety point of view, the Scientific Committee wants to gain insight into the degree of exposure of people to cephalosporin resistant *E. coli* through consumption of chicken meat. For this purpose a quantitative model aimed at estimating the exposure of the consumer to cephalosporin resistant *E. coli* by consumption of Belgian chicken meat was elaborated. The model consists of different modules that simulate the farm to fork chain starting from primary production, over slaughter, processing and distribution to storage, preparation and consumption of chicken meat.

The results indicate that about 1,5% of the meals with chicken meat contain more than 1000 colony forming units (cfu) of cephalosporin resistant *E. coli*. The risk of this exposure to human health cannot be estimated at this stage given a lack of understanding and quantitative data on the minimal infectious dose and on the factors influencing the transfer of cephalosporin antimicrobial resistance genes from *E. coli* to the intestinal bacterial flora of men.

The model shows that the majority of exposure is caused by cross contamination in the kitchen, which is again an argument to respect good hygiene measures during preparation of chicken meat. Furthermore the proportion of cephalosporin resistant *E. coli* (within the total number of *E. coli*) in primary production and the overall contamination of chicken carcasses or chicken parts with *E. coli* are of significant influence on the risk of consumer exposure to cephalosporin resistant *E. coli*. This means that a sound antibiotic drug policy in primary production and respect of good hygiene practices in the slaughterhouse and cutting plant could reduce significantly the risk of exposure to cephalosporin resistant *E. coli* during consumption of chicken meat.

Finally, the Scientific Committee recommends the more closely surveillance of antibiotic resistance and the encouragement of the responsible use of antibiotics in animal production.

Mots-clés

Evaluation des risques – *Escherichia coli* – viande de poulet – bêta-lactamases à spectre étendu – antibiorésistance

1 Termes de référence

Ce dossier est un dossier auto-saisine du Comité scientifique ayant pour objectif d'examiner, à l'aide d'une évaluation quantitative des risques microbiens, quel est le risque d'exposition du consommateur aux *Escherichia coli* résistantes aux céphalosporines via la consommation de viande de poulet.

Considérant les discussions menées lors des réunions du groupe de travail des 22/06/2010, 04/10/2010 et 14/03/2011, et des séances plénières des 27/05/2011 et 16/09/2011,

le Comité scientifique émet l'avis suivant :

2 Introduction

Escherichia coli (*E. coli*) est une bactérie Gram négative commensale des intestins des animaux et de l'homme et qui, par ces sources, peut se propager dans l'environnement (eau, sol, végétation) et peut s'introduire dans la chaîne alimentaire. *E. coli* est considérée comme pathogène facultatif, ce qui signifie que malgré le fait que la plupart des souches d'*E. Coli* ne sont pas pathogènes, certaines souches possédant des propriétés pathogènes sont susceptibles de provoquer des infections. Ces souches pathogènes peuvent provoquer un syndrome qui varie d'une infection auto-limitante à une bactériémie pouvant être fatale (Kaper *et al.*, 2004; Smet *et al.*, 2010(a)).

La résistance acquise d'*E. coli* au groupe d'antibiotiques des céphalosporines, par la production de bêta-lactamases à spectre étendu (ESBL) est présente chez toutes les espèces animales mais a subi une nette augmentation dans les élevages intensifs de poulets de chair à travers le monde (Verloo *et al.*, 2003; Diarrassouba *et al.*, 2007; Kojima *et al.*, 2009; Smet *et al.*, 2008; Bortolaia *et al.*, 2010). En Belgique, environ 36 % des souches d'*E. coli* isolées chez les poulets de chair vivants sont résistantes aux céphalosporines (Persoons *et al.*, 2010) et chez 60 % des poulets de chair, après une isolation sélective on peut retrouver des *E. Coli* résistantes aux céphalosporines (Smet *et al.*, 2008), malgré le fait que les céphalosporines ne sont pas enregistrées dans l'UE pour une utilisation chez les volailles (Persoons *et al.*, 2010). En outre, ces *E. coli* commensales résistantes aux céphalosporines sont également de plus en plus souvent isolées chez l'homme et sont responsables d'infections nosocomiales et d'infections associées aux collectivités, qui ne peuvent être traitées au moyen des antibiotiques de première ligne habituels (Bin *et al.*, 2011; Peirano en Pitout, 2010; Pitout, 2010). La propagation généralisée des *E. coli* résistantes aux céphalosporines représente un gros problème en médecine humaine dans des pays tels que l'Inde, le Japon et la Chine (Pitout, 2010; Bin *et al.*, 2011). Leur propagation en Europe est pour l'instant limitée: dans la plupart des pays, moins de 10 % des isolats humains d'*E. Coli* sont porteurs d'ESBL (ECDC, 2009). En ce qui concerne la Belgique, il n'y a qu'une seule étude de Meex *et al.* (2008) d'où il ressort que 20 patients sur les 284 (7 %) dont un échantillon de fèces a été prélevé étaient porteurs d'*E. Coli* résistantes aux céphalosporines par production d'ESBL.

Ces *E. coli* résistantes aux céphalosporines peuvent être transmises du poulet à l'homme, non seulement par contact direct entre l'animal et l'homme, mais aussi indirectement via la consommation de viande de poulet ou par contact avec, par ex., des eaux de surface ou des

légumes qui ont été contaminés aux *E. coli* résistantes aux céphalosporines à partir du poulet comme réservoir (van den Bogaard *et al.*, 1999 en Blake *et al.*, 2003). Vu que les gènes codant pour la résistance ESBL sont situés sur des éléments génétiques mobiles (Thomson et Moland, 2000), il est possible qu'une transmission de la résistance aux céphalosporines ait lieu à partir des *E. coli* résistantes aux céphalosporines ingérées vers les bactéries commensales et pathogènes humaines (p.ex. *Salmonella* spp.) après passage par l'intestin humain. Le fait que ce transfert d'éléments génétiques soit possible a été prouvé récemment dans une étude *in vitro* de Smet *et al.* (2010). En outre, une étude néerlandaise de Leverstein-van Hall *et al.* (2011) a démontré que les *E. coli* résistantes aux céphalosporines présentes chez les volailles vivantes, sur la viande de poulet et chez l'homme contiennent en grande partie les mêmes gènes de résistance ESBL, ce qui constitue une preuve indirecte de la transmission du poulet à l'homme d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines.

Vu le fait que les *E. coli* résistantes aux céphalosporines sont présentes fréquemment chez les poulets de chair en Belgique (Persoons *et al.*, 2010; Smet *et al.*, 2008), et que les céphalosporines ont été déclarées comme antibiotiques d'intérêt critique pour utilisation en médecine humaine (OMS, 2007), le Comité scientifique souhaite, du point de vue de la sécurité alimentaire, étudier la transmission potentielle, du poulet à l'homme, de la résistance aux céphalosporines via la consommation de viande de poulet. Le Comité scientifique souhaite insister sur le fait qu'une seule voie de transmission des *E. coli* résistantes aux céphalosporines a été étudiée dans cette étude. En effet, la transmission par contact direct entre animal et homme, et la transmission par contact indirect via l'environnement (par l'eau) ou via d'autres denrées alimentaires (par ex. des légumes) n'ont pas été prises en considération, en partie en raison du fait que très peu de données sont actuellement disponibles sur l'impact de ces deux voies de transmission pour permettre de réaliser une évaluation quantitative de l'exposition.

En vue de répondre à la question de savoir quelle est l'exposition du consommateur aux *E. coli* résistantes aux céphalosporines par la consommation de viande de poulet, une analyse des risques quantitative probabiliste a été réalisée suivant les principes du Codex Alimentarius (Codex Alimentarius Commission, 1999). Un modèle a été élaboré, qui simule la filière belge de production de viande de poulet et le comportement du consommateur belge (de viande de poulet). A cette fin, on a utilisé des données sur la production primaire rassemblées par Persoons *et al.* (2010). Les données relatives à la contamination de la viande de poulet par les *E. coli* à l'abattoir et au cours de la transformation et de la distribution ont été collectées lors du monitoring de l'AFSCA. Les données relatives aux quantités consommées, au mode de consommation et à la taille moyenne des portions de viande de poulet ont été extraites de l'enquête de consommation alimentaire belge (ISP, 2006) et de Halet *et al.* (2006).

3 Analyse des risques

3.1. Identification des dangers

Les composés bêta-lactames sont des substances antibactériennes qui se lient aux PBP (penicillin-binding proteins) des bactéries. Ils perturbent la synthèse de la couche de peptidoglycans, provoquant la mort des cellules bactériennes. Appartiennent à la catégorie des antibiotiques bêta-lactames: les pénicillines, les céphalosporines, les carbapénèmes, les céphamycines, les monobactames et les inhibiteurs de bêta-lactamases. Les bêta-lactamases

sont un groupe hétérogène d'enzymes produites par les bactéries qui décomposent ces composés β -lactame et les inactivent. Plus de 400 β -lactamases différentes sont décrites, pouvant être réparties en 4 classes, sur base de leur structure moléculaire : les classes A, B, C et D (Perez *et al.*, 2007).

Les gènes codant pour les classes A, B et D des bêta-lactamases sont localisés sur des éléments transférables ou sur le chromosome. Les gènes des bêta-lactamases de classe C ont initialement été localisés sur le chromosome mais au cours des 20 dernières années, ils ont également été retrouvés sur des plasmides (Perez *et al.*, 2007). La localisation de la résistance aux antibiotiques sur des plasmides indique que cette résistance peut être transmise horizontalement entre bactéries (Thomson and Moland, 2000).

La résistance aux céphalosporines à large spectre des bactéries gram négatives est associée à la présence de bêta-lactamases à spectre étendu (ESBL), appartenant la plupart du temps aux bêta-lactamases classe A et aux bêta-lactamases classe C à transfert plasmidique (Perez *et al.*, 2007; Thomson et Moland, 2000).

Les ESBL sont en général capables d'hydrolyser les composés bêta-lactames suivants : les pénicillines (p.ex. ampicilline et piperaciline), les céphalosporines de première, deuxième, troisième et quatrième génération, et le monobactame aztréoname, mais pas les céphamycines ou les carbapénèmes. Elles peuvent également être inactivées par l'acide clavulanique. Ceci contrairement à la classe C des bêta-lactamases, qui présentent généralement une résistance à l'égard de tous les antibiotiques bêta-lactame, à l'exception des méthoxy-imino-céphalosporines dipolaires ioniques (céfépime, carbapénèmes). Celles-ci ne sont pas non plus inhibées par l'acide clavulanique (Perez *et al.*, 2007; Thomson et Moland, 2000).

Un projet d'étude récent RT 06/3 ABRISK faisant partie de la recherche contractuelle du SPF Santé publique sur la présence d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines chez les poulets de chair vivants en Belgique (données collectées en 2007-2008 émanant d'écouvillons cloacaux) a démontré qu'en moyenne 36 % des *E. coli* isolées étaient résistantes aux céphalosporines (Persoons *et al.*, 2010) et qu'après isolation sélective, environ 60 % des poulets de chair étaient porteurs d'une ou plusieurs *E. coli* résistantes (Smet *et al.*, 2008). On retrouve également de plus en plus d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines sur la viande de poulet, comme il ressort du monitoring de l'AFSCA :

- 2002 : 5 % de résistance au ceftiofur (n=151)
- 2005 : 3 % de résistance au ceftiofur (n=148)
- 2008 : 28 % de résistance au ceftiofur (n=98)

3.2 Caractérisation des dangers

Tant chez l'homme que chez les animaux, *E. coli* est le germe commensal gram négatif le plus présent dans le tube digestif et a de plus en plus souvent été associé à la résistance aux céphalosporines cette dernière décennie. Ces souches commensales d'*E. coli* peuvent malgré tout provoquer de manière sporadique des maladies chez l'homme, en général bénignes et auto-limitantes et ne nécessitant normalement pas de traitement aux antibiotiques. Un nombre limité de souches d'*E. coli* ont néanmoins des propriétés supplémentaires de virulence, qui les rendent pathogènes pour l'homme (p.ex. EHEC, EAggEC, EPEC, ETEC, EIEC, UPEC, ...). Pour ces

infections, il est parfois nécessaire de mettre en place un traitement aux antibiotiques qui, en cas de résistance aux céphalosporines, sera inefficace pour les antibiotiques courants de première ligne. Lors de la récente épidémie d'EHEC en Allemagne en mai/juin 2011, on a notamment constaté que la souche impliquée *E. coli* O104:H4 (une souche EAggEC humaine) était porteuse de gènes ESBL (EFSA, 2011). Lors d'une infection par cette spécifique souche d'EHEC, il n'est toutefois pas indiqué d'utiliser des antibiotiques lors du traitement de la maladie (DGI, 2011).

Par ailleurs, les *E. coli* résistantes aux céphalosporines peuvent transmettre leurs gènes de résistance à d'autres bactéries gram négatives de l'intestin de l'homme ou des animaux. Smet *et al.* (2010) ont montré *in vitro* que les *E. coli* le font de manière très efficace. Si le germe receveur est pathogène (p.ex. *Salmonella*, *E. coli* pathogènes), une infection causée par ce germe pourra difficilement être traitée aux antibiotiques. Dans la présente étude, on a démontré dans un modèle de simulation de l'intestin humain qu'une souche d'*E. coli* humaine non résistante allait emprunter des gènes de résistance très peu de temps après l'adjonction d'une souche de poulet productrice d'ESBL, faisant apparaître après peu de temps des transconjugants. Le nombre de transconjugants s'est accru de façon exponentielle après administration d'un antibiotique à base de céphalosporines au milieu de fermentation intestinal, ce qui suggère que chez les humains traités aux céphalosporines, la sélection de ces transconjugants peut se faire de façon très efficace. Vu les différences de physiologie intestinale entre l'homme et le poulet, on peut s'attendre à ce que les souches commensales d'*E. coli* des volailles ne peuvent vraisemblablement se maintenir longtemps dans le canal digestif humain. Un passage par le canal digestif humain peut cependant donner à ces *E. coli* résistantes aux céphalosporines suffisamment de temps pour transmettre les gènes de résistance à d'autres bactéries, vu la transmission efficace de gènes de résistance décrite par Smet *et al.* (2010(b)). En outre, une étude néerlandaise de Leverstein-van Hall *et al.* (2011) a démontré que les *E. coli* résistantes aux céphalosporines des poulets vivants, de la viande de poulet et de l'homme contiennent en grande partie les mêmes gènes de résistance ESBL, ce qui constitue une indication supplémentaire du transfert des *E. coli* résistantes aux céphalosporines du poulet à l'homme.

Il est actuellement impossible d'établir une estimation quantitative du nombre d'*E. coli* résistantes qui doit être absorbé par l'homme pour réaliser le transfert de la résistance aux céphalosporines des *E. coli* animales aux *E. coli* humaines. Cela dépend, en effet, d'une interaction complexe entre de très nombreux facteurs différents, tels que : la matrice alimentaire, la production d'acide dans l'estomac, l'âge et les défenses du consommateur, l'état de la flore intestinale, l'utilisation d'antibiotiques, ... C'est la raison pour laquelle le modèle discuté ci-après n'ira pas plus loin qu'une estimation de l'exposition du consommateur aux *E. coli* résistantes aux céphalosporines par la consommation de viande de poulet belge.

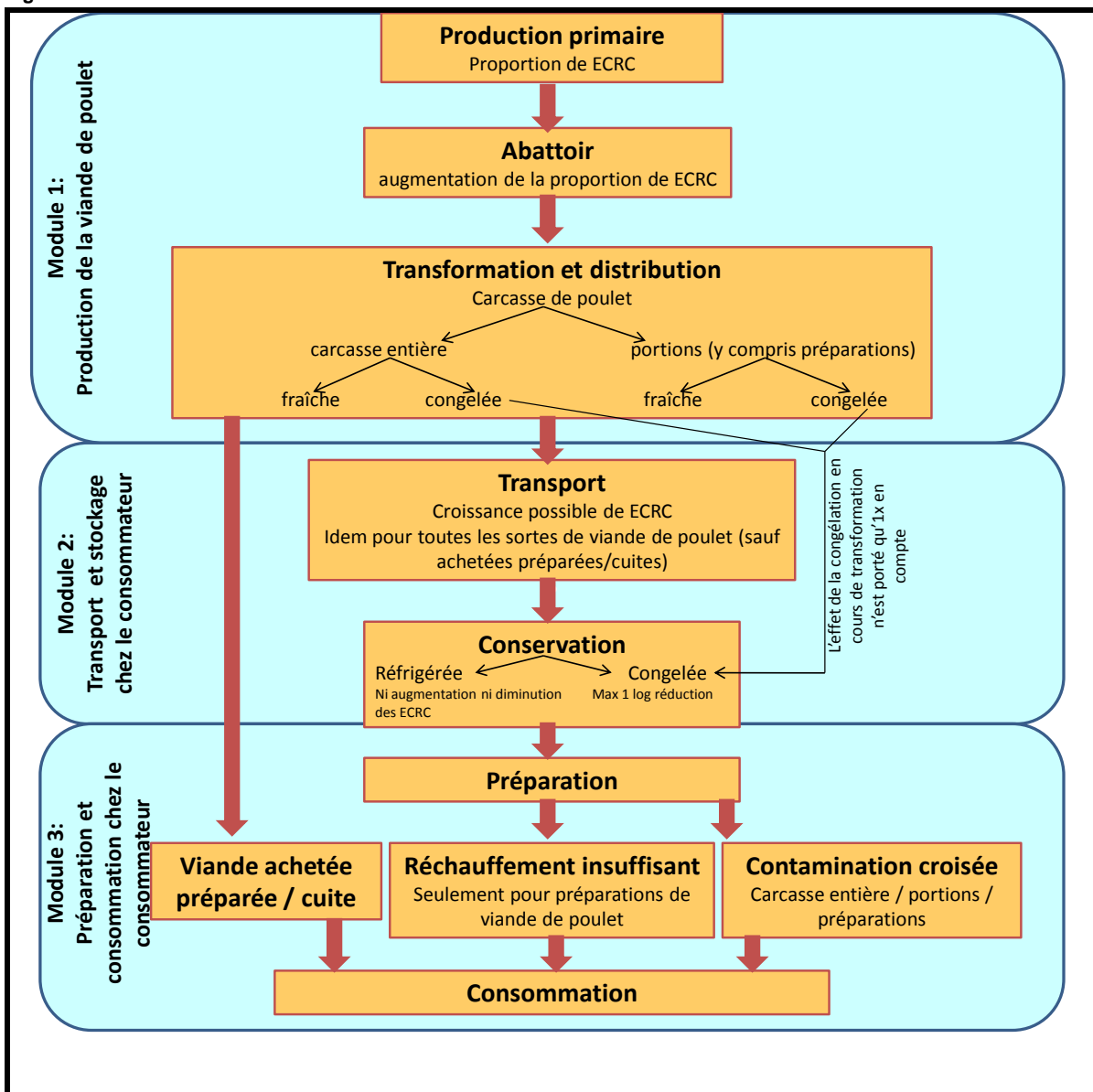
3.3 Estimation de l'exposition

Le modèle décrit ci-après est une analyse des risques quantitative ayant pour but d'estimer l'ingestion d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines par le consommateur belge après consommation de viande de poulet produite en Belgique. Le modèle est basé sur les modèles décrits par Hartnett *et al.* (2001) et Uyttendaele *et al.* (2006) pour *Campylobacter* sur la viande de poulet et le modèle METZOOON de Bollaerts *et al.* (2009) pour *Salmonella* dans la viande de porc, et complété d'éléments spécifiques pour les *E. coli* résistantes aux céphalosporines. Le modèle simule la chaîne de la production de viande de poulet en Belgique, depuis la production jusqu'à la

consommation. Les distributions et calculs sont indiqués sous forme de tableau pour chaque module.

Le modèle se compose de différents modules qui suivent la chaîne de production de la viande de poulet "de la fourche à la fourchette", donc tout au long de la chaîne alimentaire complète, depuis la production primaire, en passant par l'abattoir, la transformation et la distribution, et jusqu'au stockage et à la préparation par le consommateur. La structure générale du modèle est indiquée schématiquement dans la Figure 1:

Figure 1 : flowchart du modèle



ECRC= *E. coli* résistantes aux céphalosporines

3.3.1. Module 1: Production de la viande de poulet

3.3.1.1. Production primaire

Ce module présente une distribution de la proportion d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines dans le nombre total d'isolats d'*E. coli* issues d'écouvillons cloacaux de poulets de chair sains,

comme décrit par Persoons *et al.* (2010). Ces données ont été collectées au cours des années 2007 et 2008 dans le cadre du projet de recherche RT 06/3 ABRISK du SPF Santé publique. Dans cette étude, une moyenne de 36 % des souches d'*E. coli* isolées se sont avérées résistantes aux céphalosporines après échantillonnage de 30 poulets de chair sains par bande de production dans 32 exploitations, durant deux bandes de production non successives. Le tableau 1 montre comment ceci a été repris dans le modèle.

Tableau 1: Module 1 – Distribution de la proportion d'isolats d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines dans le nombre total d'isolats d'*E. coli* issues d'écouvillons cloacaux de poulets de chair sains (d'après Persoons *et al.*, 2010)

Variable	Description	Distribution / Fonction	Référence
$P_{CREC\ prim}$	Proportion d'isolats d' <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines dans le nombre total d'isolats d' <i>E. coli</i>	RiskPert(0,015;0,288;0,915)	Persoons <i>et al.</i> , 2010

3.3.1.2. Abattoir, transformation et distribution

L'AFSCA rassemble annuellement des données sur le nombre d'*E. coli* (exprimé en unités formant colonie (ufc) par gramme) présentes sur les carcasses de poulets de chair (peau du cou) et sur des morceaux de poulet (peau et/ou viande homogénéisée) en vue d'une évaluation de l'hygiène lors de l'abattage et de la transformation des carcasses en portions (y compris filets de poulet) et/ou en préparations de viande (notamment viande hachée). Par analogie avec les données de la production primaire, on a, ici aussi, utilisé les données pour les années 2007 et 2008.

Persoons *et al.* (2010) décrivent une hausse de la proportion d'isolats d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines à l'abattoir, après échantillonnage de la peau du cou, de 11,3 % en moyenne en comparaison avec l'échantillonnage dans l'exploitation d'élevage. La raison de cette hausse n'est jusqu'à présent pas connue.

Sur base des deux distributions précédentes et du résultat du module 1, le nombre total d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines (en ufc/g) peut alors être calculé tant sur les carcasses réfrigérées que sur les morceaux de poulet.

Tableau 2: Module 1 – Calcul du nombre total d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines sur les carcasses de poulets et les morceaux de poulet réfrigéré(e)s

Variable	Description	Unité	Distribution / Fonction	Référence
$INC_{P\ CREC\ slaught}$	Augmentation de la proportion d'isolats d' <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines à l'abattoir	/	$1 + RiskPert(-0,033;0,032;0,36)$	Persoons <i>et al.</i> , 2010
$N_{E.\ coli\ whole}$	Nombre total d' <i>E. coli</i> sur les carcasses de poulets réfrigérées	ufc/g	RiskPert(0,823;2,386;4,149)	Données monitoring AFSCA
$N_{E.\ coli\ part}$	Nombre total d' <i>E. coli</i> sur les morceaux de poulet réfrigérés (y compris hachis)	ufc/g	RiskPert(0,986;2,321;3,410)	Données monitoring AFSCA
$N_{CREC\ whole}$	Calcul du nombre total d' <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines sur les carcasses réfrigérées	ufc/g	$N_{CREC\ whole} = N_{E.\ coli\ whole} \times (P_{CREC\ prim} \times INC_{P\ CREC\ slaught})$	/
$N_{CREC\ part}$	Calcul du nombre total d' <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines sur les morceaux de poulet réfrigérés	ufc/g	$N_{E.\ coli\ part} \times (P_{CREC\ prim} \times INC_{P\ CREC\ slaught})$	/

Après l'abattoir, une carcasse de poulet peut être transformée et commercialisée de différentes manières. Le classement suivant est possible : (a) par type de produit : la viande de poulet peut être vendue sous forme de carcasse entière ou sous forme de morceaux et (b) par type de méthode de conservation: la viande peut être vendue congelée ou réfrigérée.

Dans le modèle, on part du principe que la chaîne du froid est respectée jusqu'au moment de l'achat de la viande de poulet par le consommateur, ou que l'excès de température est limité à < 10°C, ce qui empêche toute croissance de *E. coli* (résistantes aux céphalosporines).

Selon Halet *et al.* (2006), en moyenne 68,1 % des viandes de poulet sont achetées sous forme de morceaux et en moyenne 31,9 % sous forme de carcasse entière. Parmi les morceaux de poulet, une moyenne de 20 % sont achetés congelés, contre 5 % pour les carcasses entières. Or, sur le marché le producteur peut aussi bien mettre en vente la viande de poulet comme viande congelée que comme viande fraîche qui sera ensuite congelée par le consommateur (voir plus loin). L'effet de la congélation en cours de production de la viande de poulet sur les *E. coli* résistantes aux céphalosporines n'est pris en compte que dans le module 2 étant donné qu'il s'agit essentiellement du même processus et qu'il est important que son effet réducteur ne soit pas pris en compte deux fois. Le tableau 3 montre l'application des différentes méthodes de transformation dans le modèle.

Tableau 3: Module 3 – Transformations possibles des carcasses de poulet et fréquence à laquelle elles sont appliquées, selon l'enquête de consommation alimentaire belge (ISP, 2006) et Halet *et al.* (2006)

Variable	Description	Distribution / Fonction	Référence
P_{whole}	Probabilité que la viande soit achetée sous forme de carcasse de poulet entière	RiskBinomial(1;0,319)	Enquête de consommation alimentaire belge (ISP,2006) / Halet <i>et al.</i> (2006)
P_{port}	Probabilité que la viande soit achetée sous forme de morceaux (y compris viande hachée)	1 - RiskBinomial(1;0,319)	Enquête de consommation alimentaire belge (ISP,2006) / Halet <i>et al.</i> (2006)
$P_{\text{fresh whole}}$	Probabilité que la viande soit achetée sous forme de carcasse de poulet entière réfrigérée	$P_{\text{whole}} \times \text{RiskBinomial}(1;0,95)$	Enquête de consommation alimentaire belge (ISP,2006) / Halet <i>et al.</i> (2006)
$P_{\text{frozen whole}}$	Probabilité que la viande soit achetée sous forme de carcasse de poulet entière congelée	$P_{\text{whole}} (1 - \text{RiskBinomial}(1;0,95))$	Enquête de consommation alimentaire belge (ISP,2006) / Halet <i>et al.</i> (2006)
$P_{\text{fresh port}}$	Probabilité que la viande soit achetée sous forme de morceaux réfrigérés (y compris viande hachée)	$P_{\text{port}} \times \text{RiskBinomial}(1;0,8)$	Enquête de consommation alimentaire belge (ISP,2006) / Halet <i>et al.</i> (2006)
$P_{\text{frozen port}}$	Probabilité que la viande soit achetée sous forme de morceaux congelés (y compris viande hachée)	$P_{\text{port}} \times (1 - \text{RiskBinomial}(1;0,8))$	Enquête de consommation alimentaire belge (ISP,2006) / Halet <i>et al.</i> (2006)

3.3.2. Module 2 : Transport, conservation et préparation des viandes de poulet par le consommateur

3.3.2.1. Transport des viandes de poulet du détaillant jusqu'au consommateur

La réfrigération durant le transport de la viande de poulet depuis le commerce de détail vers la cuisine ou le réfrigérateur / congélateur du consommateur est souvent insuffisante. La température peut s'élever jusqu'à $> 10^{\circ}\text{C}$, ce qui est susceptible de provoquer une croissance (limitée) du nombre d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines présentes sur la viande de poulet.

Sur base du modèle décrit par Bollaerts *et al.* (2009), la croissance potentielle des *E. coli* résistantes aux céphalosporines présentes sur la viande de poulet a été simulée en supposant, pour les caractéristiques de croissance, que les *E. coli* résistantes aux céphalosporines se comportent de manière similaire aux *E. coli* sensibles aux céphalosporines.

Les paramètres suivants ont été pris en considération dans cette simulation :

- la température de la viande dans le commerce de détail (Bollaerts *et al.* (2009));
- la simulation de la température extérieure sur base des données provenant de l'Institut royal météorologique de Belgique (IRM) ;
- la durée du transport ;
- la concentration en sel de la viande.

Pour les viandes déjà congelées, on suppose qu'elles restent congelées dans le commerce de détail et qu'aucune croissance n'y est donc possible.

Tableau 4: Module 2 – Croissance potentielle des *E. coli* résistantes aux céphalosporines pendant le transport des viandes de poulet depuis le commerce de détail jusqu'au consommateur

Variable	Description	Unité	Distribution / Fonction	Référence
T_{retail}	Température de la viande chez le détaillant	$^{\circ}\text{C}$	RiskNormal(3,14;7,78) (-2;15)	Modèle METZOON (Bollaerts <i>et al.</i> , 2009)
T_{ext}	Température extérieure	$^{\circ}\text{C}$	$\pi f_1 + (1 - \pi) f_2$ with $\pi = 0,64$ / $f_1 = \text{RiskNormal}(6,7;17,9)$ / $f_2 = \text{RiskNormal}(20,1; 33,0)$	Institut royal météorologique de Belgique (IRM)
$\Delta_{\text{max}}T$	Fluctuation de température maximale possible	$^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{ext}} - T_{\text{retail}}$	Supposition Hill <i>et al.</i> (2003)
S_T	Correction : si l'écart de température maximal possible est supérieur à 0, alors $S_T = 1$, sinon $S_T = 0$	/	If ($\Delta_{\text{max}}T > 0; 1; 0$)	/
ΔT	Fluctuation de la température de la viande pendant le transport	$^{\circ}\text{C}$	RiskNormal(3,72;2,82) (0; $\Delta_{\text{max}}T$) x S_T	Hill <i>et al.</i> (2003)
T_{end}	Température de la viande à la fin du transport	$^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{retail}} + \Delta T$	/
$\text{Time}_{\text{trans}}$	Durée du transport	15 minutes	$\text{Time}_{\text{trans}} = \text{RiskDiscrete}(v;w)$ with $v = [1,2,3,4,5,6,7,8,16]$ and $w = [0.005,0.05,0.18,0.25,\dots,0.22,0.16,0.07,$	Hill <i>et al.</i> (2003)

			0.03,0.035]	
NaCl	Concentration en sel de la viande (aussi bien des carcasses de poulet que des morceaux de poulet)	%	RiskNormal(0,83;1,2)	Vlaams Adviescentrum voor de vleesindustrie
ΔT_{temp}	Croissance d' <i>E. coli</i> en fonction de la température et de la concentration en sel	Log ufc / heure	$EXP(-6,26 - (0,011 \times NaCl) + (0,32 \times T_{end}) + (0,002 \times NaCl \times T_{end}) - (0,0085 \times POWER(T_{end};2)) - (0,0045 \times POWER(NaCl;2)))$	Modèle METZOON (Bollaerts <i>et al.</i> , 2009)
ΔTr	log croissance totale d' <i>E. coli</i> pendant une durée de transport donnée	Log ufc / transport	$\Delta T_{temp} \times (Time_{trans} / 4)$	Modèle METZOON (Bollaerts <i>et al.</i> , 2009)
$N_{CREC\ trans\ whole}$	Nombre d' <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines sur une carcasse entière après le transport (y compris congelée)	Log ufc / g	$(LOG10(N_{CREC\ whole})) + \Delta Tr$	/
$N_{CREC\ trans\ part}$	Nombre d' <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines sur les morceaux de poulet après le transport	Log ufc / g	$(LOG10(N_{CREC\ part})) + \Delta Tr$	/

3.3.2.2. Conservation des viandes de poulet par le consommateur

La viande de poulet peut être conservée au réfrigérateur ou au congélateur par le consommateur. Sur base des résultats de l'enquête de consommation alimentaire belge (ISP, 2006) et de l'étude de Halet *et al.* (2006), on suppose qu'en moyenne 39 % des viandes de poulet sont conservées au congélateur. Ce dernier chiffre englobe à la fois les viandes de poulet qui sont achetées congelées et les viandes de poulet achetées fraîches et ensuite mises au congélateur par le consommateur lui-même.

Le Combase® predictor software (<http://www.combase.cc>) ne permet pas de simuler la croissance des *E. coli* à $\leq 10^{\circ}C$ car on ne dispose pas de suffisamment de données expérimentales à basses températures. Il est généralement admis que la température minimum pour la croissance de *E. coli* est de $8^{\circ}C$, et qu'à $8-10^{\circ}C$ la croissance n'intervient qu'après une longue phase lag (> 10 jours). C'est pourquoi il est supposé dans le modèle qu'il n'y a ni augmentation ni diminution du nombre d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines durant la conservation chez le consommateur sous forme réfrigérée (avec une durabilité de max. 5 jours).

Sur base des données décrites par Black *et al.* (2009) et d'une communication orale (Daube G., Université de Liège), la réduction du nombre d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines lors de la congélation a été simulée (réduction maximale de 1 log durant une conservation de 30 jours). La durée de la conservation au congélateur de la viande de poulet a été simulée sur base du modèle décrit par Halet *et al.* (2006). Comme il a déjà été signalé plus haut, l'effet de la congélation est pris en compte aussi bien pour les viandes achetées congelées que pour celles qui sont congelées chez le consommateur. Le tableau 5 montre comment ceci a été repris dans le modèle.

Il a de nouveau été supposé ici que, tant au niveau de leur croissance que de leur disparition, les *E. coli* résistantes aux céphalosporines ont un comportement similaire à celui des *E. coli* sensibles aux céphalosporines.

Tableau 5: Module 2 – Croissance et réduction des *E. coli* résistantes aux céphalosporines sur la viande de poulet pendant la conservation chez le consommateur

Variable	Description	Unité	Distribution / Fonction	Référence
$N_{CREC\ stor\ whole}$	Nombre d' <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines subsistant après conservation réfrigérée de carcasses de poulet	log ufc/g viande de poulet	Pas de croissance ni de réduction pendant la conservation réfrigérée ($N_{CREC\ trans\ whole} = N_{CREC\ stor\ whole}$)	hypothèse / Combase® predictor software
$N_{CREC\ stor\ part}$	Nombre d' <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines subsistant après conservation réfrigérée de morceaux de poulet	log ufc/g viande de poulet	Pas de croissance ni de réduction pendant la conservation réfrigérée ($N_{CREC\ trans\ part} = N_{CREC\ stor\ part}$)	hypothèse / Combase® predictor software
P_{frozen}	Probabilité que la viande soit congelée (aussi bien achetée congelée que congelée chez le consommateur)	/	Riskbinomial(1;0,39)	Enquête de consommation alimentaire belge (ISP, 2006) / Halet <i>et al.</i> (2006)
$N_{days\ frozen}$	Durée de la conservation de la viande de poulet au congélateur chez le consommateur	jour	RiskGeneral(0;43;0,04;42;0:127,5) tronqué 30 jours (Black <i>et al.</i>)	Halet <i>et al.</i> (2006)
$\Delta_{CREC\ frozen}$	Réduction du nombre d' <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines pendant la conservation au congélateur	log ufc/g viande de poulet	RiskPert(0,5;0,75;1)	Black <i>et al.</i> (2009) / G. Daube (communication personnelle) / hypothèse
$N_{CREC\ frozen\ stor\ whole}$	Nombre d' <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines subsistant après la conservation au congélateur d'une carcasse entière	log ufc/g viande de poulet	$LOG N_{CREC\ trans\ whole} - (\Delta_{CREC\ frozen} \times N_{days\ frozen} / 30)$	/
$N_{CREC\ frozen\ stor\ part}$	Nombre d' <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines subsistant après la conservation au congélateur de morceaux de poulet	log ufc/g viande de poulet	$LOG N_{CREC\ trans\ part} - (\Delta_{CREC\ frozen} \times N_{days\ frozen} / 30)$	/

3.3.3. Module 3 : Préparation et consommation des viandes de poulet

3.3.3.1. Préparation des viandes de poulet

Avant de commencer les calculs, une distribution a d'abord été déterminée pour estimer la taille des portions de la viande de poulet finalement consommée, qui varie entre 20 g et 550g et qui est

basée sur des données de l'enquête de consommation alimentaire belge (ISP, 2006). Le tableau 6 reprend cette distribution, en vue de pouvoir calculer l'exposition finale aux *E. coli* résistantes aux céphalosporines.

Tableau 6: Module 3 – Calcul de la taille d'une portion lors de la consommation de viande de poulet

Serving Size	Taille d'une portion lors de la consommation de viande de poulet	g	RiskCumul(20;550;20:500;0.028:0.999)	Enquête de consommation alimentaire belge (ISP,2006)
--------------	--	---	--------------------------------------	--

3.3.3.1.1. Contamination croisée par contact avec les mains et la planche à découper

Pendant la préparation de viande de poulet crue, il est possible que des bactéries présentes sur la viande crue soient transportées sur des légumes crus en raison du fait que les deux produits ont été manipulés avec les mains sans que celles-ci n'aient été lavées entre les deux manipulations ou que les deux produits ont été en contact avec la même planche à découper ou surface de travail sans que celle-ci n'ait été nettoyée entre les deux manipulations. Les calculs ci-après simulent la probabilité de cette contamination croisée sur base du modèle publié par Nauta *et al.* (2005), qui a été adapté à la situation belge à l'aide de données relatives au comportement culinaire en matière d'hygiène du consommateur belge (Enquête de consommation alimentaire belge (ISP, 2006) et Halet *et al.* (2006)). A défaut de données concernant la consommation conjointe de viande de poulet et de légumes crus, le modèle prend comme hypothèse, pour le calcul de la possibilité de contamination croisée, que chaque repas comprenant de la viande de poulet comprend également des légumes crus. On suppose en même temps que tous les légumes sont toujours entièrement consommés. Ces hypothèses entraînent, il est vrai, une surestimation de l'exposition du consommateur aux *E. coli* résistantes aux céphalosporines par cette voie de contamination croisée.

Les facteurs suivants ont été pris en compte pour le modèle créé pour le transfert potentiel d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines depuis la viande de poulet crue vers les légumes crus par la manipulation avec les mains (tableau 7) :

- la proportion d'*E. Coli* résistantes aux céphalosporines transférées de la viande de poulet aux mains par manipulation du poulet ou des morceaux de poulet (c'est dans cette proportion que réside la probabilité de toucher la viande de poulet avec les mains);
- la probabilité que les mains soient lavées ou rincées après avoir touché la viande de poulet crue et avant de toucher les légumes crus, et l'effet de cette probabilité sur le nombre d'*E. Coli* résistantes aux céphalosporines se trouvant sur les mains;
- la proportion d'*E. Coli* résistantes aux céphalosporines transférées des mains aux légumes crus par manipulation
- le nombre d'*E. Coli* résistantes aux céphalosporines finalement transférées dans les légumes crus dépend de la quantité de viande manipulée (cf. Serving Size)

Tableau 7: Module 3 – Contamination croisée entre viande de poulet crue et légumes crus par manipulation dans la cuisine

Variable	Description	Unité	Distribution / Fonction	Référence
(tC,H)	Proportion d' <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines transmises de la viande de poulet crue aux mains par manipulation	/	RiskBeta(1,78;41,1)	Nauta <i>et al.</i> (2005)
P _{WH}	Probabilité que les mains soient lavées après manipulation de viande de poulet crue et avant de toucher les légumes crus	/	RiskBinomial(1; Riskdiscrete({0,862;0,8174};0,8649;0,1351))	Enquête de consommation alimentaire belge (ISP,2006) / Viaene <i>et al.</i> (2007)
(tH,H)	Proportion d' <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines présentes sur les mains, qui sont éliminées par le lavage des mains	/	IF P _{WH} = 0 dan (tH,H)= 1 IF P _{WH} = 1 dan (tH,H)= RiskBeta(0,24;6,67)	Nauta <i>et al.</i> (2009)
(tH,S)	Proportion d' <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines transmises des mains aux légumes crus par manipulation	/	RiskBeta(0,6;2,3)	Nauta <i>et al.</i> (2009)
N _{CREC veg hands}	Nombre d' <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines transmises aux légumes crus	ufc / portion	(POWER(10;N _{CREC stor whole}) x (tC,H) x (tH,H) x (tH,S) x Serving Size	/
			(POWER(10;N _{CREC stor part}) x (tC,H) x (tH,H) x (tH,S) x Serving Size	
			(POWER(10;N _{CREC frozen stor whole}) x (tC,H) x (tH,H) x (tH,S) x Serving Size	
			(POWER(10;N _{CREC frozen stor part}) x (tC,H) x (tH,H) x (tH,S) x Serving Size	

Les facteurs suivants ont été pris en compte pour le transfert potentiel d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines depuis la viande de poulet crue vers les légumes crus par contact avec la même planche à découper :

- la probabilité que la viande de poulet crue aussi bien que les légumes crus soient découpés sur un même plan de travail
- la proportion d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines transférées de la viande de poulet crue à la planche à découper
- la probabilité que la planche soit nettoyée ou retournée après avoir découpé la viande de poulet
- la probabilité que les légumes crus soient découpés sur la planche à découper après le découpage de la viande de poulet
- la proportion d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines transférées de la planche à découper aux légumes crus

- le nombre d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines transférées à la planche à découper et finalement aux légumes crus dépend de la quantité de viande manipulée (cr. Serving Size)

Le tableau 8 donne l'implémentation de ces étapes dans le modèle.

Tableau 8: Module 3 – Contamination croisée entre viande de poulet crue et légumes crus par contact avec la même planche à découper

Variable	Description	Unité	Distribution / Fonction	Référence
P_{board}	Probabilité que la viande de poulet crue aussi bien que les légumes crus soient découpés sur la même planche à découper	/	RiskDiscrete({0,031;0,2429}; 0,8748:0,1252)	Enquête de consommation alimentaire belge (ISP,2006) / Viaene <i>et al.</i> (2007)
(tC,B)	Proportion d' <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines transmises de la viande crue de poulet à la planche à découper	/	POWER(10;RiskNormal(0,171;0,16))/100	Nauta <i>et al.</i> (2009)
$N_{CREC\ board}$	Nombre d' <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines transmises sur la planche à découper	ufc / planche à découper	$((1 - (tC,H)) \times POWER(10;N_{CREC\ stor\ whole}) \times (tC,B) \times Serving\ Size)$	/
			$((1 - (tC,H)) \times POWER(10;N_{CREC\ stor\ part}) \times (tC,B) \times Serving\ Size)$	
			$((1 - (tC,H)) \times POWER(10;N_{CREC\ frozen\ stor\ whole}) \times (tC,B) \times Serving\ Size)$	
			$((1 - (tC,H)) \times POWER(10;N_{CREC\ frozen\ stor\ part}) \times (tC,B) \times Serving\ Size)$	
$P_{board\ handling}$	Après la découpe de la viande de poulet, la planche à découper peut subir 3 'traitements' différents avant de découper la salade. La probabilité d'application de ces 3 traitements est indiquée.	/	<ul style="list-style-type: none"> Même planche à découper, non nettoyée = RiskDiscrete({0,031;0,2429};0,8748:0,1252) Même planche à découper, nettoyée ou utilisée de l'autre côté =RiskDiscrete({0,022;0,1937};0,8748:0,1252) Autre planche à découper = RiskDiscrete({0,947;0,5634};0,8748:0,1252) 	Enquête de consommation alimentaire belge (ISP,2006) / Viaene <i>et al.</i> (2007)
$N_{CREC\ board\ wash}$	Nombre d' <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines présentes sur la planche à découper pour les 3 scénarios possibles	ufc / planche à découper	<ul style="list-style-type: none"> Même planche à découper, non nettoyée : $N_{CREC\ board\ wash} = N_{CREC\ board} \times 1$ Même planche à découper, nettoyée ou utilisée de l'autre côté : $N_{CREC\ board\ wash} = POWER(10;LOG(N_{CREC\ board}) - RiskPert(1;4,5;7))$ Autre planche à découper : $N_{CREC\ board\ wash} = N_{CREC\ board} \times 0$ 	/
(tB,S)	Proportion d' <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines transmises de la planche à découper aux légumes crus	/	POWER(10;RiskNormal(1.535;0.32))/100	Nauta <i>et al.</i> (2009)

P Cutting _{veg}	Probabilité que les légumes crus soient coupés sur la planche ayant servi à découper la viande de poulet	/	RiskUniform(0,4;0,6)	hypothèse
N _{CREC veg.} board	Nombre d' <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines présentes sur la salade par contact avec la planche à découper	ufc	si P Cutting _{salad} = 1 alors N _{CREC salad board} = N _{CREC board wash} x (tB,S) si Cutting _{salad} = 0 alors N _{CREC salad board} = 0	/

Au tableau 9 est représenté le nombre total de *E. coli* résistantes aux céphalosporines qui sont transférées aux légumes crus par contamination croisée (que ce soit via les mains ou via la planche à découper).

Tableau 9 : Tableau récapitulatif de la contamination croisée entre la viande de poulet crue et les légumes crus

N _{CREC veg}	Nombre total d' <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines sur les légumes crus par contamination croisée	ufc / portion	N _{CREC veg} = N _{CREC veg hands} + N _{CREC veg board}	/
-----------------------	---	---------------	---	---

3.3.3.1.2. Cuisson de préparations à base de viande de poulet

Dans cette partie, une estimation est faite de la probabilité que les préparations à base de viande de poulet (type haché de poulet, hamburgers ou saucisses de poulet, gyros de poulet ou satés marinés de poulet, etc.) qui ont été moulues ou ont subi une forte transformation et manipulation soient insuffisamment cuites, permettant la survie d'une partie des *E. coli* résistantes aux céphalosporines. Ce faisant, on suppose que ces préparations à base de viande de poulet ne sont jamais consommées sans cuisson.

Vu que l'on peut partir du fait que la contamination de la viande de poulet non hachée avec des *E. coli* résistantes aux céphalosporines se situe uniquement à la surface de la viande, il est supposé que toutes les *E. coli* résistantes aux céphalosporines présentes sur la viande de poulet non hachée sont toujours détruites lors de la cuisson. Dans le cas du haché de poulet et d'autres préparations à base de viande de poulet, les *E. coli* résistantes aux céphalosporines peuvent également se trouver au cœur de la viande (zone protégée). Dans ce cas, ce sont la température à cœur et la durée pendant laquelle celle-ci est maintenue qui sont importantes quant à la survie éventuelle des bactéries.

Selon l'enquête de consommation alimentaire belge (ISP, 2006), 9 % des viandes de poulet sont consommées comme préparations de viande de poulet. Le nombre d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines qui se trouvent dans la 'zone protégée' (le 'cœur' de la viande) est simulé sur la base d'une distribution proportionnelle uniforme des bactéries dans la viande (tableau 10). Aussi bien pour la durée de cuisson de la zone protégée à une température donnée que pour la température atteinte dans la zone protégée, 2 distributions arbitrairement choisies sont supposées (tableau 10). La destruction des *E. coli* résistantes aux céphalosporines dans la zone

protégée est calculée d'après la formule décrite par Hill *et al.* (2003). Pour une cuisson à 65°C durant 1 minute, cela correspond à une réduction de 3.31 log. La probabilité que la viande de poulet ne soit pas suffisamment cuite est basée sur des données provenant d'une étude de Worsfold et Griffith (1997) relative au comportement culinaire en ce qui concerne la viande. Ces données ne sont cependant pas spécifiques à la viande de poulet, mais concernent toutes les sortes de viandes, mais elles sont utilisées ici comme base à défaut de données spécifiques à la viande de poulet.

Tableau 10 : Module 3 – Probabilité de cuisson insuffisante des préparations à base de viande de poulet avec survie d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines

Variable	Description	Unité	Distribution / Fonction	Référence
$P_{\text{minced meat}}$	Probabilité de consommer une préparation de viande	/	RiskBinomial(1;0,09)	Enquête de consommation alimentaire belge (ISP,2006)
$P_{\text{undercooking}}$	Probabilité que la viande ne soit pas cuite suffisamment	/	RiskPert(0,05;0,1;0,2)	Worsfold et Griffith (1997)
$Temp_{\text{cooking}}$	Température de la 'zone protégée'	°C	RiskPert(60;65;70)	hypothèse
T_{cooking}	Temps d'exposition de la 'zone protégée' à la cuisson	min	RiskPert(0,5;1;1,5)	hypothèse
$P_{\text{CREC protected}}$	Proportion d' <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines dans la 'zone protégée'	/	RiskUniform(0;0,1)	hypothèse
$N_{\text{CREC protected}}$	Nombre d' <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines dans la 'zone protégée' pour les préparations à base de viandes fraîches et congelées	log ufc / g/	$(N_{\text{CREC stor part}} \times P_{\text{CREC protected}}$ $N_{\text{CREC frozen stor part}} \times P_{\text{CREC protected}}$	/
$N_{\text{CREC cooking}}$	Nombre d' <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines subsistant après cuisson	log ufc / g/	$POWER(10;(\text{LOG } N_{\text{CREC protected}} - (T_{\text{cooking}} / \text{POWER}(10;(-0,14 \times Temp_{\text{cooking}}) + 8,58)))) \times P_{\text{undercooking}}$	Hill <i>et al.</i> (2003)
$N_{\text{CREC minced}}$	Nombre d' <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines subsistant dans la portion après cuisson	log ufc / portion	$N_{\text{CREC cooking}} \times \text{Serving size}$	/

3.3.3.1.3. Viandes de poulet achetées cuites

Selon l'enquête de consommation alimentaire belge, 44,4 % des carcasses entières de poulet achetées sont achetées cuites (par ex. : poulet à la broche). Pour ces carcasses également, on part du principe que toutes les *E. coli* résistantes aux céphalosporines sont détruites lors de la cuisson vu que la contamination se situe uniquement à la surface de la carcasse. Ceci implique qu'aucune contamination croisée ne peut provenir de ces carcasses et qu'elles n'apportent donc pas de contribution à l'exposition.

3.3.3.2. Exposition du consommateur aux *E. coli* résistantes aux céphalosporines

Dans ce module, l'exposition totale du consommateur belge aux *E. coli* résistantes aux céphalosporines est calculée sur base d'un repas contenant de la viande de poulet. Sont donc pris en compte ici tant le degré de contamination des poulets et de la viande de poulet que la préparation de la viande de poulet (contamination croisée et/ou cuisson) par le consommateur et l'influence de celle-ci sur la croissance, la survie et le transfert des *E. coli* résistantes aux céphalosporines (tableau 11).

Tableau 11: Module 3 – Calcul de l'exposition totale aux *E. coli* résistantes aux céphalosporines via les repas

Variable	Description	Unité	Distribution / Fonction	Référence
Type de viande de poulet	Type de viande de poulet achetée	/	préparation à base de viande de poulet = 0,09 viande de poulet cuite = 0,14 viande de poulet crue = 0,77	Enquête de consommation alimentaire belge (ISP,2006)
$N_{CREC\ meat}$	Exposition aux <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines via consommation de la viande de poulet	log ufc / portion	- pour la préparation à base de viande de poulet = $N_{CREC\ minced}$ - pour la viande de poulet cuite = 0 - pour la viande de poulet crue autre que des préparations à base de viande de poulet = 0	/
$N_{CREC\ cross\ cont}$	Exposition aux <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines par contamination croisée (uniquement pour les préparations et la viande crue)	log ufc / portion	$N_{CREC\ cross\ veg}$	/
$N_{CREC\ meal}$	Exposition totale aux <i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines via les repas	log ufc / repas	$N_{CREC\ meal} + N_{CREC\ cross\ cont}$	/

3.3.4. Résultats

Lorsque le modèle décrit ci-dessus est réitéré 10.000 fois en utilisant le logiciel @Risk® 5.0, les résultats suivants sont obtenus (voir tableau 12). Ce tableau présente la probabilité qu'un consommateur belge soit exposé à un nombre arbitrairement choisi de doses d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines (10, 100, 1000 et 10000 ufc) lors de la consommation d'un repas contenant de la viande de poulet.

Tableau 12: Probabilité d'exposition aux *E. coli* résistantes aux céphalosporines par la consommation d'un seul repas contenant de la viande de poulet (en fonction de 4 doses d'exposition arbitrairement choisies)

Dose d'exposition (ufc)	Probabilité d'exposition
10	7,00%
100	3,26%
1000	1,53%
10000	0,39%

Le tableau 13 montre la part de chaque voie de contamination possible dans l'exposition totale aux *E. coli* résistantes aux céphalosporines. Comme l'a fait apparaître la description de la structure du modèle, une exposition n'est possible que par contamination croisée, et ce pour tous les types possibles de viande de poulet, à l'exclusion de la viande de poulet achetée préparée, et par une cuisson insuffisante des préparations à base de viande de poulet.

Tableau 13 : Origine de l'exposition aux *E. coli* résistantes aux céphalosporines par la consommation d'un seul repas contenant de la viande de poulet et en fonction des 4 doses d'exposition arbitrairement choisies

Dose d'exposition (ufc/portion)	10000 ufc	1000 ufc	100 ufc	10 ufc
exposition via préparations à base de viande de poulet (par cuisson insuffisante)	0%	0%	0%	0,03%
exposition via viande de poulet, c'est-à-dire carcasses et morceaux de poulet y compris préparations à base de viande de poulet, congelées ou non (par contamination croisée)	0,39%	1,53%	3,26%	6,97%
exposition totale	0,39%	1,53%	3,26%	7%

Dans le tableau 14 sont développés les résultats d'un certain nombre de scénarios "What if" qui indiquent quel est le rapport entre les résultats lorsqu'un événement donné se produit ou pas.

D'abord, on vérifie quel est l'impact sur l'exposition du type de produit et du mode de conservation. On procède à une simulation de l'exposition au cas où seules des carcasses entières seraient consommées (fraîches ou congelées). Ensuite, on vérifie quelle serait l'exposition au cas où seuls des morceaux de poulet sont consommés (frais ou congelés), et enfin, on fait le même exercice pour les préparations à base de viande de poulet, en vérifiant également quel est l'effet de la contamination croisée.

En second lieu, on vérifie quel est l'effet sur l'exposition, causé par une prévalence modifiée des *E. coli* résistantes aux céphalosporines dans la production primaire.

Finalement, on vérifie quel est l'effet sur l'exposition d'un niveau de contamination variable par les *E. coli* à l'abattoir et au stade de la transformation.

Tableau 14: Développement d'un certain nombre de scénarios 'what if' pour l'exposition aux *E. coli* résistantes aux céphalosporines par la consommation de viande de poulet

Dose d'exposition (ufc/portion)		10000 ufc	1000 ufc	100 ufc	10 ufc
Exposition totale pour le modèle complet (tableau 12)		0,39%	1,53%	3,26%	7%
Scénarios "what if" concernant l'impact du type de produit et du type de conservation et la voie d'exposition					
Carcasse entière	Uniquement consommation de carcasses entières de poulet (tous types)	0,6%	2,1%	4,3%	9,3%
	Uniquement consommation de carcasses réfrigérées	0,8%	2,1%	4,5%	9,8%
	Uniquement consommation de carcasses congelées	0,3%	1,3%	3,4%	7,57%
	sauf contamination croisée	0%	0%	0%	0%
Morceaux de poulet	Uniquement consommation de morceaux de poulet (tous types)	0,6%	1,8%	3,9%	8%
	Uniquement consommation de morceaux de poulet réfrigérés	0,6%	1,8%	4,1%	8,3%
	Uniquement consommation de morceaux de poulet congelés	0,2%	1,1%	3%	6,3%
	sauf contamination croisée	0%	0%	0%	0%
Préparations à base de viande de poulet	Uniquement consommation de préparations à base de viande de poulet	1,6%	3,2%	5,7%	11,2%
	Uniquement consommation de préparations à base de viande de poulet, à l'exclusion de la contamination croisée	1%	1,3%	1,6%	2,5%
Scénarios "what if" concernant la prévalence d'<i>E. coli</i> résistantes aux céphalosporines dans la production primaire					
Exposition totale pour le modèle entier (tableau 12), avec		0,39%	1,53%	3,26%	7%

comme valeur moyenne pour $P_{CREC\ prim} = 0,36$				
$P_{CREC\ prim} = 0,75$	0,58%	1,93%	4,24%	9,26%
$P_{CREC\ prim} = 0,1$	0,14%	0,78%	2,24%	4,81%
Scénarios "what if" concernant le niveau de contamination par <i>E. coli</i> à l'abattoir et au stade de la transformation				
Exposition totale pour le modèle entier (tableau 12)	0,39%	1,53%	3,26%	7%
Charge maximale en <i>E. coli</i> d'une carcasse ou d'un morceau : $N_{E. coli\ whole} = 4,15$ en $N_{E. coli\ part} = 3,41$ (voir tableau 2)	1,93%	4,27%	8,94%	16,65%
Charge minimale en <i>E. coli</i> d'une carcasse ou d'un morceau : $N_{E. coli\ whole} = 0,82$ en $N_{E. coli\ part} = 0,99$ (voir tableau 2)	0%	0,16%	1,05%	2,52%

On peut déduire du tableau 14 que la contamination croisée dans la cuisine du consommateur est de loin la voie d'infection la plus importante pour les *E. coli* résistantes aux céphalosporines via la consommation de préparations à base de viande de poulet, et encore, surtout pour les cas où il est question d'une dose d'exposition importante. Pour les types de viande de poulet autres que les préparations à base de viande de poulet, la contamination croisée est également la principale source d'infection vu que la structure du modèle (destruction complète sur la viande par cuisson) fait en sorte qu'il n'y a pas d'exposition via la consommation de la viande et que toute l'exposition est une conséquence de la contamination croisée.

En outre, le tableau 14 montre que la probabilité d'exposition aux *E. coli* résistantes aux céphalosporines par la consommation de viande de poulet congelée est plus faible que par la consommation de viande de poulet réfrigérée.

Les préparations à base de viande de poulet s'avèrent être le type de viande présentant le plus grand risque d'exposition aux *E. coli* résistantes aux céphalosporines (tableau 14). C'est d'ailleurs à prévoir, étant donné que les *E. coli* résistantes aux céphalosporines se trouvent aussi au cœur de la viande, ce qui fait qu'en cas de cuisson insuffisante tous les germes ne sont pas détruits (voir plus haut). Cependant, il ressort du tableau 14 qu'en cas de consommation de préparations à base de viande de poulet, c'est aussi via la contamination croisée dans la cuisine que se produit l'exposition la plus importante.

On constate que la proportion d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines (dans le nombre total d'*E. coli*) dans la production primaire ($P_{CREC\ prim}$) a une influence importante sur le résultat final du modèle. Lorsque cette proportion est fixée à une valeur élevée (0,75) dans le modèle, nous voyons que la probabilité d'être exposé à une dose considérable d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines par la consommation de viande de poulet s'accroît nettement (tableau 14). Ceci plaide en faveur de l'application d'un usage raisonnable des antibiotiques dans le secteur des poulets de chair, afin de maintenir cette proportion au plus bas niveau possible.

Enfin, il s'avère que la charge initiale de la viande de poulet en *E. coli* résistantes aux céphalosporines après l'abattage a aussi une influence sur l'exposition finale du consommateur aux *E. coli* résistantes aux céphalosporines (tableau 14). Lorsque la contamination de la carcasse ou du morceau est fixée au maximum, cela fait passer la probabilité d'être exposé aux *E. coli* résistantes aux céphalosporines de 2,52 % de probabilité d'exposition à 10 ufc CREC en un repas pour une charge minimale, à 16,65 % de probabilité pour une charge maximale. Ce qui signifie

que le respect de bonnes mesures d'hygiène dans les abattoirs et les ateliers de découpe abaisse aussi dans une mesure importante la probabilité d'exposition du consommateur à de grandes quantités d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines.

4 Discussion et conclusion

Le modèle décrit ci-dessus est une estimation probabiliste de l'exposition du consommateur aux *E. coli* résistantes aux céphalosporines, qui décrit de manière quantitative les différentes étapes de la production et de la consommation de viande de poulet et leur impact sur cette exposition.

Le risque pour l'homme de l'ingestion d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines consiste principalement en la transmission de gènes de résistance à d'autres germes susceptibles d'être pathogènes. Les souches d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines présentes chez les volailles ne provoqueront en effet qu'exceptionnellement des infections chez l'homme. Il est néanmoins possible que, lors de leur passage dans le tube digestif humain ou de la colonisation de celui-ci, elles transmettent leurs gènes de résistance aux germes présents à cet endroit, et susceptibles d'être pathogènes (Smet *et al.*, 2010 et Leverstein-van Hall *et al.*, 2011).

Il ressort du modèle que la probabilité d'être exposé à >1000 ufc d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines par repas contenant de la viande de poulet est d'environ 1,5 %. On ne sait pas combien d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines doivent être ingérées pour donner lieu à une colonisation de l'intestin et/ou à un transfert des gènes de résistance à d'autres germes. De plus, ce nombre dépend aussi fortement d'autres facteurs influençables, tels que l'âge et l'immunité du consommateur, la matrice alimentaire, la production d'acide dans l'estomac,... On peut néanmoins prévoir que ce nombre est sensiblement moins élevé pour un certain nombre de groupes à risque de consommateurs, tels que les personnes souffrant de diarrhée ou de dysbactériose intestinale et dont l'écosystème intestinal est donc perturbé, et en particulier les personnes sous traitement aux céphalosporines et chez qui règne donc une pression de sélection. En raison des nombreux facteurs inconnus dans la relation dose-réponse, ce modèle se limite uniquement à l'estimation de l'exposition du consommateur aux *E. coli* résistantes aux céphalosporines via la consommation de viande de poulet.

Le modèle fait apparaître que la majeure partie de l'exposition est provoquée par une contamination croisée survenant dans la cuisine. Ceci est partiellement une conséquence de la structure du modèle, étant donné que pour les viandes de poulets autres que des préparations à base de viande de poulet, seule une exposition par contamination croisée est possible. Toutefois, même pour les préparations à base de viande de poulet, la contamination croisée est la principale voie d'exposition (plus importante qu'une cuisson insuffisante). C'est surtout dans les cas où on part de carcasses ou de morceaux fort contaminés que l'exposition par contamination croisée joue un rôle important. Il faut toutefois faire remarquer que lors de la constitution du modèle, on a émis un certain nombre d'hypothèses dans les calculs de la contamination croisée: notamment toujours une consommation accompagnée de légumes frais, la consommation complète de ces légumes,... De ce fait, une certaine prudence s'impose dans l'interprétation des résultats. Malgré ces incertitudes, cette étude, tout comme c'est le cas pour la prévention d'infections alimentaires par des pathogènes zoonotiques tels *Salmonella* et *Campylobacter*, plaide en faveur du respect de bonnes pratiques d'hygiène pendant la préparation de la viande de poulet, et ce tant chez le consommateur que dans les cuisines de collectivités ou l'horeca. En particulier, les groupes à

risque cités plus haut doivent y consacrer l'attention nécessaire. Le respect des bonnes pratiques d'hygiène lors de la préparation des repas ne résout pas pour autant le problème de l'antibiorésistance. L'utilisation d'antibiotiques dans le secteur de la production primaire provoque en effet une augmentation de l'apport en gènes de résistance dans la chaîne alimentaire et donc également un risque de transfert à l'homme.

La proportion d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines (dans le nombre total d'*E. coli*) dans la production primaire et la contamination totale de la carcasse ou du morceau avec *E. Coli* jouent un rôle important dans l'exposition finale du consommateur aux *E. coli* résistantes aux céphalosporines. Cela signifie aussi que l'application d'une politique judicieuse en matière d'antibiotiques dans le secteur primaire et le respect de bonnes pratiques d'hygiène à l'abattoir et à l'atelier de découpe peuvent représenter une baisse sensible du risque d'exposition aux *E. coli* résistantes aux céphalosporines via la consommation de viande de volaille.

Le modèle ne décrit qu'une seule voie de transmission possible, à savoir le transfert d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines des poulets à l'homme via la consommation de viande de poulet. Il est évident qu'un contact direct entre les poulets et l'homme peut aussi provoquer un échange d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines, tout comme le fait que le poulet, en tant que réservoir d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines, peut aussi introduire ces germes résistants dans l'environnement (eau, végétation), et ainsi aussi provoquer de manière indirecte un transfert à l'homme de la résistance aux céphalosporines. C'est ainsi que Bonnet (2004) décrit l'apparition d'une résistance aux ESBL chez *Kluyvera* spp. dans le sol, et que dans une étude française (Ruimy, 2009), 13 % des espèces de fruits et légumes examinées se sont avérées être porteuses de *Rahnella* spp., qui présentaient une résistance aux ESBL. Aux Pays-Bas aussi, des notifications ont paru dans la presse sur la présence d'*E. coli* productrices d'ESBL dans les légumes (<http://www.voedingscentrum.nl/nl/nieuws/esbl-in-groente.aspx>). Etant donné que souvent, la consommation de légumes ne s'accompagne pas d'une étape préalable de cuisson ou autre réduction, cette voie de transmission est également potentiellement importante. Il n'est toutefois actuellement pas possible de procéder à une bonne estimation de l'importance relative de ces différentes voies de transmission, par manque de données concernant la présence d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines dans d'autres réservoirs et denrées alimentaires que le poulet et la viande de poulet.

Il n'y a pratiquement pas de données disponibles sur la présence d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines dans la flore intestinale de l'homme en Belgique. De plus, on ne dispose d'aucune donnée sur la présence d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines chez les individus en bonne santé. Or, une connaissance plus approfondie à ce sujet est nécessaire pour pouvoir estimer l'importance de cette exposition pour la santé publique en Belgique. S'il s'avérait, en effet que des *E. coli* résistantes aux céphalosporines sont présentes de manière générale dans la flore intestinale de la population belge, on peut supposer que la contribution via la consommation de viande de poulet sera relativement limitée.

Malgré le lien existant entre la présence d'une résistance chez des germes provenant d'animaux et de l'homme (avis 29-2010 du Comité scientifique de l'AFSCA, 2010), dont on ne connaît pas encore l'ampleur, des efforts sont également nécessaires en médecine humaine pour limiter à un minimum l'utilisation d'antibiotiques à large spectre et pour restreindre par des pratiques d'hygiène la propagation de bactéries résistantes dans les lieux où l'utilisation d'antibiotiques est importante (hôpitaux, maisons de repos et de soins).

5 Recommandations

Aux producteurs de produits animaux :

Le Comité scientifique recommande de modérer l'utilisation d'antibiotiques dans la production primaire. Les traitements préventifs sont ici à déconseiller en premier lieu. Ces traitements préventifs ne sont pas basés sur la présence de symptômes et provoquent une pression de sélection sur la flore commensale. Les antibiotiques sont des médicaments anti-infectieux destinés à combattre les infections bactériennes. Dès lors, seule une utilisation thérapeutique dans cette optique se justifie. De plus, il est déconseillé d'employer des antibiotiques de deuxième et de troisième ligne (entre autres céphalosporines, fluoroquinolones) lors de la première survenue de symptômes. Les céphalosporines en particulier sont à éviter dans le cadre de la prévention des ESBL chez les poulets. De plus, elles ne sont pas enregistrées en Europe pour une utilisation chez les volailles. L'utilisation d'autres antibiotiques bêta-lactame, entre autres les pénicillines, est également déconseillée vu l'existence d'une contamination croisée. Le Comité Scientifique est dès lors d'avis qu'il serait utile de lancer une campagne de sensibilisation pour faire prendre conscience aux détenteurs d'animaux et aux vétérinaires du problème émergent de l'antibiorésistance et pour les encourager à respecter une utilisation raisonnable des antibiotiques.

Aux consommateurs :

Il est bien connu que la préparation de viande de poulet comporte certains risques quant à la présence éventuelle d'agents zoonotiques (entre autres *Salmonella*, *Campylobacter*). La viande de poulet doit toujours faire l'objet d'une cuisson suffisante, tant du point de vue de la protection contre une infection par ces germes zoonotiques que de la prévention vis-à-vis de l'infection de bactéries résistantes aux antibiotiques. De plus, il est important d'éviter toute contamination croisée ou post-contamination en se lavant les mains après avoir manipulé de la viande de poulet crue, en évitant le contact (direct ou indirect via la planche à découper, le plan de travail, la balance,...) avec des légumes crus ainsi que le contact entre viande cuite et viande crue. Les personnes qui préparent des repas pour des tiers, essentiellement dans les hôpitaux, les maisons de repos, les homes, les écoles, etc., doivent y accorder une attention supplémentaire. En appliquant correctement les règles précitées, le risque de contact avec des *E. coli* résistantes aux céphalosporines (et autres germes résistants ou zoonotiques) peut être limité à un minimum.

À l'AFSCA :

Le Comité Scientifique recommande de procéder à un suivi scrupuleux dans le temps, de la présence de céphalosporines et de résistance à d'autres antibiotiques chez les germes commensaux des volailles, afin de pouvoir détecter rapidement les évolutions dans le développement de ces résistances.

De plus, le Comité Scientifique recommande d'enregistrer l'utilisation des antibiotiques dans le secteur de la production primaire animale pour être capable de prendre des mesures dans le futur afin de pouvoir garantir une utilisation raisonnable des antibiotiques.

Dans le cadre de l'application des mesures élémentaires d'hygiène dans la cuisine, l'AFSCA pourrait lancer une campagne de sensibilisation à l'égard des consommateurs (et du personnel dans les cuisines de collectivités, les traiteurs et les restaurants), sans pour autant se focaliser exclusivement dans cette campagne sur le danger abordé dans le présent avis.

Pour la recherche :

Le Comité scientifique recommande de rechercher, via la recherche scientifique, des alternatives aux traitements par antibiotiques appliqués entre autres chez les volailles. Il serait également précieux d'évaluer l'effet des alternatives déjà disponibles (p.ex. la vaccination) sur l'évolution de l'antibiorésistance. Ensuite, des données et connaissances d'ordre qualitatif et quantitatif sont nécessaires concernant les autres voies potentielles de transmission des gènes de résistance de l'animal à l'homme, qui n'ont pas été étudiées ici. Enfin, le Comité scientifique estime qu'il faut collecter des données concernant la présence d'*E. coli* résistantes aux céphalosporines dans la flore intestinale des personnes en bonne santé.

Pour le Comité scientifique,
Le Président,

Prof. Dr. Ir. André Huyghebaert
Bruxelles, le 07/10/2011

Membres du Comité scientifique

Le Comité scientifique est composé des membres suivants :

D. Berkvens, C. Bragard, E. Daeseleire, P. Delahaut, K. Dewettinck, J. Dewulf, L. De Zutter, K. Dierick, L. Herman, A. Huyghebaert, H. Imberechts, G. Maghuin-Rogister, L. Pussemier, K. Raes*, C. Saegerman, B. Schiffers, M.-L. Scippo*, W. Stevens*, E. Thiry, T. van den Berg, M. Uyttendaele, C. Van Peteghem.

*: experts invités

Remerciements

Le Comité scientifique remercie la Direction d'encadrement 'évaluation des risques' et les membres du groupe de travail pour la préparation du projet d'avis, ainsi que le Prof. Dr. Ir. M. Uyttendaele et le Dr. H. Imberechts pour le peer review de cet avis.

Le groupe de travail était composé des membres suivants :

Membres du Comité scientifique	J. Dewulf (rapporteur), K. Dierick, L. De Zutter, L. Herman
Experts externes	D. Persoons (UGent), P. Butaye (CERVA)

Cadre légal de l'avis

Loi du 4 février 2000 relative à la création de l'Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire, notamment l'article 8 ;

Arrêté royal du 19 mai 2000 relatif à la composition et au fonctionnement du Comité scientifique institué auprès de l'Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire ;

Règlement d'ordre intérieur visé à l'article 3 de l'arrêté royal du 19 mai 2000 relatif à la composition et au fonctionnement du Comité scientifique institué auprès de l'Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire, approuvé par le Ministre le 9 juin 2011.

Disclaimer

Le Comité scientifique conserve à tout moment le droit de modifier cet avis si de nouvelles informations et données arrivent à sa disposition après la publication de cette version.

Références

Bin L, Jing-Yong S, Qing-Zhong L, Li-Zhong H, Xin-Hong H, Yu-Xing N. High prevalence of CTX-M β -lactamases in faecal *Escherichia coli* strains from healthy humans in Fuzhou, China. *Scandinavian Journal of Infectious Diseases*, 2011; 43: 170-174.

Black EP, Hirneisen KA, Hoover DG, Kniel KE. Fate of *Escherichia coli* O157:H7 in ground beef following high-pressure processing and freezing. *Journal of Applied Microbiology*. 2010 Apr; 108(4):1352-60.

Blake DP, Hillman K, Fenlon DR, and Low JC. Transfer of antibiotic resistance between commensal and pathogenic members of the Enterobacteriaceae under ideal conditions. *Journal of Applied Microbiology* 2003; 95:428–436.

Bollaerts KE, Messens W, Delhalle L, Aerts M, Van der Stede Y, Dewulf J, Quoilin S, Maes D, Mintiens K, Grijspeerdt K. Development of a quantitative microbial risk assessment for human salmonellosis through household consumption of fresh minced pork meat in Belgium. *Risk Analysis* 2009 Jun; 29(6):820-40. Epub 2009 Apr 8.

Bonnet R. Growing group of extended-spectrum beta-lactamases : the CTX-M enzymes. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 2004; 48:1-14.

Bortolaia V, Guardabassi L, Trevisani M, Bisgaard M, Venturi L, Bojesen AM. High diversity of extended-spectrum beta-lactamases in *Escherichia coli* isolates from Italian broiler flocks. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 2010 Apr; 54(4):1623-6. Epub 2010 Jan 25.

Codex Alimentarius Commission. Principles and Guidelines for the Conduct of Microbial Risk Assessment. 1999.

Comité Scientifique de l'AFSCA. Avis 29-2010: Indications suggérant un transfert par voie alimentaire de la résistance aux antibiotiques, des animaux vers l'homme : étude des profils de résistance aux antibiotiques et du lysotype de *Salmonella* Typhimurium isolé chez les porcs et les volailles, dans les viandes de porc et de volaille et chez l'homme (période 2001-2006) – Dossier Sci Com 2007/08 (auto-saisine). 2010

Deutsche Gesellschaft für Infektiologie (DGI). EHEC infection and antibiotic therapy. 2011.

Diarrassouba F, Diarra MS, Bach S, Delaquis P, Pritchard J, Topp E, and Skura BJ. Antibiotic resistance and virulence genes in commensal *Escherichia coli* and *Salmonella* isolates from commercial broiler chicken farms. *Journal of Food Protection* 2007; 70:1316–1327.

ECDC. Antimicrobial resistance surveillance in Europe. Surveillance report 2009.

EFSA. Scientific report of EFSA: Urgent advice on the public health risk of Shiga-toxin producing *Escherichia coli* in fresh vegetables. *EFSA Journal* 2011; 9(6):2274

Halet D, Viaene J, Gellynck X. Consumer behavior towards fresh poultry meat. Department Agricultural Economics Report, 2006.

Hartnett E, Kelly L, Newell D, Wooldridge M, Gettinby G. A quantitative risk assessment for the occurrence of campylobacter in chickens at the point of slaughter. *Epidemiology and Infection* 2001 Oct; 127(2):195-206.

Hill AA, England TJ, Snary EL, Kelly LA, Cook AJC, Wooldridge M. A “farm-to-consumption” risk assessment for the adverse effects to human health of *Salmonella* Typhimurium in pigs. Centre for Epidemiology and Risk Analysis, Veterinary Laboratories Agency, UK report, 2003.

ISP (2006). L'enquête de consommation alimentaire belge 1 – (2004). Devriese S., Huybrechts I., Moreau M. & Van Oyen H. Unité Epidémiologie, 2006; Bruxelles. Institut scientifique de Santé Publique, numéro de dépôt: D/2006/2505/17, IPH/EPI REPORTS N° 2006 – 016. <http://www.iph.fgov.be/epidemiologie/index5.htm>

Kaper JB, Nataro JP, Mobley HLT. Pathogenic *Escherichia coli*. Nature Reviews Microbiology 2004; 2: 123-140.

Kojima A, Asai T, Ishihara K, Morioka A, Akimoto K, Sugimoto Y, Sato T, Tamura Y, Takahashi T. National monitoring for antimicrobial resistance among indicator bacteria isolated from food-producing animals in Japan. Journal of Veterinary Medical Science 2009 Oct; 71(10):1301-8.

Leverstein-van Hall MA, Dierikx CM, Cohen Stuart J, Voets GM, van den Munckhof MP, van Essen-Zandbergen A, Platteel T, Fluit AC, van de Sande-Bruinsma N, Scharinga J, Bonten MJM, Mevius DJ. Dutch patients, retail chicken meat and poultry share the same ESBL genes, plasmids and strains. Clinical Microbiology and Infection 2011, Epub.

Meex C, Melin P, Docquier JD, Kabasele T, Huynen P, Tulkens PM, Giet D, De Mol P. <http://www.facm.ucl.ac.be/posters/2008/ECCMID/Meex-et-al-ECCMID-2008-P631.pdf>. 18th ECCMID Congress Barcelona 19-22 April 2008 (Poster 631)

Nauta MJ. Microbiological risk assessment models for partitioning and mixing during food handling. International Journal of Food Microbiology 2005 Apr 15; 100(1-3):311-22.

Peirano G, Pitout JDD. Molecular epidemiology of *Escherichia coli* producing CTX-M β -lactamases: the worldwide emergence of clone ST131 O25:H4. International Journal of Antimicrobial Agents 2010; 35: 316-321.

Perez F, Endimiani A, Hujer KM, Bonomo RA. The continuing challenge of ESBLs. Current Opinion in Pharmacology, 2007; 7:459-469.

Persoons D, Dewulf J, Smet A, Herman L, Heyndrickx M, Martel A, Catry B, Butaye P and Haesebrouck F. Prevalence and Persistence of Antimicrobial Resistance in Broiler Indicator Bacteria. Microbial Drug Resistance 2010 Mar; 16(1):67-74.

Pitout JDD. Infections with Extended-Spectrum β -Lactamase-Producing Enterobacteriaceae. Drugs 2010; 70(3): 313-333.

Ruimy R, Brisabois A, Bernede C, Skurnik D, Barnat S, Arlet G, Momcilovic S, Elbaz S, Moury F, Vibet MA, Courvalin P, Guillemot D, Andremont A. Organic and conventional fruits and vegetables contain counts of Gram-negative bacteria expressing resistance to antibacterial agents. Environmental Microbiology 2009; 12:608-615.

Smet A, Martel A, Persoons D, Dewulf J, Heyndrickx M, Catry B, Herman L, Haesebrouck F and Butaye P. Diversity of extended-spectrum beta-lactamases and class C beta-lactamases among cloacal *Escherichia coli* isolates in Belgian broiler farms. Antimicrobial Agents and Chemotherapy 2008; 52:1238–1243.

Smet A, Martel A, Persoons D, Dewulf J, Heyndrickx M, Herman L, Haesebrouck F, Butaye P. Broad-spectrum beta-lactamases among Enterobacteriaceae of animal origin: molecular aspects, mobility and impact on public health. FEMS microbiology reviews, 2010(a); 34(3): 295-316.

Smet A, Rasschaert G, Martel A, Persoons D, Dewulf J, Butaye P, Catry B, Haesebrouck F, Herman L and Heyndrickx M. *In situ* ESBL conjugation from avian to human *Escherichia coli* during cefotaxime administration. *Journal of Applied Microbiology*, 2010(b); 110: 541-549.

Thomson KS en Moland ES. Version 2000: the new β -lactamases of Gram-negative bacteria at the dawn of the new millennium. *Microbes and Infection*, 2000; 2:1225-1235.

Uyttendaele M, Baert K, Ghafir Y, Daube G, De Zutter L, Herman L, Dierick K, Pierard D, Dubois JJ, Horion B, Debevere J. Quantitative risk assessment of *Campylobacter* spp. in poultry based meat preparations as one of the factors to support the development of risk-based microbiological criteria in Belgium. *International Journal of Food Microbiology* 2006; 111:149-163.

van den Bogaard AE and Stobberingh EE. Antibiotic usage in animals: impact on bacterial resistance and public health. *Drugs* 1999; 58: 589–607.

van den Bogaard AE and Stobberingh EE. Epidemiology of resistance to antibiotics. Links between animals and humans. *International Journal of Antimicrobial Agents* 2000; 14: 327-335.

van den Bogaard AE, Willems R, London N, Top J and Stobberingh EE. Antibiotic resistance of faecal enterococci in poultry, poultry farmers and poultry slaughterers. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy* 2002; 49: 497–505.

Viaene J, Gellynck X, Messens W. The economics of reducing *Campylobacter* in the Belgian Poultry meat chain. *Biotechnology in Animal Husbandry* 2007; 23: 155-167.

Verloo D, Butaye P, Dierick K, Imbrechts H. Descriptive epidemiology of the resistance observed in *Escherichia coli* isolated from healthy cattle, pigs and broilers, their meat and meat products. *Proceedings of the Flemish Society for Veterinary Epidemiology and Economics*, Torhout, Belgium, December 11, 2003, p. 67.

Vlaams Adviescentrum voor de Vleesindustrie (VLAV). Schriftelijk antwoord op de vraag welke de zoutconcentratie is van de verschillende types vers kippenvlees.

World Health Organisation (WHO). Critically Important Antimicrobials for Human Medicine. 3rd Edition, May 2007.

Worsfold D, Griffith CJ. Assessment of the Standard of Consumer Food Safety Behavior. *Journal of Food Protection* 1997; 60: 399-406.