



Prévalence des *Escherichia coli* résistants aux céphalosporines de troisième génération ou aux carbapénèmes dans les viandes fraîches a la distribution en France

Agnès Perrin-Guyomard, Isabelle Kempf, Cécile Adam, Sophie Granier

► To cite this version:

Agnès Perrin-Guyomard, Isabelle Kempf, Cécile Adam, Sophie Granier. Prévalence des *Escherichia coli* résistants aux céphalosporines de troisième génération ou aux carbapénèmes dans les viandes fraîches a la distribution en France. Bulletin épidémiologique, 2021, pp.1-9. anses-03266001

HAL Id: anses-03266001

<https://anses.hal.science/anses-03266001>

Submitted on 21 Jun 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

PREVALENCE DES *ESCHERICHIA COLI* RESISTANTS AUX CEPHALOSPORINES DE TROISIEME GENERATION OU AUX CARBAPENEMES DANS LES VIANDES FRAICHES A LA DISTRIBUTION EN FRANCE

Agnès Perrin-Guyomard ¹, Isabelle Kempf ², Cécile Adam ³, Sophie Granier ¹

Auteur correspondant : agnes.perrin-guyomard@anses.fr

- ¹ Anses, Laboratoire de Fougères, LNR Résistance antimicrobienne, Fougères, France
- ² Anses, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort, LNR Résistance antimicrobienne, Ploufragan, France
- ³ Direction Générale de l'Alimentation (DGAl), Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, Paris, France

Résumé

La surveillance de la résistance des *Escherichia coli* (*E. coli*) aux céphalosporines de troisième génération (C3G) ou aux carbapénèmes dans les viandes fraîches à la distribution en France montre qu'entre 2016 et 2019, aucune souche isolée des 1 935 prélèvements de viandes de poulet, viandes de porc ou viandes de bœuf, n'est résistante aux carbapénèmes, antibiotiques d'importance critique en santé humaine. Les proportions de prélèvements contenant un *E. coli* producteur de β -Lactamases à Spectre Étendu ou céphalosporinase (BLSE/AmpC) sont faibles dans les viandes de porc [0,3-1,2 %] et de bœuf [0,3-0,6 %] et évoluent très peu entre 2017 et 2019. A l'inverse, 62 % des échantillons de viandes de poulet en 2016 contenaient au moins un *E. coli* producteur de BLSE/AmpC, mais cette proportion diminue significativement pour atteindre 26 % en 2018 (χ^2 , $p < 0,05$). L'analyse des gènes impliqués dans ces mécanismes de résistance, la caractérisation de leur support génétique ainsi que l'identification des gènes de virulence associés à ces souches peuvent participer à étudier la part des contaminations humaines par des *E. coli* résistants aux C3G attribuable aux viandes distribuées en France.

Mots clés : Antibiorésistance, *E. coli*, BLSE, AmpC, Viandes, Surveillance, France

Abstract

Prevalence of *Escherichia coli* resistant to 3rd-generation cephalosporins or carbapenems in fresh retail meat in France

In the framework of extended-spectrum cephalosporin- or carbapenem-resistant *Escherichia coli* (*E. coli*) surveillance in retail meat in France, no carbapenem-resistant isolates were detected from 1935 samples of broiler chickens, pork and beef between 2016 and 2019. The proportions of extended-spectrum β -lactamases- or cephalosporinase (ESBL/AmpC)-producing *E. coli* were low and stable in pork [0.3-1.2%] and beef [0.3-0.6%] from 2017 to 2019. However, 62% of poultry meat in 2016 was positive for ESBL/AmpC-producing *E. coli*, although this proportion dropped significantly to 26% in 2018 (χ^2 , $p < 0.05$). Analysis of the genes involved in these resistance mechanisms, the characterization of their genetic support, and identification of the virulence genes associated with these strains can help define the proportion of human contamination by C3G-resistant *E. coli* originating in French retail meat.

Keywords : Antimicrobial resistance, Antibiotic resistance, *E. coli*, *Escherichia coli*, ESBL, AmpC, Meat, Surveillance, France

INTRODUCTION

Les céphalosporines de troisième génération (C3G) sont des antibiotiques d'importance critique pour la santé humaine. Depuis le début des années 2000, le nombre d'infections humaines dues aux entérobactéries résistantes aux C3G, et en particulier productrices de β -Lactamases à Spectre Étendu (BLSE), a augmenté à la fois en médecine de ville et à l'hôpital (Madec et al., 2015). De 2002 à 2017, l'incidence de ces infections en milieu hospitalier a été multipliée par 5,2 en France et la proportion de l'espèce *Escherichia coli* (*E. coli*) au sein des Entérobactéries productrices de BLSE a augmenté de 19 à 54 % (Santé Publique France, 2019). En 2017, l'enquête nationale de prévalence des infections nosocomiales, réalisée sur un échantillon de 403 établissements de santé français, montre que *E. coli* est le germe le plus fréquemment rapporté et que la proportion de souches productrices de BLSE parmi ces *E. coli* est de 14,9 % (Daniau et al., 2018). Dans cette même enquête, 0,5 % de ces infections est due à des *E. coli* résistants aux carbapénèmes (Daniau et al., 2018). La présence de résistances associées à d'autres familles d'antibiotiques au sein de cette espèce bactérienne peut conduire au risque d'impasse thérapeutique.

Actuellement en France, si l'isolement sporadique de souches résistantes aux carbapénèmes chez les seuls animaux de compagnie ne représente pas un danger pour le consommateur (Anses. Résapath, 2019), la présence de *E. coli* résistants aux C3G en élevage suggère que les animaux et les denrées d'origine animale pourraient être un réservoir et une source de *E. coli* producteurs de BLSE (EcBLSE) pour l'homme. Après ingestion, les bactéries présentes dans les aliments pourraient coloniser le tube digestif et/ou transmettre leurs gènes de résistance à des bactéries pathogènes (Smet et al., 2011) et entraîner des infections extra-intestinales chez l'homme, telles que les infections urinaires. Certaines études moléculaires comparant le génotype des souches de EcBLSE retrouvées dans des cas cliniques chez l'homme et celles isolées d'animaux ou de leurs

viandes montrent en effet que les gènes responsables de la résistance aux C3G ou que les plasmides porteurs de cette résistance peuvent être similaires (Doi et al., 2010; Leverstein-van Hall et al., 2011; Mora et al., 2010).

C'est pourquoi, dans le cadre de la décision 2013/652/UE du 12 novembre 2013¹, la Commission Européenne a mis en place, à partir de janvier 2016, une surveillance renforcée des bactéries produisant des BLSE, des céphalosporinases de type AmpC (AmpC) et/ou des carbapénèmases dans les denrées alimentaires et chez les animaux producteurs d'aliments. En application de cette décision, la Direction Générale de l'Alimentation (DGAL) a mis en place des plans de surveillance destinés à détecter la présence de *E. coli* producteurs de BLSE, AmpC ou carbapénèmases dans les viandes au stade de la distribution en France.

Cet article présente les résultats de cette surveillance dans les viandes de poulet, de porc et de bœuf sur la période 2016-2019.

MATERIELS ET METHODES

Plan d'échantillonnage

En application de la décision 2013/652/UE, les prélèvements de viandes ont été réalisés au stade de la distribution par les services vétérinaires, dans les rayons libre-service réfrigérés des établissements de commerce de détail de type « grandes et moyennes surfaces (GMS) » qui représentaient 95 % des achats des viandes en France : hypermarchés, supermarchés et « hard-discount ». Une marge de sécurité de 10 % a été prise en compte pour être sûr d'atteindre les 300 prélèvements annuels requis par la décision européenne, ce qui portait à 330 le nombre total de viandes fraîches à prélever à la distribution pour chaque origine animale. Les prélèvements ont été répartis sur l'ensemble du territoire national, au prorata de la population humaine. Les établissements et les échantillons à prélever ont été sélectionnés de manière aléatoire. L'échantillonnage a été réalisé de façon uniforme sur tous les mois de l'année, alternativement pour le poulet les années paires, et pour le porc et le bœuf les années impaires.

Isolement des souches

Les laboratoires agréés ont isolé à partir de 25 g de viande, des *E. coli* présumés producteurs de BLSE, AmpC ou carbapénémase selon le protocole Anses en vigueur². Brièvement, les échantillons de viande ont été enrichis de manière non sélective dans un bouillon peptoné tamponné pendant une nuit à 37°C. La culture pré-enrichie a ensuite été étalée et incubée sur des milieux gélosés permettant l'isolement sélectif des *E. coli* producteurs présumés de BLSE et/ou AmpC et des *E. coli*

¹ Décision d'exécution de la commission du 12 novembre 2013 concernant la surveillance et la présentation de rapports relatifs à la résistance aux antimicrobiens chez les bactéries zoonotiques et commensales.

²https://www.anses.fr/fr/system/files/ANSES_FOUG_LMV_15_03_V2.pdf;
https://www.anses.fr/fr/system/files/ANSES_FOUG_LMV_18_01_V1.pdf

producteurs présumés de carbapénèmases. Les souches ainsi isolées sur milieu sélectif ont été purifiées sur leur milieu d'origine et envoyées en tube de conservation au LNR Résistance Antimicrobienne pour vérifier leur profil de sensibilité aux antibiotiques et orienter sur le mécanisme de résistance aux C3G et/ou carbapénèmes.

Sensibilité aux antibiotiques

La sensibilité aux antibiotiques des souches isolées a été déterminée par microdilution en milieu liquide vis-à-vis de quatorze antibiotiques de neuf familles différentes. Le choix des antibiotiques à surveiller a été établi en fonction des recommandations de l'Efsa, basées sur la pertinence des antibiotiques d'un point de vue santé publique et/ou épidémiologique (European Food Safety Authority, 2012; European Food Safety Authority (EFSA) and European Centre for Disease Prevention control (ECDC), 2008). Les souches ont été testées simultanément sur un 2^e panel d'antibiotiques afin de confirmer et d'orienter sur le mécanisme de résistance enzymatique aux céphalosporines et aux carbapénèmes. Le classement des souches dans les catégories sauvages (sensibles) ou non-sauvages (résistantes) a été effectué par rapport aux seuils épidémiologiques de l'EUCAST³. Les valeurs individuelles de concentration minimale inhibitrice (CMI) ont permis de calculer, pour chacun des antibiotiques testés, une proportion de souches résistantes par rapport au nombre total de souches testées.

RESULTATS

Au total, entre 2016 et 2019, 1 935 prélèvements de viandes à la distribution ont été analysés pour la présence de *E. coli* producteurs de BLSE, AmpC ou carbapénèmases.

Aucune souche de *E. coli* résistante aux carbapénèmes n'a été isolée de ces prélèvements. Sur l'ensemble des prélèvements analysés, 296 (15,3 %) contenaient au moins une souche de *E. coli* présumée productrice d'une enzyme de type BLSE ou AmpC (tableau 1). Les plus fortes prévalences ont été observées dans les échantillons de viande de poulet (62 % en 2016 et 26 % en 2018) alors que celles observées dans les échantillons de viande de porc et de bœuf ne dépassaient pas 1,2 %, quelle que soit l'année d'observation.

³ <https://mic.eucast.org/Eucast2>

Tableau 1 : Nombre et proportion d'échantillons de viande positifs pour la présence de *E. coli* résistants aux C3G

Viande	Année	N	n	%
Poulet	2016	321	202	62
	2018	327	85	26*
Porc	2017	324	1	0,3
	2019	322	4	1,2
Bœuf	2017	324	1	0,3
	2019	317	2	0,6
Total	2016-2019	1935	296	15,3

N : nombre d'échantillons testés ; n : nombre d'échantillons positifs ; % : proportion d'échantillons positifs par rapport aux nombres d'échantillons testés

*Diminution significative entre 2016 et 2018 testée par Chi2 (p<0.05)

Sur la base des valeurs de CMI aux céphalosporines et de la synergie (BLSE) ou non avec l'acide clavulanique (AmpC), la majorité des souches de *E. coli* producteurs de BLSE ou AmpC isolées de viande de poulet à la distribution en 2016 (68,3 %) et en 2018 (70,6 %) sont présumées porteuses d'une résistance enzymatique de type BLSE (Tableau 2).

Tableau 2 : Profils enzymatiques présumés des *E. coli* résistants aux C3G isolées des viandes de poulet à la distribution

Année	N	BLSE ^(a)		AmpC ^(b)		BLSE+AmpC ^(c)		Autres phénotypes ^(d)	
		n	%	n	%	n	%	n	%
2016	202	138	68,3	58	28,7	1	0,5	5	2,5
2018	85	60	70,6	9	10,6	16	18,8	0	0

N : nombre de souches isolées ; n : nombre de souches dans la catégorie considérée

(a) : souches présentant une synergie avec l'acide clavulanique en présence de céfotaxime et/ou ceftazidime et une sensibilité au céfoxitine

(b) : souches présentant une résistance au céfoxitine sans synergie avec l'acide clavulanique

(c) : souches présentant une synergie avec l'acide clavulanique en présence de céfotaxime et/ou ceftazidime ET une résistance au céfoxitine

(d) : souches présentant une CMI au céfotaxime et à la ceftazidime de 1µg/ml

Aucune de ces souches présumées productrices de BLSE ou AmpC isolées de viande de poulet à la distribution entre 2016 et 2018 n'est résistante à l'azithromycine ou à la tigécycline. A l'inverse, plus de 60 % des souches sont résistantes au sulfaméthoxazole ou à la tétracycline. Les proportions de résistance aux quinolones ou au triméthoprime sont très élevées alors que celles à la colistine ou au chloramphénicol sont faibles (Tableau 3).

Tableau 3 : Co-résistance des *E. coli* résistants aux C3G isolées des viandes de poulet à la distribution en 2016 et 2018

			2016 (N=202)		2018 (N=85)	
Famille d'antibiotiques		Antibiotiques (Seuil épidémiologique en mg/L)	n*	% [IC95]	n*	% [IC95]
β-lactamines	Pénicillines	Ampicilline (8)	202	100 [100,0-100,0]	85	100 [100,0-100,0]
	Céphalosporines	Céfotaxime (0,25)	202	100 [100,0-100,0]	85	100 [100,0-100,0]
		Ceftazidime (0,5)	186	92,1 [88,4-95,8]	84	98,8 [96,5-100,0]
	Carbapénèmes	Méropénème (0,125)	0	0,0 [0,0-1,5]	0	0,0 [0,0-3,5]
Macrolides		Azithromycine (16)	0	0,0 [0,0-1,5]	0	0,0 [0,0-3,5]
Phénicolés		Chloramphénicol (16)	12	5,9 [2,7-9,2]	5	5,9 [0,9-10,9]
Quinolones	Acide Nalidixique (16)		81	40,1 [33,3-46,9]	50	58,8 [48,4-69,3]
	Ciprofloxacine (0,06)		91	45,0 [38,2-51,9]	52	61,2 [50,8-71,5]
Polymyxines		Colistine (2)	1	0,5 [0,0-1,5]	1	1,2 [0,0-3,5]
Aminosides		Gentamicine (2)	23	11,4 [7,0-15,8]	3	3,5 [0,0-7,5]
Cyclines	Tétracycline (8)		126	62,4 [55,7-69,1]	65	76,5 [67,5-85,5]
	Tigécycline (1)		0	0,0 [0,0-1,5]	0	0,0 [0,0-3,5]
Sulfamides		Sulfaméthoxazole (64)	148	73,3 [67,2-79,4]	69	81,2 [72,9-89,5]
Diaminopyrimidines		Triméthoprim (2)	86	42,6 [35,8-49,4]	49	57,6 [47,1-68,2]

*n : nombre de souches résistantes à l'antibiotique considéré ; IC95 : intervalle de confiance à 95 %.

Pour un grand nombre de ces souches (30,2 % en 2016 et 43,5 % en 2018), la résistance aux β-lactamines est associée à la résistance à la tétracycline, au sulfaméthoxazole, au triméthoprim et aux quinolones. Ce profil de multi-résistance est également le profil majoritairement observé chez les souches de *E. coli* productrices de BLSE ou AmpC isolées des caeca de poulet à l'abattoir⁴.

DISCUSSION- CONCLUSION

En médecine vétérinaire, les carbapénèmes n'ont pas d'autorisation de mise sur le marché chez les animaux de rente. Par contre, le développement des entérobactéries résistantes aux carbapénèmes en médecine humaine pourrait entraîner des impasses thérapeutiques. La détection de ces bactéries résistantes aux carbapénèmes dans les populations animales et leurs dérivés est donc considérée comme extrêmement importante pour l'évaluation des risques zoonotiques potentiels (European Food Safety Authority, 2012). En France, depuis le démarrage de la surveillance spécifique des *E. coli* producteurs de BLSE, AmpC ou carbapénémases dans les viandes fraîches à la distribution, aucune souche productrice de carbapénémases n'a été détectée. Les viandes de porc et de bœuf sont très rarement contaminées par des *E. coli* résistants aux céphalosporines de 3^e génération. A l'inverse, la prévalence de ces souches dans la viande de poulet est significativement plus élevée. Ces niveaux de contamination sont équivalents à ceux reportés par d'autres pays européens et confirment que la plus importante source d'exposition aux *E. coli* producteurs de BLSE ou AmpC par les viandes fraîches est la viande de poulet (Kaesbohrer et al.,

⁴ <https://agriculture.gouv.fr/plans-de-surveillance-et-de-contrôle>

2019; Randall et al., 2017). Toutefois, la prévalence de 62 % observée chez le poulet en 2016 chute à 26 % en 2018. Cette diminution significative de 58 % dépasse l'objectif chiffré de l'action 14 du plan Ecoantibio (2017-2021)⁵. En effet, un objectif chiffré de « réduction spécifique de 50 % en 5 ans de la prévalence d'*E. coli* producteurs de BLSE sur les prélèvements de volailles (poulets de chair) au stade de la distribution » semble être déjà atteint en deux ans. Cette diminution est également observée dans certains autres pays européens où la réduction atteint 3 % au Luxembourg et jusqu'à 96 % en Norvège (European Food Safety Authority (EFSA) and European Centre for Disease Prevention control (ECDC), 2020).

Il existe plusieurs sources de contamination de la viande par ces bactéries, comprenant les animaux dont sont issus ces produits de découpe. Chez le porc, la prévalence de ces souches est de l'ordre de 27 % dans les caeca entre 2017 et 2019⁴. Après transformation, la réduction des *E. coli* producteurs de BLSE ou de AmpC est de 97% dans les produits de découpe. Pour la filière bovine, il est difficile de calculer un taux d'abattement puisque les données de prévalence à l'abattoir concernent des données de prévalence dans les caeca de veau (40% en 2017 et 21% en 2019)⁴ alors qu'à la distribution, les prélèvements concernent la viande de bœuf, sans distinction d'âge et origine de l'animal. Bien que les céphalosporines ne soient pas autorisées en filière volaille, des souches de *E. coli* résistantes à ces antibiotiques étaient détectées dans près de la moitié des caeca de poulet de chair en France en 2016 et du quart en 2018⁴. Il a été suggéré que ces souches ou les plasmides issus de ces souches aient été introduits par les reproducteurs et aient été disséminés à travers la pyramide de production des poulets de chair même en l'absence de pression de sélection (Agersø et al., 2014; Nilsson et al., 2014). De plus, les céphalosporines ont parfois été utilisées en couvoir par injection de ceftiofur *in ovo* ou en sous-cutanée chez le poussin d'1 jour, pour contrôler les fortes mortalités dues aux infections à *E. coli* chez le poulet en élevage. Ces pratiques favorisaient la sélection et la dissémination des souches de *E. coli* résistantes aux céphalosporines chez les poulets (Baron et al., 2014). Les contaminations croisées provenant d'autres produits, environnement, atelier et manipulateurs peuvent aussi participer à l'isolement de *E. coli* producteurs de BLSE ou d'AmpC dans la viande de poulet. S'il est probable qu'une part de contamination de la viande soit imputable à la source animale (Projahn et al., 2018), la diminution de portage observée dans le cadre de la surveillance des caeca de poulet à l'abattoir en France contribue fortement à faire diminuer cette prévalence dans la viande à la distribution entre 2016 et 2018. Ces chiffres restent à confirmer lors de la prochaine campagne 2020.

Malgré tout, il est important de signaler que, bien que les souches de *E. coli* producteurs de BLSE ou AmpC isolées chez le poulet soient moins fréquemment détectées, elles présentaient en 2018 un nombre plus élevé de résistances associées que celles isolées en 2016. On remarquera également que la fréquence de la résistance aux fluoroquinolones, autre famille d'antibiotiques d'importance critique pour la santé humaine (World Health Organization, 2019), chez les *E. coli* producteurs de BLSE/AmpC isolées chez le poulet a augmenté significativement de 45 % en 2016 à 61 % en 2018 (Chi2 ; p<0,05). L'analyse des gènes impliqués dans ces mécanismes de résistance,

⁵ <https://agriculture.gouv.fr/le-plan-ecoantibio-2-2017-2021>

la caractérisation de leur support génétique ainsi que l'identification des gènes de virulence associés à ces souches devraient contribuer à évaluer la part des contaminations humaines par des *E. coli* résistants aux C3G, attribuable aux viandes distribuées en France.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les services vétérinaires et l'ensemble des laboratoires agréés, partenaires du réseau Résistance antimicrobienne, pour leur participation à ce dispositif de surveillance ainsi que les équipes scientifiques, techniques et administratives du LNR Résistance Antimicrobienne pour leur implication dans la production et la valorisation des données de surveillance.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agersø, Y., Jensen, J.D., Hasman, H., Pedersen, K., 2014. "Spread of extended spectrum cephalosporinase-producing *Escherichia coli* clones and plasmids from parent animals to broilers and to broiler meat in a production without use of cephalosporins". *Foodborne Pathogens and Disease* 11, 740-746.
- Anses. Résapath, 2019. "Réseau d'épidémiosurveillance de l'antibiorésistance des bactéries pathogènes animales, bilan 2018", Lyon et Ploufragan-Plouzané-Niort, France, novembre 2019. 1-161.
- Baron, S., Jouy, E., Larvor, E., Eono, F., Bougeard, S., Kempf, I., 2014. "Impact of third-generation-cephalosporin administration in hatcheries on fecal *Escherichia coli* antimicrobial resistance in broilers and layers". *Antimicrob. Agents Chemother.* 58, 5428-5434.
- Daniau, C., Léon, L., Blanchard, H., Bernet, C., Caillet-Vallet, E., Glorion, S., Buoconore, L., Aupée, M., Péfaud, M., Simon, L., Claver, J., Bajolet, O., Alfandari, S., Berger-Carbonne, A., Coignard, B., 2018. "Enquête nationale de prévalence des infections nosocomiales et des traitements anti-infectieux en établissements de santé, France, mai-juin 2017". *Saint-Maurice : Santé Publique France*, 12.
- Doi, Y., Paterson, D.L., Egea, P., Pascual, A., López-Cerero, L., Navarro, M.D., Adams-Haduch, J.M., Qureshi, Z.A., Sidjabat, H.E., Rodríguez-Baño, J., 2010. "Extended-spectrum and CMY-type β -lactamase-producing *Escherichia coli* in clinical samples and retail meat from Pittsburgh, USA and Seville, Spain." *Clinical Microbiology and Infection* 16, 33-38.
- European Food Safety Authority, 2012. "Technical specifications on the harmonised monitoring and reporting of antimicrobial resistance in *Salmonella*, *Campylobacter* and indicator *Escherichia coli* and *Enterococcus spp.* bacteria transmitted through food." *EFSA Journal* 10, 2742.
- European Food Safety Authority (EFSA) and European Centre for Disease Prevention control (ECDC), 2008. "Report from the Task Force on Zoonoses Data Collection including guidance for harmonized monitoring and reporting of antimicrobial resistance in commensal *Escherichia coli* and *Enterococcus spp.* from food animals." *EFSA Journal* 6, 141r.
- European Food Safety Authority (EFSA) and European Centre for Disease Prevention control (ECDC), 2020. "The European Union Summary Report on Antimicrobial Resistance in

- zoonotic and indicator bacteria from humans, animals and food in 2017/2018." EFSA Journal 18, 1-166.
- Kaesbohrer, A., Bakran-Lebl, K., Irrgang, A., Fischer, J., Kämpf, P., Schiffmann, A., Werckenthin, C., Busch, M., Kreienbrock, L., Hille, K., 2019. "Diversity in prevalence and characteristics of ESBL/pAmpC producing *E. coli* in food in Germany." Vet. Microbiol. 233, 52-60.
- Leverstein-van Hall, M.A., Dierikx, C.M., Stuart, J.C., Voets, G.M., van den Munckhof, M.P., van Essen-Zandbergen, A., Platteel, T., Fluit, A.C., van de Sande-Bruinsma, N., Scharinga, J., Bonten, M.J.M., Mevius, D.J., 2011. "Dutch patients, retail chicken meat and poultry share the same ESBL genes, plasmids and strains." Clinical Microbiology and Infection 17, 873-880.
- Madec, J.Y., Haenni, M., Métayer, V., Saras, E., Nicolas-Chanoine, M.H., 2015. "High Prevalence of the Animal-Associated blaCTX-M-1 IncI1/ST3 Plasmid in Human *Escherichia coli* Isolates." Antimicrob. Agents Chemother. 59, 5860.
- Mora, A., Herrera, A., Mamani, R., López, C., Alonso, M.P., Blanco, J.E., Blanco, M., Dahbi, G., García-Garrote, F., Pita, J.M., Coira, A., Bernárdez, M.I., Blanco, J., 2010. "Recent emergence of clonal group O25b:K1:H4-B2-ST131 *ibcA* strains among *Escherichia coli* poultry isolates, including CTX-M-9-producing strains, and comparison with clinical human isolates." Appl. Environ. Microbiol. 76, 6991-6997.
- Nilsson, O., Börjesson, S., Landén, A., Bengtsson, B., 2014. "Vertical transmission of *Escherichia coli* carrying plasmid-mediated AmpC (pAmpC) through the broiler production pyramid." J. Antimicrob. Chemother. 69, 1497-1500.
- Projahn, M., Pacholewicz, E., Becker, E., Correia-Carreira, G., Bandick, N., Kaesbohrer, A., 2018. "Reviewing Interventions against *Enterobacteriaceae* in Broiler Processing: Using Old Techniques for Meeting the New Challenges of ESBL *E. coli*?" BioMed research international 2018, 7309346.
- Randall, L.P., Lodge, M.P., Elviss, N.C., Lemma, F.L., Hopkins, K.L., Teale, C.J., Woodford, N., 2017. "Evaluation of meat, fruit and vegetables from retail stores in five United Kingdom regions as sources of extended-spectrum beta-lactamase (ESBL)-producing and carbapenem-resistant *Escherichia coli*". Int. J. Food Microbiol. 241, 283-290.
- Santé Publique France, 2019. "Surveillance des bactéries multirésistantes dans les établissements de santé. Réseau BMR-Raisin, France. Résultats 2017." Santé Publique France, 1-94.
- Smet, A., Rasschaert, G., Martel, A., Persoons, D., Dewulf, J., Butaye, P., Catry, B., Haesebrouck, F., Herman, L., Heyndrickx, M., 2011. "In situ ESBL conjugation from avian to human *Escherichia coli* during cefotaxime administration." J. Appl. Microbiol. 110, 541-549.
- World Health Organization, 2019. "Critically important antimicrobials for human medicine, 6th revision." World Health Organization,, 1-52.