

## PRESENCE ET EXCRETION DES *ESCHERICHIA COLI* O157 : H7 PAR LES ANIMAUX D'ELEVAGE ET LEUR PREVALENCE DANS LES DENREES ALIMENTAIRES D'ORIGINE ANIMALE

## PRESENCE AND EXCRETION OF *ESCHERICHIA COLI* O157 : H7 BY THE LIVESTOCK AND THEIR PREVALENCE IN THE FOODSTUFFS OF ANIMAL ORIGIN

S. OULKHEIR, K. OUNINE, N. E. EL HALOUI, S. BRICHA L. IKKO, B. ATTARASSI.

1- Laboratoire de Biologie et Santé, Équipe de Microbiologie Appliquée, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofaïl, BP 133, 14000 Kénitra, Maroc. [Oulkheir\\_said@yahoo.fr](mailto:Oulkheir_said@yahoo.fr)

### Résumé

Les *Escherichia coli* producteurs de Shiga-toxines et plus particulièrement le sérotype O157:H7 sont reconnus actuellement comme des pathogènes émergents importants en santé publique. Ces bactéries ont été détectées chez un grand nombre d'espèces animales sans que ces derniers présentent des signes cliniques de maladie. Cependant, le principal réservoir semble être le cheptel bovin. La prévalence d'*E. coli* O157:H7 dans les échantillons de fèces des bovins variait de 4,8 % à 36,8 %.

La persistance des souches d'*Escherichia coli* producteur de Shiga-toxines dans les cheptels est due, d'une part, au portage intestinal par les animaux, et d'autre part, à la contamination des sols et des eaux à partir des déjections animales pouvant être à l'origine d'une contamination des aliments. De plus, la persistance du germe chez les animaux dépend de plusieurs facteurs à savoir : variation saisonnière, mode d'abreuvement et alimentation.

Le risque de contamination des denrées d'origine animale est fonction de l'importance du portage animal, mais également du respect des procédures d'hygiène appliquées notamment en abattoir et dans les ateliers de transformation.

**Mots clés :** STEC – *Escherichia coli* O157:H7 – animaux d'élevage – portage – prévalence – denrées alimentaires d'origine animale.

### Summary

*Escherichia coli* producing of Shiga-toxins and more particularly sérotype O157:H7 are currently recognized like pathogenic the emergent significant ones in public health. These bacteria were detected at a great number of animal species without the latter presenting clinical signs of disease. However, the principal tank seems to be the cattle population. The prevalence of *E. coli* O157:H7 in the samples of deposit of the bovines varied from 4,8 % to 36,8 %.

The persistence of the strains of STEC in the livestock is due, on the one hand, with the intestinal bearing by the animals, and on the other hand, with the contamination of the grounds and water starting from the animal manure being able to be at the origin of a contamination of food. Moreover, the persistence of germ in the animals depends on several factors to knowing: seasonal variation, mode of watering and food.

The risk of contamination of the food products of animal origin is a function of the importance of the animal bearing, but also of the respect of the procedures of hygiene applied in particular in slaughter-house and in the workshops of transformation.

**Key words:** STEC – *Escherichia coli* O157:H7 – prevalence livestock – carriage – foodstuffs of animal origin.

### INTRODUCTION

Les *Escherichia coli* producteurs de Shiga-toxines (STEC) et particulièrement le sérotype O157:H7 sont des agents pathogènes entériques émergents en santé publique. D'autres sérotypes non-O157 (O26, O103, O111, O121, O145, O153, etc) sont aussi impliqués dans la survenue d'infections à STEC et de SHU [20, 87, 46], mais leur fréquence

réelle est difficile à estimer du fait le plus souvent de méthodes de détection inadaptées ou d'absence de recherche [50]. En effet, la recherche de STEC est souvent limitée à *E. coli* O157:H7, seul sérotype actuellement réglementé par la législation européenne. Outre les gènes codant pour les Shiga-toxines, les *E. coli* entérohémorragiques (EHEC) possèdent d'autres facteurs de virulence comme l'intimine, protéine de

la membrane externe, codée par le gène *eae*, impliquée dans la fixation des bactéries aux entérocytes, et une entérohémolysine dont le gène (*hlyA*) est plasmidique.

L'infection à EHEC peut revêtir plusieurs aspects dont le plus fréquent est la colite hémorragique. Mais peut se compliquer d'un syndrome hémolytique et urémique (SHU), particulièrement chez l'enfant et le sujet âgé, ou d'un purpura thrombotique thrombocytopenique (PTT) chez l'adulte [49].

La transmission d'infections à *E. coli* O157:H7 à l'Homme, par contact direct ou indirect avec des animaux de ferme ou leurs déjections, a été décrite lors d'investigations de cas isolés [58, 109], d'études de cas sporadiques [30, 66, 84, 86, 93, 115] et lors d'épidémies [36, 73, 80, 104].

De plus, un grand nombre d'aliments a été associé à des infections à *E. coli* O157:H7. Les aliments plus particulièrement ceux à l'origine de différents foyers épidémiques sont : produits carnés : principalement de la viande de bœuf [34, 74, 97, 116], lait et produits laitiers non pasteurisés [1, 21, 81]; légumes crus [17, 59] et cidre et jus de pommes non pasteurisés [29, 60].

Cette revue bibliographique a pour objectif d'étudier :

- La présence d'*Escherichia coli* producteur de Shiga-toxines chez les animaux d'élevage,
- Les facteurs influençant le portage et l'excrétion des *E. coli* O157:H7 par les ruminants d'élevage,
- La prévalence des *E. coli* O157:H7 dans les filières de transformation des denrées à base de viande et dans les filières de lait.

## 1. Prévalence et excrétion d'*Escherichia coli* producteur de Shiga-toxines (STEC) par les animaux d'élevage

Les données disponibles varient selon les auteurs et selon que l'on s'intéresse aux STEC dans leur ensemble ou à des sérotypes particuliers comme O157:H7.

### 1.1. Chez les bovins

Les études réalisées sur les bovins montrent que les *E. coli* producteurs de Shiga-toxines sont présents aussi bien chez les animaux des filières viande [100, 112] que sur les cheptels laitiers [22]. Ainsi, des souches des sérogroupes O157, O6, O39 et O113 ont pu être bactériologiquement identifiées à partir de prélèvements fécaux de bovins aux Etats-Unis [113] (avec des taux de prévalence variant de 4 % en été à 15 % en hiver. Au Brésil [22], la présence de gènes *stx* a été estimée dans une étude à 71% des bovins testés (82% chez les vaches laitières et 53% en filière

viande) avec isolement de *E. coli* O157:H7 pour 1,5% des animaux. Après analyse en PCR Cobbold et Desmarchelier, [27]; Cockerill *et al.* [28], ont souligné que 16,7% des fèces de vaches laitières en Australie ont été trouvés porteurs de gènes *stx* avec mise en évidence des sérotypes O26:H11 et O157:H7 (1,7% et 1,9% des prélèvements respectivement), représentant 7,8% et 9,4% de l'ensemble des STEC mis en évidence.

Au Japon, une étude utilisant le screening *stx*-PCR Kobayashi *et al.* [68], ont montré une prévalence de 46% pour les veaux, de 66% pour les génisses et de 69 % pour les vaches. Dans cette étude, 92 souches de *E. coli* isolées possédaient les gènes *stx*. Les sérogroupes mis en évidence ont été principalement O8, O26, O84, O113 et O116, deux souches appartenaient au séro groupe O111 et une au séro groupe O157. Les sérogroupes le plus fréquemment impliqués en pathologie humaine (O26, O111 et O157) ont été isolés dans 11,5% des élevages (9 élevages sur 78 étudiés). Dans une autre étude utilisant la même méthodologie Shinagawa *et al.* [103], a montré la présence de gènes *stx* dans les fèces de 39,4% des veaux de moins de 2 mois, 78,9% des jeunes bovins de 2 à 8 mois et 40,8% des bovins adultes, mais une présence rare des sérogroupes impliqués en pathologie humaine.

En Afrique (Ouganda), 45 prélèvements sur 159, provenant de matières fécales de zébus ont montré la présence de STEC de 16 sérogroupes O différents, sans toutefois mettre en évidence de sérotypes EHEC. Une seule souche possédait le gène *eae* [65].

En Allemagne, des études ont été publiées dès 1993 concernant différentes espèces animales [10]. Parmi les bovins testés, 21% se sont avérés porteurs de STEC de différents sérogroupes non O157. Certaines souches isolées à partir des bovins possédaient des gènes de virulence (*stx*, *ehxA*...). Lors d'une étude s'étalant sur 6 mois, 63,2% des bovins testés sont porteurs de STEC correspondant à 11 sérotypes (O116:H21 prédominant) [12]. La plupart des souches de STEC isolées étaient porteuses de *stx*<sub>2</sub> ou *stx*<sub>2c</sub>. Sur 122 souches de STEC *eae*<sup>+</sup> isolées de veaux atteints de diarrhée en Allemagne et en Belgique [120], 87,7% portaient le gène *stx*<sub>1</sub>, 10,7% le gène *stx*<sub>2</sub> et 1,6% à la fois les gènes *stx*<sub>1</sub> et *stx*<sub>2</sub>. Les principaux sérogroupes isolés étaient O5, O26, O111, O118, O145 et O157. Le séro groupe O118 était le séro groupe dominant avec 36 souches isolées. Toujours en Allemagne, au cours d'autres études, le séro groupe O118 semble le groupe dominant parmi les STEC isolés chez des veaux présentant de la diarrhée ; la très grande majorité des souches O118 étudiées (41 souches sur 42) avaient un fort potentiel pathogène avec la

présence des gènes *stx*, *hly* et du LEE [121]. Au cours d'une étude dans 4 troupeaux de bovins en Allemagne, des souches de STEC du sérotype O26:H11 possédant l'ensemble des gènes de virulence *stx1* et/ou *stx2*, *eae*, *ehxA*, *katP*, *espP*, ont été isolées d'animaux sains [48]. Blanco *et al.* [13], ont rapporté la présence de STEC dans 84% des troupeaux de bovins étudiés, avec une proportion d'animaux excréteurs par troupeau allant de 0 à 63%. Des souches de STEC ont pu être isolées chez 20% (52 sur 257) des vaches et 23% (10 sur 71) des veaux étudiés. 7 sérogroupes dominants ont été identifiés, représentant au total 46% des souches isolées : O8, O20, O22, O77, O113, O126 et O162. Une souche du sérotype O26 :H11 et une du sérotype O157:H7 ont été isolées au cours de cette étude.

En France, Rogerie *et al.* [98], ont isolé des souches STEC sur 7,9% des fèces et 1,9% des carcasses. Dans ce cadre, les rares souches de *E. coli* O157 isolées ne possédaient pas les gènes *stx*. Cependant, une enquête préliminaire réalisée sur des bovins en abattoir [2, 3, 4] à partir de prélèvements auriculaires, a démontré la présence du sérogroupe O 157 et en particulier du sérotype O157:H7. Parmi les souches O157, 15% appartenaient au sérotype O157:H7 chez les bovins adultes étudiés : sur 85 bovins adultes testés grâce aux prélèvements d'oreilles, 21 étaient porteurs de *E. coli* O157, les souches de *E. coli* O157 possédant l'antigène flagellaire H7 étaient au nombre de 3. En ce qui concerne les veaux, le nombre de souches d'*E. coli* O157 isolées était plus faible (4 souches sur 75 prélèvements), et une seule d'entre-elles possédant l'antigène flagellaire H7. Ces dernières souches étaient porteuses de gènes de virulence, *stx2*, *eae*, *ehxA*.

### 1. 2. Chez les ovins et les caprins

Le portage fécal en STEC chez les ovins et les caprins, a fait l'objet de nombreux travaux. Zschock *et al.* [124], ont montré que respectivement 32,1% des moutons et 75,3% des chèvres étaient porteurs sains. Randall *et al.* [91], confirment ces chiffres élevés : respectivement 66,6% des moutons et 56,1% des chèvres puis 63 % des moutons et 45% des chèvres sont montrés excréteurs de STEC. Fegan et Desmarchelier [43], montrent quant à eux que 45% des moutons sont excréteurs de STEC : des fèces d'ovins provenant de 14 exploitations se sont avérés positifs pour la recherche de STEC à 45%, contre 36% des fèces d'agneaux prélevées en abattoir ; 64% des isolats contenaient les gènes *stx1* et *stx2*.

Une étude portant ainsi sur 1623 fèces d'ovins, a révélé la présence de STEC porteurs de facteurs de virulence sur 85% des agneaux et 95% des moutons testés [39]. Parmi les souches isolées,

47,5% des STEC comportaient *stx1*, *stx2* et *ehxA*. Parmi les six sérotypes cités dans ce travail, deux souches O157:H7 ont été identifiées (2,2% des isolats). Concernant les sous-types de *stx2*, les ovins australiens semblent particulièrement souvent porteurs du sous-type *stx2d*, proposé comme marqueur épidémiologique pour identifier l'origine des cas cliniques humains [90]. En Allemagne, un troupeau ovin de 25 têtes, a fait l'objet d'investigations, sur une période de 6 mois [12]. 88% des ovins excrètent des STEC correspondant à 17 sérotypes et 12 profils PGFE différents. Ainsi la plupart des souches isolées ont révélé la présence des toxines Stx<sub>1</sub> et Stx<sub>2</sub>.

### 1. 3. Chez le volaille

Concernant la présence de STEC dans les élevages de volailles, il existe très peu de travaux permettant de préciser la prévalence de ce pathogène. D'après Beery *et al.* [8], *E. coli* O157:H7 peut coloniser le cæcum des poulets et s'y développer. Dans le cadre d'une enquête portant sur plus de 700 prélèvements réalisés sur des animaux en bonne santé de différentes espèces Beutin *et al.* [10], n'ont pas montré de contamination des poulets par des STEC. Aux Pays-Bas, des examens de matières fécales fraîches prélevées en élevage de poulets et de dindes ont été réalisés pour la recherche de *E. coli* O157 vérotoxiques [57]. L'ensemble des 500 prélèvements de poulets s'est révélé négatif. En revanche, 1,3% des 459 prélèvements réalisés chez les dindes a montré la présence de *E. coli* O157. Pilipcinec *et al.* [89], ont montré un taux de contamination plus important : 9,6% (n=216) des prélèvements fécaux sur des volailles ont révélé la présence de *E. coli* O157, et 19 des souches produisent les toxines Stx<sub>1</sub> et Stx<sub>2</sub>.

### 1. 4. Chez le porc

Dans l'ensemble des études menées sur le portage fécal, la prévalence de O157:H7 était nulle Parma *et al.* [85] ou inférieure à 2% Heuvelink *et al.* [57] et Nakazawa et Akiba, [83]. Cependant, malgré une prévalence très faible, les souches isolées pourraient être pathogènes pour l'Homme au vu de leurs facteurs de virulence (*stx1+*, *stx2+*, *eae+*, *ehxA+*). De plus, au Japon, la prévalence de 1,4% trouvée chez le porc était identique à celle observée chez le bétail. Au Chili, Rios *et al.* [96] ont constaté que certaines souches isolées chez des malades et chez le porc étaient identiques : le porc pourrait représenter un réservoir important d'*E. coli* O157:H7 pathogènes pour l'homme dans ce pays. En France, l'étude menée sur le portage fécal en O157:H7 n'a pas permis la détection de ce sérotype parmi les 182 échantillons testés [15].

La prévalence des autres STEC dans les fèces varie de 0% à 10% selon les pays et les méthodes de détection (PCR, hybridation ou détection de l'effet cytotoxique des vérotoxines) [10, 19, 71, 85, 108].

Deux études ont donné des résultats supérieurs : 21% pour 129 porcs en Australie [105] et 31% pour 182 porcs en France [15].

## 2. Facteurs influençant le portage et l'excrétion des STEC par les ruminants d'élevage

La surveillance du portage de STEC dans un troupeau de bovins de races à viande, engraisés sur des pâtures irriguées, a montré la présence de ces bactéries à différentes saisons, avec des taux de prévalence de 4% au printemps et de 15% en hiver [112]. Une étude américaine a consisté en l'inoculation de différents pathotypes de *E. coli* (dont des STEC de sérotype O157:H7) à des ovins afin d'évaluer la persistance de la colonisation [32]. Les résultats obtenus montrent que les souches de STEC sont capables de persister plus longtemps après inoculation (2 mois et 2 semaines) que les autres pathotypes. Ces auteurs concluent que la persistance des STEC dans le tractus digestif des ovins est liée entre autre à une adaptation des STEC.

Au Japon, lors d'infections naturelles, l'étude des sérotypes de STEC isolés animal par animal a montré la capacité de ceux-ci à réapparaître sur le même ovin à 4 mois d'intervalle [6].

Lors de leur étude réalisée aux Etats-Unis Besser et al. [9], rapportent que les niveaux d'excrétion d'*E. coli* O157:H7 chez les bovins sont faibles, mais des variations brutales du taux d'excrétion sont possibles, avec un taux d'excrétion plus important en été qu'en hiver.

En Italie une étude porte sur l'excrétion fécale de souches de *E. coli* O157:H7 chez des génisses, dans un élevage, montre que la bactérie est retrouvée dans les litières, dans le lisier et dans les abreuvoirs [31]. Certaines souches peuvent persister pendant plusieurs années dans un même troupeau, ce qui pourrait être en faveur du rôle de réservoir joué par les bovins. Cependant, l'introduction régulière des bactéries dans le cheptel, par les aliments et l'eau de boisson des animaux ne peut pas être complètement écartée [52].

Les travaux de Shere et al. [101], ont permis le suivi de l'excrétion de souches de *E. coli* O157:H7 chez des bovins. Ces auteurs soulignent que chez un même animal l'excrétion de souches d'*E. coli* O157:H7 peut durer pendant 4 mois l'hiver et seulement 1 mois l'été. La quantité d'*E. coli* O157:H7 dans les fèces varie alors entre  $2.10^2$  et  $8,7.10^4$  ufc/g de matière fécale.

En Alberta (Canada) Van Donkersgoed et al. [117], ont noté une corrélation positive entre la température extérieure, la pluviométrie et la présence de *E. coli* O157. Smith et al. [107], montrent l'excrétion d'*E. coli* O157:H7 chez 23 % des animaux testés, avec une excrétion plus importante quand les conditions d'hébergement des animaux ne sont pas satisfaisantes avec en particulier un sol humide et une accumulation de boue et de bouses.

L'étude réalisée en Suède dans un élevage de bovins laitiers impliqué dans la survenue d'un cas humain d'infection à STEC a montré que chez les veaux porteurs et excréteurs d'*E. coli* O157:H7 gardés à l'étable pendant l'été excrètent la bactérie sur une période d'étude de 4 mois, alors que *E. coli* O157:H7 n'était jamais retrouvé dans les matières fécales des animaux au pré sur cette même période [63]. Il est à noter que les animaux gardés à l'étable étaient plus jeunes que ceux mis au pré. D'autres auteurs ont montré une prévalence plus importante d'*E. coli* O157:H7 dans les fèces des animaux jeunes [35, 55, 77, 123]. Parmi les hypothèses avancées pour expliquer la persistance de l'excrétion chez les veaux gardés à l'étable, une réinfection régulière des veaux par transmission entre animaux est suggérée. De leur côté Garber et al. [45], montrent l'influence de la méthode de nettoyage des aires de stabulation et d'attente des animaux. L'utilisation du jet d'eau pour leur lavage est associée à une prévalence plus importante d'*E. coli* O157 dans le troupeau, par rapport à leur raclage à sec.

Les abreuvoirs destinés au bétail sont une source potentielle de contamination et de re-contamination des animaux. Les travaux réalisés sur la survie des *E. coli* O157 dans le microcosme sédimenteux d'un réservoir d'eau pour animaux Hancock et al. [52]; LeJeune et al. [69], ont montré que les *E. coli* O157:H7 présents à  $9.10^8$  ufc/g dans un mélange "sédiments et fèces" ont survécu pendant au moins 245 jours. Ces auteurs ont également pu montrer que les souches de *E. coli* O157 ayant pu survivre plus de 6 mois étaient toujours infectieuses pour des veaux âgés de 10 semaines qui par la suite excrètent eux-mêmes des *E. coli* O157. L'étude de LeJeune et al. [70], évoque la possibilité de prolifération bactérienne dans les sédiments des abreuvoirs à une température de 20°C. De plus, les abreuvoirs pour lesquels le plus fort taux de *E. coli* est dénombré semblent présenter le plus de risque d'isoler *E. coli* O157. De même Shere et al. [102], montrent que dans des conditions d'infection naturelle de veaux, la contamination d'animal à animal est possible et que l'eau de boisson peut être un vecteur de *E. coli* O157:H7.

En ce qui concerne le régime alimentaire, les différentes études menées ne permettent pas de

mettre en évidence une relation claire entre l'alimentation des animaux et l'excrétion de STEC. Les travaux réalisés par Couzin [33]; Diez-Gonzalez *et al.* [38], montrent une grande acidorésistance des *E. coli* excrétés dans les fèces chez les bovins nourris avec des céréales, par opposition à ceux ayant une alimentation fourragère. Cependant, des variations ont été notées en Australie sur des lots en engraissement avec une diminution de la prévalence des STEC lors du passage de l'alimentation en prairie aux céréales [79]. D'autre part, l'étude réalisée en Suède [63] sur deux groupes de veaux porteurs et excréteurs de *E. coli* O157:H7 et ayant une alimentation différente, révèlent que les *E. coli* O157:H7 n'étaient plus retrouvés dans les matières fécales des veaux mis au pré et consommant de l'herbe. Alors que, les veaux gardés à l'étable pendant l'été et consommant un aliment concentré à base de céréales ont continué à excréter la bactérie. L'alimentation à base de céréales, entraînant une acidification du contenu digestif, pourrait favoriser l'excrétion de *E. coli* O157:H7. Cette hypothèse est proposée par d'autres auteurs [38], mais, au contraire, Hancock *et al.* [51], ne montrent pas de différence dans l'excrétion de *E. coli* O157:H7 entre des bovins nourris avec du foin ou avec des céréales.

Il est également admis que l'ensilage peut jouer un rôle important en terme de survie des *E. coli* O157. Des travaux suggèrent que la contamination de l'herbe par des fèces d'animaux couplée à de mauvaises conditions d'ensilage peut favoriser la persistance des *E. coli* O157 chez les ruminants. Une étude réalisée sur des ensilages artificiellement contaminés à un niveau de  $10^3$  ufc/g a permis de mettre en évidence la croissance des *E. coli* O157 dans de mauvaises conditions de stockage [44].

Une autre étude montre que l'inoculation d'une souche permettant la production de lactate et la diminution du pH durant l'ensilage semble accélérer l'élimination des *E. coli* O157 [7]. Dans les conditions testées, les *E. coli* O157:H7 ne sont plus détectables après 7 jours. Dans des conditions identiques mais en absence de ces souches productrices de lactate, les *E. coli* O157:H7 ont été détectés jusqu'à une période de 15 jours.

### 3. Prévalence des *E. coli* O157 :H7 dans les filières de transformation des viandes

Plusieurs épidémies d'infection à *E. coli* O157:H7 ont été associées à la consommation de viande de bœuf ou de préparations à base de viande de bœuf [49, 111]. En France, une enquête réalisée en abattoir Andral *et al.* [2], ont démontré la contamination des chaînes d'abattage par *E. coli*

O157:H7 à partir des animaux porteurs pour 8% des prélèvements de surface réalisés (7 prélèvements sur les 50 réalisés ont permis l'isolement de *E. coli* O157, dont 4 possédant l'antigène H7). Ces souches possédaient les facteurs de virulence *stx*<sub>2</sub>, *eae*, *ehx*, *katP*.

Le risque de contamination des locaux et du matériel devrait être évalué et discuté en fonction de la rigueur avec laquelle les mesures d'hygiène sont appliquées dans les abattoirs concernés, en particulier la désinfection systématique des outils d'abattoir. Aussi, ces constatations renforcent-elles l'intérêt de la mise en oeuvre de mesures d'hygiène préventives rigoureuses lors de l'abattage.

Meyer-Broseta *et al.* [78] montre, pour ce qui concerne les abattoirs, l'absence de *E. coli* O157:H7 sur les veaux analysés aux Etats-Unis comme en Europe [75], alors que la prévalence pour le bétail adulte est de 4% [25, 37, 94]. Les fréquences maximales observées sont de 27,8% sur du bétail à viande adulte aux Etats-Unis [42], de 11% pour le bétail adulte aux Pays Bas [54], de 13,9% pour des génisses en Belgique [37]. Aux Etats-Unis, l'enquête de Elder *et al.* [42], montre une contamination importante des carcasses : 43,4% avant éviscération et 17,8% après. D'après Meyer-Broseta *et al.* [78], ces résultats confirment l'hypothèse d'une faible contamination en élevage qui augmente au cours du transport vers l'abattoir et la stabulation avant l'abattage du fait des contaminations croisées liées au mélange d'animaux d'origines diverses [64]. Cette observation a également été faite en France [2], à partir des séries d'oreilles positives après prélèvement aux mêmes dates sur les chaînes d'abattoir. Si l'hygiène est correcte en abattoir, la contamination après éviscération sera faible.

Selon les études britanniques, la prévalence passe de 0,3% en élevage [110] à 4% en abattoir [23]. Aux Etats-Unis, les mêmes constats s'imposent, avec toutefois, un taux résiduel de contamination des carcasses plus important [42]. Meyer-Brosetta *et al.* [78], en déduisent que la fréquence de contamination des carcasses est le critère le plus fiable pour juger du statut de la viande bovine avant transformation [42, 95].

En ce qui concerne les viandes transformées Doyle et Schoeni [40], ont isolé *E. coli* O157:H7 à partir de la viande hachée de bœuf avec un pourcentage de 3,7%. En France [119], ont isolé des souches de *E. coli* O157 :H7 à partir des steaks hachés industriels de bœuf. D'autres travaux ont montré que la contamination de la viande hachée de bœuf par des STEC varie de 15 à 40% au Canada [62], aux Etats-Unis [99] et au Royaume Uni [122].

La viande des ovins et caprins est très rarement suspectée dans des épidémies alimentaires et les

études réalisées pour déterminer la prévalence des STEC dans cette viande sont rares. Chapman *et al.* [26] ont montré que 4,1% des saucisses d'agneaux et 3,7% des échantillons de viande hachée de mouton, achetés dans des magasins britanniques de vente au détail, étaient contaminés par *E. coli* O157:H7. Une étude faite dans le Wisconsin (Etats-Unis) par Doyle [41] montre qu'on peut isoler *E. coli* O157:H7 dans de la viande d'agneau, avec un pourcentage d'isolement de 2%. Brooks *et al.* [18] montrent que 17% des échantillons de viande d'agneau commercialisée en 2000 en Nouvelle Zélande, étaient contaminés par des STEC. Enfin, en Allemagne, des études ont rapportées des taux d'isolement de *E. coli* vérotoxiques de 2,5% dans de la viande d'agneau et de 72,4% sur des carcasses de mouton [11]. Par contre, Heuvelink *et al.* [56] n'ont pas pu isoler de *E. coli* O157:H7 à partir de viande d'agneau testée en Hollande.

Les infections alimentaires dues aux STEC impliquant des aliments à base de viande de porc sont rares [96, 114]. Dans la viande de porc, les STEC sont présents dans 0 à 11% des échantillons testés suivant les études [18, 88, 92, 108]. Mais des résultats plus élevés ont été obtenus : Samadpour *et al.* [99] ont détecté les gènes *stx* dans 18% des 51 échantillons analysés ; Smith *et al.* [106] dans un quart des 184 saucisses testées en Grande-Bretagne et Bouvet *et al.* [16] dans 15 % des 2 146 échantillons analysés, en France. Sur les carcasses de porcs à l'abattoir, des prévalences hétérogènes ont été décrites avec moins de 5% [47, 71] mais jusqu'à 50% pour une étude française [14].

Certains auteurs montrent une prévalence d'*E. coli* O157:H7 dans la viande fraîche crue de porc inférieure à 2% [40, 41, 56]. Une étude française [16] a permis de détecter le gène *uidA* spécifique de O157:H7 dans 0,1% des 2 146 échantillons testés mais sans isolement de souches. Gill et Jones [47] ont également recherché la présence d'*E. coli* O157:H7 sur la langue d'animaux abattus : 2 langues positives sur 40 analysées.

Concernant la prévalence d'*E. coli* O157:H7 dans les viandes de volailles, différentes enquêtes ont été menées, mais les résultats sont irréguliers. Certains auteurs concluent que la contamination des filières "dinde" et "poulet" est importante et que l'on devrait en tenir compte dans la diffusion du danger. En effet, une étude américaine Doyle et Schoeni [40], ont mis en évidence O157:H7 dans le poulet : 4% des échantillons réalisés sur des carcasses crues (n=263) étaient contaminés par *E. coli* O157:H7. Selon Samadpour *et al.* [99], 12% des carcasses de poulets crus testées ainsi que 7% des carcasses crues de dindes étaient contaminées par des *E. coli* vérotoxiques. En

France, une étude menée par Vernozy-Rozand *et al.* [118], portant sur 250 échantillons d'aliments différents pris dans le commerce, a montré que 4 échantillons sur 110 de poulet étaient contaminés par *E. coli* O157, mais il s'agissait de souches non-productrices de vérotoxine.

Ce pendant, les études réalisées sur des produits de volailles ne révèlent pas de contamination. Aux Etats-Unis, Levine *et al.* [72], dans le cadre d'un plan de surveillance des aliments en sortie d'usine, n'ont trouvé aucun produit de volaille contaminé par *E. coli* O157:H7. Aux Pays-Bas, entre 1996 et 1997, 819 échantillons de produits frais issus de volailles, prélevés en supermarché et chez les bouchers, ont été analysés pour la recherche de STEC O157: l'ensemble s'est révélé négatif [56]. En Angleterre, la recherche de STEC dans des échantillons de poulet s'avère négative [106].

#### 4. Prévalence des *E. coli* O157 :H7 dans le lait et les filières laitiers

Le lait et les produits laitiers sont à l'origine de différents foyers épidémiques à STEC. La voie de contamination du lait actuellement retenue est celle de la contamination à partir des matières fécales de bovins lors de la traite. Néanmoins, une étude menée *in vitro* a montré l'envahissement des cultures épithéliales mammaires par *E. coli* O157:H7 [76]. Ces résultats suggèrent l'existence possible d'une voie de contamination du lait avant la traite.

Plusieurs études ont été entreprises pour évaluer la prévalence de *E. coli* O157:H7 ou d'autres STEC dans les laits et produits laitiers [67, 119].

Aux Pays Bas, Heuvelink *et al.* [53], ont réalisé une enquête sur 1011 échantillons de lait cru, prélevés dans les tanks de différentes fermes laitières. Les résultats obtenus montrent qu'aucun STEC n'a été mis en évidence. Par contre, l'étude de prévalence de *E. coli* O157:H7 réalisée chez les animaux et sur le lait de ces derniers dans des fermes laitières des Pays Bas, a montré un seul échantillon de lait positif sur les 7 analysés [55].

Lors de leur étude réalisée sur une ferme impliquée dans des cas d'infections humaines à *E. coli* O157 en Angleterre Mechie *et al.* [77], rapportent que sur 329 échantillons de lait *E. coli* O157 :H7 n'a jamais été isolé des prélèvements issus du tank à lait. En revanche, ce sérotype a été isolé d'échantillons pris au pis de 2 vaches excrétrices.

En outre, une enquête de prévalence sur *E. coli* O157 :H7 dans 30 fermes productrices de lait, aux Etats-Unis, a révélé que sur 268 prélèvements de lait effectués dans les tanks, la présence de *E. coli* O157:H7 a été détectée dans seulement 2 échantillons, soit 0,75% [82]. Une autre enquête

sur des laits crus de 131 fermes a montré la présence de 5 souches de STEC (4 Stx<sub>1</sub> et 1 Stx<sub>2</sub>), mais pas le sérotype O157:H7 [61]. Dans le cadre d'une étude, 1104 échantillons de produits laitiers et d'environnement d'entreprises laitières ont été analysés, dont 42 échantillons de lait cru et 19 fromages à pâte molle, pour la recherche de *E. coli* O157:H7 : tous se sont révélés négatifs [5].

## CONCLUSION

Cette synthèse bibliographique illustre le risque de diffusion des *E. coli* O157:H7 à partir des animaux contaminés par l'intermédiaire de l'environnement, l'eau, les contacts directs avec les animaux, les denrées alimentaires et des outils de l'abattoir.

La prévention de l'infection à *E. coli* O157:H7 exige des mesures de lutte à toutes les étapes de la chaîne alimentaire, depuis la production jusqu'au traitement, à la fabrication et à la préparation des aliments. Les données disponibles ne permettent pas de recommander des interventions spécifiques dans les élevages pour diminuer l'incidence de ECEH chez les bovins. Cependant, les évaluations du risque prévoient que le nombre de cas de maladie pourrait être réduit si plusieurs stratégies d'atténuation s'appliquaient (par exemple, faire un dépistage chez les animaux avant abattage pour réduire le nombre d'agents pathogènes introduits sur les lieux d'abattage). Les pratiques hygiéniques d'abattage diminuent la contamination des carcasses par les fèces, sans garantir l'absence des *E. coli* O157:H7 dans les produits. La formation aux pratiques hygiéniques des employés des abattoirs et des personnes impliquées dans la production de viande crue est indispensable pour réduire au minimum la contamination microbiologique.

## REFERENCES

- 1- Allerberger F., Wagner M., Schweiger P., Rammer H.P., Resch A., Dierich M.P., Friedrich A.W., Karch H. : *Escherichia coli* O157 infections and unpasteurised milk. Euro Surveill 2001 ; 6 : 147- 51.
- 2- Andral B., Decomble C., Ducotterd B., Lazizzera C., Perelle S., Pichoire M. : Contamination des filières bovines par *Escherichia coli* O157:H7: résultats d'une pré-étude en abattoir. Le point Vétérinaire 1999, 30: 565-7.
- 3- Andral B., Perelle S., Fach P., Pichoire M. : Characteristics of 32 strains of *E.coli* O157 isolated from cattle slaughtering. In Mondial Vétérinaire de Lyon 1999, Lyon, France, pp. C169 (abstract).
- 4- Andral B., Perelle S., Decomble C., Ducotterd B., Lazizzera C., Pichoire M., Fach P. : Détection en abattoir du portage de *E.coli* O157:H7 par les bovins et de la contamination du matériel du matériel ; caractérisation des souches pathogènes. In Colloque de la Société Française de Microbiologie 2000, Paris, France (abstract) ..
- 5- Ansay S.E., Kaspar C.W. : Survey of retail cheeses, dairy processing environments and raw milk for *Escherichia coli* O157:H7. Lett Appl Microbiol, 1997 ; 25 : 131-4.
- 6- Asakura H., Makino S., Shirahata T., Tsukamoto T., Kurazono H., Ikeda T., Takeshi K. : Detection and long-term existence of Shiga toxin (Stx)-producing *Escherichia coli* in sheep. Microbiol Immunol 1998 ; 42 : 683-8.
- 7- Bach S.J., McAllister T.A., Baah J., Yanke L.J., Veira D.M., Gannon V.P., Holley R.A. : Persistence of *Escherichia coli* O157:H7 in barley silage: effect of a bacterial inoculant. J Appl Microbiol 2002 ; 93 : 288-94.
- 8- Beery J.T., Doyle M.P., Schoeni J.L. : Colonization of chicken cecae by *Escherichia coli* associated with hemorrhagic colitis. Appl Environ Microbiol, 1985 ; 49 : 310-5.
- 9- Besser T.E., Hancock D.D., Pritchett L.C., McRae E.M., Rice D.H., Tarr P.I. : Duration of detection of fecal excretion of *Escherichia coli* O157:H7 in cattle. J Infect Dis 1997 ; 175 : 726-9.
- 10- Beutin L., Geier D., Steinruck H., Zimmermann S., Scheutz F. : Prevalence and some properties of verotoxin (Shiga-like toxin)-producing *Escherichia coli* in seven different species of healthy domestic animals. J Clin Microbiol 1993 ; 31 : 2483-8.
- 11- Beutin L., Geier D., Zimmermann S., Karch H. : Virulence markers of Shiga-like toxin-producing *Escherichia coli* strains originating from healthy domestic animals of different species. J Clin Microbiol 1995 ; 33 : 631-5.
- 12- Beutin L., Geier D., Zimmermann S., Aleksic S., Gillespie H.A., Whittam T.S. : Epidemiological relatedness and clonal types of natural populations of *Escherichia coli* strains producing Shiga toxins in separate populations of cattle and sheep. Appl Environ Microbiol 1997 ; 63 : 2175- 80.
- 13- Blanco M., Blanco J.E., Blanco J., Gonzalez E.A., Alonso M.P., Maas H., Jansen, W.H. : Prevalence and characteristics of human and bovine verotoxigenic *Escherichia coli* strains isolated in Galicia (north-western Spain). Eur J Epidemiol 1996 ; 12 : 13-9.
- 14- Bouvet J., Bavai C., Rossel R., Le Roux A., Montet M.P., Ray-Gueniot S., Mazuy C., Arquilliere C., Vernozy-Rozand, C. : Prevalence of verotoxin-producing *Escherichia coli* and *E. coli* O157:H7 in pig carcasses from three French slaughterhouses. Int J Food Microbiol 2001 ; 71 : 249-55.
- 15- Bouvet J., Montet M.P., Rossel R., Le Roux A., Bavai C., Ray-Gueniot S., Mazuy C., Atrache V., Vernozy-Rozand C. : Effects of slaughter processes on pig carcass contamination by verotoxin-producing *Escherichia coli* and *E. coli* O157:H7. Int J Food Microbiol 2002 ; 77 : 99-108.
- 16- Bouvet J., Montet M.P., Rossel R., Le Roux A., Bavai C., Ray-Gueniot S., Mazuy C., Atrache V., Vernozy-Rozand C. : Prevalence of verotoxin-producing *Escherichia coli* (VTEC) and *E. coli* O157:H7 in French pork. J Appl Microbiol 2002 ; 93 : 7-14.
- 17- Breuer T., Benkel D.H., Shapiro R.L., Hall W.N., Winnett M.M., Linn M.J., Neimann J., Barrett T.J., Dietrich S., Downes F.P., Toney D.M., Pearson J.L., Rolka H., Slutsker L., Griffin P.M. : A multistate outbreak of *Escherichia coli* O157:H7 infections linked to alfalfa sprouts grown from contaminated seeds. Emerg Infect Dis 2001 ; 7 : 977-82.
- 18- Brooks H.J., Mollison B.D., Bettelheim K.A., Matejka K., Paterson K.A., Ward V.K. : Occurrence and virulence factors of non-O157 Shiga toxin-producing *Escherichia coli* in retail meat in Dunedin, New Zealand. Lett Appl Microbiol 2001 ; 32 : 118-22.
- 19- Caprioli A., Nigrelli A., Gatti R., Zavanella M., Blando A.M., Minelli, F., Donelli G. : Characterisation of verocytotoxin-producing *Escherichia coli* isolated from pigs and cattle in northern Italy. Vet Rec 1993 ; 133 : 323-4.
- 20- Caprioli A., Luzzi I., Rosmini F., Resti C., Edefonti A., Perfumo F., Farina C., Goglio A., Gianviti A., Rizzoni G. : Community-wide outbreak of hemolytic-uremic syndrome associated with non-O157 verocytotoxin-producing *Escherichia coli*. J Infect Dis 1994 ; 169 : 208-11.
- 21- Casenave C., Desenclos J.C., Maillot E., Benoit S., Deschenes G., Nivet H., Grimont F., Baron S., Mariani P., Grimont P. : Ecllosion de syndrome hémolytique et urémique dans une commune rurale du Cher. Bull. Epidemiol. Hebd 1993 ; 1993 : 222-4.
- 22- Cerqueira A.M., Guth B.E., Joaquim R.M., Andrade J.R. : High occurrence of Shiga toxin-producing *Escherichia coli*

- (STEC) in healthy cattle in Rio de Janeiro State, Brazil. *Vet Microbiol* 1999 ; 70 : 111-21.
- 23- Chapman P.A., Siddons C.A., Wright D.J., Norman P., Fox J., Crick E. : Cattle as a possible source of verocytotoxin-producing *Escherichia coli* O157 infections in man. *Epidemiol Infect* 1993 ; 111 : 439-47.
- 24- Chapman P.A., Wright D.J., Higgins R. : Untreated milk as a source of verotoxigenic *E coli* O157. *Vet Rec* 1993 ; 133 : 171-2.
- 25- Chapman P.A., Siddons C.A., Harkin M.A. : Sheep as a potential source of verocytotoxin-producing *Escherichia coli* O157. *Vet Rec* 1996 ; 138 : 23-4.
- 26- Chapman, P.A., Siddons, C.A., Cerdan Malo, A.T., and Harkin, M.A. : A one year study of *Escherichia coli* O157 in raw beef and lamb products. *Epidemiol Infect* 2000 ; 124 : 207-13.
- 27- Cobbold R., Desmarchelier P. : Characterisation and clonal relationships of Shigatoxigenic *Escherichia coli* (STEC) isolated from Australian dairy cattle. *Vet. Microbiol* 2001 ; 79 : 323-35.
- 28- Cockerill F., Beebakhee G., Soni R., Sherman P. : Polysaccharide side chains are not required for attaching and effacing adhesion of *Escherichia coli* O157:H7. *Infect Immun* 1996 ; 64 : 3196-3200.
- 29- Cody S.H., Glynn M.K., Farrar J.A., Cairns K.L., Griffin P.M., Kobayashi J., Fyfe M., Hoffman R., King A.S., Lewis J.H., Swaminathan B., Bryant R.G., Vugia, D.J. : An outbreak of *Escherichia coli* O157:H7 infection from unpasteurized commercial apple juice. *Ann Intern Med* 1999 ; 130 : 202-9.
- 30- Coia J.E. : Clinical, microbiological and epidemiological aspects of *Escherichia coli* O157 infection. *FEMS Immunol. Med. Microbiol* 1998 ; 20 : 1-9.
- 31- Conedera G., Chapman P.A., Marangon S., Tisato E., Dalvit P., Zuin A. : A field survey of *Escherichia coli* O157 ecology on a cattle farm in Italy. *Int. J. Food Microbiol.* 2001 ; 66 : 85-93.
- 32- Cornick N.A., Booher S.L., Casey T.A., Moon H.W. : Persistent colonization of sheep by *Escherichia coli* O157:H7 and other *Escherichia coli* pathotypes. *Appl. Environ. Microbiol.* 2000 ; 66 : 4926-34.
- 33- Couzin J. : Cattle diet linked to bacterial growth. *Science* 1998 ; 281 : 1578-9.
- 34- Cowden J.M. : Scottish outbreak of *Escherichia coli* O157 November-December 1996. *Eurosurveillance* 1997 ; 2 : 1-2.
- 35- Cray W.C., Jr., Moon H.W. : Experimental infection of calves and adult cattle with *Escherichia coli* O157:H7. *Appl. Environ. Microbiol.* 1995 ; 61 : 1586-90.
- 36- Crump J.A., Sulka A.C., Langer A.J., Schaben C., Crielly A.S., Gage R., Baysinger M., Moll M., Withers G., Toney D.M., Hunter S.B., Hoekstra R.M., Wong S.K., Griffin P.M., Van Gilde, T.J. : An outbreak of *Escherichia coli* O157:H7 infections among visitors to a dairy farm. *N Engl J Med* 2002 ; 347 : 555-60.
- 37- De Zutter L., Uradzinski J., Pierard D. : Prevalence of enterohemorrhagic *E.coli* O157 in Belgian slaughter cattle. In: *Second International Symposium of the European Study Group on Enterohemorrhagic Escherichia coli* April 16-17 Brussels. Acta Clinica Belgica 1999 ; pp. 48.
- 38- Diez-Gonzalez F., Callaway T.R., Kizoulis M.G., Russell J.B. : Grain feeding and the dissemination of acid-resistant *Escherichia coli* from cattle. *Science* 1998 ; 281 : 1666-8.
- 39- Djordjevic S.P., Hornitzky M.A., Bailey G., Gill P., Vanselow B., Walker K., Bettelheim K.A. : Virulence properties and serotypes of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* from healthy Australian slaughter-age sheep. *J. Clin. Microbiol.*, 2001 ; 39 : 2017-21.
- 40- Doyle M.P., Schoeni J.L. : Isolation of *Escherichia coli* O157:H7 from retail fresh meats and poultry. *Appl. Environ. Microbiol.* 1987 ; 53 : 2394-6.
- 41- Doyle M.P. : *Escherichia coli* O157:H7 and its significance in foods. *Int J Food Microbiol.* 1991 ; 12 : 289-301.
- 42- Elder R.O., Keen J.E., Siragusa G.R., Barkocy-Gallagher G.A., Koomaraie M., Laegreid W.W. : Correlation of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 prevalence in feces, hides and carcasses of beef during processing. *P.N.A.S.*, 2000 ; 97 : 2999-3003.
- 43- Fegan N., Desmarchelier P. : Shiga toxin-producing *Escherichia coli* in sheep and preslaughter lambs in eastern Australia. *Lett. Appl. Microbiol.* 1999 ; 28 : 335-9.
- 44- Fenlon D.R., Wilson J. : Growth of *Escherichia coli* O157 in poorly fermented laboratory silage: a possible environmental dimension in the epidemiology of *E. coli* O157. *Lett. Appl. Microbiol.* 2000 ; 30 : 118-21.
- 45- Garber L., Wells S., Schroeder-Tucker L., Ferris K. : Factors associated with fecal shedding of verotoxin-producing *Escherichia coli* O157 on dairy farms. *J. Food Prot.* 1999 ; 62 : 307-12.
- 46- Gerber A., Karch H., Allerberger F., Verweyen H.M., Zimmerhackl L.B. : Clinical course and the role of shiga toxin-producing *Escherichia coli* infection in the hemolytic-uremic syndrome in pediatric patients, 1997-2000, in Germany and Austria: a prospective study. *J Infect Dis.* 2002 ; 186 : 493-500.
- 47- Gill C.O., Jones T. : Control of the contamination of pig carcasses by *Escherichia coli* from their mouths. *Int J Food Microbiol.* 1998 ; 44 : 43-8.
- 48- Geue L., Segura-Alvarez M., Conraths F.J., Kuczius T., Bockemuhl J., Karch H., Gallien P. : A long-term study on the prevalence of shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) on four German cattle farms. *Epidemiol. Infect.* 2002 ; 129 : 173-85.
- 49- Griffin P.M., and Tauxe, R.V. : The epidemiology of infections caused by *Escherichia coli* O157:H7, other enterohemorrhagic *E. coli*, and the associated hemolytic uremic syndrome. *Epidemiol Rev* 1991 ; 13 : 60-98
- 50- Griffin P., Mead P., Van Gilder T., Hunter S., Strockbine N., Tauxe R. : Shiga Toxin-producing *E.coli* infections in the United States : current status and challenges. In 4th International Symposium and Workshop on "Shiga-toxin (verocytotoxin)-producing *Escherichia coli* infections (october 29-November 2, 2000) Kyoto, Japan.
- 51- Hancock D.D., Besser T.E., Kinsel M.L., Tarr I., Rice D.H., Paros M.G. : The prevalence of *Escherichia coli* O157:H7 in dairy and beef cattle in Washington State. *Epidemiol. Infect.* 1994 ; 113 : 199-207.
- 52- Hancock, D., Besser, T., Lejeune, J., Davis, M., and Rice, D. : The control of VTEC in the animal reservoir. *Int. J. Food Microbiol.* 2001 ; 66 : 71-8.
- 53- Heuvelink A.E., Bleumink B., van den Biggelaar F.L., Te Giffel M.C., Beumer R.R., de Boer E. : Occurrence and survival of verocytotoxin-producing *Escherichia coli* O157 in raw cow's milk in The Netherlands. *J. Food Prot.* 1998 ; 61 : 1597-1601
- 54- Heuvelink A.E., van den Biggelaar F.L., de Boer E., Herbes R.G., Melchers W.J., Huis in 't Veld J.H., Monnens L.A. : Isolation and characterization of verocytotoxin-producing *Escherichia coli* O157 strains from Dutch cattle and sheep. *J. Clin. Microbiol.* 1998 ; 36 : 878-82.
- 55- Heuvelink A.E., van den Biggelaar F.L., Zwartkruis-Nahuis J., Herbes R.G., Huyben R., Nagelkerke N., Melchers W.J., Monnens L.A., de Boer E. : Occurrence of verocytotoxin-producing *Escherichia coli* O157 on Dutch dairy farms. *J. Clin. Microbiol.* 1998 ; 36 : 3480-7.
- 56 45- Heuvelink A.E., Zwartkruis-Nahuis J.T., Beumer R.R., de Boer E. : Occurrence and survival of verocytotoxin-producing *Escherichia coli* O157 in meats obtained from retail outlets in The Netherlands. *J. Food Prot.* 1999 ; 62 : 1115-22.
- 57- Heuvelink A.E., Zwartkruis-Nahuis J.T., van den Biggelaar F.L., van Leeuwen W.J., de Boer E. : Isolation and characterization of verocytotoxin-producing *Escherichia coli* O157 from slaughter pigs and poultry. *Int. J. Food Microbiol.* 1999, 52 : 67-75.
- 58 47- Heuvelink A.E., van Heerwaarden C., Zwartkruis-Nahuis J.T., van Oosterom R., Edink K., van Duynhoven Y.T., de Boer E. : *Escherichia coli* O157 infection associated with a petting zoo. *Epidemiol. Infect.* 2002 ; 129 : 295-302.
- 59- Hilborn E.D., Mermin J.H., Mshar P.A., Hadler J.L., Voetsch A., Wojtkunski C., Swartz M., Mshar R., Lambert-Fair M.A., Farrar J.A., Glynn M.K., Slutsker L. : A multistate outbreak of *Escherichia coli* O157:H7 infections associated with consumption of mesclun lettuce. *Arch. Intern. Med.* 1999 ; 159 : 1758-64.
- 60- Hilborn E.D., Mshar P.A., Fiorentino T.R., Dembek Z.F., Barrett T.J., Howard R.T., Cartter M. L. : An outbreak of

- Escherichia coli* O157:H7 infections and haemolytic uraemic syndrome associated with consumption of unpasteurized apple cider. *Epidemiol. Infect.* 2000 ; 124 : 31-6.
- 61- Jayarao B.M., Henning D.R. : Prevalence of foodborne pathogens in bulk tank milk. *J. Dairy Sci.* 2001 ; 84 : 2157-62.
- 62- Johnson R.P., Clarke R.C., Wilson J.B., Read S.C., Rahn K., Renwick S.A. : Growing concerns and recent outbreaks involving non-O157:H7 serotypes of verotoxigenic *Escherichia coli*. *J. Food Prot.* 1996 ; 59 : 1112-22.
- 63- Jonsson M.E., Aspan A., Eriksson E., Vagsholm I. : Persistence of verocytotoxin producing *Escherichia coli* O157:H7 in calves kept on pasture and in calves kept indoors during the summer months in a Swedish dairy herd. *Int. J. Food Microbiol.* 2001 ; 66 : 55-61.
- 64- Jordan D. : Pre-slaughter control of beef carcass contamination with *Escherichia coli* O157:H7: a risk assessment approach. PhD Thesis - University of Guelph, Canada 1998 ; pp. 236.
- 65- Kaddu-Mulindw D.H., Aisu T., Gleier K., Zimmermann S., Beutin L. : Occurrence of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* in fecal samples from children with diarrhea and from healthy zebu cattle in Uganda. *Int. J. Food. Microbiol.* 2001 ; 66: 95-101.
- 66- Kassenborgh H., Hedberg C., Evans M., Chin G., Fiorentino T.R., Vugia D., Bardsley M., Slutsker L., Griffin P.M. : Case-control study of sporadic *Escherichia coli* O157:H7 infections in 5 Foodnet Sites. In: 1st International Conference on Emerging Infectious Diseases, March 1998 Atlanta, Georgia-USA.
- 67- Klie H., Timm M., Richter H., Gallien P., Perlberg K.W., Steinruck H. : Detection and occurrence of verotoxin-forming and/or shigatoxin producing *Escherichia coli* (VTEC and/or STEC) in milk. *Berl. Munch. Tierarztl. Wochenschr.* 1997 ; 110 : 337-41.
- 68- Kobayashi H., Shimada J., Nakazawa M., Morozumi T., Pohjanvirta T., Pelkonen S., Yamamoto K. : Prevalence and characteristics of shiga toxin-producing *Escherichia coli* from healthy cattle in Japan. *Appl. Environ. Microbiol.* 2001 ; 67 : 484-9.
- 69- LeJeune J.T., Besser T.E., Hancock D.D. : Cattle water troughs as reservoirs of *Escherichia coli* O157. *Appl. Environ. Microbiol.* 2001 ; 67 : 3053-7.
- 70- LeJeune J.T., Besser T.E., Merrill N.L., Rice D.H., Hancock D.D. : Livestock drinking water microbiology and the factors influencing the quality of drinking water offered to cattle. *J. Dairy. Sci.* 2001 ; 84 : 1856-62.
- 71- Leung P.H., Yam W.C., Ng W.W., Peiris J.S. : The prevalence and characterization of verotoxin-producing *Escherichia coli* isolated from cattle and pigs in an abattoir in Hong Kong. *Epidemiol. Infect.* 2001 ; 126 : 173-9.
- 72- Levine P., Rose B., Green S., Ransom G., Hill W. Pathogen testing of ready-to-eat meat and poultry products collected at federally inspected establishments in the United States, 1990 to 1999. *J. Food Prot.* 2001 ; 64 : 1188-93.
- 73- Louie M., Read S., Louie L., Ziebell K., Rahn K., Borczyk A., Lior H. : Molecular typing methods to investigate transmission of *Escherichia coli* O157:H7 from cattle to humans. *Epidemiol. Infect.* 1999 ; 123 : 17-24.
- 74- MacDonald K.L., O'Leary M.J., Cohen M.L., Norris P., Wells J.G., Noll E., Kobayashi J.M., Blake P.A. : *Escherichia coli* O157:H7, an emerging gastrointestinal pathogen. Results of a oneyear, prospective, population-based study. *JAMA* 1988 ; 259 : 3567-70.
- 75- Martin D.R., Uhler P.M., Okrend A.J.G., Chill J.Y. : Testing of bob calf fecal swabs for the presence of *Escherichia coli* O157:H7. *J. Food Prot.* 1994 ; 57 : 70-2.
- 76- Matthews K.R., Murdough P.A., Bramley A.J. : Invasion of bovine epithelial cells by verocytotoxin-producing *Escherichia coli* O157:H7. *J. Appl. Microbiol.* 1997 ; 82 : 197-203.
- 77- Mechie S.C., Chapman P.A., Siddons C.A. : A fifteen month study of *Escherichia coli* O157:H7 in a dairy herd. *Epidemiol. Infect.* 1997 ; 118 : 17-25.
- 78- Meyer-Broseta S., Bastian S.N., Arne P.D., Cerf O., Sanaa M. : Review of epidemiological surveys on the prevalence of contamination of healthy cattle with *Escherichia coli* serogroup O157:H7. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 2001 ; 203 : 347-61.
- 79- Midgley J., Desmarchelier P. : Pre-slaughter handling of cattle and Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC). *Lett. Appl. Microbiol.* 2001 ; 32 : 307-11.
- 80- Milne L.M., Plom A., Strudley I., Pritchard G.C., Crooks R., Hall M., Duckworth G., Seng C., Susman M.D., Kearney J., Wiggins R.J., Moulds M., Cheasty T., Willshaw G.A. : *Escherichia coli* O157 incident associated with a farm open to members of the public. *Commun. Dis. Public Health.* 1999 ; 2 : 22-6.
- 81- Morgan D., Newman C.P., Hutchinson D.N., Walker A.M., Rowe B., Majid F. : Verotoxin producing *Escherichia coli* O 157 infections associated with the consumption of yoghurt. *Epidemiol. Infect.* 1993 ; 111 : 181-7.
- 82- Murinda S.E., Nguyen L.T., Ivey S.J., Gillespie B.E., Almeida R.A., Draughon F.A., Oliver S.P. : Prevalence and molecular characterization of *Escherichia coli* O157:H7 in bulk tank milk and fecal samples from cull cows: a 12-month survey of dairy farms in east Tennessee. *J. Food Prot.* 2002 ; 65 : 752-9.
- 83- Nakazawa M., Akiba M. : Swine as a potential reservoir of shiga toxin-producing *Escherichia coli* O157:H7 in Japan. *Emerg Infect Dis.* 1999 ; 5 : 833-4.
- 84- O'Brien S.J., Adak G.K., Gilham C. : Contact with farming environment as a major risk factor for Shiga toxin (Vero cytotoxin)-producing *Escherichia coli* O157 infection in humans. *Emerg. Infect. Dis.* 2001 ; 7 : 1049-51.
- 85- Parma A.E., Sanz M.E., Vinas M.R., Cicuta M.E., Blanco J.E., Boehringer S.I., Vena M.M., Roibon W.R., Benitez M.C., Blanco J., Blanco M. : Toxigenic *Escherichia coli* isolated from pigs in Argentina. *Vet Microbiol* 2000 ; 72 : 269-76.
- 86- Parry S.M., Salmon R.L. : Sporadic STEC O157 infection: secondary household transmission in Wales. *Emerg. Infect Dis.* 1998 ; 4 : 657-61.
- 87- Paton A.W., Ratcliff R.M., Doyle R.M., Seymour-Murray J., Davos D., Lanser J.A., Paton J.C. : Molecular microbiological investigation of an outbreak of hemolytic-uremic syndrome caused by dry fermented sausage contaminated with Shiga-like toxin-producing *Escherichia coli*. *J Clin Microbiol.* 1996 ; 34: 1622-7.
- 88- Pierard D., Van Damme L., Moriau L., Stevens D., Lauwers S. : Virulence factors of verocytotoxin-producing *Escherichia coli* isolated from raw meats. *Appl Environ Microbiol.* 1997 ; 63 : 4585-7.
- 89- Pilipcinec E., Tkacikova L., Naas H.T., Cabadaj R., and Mikula I. : Isolation of verotoxigenic *Escherichia coli* O157 from poultry. *Folia Microbiol (Praha)* 1999 ; 44 : 455-6.
- 90- Ramachandran V., Hornitzky M.A., Bettelheim K.A., Walker M.J., Djordjevic S.P. : The common ovine Shiga toxin 2-containing *Escherichia coli* serotypes and human isolates of the same serotypes possess a Stx2d toxin type. *J. Clin. Microbiol.* 2001 ; 39 : 1932-7.
- 91- Randall L.P., Wray C., McLaren I.M. : Studies on the development and use of a monoclonal sandwich ELISA for the detection of verotoxic *Escherichia coli* in animal faeces. *Vet. Rec.* 1997 ; 140 : 112-5.
- 92- Read S.C., Gyles C.L., Clarke R.C., Lior H., McEwen S. : Prevalence of verocytotoxigenic *Escherichia coli* in ground beef, pork, and chicken in southwestern Ontario. *Epidemiol Infect* 1990 ; 105 : 11-20.
- 93- Renwick S.A., Wilson J.B., Clarke R.C., Lior H., Borczyk A., Spika J.S., Rahn K., McFadden K., Brouwer A., Copps A. : Evidence of direct transmission of *Escherichia coli* O157:H7 infection between calves and a human--Ontario. *Can. Commun. Dis. Rep.* 1994 ; 20 : 73-5.
- 94- Rice D.H., Ebel E.D., Hancock D.D., Besser T.E., Herriott D.E., Carpenter L.V. *Escherichia coli* O157 in cull dairy cows on farms and at slaughter. *J. Food Prot.* 1997 ; 60 : 1386-7.
- 95- Richards M.S., Corkish J.D., Sayers A.R., McLaren I.M., Evans S.J., Wray C. : Studies of the presence of verocytotoxic *Escherichia coli* O157 in bovine faeces submitted for diagnostic purposes in England and Wales and on beef carcasses in abattoirs in the United Kingdom. *Epidemiol. Infect.* 1998 ; 120 : 187-92.

- 96- Rios M., Prado V., Trucksis M., Arellano C., Borie C., Alexandre M., Fica A., Levine M.M. : Clonal diversity of Chilean isolates of enterohemorrhagic *Escherichia coli* from patients with hemolytic-uremic syndrome, asymptomatic subjects, animal reservoirs, and food products. *J Clin Microbiol* 1999 ; 37 : 778-81.
- 97- Rodrigue D.C., Mast E.E., Greene K.D., Davis J.P., Hutchinson M.A., Wells J.G., Barrett T.J., Griffin P.M. : A university outbreak of *Escherichia coli* O157:H7 infections associated with roast beef and an unusually benign clinical course. *J. Infect. Dis.* 1995 ; 172 : 1122-5.
- 98- Rogerie F., Marecat A., Gambade S., Dupond F., Beaubois P., Lange M. : Characterization of Shiga toxin producing *E. coli* and O157 serotype *E. coli* isolated in France from healthy domestic cattle. *Int J Food Microbiol.* 2001 ; 63 : 217-23.
- 99- Samadpour M., Ongerth J.E., Liston J., Tran N., Nguyen D., Whittam T.S., Wilson R.A., Tarr P.I. : Occurrence of Shiga-like toxin-producing *Escherichia coli* in retail fresh seafood, beef, lamb, pork, and poultry from grocery stores in Seattle, Washington. *Appl. Environ. Microbiol.* 1994 ; 60 : 1038-40.
- 100- Schurman R.D., Hariharan H., Heaney S.B., Rahn K. : Prevalence and characteristics of shiga toxin-producing *Escherichia coli* in beef cattle slaughtered on Prince Edward Island. *J. Food Prot.* 2000 ; 63 : 1583-6.
- 101- Shere J.A., Bartlett K.J., Kaspar C.W. : Longitudinal study of *Escherichia coli* O157:H7 dissemination on four dairy farms in Wisconsin. *Appl. Environ. Microbiol.* 1998 ; 64 : 1390-9.
- 102- Shere J.A., Kaspar C.W., Bartlett K.J., Linden S.E., Norell B., Francey S., Schaefer, D.M. : Shedding of *Escherichia coli* O157:H7 in dairy cattle housed in a confined environment following waterborne inoculation. *Appl. Environ. Microbiol.* 2002 ; 68 : 1947-54.
- 103- Shinagawa K., Kanehira M., Omoe K., Matsuda I., Hu D., Widiasih D.A., Sugii S. : Frequency of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* in cattle at a breeding farm and at a slaughterhouse in Japan. *Vet. Microbiol.* 2000 ; 76 : 305-9.
- 104- Shukla R., Slack R., George A., Cheasty T., Rowe B., Scutter J. : *Escherichia coli* O157 infection associated with a farm visitor centre. *Commun. Dis. Rep. CDR Rev.* 1994 ; 5 : R86-R90.
- 105- Sidjabat-Tambunan H., Bensink J.C. : Verotoxin-producing *Escherichia coli* from the faeces of sheep, calves and pigs. *Austr Vet J.* 1997 ; 4 : 292-3.
- 106- Smith H.R., Cheasty T., Roberts D., Thomas A., Rowe B. : Examination of retail chickens and sausages in Britain for vero cytotoxin-producing *Escherichia coli*. *Appl. Environ. Microbiol.* 1991 ; 57 : 2091-3.
- 107- Smith D., Blackford M., Younts S., Moxley R., Gray J., Hungerford L., Milton T., Klopfenstein T. : Ecological relationships between the prevalence of cattle shedding *Escherichia coli* O157:H7 and characteristics of the cattle or conditions of the feedlot pen. *J. Food Prot.* 2001 ; 64 : 1899-1903.
- 108- Suthienkul, O., Brown, J.E., Seriwatana, J., Tienthongdee, S., Sastravaha, S., and Echeverria, P. : Shiga-like-toxin-producing *Escherichia coli* in retail meats and cattle in Thailand. *Appl Environ Microbiol* 1990 ; 56 : 1135-9.
- 109- Syngé B.A., Hopkins G.F., Reilly W.J., Sharp J.C. : Possible link between cattle and *E. coli* O157 infection in a human. *Vet. Rec.* 1993 ; 133 : 507.
- 110- Syngé B.A., Hopkins G.F. : Studies of verotoxigenic *Escherichia coli* O157 in cattle in Scotland and associated outbreaks. In: *Recent Advances in Verocytotoxin-producing Escherichia coli infections.* Karmali M.A., Goglio A.G. (eds): Elsevier Science B. V. 1994 : 65-68.
- 111- Tarr P.I., Tran N.T., Wilson R.A. : *Escherichia coli* O157:H7 in retail ground beef in Seattle: results of a one-year prospective study. *J. Food Prot.* 1999 ; 62 : 133-9.
- 112- Thran B.H., Hussein H.S., Hall M.R., Khaiboullina S.F. : Occurrence of verotoxin-producing *Escherichia coli* in dairy heifers grazing an irrigated pasture. *Toxicology* 2001 ; 159 : 159-69.
- 113- Thran B.H., Hussein H.S., Hall M.R., Khaiboullina S.F. : Shiga toxin-producing *Escherichia coli* in beef heifers grazing an irrigated pasture. *J. Food Prot.* 2001 ; 64 : 1613-6.
- 114- Tilden J., Jr., Young W., McNamara A.M., Custer C., Boesel B., Lambert-Fair M.A., Majkowski J., Vugia D., Werner S.B., Hollingsworth J., Morris J.G., Jr. : A new route of transmission for *Escherichia coli*: infection from dry fermented salami. *Am J Public Health.* 1996 ; 86 : 1142-5.
- 115- Trevena W.B., Willshaw G.A., Cheasty T., Domingue G., Wray C. : Transmission of Vero cytotoxin producing *Escherichia coli* O157 infection from farm animals to humans in Cornwall and west Devon. *Commun. Dis. Public Health.* 1999 ; 2 : 263-8.
- 116- Vaillant V., Espié E. : Facteurs de risque de survenue des syndromes hémolytiques et urémiques liés à une infection à *Escherichia coli* producteurs de shigatoxines chez les enfants âgés de moins de 15 ans. Etude cas-témoins 2000-2001. Institut de Veille Sanitaire - Saint Maurice, France 2002 ; pp. 61.
- 117- Van Donkersgoed J., Berg J., Potter A., Hancock D., Besser T., Rice D., LeJeune J., Klashinsky S. : Environmental sources and transmission of *Escherichia coli* O157 in feedlot cattle. *Can. Vet. J.* 2001 ; 42 : 714-20.
- 118- Vernozy-Rozand C., Mazuy C., Ray-Gueniot S., Boutrand-Loei S., Meyrand A., Richard Y. : Detection of *Escherichia coli* O157 in French food samples using an immunomagnetic separation method and the VIDAS *E. coli* O157. *Lett. Appl. Microbiol.* 1997 ; 25 : 442-6.
- 119- Vernozy-Rozand C., Bouvet J., Montet M.P., Bavai C., Ray-Gueniot S., Mazuy-Cruchaudet C., Richard Y. : Survey of retail raw milk cheeses for Verotoxin-producing *E. coli* (VTEC) and *E. coli* O157:H7 in France (Poster). In: 102th General Meeting of American Society for Microbiology May, 19-20-2002, Salt-Lake City, USA.
- 120- Wieler L.H., Vieler E., Erpenstein C., Schlapp T., Steinruck H., Bauerfeind R., Byomi A., Baljer, G. : Shiga toxin-producing *Escherichia coli* strains from bovines: association of adhesion with carriage of eae and other genes. *J. Clin. Microbiol.* 1996 ; 34 : 2980-4.
- 121- 103- Wieler L.H., Schwanitz A., Vieler E., Busse B., Steinruck H., Kaper J.B., Baljer G. : Virulence properties of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) strains of serogroup O118, a major group of STEC pathogens in calves. *J. Clin. Microbiol.* 1998 ; 36 : 1604-7.
- 122- Willshaw G.A., Smith H.R., Roberts D., Thirlwell J., Cheasty T., Rowe B. : Examination of raw beef products for the presence of Vero cytotoxin producing *Escherichia coli*, particularly those of serogroup O157. *J. Appl. Bacteriol.* 1993 ; 75 : 420-6.
- 123- Wilson J.B., McEwen S.A., Clarke R.C., Leslie K.E., Wilson R.A., Waltner-Toews D., Gyles C.L. : Distribution and characteristics of verocytotoxigenic *Escherichia coli* isolated from Ontario dairy cattle. *Epidemiol. Infect.* 1992 ; 108 : 423-9.
- 124- Zschock M., Hamann H.P., Kloppert B., Wolter W. : Shiga-toxin-producing *Escherichia coli* in faeces of healthy dairy cows, sheep and goats: prevalence and virulence properties. *Lett. Appl. Microbiol.* 2000 ; 31 : 203-8.