

Dangers microbiologiques potentiels liés aux effluents d'abattoirs

HERAU V. (1), LOUKIADIS E. (1), SANDRIN GABRIEL-ROBEZ E. (2), KEROUREDAN M. (1), BRUGERE H. (1)

(1) UMR 1225 INRA/ENV de Toulouse, 23 chemin des Capelles, BP 87614, 31076 Toulouse cedex 3

(2) BIOGRAM Etudes et expertise en environnement, 3 rue Georges Picot, 31400 Toulouse

RESUME – Les effluents de six abattoirs d'animaux de boucherie français ont été prélevés à différentes saisons et à divers stades du traitement épuratoire (effluent brut, en cours de prétraitement et en sortie de station). L'objectif de l'étude était d'évaluer le niveau de contamination des effluents ainsi que l'impact du processus épuratoire sur huit genres ou espèces bactériens indicateurs ou potentiellement pathogènes : entérobactéries, *Escherichia coli*, *Pseudomonas* spp, staphylocoques, entérocoques ainsi que salmonelles, *Listeria* spp et *Yersinia* spp. La résistance à huit antibiotiques différents (oxytétracycline, chloramphénicol, enrofloxacin, colistine, gentamicine, érythromycine, vancomycine et oxacilline) a également été testée pour 6 147 souches bactériennes isolées à partir de ces effluents.

Les taux de contamination moyens observés dans les effluents bruts ont été pour les entérobactéries, *E. coli*, *Pseudomonas*, staphylocoques et entérocoques respectivement de $4,0 \cdot 10^6$, $4,7 \cdot 10^5$, $3,6 \cdot 10^5$, $4,2 \cdot 10^4$ et $2,0 \cdot 10^5$ ufc / ml. Des salmonelles et des *Listeria* ont également été isolées dans plus de 70 % des effluents bruts avec des niveaux maximum de contamination proches de 10^2 NPP / ml. Aucune souche de *Yersinia* n'a pu être isolée. Des réductions significatives de la charge bactérienne en fin de processus épuratoire ont été observées pour les abattoirs qui disposaient de réels équipements de traitement (physico-chimiques ou biologiques). Par ailleurs, les résultats obtenus pour les 6 147 souches bactériennes isolées ont montré des niveaux élevés de résistance aux antibiotiques testés ainsi que de très nombreuses résistances à plusieurs antibiotiques, voire parfois à l'ensemble des antibiotiques testés.

Cette étude suggère qu'en l'absence de traitement approprié complémentaire, les effluents de certains abattoirs pourraient participer à la dissémination dans l'environnement de bactéries pathogènes et / ou résistantes aux antibiotiques.

Slaughterhouses' wastewaters as a microbiological human health hazard

HERAU V. (1), LOUKIADIS E. (1), SANDRIN GABRIEL-ROBEZ E. (2), KEROUREDAN M. (1), BRUGERE H. (1)

(1) UMR 1225 INRA/ENV de Toulouse, 23 chemin des Capelles, BP 87614, 31076 Toulouse cedex 3

SUMMARY – Effluents from six French slaughterhouses were sampled at different seasons and at various stages of treatment (raw effluent, in the course of pre-treatment and in the exit of the treatment plant). The aim of this study was to assess the bacterial contamination level in collected effluents as well as the impact of the treatment process on eight indicators or potentially pathogenic bacterial kinds or species: *Enterobacteriaceae*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas* spp, *staphylococci*, *enterococci*, *Salmonella* spp, *Listeria* spp and *Yersinia* spp. The susceptibility to eight different antibiotics (oxytetracyclin, chloramphenicol, enrofloxacin, colistin, gentamicin, erythromycin, vancomycin and oxacillin) was tested for the 6,147 bacterial strains isolated from effluents.

Mean contamination levels observed in the raw effluents were respectively 4.0×10^6 , 4.7×10^5 , 3.6×10^5 , 4.2×10^4 and 2.0×10^5 cfu/ml for *Enterobacteriaceae*, *E. coli*, *Pseudomonas*, *staphylococci*, and *enterococci*. *Salmonella* and *Listeria* were also isolated in more than 70% of the raw effluents, with contamination levels close to 10^2 MPN/ml. No *Yersinia* strain was detected. Significant reductions of bacterial level at the end of the effluent treatment were observed in the slaughterhouses that possessed a physicochemical or biological treatment process. Moreover, the results obtained for the 6,147 isolated strains indicated high levels of resistance to one antibiotic, as well as resistance to several antibiotics, or even to all of the tested antibiotics.

This study suggests that, without any appropriate treatment, release of effluents from slaughterhouses could widely spread potentially pathogenic and/or resistant-to-antibiotic bacterial strains in the environment.

INTRODUCTION

Il est communément admis que les animaux de rente peuvent être des réservoirs de bactéries pathogènes pour l'homme et héberger des bactéries résistantes aux antibiotiques. Si les voies de contamination de l'homme à partir des animaux par contact direct ou via la chaîne alimentaire sont assez bien documentées, l'impact de la présence de ces micro-organismes dans l'environnement est moins bien connu.

Ainsi l'objectif de cette étude est d'évaluer le rôle des effluents d'abattoirs comme éventuel vecteur de dissémination de micro-organismes entre les réservoirs animaux et l'homme.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. PRELEVEMENTS

Les effluents de six abattoirs multi espèces (gros bovins, veaux, ovins et porcins) du sud-ouest de la France (Midi-Pyrénées : 3, Aquitaine : 2, Languedoc-Roussillon : 1), raccordés à un système d'épuration communal des eaux usées, ont été prélevés (deux litres par point de prélèvement) à différentes saisons et à divers stades du traitement

épuratoire : effluent brut (EB), après le prétraitement (EPT) et en sortie de station (ET).

Quatre campagnes de prélèvements (hiver, printemps, été et automne) ont été organisées pour chacun des abattoirs, de début février à fin octobre 2002.

Selon le matériel disponible sur chaque site, des prélèvements ponctuels ou représentatifs de plusieurs heures grâce à l'utilisation de pompes péristaltiques ont été réalisés. Les prélèvements ont tous été acheminés dans la demi-journée vers le laboratoire et conservés à 4°C.

1.2. DENOMBREMENTS BACTERIENS

Pour chaque prélèvement, après homogénéisation et centrifugation (8 000 rpm, 12 min) de 500 ml, le culot de centrifugation a été remis en suspension dans du diluant tryptone pour obtenir un volume final de 25 ml. Après homogénéisation et dilutions décimales, différents dénombrements bactériens ont été réalisés :

- **entérobactéries totales** : ensemencement de 1 ml des dilutions 10^{-4} à 10^{-7} sur Pétrifilm Entérobactéries (3M) puis incubation 24 h à 37°C.

- *E. coli* : ensemencement de 1 ml des dilutions 10^{-3} à 10^{-6} sur Pétrifilm Select Coli (3M) puis incubation 24 h à 44°C.

- **staphylocoques** : ensemencement de 0,1 ml des dilutions 10^{-2} à 10^{-5} sur gélose Chapman (Oxoid) puis incubation 24 h à 37°C.

- **entérocoques** : ensemencement de 0,1 ml des dilutions 10^{-3} à 10^{-6} sur gélose à la kanamycine-esculine-azoture (Oxoid) puis incubation 24 h à 37°C.

- ***Pseudomonas spp*** : ensemencement de 0,1 ml des dilutions 10^{-3} à 10^{-6} sur gélose sélective pour *Pseudomonas* supplémentée (Oxoid) préalablement séchée puis incubation 24 h à 32°C.

- **salmonelles** : ensemencement de 1 ml dans deux tubes d'enrichissement de Rappaport-Vassiliadis (Merck) pour les dilutions 10^{-1} à 10^{-3} , incubation 24 h à 42°C. Les tubes montrant une croissance ont ensuite été isolés sur gélose Rambach (Humeau) par ensemencement en stries puis incubation 24 h à 37°C.

- ***Yersinia spp*** : ensemencement de 1 ml dans deux tubes d'enrichissement d'Ossmer (Merck) pour les dilutions 10^{-1} à 10^{-3} , incubation 24 h à 32°C. Les tubes montrant une croissance ont ensuite été isolés sur gélose Schiemann supplémentée (Oxoid) par ensemencement en stries puis incubation 24 h à 32°C.

- ***Listeria spp*** : ensemencement de 1 ml dans deux tubes d'enrichissement de milieu de Fraser (Oxoid) pour chacune des dilutions 10^{-1} à 10^{-3} , incubation 24 heures à 32°C. Les tubes montrant une croissance ont ensuite été isolés sur gélose Palcam (Oxoid) par ensemencement en stries puis incubation 24 h à 37°C.

L'identification des souches de *Yersinia* et des salmonelles a été effectuée à l'aide de galeries API 20E (Biomérieux) et celle des *Listeria* avec des galeries API *Listeria* (Biomérieux). Le calcul du nombre le plus probable (NPP) a été réalisé à partir de la table de Mac Crady.

1.3. RECHERCHE DES ANTIBIO RESISTANCES

Des souches d'entérobactéries, *E. coli*, *Pseudomonas*, staphylocoques, entérocoques, salmonelles et *Listeria* ont été ensemencées en bouillon nutritif sur des microplaques de quarante-seize puits. Pour chaque plaque, un puits a servi de témoin négatif (bouillon nutritif seul) et deux ont été ensemencés avec des témoins positifs (souches au profil de résistance connu : *E. coli* ATCC 25922 et staphylocoque ATCC 25923).

L'ensemble des souches bactériennes d'une microplaque a ensuite été ensemencé à l'aide d'un répliqueur sur différentes géloses Mueller-Hinton additionnées d'un antibiotique à la concentration critique inférieure (CCI), selon les normes définies par le Comité français de l'antibiogramme : oxacilline (*oxa*) 2µg/ml, vancomycine (*van*) 4µg/ml, gentamicine (*gen*) 4µg/ml, colistine (*col*) 2µg/ml, érythromycine (*éry*) 1µg/ml, oxytétracycline (*otc*) 4µg/ml, enrofloxacin (*enr*) 1µg/ml et chloramphénicol (*chl*) 8µg/ml, puis sur une gélose Mueller-Hinton sans antibiotique témoin de la bonne croissance des souches bactériennes étudiées. Les CCI étaient identiques pour les différentes bactéries étudiées. Après vérification du profil de résistance des témoins, le pourcentage de bactéries résistantes à l'antibiotique testé est déterminé par le rapport entre le nombre de colonies poussant sur le milieu contenant cet antibiotique et le nombre poussant sur le milieu témoin sans antibiotique.

2. RESULTATS

2.1. CONTAMINATION DES EFFLUENTS BRUTS

Le niveau de contamination (moyenne géométrique des résultats obtenus pour tous les abattoirs, toutes campagnes

confondues) des effluents bruts observé en entérobactéries, *E. coli*, *Pseudomonas spp*, staphylocoques et entérocoques était respectivement de $4,0 \cdot 10^6$, $4,7 \cdot 10^5$, $3,6 \cdot 10^5$, $4,2 \cdot 10^4$ et $2,0 \cdot 10^5$ ufc/ml.

Des salmonelles et des *Listeria* ont été isolées respectivement dans 71 % et 88 % des effluents bruts et dans 50 % et 65 % des effluents traités, mais les niveaux de contamination étaient faibles (maxima de l'ordre de 10^2 NPP / ml).

2.2. IMPACT DU TRAITEMENT EPURATOIRE

Pour la suite du document, on appellera « efficacité » (E) la réduction logarithmique de la charge bactérienne entre deux sites de prélèvement :

- E. totale = log (nombre bactéries EB) - log (nb bact ET)

- E. prétraitement = log (nb bact EB) - log (nb bact EPT)

- E. traitement = log (nb bact EPT) - log (nb bact ET).

Les taux de salmonelles et de *Listeria* étaient trop faibles pour pouvoir calculer l'efficacité du traitement épuratoire.

Les valeurs d'efficacité calculées à partir des résultats de dénombrements exprimés en ufc / ml ou en ufc / g de matière sèche ont donné des résultats identiques.

Des efficacités très différentes ont été observées pour les différents sites, avec, par exemple :

- pour l'abattoir A (figure 1), un processus épuratoire qui a permis d'obtenir une réduction significative ($p < 0,01$) de plus de 2,5 log pour l'ensemble des bactéries testées à l'exception des *Pseudomonas spp* (1,7 log)

- pour l'abattoir F (figure 2), aucune différence significative observable entre la charge bactérienne de l'effluent en fin de processus épuratoire et celle de l'effluent brut.

Figure 1 : Effluents de l'abattoir A

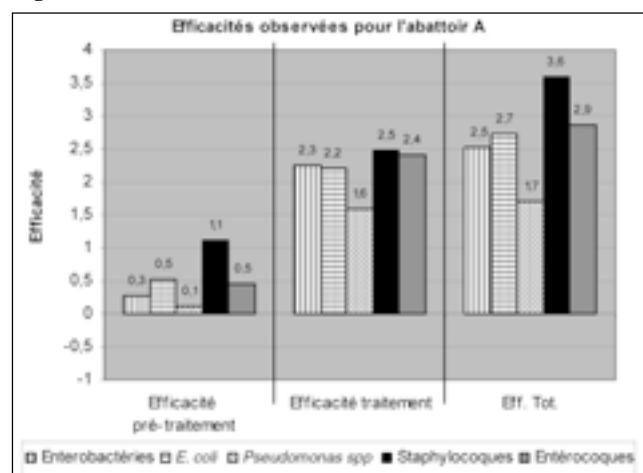
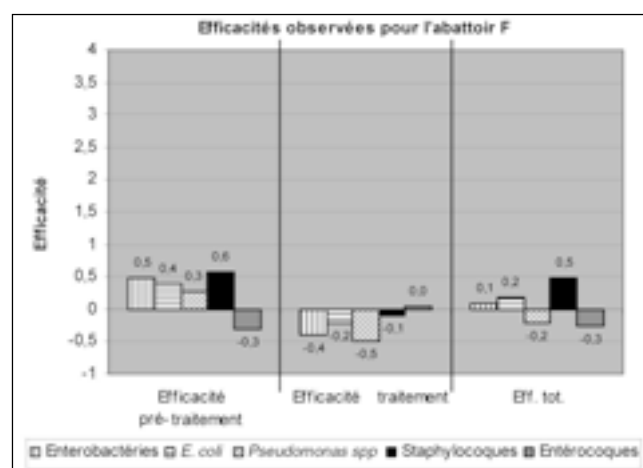


Figure 2 : Effluents de l'abattoir F



Ainsi, pour les abattoirs A à C, des différences significatives ($p < 0,01$) entre les charges bactériennes des effluents traités et celles des effluents bruts ont été observées pour tous les germes, à l'exception, pour l'abattoir C, des entérobactéries et des *Pseudomonas* ($p = 0,06$). Ces réductions étaient principalement liées à l'efficacité de la dernière phase du traitement des effluents.

Pour les abattoirs D à F, aucune différence significative n'a été observée entre les dénombrements bactériens dans l'effluent brut ou l'effluent traité. Le prétraitement de l'abattoir E avait néanmoins conduit à une réduction significative ($p < 0,01$) d'environ 1 log de la charge en staphylocoques et entérocoques.

Il n'y avait pas de différence saisonnière significative pour le dénombrement des espèces recherchées dans les effluents bruts. Une variation saisonnière de l'efficacité du traitement épuratoire n'a été rencontrée que pour deux abattoirs avec une meilleure efficacité en été pour l'un et en hiver pour l'autre.

2.3. RESISTANCES AUX ANTIBIOTIQUES

Les valeurs données ci-après ne concernaient que les souches pour lesquelles les résultats ont été interprétables, à savoir : 1 373 souches d'entérobactéries, 1 601 souches d'*E. coli*, 1 539 souches de *Pseudomonas spp.*, 1 013 souches de staphylocoques, 510 souches d'entérocoques, 68 souches de salmonelles et 43 souches de *Listeria spp.*

2.3.1. Prévalences observées d'antibiorésistance

Les prévalences observées de résistance aux différents antibiotiques testés sont données dans le tableau 1.

Tableau 1 : Prévalences observées d'antibiorésistance (%).

	otc	chl	enr	col	gen	éry	van	oxa
entérobact.	63,0	9,2	0,7	21,3	0,7	nt	nt	nt
<i>E. coli</i>	64,5	17,4	1,7	12,7	1,9	nt	nt	nt
<i>Pseudomonas</i>	45,3	44,8	4,3	44,1	3,6	nt	nt	nt
staphylo.	46,3	24,1	2,7	nt	nt	41,4	11,3	11,5
entérocoques	44,0	7,6	8,6	nt	nt	50,6	30,2	50,6
salmonelles	61,8	22,0	0	33,8	0	nt	nt	nt
<i>Listeria</i>	30,2	18,6	48,8	nt	nt	25,6	25,6	58,1

nt : antibiotique non testé pour la souche considérée

2.3.2. Multi résistance aux antibiotiques

La technique de réplique utilisée a permis d'obtenir le profil général de résistance aux antibiotiques.

Un quart à un tiers des souches étudiées avaient conservé leur sensibilité à l'ensemble des antibiotiques testés, tandis que de nombreuses résistances à un antibiotique, voire des résistances multiples, ont été observées, en particulier pour les entérocoques (tableau 2).

Tableau 2 : Répartition des souches selon le nombre d'antibiotiques auxquelles elles sont résistantes (%).

	nombre de résistances observées				
	0	1	2	3	total
entérobact.	28	55	13	4	100
<i>E. coli</i>	30	48	18	4	100
<i>Pseudomonas</i>	23	38	24	15	100
staphylo.	35	24	19	22	100
entérocoques	28	15	15	42	100
salmonelles	16	53	28	3	100
<i>Listeria</i>	33	16	23	28	100

Le profil majoritaire observé pour les entérobactéries et les *E. coli* a été la résistance à *otc* seule (45 et 42 %), suivie de la sensibilité à tous les antibiotiques (28 et 30 %). La résistance à *col* a été retrouvée quant à elle chez 9 % des

entérobactéries et 4 % des *E. coli*. Par ailleurs, si la double résistance *col / otc* était la résistance multiple la plus fréquente chez les entérobactéries (8 % des souches), la résistance *chl / otc* était la plus fréquente chez les *E. coli* alors que ce profil était moins fréquent chez les entérobactéries (11 % vs. 6 %).

Pour les *Pseudomonas spp.*, six profils de résistance étaient représentés de manière sensiblement égale : résistance *chl* seule (14 %), *otc* seule (13 %), *col/chl/otc* (13 %), *col/chl* (10 %), *col* seule (9 %) et *col/otc* (8 %).

Si le profil majoritaire pour les staphylocoques étudiés était la sensibilité à tous les antibiotiques (35 %), la résistance *otc* seule a été rencontrée chez 11 % des souches et *éry / otc* et *éry / chl / otc* l'ont été chez 10 % des souches, mais de nombreuses autres combinaisons ont été retrouvées.

Pour les entérocoques, la sensibilité à tous les antibiotiques représentait le profil majoritaire (28 %), venaient ensuite des résistances multiples du type *oxa / van/éry* (13 %) et *oxa / van / éry / otc* (12 %).

Le profil de multi-résistance majoritaire observé pour les salmonelles était la double résistance *col / otc* (23,5 %) même si d'autres associations ont été mises en évidence.

Chez les *Listeria spp.*, la sensibilité à tous les antibiotiques testés était majoritaire et la double résistance *oxa / enr* (16,3 %) assez répandue. Pour les souches présentant plusieurs résistances, le chloramphénicol semblait rester efficace.

A noter que respectivement 5, 4, 8, 2, 2, 0 et 7 souches d'entérobactéries, *E. coli*, *Pseudomonas*, staphylocoques, entérocoques, salmonelles et *Listeria* se sont révélées résistantes à tous les antibiotiques testés.

3. DISCUSSION

Le protocole expérimental choisi a permis de dénombrer des germes dont la concentration est variable (de quelques unités à plus de 10^6 ufc / ml). L'absence d'isolement de *Yersinia spp.* semble être due principalement à un défaut de sélectivité des milieux retenus, la croissance d'autres bactéries ayant été observée sur ces milieux (*Citrobacter spp.*, ou *Pseudomonas spp.*). Le protocole d'étude de la résistance aux antibiotiques a permis d'estimer la prévalence apparente de résistance en offrant la possibilité de tester de nombreuses souches (réplique), ainsi que le profil individuel de chaque souche au regard des divers antibiotiques testés.

Les taux de contamination, des effluents d'abattoirs par des entérobactéries ou des entérocoques étaient globalement similaires à ceux obtenus par Leclerc et Oger (1975). En effet, dans leur étude, le nombre d'entérobactéries était compris entre $1,3 \cdot 10^6$ et $2,8 \cdot 10^6$ ufc / ml selon le type d'abattoir (porcs, gros bétail ou volailles) et celui des streptocoques fécaux entre $5,4 \cdot 10^4$ et $3,3 \cdot 10^5$ ufc / ml. Les taux de contamination par des coliformes rapportés par Bensink *et al.* (1981) étaient également de l'ordre de 10^6 ufc / ml.

Toutefois, les taux de contamination donnés par Leclerc et Oger (1975) en staphylocoques totaux (de 1 à $5 \cdot 10^3$ ufc / ml) étaient inférieurs à ceux de notre étude.

En revanche, les résultats des dénombrements que nous avons obtenus dans les effluents d'abattoir sont inférieurs à ceux obtenus par Chauret *et al.* (1999) pour des eaux usées municipales ou à ceux de Tsai *et al.* (1998) pour les effluents d'hôpitaux.

Notre étude a confirmé la présence régulière de pathogènes potentiels, comme les salmonelles, dans les effluents d'abattoir, ce qui avait déjà été mentionné (Søgaard *et al.*, 1979, Jones *et al.*, 1980, Smith *et al.*, 1974, Linklater *et al.*, 1985).

Pour l'ensemble des abattoirs étudiés, les procédés de prétraitement fondés sur un dégrillage / tamisage, parfois associé à un dégraissage, n'avaient qu'une efficacité limitée sur la charge bactérienne (comprise en moyenne entre 0 et 1 selon les types bactériens). En revanche, les traitements ultérieurs physico-chimiques (abattoirs A et C) ou biologiques (abattoir B) avaient globalement une bonne efficacité en diminuant la charge bactérienne de plus de 2 log. Salmonelles et *Listeria* ont été également moins fréquemment isolées en fin de traitement que dans les effluents bruts (50 et 65 % respectivement vs. 71 et 88 %). Les antibiotiques choisis représentaient huit familles d'intérêt actuel ou passé en médecine vétérinaire ou en médecine humaine. Les prévalences de résistance aux antibiotiques obtenues dans cette étude ne peuvent être comparées que pour des concentrations en antibiotiques similaires (les CCI) alors que la concentration critique supérieure (CCS) peut parfois être utilisée pour caractériser les souches totalement résistantes. De plus, certains pays utilisent des valeurs différentes de CCI.

Nos résultats ont confirmé toutefois la diffusion très importante de la résistance aux tétracyclines précédemment rapportée (Wray *et al.*, 1999, Dunlop *et al.*, 1998, Nijsten *et al.*, 1993). La résistance au chloramphénicol avait déjà été décrite dans des proportions similaires chez les volailles et les ovins (Wray *et al.*, 1999). Les faibles prévalences de résistance observées vis-à-vis de la gentamicine et de l'enrofloxacin sont également en accord avec celles déjà publiées. Très peu de données concernant le profil de résistance des *Pseudomonas* isolés dans l'environnement ou chez les animaux ont été publiées. Pour les staphylocoques, nos résultats ont confirmé la fréquente résistance aux tétracyclines ainsi que celle à l'érythromycine observées précédemment (Werckenthin *et al.*, 2001, Werckenthin et Schwarz, 1997, Aarestrup, 2000 (1 et 2)).

En revanche, les résistances au chloramphénicol, à l'oxacilline et à la vancomycine ont été beaucoup moins étudiées chez les staphylocoques d'origine animale ce qui n'a pas permis de confronter nos résultats à ceux déjà publiés, notamment du fait de l'absence d'identification plus précise des souches isolées dans notre étude. Les publications relatives à la résistance des entérocoques chez les animaux sont essentiellement consacrées à la résistance à la vancomycine. Nos résultats ont confirmé qu'en dépit de l'arrêt de l'utilisation de l'avoparcine comme facteur de croissance, la prévalence des souches résistantes à la vancomycine demeurait élevée. Pour des entérocoques isolés chez le porc, Bager *et al.* (1999) ont décrit en revanche des niveaux de résistance beaucoup plus élevés que ceux retrouvés dans notre étude pour l'enrofloxacin (entre 35 et 53 %), la tylosine (# 90 %) ainsi que pour la tétracycline (58 à 62 %). Les résultats obtenus concernant la résistance des salmonelles à l'oxytétracycline et au chloramphénicol étaient supérieurs à ceux donnés par Fedorka-Cray *et al.* (1999). Ceux concernant la résistance à la colistine, la gentamicine et l'enrofloxacin étaient en revanche similaires. Les résultats concernant les profils de résistance des *Listeria* spp étaient difficilement interprétables, les bactéries issues des mêmes

abattoirs lors de la même campagne ayant des profils le plus souvent identiques. Ainsi, pour certains abattoirs nous n'avons obtenu que des souches sensibles à tous les antibiotiques, et pour d'autres des souches multi résistantes ce qui laisse supposer qu'il s'agissait le plus souvent de clones issus d'une même souche après la phase d'enrichissement.

D'abord recherchées en médecine humaine dans le cadre des infections nosocomiales, les souches multi résistantes (définies comme possédant les supports de résistances à deux antibiotiques au moins) sont désormais fréquemment mises en évidence chez les animaux de rente (Esobiu *et al.*, 2002, Bage *et al.*, 1999). Etant donné l'origine des germes retrouvés dans les effluents d'abattoir (Héreau, 2003), le nombre de souches multi-résistantes isolées dans cette étude n'est donc pas surprenant. Nos travaux étaient cohérents avec l'hypothèse de l'importance de l'utilisation des antibiotiques sur la sélection de souches antibiorésistantes.

CONCLUSION

Nos travaux ont montré que les effluents d'abattoirs étaient riches en micro-organismes potentiellement pathogènes, à l'exception des *Yersinia* spp qui n'ont pas pu être isolées. Les traitements destinés à réduire la charge polluante des effluents d'abattoir avant leur traitement complet dans une station d'épuration municipale avaient une efficacité variable sur les bactéries témoins de contamination habituellement recherchées et très limitée sur les pathogènes. De plus, des bactéries multi résistantes aux antibiotiques ont été fréquemment isolés dans ces effluents qui peuvent alors constituer une source de dissémination de bactéries potentiellement dangereuses pour la santé publique dans l'environnement.

Les auteurs remercient le Ministère chargé de l'environnement pour le financement de ces travaux.

Aarestrup F.M., 2000 (1). *Vet. Microbiol.*, 74, 353-364

Aarestrup F.M., 2000 (2). *APMIS, Acta Pathol. Microbiol. Immunol. Scand.*, 108 : Supplément 101, 0-48

Bager F., Aarestrup F.M., Madsen M. et al., 1999. *Microbial Drug Resistance*, 5:1, 53-56

Bensink J.C., Frost A.J., Mathers W. et al., 1981. *Australian Vet. J.*, 57:1, 12-13

Dunlop R.H., McEwen S.A., Meek A.H. et al., 1998. *Preventive Vet. Med.*, 34, 265-282

Esobiu N., Armenta L., Ike J., 2002. *Int. Environmental Health Res.*, 12, 133-144

Fedorka-Cray P., Dargatz D.A., Peterson K.E. et al., 1999. *Proc. 17th ACVIM*, 43

Héreau V., 2003. *Th. Med. Vet Toulouse*. 139 p.

Jones P.W., Rennison L.M., Lewin V.H. et al., 1980. *J. Hyg. Camb.*, 84, 47-62

Leclerc H., Oger C., 1975. *Rev. Epidém., Méd. Soc. et Santé Publ.*, 23, no 7-8, 429-444

Linklate, K.A., Graham M.M., 1985. *J. Hyg. Camb.*, 94, 301-307

Nijsten R., Londin N., Bogaard A. et al., 1993. *Vet. Quarterly*, 15, 152-156

Smith M.G., Hons B.S.C., Grau F.H., 1974. *Australian Vet. J.*, 50, 410-412

Søgaard H., Nielsen B.B., 1979. *Nord. Vet.-Med.* 31, 353-359

Tsai C.T., Lai J.S., Lin S.T., 1998. *J. Appl. Microbiol.*, 85, 171-176

Werckenthin C., Cardoso M., Martel J.L. et al., 2001. *Vet. Res.* 32, 341-362

Werckenthin C., Schwarz S., 1997. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.*, 110, 324-332

Wray C., McLaren I.M., Carroll P.J., 1993. *Vet. Rec.*, 133:18, 439-444