



Salmonelles et rejets agro-industriels

Jean-Michel LEGOUX⁽¹⁾ - Florence HUMBERT⁽²⁾

(1) ISPAIA - BP 7 - 22440 Ploufragan - (2) CNEVA - BP 53 - 22440 Ploufragan

La contamination des denrées alimentaires d'origine animale par des organismes bactériens potentiellement pathogènes pour l'homme, pose non seulement un grave problème de santé publique, mais constitue également un facteur limitant dans les échanges internationaux agro-alimentaires. Parmi ces micro-organismes, *Salmonella* occupe une place privilégiée, du fait de sa large dissémination et du risque sanitaire qu'elle représente pour l'homme et certaines espèces animales.

Parmi les nombreuses sources potentielles de contamination par les salmonelles, l'environnement, au sens large du terme, est mis en avant comme étant un maillon important de la chaîne. A l'heure actuelle, cependant, il existe peu de données quantitatives précises concernant l'incidence et le rôle de l'environnement sur la contamination des différentes espèces animales. Inversement, il faudrait pouvoir évaluer les capacités de pollution des rejets de type «effluents d'élevage» ou «effluents de stations d'épuration» ; la gestion des risques d'intercontamination permettrait alors de diminuer l'impact des salmonelles dans les bassins de production animale intensive.

Chez les animaux, quelle que soit l'espèce, le portage sain ou l'épisode clinique à *Salmonella* entraîne deux types de trans-

mission indirecte possibles :

- la transmission par les produits destinés à l'alimentation humaine, notamment les oeufs ;
- la transmission par le biais des déjections stockées, puis épandues.

La transmission directe reste possible par contact avec des animaux excréteurs dans des cas particuliers (éleveurs, vétérinaires, etc.).

Le mode d'élevage actuel, avec de fortes concentrations animales, semble favoriser cette circulation. Dans de nombreux cas, l'évolution d'un sérovar chez les animaux est suivie de l'apparition de ce sérovar en pathologie humaine (*S. Hadar*, *S. St Paul*, *S. Virchow*, etc.).

I- Effluents d'élevage et risques bactériologiques

Le développement des élevages hors-sol comporte nécessairement la concentration d'effectifs considérables d'animaux sur des surfaces réduites. Les déjections de ces animaux, qui ne peuvent être traitées selon les procédés traditionnels, constituent un volume énorme de déchets, dont l'élimination reste délicate.

Le sol étant considéré comme le

meilleur réceptacle à vocation épuratoire, c'est vers l'épandage qu'une solution a été recherchée. Or, il apparaît que les surfaces disponibles, à proximité de ces grands élevages concentrés dans des secteurs géographiques limités, sont insuffisantes pour être utilisées de manière satisfaisante à une telle fin (GLEDEL 1985).

Il est donc important de mesurer les risques potentiels présentés par les effluents des élevages, du point de vue de la contamination des déjections par les salmonelles. Etudier la présence de salmonelles dans des déjections animales nécessite de différencier lisiers et fumiers :

- les lisiers sont un mélange de fèces et d'urine, qui peut également contenir des eaux de lavage des bâtiments, des eaux de ruissellement et, en quantité très faible, des déchets alimentaires et de la litière (paille, copeaux de bois, etc.) ; on peut les pomper avec ou sans homogénéisation préalable ;

- les fumiers contiennent une part plus importante de matières solides, puisqu'on y retrouve les excréments et la totalité de la litière ; de ce fait, leur manutention ne peut faire l'objet d'un pompage.

1. Les élevages bovins

Le tableau I résume plusieurs études ayant trait à la contamination des effluents d'élevages

Tableau I : Contamination des effluents d'élevages bovins par les salmonelles.

Référence	Fréquence des salmonelles		Antécédents
	dans les lisiers	dans les fumiers	
MUNCH et LARSEN 1988	90 % (27/30)*		Elevages ayant eu un épisode clinique
	29 % (10/35)*		Elevages sans antécédents de salmonellose connus
MUNCH 1983	100 % (16/16)*		Elevages ayant eu un épisode clinique
	26 % (4/15)*		Elevages sans antécédents de salmonellose connus
THUNEGARD cité par JONES 1979	35 %**	6 %**	Elevages sans antécédents de salmonellose connus
JONES et MATTHEWS 1975	11 % (20/187) **		Elevages sans antécédents de salmonellose connus
JEFFREY cité par JONES 1980	100 %**	50 %**	2 élevages ayant eu un épisode clinique

* : le résultat porte sur le nombre d'élevages.

** : le résultat porte sur le nombre de prélèvements.

bovins par les salmonelles.

Si l'on ne considère que les lisiers, plusieurs auteurs différencient les élevages ayant eu un épisode clinique de salmonellose, de ceux dont on ne connaît pas d'antécédents cliniques. Chez ces derniers, les fréquences de contamination varient de 11 % à 29 % et ne peuvent donc pas être considérées comme négligeables. La différence entre les deux types d'élevages semble importante, puisque la fréquence de contamination des élevages ayant eu au moins un épisode clinique peut aller jusqu'à 100 %. D'autres recherches réalisées sur les excréments (prélevés par fouille rectale) des bovins de cinquante élevages, ne permettent pas de différencier les deux types d'élevages sur la base de l'excrétion de salmonelles par les animaux (6,9 % pour les élevages sans antécédents connus, et 8,9 % pour les élevages ayant eu une salmonellose clinique) (MORISSE et al. 1992). Il faut noter que l'excrétion de salmonelles peut n'être qu'intermittente.

Peu de données concernent les fumiers. Seules deux études comparent les deux systèmes de stockage : une moindre contami-

nation apparaît dans les fumiers (STRAUCH 1991, et JONES 1976). Les auteurs considèrent que l'élévation de la température, due aux nombreuses réactions biologiques et biochimiques, provoque un effet de «stérilisation» sur les fumiers. Par contre, les lisiers se caractérisent par une température stable et une activité biochimique réduite, facteurs favorisant la survie des micro-organismes.

Les concentrations varient de moins de 102 à plus de 107 germes par gramme de lisier. JONES, sur 11 % d'échantillons positifs, n'a pas observé de concentration supérieure à 102 germes par gramme. Il explique cette constatation par le faible nombre d'animaux infectés ou porteurs sains, ou par l'âge du lisier, qui influencerait la survie des bactéries. L'étude de MORISSE (1992), sur des fèces, montre des taux voisins de 106 germes par gramme chez 35 % des sujets, avec ou sans antécédents cliniques.

■ 2. Les élevages porcins

En France, la filière porcine n'ap-

paraît pas la plus menacée par ce problème, contrairement à ce qui se passe dans d'autres régions telles que l'Amérique du Nord. Même si les salmonelloses sont susceptibles de provoquer des troubles chez le porc (septicémie, entérite, trouble de la reproduction, etc.), elles restent rares dans cette espèce.

Par contre, le portage asymptomatique semble fréquent, d'après les résultats du tableau II. Comme pour les bovins, les effluents provenant d'élevages ayant eu des cas de salmonelloses cliniques semblent plus contaminés que ceux des élevages sans antécédent connu. De la même manière, les taux de contamination des lisiers dépassent rarement 102 germes par ml.

En France, on observe la disparition du sérovar Choleraesuis (qui est la source de salmonelloses porcines fréquentes et graves aux USA) au profit de sérovars ubiquistes plus dangereux pour l'homme, comme Typhimurium (LAVAL et al. 1991).

Les recherches sur les lisiers, citées dans le tableau II, semblent confirmer cette présence d'infection latente avec excrétion bactérienne.

Tableau II : Contamination des effluents d'élevages porcins par les salmonelles.

Références	Fréquence des salmonelles dans les lisiers	Antécédents
JONES 1979	23 %*	Elevages sans antécédents de salmonellose connus
MUNCH et LARSEN 1988	28 %*	32 élevages sans antécédents de salmonellose connus
JONES et al. 1976	22 %*	54 élevages sans antécédents de salmonellose connus
WALTON et WHITE 1980	67 %*	18 élevages ayant eu un épisode clinique

* : le résultat porte sur le nombre d'élevages.

■ 3. Les élevages avicoles

La part importante des aliments issus de la filière avicole, à l'origine de toxi-infections alimentaires, met en avant cette filière pour son fort degré de contamination par *Salmonella*. En France, les risques sanitaires et économiques sont tels, qu'un Contrôle Officiel Hygiénique et Sanitaire (COHS) a été mis en place par les pouvoirs publics, en accord avec les professionnels. Paradoxalement, peu d'études semblent avoir

été menées sur la contamination par les salmonelles des effluents d'élevages avicoles. Plusieurs auteurs (JONES 1979, JONES 1980, STRAUCH 1991) lient le degré de contamination des déjections à leur mode de stockage (effluents solides ou semi-solides). Selon eux, on aboutirait alors au même résultat que pour le fumier, à savoir un compostage qui éliminerait très rapidement les bactéries pathogènes. Une étude de 1968, rappelée par JONES (1980), rapporte que trois échantillons de litière de dindons et de poulets

(sur quarante réalisés) contenaient des salmonelles.

II- Contamination des effluents industriels et domestiques

Ces effluents sont le plus souvent acheminés vers des stations d'épuration ; néanmoins, certains effluents d'abattoir ou de laiterie peuvent être rejetés sans traitement préalable. Les eaux rési-

duaires arrivant dans les stations subissent diverses opérations :

- prétraitements physiques (dégrillage, dessablage, dégraisage),
- décantation primaire (boues primaires),
- traitement biologique (bassin d'aération contenant des boues aérées, ou lit bactérien) ou plus rarement traitement chimique,
- décantation secondaire.

A ce stade, l'épuration des eaux est de l'ordre de 90 %, et permet

le déversement dans un milieu naturel. Les boues récupérées peuvent être traitées en milieu aérobie ou anaérobie dans des digesteurs. Enfin, ces boues peuvent être concentrées naturellement (silo, lit de séchage) ou mécaniquement (filtration, centrifugation, essorage).

Les effluents finaux sont l'eau, les boues traitées et parfois les refus des prétraitements physiques. Les eaux traitées sont rejetées dans les rivières ou dans la mer ; les boues et les refus sont le plus

souvent épandus sur des terres agricoles. Tous ces effluents peuvent contenir des salmonelles provenant d'une contamination humaine ou animale.

1. Contamination des effluents d'abattoirs et autres industries de la viande

Quel que soit le type d'abattoir, les effluents bruts sont largement contaminés par les salmonelles (tableau III).

Tableau III : Contamination des effluents d'abattoirs par les salmonelles.

Références	Type d'abattoir	Présence de salmonelles dans les effluents bruts		Présence de salmonelles dans les eaux traitées	
		fréquence	NPP/100 ml	fréquence	NPP/100 ml
DE ZUTTER et VAN HOOFF 1980	porcs et bovins	100 %	10 à 10 ²	*	*
	bovins	20 %	10	*	*
SMITH et	bovins et moutons	100 %	10 à 10 ⁴	*	*
GRAU 1974	bovins et moutons	100 %	1 à 10 ³	100 %	1 à 10
DE ZUTTER et VAN HOOFF 1984	porcs	NR	10 ⁵	NR	10 ³
HOADLEY et al. 1974	volailles	NR	10 ²	NR	10

* : effluents non traités avant d'être rejetés dans l'environnement.

NR : non-réponse

NPP : Nombre le Plus Probable

Les effluents d'abattoirs de porcs semblent plus contaminés que ceux d'abattoirs de bovins (SMITH et GRAU 1974, DE ZUTTER et VAN HOOFF 1984). Deux enquêtes dans des abattoirs de porcs, au Canada et aux Pays Bas, confirment cette observation, en relevant des fréquences de contamination des fèces prélevés sur les porcs de l'ordre de 18 % et de 22 % (MAFU et al. 1989, VANDERPOST et BELL 1977). Les niveaux de contamination des effluents bruts sont très variables, allant de moins de 2 germes /100 g, à plus de 105 germes /100 g. Certains établissements rejettent dans l'environnement des effluents non traités, pouvant donc contenir de fortes concentrations de salmonelles. Les sérovars isolés au cours de ces

études sont parfois très nombreux (plus de vingt sérovars en moyenne) ; les plus fréquents sont *S. Typhimurium*, *S. Oranienburg* et *S. Enteritidis* (ARGENT et al. 1981, LINKLATER et al. 1985).

La comparaison d'abattoirs équipés de digesteurs aérobie-anaérobie avec des abattoirs ne traitant pas les effluents, montre bien l'abattement de deux unités logarithmiques (base 10) de la charge en salmonelles dans les effluents traités, sans qu'il y ait cependant une disparition totale de ces bactéries. Ainsi, une étude canadienne, réalisée auprès de onze industries de transformation de la viande, rapporte que 78 % des prélèvements d'effluents traités contiennent des salmonelles (VANDERPOST et BELL 1977).

Un système de traitement chimique (à base d'acide sulfurique et de lignosulfonate de sodium, par exemple) améliore l'abattement du nombre de salmonelles (DE ZUTTER et VAN HOOFF 1981 et DE ZUTTER et VAN HOOFF 1984) ; l'efficacité de ce système est très liée au pH du milieu :

- si pH = 4 : l'abattement est compris entre 0,7 et 0,5 log10 ;
- si pH = 2,5 : l'abattement est compris entre 1,9 et 4,5 log10.

2. Contamination des stations d'épuration

Ces stations traitent essentiellement les déjections humaines et les eaux usées urbaines. La fréquence de contamination à l'entrée des stations domestiques semble aussi importante

Tableau IV : Contamination des effluents de stations d'épuration par les salmonelles.

Références	Type de traitement	Présence de salmonelles dans les effluents bruts		Présence de salmonelles dans les boues digérées		Présence de salmonelles dans les eaux traitées	
		fréquence	NPP/100 ml	fréquence	NPP/100 ml	fréquence	NPP/100 ml
JONES et RENNISON 1980	digestion anaérobie	92 %	273	92 %	104	21 %	6,2
	digestion aérobie	83 %	94	38 %	0,3	17 %	1,6
DANIELSSON 1977	digestion aérobie et traitement chimique	88 %	NR	48 %	NR	NR	NR
KAMPELMACHER et al. 1977	chloration	91 %	103	15 %	< 2	15 %	< 2

NR : non-réponse

NPP : Nombre le Plus Probable

que celle des abattoirs (tableau IV), mais les niveaux de contamination apparaissent moins élevés. Les sérovars les plus fréquents sont *S. Typhimurium* et *S. Paratyphi B*.

Le processus d'épuration se traduit par un fort abaissement du nombre de bactéries pathogènes dans la phase liquide. Cet abaissement est moins sensible dans les boues. L'étude comparative de JONES et RENNISON (1980), montre de meilleurs abattements avec des systèmes de digestion aérobie, qu'avec des systèmes de digestion anaérobie. Ces abattements peuvent être améliorés grâce à l'utilisation d'un bac de décantation primaire, qui diminue de 60 % la contamination en salmonelles (KAYSER et al. 1987). Les abattements les plus sensibles sont obtenus avec des traitements chimiques. Néanmoins, DANIELSSON (1977) rapporte qu'avec la chloration à 5 ppm pendant 30 minutes, 45 % des salmonelles demeurent, alors que la totalité des autres bactéries fécales (*E. Coli*) ont disparu. D'autres traitements, comme le chaulage, permettent d'atteindre des abattements importants (100 %).

En définitive, peu de traitements d'épuration éliminent totalement les salmonelles présentes dans les effluents. De ce fait, les effluents rejetés dans l'environnement (épanchés sur des terres agricoles ou rejetés directement dans des cours d'eau), contiennent des bactéries pathogènes dans des proportions non négligeables.

Des études sur la contamination des eaux de surfaces par les salmonelles montrent que les effluents d'abattoirs ou de stations d'épuration sont en partie la source de cette contamination (MENON 1985, EDEL et al. 1976, DELEENER et HAEGBAERT 1982).

III. Survie des salmonelles

■ 1. Survie dans les effluents d'élevage

Les observations portent sur les lisiers dans lesquels les délais de survie varient de 13 à 286 jours. La contamination artificielle d'un lisier par une souche de salmonelles a permis d'observer une survie des germes jusqu'à 150 jours, mais le temps nécessaire à la disparition de 90 % des germes (T90) n'est pas supérieur à deux semaines. Cette disparition serait due, d'une part à un manque de compétitivité des salmonelles vis à vis des autres flores, et d'autre part à la toxicité des composés acides produits par la microflore du lisier, dont l'apparition s'accompagne d'une baisse du pH. Par exemple, *S. Typhimurium* inoculée dans du lisier de porc, subissant une fermentation anaérobie, survit à pH 6,8 mais disparaît à pH 4,0 (HENRY et al. 1982). La survie des salmonelles est plutôt favorisée dans des lisiers contenant plus de 5 % de matières solides,

et à une température inférieure à 10 °C (JONES 1976).

La survie de ces bactéries est donc tributaire de facteurs physico-chimiques. Elle varie également selon le sérovar, ou même la souche de salmonelle : les sérovars spécifiques d'hôtes ont plus de difficultés à survivre hors du tube digestif de l'hôte que les sérovars ubiquistes. La survie des salmonelles est également dépendante du type de lisier : elle est longue dans le lisier de bovins, moyenne dans celui de porcs et plus courte dans ceux de volailles ou de veaux (STRAUCH 1991).

■ 2. Survie dans les boues de station d'épuration

A 30 °C ou plus, ainsi que cela existe lors de la digestion aérobie mésophile, les salmonelles peuvent disparaître en 30 jours, mais seulement si les boues sont traitées sans apport de boues fraîches. Dans les procédés en continu, il y a recontamination permanente. Les durées de survie observées varient de 2 à 18 mois (DANIELSSON 1977, WRAY 1975). D'autres études montrent que des températures comprises entre 5 °C et 25 °C augmentent la vitesse de disparition des salmonelles et au contraire, à 30 °C, le T90 augmente sensiblement (YAZIS 1985).

Certains auteurs posent la question d'une multiplication des salmonelles dans les boues (JONES et RENNISON 1980) ou dans les lisiers (DEANS RAN-

KIN et TAYLOR 1969). Des augmentations de concentration en germes ont pu être observées d'un bout à l'autre des systèmes de traitement des boues. Cette multiplication reste exceptionnelle et tributaire de conditions physico-chimiques particulières telles qu'un taux d'humidité supérieur à 20 % et un rapport C/N de 15/1. FINDLAY (1973) l'a réalisée en laboratoire à partir de boues préalablement stérilisées.

■ 3. *Survie sur les sols*

L'épandage de lisier contaminé sur les pâtures présente un double risque : celui de la contamination des cours d'eau par le lessivage du sol en période de pluie, et celui de la contamination directe des animaux placés ensuite sur ces parcelles.

Dans ce second cas, il apparaît en effet que les infections à épisodes cliniques, chez les bovins adultes, sont plus nombreuses en été et à l'automne, c'est-à-dire quand les animaux sont au champ. Ce nombre de cas diminue sensiblement quand les animaux sont à l'étable en hiver (JONES 1980).

La survie des salmonelles dans le sol est, selon WRAY (1975), influencée par :

- le nombre initial de micro-organismes,
- les nutriments disponibles,
- la température ambiante,
- les ultraviolets,
- l'humidité,
- l'acidité des sols,
- les ions inorganiques,
- les autres flores microbiennes.

La variabilité de la survie va de trente jours à plus d'un an selon JONES (1979), et de deux à sept mois selon WRAY (1975). La durée de survie est généralement plus élevée dans le sol que sur le sol et à la

base de l'herbe plutôt que sur les parties hautes des tiges (ANDREWS et al. 1983).

Il reste à savoir si les salmonelles ayant survécu dans du lisier ou des boues au stockage puis à l'épandage, sont suffisamment virulentes et nombreuses pour infecter un animal. Une expérimentation a montré qu'une souche de *S. Dublin*, extraite d'un lisier préalablement inoculé et stocké trente-six jours, présente les mêmes caractères de virulence qu'une souche cultivée en conditions optimales (JONES 1979). Quant à la quantité de germes nécessaire pour provoquer une infection ou même un portage sain, une seule étude (JONES 1980) montre, qu'après avoir infecté un lisier par une souche inactivée de *S. Dublin* (à hauteur de 105 germes par gramme de lisier), et avoir épandu ce lisier sur une prairie, les bovins ayant ingéré cette herbe ont été infectés. Plusieurs autres études concluent à une absence d'infection des animaux dans des conditions similaires (WRAY et CALLOW 1985, AYANWALE et al. 1980, HALL et JONES 1978).

Si les animaux ne sont pas infectés immédiatement par les salmonelles présentes sur le sol, celles-ci peuvent se multiplier dans le système digestif des animaux. Leurs excréments risquent alors de contaminer encore un peu plus le lieu de pâturage, entraînant un cycle de contamination intra-espèce.

■ 4. *Comment diminuer les risques de contamination ?*

En 1978, un groupe d'experts européens (STRAUCH 1991) préconisait avant l'épandage : 60 jours de stockage du lisier en été, et 90 jours en hiver. Selon eux, il faut ensuite attendre 30 jours entre l'épandage et le pâturage par les animaux. JONES (1979) limite le temps de stockage à 30 jours. Le pâturage

est déconseillé pour les animaux les plus sensibles : jeunes bovins, vaches gestantes, animaux ayant d'autres infections. Selon REILLY (1981), il faut attendre six mois après un épandage de boues non traitées et trois semaines dans le cas de boues traitées, avant le pâturage.

La séparation des phases liquide et solide du lisier semble efficace : comme pour les effluents de stations d'épuration, les salmonelles meurent rapidement dans la phase liquide, et la phase solide peut être compostée. Le compostage amène la température à 70 °C, ce qui provoque la disparition des salmonelles après 5 à 37 jours (JONES 1980).

L'efficacité de l'aération du lisier est plus discutée : elle abaisserait le nombre de bactéries dans la phase liquide, mais pas dans les boues.

Conclusion

Les effluents, qu'ils proviennent d'élevages, d'industries alimentaires ou de stations d'épuration, peuvent contenir des salmonelles. Les fréquences et les taux de contamination présentent alors une grande variabilité. Ces mesures semblent conditionnées par :

- le type d'effluents (les fumiers seraient moins contaminés que les lisiers),
- les modes de traitement pour les effluents d'industries ou les effluents domestiques.

Tous ces effluents peuvent être des vecteurs potentiels de contamination en salmonelles pour l'environnement qui, par la suite, dissémine plus largement ces germes.

A partir des résultats de cette étude bibliographique et sur la base d'une quantification des salmonelles, il est difficile de distinguer les effluents d'élevage d'une espèce à l'autre, ou de les comparer avec les autres effluents évoqués.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDREWS D.A., MAWER S.L. et MATTHEWS P.J. (1983) Survival of Salmonellae in sewage sludge injected into soil. *Effluent and Water Treatment Journal* Fév.1983, 72-74.
- ARGENT V.A., BELLE J.C. et EDGAR D. (1981) Animal disease hazards of sewage sludge disposal to land : effects of sludge treatment on Salmonellae. *Wat. Pollut. Control*, 537540.
- AYANWALE L.F., KANEENE J.M.B., SHERMAN D.M. et ROBINSON R.A. (1980) Investigation of Salmonella infection in goats fed corn silage grown on load fertilized with sewage sludge. *Appl. Environ. Microbiol.*, 40, 285-286.
- DANIELSSON M.L. (1977) Salmonella in sewage and sludge. *AVSPAC*, 65, 1-126.
- DE ZUTTER L. et VAN HOOF J. (1980) Bacteriological contamination in wastewaters from slaughterhouses. *Zbl. Bakt. Hyg.*, B171, 269-279.
- DE ZUTTER L. et VAN HOOF J. (1981) Removal of indicator by chemical treatment of wastewater. *Zbl. Bakt. Hyg.*, B173, 266-272.
- DE ZUTTER L. et VAN HOOF J. (1984) Occurrence of Salmonella in a chemical wastewater treatment plant. *Zbl. Bakt. Hyg.*, B179, 440-448.
- DEANS RANKIN J. et TAYLOR R.J. (1969) A study of some disease hazards which could be associated with the system of applying cattle slurry to pasture. *Vet. Rec.*, 85, 578-581.
- DELEENER J. et HAEGEBAERT K. (1982) Salmonella dans les eaux de surface en amont et en aval d'une grande agglomération. *Med. Mal. Infect.*, 12, 192-196.
- EDEL W., VAN SCHOTHORST et KAMPELMACHER E.H. (1976) Epidemiological studies in a certain area - I. The presence of Salmonella in man, pigs, insects, seagulls and in food and effluents. *Zbl. Bakt. Hyg.*, A 325, 476-484.
- FINDLAY C.R. (1973) Salmonellae in sewage sludge. *Vet. Rec.*, 93, 100103.
- GLEDDEL J. (1985) Rôle des réservoirs et de l'environnement dans la salmonellose bovine. *Epidémiologie et Santé animale*, 7, 39-70.
- HALL G.A. et JONES P.W. (1978) A study of the susceptibility of cattle to oral infection by salmonellas contained in raw sewage sludge. *J. Hyg.*, 80, 409-414.
- HENRY P., FROST A.J., SAMUEL J.L., BOYLE D.A. et THOMSON R.H. (1982) Factors affecting the survival of Salmonella and Escherichia coli in anaerobically fermented pig waste. *Journal of Applied Bacteriology*, 55, 89-95.
- HOADLEY A.W., KEMP W.M., FIRMIN A.C., SMITH G.T. et SCHELHORN P. (1974) Salmonellae in the environment around a chicken processing plant. *Appl. Microbiol.*, 27, 848-857.
- JONES P.W. et MATTHEWS R.J. (1975) Examination of slurry from cattle for pathogenic bacteria. *Journal of Hygiene*, 74, 57-64.
- JONES P.W. (1976) The effect of temperature, solids content and pH on the survival of salmonellas in cattle slurry. *Br. Vet. J.*, 132, 284-293.
- JONES P.W. (1979) Health hazards associated with the handling of animal wastes. *The Veterinary Record*, 106, 4-7.
- JONES P.W. (1980) A short survey of the most important pathogens found in farm animal wastes. In *Communicable diseases resulting from storage, handling, transport and landspreading of manures*, 139-147. Walton and White ed. EUR 7627, Luxembourg.
- JONES P.W., BEW J., BURROWS M.R., MATTHEWS R.J. et COLLINS P. (1976) The occurrence of salmonellas, mycobacteria and pathogenic strains of Escherichia coli in pig slurry. *Journal of Hygiene*, 77, 4350.
- JONES P.W. et RENNISON M.L. (1980) The occurrence and significance to animal health of salmonellas in sewage and sewage sludges. *J. Hyg., Camb.*, 84, 47-62.
- KAMPELMACHER E.H., FONDS A.W. et VAN NOORLE JANSEN L.M. (1977) Reduction of Salmonella, E. coli, coliforms and fecal streptococci by chlorination of sewage treatment plant effluents. *Water Research*, 11, 545-550.
- KAYSER R., BOLL R. et MÜLLER H.E. (1987) Quantitative determinations of elimination of Salmonellae by biological treatment of wastewater. *Zbl. Bakt. Hyg.*, B 184, 195-205.
- LAVAL A., MORVAN H., DESPEREZ G. et CORBION B. (1991) La salmonellose du Porc. *Rec. Méd. Vét.*, 167, 835-848.
- LINKLATER K.A., GRAHAM M. M. et SHARP J.C.M. (1985) Salmonellae in sewage sludge and abattoir effluent in South-east Scotland. *J. Hyg.*, 94, 301-307.
- MAFU A.A., HIGGINS R., NADEAU M. et COUSINEAU G. (1989) The incidence of Salmonella, Campylobacter, and Yersinia enterocolitica in swine carcasses and the slaughterhouse environment. *J. Food Protect.*, 52, 642-645.
- MENON A.S. (1985) Salmonellae and pollution indicator bacteria. In : *municipal and food processing effluents and the Cornwallis River*. *Can. J. Microbiol.*, 31, 598-603.
- MORISSE J.P., COTTE J.P., ARGENTE G. et DANIEL L. (1992) Approche épidémiologique de l'excrétion de salmonelles dans un réseau de 50 exploitations bovines laitières avec et sans antécédents cliniques. *Ann. Méd. Vét.*, 136, 403-409.
- MUNCH B. (1983) On monitoring Salmonella in livestock and environment. In : *Priority aspects of salmonellosis research workshop in Brussels*, 199-209. H.E. Larsen Ed. Brussels.
- MUNCH B. et LARSEN H.E. (1988) Occurrence and persistence of Salmonella infections in danish cattle herds as monitored by slurry examinations. In : *Proceeding of the 6th International Congress on Animal Hygiene*, 606612.
- REILLY W.J. (1981) Human and animal salmonellosis in Scotland associated with environmental contamination, 1973-79. *Vet. Rec.*, 108, 553-555.
- SMITH M.G. et GRAU F.H. (1974) Salmonellae in abattoir effluents. *Aust. Vet. J.*, 50, 410-412.
- STRAUCH D. (1991) Survival of pathogenic micro-organisms and parasites in excreta, manure and sewage sludge. *Rev. sci. tech. Off. Int. Epiz.*, 10, 813-846.
- WALTON J.R. et WHITE E.G. (1980) Communicable diseases resulting from storage, handling, transport and landspreading of manures. Workshop in the EEC programme of coordination of research on effluents held at the Tierärztliche Hochschule, Hanover, Germany. 4-6 November 1980, 161-174. Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg.
- VANDERPOST J.M. et BELL B. (1977) Bacteriological investigation of Alberta meat-packing plant wastes with emphasis on Salmonella isolation. *Appl. Environ. Microbiol.*, 33, 538-545.
- WRAY C. (1975) Survival and spread of pathogenic bacteria of veterinary importance within the environment. *The Veterinary Bull.*, 45, 543-550.
- WRAY C. et CALLOW R.J. (1985) A note on potential hazards to animals grazing on pasture improperly treated with sewage sludge. *J. Appl. Bacteriol.*, 58, 257-258.
- YAZIS M.I. (1985) The effect of temperature on the destruction of Salmonellae in activated sludge. *Pertanika*, 8, 343-346.