

ROLE DES RESERVOIRS ET DE L'ENVIRONNEMENT
DANS LA SALMONELLOSE BOVINE

J. GLEDEL*

=====

RESUME : La fréquence non négligeable avec laquelle des salmonelles sont mises en évidence dans les différentes composantes de l'environnement, qu'il s'agisse des milieux extérieurs (sol, eaux, végétaux) ou des vecteurs animés, animaux sauvages (rongeurs, oiseaux, insectes, etc.) et animaux domestiques, conduit à s'interroger sur l'existence d'un lien épidémiologique entre leur contamination et l'apparition d'épisodes de salmonellose chez les animaux d'élevage et notamment les bovins.

L'étude bibliographique réalisée, confirme la présence et la possibilité de survie des salmonelles dans l'environnement. Une attention particulière est portée, de ce point de vue, aux boues d'origine urbaine et aux lisiers, en tant que maillons importants des cycles contaminants.

Cependant, il reste souvent difficile, en l'absence de marqueurs spécifiques, non discutables, de démontrer des relations directes de cause à effet entre la contamination de l'environnement et la pathologie bovine. Salmonella dublin constitue, à cet égard, une sorte d'enigme.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il sera toujours très délicat de déterminer qui, de l'environnement ou de l'animal, est l'initiateur de la contamination.

C'est pourquoi, il reste indispensable de poursuivre l'étude détaillée des souches isolées en pathologie bovine, mais également et surtout, de celles qui seront trouvées dans l'environnement au cours des enquêtes épidémiologiques précises qui doivent être menées de façon systématique, lors d'apparition de cas de salmonellose chez les bovins, afin de tenter d'obtenir des précisions sur leurs cheminements exacts.

SUMMARY : *Salmonella* are found with significant frequency in the environment, i. e. earth, waters, vegetation as well as wild animals (rodents, birds, insects...) or domestic animals. This leads to the question of epidemiological link between this broad contamination and the apparition of Salmonellosis outbreaks in farm animals, especially cattle.

The bibliographic study confirms the presence and the survival of *Salmonella* in the environment. Special attention is given to urban and farm sewages as important contaminating steps. However it remains very often difficult to assess any direct relationship between contamination and environment with the lack of any specific of thrustful marker. In this way Salmonella dublin represents an enigma.

* Ministère de l'Agriculture, Direction de la Qualité, Services Vétérinaires, Laboratoire Central d'Hygiène Alimentaire (L.C.H.A.), 43 rue de Dantzig, 75015 Paris.

With our present knowledges level, it will always be very difficult to tell, between environment and animal, which one is responsible of the contamination. That is why it is so important to go on studying carefully all the strains isolated in bovine pathology. Even more important is the study of all the strains coming from environment, found during the epidemiological surveys that have to be carry out everytime bovine salmonellosis occurs, with the hope to find out the real ways followed by contamination.

* *

INTRODUCTION

L'intérêt porté aux salmonelles n'est pas récent, cependant c'est essentiellement depuis une vingtaine d'années qu'une exploration bactériologique intensive, facilitée par la possession de techniques améliorées efficaces et codifiées, a permis de constater l'extrême diffusion des salmonelles. Elles peuvent être trouvées aussi bien chez l'Homme que chez les animaux domestiques ou sauvages, dans les aliments qu'ils soient d'origine végétale ou animale, ainsi que dans les éléments constitutifs de ce qu'on désigne sous le nom d'environnement : sol, eaux diverses, insectes...

Le sujet reste d'actualité, même si d'autres bactéries viennent solliciter l'attention des hygiénistes. De nombreuses réunions internationales leur sont consacrées et l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.) vient de publier sous la direction de A.H. Linton, en 1983, un excellent ouvrage intitulé "Guidelines on Prevention and Control of Salmonellosis". La tenue d'une réunion d'étude centrée sur la salmonellose bovine en 1984 en France constitue une illustration complémentaire du caractère actuel de ce thème.

Il semble que le développement d'élevages d'un type nouveau, élevages intensifs, le plus souvent hors sol, regroupant des nombres très importants d'animaux d'une même espèce, ait largement contribué à la dispersion de ces entérobactéries, au sein même des élevages ou à l'extérieur de ceux-ci dans les milieux environnants et la faune associée ainsi que dans les aliments et, par voie de conséquence, chez l'Homme.

Cette relation épidémiologique entre l'essor des élevages de type industriel et l'émergence de certains sérotypes est bien établie (c'est le cas de S. hadar ou de S. saintpaul par exemple). Il se peut qu'elle ne soit pas suffisante pour expliquer l'ensemble des contaminations observées chez l'Homme ou les animaux domestiques, mais on peut penser que la très large dissémination des salmonelles peut constituer la "ligne de base" à partir de laquelle prendront naissance des cycles courts propres à certaines espèces.

L'accumulation de données, parfois bien difficiles à relier entre elles, a cependant permis, et cela répondait à une exigence de l'esprit, de définir un concept de "Cycles de contamination" apportant une relative cohérence dans nos connaissances.

Les travaux de l'Ecole néerlandaise (Pr Kampelmacher) ont joué un rôle déterminant à cet égard. Ce concept de "Cycles" est séduisant car il relie entre elles les étapes contaminantes intéressant les animaux, les aliments, l'Homme et l'environnement.

Toutefois, certains auteurs dont Pohl (1984) considèrent qu'il aboutit à une simplification abusive et que l'étude approfondie des souches bactériennes conduit à penser qu'il existe, en fait, dans un certain nombre de cas et notamment dans celui de la salmonellose bovine, des cycles spécifiques intra-espèces.

La recherche bibliographique sur la salmonellose bovine révèle que c'est essentiellement la littérature étrangère qui fournit des informations et principalement les publications anglaises. Celles-ci font état d'observations détaillées dont la réalisation est sans doute facilitée par l'existence de dispositions réglementaires intéressantes (Zoonoses Order). Nous ferons donc largement appel à ces travaux, en dépit du fait que la transposition intégrale de données établies de l'autre côté du "Channel" reste soumise à critiques et bien que des travaux français de qualité aient été réalisés mais appliqués surtout à la salmonellose des veaux (Martel, 1980).

Nous ouvrirons notre propos par l'exposition de quelques cas réels, bien, étudiés, de salmonellose bovine, au cours desquels le rôle des milieux extérieurs a été fortement soupçonné, puis nous rapporterons les constatations faites quant à la contamination des eaux, des vecteurs animés présents autour des bovins. Enfin, nous traiterons des boues d'origine urbaine et des lisiers, car ces substances posent des problèmes de même nature, fort sérieux, mais non encore résolus, et méritent par conséquent un singulier intérêt.

I. LA RELATION : SALMONELLOSE BOVINE-ENVIRONNEMENT. : MYTHE OU REALITE ?

Quelques exemples puisés dans la littérature permettent d'illustrer le propos.

1.1. Episodes de salmonellose bovine à *S. typhimurium* (*S. tm*)

- ◊ J.F. Harbourne (1977) a bien analysé le déroulement d'un épisode survenu en 1977 dans un troupeau de 246 vaches laitières et dont *S. tm* était responsable.

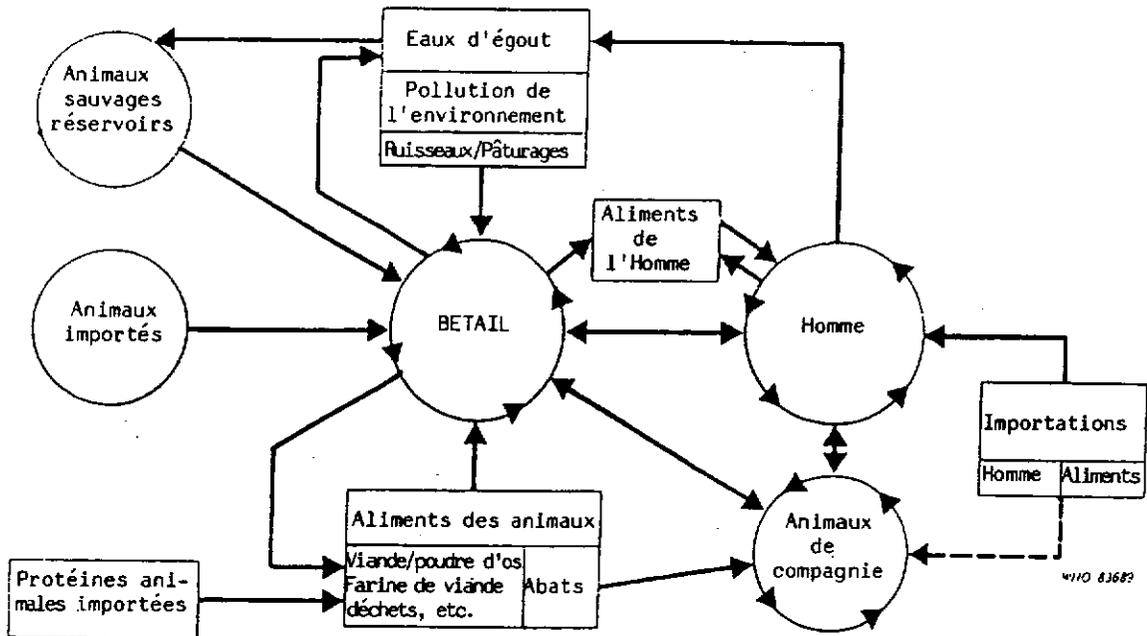
Les données simplifiées de l'affaire se présentent ainsi :

- . sur 246 vaches laitières, 22 excrètent *S. tm*
- . début des troubles : juillet
- . durée : 30 jours
- . Evolution globale : 1 vache morte, 5 veaux malades, 2 veaux morts.

Le troupeau reste en stabulation dans 2 étables qu'il ne quitte que pour la traite. L'alimentation à la période considérée, est constituée d'herbe fraîchement coupée et d'un concentré.

Le lisier est drainé vers une aire de lagunage. Un rû fait le tour de la ferme, en reçoit les effluents et traverse les prés attenants.

Figure 1 : Circulation des salmonelles.



From: Salmonella the food poisoner. Report by a Study Group of the British Association for the Advancement of Science 1975-1977.

Les examens bactériologiques mettent en évidence S. tm, sur une période de 54 jours, allant de fin juillet à fin septembre, dans les endroits ou supports suivants :

- . échantillon d'herbe fraîchement coupée dans les près voisins : 1 fois
- . zone de lagunage) entrée 6 fois
-) sortie 3 fois
- . fosse de drainage (laiterie) 3 fois
- . drain conduisant au fossé 2 fois
- . zone humide d'un pré réservé aux vaches tarées et aux génisses . 1 fois
- . ruisseau 1 fois

D'autres sérotypes furent isolés d'octobre à décembre, notamment dans le ruisseau (S. stanley, S. bredeney, S. taxoni, S. heidelberg, S. senftenberg). Après le mois de décembre, on ne retrouve plus de Salmonella. Signalons au passage l'intérêt de l'examen des filtres à lait, car dans le cas d'espèce, 20 échantillons de ce type sur 32 examinés se révélèrent contaminés par S. tm.

J.F. Harbourne indique que de l'ensemble des données recueillies et de leur analyse, fut acquise la conviction que la source primaire était, vraisemblablement, constituée par l'herbe récoltée sur les près avoisinants et sur lesquels du lisier avait, auparavant, été répandu.

- ◊ Un autre foyer de salmonellose bovine à S. tm a également été observé par les Anglais dans un troupeau de 130 vaches laitières (S. tm lysotype 49).
- ◊ J. Ramisse et S. Bouisset (1981) ont fait la relation d'un cas de salmonellose bovine à S. tm dont l'origine probable était représentée par l'eau d'une rivière où s'abreuvaient les bovins et qui était contaminée par un élevage de canards situé en amont. Les auteurs ont isolé S. tm dans l'eau et la boue et leurs résultats étaient encore positifs 10 jours après le début de l'infection. Cependant le ou les lysotypes ne paraissent pas avoir été déterminés.

1.2. Episodes de salmonellose bovine provoqués par d'autres sérotypes

A de nombreuses reprises, les spécialistes anglais ont souligné qu'il convenait de tenir compte, en pathologie bovine, d'autres sérotypes que S. dublin et S. tm qui restent cependant les responsables majeurs de la salmonellose bovine.

1.2.1. A S. paratyphi B

Deux épisodes infectieux de ce type ont été bien étudiés et sont rapportés par J.F. Harbourne (1977) et par G.W. Thomas (1978). Le premier eut lieu en 1972, le second en 1977. Celui de 1972 fut analysé par J.T.A. George et al. (1972). Tous deux débutèrent par un avortement (Signalons qu'au cours des années 1982-1983, le Service des entérobactéries du L.C.H.A. a reçu 26 souches de S. paratyphi B isolées en France lors d'avortements survenus chez des bovins).

Ce qui est intéressant dans ces deux cas, c'est l'existence d'une contamination animale secondaire à une contamination humaine.

Il fut prouvé, en 1972, qu'existait dans un village situé en amont de l'élevage laitier, un habitant porteur sain. S. paratyphi B (lyso-type Taunton) fut retrouvé dans la station d'épuration du village et dans le ruisseau en recevant l'effluent, ruisseau qui traversait les pâturages fréquentés par le troupeau. On peut indiquer, en complément, que ce porteur sain fut à l'origine de 90 cas humains secondaires à la suite de la contamination d'une eau de source par un drain rompu.

En 1977, ce fut le déversement anormal d'une fosse septique qui provoqua la présence de Salmonella sur un pâturage.

1.2.2. A S. bredeney

Un des auteurs cités précédemment rapporte deux autres cas provoqués par S. bredeney.

Dans l'un d'eux, 40 vaches laitières furent malades avec infection persistante à 10 semaines. S. bredeney fut notamment mise en évidence dans les aliments distribués aux animaux et la possibilité de l'inter-vention des rats et des souris fut retenue.

Dans le second cas, concernant un troupeau de 40 laitières, l'infection persista durant un an. Une vache avorta, 20 devinrent excrétrices dans les fèces et 14 dans le lait. Il fut noté qu'un effluent de station d'épuration traversait un pré de la ferme et que celui-ci avait juste-ment été inondé peu avant l'avortement.

1.2.3. A S. derby

Toujours rapporté par J.F. Harbourne, ce cas fut mis en relation avec la fréquentation d'un pâturage traversé par un rû dans lequel le sérotype incriminé fut isolé.

Si nous avons relaté les quelques observations précédentes, c'est qu'elles permettent de penser, après analyse des données, qu'effecti-vement, l'environnement et surtout les eaux superficielles, peuvent participer à la contamination des troupeaux bovins soit directement, soit indirectement. Les aliments destinés aux animaux peuvent également servir de vecteur, l'herbe lorsqu'elle est souillée par des effluents ou des eaux vannes ou les aliments stockés accessibles aux rongeurs.

A la lecture de ces descriptions, nous serions donc tentés de dire que la contamination des bovins à partir de l'environnement, est une réalité.

Cependant, en dehors des épisodes rapportés à S. paratyphi B, il faut remarquer que dans les autres cas, la démonstration irréfutable de la relation n'est pas effectuée. C'est davantage un faisceau de présomp-tions certes très fortes, plus qu'une certitude qui nous est révélé.

Sans doute, l'absence de marqueurs spécifiques complémentaires du séro-type est-elle de nature à laisser planer une relative incertitude.

Il peut paraître étonnant que S. dublin n'ait pas fait l'objet de relations semblables, tout au moins à notre connaissance. Certes C. Wray et W.J. Sojka (1977) ont fait une bonne analyse de la salmonellose bovine à S. dublin, mais les enquêtes détaillées incluant l'étude de l'environnement paraissent faire défaut.

Différents indices laissent à penser que S. dublin ne serait pas un sérotype communément retrouvé dans l'environnement (L.C.H.A. - Rapport Salmonella 1982-1983).

II. SURVIE DES SALMONELLES DANS L'ENVIRONNEMENT

Si l'environnement peut tenir une place dans les chaînes contaminantes c'est que les salmonelles possèdent l'aptitude à demeurer viables et virulentes en dehors des organismes vivants qu'elles parasitent habituellement.

Cet aspect de la biologie des salmonelles a été abordé par de nombreux auteurs, mais, si les conclusions sont positives quant aux possibilités de survie, elles divergent parfois notablement sur la durée de cette survie. Peut-il d'ailleurs en aller autrement lorsque tant de paramètres entrent en jeu : conditions climatiques, nature des supports, nature des sols, compétition bactérienne, etc.)

Nous rapportons ici diverses données mais celles qui intéressent les boues et les lisiers, seront incluses dans le chapitre consacré à ces éléments.

- ◊ P.W. Jones (1979) a étudié la survie dans le sol et sur les pâturages. Selon lui, les facteurs influents sont :

- . le nombre de microorganismes présents dans le sol,
- . la température ambiante,
- . l'humidité,
- . la matière organique utilisable par les salmonelles, mais aussi par la flore associée ou antagoniste.

Selon l'impact de ces différents facteurs, la survie peut aller de 30 jours à 1 an dans le sol.

- ◊ C.R. Findlay (1972) fournit les chiffres suivants pour S. dublin :

- . dans les fèces d'un animal infecté, survie supérieure à 28 semaines ;
- . lors d'épandage, la survie au sommet de l'herbe serait de 10 jours contre 14 à 19 à la base de l'herbe.

Cependant, lors d'épandage sur prairie effectué en octobre, la survie pourrait atteindre 24 semaines contre 13 en mars.

- ◊ A.H. Linton (1983) a dirigé les travaux de spécialistes qui ont abouti à la publication de l'ouvrage O.M.S. signalé précédemment. Celui-ci contient des informations nombreuses tirées d'une intéressante bibliographie.

- . Inactivation par la chaleur (en bouillon) 60°C - 1 heure 25
70°C - 5 minutes
- . Inactivation par les rayons solaires : 10 jours

- . Survie dans des produits secs : poussières : 80 jours
 cendre de charbon : 136 jours
 déjections sèches : 90 à 185 jours
- . Survie à 8°C : en eau de rivière : 20-120 jours
 dans le sol : 2 mois
 dans la boue : plus de 3 mois
- . Survie sur les vêtements : au jour : 10-48 jours
 dans l'obscurité : 26-62 jours
- . Survie sur des revêtements :
 - nylon : 30-40 j ; cuir : 28-38 j ; métal : 55 j ; terre : 43 j
 - plancher en bois : 87 jours
 - murs en bois : 78 jours
 - boîtes pour aliment : 108 jours
- . Survie dans l'eau :
 - eau de mer : 3-11 jours
 - étang et lac : 28-84 jours
 - eau de pluie : 118 jours
 - eau de puits : 3 mois
 - eau du robinet : 29 jours
- . Survie dans diverses solutions :
 - saumure à 20 p. cent de ClNa : 4-6 mois
 - solution d'acide acétique à 8 % : 18 heures
 - solution d'acide acétique à 6 % : 24 heures
 - solution d'acide lactique à 1 % : 12 heures (S. dublin)

◇ C. Wray (1975) et C. Wray et W.J. Sojka (1977) ont repris les données fournies par plusieurs auteurs sur ce sujet (Field, Henning, Gibson, Watts et Wall, Man et Ron, Gribkin, Stranch...) d'où il ressort que S. dublin pourrait persister 73 jours dans les fèces en hiver et 119 jours en été, alors que pour certains, cette survie pourrait être plus longue encore : 6 mois dans les fèces à l'extérieur et 10 mois sur les murs voire 8 à 36 mois dans les fèces desséchées.

Cette survie très prolongée de S. dublin dans les matières fécales sèches déposées sur les murs est également soulignée par B.M. Williams (1975) qui a noté une survie de 11 mois.

Dans l'eau d'un étang, S. dublin survit 115 jours mais il y a une évolution quant à l'importance des survivants (décroissance progressive). S. tm survivrait plus de 200 jours dans le sol et même plus de 12 mois dans les sols humides.

◇ S. Platz (1980-1981) a, lui aussi, observé la survie des salmonelles dans le milieu extérieur et retient pour S. tm des délais de 28 à 77 jours de survie sur l'herbe près du sol et dans la partie superficielle du sol.

Il signale que le temps de survie décroît avec l'abaissement de la température à la surface et dans le sol. Ainsi :

- . A 14,1°C : survie de 47 jours
- . A 3,2°C : survie de 32 jours
- . A 0,6°C : survie de 3 jours.

Selon cet auteur, les salmonelles pénètrent dans le sol et leur temps de survie dans le sol est double de celui observé à la surface du sol. Les bactéries sont surtout retrouvées dans les 15 premiers centimètres du sol. Les sols lourds assurent une meilleure protection que les sols sableux. S'il existe un processus d'auto-épuration, celui-ci n'est pas corrélé avec l'importance de la biomasse du sol.

- ◊ L.M. Zibilske et R.W. Weaver (1978) ont noté l'influence de divers facteurs et tenté de définir les corrélations existant entre eux. Ils ont fait, notamment, varier la température et l'humidité et observé, ainsi que cela est prévisible, une relation entre température et humidité, entre durée de contact et nature du sol. Ainsi, d'après eux, *S. tm* meurt en une semaine dans un sol sec à 39°C alors qu'à 5°C et 22°C la survie est nettement plus longue.

L'ensemble des données rapportées ci-dessus, indique bien que les salmonelles possèdent une aptitude à survivre dans le milieu extérieur pendant des périodes de durée non négligeable qui restent fonction de nombreux paramètres dont les conditions climatologiques et la nature du sol ou du support constituent l'essentiel.

III. LA CONTAMINATION DES EAUX

Nous entendons surtout évoquer la présence des salmonelles dans les eaux de surface et dans les effluents, la relation épidémiologique entre ces deux milieux étant d'ailleurs assez étroite.

Les épisodes de salmonellose bovine rapportés en tête de ce document, faisaient place au rôle de vecteur joué par l'eau dans la chaîne de contamination. Au cours des enquêtes conduites à l'occasion de ces cas, des contrôles furent effectués en milieu rural et semi-rural, sur les effluents de stations d'épuration par la méthode des "gazes flottées".

Pendant 52 semaines (juin 1975 à juin 1976), 316 isollements de salmonelles furent obtenus (29 sérotypes) mais il fut relevé une très grande variabilité dans l'efficacité épuratrice des stations, certaines étant totalement et constamment inefficaces.

J.F. Harbourne concluait d'ailleurs, qu'il y avait lieu de considérer les évacuations à partir des fermes, les effluents des stations d'épuration, les petits ruisseaux et les rives des cours d'eau, comme autant de voies par où les salmonelles s'échappaient dans l'environnement.

Les animaux peuvent absorber des salmonelles directement à partir d'eau polluée ou indirectement par l'intermédiaire d'herbe souillée. L'irrigation et l'épandage peuvent être à l'origine d'un contact Salmonella/Animal.

En 1981, l'Unité d'Epidémiologie de Weybridge (Anonyme, 1981) a signalé que durant 6 mois, la contamination de pâturages par suite de débordements d'eaux vannes, était survenue 6 fois (5 fois avec *S. tm* et 1 fois avec *S. heidelberg*) et que la contamination par des rongeurs ou des mouettes avait été notée 4 fois.

C. Wray et P.W. Sojka (1977) soulignent l'importance des infections d'origine hydrique et remarquent que les salmonelles peuvent se multiplier dans les eaux en présence de matières organiques. D'après ces auteurs, Pohl aurait isolé des salmonelles dans des effluents et des boues dans lesquels S. tm serait resté viable au delà de 7-8 semaines.

L'intérêt sanitaire majeur qui s'attache au bon fonctionnement des stations d'épuration est renforcé par le fait que d'après certains auteurs, 1 p. cent de la population humaine excréterait des salmonelles à un moment ou à un autre.

H. Leclerc (1971) a bien montré avec quelle fréquence les salmonelles pouvaient être présentes dans les effluents des stations et pour lui les abattoirs seraient une source contaminante non négligeable. V. Tomescu (1974) avait confirmé ce fait pour les grands combinats porcins.

Une étude plus récente de J. Deleener et K. Haegebaert (1982) sur la contamination des eaux de surface en amont et en aval de la ville de Bruges, a mis en lumière l'existence en aval d'une pollution supérieure à celle de l'amont, principalement pour ce qui concerne le nombre des sérotypes isolés.

L'excellent travail de Marie-Louise Danielsson (1977) démontre, à l'évidence, la présence de Salmonella dans les effluents et les boues d'un certain nombre de stations d'épuration suédoises.

L'expérience montre donc qu'il n'est pas suffisant de construire des usines de traitement des eaux vannes, ce qui par ailleurs est louable, mais qu'il est indispensable, en plus, d'en faire assumer le fonctionnement correct par des personnels qualifiés disposant des moyens matériels adaptés. L'efficacité de ces établissements ne devrait pas se mesurer seulement à l'abaissement de la D.B.O* ou de la D.C.O.* mais aussi à leur capacité à retenir les microorganismes et parasites pathogènes.

J.P. Morisse (1982) a procédé à la surveillance d'un cours d'eau traversant une zone où sévissait la salmonellose bovine. Cette zone d'une superficie évaluée à 15.500 ha, abrite de nombreux élevages de caractère intensif, de porcs et de volailles principalement, mais aussi de bovins. Y sont encore installés 2 couvoirs, 1 laiterie et 4 abattoirs (bovins, porcs, poulets, dindes). La surveillance a porté sur une portion de 20 km et une trentaine de points de prélèvement ont été définis. Sur le cours principal, on prit 40 échantillons et sur les affluents (ruisseaux, sources) 72 échantillons.

39 p. cent des échantillons furent positifs avec identification de 14 sérotypes. Sur le cours principal, 57,5 p. cent des prélèvements contenaient les salmonelles contre 29,2 p. cent de ceux provenant des affluents. Il faut noter que S. dublin ne figure pas parmi les sérotypes identifiés.

* D.B.O. : Demande biologique en Oxygène.
D.C.O. : Demande chimique en Oxygène.

Nous signalons que très récemment, le Laboratoire Vétérinaire de St Lo (50) a isolé des souches de S. dublin dans l'eau d'un ruisseau traversant un pré utilisé par un troupeau atteint de salmonellose à S. dublin (Mme B. Corbion, Communication personnelle).

W.J. Reilly et al. (1981) ont publié une synthèse des données disponibles, en Ecosse, pour la période 1973-1979, sur la salmonellose apparue chez l'Homme et les animaux par suite d'une contamination de l'environnement.

Sur 26 épisodes recensés, 23 se rapportent à des troupeaux et 3 impliquent l'Homme. Les sources contaminantes sont :

. Effluents eaux usées (station)	: 10
. Effluents fosses septiques	: 8
. Boues	: 3
. Mouettes	: 3
. Effluents d'abattoirs	: 2

Ce rapport est particulièrement instructif et démonstratif. Il signale par exemple, qu'en 1978, 200 personnes environ ayant consommé du lait cru ont été atteintes de salmonellose et que S. tm fut isolé des bovins plusieurs semaines après l'application sur le terrain, de boues dont une partie provenaient d'un effluent d'un établissement de préparation de volailles où le même sérotype fut isolé.

Sur les 18 épisodes en relation avec les effluents de stations ou de fosses septiques, il fut noté à 8 reprises que le bétail et les humains buvaient de l'eau polluée.

Ces observations confirment donc que les rejets de diverses natures et origines participent à la dispersion des Salmonella.

D'autres auteurs, tels B.M. Williams et al. (1976), J.L. Martel (1984) ont rappelé que les animaux devaient recevoir une eau dont la qualité hygiénique ne puisse être suspectée.

Bien qu'il paraisse judicieux de ne pas exagérer les risques (P. Boutin, 1982), il demeure cependant nécessaire de poursuivre les études sur la survie et la présence des microorganismes pathogènes dans les effluents des établissements de traitement des eaux ainsi que sur les possibilités d'assainissement que procurerait une désinfection des divers rejets (Rapport CREATE, 1980).

D.B. Roszak et al. (1984) ont publié un article qui introduit un doute sur la valeur réelle des examens de laboratoire effectués pour révéler la présence des salmonelles dans les eaux. Les résultats observés ne seraient peut-être pas le reflet de la réalité. En effet, ces auteurs ontensemencé, avec S. enteritidis, de l'eau du Potomac stérilisée au préalable et ils ont pu noter, grâce à l'utilisation de différentes techniques de recherches, qu'en l'absence d'UFC (Unité formant colonie) sur gélose, on pouvait néanmoins mettre en évidence dans cette eau, des Salmonella viables, présentant une sorte d'état de "dormance".

Pour clore ce chapitre nous pouvons dire que le milieu hydrique constitue un support favorable à la survie et à la diffusion des Salmonella et qu'il participe de manière déterminante aux cycles de contamination.

IV. SALMONELLA ET VECTEURS ANIMÉS

Ce sujet fait l'objet de nombreuses publications mais il y est souvent fait référence aux mêmes travaux.

Parmi les différents animaux susceptibles d'apporter des Salmonella dans l'environnement immédiat des bovins, il faut faire une mention particulière pour les vecteurs libres, sauvages : oiseaux, rongeurs, insectes mais signaler aussi le rôle éventuel des autres animaux domestiques, chevaux, chiens, chats, volailles.

4.1. Rongeurs

Volontiers accusés d'être des colporteurs privilégiés d'agents pathogènes pour l'Homme et les animaux, les rongeurs ont la malchance, dans le domaine des Salmonella, d'avoir donné leur nom au sérotype le plus ubiquitaire et le plus redouté, S. typhimurium. De là à considérer que tous les rongeurs sont porteurs de Salmonella, il n'y a qu'un pas, vite franchi, mais peut être avec trop de précipitation.

J.E. Mesina et R.S.F. Campbeil (1975) rapportent des pourcentages de positivité notable, 22 p. cent de sujets positifs dans certaines études, avec toutefois des cas négatifs ou très faiblement positifs (4 p. cent).

A.G. Hunter et K.A. Linklater (1976) ont décrit un cas grave de salmonellose apparue d'abord chez des ovins, suivie de la contamination d'un pâturage et de l'apparition de bovins excréteurs durant 1 an, avec un second épisode chez les ovins. Le sérotype responsable était S. tm (lysotype UGS) qui fut retrouvé chez les animaux domestiques, les grains d'orge distribués à ceux-ci et chez des souris capturées.

Les équipes indiennes (L.D. Sharma et al., 1980 ; S. Singh et al., 1980) ont recherché les Salmonella sur 256 rats (16 positifs) et 109 souris (11 positifs). Les sérotypes isolés comportaient : S. saintpaul, S. bareilly, S. newport, S. veltoreden, S. enteritidis, S. typhimurium, S. hvittingfoss, S. anatum, S. paratyphi B.

L'O.M.S. (Anonyme, 1975) fait état de résultats positifs chez les rats, en Birmanie, Israël et Thaïlande.

Par contre, J. Billon et al. (1983) procédant à l'examen systématique de 1.009 rats capturés à Paris au cours de plusieurs années n'ont mis en évidence que 3 sujets contaminés par S. panama.

4.2. Oiseaux

Des enquêtes faites essentiellement par des épidémiologistes et des bactériologistes anglais ont permis de préciser la grande fréquence de portage de Salmonella par les mouettes.

W.S. Johnston et al. (1979) ont pu rattacher l'évolution de la salmonellose dans un troupeau laitier de 180 vaches dans le nord de l'Ecosse, à la contamination du point d'eau servant à alimenter la ferme, par des mouettes. Celles-ci (Larus argentatus) se contaminaient elles-mêmes en fréquentant le point de déversement en mer d'effluents urbains. Les sérotypes isolés avaient nom : S. dublin, S. agona, S. tm (lyso 165), S. heidelberg, S. bovis morbificans.

La chronique O.M.S. (Anonyme, 1979) a relaté un cas de contamination humaine par la présence de mouettes dans la cantine d'un hospice.

B.M. Williams et al. (1976) citent eux aussi, des exemples probants et montrent que toutes les colonies de mouettes ne sont pas atteintes avec la même intensité. J.W. Macdonald et D.D. Brown (1974) avaient également évoqué ce sujet.

D.R. Fenlon (1981) a analysé les fèces de 1.242 mouettes de la région d'Aberdeen et a trouvé 12,9 p. cent de porteurs. Le mode de contamination est identique à celui signalé plus haut et les 22 sérotypes identifiés correspondent à ceux isolés chez l'Homme : S. bredeney, S. chester, S. cubana, S. derby, S. give, S. goldcoast, S. grampian, S. hadar, S. heidelberg, S. infantis, S. kedougou, S. lille, S. london, S. muenchen, S. panama, S. saintpaul, S. sandiego, S. tennessee, S. tompson, S. typhimurium, S. virchow, S. worthington.

J.P. Willemart, lors de Journées sur les salmonelloses aviaires (Paris 1972), avait attiré l'attention sur l'importance de cette contamination par les mouettes en citant les contrôles effectués à Hambourg qui montraient que les colonies proches des lieux de déversement des égouts étaient les plus fréquemment composées de porteurs. B. Hurvell (1973) a publié une note sur le rôle joué par les oiseaux sauvages dans la dissémination de S. tm en Suède.

D'autres espèces d'oiseaux ont fait l'objet d'investigations de même nature. Ainsi N. Singer et al. (1977), en Israël, examinant 762 oiseaux appartenant à 15 espèces différentes, notent que 8 espèces sont contaminées par Salmonella. Sur 659 sujets contrôlés parmi celles-ci, 40 furent positifs. A nouveau, les auteurs signalent que les sérotypes mis en évidence correspondent à ceux trouvés chez l'Homme et les animaux domestiques : S. typhimurium qui est dominant, mais aussi S. blockley, S. dublin (isolée chez une mouette), S. sofia, S. enteritidis, S. heidelberg, S. senftenberg, S. hessarck, S. anatum.

Aux U.S.A., on a signalé la présence de Salmonella chez des grues vivant en Indiana et au Wisconsin (S. enteritidis et S. arizonae). Les auteurs indiens cités précédemment, trouvent 11 sujets positifs sur 104 pie-grièches examinées et 20 autres sur 790 oiseaux sauvages.

Les moineaux peuvent héberger des salmonelles. Quevedo et al. (1973) isolent divers sérotypes chez 21 moineaux sur 206 capturés dans des parcs pour chevaux (sérotypes : S. good, S. montevideo, S. newport, S. tm lyso 29). Au Canada, 9 moineaux sur 60 (15 p. cent) furent trouvés porteurs de S. tm. Des tourterelles se sont révélées excréteurs intermittents.

4.3. Insectes

S.P. Singh, M.S. Sehti et V.D. Sharma (1980) ont, en plus de leurs travaux signalés précédemment, procédé à la recherche de Salmonella chez des cafards et des fourmis : sur 270 cafards, 3 furent positifs et sur 30 fourmis, 2 furent positives. Selon l'O.M.S., des mouches furent trouvées porteurs de S. thompson, S. tm, S. eimsbuettel S. good aux Pays-Bas.

4.4. Autres animaux libres

Les serpents du désert de Judée surveillés par Z. Greenberg et al. (1976) se révélèrent fréquemment contaminés mais surtout par S. arizonae (94 sujets porteurs sur 121 appartenant à 18 espèces différentes).

M.P. Doutré et H. Sarrat (1973) en étudiant les chiroptères de la région de Dakar, sur 646 sujets observés, trouvèrent 11,7 p. cent des sujets des espèces frugivores, positifs et 13,6 p. cent de ceux appartenant aux espèces insectivores positifs. Ils identifièrent 64 sérotypes dont 48 étaient trouvés chez l'Homme dans la même région.

Aux Indes, des crapauds furent l'objet d'une curiosité scientifique (V.D. Sharma, 1977 ; S. Singh, 1979). Une première approche révéla 121 spécimens (soit 36,7 p. cent) porteurs de Salmonella sur 329. Il est utile de retenir que les sérotypes fréquents chez l'Homme dans la même région (S. telhashomer par exemple) furent identifiés. Le portage par ces animaux serait un portage très intense (10^9 - 10^{10}). La seconde enquête, par contre, ne mit que 40 sujets porteurs en évidence sur 570. Là, également, on pouvait noter la concordance avec les sérotypes d'origine humaine (S. goverdhan, S. bareilly, S. richmond, S. tm, S. weltevreden S. newport).

Des grenouilles, des lézards, des tortues d'aquarium ont également été reconnues contaminées. Pour ces dernières, ce fait a été jugé suffisamment gênant pour que leur commerce soit réglementé (M. Cohen, 1980).

4.5. Autres animaux domestiques

Les bovins peuvent se trouver au contact d'autres animaux domestiques ou entrer en contact avec des matières contaminantes souillées par ceux-ci. Ainsi la salmonellose équine avec portage sain n'est pas une rareté. C. Wray et al. (1981) ont signalé entre 1973 et 1979, l'apparition en Angleterre et Pays de Galles, de 413 épisodes dont 292 provoqués par S. tm et 121 autres liés à 33 sérotypes différents dont S. dublin et S. hadar.

D.F. Gibbons (1980) dans une revue consacrée à ce sujet, rappelle le rôle que pourraient tenir les moineaux dans le développement de la salmonellose équine.

En France, J. Vaissaire et al. (1982) ont surveillé des foyers de salmonellose équine à S. tm et observé la persistance des Salmonella sur des matériaux non soumis à une désinfection convenable.

En réalité, quelle que soit l'espèce animale d'origine, il est indispensable de posséder le maximum d'informations possibles sur les souches isolées. C'est actuellement particulièrement vrai pour S. typhimurium pour laquelle des schémas de lysotypies sont disponibles. De telles études détaillées permettent de révéler, par exemple, les interconnexions existant entre des types phagiques identifiés lors d'épisodes infectieux étalés dans le temps. Un bon exemple est constitué par les lysotypes 49, 204 et 193 qui se sont révélés particulièrement agressifs en pathologie bovine (Ruth Barker et D.C. Old, 1980).

Bien entendu, la possibilité existe de voir des chiens et des chats véhiculer des Salmonella. J.G. Fox et C.M. Beucage (1979) ont pu vérifier sur des chats destinés à la recherche pharmaceutique, que 15 sur 142 étaient porteurs de Salmonella (soit 10,6 p. cent). Les sérotypes identifiés avaient nom : S. tm, S. anatum, S. enteritidis, S. bredeney.

Des enquêtes effectuées sur des chiens des grandes villes révèlent un portage non négligeable, jusqu'à 30 p. cent (A.H. Linton, 1983 ; R.M. Schaffert et al., 1978).

Il y a donc à proximité des bovins et des aliments qui leur sont destinés, une très grande variété d'animaux capables de transmettre ou de répandre des Salmonella. Sans doute doit-on ajouter à cette liste, l'Homme lui-même, maillon robuste de la chaîne infectante.

V. LES EPANDAGES : BOUES et LISIERS

Il nous est apparu préférable de regrouper les informations relatives à ces deux matières, qui font l'objet d'une utilisation presque semblable et qui peuvent comporter des risques de même nature.

5.1. Quelques chiffres

- . Boues : Au Royaume Uni, on estime à 30 millions de tonnes le volume des eaux usées à traiter, à partir desquelles sont obtenues plus de 1.200.000 tonnes de résidus semi-solides (par an). Dans la région parisienne, la station d'épuration d'Achères reçoit chaque jour 2.100.000 mètres cubes d'eaux usées et pluviales. Il est encore procédé, dans la région, à un épandage direct sur 3.750 ha.
- . Lisier : Une estimation anglaise situe au voisinage de 130 millions de tonnes la masse des excreta animaux pour une année.

Ces quelques chiffres suffisent à démontrer l'ampleur du problème résultant de la nécessité d'éliminer ces déchets.

Lisier et boues sont des composés riches en substances organiques et minérales et il est logique de vouloir réutiliser ce potentiel en agriculture. Cependant, les possibilités réelles d'utilisation sont souvent insuffisantes face aux volumes à éliminer.

Ainsi pour les boues :

Au Royaume Uni	23 % vont à la mer
	42 % vont à l'épandage
	24 % servent à remblayer
	3 % sont incinérées
Aux U.S.A.	15 % vont à la mer
(S. Torrey, 1979)	25 % vont à l'épandage
	25 % servent à remblayer
	35 % sont incinérées

Pour les lisiers, une des principales difficultés réside dans le déséquilibre existant entre le volume considérable des excréta et le peu de surfaces disponibles à proximité immédiate des élevages hors-sol.

5.2. Données concernant les boues

Les eaux vannes (avec ou sans eaux pluviales selon les systèmes unitaires ou séparatifs) arrivant dans les stations d'épuration subissent diverses opérations : dégrillage, déssablement, passage dans les décanteurs primaires éliminant les boues les plus lourdes, puis passage dans des bassins d'aération où agissent les boues activées et enfin passage dans les décanteurs secondaires où s'élimine une grande partie des boues. L'épuration des eaux, ainsi obtenue, est de l'ordre de 90 p. cent et permet le déversement dans un milieu naturel.

Les boues récupérées peuvent subir des traitements destinés à les stabiliser, c'est-à-dire à supprimer leur aptitude à la fermentation. Elles peuvent passer dans des digesteurs (cuves closes maintenues à 35°C) qui assurent la stabilisation par digestion anaérobie mésophile (3 semaines). On cherche ensuite à réduire leur volume, par épaissement et deshydratation (lits de séchage ou essorage mécanique) ce qui donne un produit à 50-60 p. cent d'humidité.

Les boues peuvent être utilement mélangées avec d'autres produits, tels les ordures ménagères et servent alors sous forme de composts (P. Giloux, 1981).

◇ Survie des bactéries pathogènes

Du fait de leur origine, la présence de bactéries pathogènes dans les boues s'impose à l'évidence. Le processus d'épuration se traduit d'ailleurs par un fort abaissement du nombre des bactéries pathogènes dans la phase liquide et par une augmentation dans les boues.

Dudley et al. (1980) ont publié un tableau rassemblant les espèces bactériennes trouvées dans les boues de 3 sites différents au Texas (2 boues provenant de digesteurs et 1 d'un lagunage). Les espèces à Gram négatif y sont largement dominantes bien que Cl. perfringens atteigne des taux de $10^7/g$. Les Salmonella sont mises en évidence dans les 3 sites mais en faible quantité.

Ces auteurs rapportent des données affirmant que 90 p. cent des boues renferment des Salmonella et que leur survie dans ce milieu pourrait atteindre 72 semaines.

C. Wray (1975) observe des survies de 15 à 18 semaines et Marie-Louise Danielsson (1977) des survies de 12 à 16 mois dans les boues et les sols les recevant.

Pour Ch. F. Russ et N.A. Yanko (1981), les boues pourraient être le siège d'un phénomène de "repopulation" notamment lorsque l'humidité résiduelle est voisine de 40 p. cent. Dans un tel cas, les Salmonella présentes à $10^3/g$ peuvent atteindre des valeurs supérieures à $10^9/g$, en 2 jours.

Par contre, s'il y a moins de 20 p. cent d'humidité, la multiplication est stoppée. Le rapport C/N serait déterminant et favorisant, lorsqu'il est de l'ordre de 15/1.

A Los Angeles, des études poursuivies durant 5 ans, montrent, selon ces mêmes auteurs, que les boues digérées en anaérobiose, contiennent 10^5 Salmonella par gramme de matière solide totale. Le compostage abaisse le niveau de cette population à des seuils très bas ($< 0,2$ NPP/g) sans pour autant qu'il y ait stérilisation.

En dépit des avantages du compostage (A. Wolman, 1977 ; S. Torrey, 1979) il semble que les entérobactéries puissent, lors de la dessiccation entrer dans une sorte de "dormance" qui les rendrait résistantes à la chaleur et même aux radiations.

C.F. Jelinek et G.L. Braude (1978) estiment que la contamination des terrains peut entraîner celle des aliments destinés à l'Homme et aux animaux par des microorganismes ou des résidus persistants (DDT, PCB, métaux toxiques) et qu'elle crée un risque sérieux de santé. Ils rappellent que la Food and Drug Administration (F.D.A.) a fait procéder à l'analyse des boues de 21 villes de Pensylvanie, quant à la présence d'oeufs d'Ascaris et de Salmonella et que tous les échantillons se révélèrent positifs.

Il est généralement admis (A.H. Linton, 1983) que l'épandage des boues non traitées, de même que celui d'effluents non épurés, est de nature à renforcer la transmission des Salmonella par les cycles préexistants. Il est donc nécessaire de prendre des mesures de protection touchant soit aux boues elles-mêmes (traitement) soit aux conditions de leur emploi sur le terrain. En relation avec ce second point, on peut proposer :

1. un délai important entre l'application et la présence d'animaux ;
2. l'absence d'épandage sur des plantations à récolter rapidement, spécialement s'il s'agit de produits à consommer crus.

Le nombre des Salmonella décroît en 3 à 6 semaines mais cela reste très dépendant des conditions climatiques et de la composition du sol. W.J. Reilly et al. (1981) proposent d'attendre 6 mois en cas d'épandage de boues non traitées et 3 semaines pour les boues traitées.

Afin de réduire les nuisances liées à leur utilisation, les boues sont ordinairement soumises à une étape de stabilisation avant application.



Elles subissent souvent une déshydratation et restent stockées, à certaines périodes de l'année, en attente de commercialisation ; à 30°C ou plus ainsi que cela existe lors de la digestion anaérobie mésophile, les Salmonella peuvent disparaître en 30 jours mais seulement si l'on traite par lots bien définis. Dans les procédés en continu, il y a recontamination permanente.

Signalons à titre de curiosité que les fertilisants organiques d'origine animale utilisés pour les jardins peuvent aussi abriter des Salmonella (H. William Smith et al., 1982).

En dehors de leur utilisation courante, on a pensé que les boues pourraient servir à l'alimentation animale, mais le principal obstacle demeure la teneur élevée en métaux lourds et en certaines substances étrangères (plombs, zinc, cuivre, mercure, cobalt, chrome, cadmium, molybdène) à des seuils supérieurs à 500 ppm dans les échantillons les moins contaminés (S.H. Smith et H. Rothman, 1981). Ce problème a également été évoqué pour les lisiers (K. Bögel et al., 1978).

Pour supprimer le risque biologique, la décontamination des boues (D. Alexandre et al., 1975) peut être réalisée par :

- . Traitement par la chaleur à 65-70°C/30 minutes ("pasteurisation"). Il serait, en fait, souhaitable de l'appliquer avant la digestion ("prépasteurisation").
- . Utilisation des rayonnements ionisants à des doses au moins égales à 3 kGy. Certains essais auraient montré l'existence d'effets néfastes sur la symbiose des microorganismes au niveau sol-plante (R.A. Spitko et W.J. Manning, 1981).
- . Stabilisation aérobie thermophile. Il y a stockage et aération. La température atteint 55-60°C. Serait efficace en des temps très courts (24 heures).
- . Traitement par la chaux. L'élévation du pH à des valeurs de 10-11 s'accompagne de la mort de nombreuses Salmonella. Le pH doit rester très élevé pour éviter le phénomène de repopulation.

D'une manière générale, les boues désinfectées doivent être protégées contre toute recontamination.

5.3. Données concernant les lisiers

Le développement des élevages hors sol, qui comporte nécessairement la concentration d'effectifs animaux considérables sur des surfaces réduites, a provoqué l'émergence de nouveaux problèmes de santé publique d'une ampleur insoupçonnée. Les déjections de ces animaux, qui ne peuvent plus 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 épuratrice, c'est vers l'épandage qu'a été recherchée une solution. Or les surfaces disponibles à proximité de ces grands élevages souvent concentrés dans des secteurs géographiques limités, ne sont pas suffisantes pour être utilisées à une telle fin, de manière satisfaisante.

Source de nuisances immédiates (odeurs nauséabondes), les lisiers peuvent participer des cycles infectants en assurant la dissémination directe ou indirecte d'agents pathogènes pour l'Homme et les animaux.

Une littérature assez abondante témoigne de l'importance du sujet. Nous signalons, entre autres, l'ouvrage de E.P. Taiganides intitulé "Animal Wastes" publié en 1977, ainsi que le compte rendu de la consultation d'Experts de l'Organisation Mondiale de la Santé qui s'est tenue à Rome en 1978 et qui était centrée sur l'étude de "Quelques problèmes de Santé publique vétérinaire" (A.J. Stevens, 1978).

Les élevages sur litière ne sont pas à l'origine de sérieuses difficultés, cependant les troupeaux laitiers peuvent produire des quantités notables de lisier en raison de l'existence d'aires de stabulation et de rassemblement fréquemment lavées. Les lisiers d'élevages de porcs, de volailles, de veaux sont, encore plus, sources de nuisances multiples.

Rappelons qu'on appelle lisier, la totalité des déjections animales lorsqu'elles sont recueillies sous forme liquide. Elle comprennent l'urine, les fèces, les déchets alimentaires divers, parfois un peu de paille et les eaux de lavage. On peut opposer le lisier au fumier comportant beaucoup de paille et dont le stockage pendant une longue période, assure la destruction de nombreux organismes pathogènes, notamment des bactéries sous forme végétative, en raison des fermentations très actives qui s'y produisent et qui provoquent une forte élévation de la température (au delà de 60°C). Les Salmonella y disparaîtraient en 37 jours (P.W. Jones, 1979).

◇ Aspect et évolution du lisier

Le lisier se présente sous des aspects variables, en fonction de l'espèce animale productrice mais aussi pour une même espèce, selon divers facteurs, tels que teneur en eau des aliments, volume d'eau ajoutée provenant des aires de circulation et des abreuvoirs, l'abondance des déchets alimentaires. On peut distinguer :

- . le lisier pompable, donc liquide, avec des variantes :
 - lisier liquide (7 p. cent de M.S.)
 - lisier semi liquide (7 à 12 p. cent de M.S.)
 - lisier pailleux (8 à 15 p. cent de M.S.)
- . le lisier pelletable, lisier pailleux ou non, ayant des teneurs en M.S. de l'ordre de 15 à 20 p. cent.

Une évolution se produit au cours du stockage. Il y a séparation en plusieurs couches :

- . formation d'une masse spongieuse, en surface (paille, matières cellulosiques, débris alimentaires), qui pourra se couvrir d'une croute plus ou moins desséchée et épaisse ;
- . chute au fond, des particules lourdes, formant une boue ;
- . existence entre les 2 précédentes couches, d'un liquide assez fluide composé surtout d'urine et d'eau.

L'ensemble devient rapidement le siège de fermentations anaérobies intenses provoquant des dégagement gazeux et des odeurs nauséabondes.

Le lisier de bovins tend à former une croute très épaisse surtout en été.

◊ Utilisation du lisier

Le lisier étant destiné, pour bonne part, à être répandu sur le sol et les diverses couches le composant n'ayant pas la même valeur fertilisatrice, il est indispensable de l'homogénéiser. Ceci s'effectue grâce à des moyens mécaniques : mixers, agitateurs, pompes (S. Ramel, 1983). L'épandage s'effectue selon les caractères physiques du lisier à l'aide de pompes alimentant un réseau de canalisations ou à l'aide de tonnes à lisier munies de dispositifs disperseurs.

L'agitation du lisier s'accompagne d'une aération de celui-ci. Elle se révèle bénéfique en limitant les fermentations et les nuisances dues aux odeurs. D'autres systèmes complémentaires sont utilisables (J. Coillard, 1982), comme le ruissellement sur un lit bactérien, l'aération de surface, l'insufflation d'air.

A défaut d'épandage, le rejet en milieu hydrique est possible mais seulement après qu'une épuration efficace ait été assurée afin d'abaisser notablement la charge en D.B.O. Cette opération peut être effective également sur les contaminants biologiques. On peut mettre en oeuvre :

- . le lit bactérien qui se révèle souvent insuffisant,
- . les boues actives, réclamant des moyens techniques
- . le lagunage aéré.

Cette dernière méthode largement utilisée, consiste à laisser séjourner le lisier durant 30 à 100 jours dans un simple bassin où l'on maintient une assez forte aération au moyen d'un équipement peu onéreux. Ce traitement donne de bons résultats.

En raison des quantités très importantes d'excreta qu'il convient de stocker et de l'intérêt qui s'attache à traiter le lisier par "lot", ne recevant plus, à compter du début de l'épuration, d'apports nouveaux de contaminants, les installations à prévoir au niveau des grands élevages, constituent une charge financière non négligeable.

Quelques données tirées de l'ouvrage "Salmonella. The Food Poisoner", 1977, témoignent pour l'importance du volume des matières à traiter :

- . Bovins (500-550 kg) 41 kg/jour à 10-13 % de M.S.
- . Porcs (68 kg) 4/5 kg/jour à 9-10 % de M.S.
- . Poules (par 1000 individus). . 800 kg/semaine à 23-25 % de M.S.

Nota : pour les porcs, il faut retenir l'influence notable du type d'alimentation.

On peut ainsi considérer, par assimilation, qu'un élevage de 1000 porcs apporte une charge polluante équivalente à celle d'une ville de 3000 habitants et qu'un troupeau de 200 vaches correspond, de ce même point de vue, à une ville de 2000 habitants.

◇ Survie des Salmonella dans les lisiers et lors d'épandage

La possibilité pour les salmonelles de survivre dans les lisiers est un fait avéré.

C. Wray, 1975, note qu'en 1975, sur 187 lisiers, 20 contenaient des Salmonella mais que celles-ci n'étaient présentes qu'en petit nombre (<100/g). Selon lui, S. dublin survit :

- . dans le lisier de bovins, en moyenne 27 jours
- . dans le lisier de veaux, de 11 à 34 jours
- . dans l'urine, de 55 à 112 jours.

Par contre, S. anatum résisterait 286 jours dans le lisier de bovins. Il apparaît donc que selon le sérotype, la durée de la survie est variable. Ne conviendrait-il pas, plutôt, de parler non de sérotypes mais de souches ?

Marie-Louise Danielsson (1977) cite les expériences de Thumegaard en 1975 qui, après avoir inoculé des lisiers avec différents sérotypes de Salmonella, procède à l'épandage de ceux-ci à raison de 50 T/ha (la moitié déposée en surface, l'autre moitié enfoncée à 15 cm). Dans ces essais, S. dublin survit jusqu'à 300 jours dans les deux cas, S. derby résiste plus de 360 jours en surface et 270 jours en profondeur.

G. Tamasi et Z. Lantos (1983) observent des survies de 200-300 jours dans des excreta de bovins contenant S. tm.

P.W. Jones (1979) cite certaines études : en Suède 35 p. cent des lisiers seraient contaminés contre 11 p. cent au U.K., mais il relève, et cela n'est pas dépourvu d'intérêt, que 23 p. cent des lisiers de porc hébergent des sérotypes retrouvés, pour l'essentiel, en pathologie bovine.

J.E. Williams et S.T. Benson (1978) quant à eux, attribuent à S. tm une résistance de 18 mois à 11°C dans des litières et aliments de volailles, de 16-18 mois à 25°C mais seulement de 40 jours dans les aliments et de 13 jours dans les litières à la température de 40°C.

Les travaux expérimentaux de C.R. Findlay (1972) sont fréquemment cités par les auteurs et il paraît utile de redire ici que celui-ci a constaté la survie de S. dublin durant 31 à 33 semaines dans les bacs de lisier de bovins contaminé artificiellement en octobre, alors que la survie n'était que de 18/19 semaines lors d'un essai conduit en mars. Lorsque ce même lisier, artificiellement ensemencé, est répandu sur une pâture, le temps de survie est plus court : 24 semaines en octobre et 13 semaines en mars. On note que l'ensemencement était effectué de façon à disposer d'un lisier contenant 10^7 Salmonella par ml.

D. Strauch dans "Animal Wastes" fournit les indications suivantes :

NATURE DU LISIER	ORGANISME	SURVIE (jours)	
		8°C	17°C
<u>MELANGE I</u>			
11 % fèces, 9 % urine, 77,8 % eau et 2,2 % paille	<u>S. enteritidis</u>	320	200
	<u>S. gallinarum</u>	50	50
	<u>S. typhimurium</u>	125	60
	<u>S. paratyphi B</u>	175	110
	<u>S. cairo</u>	350	150
<u>MELANGE II</u>			
11 % fèces, 9 % urine, 80 % eau	<u>S. enteritidis</u>	280	140
	<u>S. gallinarum</u>	80	80
	<u>S. typhimurium</u>	50	50
	<u>S. paratyphi B</u>	50	20
	<u>S. cairo</u>	300	120
<u>MELANGE III</u>			
11 % fèces, 9 % urine, 70 % eau et 10 % boues	<u>S. enteritidis</u>	300	100
	<u>S. gallinarum</u>	120	80
	<u>S. typhimurium</u>	60	60
	<u>S. paratyphi B</u>	60	40
	<u>S. cairo</u>	280	100
<u>MELANGE IV</u>			
11 % fèces, 9 % urine, 79,8 % eau 0,2 % phosphate	<u>S. enteritidis</u>	300	160
	<u>S. gallinarum</u>	120	120
	<u>S. typhimurium</u>	130	60
	<u>S. paratyphi B</u>	120	50
	<u>S. cairo</u>	300	150

◇ Les risques liés à l'épandage du lisier

Dans un certain nombre de cas, une relation a pu être établie entre le développement d'une salmonellose bovine et la consommation d'herbe provenant de pâturages ou de prairies qui avaient été traitées par épandage, peu de temps auparavant.

La surveillance bactériologique de ce produit, prouve la possibilité d'une survie des Salmonella dans les lisiers au cours du stockage et lors de l'épandage. Les effluents provenant des aires de lagunage ne sont pas exempts, à coup sûr, de ces entérobactéries.

Il y a donc un risque potentiel de mise en circulation, grâce aux cycles existants, de bactéries pathogènes, à partir des excréta animaux.

Même si S. dublin, ne paraît pas être un sérotype aisément retrouvé dans l'environnement et si, seuls certains biotypes de ce sérotype manifestent leur pouvoir pathogène pour les bovins sous forme d'avortements par exemple, il demeure cependant évident que ces mêmes biotypes doivent, eux aussi, être rejetés dans les milieux ambiants.

Des études systématiques effectuées lors d'avortement à S. dublin seraient, à cet égard, particulièrement bienvenues.

De nombreux spécialistes soulignent le caractère saisonnier de la salmonellose bovine qui coïncide fréquemment avec la mise à l'herbe et qui rétrocede dès lors que les animaux sont rentrés. On peut aisément admettre, bien entendu, que le changement d'alimentation puisse jouer le rôle de révélateur d'un portage préexistant, mais on peut penser aussi qu'une contamination peut se produire à cette occasion. Ce serait à préciser.

A.J. Stevens (1978) a bien exposé les données du problème et souligne qu'en dépit de l'existence de risques potentiels, les problèmes sanitaires n'émergent que rarement et notamment parce que lorsque les grands élevages ne sont pas gérés convenablement, à tous égards, les problèmes de santé s'y développent si rapidement qu'ils provoquent la disparition de l'élevage.

D'autres risques, liés à l'épandage des lisiers, comme l'accroissement des teneurs en nitrates des eaux souterraines ont été évoqués (P. André et al., 1983).

Face à ces risques potentiels, qui ne sont d'ailleurs pas limités aux seules Salmonella, des moyens de protection ont été recherchés. Parmi ceux-ci nous pouvons citer :

- . Limitation de l'aération des lisiers. Celle-ci abaisse le nombre de Salmonella dans le liquide mais l'augmente dans les boues. La pratique de l'aération est parfois considérée comme criticable et dans l'ouvrage publié sous l'égide de l'O.M.S. (1983) on considère comme plus efficace la digestion anaérobie mésophile à 30°C qui réduirait la survie à moins de 13 jours.

M.J. Ginnivan et al. (1980) observent que le traitement aérobie mais thermophile (55°C) se révèle efficace pour détruire S. dublin présent dans le lisier de porcs (abaissement en 4 heures de 10⁶/ml à un niveau non détectable).

- . Séparation des phases liquides et solides. Cela permet de bénéficier de l'influence du pH sur la survie des Salmonella. Normalement le pH du lisier se situe entre 6,5 et 8,0 (moyenne = 7,5). Lors du stockage, il y a initialement, abaissement du pH puis remontée à 7,0 et 90 % des Salmonella disparaissent au cours des 2/4 premières semaines cependant que les autres peuvent survivre jusqu'à 150 jours. Cette survie est favorisée par des températures inférieures à 10°C et par un contenu solide supérieur à 5 p. cent.

P.W. Jones déjà cité, recommande de récolter séparément la phase solide et de la soumettre à un compostage ce qui élimine le risque sanitaire pour cette partie, alors que les Salmonella disparaissent rapidement dans la phase liquide.

I. Ekesbo (1979) préconise d'effectuer cette séparation dans les étables mêmes, grâce à un système de goulottes spéciales.

Le pH de l'urine devient alors rapidement voisin de 9,0 alors qu'autrement il est de 7,0 et permet pour cette valeur, la survie de S. dublin et S. zanzibar jusqu'à 13 semaines. La récolte des fèces, surtout si l'on attribue 3/4 kg de paille par vache et par jour, permet d'effectuer un compostage de cette phase solide qui assure la suppression des Salmonella.

J.P. Morisse rappelle également l'intérêt d'un faible apport de paille dans le traitement ultérieur des excreta.

◊ Utilisation des substances bactéricides

Anne-Marie Plommet et M. Plommet (1974) ont démontré expérimentalement la possibilité d'utiliser le xylène pour traiter les lisiers de bovins en fosse. A la dose de 1 p. 1000, des nombres élevés de différentes bactéries dont des Salmonella (10^7 /ml) sont réduits à zéro en 21 jours.

Ce procédé ne semble pas avoir connu un grand développement et peut être l'utilisation très large d'un composé aromatique pourrait-il appeler quelques réserves.

La tentation est grande, de procéder à la chloration des effluents (stations d'épuration, lagunages...). Cela a été réalisé à titre expérimental à la Tremblade (J.G. Jacquart, 1980) et il semble que dans le cas d'espèce, les craintes que l'on pouvait avoir quant à la formation d'organohalogénés n'aient pas été justifiées (M.K. Koczwara et al., 1983).

Par contre, un aspect particulier de cette question a été entrevu récemment et qui touche à la présence de bactéries antibiorésistantes. Lafont et al. (1981) se sont interrogés sur le risque éventuel que faisait courir à l'Homme la présence de telles bactéries dans les lisiers répandus sur les sols. Ce risque pourrait, en principe, être maîtrisé par l'emploi d'un désinfectant. Or G.E. Murray et al. (1984) viennent de signaler que si la chloration abaisse bien initialement le nombre total des bactéries, elle paraît augmenter sensiblement la proportion de celles résistantes à 1 ou plusieurs antibiotiques, ce qui serait de nature à faciliter le transfert des résistances de bactéries non pathogènes à des bactéries pathogènes. Même si cette observation mérite des études complémentaires, elle met cependant en évidence le fait que toute intervention à l'aide de composés chimiques sur ces milieux particulièrement complexes doit s'effectuer avec une grande circonspection.

Nombreux sont les spécialistes (P.W. Jones ; C. Wray ; G.A. Hall, 1978) qui mettent l'accent sur la distorsion qui existe entre les doses infectantes élevées (10^{10} Salmonella) permettant de déclencher une salmonellose expérimentale et la faible quantité de Salmonella à laquelle se trouvent exposés les bovins à la suite d'un épandage (de l'ordre de 10^3 /g). Il y a là, certes, matière à réflexion, mais peut être convient-il de tenir compte, ainsi que le souligne J.P. Morisse, de tous les troubles pathologiques évoluant de façon concomitante (parasitisme, stress...) susceptibles d'affaiblir la résistance des organismes et donc de les rendre sensibles à des contaminations qu'on pourrait en première analyse, considérer comme sans gravité.

Pour terminer ce chapitre consacré aux lisiers et aux boues, nous voudrions dire que la majorité des auteurs considèrent comme indispensable de laisser s'écouler un délai minimal entre l'épandage sur prairie et l'introduction des animaux. Ce délai doit être de quatre semaines au moins pour les bovins adultes. Par contre, pour les jeunes sujets, ou les femelles gestantes, il est conseillé d'attendre 6 mois. Parmi les recommandations de l'O.M.S. figure celle de conserver le lisier stocké sans nouvel apport, pendant au moins 60 jours.

En France, le Règlement sanitaire départemental (article 159-2) impose les dispositions suivantes :

"En l'absence d'un plan l'épandage est interdit :

- sur les terrains affectés ou qui seront affectés dans un délai d'1 an, aux cultures maraîchères ;
- à moins de 200 mètres des cours d'eau si la pente des terrains est supérieure à 7 p. cent.

Sur les pâturages ne peuvent être épandus que des lisiers ayant subi soit un stockage répondant aux prescriptions de l'article 156, d'une durée minimale de 30 jours en saison chaude et de 60 jours en saison froide, soit un traitement approprié (digestion, traitement par aération d'une durée minimale de 3 semaines). La remise à l'herbe des animaux se fera au plus tôt 30 jours après l'épandage. L'épandage par aéro-aspersion est interdit en l'absence d'un plan d'épandage approuvé par l'autorité sanitaire."

CONCLUSIONS

La contamination de l'environnement par les salmonelles est une évidence. Ces bactéries peuvent être retrouvées à peu près partout : déjections animales, sol, eaux, effluents de station d'épuration, animaux sauvages ou domestiques, faune... Il semble qu'il suffise de les chercher pour les mettre en évidence.

Le mérite de certains chercheurs et en particulier de l'équipe néerlandaise du Pr Kampelmacher (W. Edel, M. Van Schothorst, E.H. Kampelmacher, 1975 et années suivantes) qui a conduit une étude très importante et très détaillée sur la circulation des salmonelles dans un site géographique clos (projet "Walcheren"), est d'avoir formulé une hypothèse cohérente sous forme de schéma épidémiologique (voir figure 1) incluant l'Homme, les animaux, les aliments et l'environnement.

Les observations formulées à l'encontre de ces hypothèses et qui ne sont pas dénuées de supports scientifiques, tendent à en limiter la portée. Sans nul doute, des études plus détaillées des souches de salmonelles, dépassant le stade d'identification du sérotype, devraient conduire à préciser si pour certains sérotypes et pour certaines espèces animales, des cycles courts de contamination ne sont pas à l'origine du développement des salmonelloses.

Le fait est d'ailleurs bien connu pour certains sérotypes manifestant leur pouvoir pathogène de manière préférentielle pour une seule espèce (S. typhi, S. wien chez l'Homme, S. abortus ovis chez les ovins).

La difficulté majeure résidera toujours dans la détermination du "primum movens" de la contamination. L'animal porteur a-t-il contaminé l'environnement ou l'interrogation doit-elle être inversée ?

Il nous paraît donc possible de retenir que si l'environnement constitue bien un vaste réservoir pour les salmonelles, il reste cependant indispensable d'affiner notre connaissance épidémiologique, en étudiant un nombre important de souches de manière très détaillée. Les souches isolées chez les animaux malades méritent attention mais celles qui pourraient être isolées de l'environnement devraient faire l'objet de soins vigilants pour leur faire livrer, si cela est possible, les secrets de leur cheminement.

Peut-être alors aurons-nous davantage d'éléments scientifiques pour répondre à notre interrogation initiale :

"Salmonellose bovine \longleftrightarrow environnement - Mythe ou réalité ?"

et nous saurons si le quatrain paru dans The Lancet en 1956 et que traduisit Ch. Flachat concerne nos salmonelles :

"Un mal pris des castors, ravagea le chenil
Et gagna sans attendre un véto peu subtil...
Le microbe injecté aux crapaux sahariens
Fut trouvé dans le corps d'un tétard Thibétain."

BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDRE (D.), GEVAUDAN (P.), CHARREL (J.), MALLET (N.N.), BLANCARD (A.) et GERVAUDAK (M.J.), 1975.- La désinfection des boues résiduaires urbaines. TSM L'Eau, Décembre, 547-555.
- ANDRE (P.) et DUBOIS DE LA SABLONIERE (F.), 1983.- Elevage intensif et qualité des eaux souterraines dans un département breton. TSM L'Eau, 5 (mai), 251-258.
- Anonyme, 1975.- Surveillance des Salmonella. Chronique O.M.S., 29, 259-263.
- Anonyme, 1979.- Surveillance des Salmonella. Relevé épidémiol. Hebd., O.M.S. n° 49 (7 décembre).
- Anonyme, 1981.- Salmonella Investigations. July to Decembre 1980. Vet. Rec. 9 May, 422-423.
- BARKER Ruth (M.) and OLD (D.C.), 1980.- Biotypes of strains of S. typhimurium of plagetypes 49, 204-193. J. Med. Microbiol., 13, 369-371.
- BILLON (J.), RYKNER (G.), PERPEZAT (A.) et VU (V.), 1983.- Etude épidémiologique des maladies infectieuses et parasitaires transmissibles par le rat en milieu urbain. La Presse Méd., 12, 34, 2079-2080.
- BOGEL (K.), KNORPP (F.) and MOEGLE (H.), 1978.- Hygiene of disposal of Animal wastes including Reuse as Feed components. Am. Ist. Super. Sanita, 14, 207-212.
- BOUTIN (P.), 1982.- Risques sanitaires provenant de l'utilisation d'eaux polluées ou de boues de stations d'épuration en agriculture. TSM L'Eau, n° 12 (Décembre), 547-557.
- COHEN (L.), 1980.- Turtle associated Salmonellosis in US. Effect of Public Health Action (1970-1976). J.A.M.A., 243, 12, 1247-1249.
- COILLARD (J.), 1982.- Traitement des effluents d'élevage. B.T.I. Minis. Agri. 367/368, 185-195.
- DANIELSSON (Marie Louise), 1977.- Salmonella in sewage and sludge. Act. Vet. Scandinavia, suppl. 65 (A.V.S.P.A.C. 65), 1-126.
- DELEENER (J.) et HAEGEBAERT (K.), 1982.- Salmonella dans les eaux de surface en amont et en aval d'une grande agglomération. Méd. Mal. Infect., 12, 3, 192-196.
- DOUTRE (M.P.) et SARRAT (H.), 1973.- Sérotypes de Salmonella isolées chez les chiroptères frugivores et insectivores du Sénégal. Importance épidémiologique. Rev. Elev. Med. Vet. Pays trop., 26, 3, 279-287.
- DUDLEY (D.J.), NEAL GUENTZEL (M.), IBARRA (M.J.), MOORE (Barbara E.) and SAGIK (B.P.), 1980.- Enumeration of potentially pathogenic bacteria from sewage sludge. Appl. Environm. Microbiol., 39, 1, 118-126.

- EDEL (W.), VANSCHOTHORST (M.) and KAMPELMACHER (E.H.), 1975.- Epidemiological studies on Salmonella in a particular Area ("Walcheren Project"). I. Presence of Salmonella in Man, Swine, Insects and Seagulls as well as in Foods and Effluents. Tijdsch. V. Diergeneeskunde, 100, 24, 1304-1311.
- EKESBO (I.), 1979.- A study of methods for Handling and Composting cattle and swine manure and urine from the point of view of hygiene. Agricultural wastes. 1, 3, 205-221.
- FENLON (D.R.), 1981.- Seagulls (Larus ss/o) as vectors of Salmonellae : an Investigation in to the range of serotypes and numbers of Salmonellae in gull feces. J. Hyg. Camb., 86, 195-202.
- FINDLAY (C.R.), 1972.- The persistence of Salmonella dublin in slurry, in Tank and on pasture. Vet. Rec., 91, 233-235.
- FOX (J.G.) and BEAUCAGE (C.M.), 1979.- The incidence of Salmonella in Random sources cats purchased for use in research. J. Infect. Dis., 139, 3, 362-365.
- GEORGE (J.T.A.), WALLAGE (J.G.), MORISSON (H.R.) and HARBOURNE (J.F.), 1972.- Paratyphoid in man and cattle. Br. Med. J., 3, 208-211.
- GIBBONS (D.F.), 1980.- Equine salmonellosis : a review. Vet. Rec., 106, 356-359.
- GILOUX (P.), 1981.- Compostage et techniques associées. TSM L'Eau, juin (6), 354-362.
- GINNIVAN (M.J.), WOODS (J.L.) and O'CALLAGHAN (J.R.), 1980.- Survival of Salmonella dublin in pig slurry during aerobic thermophilic treatment in batch, cyclic and continuous systems. J. Appl. Bacteriol, 49, 13-18.
- GREENBERG (Z.), SKLUT (O.), BERGNER-RABINOWITZ (S.), SECHTER (I.), CAHAN (D.) and GERICHTER (Ch. B.), 1976.- Salmonella and Arigona from snakes in the Judean Desert (1974-1975). Ann. Microbiol. (Inst. pasteur), 127 A, 383-390.
- HALL (G.A.), JONES (P.W.) and AITKEN (Maureen M.), 1978.- The pathogenesis of experimental intra ruminal Infections of cows with Salmonella dublin. J. Comp. Path., 88, 409-417.
- HARBOURNE (J.F.), 1977.- Intestinal infectious of Animals and Man. Roy. Soc. Hlth. J. (juin).
- HUNTER (A.G.) and LINKLATER (K.A.), 1976.- Rodents as vectors of Salmonella. Vet. Rec., 99, 145-146.
- HURVELL (B.), 1973.- Salmonella typhimurium in wild birds in Sweden. Svensk. Veterinartidning, 25, 21, 683-687.

- JACQUART (J.C.), 1980.- Desinfection des eaux résiduaires : expérimentation de la Tremblade. TSM L'Eau, n° 3, 126-130.
- JELINEK (C.F.) and BRAUDE (G.L.), 1978.- Management of sludge use on land. J. Fd. Protect., 41, 6, 476-480.
- JOHNSTON (W.S.), MACLACHLAM (G.K.) and HOPKINS (G.F.), 1979.- The possible involvement of seagulls (*Larus* spp) in the transmission of Salmonella in dairy cattle. Vet. Rec., 105, 526-527.
- JONES (P.W.), 1979.- Health hazards associated with the handling of animal wastes. Vet. Rec., 106, 4-7.
- Journaux Officiels de la République française.- Fascicule n° 83-39. Règlement sanitaire département type. Révision (26 rue Desaix - 75727 Paris cedex 15).
- HOCZWARA (Margaret K.), KIRSCH (E.J.) and C.P. LESLIE GRADY (J.R.), 1983.- Formation of organic chlorine in activated sludge effluents. Water. Res., 17, 12, 1863-1869.
- LAFONT (J.P.), GUILLOT (J.F.), CHALUS-DANCLA (E.), DHO (M.) and LAFON-EUCHER (M.), 1981.- Antibiotic-resistant bacteria in animal wastes : a human Health hazard. Bull. Inst. Pasteur, 79, 213-231.
- LECLERC (M.), 1971.- Les microorganismes pathogènes dans les eaux résiduaires : évolution au cours des traitements d'épuration. TSM L'Eau, n° 11, 389-400.
- LINTON (A.H.), 1983.- Guidelines on Prevention and control of Salmonellosis. O.M.S. VPH/83-42. Genève (127 pages).
- MACDONALD (J.W.) and BROWN (D.D.), 1974. Salmonella Infection in wild birds in Britain. Vet. Rec. (6 avril), 321-322.
- MARTEL (J.L.), SENDRAL (R.), RANCIEN (P.), DUMONT (M.), HIRET (D.) et BAY (R.), 1980.- Salmonellose bovine : maladie néo-natale en élevage traditionnel charolais. Bull. Soc. Vét. Pratique Fr., 64, 10, 3-14.
- MARTEL (J.L.), 1984.- Rôle de l'eau dans certaines infections animales. Bull. G.T.V., n° 4, 53-59.
- MESINA (J.E.) and CAMPBELL (R.S.F.), 1975.- Wild rodents in the transmission of disease to Animals and Man. Vet. Bull., 45, 2, 87-95.
- MORISSE (J.P.), COTTE (J.P.) et HUONNIC (D.), 1982.- Etude de la dissémination de Salmonelles à partir de vaches laitières infectées afin de déterminer les risques de contamination des éleveurs et des consommateurs. Rapport juin 1982. Institut d'Élevage et de Pathologie de Ploufragan (22440).
- MURRAY (G.E.), TOBIN (R.S.), JUNKINS (B.) and KUSHNER (D.J.), 1984.- Effects of chlorination on antibiotic resistance profiles of sewage-related bacteria. Appl. Environm. Microbiol., 48, 1, 73-77.

- PLATZ (S.), 1980.- Studies on survival of Salmonella typhimurium in different types of soils under outdoor climatic conditions. Zbt. Bakt Hyg. 1 Abt. Orig., B 171, 256-268.
- PLATZ (S.), 1981.- Studies on survival of Salmonella on agricultural areas. Zbt. Bakt. Hyg. 1 Abt. Orig., B 177, 452-456.
- PLOMMET (Anne-Marie) et PLOMMET (M.), 1974.- Destruction par le xylène de diverses bactéries pathogènes dans le lisier de bovins. Ann. Rech. Vét., 5, 2, 213-221.
- POHL (P.), LINTERMANS (P.), SCHLICKER (C.), GHYSELS (G.) et CHASSEUR-LIBOTTE (M.L.), 1984.- Salmonella des animaux, des viandes et des farines isolées en Belgique au cours de 1983. Serotypes, Biotypes et résistances. Ann. Méd. Vét., 128, 211-219.
- QUEVEDO (F.), LORD (R.D.), DOBOSCH, D.), GRAMER (I.) and MICHAME (S.C.), 1973.- Isolation of Salmonella from sparrows captured in Horse Corrals. Am. J. Trop. Med. Hyg., 22, 5, 672-674.
- RAMEL (C.), 1983.- Lisier : sa mécanisation indispensable. Tech. Agricoles, 6 (5245), 1-22.
- RAMISSE (J.) et BOUISSET (S.), 1981.- Un cas de salmonellose bovine : aspects épidémiologiques. Le Point Vét., 54, 11, 57-59.
- Rapport 1977.- Study group of the British Association for the Advancement of Science : Salmonella. The Food Poisoner (51 pages).
- Rapport 1980.- Agence financière de Bassin-Seine-Normandie : Etude comparative de 5 procédés de désinfection des eaux usées urbaines (129 pages + annexes) (CREATE 5/9 Bd Louis Seguin - 92700 Colombes Fr.).
- REILLY (W.J.), FORBES (G.I.), PATERSON (G.M.) and SHARP (J.C.M.), 1981.- Human and Animal Salmonellosis in Scotland associated with Environmental contamination 1973-1979. Vet. rec., 108, 553-555.
- ROSZAK (D.B.), GRIMES (D.J.) and COLWELL (R.R.), 1984.- Viable but non recoverable stage of Salmonella enteritidis in aquatic system. Can. J. Microbiol., 30, 334-338.
- RUSS (Ch. F.) and YANKO (N.A.), 1981.- Factors affecting Salmonellae repopulation in composted sludges. Appl. Environm. Microbiol., 41, 3, 597-602.
- SCHAFFERT (R.M.) and STRAUCH (D.), 1978.- Naturally infected dogs dropping from public parks and playgrounds as possible source of infections with Salmonellae and Helminths. Ann. Ist. Super. Sanita., 14, 295-300.
- SHARMA (V.D.), ROHDE (R.), GARD (D.N.) and KUMAR (A.), 1977.- Toads as natural reservoir of Salmonella. Zbt. Bakt. Hyg. 1 Abt Org., 239 A (2), 172-177.

- SHARMA (V.D.), SEHTI (M.S.) and SINGH (S.P.), 1980.- The occurrence of Salmonellae in free-living avifauna : Isolation and antibiogram. Internat. J. Zoonoses., 7, 1, 54-57.
- SINGER (N.), WEISMAN (Y.), SECHTER (I.) and CAHAN (D.), 1977.- Salmonella isolations from wild birds in Israel. Refuat Vet., 34, 2, 63-68.
- SINGH (S.), SHARMA (V.D.) and SEHTI (M.S.), 1979.- Toads as reservoirs of Salmonella : Prevalence and antibiogram. Internat. J. Zoonoses, 6, 2, 82-84.
- SINGH (S.P.), SEHTI (M.S.) and SHARMA (V.D.), 1980.- The occurrence of Salmonella in rodent, shrew, cockroach and ant. Internat. J. Zoonoses, 7, 1, 58-61.
- SMITH (S.H.) and ROTHMAN (H.), 1981.- Recycling sewage sludge as a food for Farm animals : Some ecological and strategic Implications for Great Britain. Agricultural Wastes, 3, 87-108.
- SPITKO (Roberta A.) and MANNING (W.J.), 1981.- Irradiated digested sewage sludge : Effects on plant-Symbiont Associations with field. Environm. Pollut. Ser. A., 25, 1-8.
- STEVENS (A.J.), 1978.- Health risks associated with animal waste from intensive Livestock Units. Ann. Ist. Super. Sanita, 14, 221-228.
- STRAUCH (D.), 1977.- Management of Hygienic problems in large animal Feedlots (95-104) in animal wastes (E.P. Taiganides).
- TAIGANIDES (E. Paul), 1977.- Animal wastes. Apphed Science Publishers LTD London (429 pages).
- TAMASI (G.) and LANTOS (Z.), 1983.- Influence of Nitrate-reductases on survival of E. coli and S. enteritidis in liquid manure in the presence and absence of chlorate. Agricultural wastes, 6, 91-97.
- THOMAS (G.W.), 1978.- Salmonella paratyphi B in cattle. Vet. Rec., 103, 512.
- TOMESCU (V.), 1974.- Certaines caractéristiques bactériologiques des eaux résiduaires dnas les grands combinats porcins. Ann. Méd. Vét., 118, 185-190.
- TORREY (S.), 1979.- Sludge disposal by landspreading techniques. Noyes Data corporation. New-Jersey U.S.A. Publisher (370 pages).
- VAISSAIRE (J.), LOSFELD (P.), PLATEAU (E.), MOUTOU (F.), CORBION (B.) et GAYOT (G.), 1982.- Salmonellose à Salmonella typhimurium chez les poulains en France. Bull. Acad. Vét. de France, 55, 257-264.
- WILLIAMS (B.M.), 1975.- Environmental consideration in Salmonellosis. Vet.Rec., 96, 318-321.

- WILLIAMS (B.M.), RICHARD (D.W.) and LEWIS (J.), 1976.- Salmonella infection in the Herring frill (*Larus argentatus*). *Vet. Rec.*, 98, 51.
- WILLIAMS (J.E.) and BENSON (S.T.), 1978.- Survival of Salmonella typhimurium in poultry feed and litter at three temperatures. *Avian. Dis.*, 22, 4, 742-747.
- WILLIAMSMITH (H.), TUCKER (J.F.), HALL (M.L.M.) and ROWE (B.), 1982.- Salmonella organisms in garden fertilizers of animal origin. *J. Hyg. Camb.*, 89, 125-128.
- WOLMAN (A.), 1977.- Public health aspects of land utilization of wastewater effluents and sludges. *J.W.P.C.F.*, 49, 11, 2211-2218.
- WRAY (C.), 1975.- Survival and spread of pathogenic bacteria of veterinary importance. *Vet. Bull.*, 45, 8, 543-549.
- WRAY (C.) and SOLKA (W.J.), 1977.- Review of the progress of dairy science : Bovine salmonellosis. *J. Dairy. Res.*, 44, 383-425.
- WRAY (C.), SOJKA (W.J.) and BELL (J.C.), 1981.- Salmonella infection in horses in England and Wales, 1973 to 1979. *Vet. Rec.*, 109, 398-401.
- ZIBILSKE (L.M.) and WEAVER (R.W.), 1978.- Effects of environmental factors on survival of S. typhimurium in soil. *J. Environm. Quality*, 7, 4, 593-597.

* * *