

WORLD HEALTH ORGANIZATION  
REGIONAL OFFICE FOR EUROPE

WELTGESUNDHEITSORGANISATION  
REGIONALBÜRO FÜR EUROPA



ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ  
BUREAU RÉGIONAL DE L'EUROPE

ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
ЕВРОПЕЙСКОЕ РЕГИОНАЛЬНОЕ БЮРО

1235

L'EPANDAGE DES BOUES D'EPURATION ET SES DANGERS POUR LA SANTE PUBLIQUE

Rapport sur la réunion d'un groupe de travail de l'OMS

Stevenage  
6-9 janvier 1981

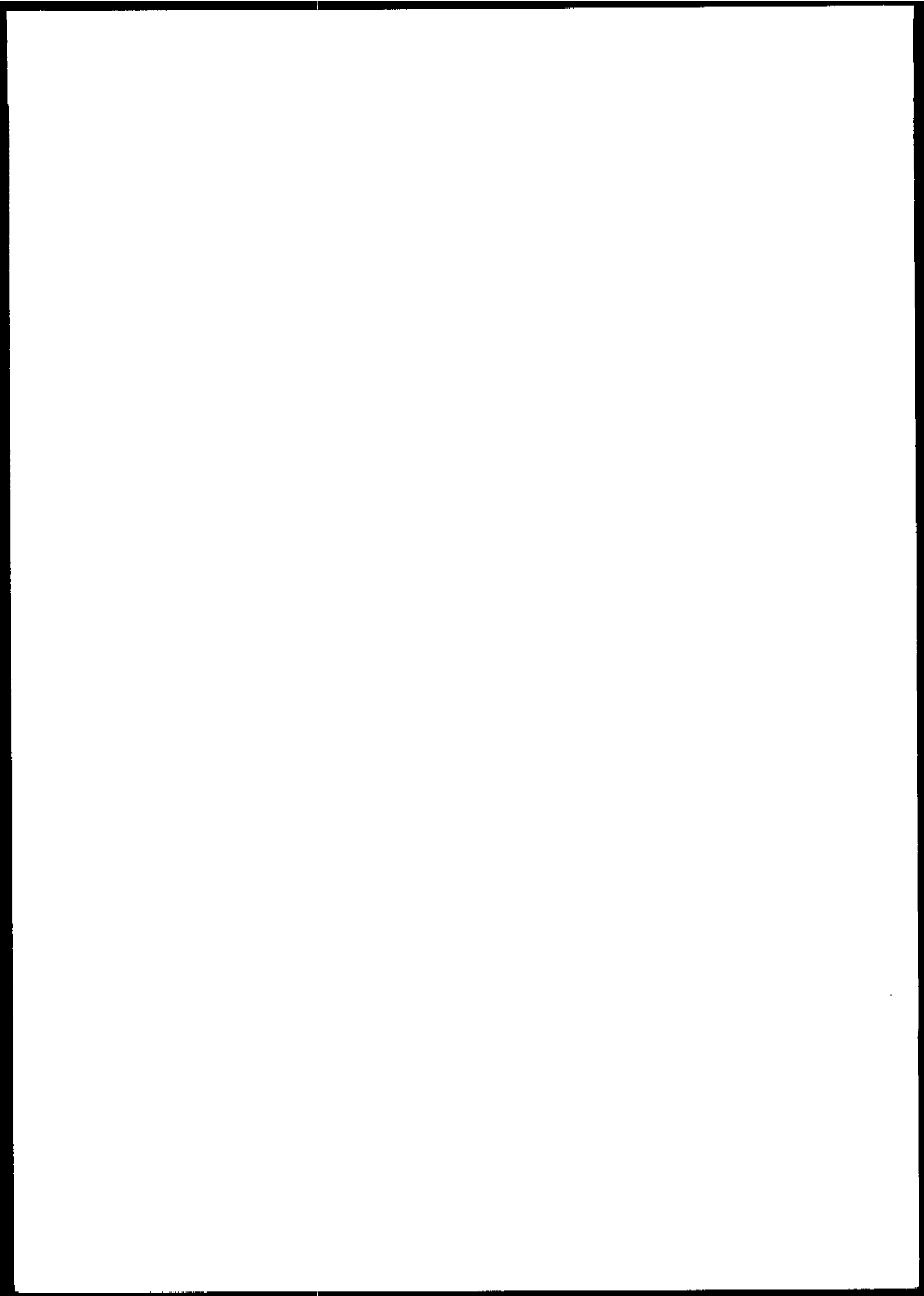
Traduction d'une publication du Bureau régional de l'Europe de l'OMS parue dans la série des Rapports et Etudes EURO sous le numéro 54 et portant le titre "The Risk to Health of Microbes in Sewage Sludge Applied to Land" (ISBN 92 890 1220 X).

Note

Ce document ne constitue pas une publication. Il ne doit faire l'objet d'aucun compte rendu ou résumé ni d'aucune citation ou traduction sans l'autorisation de l'Organisation mondiale de la Santé. Les opinions exprimées dans les articles signés n'engagent que leurs auteurs.

## TABLES DES MATIERES

	<u>Page</u>
1. Introduction . . . . .	1
2. Production, traitement et évacuation des boues . . . . .	1
2.1 Politiques nationales d'évacuation des boues . . . . .	2
3. Danger microbien et santé publique . . . . .	4
3.1 Bactéries autres que les salmonelles . . . . .	5
3.2 Les salmonelles . . . . .	6
3.3 Les parasites . . . . .	9
3.4 Les virus . . . . .	10
3.5 Les champignons . . . . .	11
3.6 Autres agents pathogènes . . . . .	12
4. Utilisation à long terme des boues et eaux d'épuration . . . . .	12
5. Epannage des boues d'épuration : risques pour la santé de l'homme . . . . .	12
6. Conclusions et recommandations . . . . .	13
Références . . . . .	14
Annexe 1 Liste des participants . . . . .	17



## 1. Introduction

Le Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, en collaboration avec le Gouvernement du Royaume-Uni, a réuni à Stevenage, du 6 au 9 janvier 1981, un groupe de travail sur l'épandage des boues d'épuration et les effets de leur contenu microbien sur la santé. Le Dr E.L. Harris, Directeur médical adjoint, Département de la Santé et de la Sécurité sociale du Royaume-Uni, a ouvert la réunion. Il a souligné le grand intérêt suscité par le thème de cette réunion, non seulement en Europe mais aussi dans d'autres parties du monde. Le Dr J. Cuthbert, Directeur du Laboratoire de Stevenage, Centre de Recherches hydrologiques, a offert aux participants l'usage des installations du laboratoire pour les besoins de la réunion. Le Dr R.B. Dean a transmis aux participants les vœux du Dr Leo A. Kaprio, Directeur du Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, et a remercié le Département de la Santé et de la Sécurité sociale de son concours.

Les participants ont élu pour président le Dr E.H. Kampelmacher, pour vice-président le Professeur E. Lund, et comme rapporteur le Dr E.B. Pike.

Le groupe de travail devait étudier tous les microbes pathogènes connus des boues d'épuration et déterminer les dangers d'infection humaine qu'ils présentent. Il s'est particulièrement intéressé aux salmonelles et au ténia transmis par le boeuf (*Taenia saginata*), puisqu'ils semblent présenter des dangers pour la santé de l'homme en Europe. L'étude des effets des métaux toxiques sur la santé de l'homme n'entraîne pas dans le thème de la réunion.

Celle-ci a suivi de près trois autres réunions consacrées à des sujets apparentés : un séminaire sur les utilisations agricoles des boues d'épuration, Bâle, 24-26 septembre 1980 (à l'occasion du colloque européen sur les eaux usées et les ordures); le deuxième symposium européen sur le typage, le traitement et l'utilisation des boues d'épuration, Vienne, 20-24 octobre 1980 (organisé par la Commission des Communautés européennes); et un congrès sur l'état actuel du problème des salmonelloses, Bilthoven, 6-10 octobre 1980 (organisé par l'Association mondiale des Hygiénistes vétérinaires en Alimentation).

Certains points essentiels se sont dégagés dès le début de la réunion. On a relevé une tendance à l'accroissement général de la production des boues d'épuration en Europe, parallèlement à celui de la construction de nouvelles stations d'épuration. L'épandage des boues constitue souvent le moyen d'évacuation le moins onéreux, si l'on considère en particulier les hausses récentes du coût de l'énergie, et cette opération permet aussi d'utiliser les boues pour engraisser ou bonifier les sols. On sait depuis longtemps que les boues d'épuration contiennent des agents pathogènes communs dans la population et que leur épandage présente un danger pour l'homme, par contamination des aliments ou, indirectement, en provoquant chez les animaux de boucherie des maladies transmissibles à l'homme (zoonoses). Le groupe de travail devait surtout déterminer quelles étaient les maladies qui présentent un risque pour la santé de l'homme et définir les mesures à prendre pour réduire ce risque. Il est évident que celui-ci varie beaucoup d'une localité à l'autre et qu'il est donc raisonnable de suggérer de tenir compte des conditions locales pour déterminer les mesures à prendre.

## 2. Production, traitement et évacuation des boues

Les boues d'épuration sont des particules organiques concentrées, produites au cours du traitement des eaux usées. Leurs propriétés physiques et leur composition chimique varient beaucoup selon l'origine des eaux, la phase du traitement dont proviennent les boues et la nature de leur traitement avant évacuation. La première phase importante du traitement des eaux usées est la sédimentation en grands bassins, qui permet de retenir jusqu'à 70% des solides en suspension. Ces boues primaires peuvent contenir 40 à 70 g/l de matières sèches. Puis les boues décantées subissent en général un traitement en aérobiose comme la filtration biologique ou l'activation. Ces deux procédés aboutissent à la formation de boues secondaires, récupérées par sédimentation, qui représentent la biomasse excédentaire provenant de la prolifération microbienne. Les boues secondaires contiennent généralement moins de matières sèches que les boues primaires et sont plus difficiles à déshydrater; c'est pourquoi on les mélange en général aux boues primaires pour traitement. Les boues non traitées, dites boues brutes, sont des liquides hautement putrescibles d'odeur nauséabonde. Les boues primaires brutes et les boues mélangées sont habituellement traitées de manière à réduire leur teneur en eau, à les rendre plus stables biologiquement et à faciliter ainsi leur évacuation. Il n'existe pas de traitement, ni de combinaison de traitements, qui soit typique, même si, en général, les boues des grandes stations d'épuration sont traitées par digestion anaérobie mésophile dans des bassins fermés maintenus à environ 35 °C pendant 3 à 5 semaines. La digestion anaérobie peut également s'effectuer dans de profonds bassins ouverts, aux températures ambiantes, sur des périodes d'environ 4 à 6 mois. La digestion anaérobie réduit d'environ 35% la teneur en carbone organique et de 40% le poids de matières sèches, en dégageant du méthane et du CO<sub>2</sub>. On peut également stabiliser les boues par aération sur plusieurs semaines, méthode souvent employée pour traiter les boues activées excédentaires dans les petites stations d'épuration.

Il est impossible de déshydrater les boues sans conditionnement chimique préalable, d'ordinaire à la chaux, au sulfate de fer, au perchlorure de fer, au chlorhydrate d'aluminium seul ou combiné, ou bien aux polyélectrolytes organiques. Le conditionnement thermique sous pression à 180-200 °C coagule les boues et, de plus, tue tous les organismes pathogènes, mais on y a aujourd'hui renoncé dans une large mesure en raison de son coût élevé en énergie et du fait qu'il produit des liqueurs hautement polluantes d'odeur nauséabonde. Les boues conditionnées sont déshydratées soit dans des lits de séchage peu profonds, soit par compression mécanique ou centrifugation afin de produire une masse solide (le gâteau) contenant jusqu'à 60% de matières sèches. On peut ensuite transporter ces masses vers les décharges ou les incinérer. Les boues liquides, qui retiennent une bonne partie de l'azote initial, doivent être transportées vers les décharges dans des citernes, mais on peut facilement les épandre à peu de frais par aspersion, pulvérisation ou au moyen d'installations fixes d'irrigation. On peut sécher les masses de boues déshydratées à l'air chaud et les pulvériser pour servir d'engrais, mais cette opération, comme l'incinération, a été largement abandonnée en raison de son coût énergétique très élevé.

## 2.1 Politiques nationales d'évacuation des boues

On a estimé (1) que la production de boues dans les neuf pays de la Communauté économique européenne (CEE) avait atteint, en 1978, environ 6 millions de tonnes de matières sèches, équivalant à 230 millions de tonnes de matières humides, et qu'en raison de l'accroissement démographique et de la construction de nouvelles stations d'épuration, elle augmenterait de quelque 5% par an. Cette production représente à peu près 13% de l'ensemble des déchets solides de la CEE. Elle serait de 800 kg de boues liquides par personne et par an. Environ 29% (équivalent matière sèche) de ces boues sont utilisés dans l'agriculture, 45% déposés dans les décharges, 19% déversés en mer et 7% incinérés.

Les participants au groupe de travail ont présenté des exposés succincts sur la production et les méthodes d'évacuation de leurs pays, qui sont reproduits ci-dessous.

Danemark. Les autorités locales de santé publique décident de la politique d'évacuation des boues. Il existe des projets de réglementation nationale qui, dans leur forme finale, devraient suivre les futures directives de la CEE. Dans le projet actuel de règlement, daté de juin 1979, l'"hygiénisation" est définie comme le chauffage des boues à 70 °C pendant 25 minutes, ou un traitement équivalent. On ne peut épandre que les boues déjà emmagasinées pendant 6 mois ou "hygiénisées". Il faut suffisamment stabiliser les boues pour que leur épandage ne pose pas de problème olfactif notable. Il est interdit de les utiliser en pulvérisations. Il faut que le sol les assimile dans les 24 heures suivant leur épandage, qui ne peut s'effectuer sur les cultures fruitières ou maraîchères destinées à la consommation humaine. Les boues de Copenhague sont incinérées. Dans les autres pays scandinaves, la réglementation, qui a force de loi, ressemble à celle proposée au Danemark.

France. Une enquête du Ministère de l'Environnement auprès de quelque 2000 stations d'épuration, dans 62 des 95 départements, a révélé les destinations suivantes :

- agriculture exclusivement - 24% des stations, desservant environ 24% de la population
- agriculture et décharges - 14%, desservant environ 15% de la population
- décharges exclusivement - 60%, desservant environ 45% de la population
- incinération - 2%, desservant environ 20% de la population

Il n'existe aucune norme microbiologique applicable aux boues utilisées dans l'agriculture.

Les instructions du Ministère de la Santé et de la Sécurité sociale sont les suivantes : le traitement des boues doit répondre à l'utilisation qui est faite du terrain et aux règles de protection sanitaire des animaux et de l'homme. C'est pourquoi on préfère la digestion thermophile à 50-55 °C. La pulvérisation des boues est interdite, ainsi que leur épandage sur des terrains employés pour la culture des légumes, qu'ils soient consommés crus ou cuits.

République fédérale d'Allemagne. Les municipalités ont la responsabilité du traitement des eaux usées et des boues. On traite environ 85% des eaux, et la production de boues dépasse un million de tonnes de matières sèches par an. On stabilise les boues par digestion aérobie ou anaérobie ou par d'autres procédés. On en utilise dans l'agriculture environ 25%, provenant surtout de petites stations d'épuration. Il a été proposé d'utiliser les forêts comme décharges. La réglementation se présente sous la forme de directives (2).

Italie. Comme la construction de stations d'épuration connaît un fort développement, il faut s'attendre à un accroissement de la production de boues. On fabrique les engrais agricoles naturels par compostage et on n'utilise guère l'incinération.

Pays-Bas. La quantité annuelle de boues évacuées est passée de 13 500 tonnes de matières sèches en 1959 à 201 000 tonnes en 1978, soit un coefficient multiplicateur de 15. En 1978, l'évacuation se pratiquait par épandage sur des terrains agricoles (35%), par production de terreau pour les parcs publics (15%), par remblayage (30%), par décharge en mer (13%, pratique exclusive de la municipalité de La Haye), et par d'autres procédés (7%). Il n'existe pas de réglementation officielle de l'évacuation des boues, mais l'Association des Compagnies des Eaux (Unie van Waterschapen) a publié en 1980 des directives qui prescrivent d'éviter l'épandage des boues brutes et de les traiter au minimum par stabilisation. On exige un délai de six semaines avant de remettre le bétail au pâturage sur des terres engraisées aux boues d'épuration.

Pologne. Le pays compte environ 400 stations d'épuration. En général, les boues sont digérées dans des fosses Imhoff ou dans des digesteurs thermiques (12% du total), avant déshydratation en lits de séchage; une certaine partie des eaux usées est cependant traitée par lagunage. On destine environ 50% du gâteau de boue séché à l'air à l'agriculture, aux parcs et aux jardins, le reste étant disposé dans des décharges ou des lagunes. La production de boues à 55% d'eau, qui atteint aujourd'hui 430 000 m<sup>3</sup> par an, s'élèvera en 1990 à deux millions de m<sup>3</sup> par an, du fait de la construction de nouvelles stations d'épuration. L'évacuation ne fait l'objet d'aucune réglementation particulière. Il a été proposé de créer des champs d'épandage spéciaux, déjà largement utilisés autrefois en Pologne, pour déposer les boues digérées. Les boues d'égouts sont considérées comme une ressource agricole importante. On n'a constaté aucun risque pour les animaux, ni dans les champs d'épandage ni avec les boues utilisées dans l'agriculture.

A Wroclaw, on a divisé une exploitation de 1500 ha en deux zones, dont l'une est irriguée périodiquement avec des eaux usées décantées, l'autre par aspersion. L'exploitation pratique l'élevage, et le bétail est mis au pâturage 14 jours après l'arrêt de l'irrigation. On pasteurise le lait produit avant de le vendre. L'Université agricole de Wroclaw a pratiqué l'examen vétérinaire des animaux de l'exploitation, de cobayes et de rongeurs sauvages nourris sur les terres irriguées, et n'a constaté aucun effet pathologique. Ainsi, en 1961 et 1962, elle a examiné environ 800 bovins et 100 chevaux nourris d'herbe et de fourrage de la ferme, et conclu, après comparaison avec des animaux témoins nourris sur des terres non irriguées (3), que l'engraissement aux eaux d'épuration, tel qu'il était pratiqué, ne présentait aucun risque grave de tuberculose, brucellose, salmonellose, listériose, leptospirose ou fièvre aphteuse. Les oeufs d'*ascaris suum* survivent plus longtemps dans les épandages d'été, alors qu'au printemps ils n'atteignent pas l'état de larve (4). Les oeufs exposés à la lumière du jour deviennent non viables après 24 heures au soleil et après quatre jours à l'ombre. En automne et au début du printemps, les oeufs ont conservé parfois leur viabilité jusqu'à deux jours d'exposition au soleil (5).

Suisse. La production totale de boues liquides s'élève actuellement à quelque deux à trois millions de tonnes par an. Environ 30% sont incinérés (par exemple à Lausanne et à Winterthur) ou déposés dans des décharges, et 70% répartis en parts égales entre les terres arables et les pâturages. Des directives, qui prendront force de loi en 1981, fixeront une norme microbiologique (100 entérobactéries au gramme au maximum) applicable aux boues épandus pour la culture des fourrages et dans l'horticulture. Pendant la saison des sports d'hiver, les villages de montagne connaissent des problèmes particuliers en raison des difficultés qu'ils éprouvent à évacuer leur surplus d'eaux usées. Le règlement interdira l'épandage des boues sur les sols enneigés ou gelés, afin d'éviter toute pollution de la neige fondue. Les autorités entendent faire respecter la norme microbiologique en instituant l'obligation de faire désinfecter toute l'année les boues provenant d'installations qui produisent plus de 50 tonnes annuelles de matières sèches. On considère que cette condition constitue le seul moyen de rompre le cycle des salmonelloses entre les animaux de ferme et l'homme. Le traitement qui s'est révélé le plus efficace au cours d'essais est la pasteurisation des boues avant leur digestion anaérobie.

Royaume-Uni. En 1975, la production de boues atteignait 1,24 million de tonnes de matières sèches, dont 74% servaient à l'agriculture ou au remblayage, 23% étaient déversés en mer, et 3% incinérés. Plus de 95% de la population sont desservis par des réseaux d'égouts et, sauf celles qui sont déversées en mer dans les régions côtières, toutes les eaux usées subissent un traitement biologique complet (6). Les dix administrations régionales des eaux d'Angleterre et du Pays de Galles, ainsi que les neuf conseils régionaux d'Ecosse, réglementent les opérations d'évacuation des boues d'épuration par des codes de pratique locaux établis à partir de directives publiées en 1977 par le groupe de travail sur l'épandage des boues d'épuration (7). On peut utiliser les boues brutes sur les terres arables, à condition de les y incorporer immédiatement par labourage pour éviter les odeurs, et que ces terres servent uniquement à la culture de produits à conserver ou à cuire avant consommation, ou encore à l'exploitation forestière ou au remblayage. Lorsqu'on épand des boues brutes sur les pâturages, il est interdit d'y faire paître le bétail ou les cochons dans

les six mois suivants, par mesure de protection contre la cysticerose. Il est permis d'épandre des boues traitées sur les pâturages, à condition de respecter un délai de 3 semaines avant d'y mener le bétail dont le lait sera pasteurisé avant la vente, et de 5 semaines dans le cas contraire, ce afin de réduire au minimum le risque de salmonelloses. On a publié en juillet 1981 des directives révisées, mais les dispositions ci-dessus demeurent inchangées.

Etats-Unis d'Amérique. La loi sur la conservation et la récupération des ressources (Resource Conservation and Recovery Act) et la loi sur la pureté des eaux (Clean Water Act), votées par le Congrès des Etats-Unis et applicables dans tous les Etats, réglementent l'évacuation des boues. Conformément à ces lois, l'Administration de la Protection de l'Environnement (Environmental Protection Agency - EPA) a publié un "règlement final provisoire" concernant l'épandage des boues (8). Le règlement définitif devrait paraître vers juillet 1981; entre-temps, le respect du règlement final provisoire est assuré par des poursuites au civil. Ce règlement distingue, sous l'angle de la santé publique, trois types de boues :

- a) les boues "non stabilisées" (brutes), dont l'épandage est interdit et qu'il est obligatoire d'incinérer, d'enfouir ou de sécher à la chaleur;
- b) les boues "traitées pour réduire sensiblement leur contenu en agents pathogènes", par exemple par digestion anaérobie ou aérobie, à la chaleur, à la chaux ou au chlore, par compostage ou par conservation en lagune. Le règlement final devrait contenir les restrictions suivantes : accès interdit au public pendant 12 mois; pâturage interdit pendant 6 mois; interdiction pendant 3 ans de faire pousser des récoltes destinées à la consommation humaine sur des sols engraisés par des boues;
- c) les boues "traitées pour réduire encore leur contenu en agents pathogènes", dont l'utilisation ne fait l'objet d'aucune restriction. Il devrait s'agir de nouveaux procédés comme l'irradiation à haute énergie ou les traitements thermiques, par exemple la pasteurisation, le chauffage, la digestion thermophile ou le compostage.

Le service de voirie du Grand Chicago (the Metropolitan Sanitary District of Greater Chicago - MSDGC) s'emploie activement à encourager l'épandage des boues pour l'engraissement des cultures, notamment sur des terrains autrefois exploités pour l'extraction à ciel ouvert dans Fulton County, Illinois, qui reçoit des boues digérées en provenance de sa plus grande station de traitement (la West-Southwest) (9). Le MSDGC possède aujourd'hui plus de 6075 ha de terres à quelque 320 km au sud du territoire qu'il dessert et qui s'étend sur 2240 km<sup>2</sup>. Les boues digérées liquides, contenant à peu près 4% de matières sèches, sont transportées par péniche sur l'Illinois, puis pompées sur 17,3 km jusqu'aux bassins de retenue situés sur place. L'épandage des boues s'effectue surtout d'avril à octobre, par incorporation dans le sol. Jusqu'à présent, on a utilisé en moyenne 67 tonnes de matière sèche par ha et par an, dans des champs cultivés principalement en maïs. A l'heure actuelle, le site d'épandage reçoit environ 5400 tonnes de boues aqueuses par jour. La population desservie par la station d'épuration s'élève à quelque 10 millions de personnes, et environ 40% des boues produites servent directement à l'agriculture, contre 60% pour le remblayage, les parcs et l'horticulture. La règle, dans l'épandage, est d'éviter la contamination de la chaîne alimentaire, et les céréales cultivées sur des terres engraisées aux boues ne servent qu'à l'alimentation du bétail.

En raison de l'ampleur des opérations d'évacuation des boues, on pratique depuis de nombreuses années la surveillance et l'étude microbiologique de la situation (9). En vingt observations, on a retrouvé ainsi, en moyenne, dans les boues brutes provenant de la station West-Southwest, 49 salmonelles par 100 ml et, de 1975 à 1977, on n'a pas découvert de salmonelles dans les échantillons prélevés chaque année dans quatre terrains contrôlés qui avaient reçu environ 20 tonnes de matières sèches par ha et par an, et au total 47 à 174 tonnes par ha. Aucun oeuf de ténia n'a été observé dans les boues, et deux tiers environ des oeufs de parasites retrouvés appartenaient à l'espèce Toxocara. Des études réalisées à Chicago (10) ont démontré que la digestion mésophile des boues inactive les entérovirus, et on n'en a décelé aucun depuis la fin de 1975 dans les trois cours d'eau qui drainent le champ d'épandage de Fulton County (9).

### 3. Danger microbien et santé publique

Les boues d'épuration contiennent des agents pathogènes très divers : bactéries, virus, champignons et oeufs de parasites. Alderslade (11) analyse leur action. Ils proviennent de la population desservie par le réseau d'égouts, et la prévalence de chacun d'entre eux correspond à l'incidence de la maladie qu'il provoque dans cette population. Il arrive aussi que les agents pathogènes proviennent des abattoirs, des eaux usées agricoles, des animaux domestiques, des rongeurs qui peuplent les égouts, et des eaux superficielles. Les traitements, notamment biologiques, réduisent considérablement la concentration de la plupart de ces agents dans les eaux

usées. Toutefois, beaucoup réapparaissent, dans les boues brutes, plus nombreux qu'ils n'étaient dans les eaux usées de départ, en raison de la concentration qui résulte des processus de sédimentation et d'adsorption.

Le groupe de travail a estimé que les boues et leur épandage présentaient un danger potentiel pour la santé de l'homme et des animaux de boucherie. Cependant, il n'y aurait risque notable d'infection que dans une conjoncture à laquelle contribueraient simultanément, par exemple, la nature de l'agent pathogène, la méthode d'évacuation des boues, l'utilisation du terrain et divers facteurs géographiques, climatiques et démographiques locaux. C'est pourquoi, afin de déterminer quels sont les risques pour la santé humaine, le groupe de travail a analysé le cas de chaque groupe d'agents pathogènes potentiels en s'appuyant sur les informations épidémiologiques existantes. Ces informations, concernant certains agents et en particulier les salmonelles, se présentent sous diverses formes, par exemple les résultats d'études nationales de cas particuliers ou d'épidémies, ou bien de recherches sur les proportions de porteurs. Les animaux ou les êtres humains peuvent véhiculer sans manifestations cliniques des infections bactériennes et virales. Un troupeau porteur d'infection peut devenir un foyer actif de contagion.

### 3.1. Bactéries autres que les salmonelles

Escherichia coli. Certains sérotypes sont pathogènes pour l'homme, pour les animaux, et parfois pour les deux, et se manifestent avec une virulence particulière chez le nourrisson. Le transfert dans l'intestin, à d'autres entérobactéries et notamment aux salmonelles, par médiation à travers les plasmides, de la résistance aux médicaments pose des problèmes. Comme ces sérotypes se trouvent toujours dans les eaux usées, il se peut que les boues jouent un rôle dans leur propagation, bien que cela ne soit pas prouvé; il faut donc poursuivre les recherches. Les méthodes destinées à éviter le transfert de la résistance doivent tendre en priorité à combattre l'abus des antibiotiques.

Autres entérobactéries et pseudomonas aeruginosa. Ces organismes se trouvent partout dans le milieu naturel et, de ce fait, ne justifient pas chacun une étude particulière. La présence de P. aeruginosa dans le milieu naturel est étroitement liée à sa pollution par l'homme, bien que cet organisme se multiplie seulement à température relativement élevée, par exemple dans les microclimats domestiques.

Yersinia enterocolitica. On n'a pas encore tout à fait compris l'épidémiologie de cet organisme, bien qu'il se retrouve dans les selles et puisse se multiplier à basse température. On l'associe surtout aux intoxications alimentaires. Il faut poursuivre les recherches afin de déterminer si les boues contribuent, par exemple, à la recontamination des aliments cuits par des légumes crus ou autres produits introduits dans les cuisines et chargés de terre engraisée aux boues d'épuration.

Clostridium perfringens. Les clostridies vivent surtout dans le sol. Du fait de la longévité de leurs spores, l'apport de boues peut augmenter leur concentration constante dans le sol et donc, en théorie, leur nombre dans certains aliments. En réalité, la concentration normale de spores dans le sol est si élevée que l'apport de boues n'augmente vraisemblablement guère le risque de contamination des aliments.

Clostridium botulinum. Cet organisme vit principalement dans le sol, mais il peut être introduit dans les bâtiments de ferme par des céréales de brasserie contaminées. Les pâturages engraisés au fumier de vaches nourries avec ces céréales peuvent se trouver contaminés, de même que les fourrages ensilés (12). On a démontré que ces bactéries se multipliaient et produisaient des toxines dans les fourrages ensilés de qualité médiocre (13). C. botulinum produit l'une des toxines les plus puissantes qui soient connues. Apparemment, les boues ne présenteraient pas de risque particulier pour la santé publique, mais elles peuvent accroître la concentration de spores dans le sol. Par mesure de protection de la santé publique, on apporte un soin tout particulier à la préparation des conserves, et les cas de botulisme humain sont extrêmement rares. Des considérations similaires s'appliquent aussi à d'autres clostridies, qui, parfois, deviennent pathogènes dans certaines conditions.

Bacillacées. Ces bactéries aérobies à spores, autres que Bacillus anthracis, sont si répandues qu'on ne peut considérer que les boues qui en contiennent jouent un rôle précis dans l'étiologie des intoxications alimentaires. L'anthrax, sporadique, frappe surtout les animaux. L'homme le contracte surtout en manipulant des carcasses, des peaux, de la laine et d'autres produits animaux contenant des spores de B. anthracis. Le principal danger vient des carcasses dont l'infection n'a pas été décelée ou des eaux résiduelles de tanneries ou de manufactures de laine qui traitent des produits importés des rares parties du monde où l'anthrax règne encore de façon endémique. Rien ne prouve aujourd'hui que les boues d'épandage soient à l'origine de l'anthrax humain.

Listeria monocytogenes. On peut considérer cet organisme comme un agent pathogène occasionnel, puisqu'il est toujours présent dans l'intestin des humains et des animaux en bonne santé. A l'occasion d'une étude (14), on l'a isolé dans 35 échantillons d'effluents traités, sur 38 (92%). La listériose chez l'homme est sporadique et son épidémiologie mal connue. Listeria est un organisme psychrophile. L'épandage des boues en augmente la concentration dans l'environnement, mais on ignore les effets de cet accroissement et leur incidence est négligeable.

Vibrio species. Le choléra provoqué par Vibrio cholerae est véhiculé par l'eau. Les souches entérotoxigènes de V. cholerae survivent mal dans l'environnement et, donc, les boues traitées n'interviennent pas directement dans la propagation du choléra. On sait aujourd'hui que les animaux de boucherie, comme les bovins et les porcins, peuvent en être porteurs. V. parahaemolyticus étant un organisme marin, ses principaux agents d'infection sont les produits de la mer. On ne peut pas considérer les boues d'épandage comme un agent du choléra.

Mycobacterium species. L'épidémiologie de la tuberculose est bien comprise, contrairement à celle des maladies transmises par les organismes précités. Les boues peuvent transmettre Mycobacterium aux animaux de ferme, mais comme la tuberculose a, de nos jours, pratiquement disparu de nombreuses régions, cette voie d'infection est devenue négligeable. Les déchets des sanatoriums constituent un cas particulier, et il faut les désinfecter avant de s'en débarrasser. Le traitement des boues à la chaleur est le seul moyen connu de tuer ces bactéries.

Leptospira species. Ces organismes peuvent assez bien survivre dans les eaux alcalines. Rien ne prouve que les boues soient un agent d'infection. On constate très peu d'infections cliniques chez l'homme; il s'agit d'une maladie professionnelle qui touche les agriculteurs, les vétérinaires et autres personnes en contact avec des animaux.

Campylobacter species. L'épidémiologie des infections provoquées par ces organismes n'est pas encore comprise; cependant, leur action sur l'homme et les animaux ressemble à celle des salmonelles. On sait aujourd'hui qu'ils provoquent souvent des gastroentérites chez l'homme. On pense que les boues d'épuration ne contribuent vraisemblablement guère à leur propagation dans l'environnement, ni à leur incidence chez l'animal, avec ou sans contamination.

### 3.2 Les salmonelles

#### L'expérience suisse

Le nombre des cas de salmonellose humaine n'a pas cessé d'augmenter en Suisse, passant de 23 en 1955 à 3629 en 1979, et ces deux chiffres sont sans aucun doute en-deçà de la réalité. Dans le même temps, on a constaté aussi un accroissement de la proportion de porteurs de salmonelles parmi les porcs et les bovins et de la fréquence de leur présence dans les viandes, les produits carnés et les boucheries. Le Dr Breer a présenté les résultats d'études récemment effectuées par l'Institut d'Hygiène vétérinaire de l'Université de Zurich, qui ont démontré les incidences positives suivantes :

- chez les porcs abattus dans des conditions normales, 1978 : 63/500 (12,3%)
- dans les carcasses de bovins sains provenant de quatre abattoirs, 1977 : 63/2515 (2,5%)
- lors d'examens mensuels de contrôle d'hygiène dans les boucheries, 1979 : 56/290 (19,3%)
- dans des échantillons de boues d'épuration provenant de 205 stations, 1980 : 383/396 (96,6%).

De nombreux prélèvements ont permis de découvrir de fortes concentrations de salmonelles dans les boues et de démontrer qu'elles y survivaient de nombreuses semaines, ainsi que dans les pâturages et le foin (15, 16). L'incidence saisonnière des salmonelles dans l'organisme des bovins, constatée de 1969 à 1978 (26 646 échantillons), a été comparée avec les époques d'épandage : les études des proportions de porteurs et des sérotypes observés parmi les bovins nourris sur des pâturages traités aux boues ont révélé une association positive entre les deux observations et l'existence d'un cycle d'infection (homme-boues-animaux-homme). Il n'a pas été possible de rompre ce cycle en améliorant l'inspection des viandes dans les abattoirs. En conséquence, les autorités suisses ont prescrit l'épuration préalable obligatoire des boues d'épandage. Le meilleur procédé consiste à les pasteuriser avant digestion anaérobie (17), et trois stations fonctionnaient déjà en janvier 1981.

### L'expérience néerlandaise

La salmonellose pose un problème de santé publique important aux Pays-Bas; en 1976, on en a relevé jusqu'à 12 000 cas dans une population d'environ 13,5 millions d'habitants. De 1951 à 1970, les trois sérotypes les plus courants des cas humains étaient *S. typhimurium* (60%), *S. panama* (10%), et *S. infantis* (5%) (12). Depuis 1960, Edel, Kampelmacher et autres (18-22) ont abondamment étudié l'épidémiologie des salmonelloses; ils ont démontré que les aliments d'origine animale, notamment la viande, constituaient la principale source d'infection chez l'homme, qu'un nombre assez élevé d'animaux de boucherie (volailles y compris), cliniquement sains, étaient porteurs, et que les aliments du bétail infectés, notamment la farine de poisson importée, étaient à l'origine de l'apparition de nouveaux sérotypes. Lors d'expériences, des porcs nourris avec des granulés traités à la chaleur et conservés dans des bâtiments isolés de toute source de contamination, sauf celles de l'environnement, sont devenus porteurs de salmonelles, alors qu'un groupe témoin en milieu aseptique est resté sain et exempt d'infection. Depuis 1971, on a réalisé des études approfondies des cycles de propagation de la salmonellose dans l'ancienne île de Walcheren où se trouvent quelque 200 élevages de porcs, 2 abattoirs, 60 boucheries et 14 stations d'épuration desservant 90 000 personnes. Ces études ont révélé l'existence de cycles de propagation complexes, qui font intervenir des animaux infectés par l'environnement et les aliments du bétail, la viande, des patients, des porteurs sains, des effluents de stations d'épuration, des eaux superficielles, des insectes, des oiseaux, des rongeurs et des animaux de boucherie. La principale découverte sur ce cycle est l'incidence élevée des cas observés d'un type monophasé, *S. typhimurium* II 505, dans la plupart des séries d'échantillons examinées (19, 21). Selon deux des grandes conclusions de cet ouvrage (20), il faut considérer comme très peu probable que l'on arrive prochainement à produire, si ce n'est à relativement petite échelle, des aliments de l'homme et des animaux exempts de salmonelles, et qu'il importe, afin de protéger directement le consommateur, de lui enseigner l'hygiène culinaire et d'améliorer cette hygiène. La présentation en granulés des aliments des animaux, et notamment des porcs, diminuera la contamination dans les élevages. Par contre, en réduisant la contamination de l'environnement, on peut contribuer à rompre les cycles d'infection.

### L'expérience britannique

Depuis 1941, l'Angleterre et le Pays de Galles ont mis en place un vaste système de déclaration des salmonelloses humaines et, depuis 1958, des épisodes observés chez les animaux de boucherie. Le Centre de Surveillance des Maladies transmissibles (Service des Laboratoires de Santé publique) enregistre les cas de salmonelloses humaines et les épisodes observés chez les animaux, les cas individuels étant déclarés d'une part à l'Office des Recensements et Enquêtes démographiques, d'autre part au Département de la Santé et de la Sécurité sociale. Depuis 1975, le décret sur les zoonoses (23) impose la déclaration des salmonelloses des animaux de boucherie. Ces déclarations ont largement servi à déterminer les tendances des infections dues à différents sérotypes et à prendre les mesures d'endigement voulues (24). On a déclaré en 1978 plus de 11 000 cas chez l'homme, soit 16 pour 100 000 habitants (11). Avant 1941, on ne trouvait guère qu'environ 14 sérotypes "indigènes", mais la modification de l'alimentation des animaux et des pratiques agricoles, ainsi que l'importation de produits alimentaires, ont provoqué l'apparition de sérotypes inconnus jusqu'alors. On remarque, surtout en ce qui concerne les animaux de boucherie, une réduction des épisodes provoqués par les sérotypes spécifiques de l'hôte comme *S. dublin*, *S. pullorum* et *S. gallinarum*. Par contre, on observe une incidence accrue de *S. typhimurium* et de sérotypes "importés" comme *S. hadar* et *S. agona* (24). Il se peut que certains de ces derniers sérotypes aient été importés initialement dans des aliments du bétail infectés; depuis lors, on les retrouve de plus en plus, par exemple *S. agona*, à l'origine des intoxications alimentaires chez l'homme. En 1978, on a enregistré 1428 épisodes dans des élevages de bovins d'Angleterre, du Pays de Galles et d'Ecosse, les sérotypes les plus fréquents étant *S. typhimurium* (48%) et *S. dublin* (30%). Deux exemples récents démontrent l'intérêt de la surveillance: la vaste dispersion de souches résistantes multiples issues de *S. typhimurium* du type de phage 204 (R-type CSSuT) chez les bovins et l'homme, dont on a retrouvé l'origine dans un seul grand élevage de veaux de boucherie, et l'enquête qui a permis la localisation, dans quelques élevages de dindonneaux (25), de l'origine de l'infection des dindons par *S. hadar*.

En Grande-Bretagne, on pense que les principaux facteurs des salmonelloses des animaux de boucherie provenant de *S. typhimurium* et d'autres sérotypes non spécifiques d'animaux bien définis sont la transmission entre animaux, les effets d'un élevage intensif (par exemple le transport généralisé et massif de veaux provenant des parcs des négociants et des marchés aux bestiaux), enfin, dans les premières années 70, l'importation de protéines de basse qualité comme apport dans l'alimentation animale. On connaît plusieurs cas bien documentés de salmonellose des bovins dus à la contamination de pâturages par des eaux usées brutes ou par des résidus de fosses septiques, mais rien ne prouve, malgré la déclaration obligatoire des cas, qu'ils soient liés à l'épandage de boues sur les terres à pâturages (7, 11, 26). On estime qu'une utilisation des boues conforme aux règles en vigueur au Royaume-Uni apporte à l'agriculture des avantages qui compensent le risque de maladie chez les animaux (7).

Les infections de bovins par le sérotype *S. dublin*, spécifique de l'hôte, qui sont rarement contagieuses pour l'homme, revêtent un caractère endémique depuis plusieurs années dans certaines zones bien précises, notamment celles où se rencontrent des pâturages en contrebas mal drainés. La transmission se fait d'un animal à l'autre.

Les principaux réservoirs de salmonelloses humaines en Grande-Bretagne seraient la viande, les produits laitiers et plus encore les volailles. La propagation de la maladie tient surtout à la mauvaise hygiène des aliments dans les foyers et dans les établissements de restauration.

Risques présentés pour l'animal et l'homme par les salmonelles contenues dans les épandages agricoles

Le groupe de travail n'était pas tenu initialement d'étudier les risques courus par les animaux de boucherie du fait de l'emploi des boues dans l'agriculture, mais il s'est penché sur ce sujet car la viande et les produits laitiers sont souvent à l'origine des intoxications alimentaires provoquées par les salmonelles. D'un côté, les observations effectuées au Royaume-Uni semblent n'établir aucun lien entre l'épandage des boues et les salmonelloses des animaux de boucherie, de l'autre, ce lien paraît prouvé aux Pays-Bas et en Suisse. Le groupe de travail a étudié avec soin cette différence (26, 27).

L'expérience britannique se fonde sur l'analyse des déclarations de cas et d'épisodes d'infection clinique, faites conformément au Décret sur les zoonoses (23), tandis que les témoignages provenant des Pays-Bas et de Suisse sont extraits d'enquêtes épidémiologiques approfondies, réalisées en vue de détecter les porteurs de salmonelles (15, 16, 18, 22). Selon un des participants, le dépistage des porteurs permet de calculer un indice plus certain du risque, car les porteurs transmettent l'infection à d'autres animaux et à l'homme par la chaîne alimentaire et l'on a besoin de moins de salmonelles pour déterminer si un organisme est porteur ou non que pour déterminer un état d'infection clinique. Au Royaume-Uni, grâce à la surveillance étroite des épisodes, pratiquée depuis de nombreuses années à l'échelle nationale, on a pu aussi découvrir des sérotypes nouvellement apparus, dégager les tendances des foyers d'infection et prendre des mesures (11, 24). Le groupe de travail a reconnu que les expériences épidémiologiques convenablement préparées et contrôlées reviennent cher, mais qu'elles devaient constituer le prolongement de la surveillance, car celle-ci suggère parfois l'existence de facteurs hypothétiques que seule l'expérience peut prouver.

Le groupe de travail a également étudié un autre phénomène important, à savoir l'effet des différences locales ou nationales sur la transmission des salmonelles des boues d'épuration aux animaux de boucherie. Ces différences se situent aux niveaux de la densité démographique, de l'incidence des salmonelloses humaines, du degré de traitement biologique des eaux usées, du traitement et de la manutention des boues d'épuration, de l'application ou non de règles d'épandage, des pratiques agricoles, de la densité des élevages et enfin du climat.

Le groupe de travail est convenu que :

- a) Les boues d'épuration contiennent des salmonelles qui contribuent à la contamination générale de l'environnement, mais elles ne constituent pas la seule origine de ces micro-organismes. Il faudrait mesurer la contribution des boues à la concentration de base des salmonelles en même temps que les apports de salmonelles d'autres origines dans l'environnement.
- b) La surveillance s'impose en toute priorité si l'on veut découvrir l'étendue et les causes probables des salmonelloses et proposer les études épidémiologiques et les mesures d'endiguement qui conviennent.
- c) La surveillance ne révélera pas forcément l'étendue ni l'effectif de la population de porteurs, non plus que sa contribution au risque d'infection par l'environnement, mais elle fera apparaître les principales tendances des foyers d'infection composés de divers sérotypes, et leur incidence, ainsi que les facteurs dont elles dépendent.
- d) La recherche épidémiologique est onéreuse et la conception des expériences épidémiologiques le plus souvent complexe. Les expériences dûment contrôlées ne peuvent servir qu'à vérifier des hypothèses spécifiques et devraient venir compléter la surveillance.
- e) La modification de la proportion de porteurs de salmonelles parmi les animaux ne s'accompagnera généralement pas d'une modification semblable et directement proportionnelle de l'incidence de la maladie chez l'homme. Le rapport entre les deux phénomènes s'annonce complexe et incertain et ses paramètres n'ont jusqu'ici fait l'objet d'aucune estimation.

f) Il est peut-être impossible, encore que souhaitable en théorie, d'éliminer toutes les sources de contamination de l'environnement, et si l'opération ne s'accompagnait pas de mesures destinées à bloquer d'autres voies d'infection (par exemple les infections primaires et les aliments du bétail contaminés), elle ne réduirait pas immédiatement le danger présenté par les salmonelles pour les populations animales et humaines.

g) Les mesures d'endiguement à prendre doivent être dictées par les conditions locales et les moyens financiers disponibles.

h) Les intoxications alimentaires chez l'homme sont souvent dues à la contamination des cuisines, soit par des viandes ou des produits laitiers infectés, soit par de la terre infectée déposée sur des légumes (même si on les fait cuire ensuite). En conséquence, il serait rentable d'améliorer l'hygiène des cuisines.

Le groupe de travail a noté que la Conférence WAVFH/OMS sur les intoxications alimentaires avait estimé que les salmonelles étaient si répandues qu'une bonne prévention des salmonelloses humaines passait par l'amélioration de l'hygiène alimentaire et qu'il était peu probable que l'on réussisse à éliminer les salmonelles de l'environnement. Il a donc proposé trois séries de mesures :

- a) la production de souches d'animaux résistants aux salmonelles. Actuellement, cela n'est possible que dans des conditions d'expérience contrôlée;
- b) le traitement thermique, y compris la pasteurisation. On peut l'appliquer aux produits laitiers et aux oeufs, mais non aux aliments à consommer crus;
- c) l'enseignement d'une bonne hygiène de manipulation des aliments aux travailleurs de la branche alimentaire et au personnel de cuisine.

### 3.3 Les parasites

On peut trouver, dans les boues et dans les eaux usées brutes ou partiellement traitées, des oeufs de divers helminthes et des kystes de protozoaires. La réduction de leur nombre au cours du traitement des eaux dépend de la sédimentation et n'est pas nécessairement forte. La densité et la vitesse de sédimentation relatives des oeufs d'helminthes et des kystes de protozoaires sont variables, mais ne dépassent pas nécessairement assez la densité des eaux usées ou la vitesse de brassage (vitesse de renvoi au sommet dans les bassins rectangulaires) pour que la sédimentation soit efficace. Quoi qu'il en soit, ils se concentrent toujours dans les boues primaires. Les parasites dont l'homme est l'hôte spécifique ne peuvent pénétrer dans l'environnement que par l'intermédiaire des boues d'épuration et d'autres voies de contamination fécale.

Taenia saginata. Sa larve, ou cysticerque du bétail, occasionne des pertes économiques aux éleveurs, car la viande des animaux infestés est refusée ou déclassée. Le seul véritable critère de la viabilité des oeufs dans les boues est leur aptitude à infester les bovins après ingestion. Le tableau 1, établi selon des résultats présentés par le Professeur H.J. Bürger, montre que les pâturages traités aux boues d'épuration et qui contiennent des oeufs de T. saginata ne sont plus infectieux pour les veaux d'expérience 17 à 18 semaines après l'épandage (28).

Ascaris lumbricoides et Toxocara species. L'homme peut être infecté par les oeufs des ces deux helminthes parasites. L'hôte terminal de A. lumbricoides est l'homme, celui de Toxocara le chat ou le chien. On ignore la contribution à la morbidité humaine des oeufs de ces organismes contenus dans les boues d'épuration.

Echinococcus species. Elle ne pose guère de problèmes dans les pays au nord des Alpes. E. granulosus présente un cycle bien défini dans lequel interviennent les chiens (stade adulte), notamment les chiens de berger des élevages de moutons, et les moutons (stade larvaire). Par ailleurs, E. multilocularis présente un cycle similaire où interviennent les renards et les campagnols et, aux États-Unis d'Amérique, les chats et les souris domestiques. L'homme peut servir d'hôte intermédiaire (stade larvaire). Il arrive que les oeufs excrétés par les chats et les chiens pénètrent dans les égouts par ruissellement des eaux superficielles, mais on ne sait jusqu'à quel point.

Toxoplasma gondii. Les boues d'épuration ne peuvent transmettre l'infection que si des sporocystes provenant des excréments de chats pénètrent dans les égouts. Les autres transmissions, par exemple l'infection directe par sporocystes des chats ou l'infection par schizontes, sont probablement plus fréquentes que la transmission par les boues d'épuration.

Tableau 1. Nombre de cysticerques et présence de sarcosporidies, observés à l'autopsie sur des veaux exempts de parasites mis expérimentalement au pâturage sur des terres engraisées au moyen de boues contenant des oeufs de T. saginata et des kystes de sarcosporidies

Traitement de la parcelle	Laps de temps séparant l'épandage de la mise au pâturage		
	5-6 semaines	9-10 semaines	17-18 semaines
200 l de boues/m <sup>2</sup>	211+	15-	0-
	147+	13-	0-
	65+	5-	0-
200 l de boues/m <sup>2</sup> , foin fauchés après 5 ou 6 semaines	NT	3+	1-
		2+	1-
		0-	1-
Aucun épandage	3-	NT	NT
	2-		
	0-		

+ = sarcosporidies observés, - = sarcosporidies non observés, NT = parcelles non pâturées

Note : On a vérifié l'infectivité des pâturages en y faisant paître trois veaux exempts de parasites pendant deux semaines dans chaque cas; on a ensuite abattu les veaux et examiné à fond leurs carcasses.

Sarcocystis species. L'incidence de l'infection chez les bovins et les porcins est élevée, mais on a peu étudié son épidémiologie, en particulier le rôle des boues d'épuration dans sa propagation.

Nématodes gastrointestinaux. On les trouve dans les déchets d'abattoirs et les eaux usées des fermes. Leurs oeufs ne se développent pas en anaérobiose mais peuvent éclore après l'épandage des boues sur les pâturages. Les boues de rivière véhiculent les infections des animaux.

Le groupe de travail a estimé que les boues d'épuration jouaient un grand rôle de vecteur de plusieurs parasites : T. saginata, Ascaris species, Toxocara species et sarcosporidies. On trouve aussi des kystes d'Entamoeba et de Giardia dans les effluents traités. La transmission de tous ces parasites peut s'effectuer par d'autres voies que les boues. Pour empêcher les parasites présents dans les boues de provoquer des infections chez l'homme ou l'animal, il faut, soit stocker longtemps les boues avant de les épandre, soit ménager un laps de temps prolongé entre leur épandage et la mise des animaux au pâturage. Il ne faut jamais engraisser sur boues d'épandage les cultures de légumes ou d'autres végétaux à consommer crus.

Le risque de parasitoses de l'homme lié à l'emploi de boues d'épuration doit être évalué. Le groupe de travail n'avait pas à connaître le risque que les parasites transmis par l'intermédiaire des boues d'épandage présentent pour les animaux de boucherie.

### 3.4 Les virus

On trouve, dans les boues d'épuration, des entérovirus, des poliovirus, des coxsackies A et B, des échovirus, des entérovirus N° 68 à 71, et peut-être aussi des virus de l'hépatite A, des adénovirus, des réovirus y compris les rotavirus, des parvovirus et des coronavirus. Les entérovirus sont stables en milieu humide mais ils peuvent disparaître par dessiccation, tandis que les parvovirus résistent à la sécheresse. On ne sait pas encore comment cultiver le virus de l'hépatite A, le rotavirus, ni le coronavirus.

On peut trouver des virus dans les eaux usées et les boues traitées et on en a également rencontrés dans les fruits et les légumes. Des entérovirus, épanchés en hiver au Danemark, ont disparu à raison d'environ 0,5 à l'unité logarithmique par mois (29). Ils sont adsorbés de manière réversible sur la couche supérieure du sol (jusqu'à une profondeur d'environ 0,1 à 0,2 m) et, dans les climats d'Europe septentrionale, y demeurent normalement fixés. Leur élimination nécessite un énorme apport filtrant d'eau non minéralisée et les virus introduits dans le sol par les boues n'atteignent normalement pas la nappe phréatique.

Le groupe de travail a estimé qu'il serait difficile de porter une appréciation sur les études épidémiologiques, car la plupart des viroses entériques de l'homme sont asymptomatiques, l'éventail des symptômes associés à une infection virale spécifique est très large, et de nombreux virus différents peuvent causer le même symptôme. Les infections provoquées par le virus de l'hépatite A sont celles que l'on associe le plus souvent avec certitude à l'eau, du fait probablement que le rapport infection/maladie clinique est plus élevé que pour les autres virus entériques (parfois 1/10 plutôt que 1/100 ou 1/1000).

Les rotavirus, en particulier, et peut-être aussi les coronavirus et les parvovirus, sont normalement mis en cause dans les gastroentérites de la première enfance, souvent très graves. Ils provoquent une forte morbidité dans les pays en développement, mais pas exclusivement là. On ne sait pas grand-chose de leur stabilité dans l'environnement. La voie orale-fécale de transmission directe entre individus est sans aucun doute la plus importante actuellement, mais le groupe de travail a estimé qu'il faudrait chercher à déterminer si ces virus ne pourraient pas être transmis par les boues d'épandage. Il n'a pu confirmer l'existence d'aucun problème viral lié à l'utilisation des boues d'épuration dans l'agriculture, sauf en cas d'épandage de boues insuffisamment traitées sur des terres dont les récoltes sont consommées crues par l'homme. Toutefois, selon deux des participants, le Professeur Lund et le Dr Bertoldi, il faudrait mentionner la propagation du virus de l'hépatite A par l'épandage d'eaux usées et de boues sur les cultures de légumes (par exemple en Italie du Sud) et par les eaux de ruissellement provenant de terrains où des boues ont été épandues dans de mauvaises conditions (par exemple en Tchécoslovaquie). On ne peut prouver aujourd'hui que des virus nouvellement identifiés, par exemple le virus de Norwalk, les rotavirus, les coronavirus et peut-être les parvovirus, peuvent se propager et subsister dans l'environnement, car on ne sait pas encore comment les cultiver. En raison du danger présenté par les virus en tant que facteurs de gastroentérites (principale cause de mortalité infantile dans les pays en développement), on ne peut écarter cette possibilité lorsqu'on envisage l'épandage de boues d'épuration.

### 3.5 Les champignons

Les classes suivantes de champignons, isolables dans les boues d'épuration, peuvent infecter l'homme ou provoquer des allergies : a) les saccharomyces - Candida albicans, C. krusei, C. tropicalis, C. guilliermondii, Cryptococcus neoformans, Trichosporon sp.; et b) les champignons filamenteux - Aspergillus sp., A. fumigatus, Phialophora richardsii, Geotrichum candidum, Trichophyton sp. et Epidermophyton sp.

Trichophyton et Epidermophyton sont des dermatophytes associés à certaines infections cutanées comme la teigne et le pied d'athlète. Les cryptocoques sont des pathogènes des muqueuses, notamment dans les vaginites. Trichosporon sp. s'attaque aux follicules pileux. Il est difficile de déterminer les risques présentés par les champignons filamenteux, car il s'agit d'organismes normalement présents dans le sol, capables toutefois de se multiplier dans un gâteau de boues stocké ou pendant le compostage, et de produire alors en abondance des spores ou des métabolites toxiques. Ainsi, les spores d'Aspergillus et des espèces apparentées, en particulier A. fumigatus, peuvent, s'ils sont inhalés, provoquer des allergies respiratoires graves chez l'homme (par exemple le poumon du fermier) et déclencher des réactions allergiques. Phialophora est un des champignons actinomycètes que l'on trouve dans les infections profondes du pied (pied de Madura). G. candidum est un hôte passager de la bouche et d'autres muqueuses. On le trouve fréquemment dans les boues activées et, à l'occasion, dans le lait et d'autres aliments, mais on connaît mal son action. Certains types d'aspergillus sont capables de produire, durant leur croissance, des mycotoxines, l'aflatoxine par exemple. Comme on peut trouver ces champignons ou saccharomyces dans les eaux usées et dans les boues à tous les stades de leur traitement, il ne faut pas les négliger si l'on veut étudier l'impact, sur la santé publique, de l'épandage des boues d'épuration.

Le groupe de travail a estimé qu'il était malaisé d'apprécier l'effet de ces organismes sur la santé publique. Les moisissures, qui font partie des organismes omniprésents dans l'environnement, se retrouvent dans les aliments des animaux et les céréales. C'est pourquoi la pasteurisation des boues n'apporte pas nécessairement la solution à tous les problèmes, puisqu'il y a forcément recontamination. Les dangers pour l'homme viennent surtout des spores véhiculés par l'air, et très probablement des stations de compostage ou de dessiccation des boues. Toutefois, selon une expérience réalisée à Beltsville, MD, USA, et qui a fait l'objet d'une communication du Dr Farrell, le

grand public vivant près des stations de compostage ne court aucun risque, et la seule mesure sanitaire recommandée pour ce qui concerne les travailleurs consiste à savoir si les nouvelles recrues ont déjà souffert d'asthme.

### 3.6 Autres agents pathogènes

Le groupe de travail n'a pu ajouter aucun autre agent pathogène à la liste proposée plus haut.

## 4. Utilisation à long terme des boues et eaux d'épuration

Le groupe de travail a noté que la pratique de l'épandage existe depuis plus d'un siècle, mais qu'aucune publication n'a jamais fait état de ses effets préjudiciables éventuels sur la santé de l'homme. On emploie les eaux usées pour l'engraissement des terres d'élevage, celui des cultures de céréales, de légumes et d'agrumes, celui des parcs de plaisance. Par ailleurs, il est incontestable que les salmonelloses humaines ont surtout pour origine les aliments infectés qui sont introduits crus puis manipulés dans les cuisines. Il faut s'insurger contre toute affirmation du contraire. Selon le groupe de travail, l'incidence véritable de la cysticerose du bétail élevé sur des exploitations engraisées aux eaux usées et vendu à l'extérieur risque d'être sous-estimée si l'on ne peut retrouver l'origine de la viande. Des expériences contrôlées réalisées dans l'Etat de Victoria, Australie, où la téniasose est endémique, ont démontré que des bovins élevés à l'abri de *T. saginata* contractaient la cysticerose s'ils avaient été nourris sur des pâturages irrigués au moyen d'eaux usées brutes et d'effluents obtenus par filtration biologique ou traitement de boues activées, mais non d'effluents de lagunage d'où les oeufs de ténia sont extraits par sédimentation (30). Il faut relever aussi que la proportion de salmonelloses chez l'homme s'est accrue parallèlement aux niveaux de vie, tandis que la pratique de l'épandage agricole a diminué. L'épandage agricole des eaux usées et l'épandage sanitaire des boues sont d'ordinaire des opérations dûment contrôlées, et il n'est probablement pas surprenant de constater qu'elles ont peu d'effet sur la santé de l'homme. Par opposition, on peut évoquer le problème bien connu des schistosomiasis de la Méditerranée orientale et du Pacifique occidental, où l'on utilise encore les excréments humains pour engraisser les rizières et où les travailleurs contractent des infections par voie cutanée lorsqu'ils travaillent pieds nus dans les champs inondés.

De l'avis général des membres du groupe de travail, les nombreuses études médicales non plus que la surveillance n'ont pu démontrer que l'épandage agricole des eaux usées et l'épandage sanitaire des boues, s'ils sont correctement contrôlés, posent un grave problème de santé pour l'homme, et il est donc possible d'utiliser les eaux usées dans l'agriculture en prenant les précautions voulues. A défaut, leur emploi produit assurément des retombées locales sur la santé, puisque, dans les pays en développement dont la population souffre déjà d'un taux élevé d'infections parasitaires, l'emploi d'excréments humains comme engrais présente de toute évidence un danger. Certains participants ont exprimé des réserves quant à la valeur du plan d'expérience et des méthodes analytiques utilisées pour dénombrer les virus dans les exemples mentionnés.

## 5. Epandage des boues d'épuration : risques pour la santé de l'homme

Le groupe de travail a noté qu'une conférence-atelier sur les déchets animaux, réunie à Hanovre en novembre 1980, n'avait abouti à aucune conclusion ferme, si ce n'est que les oeufs de parasites constituent un danger pour les animaux.

Il n'est pas prouvé que l'épandage des boues d'épuration ait un effet direct sur la santé de l'homme, quand bien même cette pratique se développe par suite de la construction de nouvelles stations d'épuration et du coût élevé des autres moyens d'évacuation des boues, quand il en existe. On a pu établir un rapport entre l'épandage des boues d'épuration et la présence de bovins et porcins porteurs de salmonelles. La contamination de la viande, du lait et des produits laitiers, ainsi que celle des surfaces de travail des cuisines qui en résulte, peuvent constituer une menace pour la santé de l'homme. On sait incontestablement, depuis de nombreuses années, que l'emploi de boues contribue à l'infection du bétail par les cysticerques, et donc à la présence de *T. saginata* chez l'homme. L'inspection des viandes est une prévention très imparfaite, puisqu'elle ne permet de déceler qu'une petite proportion de carcasses infectées. Hormis ces deux agents pathogènes, rien ne tend à indiquer que les boues contribuent à la transmission des maladies à l'homme.

Il faut définir la différence entre un danger et un risque. Les boues d'épuration constituent un danger pour la santé, car elles contiennent invariablement divers agents pathogènes. Par contre, l'existence d'un risque pour la santé dépend de plusieurs facteurs locaux et de circonstances particulières et, dans chaque cas, il faut le définir. Pour prendre un exemple extrême, les salmonelles du bétail laitier présentent un danger pour la santé de l'homme, mais la pasteurisation permet de prévenir le risque lié à la consommation de lait. En général, les boues d'épuration contiennent des agents pathogènes dangereux pour la santé, mais ils ne présentent un risque que si

les circonstances conduisent à en absorber en nombre suffisant pour provoquer une infection. Si l'hygiène des aliments est bonne, le risque est faible. Voici deux observations qui ont trait à la protection de la santé publique, formulées lors du deuxième symposium européen sur le typage, le traitement et l'utilisation des boues d'épuration : "d'un point de vue économique et pratique il est impossible d'éliminer tous les risques, même si cela est réalisable techniquement", et "on ne peut définir dans l'absolu ce qui constitue une sécurité raisonnable, qui dépend d'un certain nombre de facteurs économiques, politiques et géographiques".

Le groupe de travail a noté le peu d'influence réelle qu'aurait en pratique, sur la morbidité, la substitution de boues stérilisées aux boues non stérilisées, puisqu'il existe dans l'environnement de nombreuses autres sources de contamination. En raison de la transmission entre animaux et de la présence de porteurs dans les troupeaux d'animaux de boucherie, la décontamination des boues n'aurait pas de conséquences immédiates notables pour la santé publique, même là où il existe une relation de cause à effet entre la morbidité et l'utilisation des boues dans l'agriculture, et il faudrait sans doute plusieurs années pour réduire de façon appréciable la contamination animale. Lorsque la contamination d'autres provenances est importante, la suppression des boues en tant que vecteur ne réduirait le risque que dans des proportions infinitésimales. L'utilisation des boues dans l'agriculture présente un risque, car les animaux de boucherie peuvent devenir porteurs de salmonelles ou être infectés par *Cysticercus bovis*, mais on peut réduire ce risque au minimum en adoptant des pratiques agricoles appropriées. Si le risque est élevé, il se peut que l'épandage devienne impossible. On peut réduire la contamination de l'environnement par traitement thermique des boues (par exemple, en les pasteurisant à 65-70 °C pendant 30 minutes ou en leur faisant subir un traitement équivalent), par addition de chaux vive (pour détruire les salmonelles), par stockage prolongé, ou en différant la remise des animaux au pâturage.

Le groupe de travail s'est déclaré opposé à l'adoption de recommandations d'application universelle car, selon les circonstances locales, il faut prendre des mesures différentes, dépendant de la diversité des lieux et des situations, afin de ramener le problème à des proportions acceptables. La formulation et l'application de mesures de contrôle appropriées doivent relever des autorités locales.

#### 6. Conclusions et recommandations

Les boues d'épuration contiennent divers agents pathogènes (bactéries, virus, parasites, et champignons), car ces agents existent aussi dans les populations humaines et animales qui produisent les eaux usées. L'épandage de ces boues à des fins agricoles ou d'élevage constitue souvent un système d'évacuation peu onéreux; il apporte des nutriments aux végétaux et peut améliorer les propriétés du sol, mais propage aussi des agents pathogènes dans l'environnement. Toutefois, un certain nombre d'autres sources et voies de transmission des agents pathogènes contribuent elles aussi au risque total pour la santé de l'homme et de l'animal. Il faut donc tenir compte de toutes ces données si l'on veut évaluer le risque additionnel qui s'attache à telle ou telle pratique d'évacuation des boues. Il est cependant extrêmement difficile et coûteux de mesurer ce risque selon des méthodes microbiologiques et épidémiologiques. Le traitement et l'utilisation convenables du terrain peuvent néanmoins diminuer le risque que l'utilisation agricole des boues d'épuration présente pour la santé publique. Il ne serait pas réaliste de compter sur une réduction sensible ou rapide de l'incidence de la morbidité tant que subsisteront d'autres sources substantielles d'agents pathogènes.

Les niveaux acceptables de risque pour des populations données dépendent de plusieurs facteurs de tous ordres : l'état de santé de la population locale, la nature du sol, la température, l'humidité, les précipitations, le niveau de la nappe phréatique, la nature de l'agriculture et de l'élevage, enfin la sûreté relative des moyens de transport et d'épandage des boues. On ne peut exprimer ces niveaux acceptables en termes absolus, mais il est possible de combattre le risque pour la santé publique en appliquant des règles appropriées, différentes d'une localité à l'autre selon les circonstances.

Les salmonelles causes d'intoxications alimentaires font partie des risques pour la santé de l'homme qui sont susceptibles d'augmenter du fait de l'épandage des boues contenant ces organismes. Il n'existe encore aucune preuve épidémiologique de ce risque, mais on a démontré que le bétail en contact avec les boues avait plus de chances de devenir porteur de salmonelles que les animaux témoins. *T. saginata* est un parasite spécifique de l'homme, et les sujets infectés en rejettent les oeufs dans leurs selles. Ces oeufs peuvent se trouver dispersés dans la nature au moment de l'épandage, puis infecter le bétail, et le développement de cysticerques qui s'ensuit présente un risque d'infection pour l'homme. On peut éliminer les salmonelles et les oeufs de *T. saginata* des boues d'épuration, ou en réduire le nombre, au moyen de divers traitements thermiques, d'une irradiation ionisante, ou d'un stockage prolongé. A l'inverse des salmonelles, les oeufs de *T. saginata* résistent aux désinfectants chimiques.

Il semble que les autres agents pathogènes présentent, dans la plupart des régions étudiées, un risque moindre pour la santé publique que les salmonelles et le ténia. Toutefois, on n'a pas encore évalué avec exactitude le risque éventuellement présenté par certains virus et parasites tels que *Sarcocystis*. Par exemple, la présence du virus de l'hépatite A dans les boues d'épuration peut signifier un risque supplémentaire là où l'incidence de cette infection est élevée.

Au vu de ses délibérations, le groupe de travail a décidé de présenter les recommandations suivantes :

1. Il faut prendre des mesures afin de réduire substantiellement la concentration d'agents pathogènes dans les boues d'épuration avant de mettre ces boues en contact avec certaines cultures telles que les légumes et fruits frais introduits crus dans les cuisines.
2. Il ne faut pas épandre sur les terres d'élevage d'animaux de boucherie de boues qui contiennent des agents pathogènes susceptibles de contaminer la viande, les volailles et les produits laitiers, ou de s'y multiplier, sans ménager un laps de temps suffisant entre l'épandage et la mise des animaux au pâturage.
3. Il faut prendre les mesures suivantes pour désinfecter les boues d'épuration, de façon à pouvoir les utiliser à peu près sans restriction :
  - a) traitement thermique, par exemple à 70 °C pendant 30 minutes, compostage thermophile, ou dessiccation à la chaleur;
  - b) irradiation ionisante sous au moins 5 kGy;
  - c) stockage en vrac prolongé pendant une durée inversement proportionnelle à la température ambiante;
  - d) traitement au moyen d'agents chimiques qui détruisent les organismes contenus dans les boues.
4. Pour des utilisations limitées, lorsqu'il n'y a pas contact direct entre les boues et les aliments frais qui pourraient être introduits crus dans les cuisines, il faut recourir à la digestion anaérobie et à d'autres procédés de stabilisation, s'ils réunissent les conditions voulues pour réduire la recontamination au minimum.
5. Il ne faut pas imposer de réglementation uniforme à des régions étendues sans tenir compte des conditions locales.
6. Il faut encourager les recherches épidémiologiques soigneusement préparées sur la relation entre la pratique de l'épandage et la santé publique.

#### REFERENCES

1. Klein, L. La politique d'environnement de la Communauté européenne et l'utilisation agricole des déchets. In : L'Hermite, P. & Ott, H., ed. Proceedings of the Second European Symposium on Characterisation, Treatment and Use of Sewage Sludge, Vienne, 20-24 octobre 1980. Dordrecht, Reidel Publishing Co., 1981.
2. Merkblatt Nr. 7. Die Behandlung und Beseitigung von Klärschlämmen unter besonderer Berücksichtigung ihrer seuchenhygienisch unbedenklichen Verwertung im Landbau [Code d'usage N°7. Traitement et évacuation des boues d'épuration, en vue notamment de leur utilisation épidémiologiquement et hygiéniquement sans danger dans l'agriculture] Bundesgesundheitsblatt, 15(15/16):234-237 (1972).
3. Wachnik, Z. Występowanie chorób zakaźnych u zwierząt gospodarskich na terenach nawadnianych wodami ściekowymi Wrocławia [Maladies infectieuses du bétail dans les zones irriguées avec les eaux usées de Wrocław]. Wiadomości Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych, 2:127-129 (1964).
4. Jankiewicz, L. Przewywalność jaj *Ascaris* na glebach nawadnianych ściekami sanitarnymi [Taux de survie d'*Ascaris* dans les sols irrigués avec des eaux usées]. Zeszyty naukowe Wyższej Rolniczej we Wrocławiu, Melioracja, 15(90) (1970).

5. Jankiewicz, L. Proba okreslenia zywotnosci jaj glisty *Ascaris suis* na powierzchnia gleby [Essai de détermination de la vitalité des oeufs d'*Ascaris suis* à la surface du sol]. Zeszyty naukowe Wydział Rolniczej we Wrocławiu, Melioracja, 12(73) (1967).
6. Sewage sludge disposal data and reviews of disposal to sea: report of the Standing Committee on Disposal of Sewage Sludge. Londres, Department of the Environment and National Water Council, 1978 (Standing Technical Committee Report No. 8).
7. Report of the Working Party on Disposal of Sewage Sludge to Land. Londres, Department of the Environment and National Water Council, 1977 (Standing Technical Committee Report No. 5).
8. Criteria for classification of solid waste disposal facilities and practices. United States federal register, 44:53438-53468 (1979).
9. Iue-Hing, C. et al. Microbial content of sludge, soil and water at a municipal sludge application site. Chicago, Metropolitan Sanitary District of Greater Chicago, Department of Research and Development, 1981 (report No. 80-27).
10. Bertucci, J.J. et al. Inactivation of viruses during anaerobic sludge digestion. Journal of the Water Pollution Control Federation, 49:1642-1651 (1977).
11. Alderslade, R. The problems of assessing possible hazards to the public health associated with the disposal of sewage sludge to land: recent experiences in the United Kingdom. In : L'Hermite, P. & Ott, H., ed. Proceedings of the Second European Symposium on Characterisation, Treatment and Use of Sewage Sludge, Vienne, 20-24 octobre 1980. Dordrecht, Reidel Publishing Co., 1981, pp. 372-388.
12. Notermans, S et al. Toxin production by *Clostridium botulinum* in grass. Applied and environmental microbiology, 38(5):767-771 (1979).
13. Notermans, S et al. Persistence of *Clostridium botulinum* Type B on a cattle farm after an outbreak of botulism. Applied and environmental microbiology, 41:179-183 (1981).
14. Kampelmacher, E.H. & van Noorle Jansen, L.M. Occurrence of *L. Monocytogenes* in effluents. In : Woodbine, M. Problems of listerioses. Leicester, University of Leicester Press, 1974, pp. 66-70.
15. Hess, E. & Breer, C. Salmonellenepidemiologie und Grünlanddüngung mit Klärschlamm [Epidémiologie des salmonellae et utilisation des boues pour le traitement des pâturages]. Zentralblatt für Bakteriologie und Hygiene, I. Abt. Originale B, 161:54-60 (1975).
16. Hess, E. & Breer, C. Sanitary effect of gamma irradiation of sludge. In: Proceedings of a Symposium on Radiation for a Clean Environment, Munich, 17-21 mars 1975. Vienne, International Atomic Energy Agency, 1975, pp. 203-208.
17. Breer, C. et al. Soll Klärschlamm vor oder nach Ausfaulen pasteurisiert werden? [Faut-il pasteuriser les boues avant ou après digestion ?]. Gas, Wasser, Abwasser, 59(7):323-328 (1979).
18. Edel, W et al. Salmonella and salmonellosis - the present situation. In: Proceeding of the International Symposium on Salmonella and Prospect for Control, University of Guelph, 8-11 juin 1977. Guelph, Université de Guelph, 1977, pp. 1-26.
19. Edel, W et al. Epidemiological studies on Salmonella in a certain area ("Walcheren Project"). I. The presence of Salmonella in man, pigs, insects, seagulls and in foods and effluents. Zentralblatt für Bakteriologie und Hygiene, I. Abt. Originale A, 325:474-484 (1976).
20. Edel, W. et al. Salmonella cycles in foods with special reference to the effects of environmental factors, including feeds. Canadian Institute of Food Science and Technology journal, 6:64-67 (1973).
21. Edel W. et al. Epidemiological studies on Salmonella in a certain area ("Walcheren Project"). III. The presence of Salmonella in man, insects, seagulls and in foods, chopping-block scrapings from butcher's shops, effluent of sewage treatment plants and drains of butcher's shops. Zentralblatt für Bakteriologie und Hygiene, I. Abt. Originale A, 242:468-480 (1978).

22. Kampelmacher, E.H. Spread and significance of salmonellae in surface water in the Netherlands. In: Hoadley, A.W. & Dutka, B.J., ed. Bacterial indicators/health hazards associated with water. Philadelphia, American Society for Testing and Materials, 1977, pp. 148-158.
23. Animals, diseases of animals. The Zoonoses Order 1975. Londres, Her Majesty's Stationery Office, 1975 (Statutory Instrument No. 1030).
24. McCoy, J.H. Trends in salmonella food poisoning in England and Wales 1941-72. Journal of hygiene (Londres), 74:271-282 (1975).
25. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Welsh Office Agriculture Department, Department of Agriculture and Fisheries for Scotland. Animal salmonellosis (report under the Zoonoses Order, 1975, 1978 annual summary). Weybridge, Central Veterinary Laboratory, 1978.
26. Pike, E.B. The control of salmonellosis in the use of sewage sludge on agricultural land. In : L'Hermite, P. & Ott, H., ed. Proceedings of the Second European Symposium on Characterisation, Treatment and Use of Sewage Sludge, Vienne, 20-24 octobre 1980. Dordrecht, Reidel Publishing Co., 1981, pp. 315-329.
27. Hess, E. Salmonellen in Klärschlamm. In : L'Hermite, P. & Ott, H., ed. Proceedings of the Second European Symposium on Characterisation, Treatment and Use of Sewage Sludge, Vienne, 20-24 octobre 1980. Dordrecht, Reidel Publishing Co., 1981, pp. 404-407.
28. Wilkeas, S. Untersuchungen über die Ansteckungsmöglichkeiten von Rindern mit Taenia saginata und Sarcocystis spp. auf Abwasser-Verregnungsflächen und über das Absatzverhalten von Helmintheneiern in vitro [Recherches sur l'infection du bétail par Taenia saginata et sarcocystis species provenant des boues d'épandage et essais in vitro sur le taux de sédimentation des oeufs d'helminthes]. Dissertation, Hanovre, 1981.
29. Damgaard-Larsen, S. et al. Survival and movement of enterovirus in connection with land disposal of sludges. Water research, 11:503-508 (1977).
30. Arundel, J.H., & Adolph, A.J. Preliminary observations on the removal of Taenia saginata eggs from sewage using various treatment processes. Australian veterinary journal, 56:492-495 (1980).

Annexe 1

LISTE DES PARTICIPANTS

CONSEILLERS TEMPORAIRES

- Dr R. Alderslade  
Medical Officer, Department of Health and Social Security, Londres, Royaume-Uni
- Dr G.I. Barrow  
Director, Environmental Hygiene Reference Laboratory, Public Health Laboratory Services,  
Centre for Microbiology and Research, Salisbury, Royaume-Uni
- Dr M. de Bertoldi  
Institut de Microbiologie agricole, Université de Pise, Italie
- Dr C. Breer  
Institut d'Hygiène vétérinaire, Université de Zurich, Suisse
- Dr H.J. Bürger  
Professeur, Institut de Parasitologie, Université vétérinaire, Hanovre, République fédérale  
d'Allemagne
- Dr J.S. Cebula  
Chef du Département du Traitement des Eaux usées et des Boues, Institut de Météorologie et  
d'Economie des Eaux, Wrocław, Pologne
- Dr J.B. Farrell  
Chief, Ultimate Disposal Section, Wastewater Research Division, Municipal Environmental  
Research Laboratory, US Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, Etats-Unis  
d'Amérique
- M. T.R. Graham  
Chemical Inspector, Water Directorate, Department of the Environment, Londres, Royaume-Uni
- Dr E.H. Kampelmacher  
Professeur et Directeur de l'Institut national de Santé publique, Bilthoven, Pays-Bas  
(Président)
- Dr C. Lue-Hing  
Director, Research and Development, The Metropolitan Sanitary District of Greater Chicago,  
Chicago, Illinois, Etats-Unis d'Amérique
- Dr Ebba Lund  
Professeur et Chef du Département de Virologie et d'Immunologie vétérinaire, Université  
vétérinaire et agricole royale, Copenhague, Danemark (Vice-Président)
- Dr E.B. Pike  
Manager, Microbiology Department, Stevenage Laboratory, Water Research Centre, Stevenage,  
Royaume-Uni (Rapporteur)
- Dr J. Vial  
Directeur adjoint, Institut Pasteur, Lyon, France

REPRESENTANT D'AUTRES ORGANISATIONS

Commission des Communautés européennes

- M. L. Klein  
Service de la Protection de l'Environnement et des Consommateurs, Bruxelles, Belgique

ICP/RCE 401(5)  
25801  
page 18

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE

Bureau régional de l'Europe

Dr R.B. Dean

Consultant, Identification et élimination des risques liés à l'environnement (Secrétaire)