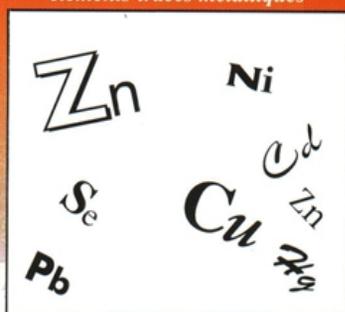


# Connaissance et maîtrise des aspects sanitaires de l'épandage des boues d'épuration des collectivités locales

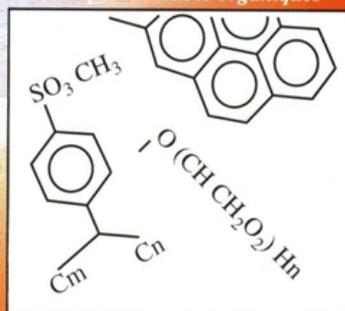
*micro-organismes*



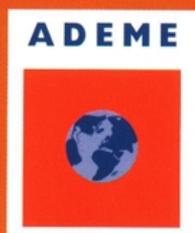
*éléments-traces métalliques*



*composés - traces organiques*



Fonds National pour le Développement des Adductions d'Eau (FNDAE)  
Ministère de l'agriculture et de la pêche



2<sup>ème</sup> Edition



CONNAISSANCE ET MAITRISE DES ASPECTS SANITAIRES  
DE L'EPANDAGE  
DES BOUES D'EPURATION DES COLLECTIVITÉS LOCALES

===

ADEME

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie  
2, square La Fayette - B.P. 406 49004 Angers Cédex 01

Isabelle Feix et Jacques Wiart

Cette étude a été financée par le Fonds National pour le Développement  
des Adductions d'Eau (F.N.D.A.E.)  
géré par le Ministère de l'Agriculture

et

le Fonds de Modernisation pour la Gestion des Déchets (F.M.G.D.)  
(programme Recherche et Développement)  
géré par l'ADEME

1998



## TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION</b>	<b>2</b>
<b>CHAPITRE 1 : LES AGENTS PATHOGENES</b>	<b>3</b>
1.1. Les organismes pathogènes présents dans les boues	3
1.2. Traitements des boues et réduction des pathogènes	5
1.3. Devenir des agents pathogènes après épandage	7
1.4. Evaluation des risques sanitaires liés à l'épandage des boues	9
1.4.1. - L'identification des dangers	9
1.4.2. - Estimation des probabilités d'expression des dangers	9
1.4.3. - Estimation des expositions aux dangers au sein des populations considérées	9
1.4.4. - La caractérisation du risque (étape de synthèse)	10
1.5. Gestion du risque sanitaire lié à l'épandage des boues	11
1.5.1. - Notion de filières hygiénisantes. Intérêt. Transcription dans la réglementation.	11
1.5.2. - Gestion du risque sanitaire par encadrement des épandages	13
1.5.3. - Synthèse entre les deux approches	16
1.5.4. - Intérêt de la cellule de veille sanitaire vétérinaire des épandages de boues d'épuration	16
<b>CHAPITRE 2 : LES ELEMENTS-TRACES METALLIQUES</b>	<b>19</b>
2.1. Définition. Cycle biogéochimique	19
2.2. Les éléments-traces métalliques dans les boues résiduares	19
2.2.1. - Origine dans les eaux usées	19
2.2.2. - Concentration dans les eaux usées	20
2.2.3. - Concentration dans les boues	21
2.3. L'origine des éléments-traces métalliques dans les sols	22
2.3.1. - Le fonds géochimique	22
2.3.2. - Les retombées atmosphériques	23
2.3.3. - L'utilisation des matières fertilisantes et des pesticides	23
2.3.4. - L'épandage de déchets industriels et de boues de curage	24
2.3.5. - L'importance relative des différentes voies conduisant à l'enrichissement des sols en éléments-traces métalliques	25
2.4. Le comportement des éléments-traces métalliques dans les sols agricoles amendés avec des boues résiduares urbaines et transfert vers le reste de l'environnement	25
2.4.1. - Localisation dans le sol	25
2.4.2. - Transfert entre constituants du sol - concept de mobilité	26
2.4.3. - Transfert entre le sol et la plante - concept de biodisponibilité	27
2.4.4. - Transfert et accumulation dans la plante	28
2.4.5. - Transfert direct du sol vers l'animal	28
2.4.6. - Transfert direct du sol vers l'atmosphère	28
2.4.7. - Transfert par voie particulaire	28
<b>CHAPITRE 3 : LES COMPOSES-TRACES ORGANIQUES</b>	<b>33</b>
3.1. Origine des composés-traces organiques dans les eaux usées et les boues résiduares et teneurs dans les eaux usées	33
3.2. Facteurs physico-chimiques et biologiques importants quant au devenir des composés-traces organiques et à leur biodisponibilité, et devenir des composés-traces organiques au sein des filières de traitement	35
3.2.1. - Facteurs physico-chimiques et biologiques importants quant au devenir des composés-traces organiques et à leur biodisponibilité	35
3.2.2. - Devenir des composés-traces organiques au sein des filières de traitement	35



<b>3.3. Les teneurs retrouvées dans les boues</b>	36
<b>3.4. Impacts potentiels par la valorisation agricole des boues</b>	37
3.4.1. - Devenir au niveau des sols	37
3.4.2. - Transfert vers la plante et devenir dans la plante	38
3.4.3. - Exposition et bioaccumulation chez les animaux	39
3.4.4. - Transfert vers l'eau	39
3.4.5. - Risques pour l'Homme	39
3.4.6. - Les différentes démarches d'évaluation des risques. Intérêt et limites actuelles	39
<b>3.5. Place de l'épandage des boues par rapport aux autres sources de contamination des sols par des substances organiques</b>	40
<b>3.6. Réglementations et guides de bonnes pratiques internationaux concernant le contrôle des composés-traces organiques des boues résiduaire épandues en agriculture</b>	41

## **CHAPITRE 4 : STRATEGIE POUR PRODUIRE DES BOUES PROPRES ET GARANTIR LEUR QUALITE AUX AGRICULTEURS UTILISATEURS**

<b>4.1. Eviter de produire ou d'utiliser des substances potentiellement contaminantes</b>	45
4.1.1. Technologies propres	45
4.1.2. Les « éco-produits » et la marque NF ENVIRONNEMENT	46
4.1.3. Limitation de la mise sur le marché et de l'emploi de certaines substances	46
<b>4.2. Tri et collecte sélective des déchets toxiques ou spéciaux</b>	46
4.2.1. Les déchets des Installations Classées (ICPE)	47
4.2.2. L'action sur les DTQD	47
4.2.3. Intérêt de la marque RETOUR	48
4.2.4. Les Déchets Ménagers Spéciaux (DMS) et le rôle des déchetteries	48
<b>4.3. Diagnostic d'assainissement, police des réseaux et police des installations classées</b>	48
4.3.1 Diagnostic du système d'assainissement	49
4.3.2 Convention de déversement	49
4.3.3 Police des Installations Classées	49
<b>4.4. La question de la pollution pluviale</b>	50
<b>4.5. Cohérence avec les autres sous-produits du "cycle de l'eau"</b>	50
<b>4.6. Fixer un "plan qualité des boues" dans chaque station d'épuration</b>	51
4.6.1 Vouloir la qualité, non la subir.	51
4.6.2 Garantir la qualité des boues aux agriculteurs utilisateurs. Intérêt de la gestion par lot.	51
4.6.3 Prévoir une solution d'élimination pour les boues non conformes	53
4.6.4 Organiser les épandages. Autosurveillance.	53

## **CONCLUSIONS**

## **BIBLIOGRAPHIE**

## **ANNEXE**

Le cadre réglementaire nouveau introduit par le décret n°97-1133 du 8 décembre 1997 et l'arrêté du 8 janvier 1998 pour les épandages en agriculture des boues d'épuration urbaines	59
Décret n°97-1133 du 8 décembre 1997	63
Arrêté du 8 janvier 1998	67



## Introduction

Depuis le début des années 1970, un nombre important de recherches et d'expérimentations de terrain ont été réalisées en France et en Europe sur les aspects sanitaires de l'épandage des boues d'épuration urbaines.

Le Ministère de l'Environnement a animé et soutenu financièrement, pendant une dizaine d'années, de 1973 à 1983, au sein du comité "sols-déchets", des travaux de l'INRA et de divers instituts techniques ou centres supérieurs d'enseignement agricole. Par la suite, l'effort national de recherche a également été relayé par les Agences de l'Eau et l'Agence Nationale pour la Récupération et l'Élimination des Déchets (ANRED), devenue l'ADEME en 1992. A l'échelle européenne, un programme scientifique de grande envergure, appelé programme "COST 68/681" (Coopération Scientifique et Technique), a fonctionné pendant près de vingt ans de 1972 à 1990, et a stimulé une activité de recherche assez considérable, tout en favorisant de nombreux échanges entre spécialistes des différents pays européens. Le bilan du programme COST, publié en 1992, a dénombré plus de 65 colloques, symposiums, séminaires, ou ateliers, et plusieurs centaines de références documentaires. Il ne faut pas oublier les travaux nombreux et de grande valeur réalisés aux USA et au Canada qui ont aussi alimenté le capital des connaissances.

Face à cette masse de données, un travail de synthèse et de diffusion s'avère nécessaire. Pour un ingénieur ou un technicien de terrain, il est en effet très difficile de réunir des informations dispersées dans de nombreux centres documentaires, sous des supports divers (articles, rapports, mémoires, thèses, compte-rendu, etc.), et pour la plupart en langue étrangère. En supposant que cet ingénieur puisse collationner tous ces documents, resterait alors à les lire, à les confronter, et à produire la juste conclusion pour l'action. Clairement, une tâche bibliographique aussi lourde sort de son cadre de travail normal : on attend de lui une réponse rapide et concrète. Cette absence de synthèse et l'ignorance des informations existantes donnent alors la fausse impression, pourtant souvent exprimée, "qu'on ne sait pas grand chose", ...sans égards aux centaines de références existantes ! L'autre inconvénient de cette absence de synthèse est de recommencer des expérimentations déjà faites par ailleurs, en d'autres lieux ou d'autres temps, et de disperser l'effort de recherches et les crédits disponibles, plutôt que de les focaliser sur les points restant effectivement à approfondir.

Pour combler cet écart entre connaissance et action, et identifier les voies de recherche pour l'avenir, trois

grandes études de synthèse ont été commanditées par l'ADEME, à partir de 1993, avec le soutien financier du FNDAE, auprès du monde de la recherche et de l'enseignement supérieur :

- charge microbologique des boues et agents pathogènes : synthèse réalisée par l'Ecole Nationale de la Santé Publique de Rennes (Michèle Legeas, Rémi Demillac et Jean Carré) et l'Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes (Jean-Pierre Ganière et Monique L'Hostis) avec la participation de Nicolas Elissalde (élève vétérinaire);
- éléments-traces métalliques : INRA - Centre de Recherches Agronomiques de Bordeaux (Christian Juste, en collaboration avec ses collègues Pierre Chassin, Alain Gomez, Monique Linères, et Bernard Mocquot);
- composés organiques en traces : IRH-Environnement de Nancy (Michel Jauzein).

Ces documents ont été édités dans le cadre de la collection "valorisation agricole des boues d'épuration" de l'ADEME, en 1994 et 1995 (voir bibliographie).

La présente brochure forme un condensé de ces publications. Elle s'adresse à un public qui désire connaître les données essentielles du volet sanitaire de l'épandage des boues, même s'il est moins impliqué techniquement que les ingénieurs de terrain dans la mise en oeuvre ou le suivi des opérations. Des éléments nouveaux, parus depuis 1995, ont été intégrés dans cette brochure, et notamment :

- les résultats principaux des travaux réalisés par le groupe d'études inter-agences des Agences de l'eau sur les composés organiques en traces ;
- les réflexions du groupe de travail "risques sanitaires de l'épandage des boues d'épuration" du Conseil Supérieur d'Hygiène Public de France (CSHPPF), au sein du Ministère de la Santé.

Cette brochure comprend quatre chapitres dont les trois premiers traitent respectivement des aspects microbiologiques, des éléments-traces métalliques et des composés organiques en traces. Le quatrième chapitre insiste sur l'importance de la prévention de la contamination des boues et détaille les actions coordonnées qu'il est souhaitable de mettre en oeuvre pour améliorer, à son plus haut niveau, la qualité du produit proposé au recyclage en agriculture.



## Chapitre 1 : Les agents pathogènes

Les boues d'épuration contiennent une très grande variété d'organismes, mais la plupart d'entre eux n'ont pas d'importance médicale ou vétérinaire. Les procédés de traitement biologique des eaux usées sont fondés sur l'activité d'une biomasse épuratrice constituée d'organismes saprophytes, c'est à dire vivant et se reproduisant de manière autonome dans le milieu extérieur en y puisant leur énergie et leurs nutriments (VEDRY, 1996).

Les organismes pathogènes présents dans les boues d'épuration ne représentent qu'une infime partie des micro-organismes observés dans celles-ci. Ils appartiennent à cinq grands types : virus, bactéries, protozoaires, helminthes (vers parasites) et champignons. Leur présence dans les eaux usées, majoritairement associés aux matières en suspension, reflètent les caractéristiques épidémiologiques de la population locale. Les populations animales vivant dans le réseau (rongeurs) et les eaux de ruissellement des chaussées (déjections canines) contribuent aussi, mais de façon marginale, à la contamination des eaux usées parvenant à la station d'épuration.

En cas de raccordement au réseau collectif d'un abattoir, d'un équarrissage, d'une laiterie ou de toute autre industrie agro-alimentaire traitant des denrées d'origine animale, il peut se rajouter une charge propre aux animaux d'élevage. Des agents phytopathogènes particu-

liers peuvent être détectés ou surveillés si les eaux usées proviennent d'usines conditionnant ou transformant des produits végétaux (légumes, pommes de terre, tomates, etc.).

### 1.1. Les organismes pathogènes présents dans les boues

Les procédés de traitement des eaux usées concentrent dans les boues la charge microbiologique contenue initialement dans les effluents bruts reçus en station d'épuration. Cette concentration intervient au cours des phases de séparation eaux/boues en raison de la capacité de ces organismes à s'adsorber sur les matières particulaires ou à décanter (cas des parasites du type helminthe).

Dans l'absolu, les organismes pathogènes potentiellement présents dans les boues peuvent être très nombreux : ils traduisent les caractéristiques du réseau d'assainissement, des diverses activités raccordées et l'état de santé des populations. Sans prétendre à l'exhaustivité, le tableau n°1 dresse une liste raisonnée des principaux agents pathogènes d'intérêt sanitaire pouvant être retrouvés dans les boues résiduaires, et indique les pathologies correspondantes.

Organismes	Pathologie	Cible	
		Homme	Animal
Bactéries			
<i>Salmonella sp</i>	Salmonellose	+	+++ (veaux + autres espèces)
<i>Shigella sp</i>	Dysenterie bacillaire	+	*
<i>Yersinia sp</i>	Gastro-entérite	+	+
<i>Vibrio cholerae*</i>	Choléra	+	-
<i>Campylobacter jejuni</i>	Gastro-entérite	+	+
<i>Escherichia coli</i> (souches pathogènes)	Gastro-entérite	+	+++ (toutes espèces)
Virus Entériques			
Virus de l'Hépatite A et E*	Hépatite infectieuse	+	-
Virus de Norwalk et apparentés	Gastro-entérite	+	-
Rotavirus	Gastro-entérite		+ (veaux, porcelets)
Entérovirus			
- Poliovirus	Poliomyélite		
- Coxsackievirus	Méningite, Pneumonie, Hépatite	+	-
- Echovirus	Méningite, Paralysie, Diarrhée	+	-
Réovirus	Infection respiratoire, Gastro-entérite	+	-
Astrovirus	Gastro-entérite	+	-
Calicivirus	Gastro-entérite	+	-

suite page suivante

Organismes	Pathologie	Cible	
		Homme	Animal
<b>Parasites</b>			
<b>. Protozoaires</b>			
<i>Cryptosporidium sp.</i>	Gastro-entérite	+	+++ (veau)
<i>Giardia intestinalis</i>	Diarrhée	+	++ (chien)
<i>Entamoeba histolytica</i>	Dysenterie	+	-
<i>Balantidium coli</i>	Diarrhée et Dysenterie	+	+ (porc)
<i>Toxoplasma gondii</i>	Toxoplasmose	+	+ (chat)
<b>. Helminthes</b>			
<i>Ascaris lumbricoïdes</i>	Troubles gastro-intestinaux	+	-
<i>Trichuris trichiura</i>	Diarrhée, Douleurs abdominales	+	-
<i>Toxocara sp.</i>	Diarrhée, Douleurs abdominales	+	+ (chien)
<i>Taenia sp.</i>	Nervosité, Insomnie, Troubles digestifs, Anorexie	+	+++ (bovin)
<i>Hymenolepis</i>	Nervosité, Insomnie, Troubles digestifs, Anorexie	+	-
<b>Champignons</b>			
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Infection des voies respiratoires supérieures	+	

Tableau n° 1 : Principaux agents microbiologiques d'intérêt sanitaire pour l'homme et/ l'animal pouvant être retrouvés dans les boues résiduaires (d'après EPA, 1993; cité par CSHPF, 1997 ; modifié)

+++ : très sensibles

++ : moyennement sensibles

\* : sensibilité douteuse

\* DOM TOM

+ : faiblement sensibles

- : non sensibles

La charge microbiologique est également fonction des traitements subis par la boue (cf. tabl. n°2). Elle peut présenter en outre des fluctuations fortes au cours du temps (l'heure, la journée, le mois), ce qui complique les questions d'échantillonnage, d'analyses et de représentativité des résultats. L'expression souvent différente

des données selon les publications, en kilogramme de boues brutes ou de matière sèche, ou encore par litre, rend les comparaisons délicates. Les chiffres avancés dans le tableau n°2 ne sont qu'indicatifs : c'est avant tout l'ordre de grandeur qu'il convient de retenir.

	boues primaires	boues secondaires	boues mixtes	boues de lagune 1	boues de lagune 2
CT (coliformes totaux)	10 <sup>8</sup> à 10 <sup>10</sup> germes/L	-	-	10 <sup>7</sup> à 10 <sup>9</sup> germes/L	
CF (coliformes fécaux)	10 <sup>5</sup> à 10 <sup>7</sup> germes/L	-	-	10 <sup>6</sup> à 10 <sup>8</sup> germes/L	10 <sup>7</sup> à 10 <sup>8</sup> NPP/L
SF (streptocoques fécaux)	10 <sup>7</sup> à 10 <sup>9</sup> germes/L	-	-	10 <sup>6</sup> à 10 <sup>8</sup> germes/L	10 <sup>5</sup> à 10 <sup>6</sup> NPP/L
CSR (clostridies sulfito-réductrices)	10 <sup>7</sup> à 10 <sup>9</sup> germes/L	-	-	10 <sup>8</sup> à 10 <sup>10</sup> germes/L	10 <sup>7</sup> à 10 <sup>8</sup> NPP/L 10 <sup>7</sup> à 10 <sup>8</sup> NPP/L
<i>Salmonella spp.</i>	30 NPP/L	-	30 à 67 %	15 NPP/L	
<i>Legionella pneumophila</i>	-	5,6 %	-	-	absence
<i>Listeria spp.</i>	-	22 %	-	-	-
<i>Aeromonas hydrophila</i>	-	-	-	10 <sup>5</sup> à 10 <sup>6</sup> /L	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	-	-	10 <sup>5</sup> à 10 <sup>6</sup> /L	-
oeufs de cestodes	1 à 10 <sup>3</sup> oeufs/L	-	-	-	-
oeufs de nématodes	10 à 10 <sup>4</sup> oeufs/L	-	-	-	-
kystes de <i>Giardia</i>	10 <sup>2</sup> à 10 <sup>4</sup> kystes/L	-	-	-	-
oeufs d' <i>Ascaris spp.</i>	-	50 à 100 oeufs/kg	-	-	-
oeufs de <i>Toxocara spp.</i>	-	10 à 50 oeufs/kg	-	-	-
oeufs de <i>Trichuris spp.</i>	-	10 à 50 oeufs/kg	-	-	-
oeufs de <i>Hymenolepis spp.</i>	-	10 à 50 oeufs/kg	-	-	-
oeufs de <i>Taenia spp.</i>	-	5 à 10 oeufs/kg	-	-	-
virus entériques	10 <sup>3</sup> virus/L	10 <sup>2</sup> à 10 <sup>3</sup> UFP/L	10 <sup>3</sup> UFP/l	-	-
<i>Reovirus</i>	-	-	-	10 <sup>4</sup> à 10 <sup>5</sup> NPPUC/L	1 à 10 NPPUC/L
<i>Enterovirus</i>	-	-	-	10 à 10 <sup>2</sup> NPPUC/L	1 à 10 <sup>2</sup> NPPUC/L

Tableau n° 2 : données bibliographiques sur la charge des organismes pathogènes dans les boues (valeurs exprimées par rapport au produit brut)

NPP = nombre le plus probable

NPPUC = nombre le plus probable d'unités cytopathiques

UFP = unités formant plaque

les résultats qualitatifs (absence/présence) sont exprimés en % d'échantillons contenant les organismes recherchés

durée de lagunage = 70 j

## 1.2. Traitements des boues et réduction des pathogènes

Le traitement des boues a des effets variés sur les organismes pathogènes, en fonction des paramètres caractéristiques de ces traitements (cf. tabl. 3). On peut distinguer les traitements de type physique (température, irradiation, dessiccation, froid, stockage), de type biologique (selon les procédés épuratoires et la nature anaérobie ou aérobie de la stabilisation des boues) et de type

chimique (chaulage essentiellement). Ces différents traitements souvent se combinent pour une station d'épuration donnée.

TRAITEMENTS	FACTEURS INTERVENANTS	CONDITIONS POUR ÊTRE EFFICACE	EFFICACITÉ
digestion froide (lagunage, décanteurs - digesteurs)	température, temps	20 °C, 30 j	faible
stabilisation froide (aération à température ambiante)	température, temps	20 °C, 30 j	faible
compostage à faible température	température, temps	40 °C, 15-30 j	faible à moyenne
conditionnement chimique + déshydratation mécanique			faible
digestion thermophile	température, temps	55 °C, 10 j	excellente
stabilisation thermophile	température, temps	55 °C, 10 j	excellente (sauf <i>Ascaris</i> faible)
compostage bien conduit	température, temps	50-60 °C, 15-30 j	bonne à excellente
chaulage fort <ul style="list-style-type: none"> <li>chaux vive</li> <li>chaux éteinte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>température, temps, pH</li> <li>temps, pH</li> </ul>	pH 12, 20 j	excellente (sauf <i>Ascaris</i> moyenne)
pasteurisation	température, temps	70 °C, 3 h	excellente (sauf <i>Taenia</i> )
stockage <ul style="list-style-type: none"> <li>été</li> <li>hiver</li> </ul>	temps	<ul style="list-style-type: none"> <li>6 mois</li> <li>6 mois</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>bonne à excellente (sauf <i>Eimeria</i> faible et <i>Taenia</i> moyenne)</li> <li>faible à moyenne (sauf <i>Mycobacterium tuber.</i> excellente et oeufs de <i>Dictyocaulus viviparus</i>)</li> </ul>
lits de séchage	temps		? pas de données
irradiation	temps, dose		excellente

Tableau n° 3: facteurs principaux intervenant au cours des différents traitements et leur efficacité sur les germes pathogènes

Dans la majorité des cas, c'est la température qui est le paramètre prépondérant : quand elle augmente, la survie des organismes diminue. Mais c'est le couple température / temps qui est déterminant. Cela signifie qu'un traitement long à température faible peut avoir la même efficacité globale qu'un traitement bref à température élevée. Pour des raisons pratiques d'optimisation de process, c'est plutôt la seconde option qui est usuellement mise en oeuvre.

L'augmentation du pH, liée à un ajout suffisant de chaux, entraîne également une réduction élevée des agents pathogènes, surtout s'il est couplé à une durée de stockage de 2 à 4 mois avant épandage.

Irradiation et conditionnement thermique des boues (procédé Portéous) sont capables d'assurer un bon abattement de la charge microbiologique. Cependant, leur mise en oeuvre se heurte à des problèmes de coût, de dépenses énergétiques, et dans le cas de l'irradiation, de sécurité et d'élimination des sources radioactives périmées.

Les autres traitements diminuent la charge microbiologique mais, sur le strict plan sanitaire, ne donnent pas des résultats reconnus comme suffisamment efficaces. Ainsi l'activité biologique (même si elle empêche les recroissances des populations bactériennes pathogènes par antagonismes biologiques), la présence d'oxygène, la teneur en eau, en matière organique dégradable (la stabilisation de la matière organique diminue sa disponibilité pour les bactéries pathogènes), l'utilisation de désinfectants (tels l'ammonium quaternaire ou l'acide paracétique qui empêchent le développement bactérien) sont autant de facteurs atténuant la charge microbiologique, sans la réduire à des niveaux significatifs.

L'efficacité d'un traitement sur les germes pathogènes se mesure non seulement par le taux de réduction de la contamination lors du traitement et aussi par la capacité de blocage des recroissances ultérieures des populations pathogènes. Ces recroissances sont notamment favorisées par une stabilisation insuffisante des boues, c'est à dire une dégradation trop faible des matières organiques les plus labiles. Les traitements chimiques ne permettent qu'un blocage temporaire des recroissances. Ainsi le chaulage n'est efficace contre les recroissances