

**CONNAISSANCE ET MAITRISE DES ASPECTS SANITAIRES  
DE L'EPANDAGE  
DES BOUES D'ÉPIURATION 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

# TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION</b>	2
<b>CHAPITRE 1 : LES AGENTS PATHOGENES</b>	3
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>	19
2.1. Définition. Cycle biogéochimique	19
2.2. Les éléments-traces métalliques dans les boues résiduaires	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 résiduaires 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 particulière	28
<b>CHAPITRE 3 : LES COMPOSES-TRACES ORGANIQUES</b>	33
3.1. Origine des composés-traces organiques dans les eaux usées et les boues résiduaires 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

3.3. Les teneurs retrouvées dans les boues	36
3.4. Impacts potentiels par la valorisation agricole des boues	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
3.5. Place de l'épandage des boues par rapport aux autres sources de contamination des sols par des substances organiques	40
3.6. Réglementations et guides de bonnes pratiques internationaux concernant le contrôle des composés-traces organiques des boues résiduelles épandues en agriculture	41

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

4.1. Eviter de produire ou d'utiliser des substances potentiellement contaminantes	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
4.2. Tri et collecte sélective des déchets toxiques ou spéciaux	46
4.2.1. Les déchets des Installations Classées (ICPE)	47
4.2.2. L'action sur les DTOD	47
4.2.3. Intérêt de la marque RETOUR	48
4.2.4. Les Déchets Ménagers Spéciaux (DMS) et le rôle des déchetteries	48
4.3. Diagnostic d'assainissement, police des réseaux et police des installations classées	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
4.4. La question de la pollution pluviale	50
4.5. Cohérence avec les autres sous-produits du "cycle de l'eau"	50
4.6. Fixer un "plan qualité des boues" dans chaque station d'épuration	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 55

## BIBLIOGRAPHIE 57

## ANNEXE 59

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, 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 microbiologique des boues et agents pathogènes : synthèse réalisée par l'École Nationale de la Santé Publique de Rennes (Michèle Legeas, Rémi Demillac et Jean Carré) et l'École 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 (CSHPF), 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.

## 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 microbiologique des boues et agents pathogènes : synthèse réalisée par l'École Nationale de la Santé Publique de Rennes (Michèle Legeas, Rémi Demillac et Jean Carré) et l'École 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 (CSHPF), 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.

# Conclusions

La question sanitaire de l'épandage des boues d'épuration s'aborde très différemment selon qu'il s'agisse des aspects microbiologiques ou des aspects relatifs aux éléments métalliques et composés organiques en traces.

Dans le cas des micro-organismes, leur rejet dans le réseau d'assainissement s'avère inévitable. Ce caractère fatal est inhérent à l'origine même des eaux usées. En dépit de l'étape sanitaire importante que constitue le traitement des effluents en station d'épuration, une charge microbiologique perdure dans les boues finales obtenues. Pour gérer en toute sécurité les épandages sur le plan de la santé publique et animale, un certain nombre de "règles de bonnes pratiques" ont été édictées. Il est évident que ces règles sont, en de nombreux points, semblables à celles prévalant pour les lisiers et les fumiers. L'expérience des années passées montre que leur stricte application donne un niveau de sécurité tout à fait satisfaisant. Ainsi, la Cellule de surveillance sur les risques sanitaires liés à l'épandage des boues, qui a fonctionné à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon (ENVL), de 1986 à 1991, n'a jamais eu à intervenir de façon décisive. Cependant la vigilance demeure de mise. En 1997, la Cellule sanitaire a été réactivée au sein de l'ENVL, par l'ADEME : tout problème peut être porté à connaissance de cette cellule pour en analyser la cause, prévenir sa répétition, et renforcer si nécessaire les prescriptions d'utilisation. Cette cellule rend donc possible une capitalisation des expériences de terrain.

Pour des usages agronomiques spécialisés (horticulture, maraîchage, etc.), l'hygiénisation des boues, telle que définie par le Conseil Supérieur d'Hygiène Public de France (CSHPF) et adoptée par l'arrêté du 8 janvier 1998, est cependant obligatoire. Dans la mesure où l'hygiénisation entraîne une éradication des agents pathogènes, les règles d'usage sont assouplies. Une diversification des débouchés des boues est alors envisageable. L'hygiénisation des boues implique la mise en oeuvre de traitements spécifiques, complémentaires aux traitements épuratoires classiques.

En résumé, traitements et règles d'épandage sont les deux moyens de garantir la sécurité sanitaire sur le plan microbiologique. Cette stratégie fait l'objet d'un consensus au plan international.

En ce qui concerne les éléments métalliques et les composés organiques en traces, l'approche préventive s'impose. Tout doit être mis en oeuvre pour réduire, et si possible supprimer, les rejets ou les entrées dans le réseau d'assainissement. En effet, les traitements épuratoires sont sans impact sur ces substances, à l'exception des composés organiques facilement biodégradables.

Une baisse très importante de la teneur des boues en éléments-traces métalliques a été observée en France et en Europe, au cours des quinze dernières années, ce qui est fort encourageant. L'expérience montre que la mise en oeuvre coordonnée d'une politique "qualité des boues", à l'échelle de chaque station d'épuration, est capable de diminuer encore davantage les concentrations observées jusqu'à des valeurs très faibles, dites "de bruit de fond". Ces valeurs, couplées avec des doses d'épandage elles-mêmes modérées, puisque calées agronomiquement (en moyenne 1 à 2 t MS.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>), permettent de minimiser les entrées d'éléments-traces dans les sols. Les faibles quantités en jeu deviennent alors compatibles avec les flux entrées-sorties observés par ailleurs dans les écosystèmes cultivés, et peuvent garantir le maintien de la qualité des sols. En effet, les analyses de contrôle réalisées sur les parcelles de référence des zones d'épandage, en application de la norme NF U 44-041 depuis 1986, ne montrent aucune dérive de la teneur des sols en éléments-traces métalliques, dès lors que les valeurs du couple [teneur x quantité.ha<sup>-1</sup>] sont contrôlées et minimisées.

En ce qui concerne la qualité des récoltes, les essais d'épandage de longue durée, menés en France et en Angleterre, montrent à l'évidence que les exportations d'éléments-traces métalliques par les récoltes restent insignifiantes, et ne dépassent jamais au total 1 % de l'apport cumulé de boues durant la période considérée. Dans le cas des composés organiques en traces, les transferts du sol dans la plante par absorption racinaire sont quasi inexistantes. De plus, leur concentration dans les boues sont encore plus faibles que dans les cas des éléments-traces métalliques. Enfin, ces composés organiques possèdent une capacité de biodégradation dans les sols, plus ou moins forte selon leur nature chimique. Les détergents et leurs dérivés présentent une biodégradation rapide, tandis que les composés du type HAP (hydrocarbures polycycliques aromatiques) ou PCB, par exemple, sont particulièrement persistants.

La mise en place systématique d'un "plan d'épandage", entendu au sens large d'organisation des épandages, tant sur le plan conceptuel que mise en oeuvre, permet de définir, d'appliquer et de contrôler un certain nombre de procédures indispensables à l'accomplissement du devoir d'excellence des épandages de boues en agriculture. Deux points apparaissent particulièrement fondamentaux : la qualité des boues et la qualité des pratiques. Dans tous les cas on notera, et ceci est vrai dans de nombreux domaines, que la qualité n'est jamais une caractéristique innée, mais bien un résultat acquis. Cette acquisition suppose, sur la base de la situation actuelle connue, de formuler les objectifs à atteindre et les moyens à mobiliser :

.Vouloir la qualité des boues, cela implique la mise en oeuvre d'une politique globale, à l'échelle du bassin d'assainissement, de maîtrise et de réduction des rejets contaminants dans les eaux usées. Deuxièmement, en routine d'exploitation, l'analyse préalable et le marquage des boues, pour toute livraison à l'agriculture, constitue un principe fort, susceptible de répondre au besoin de garanties exprimé par le monde agricole et les industries agro-alimentaires. Chaque lot de boues doit être caractérisé et validé avant cession. Le respect du suivi analytique des boues est donc l'un des points-clés de la qualité des opérations d'épandage. Le suivi analytique comprend également celui de la qualité des sols. La réglementation incite explicitement à la mise en oeuvre de ces suivis.

. La qualité des pratiques est sans doute la seconde forme de garantie qu'il est possible de proposer à l'agriculture. Le plan d'épandage doit décrire les procédures qui seront mises en oeuvre pour planifier, suivre et enregistrer les livraisons de boues, ainsi que les divers intervenants avec leurs fonctions et leurs responsabilités. Le respect des "règles de bonnes pratiques", évoquées plus haut, nécessite la formalisation et l'application d'un cadre précis de travail. Devant cette structuration croissante des organisations d'épandage, les producteurs de boues font appel à des bureaux d'études spécialisés et aux ingénieurs du réseau des "Missions de Valorisation Agricole des Déchets" (MVAD) des Chambres d'agriculture. La collaboration entre ces deux types d'intervenants permet de produire en final un haut niveau de qualité, les prestations du bureau d'étude étant validées par la Chambre d'agriculture. La réglementation prévoit désormais que le préfet puisse faire appel à un organisme indépendant du producteur de boues pour évaluer l'organisation des épandages mis en place par le producteur.

A l'échelle départementale, la rédaction de "cahiers des charges" de l'épandage des boues en agriculture tend à renforcer la structuration des pratiques et à généraliser les bons principes de travail à toute station d'épuration recyclant les boues en agriculture.