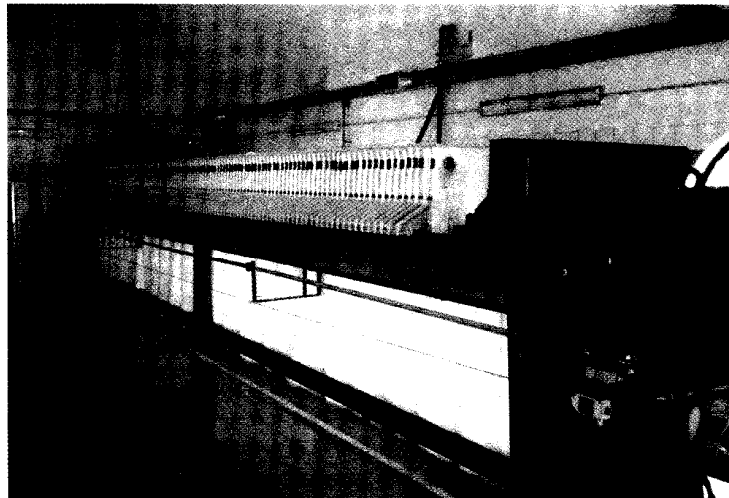


**AUDIT ENVIRONNEMENTAL
ET ECONOMIQUE DES FILIERES
D'ELIMINATION DES BOUES
D'EPURATION URBAINES**



SYNTHESE

Directeur de la Publication : Pierre ROUSSEL
Secrétariat de rédaction : Agence de l'eau Rhin-Meuse
Document réalisé par Arthur ANDERSEN Environnement

Le Comité de Pilotage de cette étude était composé des représentants des organismes suivants :

Agence de l'Eau Adour-Garonne
Agence de l'Eau Artois-Picardie
Agence de l'Eau Loire-Bretagne
Agence de l'Eau Rhin-Meuse
Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse
Agence de l'Eau Seine-Normandie
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME)
Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture (APCA)
Association des Maires de France (AMF)
Association Nationale des Industries Alimentaires (ANIA)
Confédération Française de l'Industrie des papiers, cartons et celluloses
Secrétariat du CORPEN- Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement
Direction de l'Eau- Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement
Ministère de la Santé - Direction Générale de la Santé
Fédération Nationale des Syndicats d'Exploitants Agricoles (FNSEA)
France Nature Environnement
Traitement Industriel des Résidus Urbains (TIRU)
Union Fédérale des Consommateurs (UFC)

ISSN : 1161-0425
Imprimerie Girolid - 67190-Mutzig / 22068
Tiré à 6 000 exemplaires/ septembre 1999
Prix: 150 F

Crédit photo : George Paté
Loreat

SOMMAIRE

RESUME

INTRODUCTION

1 LES BOUES D'EPURATION URBAINES

2 LES FILIERES ETUDIEES

3 LES FILIÈRES D'ELIMINATION DES BOUES : QUEL AVENIR ?

4 L'ELIMINATION DES BOUES URBAINES PRESENTE-T-ELLE
DES RISQUES POUR LA SANTE ?

5 CERTAINES SOLUTIONS D'ELIMINATION SONT-ELLES
PLUS POLLUANTES QUE D'AUTRES ?

6 CERTAINES SOLUTIONS D'ELIMINATION SONT-ELLES
PLUS COUTEUSES QUE D'AUTRES ?

7 CERTAINES SOLUTIONS D'ELIMINATION SONT-ELLES
PLUS GENERATRICES D'EMPLOI QUE D'AUTRES ?

8 CONCLUSION

ANNEXE : Méthodologie utilisée pour les Analyses de Cycle de Vie (ACV)

RESUME

Les Agences de l'Eau ont chargé le département Environnement d'Arthur Andersen de réaliser un audit comparatif des filières d'élimination des boues d'épuration, au niveau environnemental, économique, sociologique, sanitaire et emploi.

Cet audit, réalisé de mars 1998 à 1999, portait sur les boues d'épuration urbaines ainsi que sur les boues des branches industrielles du papier et de l'agro-alimentaire. Par souci de clarté, seules les boues urbaines sont abordées dans cette étude.

L'approche a consisté en premier lieu à définir, à l'intérieur des trois grandes filières d'élimination (mise en décharge, incinération/ CO-incinération, épandage), dix systèmes homogènes pour lesquels une même méthodologie d'analyse environnementale et économique est mise en œuvre par la suite. Un complément d'étude a porté sur l'aspect économique de deux variantes en petite station.

L'audit s'est ensuite décomposé en cinq étapes, chacune faisant l'objet d'un rapport détaillé. Le présent rapport reprend les principaux éléments de chacune des étapes :

- une analyse sociologique, reposant sur une soixantaine d'entretiens et sur de nombreuses sources documentaires. Elle met en évidence la logique de développement du débat, les pratiques, les motivations et le discours des différents acteurs, ainsi que l'émergence d'un consensus possible sous conditions ;

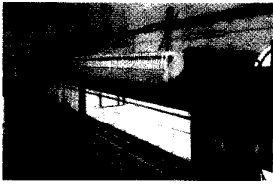
- un état des lieux comparatif des risques sanitaires générés par les trois grandes filières d'élimination des boues sur la base de publications scientifiques et d'avis d'experts. Une méthodologie d'évaluation quantifiée des risques sanitaires est également présentée ;

- une analyse environnementale, selon la méthodologie d'Analyse du Cycle de Vie (ACV), qui identifie les sources les plus importantes de pollution et compare les pollutions engendrées par chacun des dix systèmes homogènes ;

- une analyse économique comparant les dix systèmes entre eux, sur la base de prix de marché théoriques déterminés à partir de données homogènes et à périmètre équivalent ;

- une analyse des aspects emplois liés à l'élimination des boues d'épuration, reposant sur une comparaison qualitative et quantitative des emplois générés dans chaque grande filière.

Sur la base des choix techniques et financiers retenus, les conclusions de cette étude permettent de tirer des enseignements sur les critères décisifs dans le choix des filières d'élimination des boues d'épuration urbaines, en distinguant les stations en fonction de leur taille (3.000 EH*, 50.000 EH, 300.000 EH).



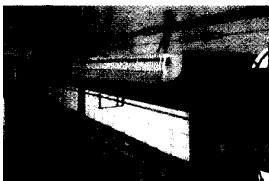
INTRODUCTION

Historiquement, la plupart des boues urbaines issues des stations d'épuration en France sont épandues en agriculture (60 %), le reste étant soit incinéré, soit mis en décharge. Depuis quelques années, l'industrie agro-alimentaire et la profession agricole sont de plus en plus réticentes vis-à-vis de cette filière d'épandage, craignant des réactions négatives des consommateurs. Les nouveaux textes réglementaires parus fin 1997 et début 1998 n'ont pas permis d'apaiser toutes les inquiétudes.

En conséquence, un Comité National sur les Boues d'épuration (CNB) a été mis en place en février 1998, à l'initiative conjointe du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Ce comité réunit l'ensemble des acteurs concernés par le traitement des boues.

Pour éclairer les actions à engager, est apparue la nécessité de réaliser un audit visant à comparer les différentes filières d'élimination des boues d'épuration d'un point de vue environnemental, économique, sanitaire et social.

Le rapport simplifié présente les principales conclusions de l'audit comparatif des filières d'élimination des boues urbaines, réalisé de mars 1998 à 1999. Ces conclusions sont développées dans des rapports détaillés traitant également des boues agro-alimentaires et papetières, lorsqu'une analogie à certaines boues urbaines est possible.



8. CONCLUSION

La méthodologie retenue visait à comparer dix filières d'élimination des boues urbaines communément rencontrées en France. Ainsi, le lecteur doit avoir à l'esprit que ces conclusions se basent sur des choix techniques et financiers moyens, qui ne peuvent prendre en compte la diversité des cas rencontrés sur le terrain.

Sur la base des comparaisons des filières développées dans ce rapport, on peut tirer les enseignements suivants :

La mise en décharge est une voie d'élimination appelée à évoluer fortement, du fait de la réglementation. Cette option présente plutôt des inconvénients par rapport aux autres voies d'élimination, notamment en termes environnementaux (effet de serre, dispersion de substances toxiques dans l'air, acidification) et économiques (la plus coûteuse des quatre solutions étudiées pour les stations de 100 EH). Cependant, elle pourrait fournir une solution alternative aux autres voies, moyennant notamment la récupération des biogaz pour améliorer sa performance environnementale.

Il faut comparer ; l'incinération et l'épandage, il est nécessaire de distinguer les différentes "sous-filières" et de les classer par taille de station :

Les petites stations (3 000 équivalent-habitants)

L'épandage de boues liquides présente des avantages en termes de coût (plus de deux fois plus faible que les deux autres solutions étudiées), d'impact environnemental (globalement inférieur à celui des autres systèmes homogènes existants). Le transport des boues liquides et leur traitement complémentaire dans une autre station (aboutissant à une mise en décharge ou une CO-incinération) sont de sérieux handicaps, à la fois économiques et environnementaux.

Les moyennes stations (50 000 équivalent-habitants)

L'épandage de boues pâteuses (chaulées ou non) présente, par rapport à la CO-incinération avec des ordures ménagères, un moindre impact environnemental sur l'eau et sur l'air. Concernant l'impact sur l'air, l'hypothèse de transport est fondamentale : 15 km pour l'épandage contre 100 km pour la co-incinération.

En revanche, l'épandage présente plus d'inconvénients environnementaux pour les écosystèmes terrestres. La proximité de l'usine d'incinération et la capacité à maîtriser la qualité des boues entrantes sont donc des éléments décisifs du choix sur le plan environnemental.

Dans le domaine financier, l'épandage des boues pâteuses est au moins 30 % moins cher que la CO-incinération.

Pour les stations de 50.000 EH il est préférable, sur le plan environnemental et économique, d'épandre les boues pâteuses (les contraintes d'usage amènent à privilégier les boues chaulées) plutôt que de les **co-incinérer**, et de faire porter ses efforts sur la police des réseaux afin de réduire

les impacts sur les écosystèmes terrestres.

Lorsque la qualité des boues est insuffisante, la co-incinération avec des ordures ménagères est à privilégier, en particulier lorsque la station est à proximité de l'usine d'incinération.

Pour les grandes stations (300 000 équivalent-habitants)

L'épandage de boues solides présente des avantages en terme de coût (au moins une fois et demi plus faible que les quatre autres solutions étudiées) et d'impact environnemental (équivalent aux autres épandages et inférieur aux voies d'incinération sauf pour les écosystèmes terrestres et la dispersion de substances toxiques dans l'air).

Comme pour les moyennes stations, si le contexte local le permet, l'épandage de boues solides est à privilégier si la police des réseaux peut être efficace.

Dans l'ordre croissant de coût viennent ensuite l'épandage de boues compostées (coût une fois et demi supérieur) puis l'épandage de boues sèches (coût près de deux fois supérieur). Cependant, comme pour les moyennes stations, l'impact de l'épandage est plus important sur les écosystèmes terrestres (les boues compostées y contribuent plus fortement que les autres épandages, ainsi que pour l'impact sur l'air, du fait du transport).

La CO-incinération de boues sèches est également une fois et demi plus chère que l'épandage de boues solides. Elle sera préférée si l'usine d'incinération est proche de la station et s'il est difficile de maîtriser la qualité des eaux usées.

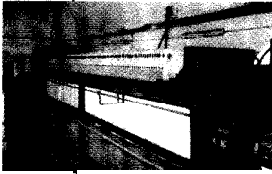
L'incinération spécifique, selon les hypothèses retenues pour le transport, pourra être préférée à la CO-incinération de boues sèches si la réduction des impacts sur l'air est privilégiée.

Toutes capacités confondues

Les impacts relatifs de l'incinération et de l'épandage sur l'emploi ne sont pas déterminants dans le choix de la filière.

La connaissance des risques sanitaires liés aux éléments-traces (organiques et métalliques) présente encore des lacunes, surtout pour l'incinération et la mise en décharge. Parallèlement, quelle que soit la filière, le risque nul n'existe pas.

Il faut donc rappeler la nécessité de mettre en œuvre les moyens nécessaires à la réduction des pollutions à la source (réduction de la teneur en éléments-trace métalliques et organiques) et à l'amélioration de la performance des filières (modernisation des équipements de traitement et professionnalisation des pratiques). Ces moyens sont notamment le renforcement de la police des réseaux et le développement de technologies et de produits propres (approche préventive de maîtrise des rejets dans le réseau), ainsi que le contrôle du respect de la réglementation.



La méthodologie aboutit à l'évaluation des impacts sur l'environnement du traitement de la quantité de boues produites par une personne pendant environ 6 mois (sur la base de 20 kg de matière sèche produite annuellement par équivalent habitant).

9.1. Présentation de la méthodologie utilisée

La méthodologie de l'Analyse du Cycle de Vie (ACV)

La méthodologie de l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) évalue l'impact environnemental associé à un produit, un processus ou à une activité, et examine les améliorations possibles grâce à l'identification et à la quantification des matériaux utilisés, de l'énergie consommée et des déchets rejetés dans l'environnement.

La méthodologie de l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) comprend normalement les quatre étapes suivantes :

La définition des objectifs permet de poser le problème avec précision et de vérifier que l'ACV est l'outil pour le traiter,

L'étape d'inventaire permet de dresser un tableau détaillé des entrées de matières premières et d'énergies utilisées par le système, et des rejets solides, liquides et gazeux produits en sortie,

L'analyse des impacts a pour objectif de relier les émissions répertoriées en entrée et en sortie aux problèmes environnementaux réels. Cette étape permet de comparer les différentes filières entre elles, en leur attribuant un «score environnemental» par type d'impact, à partir de méthodes transparentes et avec une approche multi-critères.

L'étape de recherche ou de suggestion d'améliorations vise à apporter des modifications au système étudié de façon à améliorer ses performances globales. Cette étape ne répondant pas aux objectifs de l'étude, elle n'a pas été traitée.

Le périmètre de l'ACV

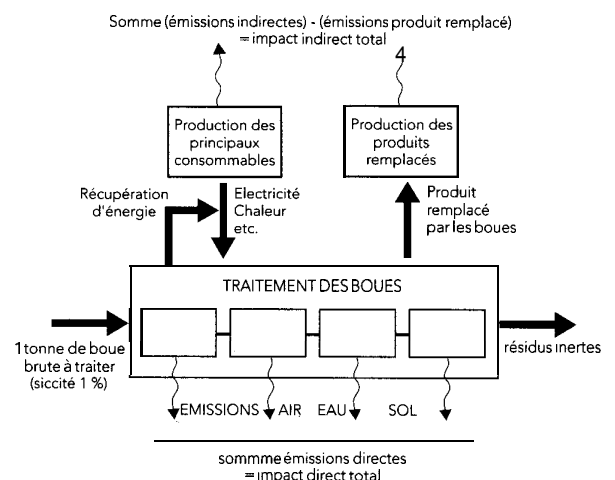
Pour chaque système homogène, le périmètre de l'analyse couvre tous les processus élémentaires de traitement des boues : de leur sortie du clarificateur (boue brute arrivant à la première étape du système, généralement l'épaississement) jusqu'à l'étape finale du même système (mise en décharge ou épandage ou incinération et mise en décharge des cendres, selon la filière retenue).

Notre étude prend ainsi en compte les aspects préparation/ transport/ élimination des boues pour chaque filière considérée.

L'évaluation d'impact tient compte des facteurs suivants :

- pollution directe engendrée par les processus de traitement et par l'élimination finale des boues traitées ou de leurs dérivés (cendres essentiellement) dans un milieu naturel,
- pollution indirecte engendrée par la production des principales substances nécessaires aux traitements (principalement utilisation de sources d'énergie non renouvelables),
- pollution évitée grâce à la non-utilisation de produits et de sources d'énergie, remplacés par les boues ou par leurs dérivés (substitution des engrais par des boues épurées production d'électricité grâce au biogaz produit lors de la phase de digestion des boues).

Le périmètre d'analyse global est synthétisé dans le schéma ci-après.



9. ANNEXES

Méthodologie utilisée pour les ACV

La logique d'évaluation
des impacts environnementaux

Une fois l'inventaire des entrées et des sorties de matières et d'énergie réalisé, nous avons évalué les impacts environnementaux de chacun des systèmes homogènes selon la méthodologie Environmental Themes.

Bien qu'il n'existe pas de méthodologie scientifique universellement reconnue pour évaluer ces impacts et attribuer des «scores» environnementaux, cette méthodologie est recommandée par de nombreux instituts de recherche et par les organisations environnementales internationales.

Elle a été développée par le Centre pour les Sciences Environnementales de Leiden (CML), Institut National Néerlandais pour la Santé et l'Environnement (RIVM) et par McKinsey & Company, selon les directives SETAC.

En suivant cette méthodologie, l'impact environnemental total des systèmes homogènes a été séparé en sept catégories représentatives. Les catégories retenues sont :

Pour les impacts liés à l'air :

- effet de serre ;
- dispersion de substances toxiques dans l'air (toxicité environnementale due aux émissions dans l'atmosphère) ;
- formation d'oxydants photochimiques.

L'impact sur la couche d'ozone n'est pas présenté car la dégradation de la couche d'ozone est provoquée par l'émission de CFC, qui n'ont à aucun moment été mis en évidence.

Pour les impacts liés à l'eau :

- impact des toxiques sur les écosystèmes aquatiques.

Pour les impacts liés au sol :

- impact sur les écosystèmes terrestres ;
- acidification ;
- utilisation de ressources naturelles.

Il est important de rappeler que certaines catégories d'impact sont représentatives de problèmes environnementaux au niveau local (ex : impact sur les écosystèmes aquatiques et terrestres), alors que d'autres concernent des problèmes ayant cours au niveau inter-régional (ex : eutrophisation) ou global (ex : effet serre).

9.2. Principales hypothèses

Hypothèses sur la composition des boues

Nous avons utilisé comme données de références en entrée dans le système la composition des boues détaillée page suivante. Les données relatives aux métaux lourds ont été fournies par l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse.

Pour les émissions dans le sol, nous disposons de mesures précises et fiables associées aux systèmes homogènes considérés (épandage) communiquées par le SYPREA. Les teneurs en micro-polluants dans les boues retenues sont la moyenne des mesures faites pour la région Artois Picardie et celles du Conseil Supérieur d'Hygiène Public Français.

Les données utilisées distinguent les stations de capacités :

- de moins de 10.000 EH
(données prises pour les petites stations) ;
- de 10.000 à 50.000 EH
(données prises pour les moyennes stations) ;
- de plus de 100.000 EH
(données prises pour les grandes stations).

Hypothèses sur le transport

Les résultats des ACV sont très sensibles aux pollutions émises lors du transport. Ainsi, la distance retenue est un facteur de sensibilité important.

Les distances utilisées pour les calculs sont les suivantes :

DISTANCES TOTALES PARCOURUES	DÉCHARGE			
	Décharge	Épandage	Incineration spécifique	Co-incineration
Petite station vers	-	5 km	-	-
Moyenne station vers	50 km	15 km	-	50 km
Grande station vers	-	50 km	0 km	50 km
Incineration vers	50 km	-	-	-

(sur site)
(décharge ou valorisation routière)

Hypothèses sur les techniques de traitement

L'ensemble des données utilisées correspond à des installations et des processus respectant "l'état de l'art" et en conformité avec la réglementation en vigueur en France, en particulier pour les rejets de polluants. Ainsi, des polluants tels que les dioxines ne sont pas abordés, dans la mesure où les installations modernes de combustion en conformité avec la réglementation et exploitées dans les règles de l'art permettent d'éviter leur émission.

Les données sur les différentes étapes de traitement des boues (processus élémentaires) sont issues d'ouvrages de référence français (OTV, Degrémont).

Les technologies choisies correspondent aux technologies les plus couramment utilisées en France, selon les dires des experts contactés.

Pour l'incinération, nous avons retenu comme hypothèse que la moitié des mâchefers était mise en décharge, l'autre moitié étant utilisée en valorisation routière.

Hypothèses sur les calculs d'évaluation des impacts environnementaux

Les calculs d'évaluation sont basés sur l'agrégation, en sept catégories d'impacts environnementaux prédéfinis, de l'impact de divers polluants.

considéré la consommation relative de pétrole, de charbon, de gaz, d'uranium et de phosphore par rapport aux stocks disponibles dans le monde.

Le tableau récapitulatif ci-contre illustre ce processus.

Remarques préalables

Pour chaque catégorie d'impact, tous les polluants contribuant à cette catégorie de pollution ne sont pas mentionnés. En effet, seuls figurent ici les polluants qui ont été identifiés au cours des travaux d'inventaire.

Chaque polluant contribue d'une manière spécifique aux catégories d'impact retenues. La valeur des coefficients utilisés pour chaque polluant, reconnue par la communauté scientifique, est déterminante dans une Analyse de Cycle de Vie. L'usage de ces valeurs dans notre étude permet de donner une validité aux travaux. Par souci de clarté, nous ne faisons pas figurer ci-dessous les coefficients utilisés pour la phase d'évaluation.

9. ANNEXES



Polluants	Effet de serre	Dispersion de substances toxiques dans l'air	Formation d'oxydants photo-chimiques (smog)	Impact des toxiques sur les écosystèmes aquatiques	Impact des toxiques sur les écosystèmes terrestres	Acidification
CO		●				
CO ₂	●					
NO _x		●				●
NH ₃		●				●
CH ₄	●		●			
SO ₂		●				●
Pb		●		●	●	
Cd		●		●	●	
Hg		●		●	●	
Zn		●		●	●	
Ni		●		●	●	
Cr		●		●	●	
CU		●		●	●	
PCB		●	●	●		
PPA		●	●	●	●	
CL					●	●
F		●				●
C		●	●			
S		●				

Lien entre émissions identifiées lors de la phase d'inventaire et évaluation des impacts environnementaux

Hypothèses sur la substitution des boues à d'autres produits

La démarche retenue prend en compte la pollution évitée grâce à la substitution des engrais avec des boues, et à la substitution de l'énergie électrique avec le biogaz de digestion.

La pollution évitée concerne les impacts liés à l'extraction, à la production et au transport des engrais (N, P et K), sur la base d'une valeur fertilisante équivalente.

Hypothèses sur l'impact des éléments traces métalliques

Les processus chimiques et physiques qui sont à l'origine du phénomène de pollution par l'émission d'éléments traces métalliques diffèrent selon le mode d'élimination, de telle sorte que la présence d'éléments traces métalliques dans les boues se traduit par des impacts environnementaux différents selon les filières.

Ainsi, les systèmes homogènes avec épandage ne présentent pas d'impact dans la catégorie "écosystèmes aquatiques". Par contre, ils contribuent aux impacts sur les "écosystèmes terrestres".

A l'inverse, les systèmes qui prévoient la mise en décharge ou l'incinération ne présentent pas d'impact dans la catégorie "écosystèmes terrestres", mais ils contribuent aux impacts sur les écosystèmes aquatiques et aux rejets dans l'atmosphère.

9.3. Principe de présentation des résultats

Pour une présentation plus lisible des résultats obtenus, nous avons identifié pour chaque catégorie environnementale le système homogène le plus polluant parmi les dix considérés. Ce système sert alors de référence (indice = 1). Les résultats des autres systèmes homogènes ont ensuite été normalisés par rapport à ce système le plus polluant et affecté d'un indice (valeur de l'indice inférieure ou égale à 1).

Pour améliorer la lisibilité des résultats, nous avons considéré des activités de référence pour chaque catégorie d'impact environnemental. Cette approche permet au lecteur de rapporter l'impact provoqué par le traitement des boues à celui d'une activité dont la pollution peut être facilement appréhendée.

Les activités de référence retenues sont, selon l'impact environnemental considéré :

- l'utilisation d'une voiture (avec pot catalytique) roulant au super sans plomb sur un parcours extra urbain (autoroute) ;
- la mise en décharge de matières plastiques en PVC ;
- l'épandage d'une matière fertilisante correspondant au flux maximum en éléments-trace accepté pour l'homologation de telles matières.