

Cet audit a consisté en premier lieu à définir, à l'intérieur de trois grandes filières d'élimination des boues d'épuration urbaines (mise en décharge, incinération/co-incinération, épandage), dix systèmes pour lesquels une même méthodologie d'analyse est mise en oeuvre. Sur la base des choix techniques et financiers retenus, les conclusions de ce rapport 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).

LES ETUDES DES AGENCES DE L'EAU N° 70

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

La vocation première des Agences de l'Eau est le financement de travaux et d'actions visant à l'amélioration de la gestion de l'eau et des milieux aquatiques ; il leur est donc nécessaire d'avoir une vision la plus précise possible des problèmes posés et des solutions adaptées.

Pour cela, elles conduisent des programmes d'études et de recherches au niveau de leur bassin, mais aussi au niveau national, de façon concertée avec la Direction de l'eau du ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement, à travers les programmes inter-Agences.

Ainsi, depuis 1977, cinq programmes ont été menés à bien. Le cinquième, « EAU 2001 », portant sur la période 1997-2001, a permis notamment la réalisation du présent document, fruit d'une des études réalisées.

D'un montant de 105 millions de francs, ce cinquième programme s'intéresse aux axes suivants :

- AXE 1 : La socio-économie, la planification et les institutions
Pilote : Direction de l'eau du ministère chargé de l'Environnement
- AXE 2 : La connaissance et l'évaluation des milieux aquatiques
Pilote : Rhône-Méditerranée-Corse
- AXE 3 : L'urbain
Pilote : Seine-Normandie
- AXE 4 : Le rural
Pilote : Loire-Bretagne
- AXE 5 : L'eau et la santé
Pilote : Artois-Picardie
- AXE 6 : La gestion des milieux aquatiques
Pilote : Adour-Garonne
- AXE 7 : Les industries, l'énergie et le transport
Pilote : Rhin-Meuse

Les résultats des études sont régulièrement publiés dans la collection inter-Agences dans laquelle le présent document s'inscrit.

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

SYNTHESE

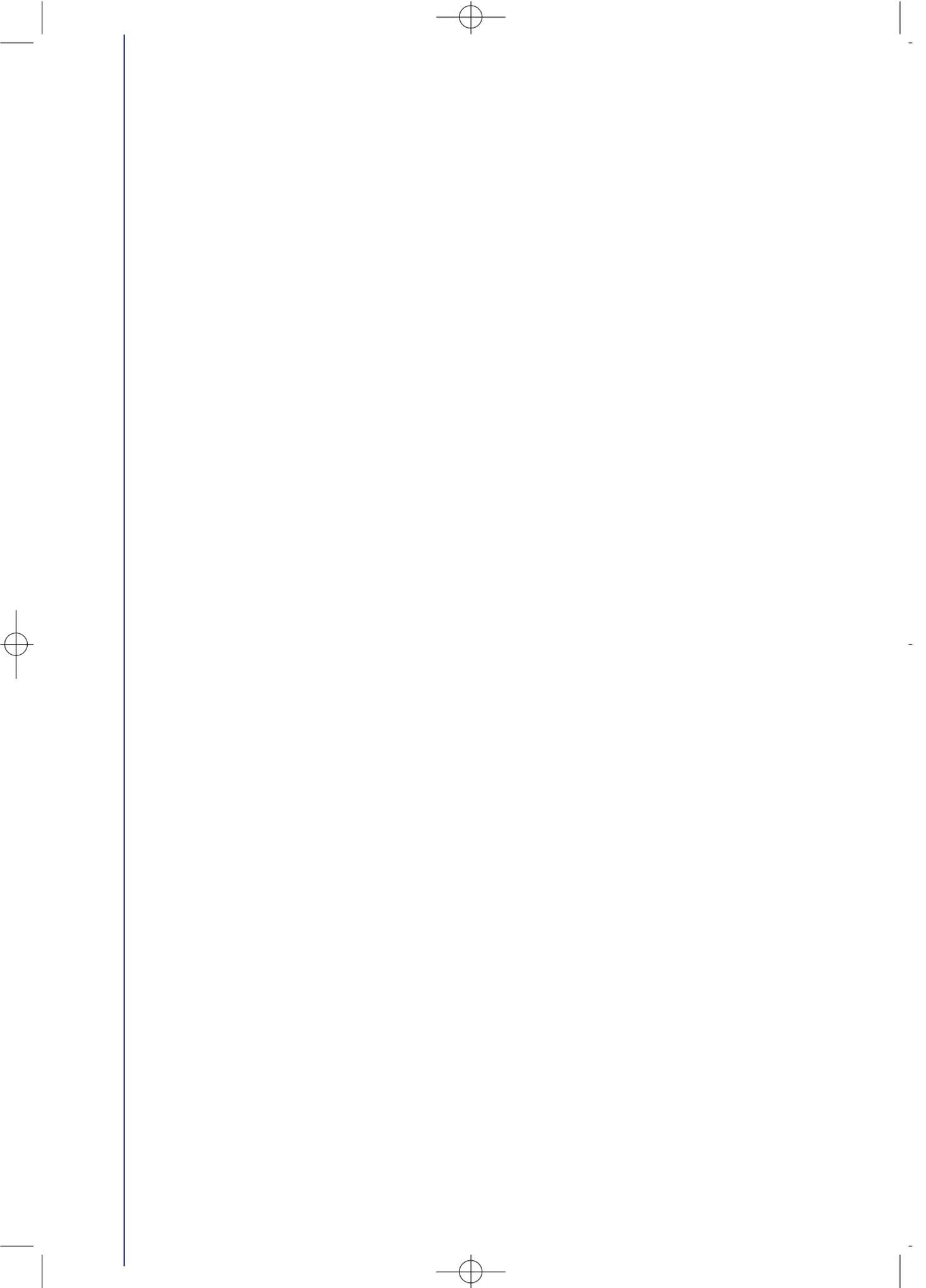
Directeur de la Publication : Pierre ROUSSEL
Secrétariat de rédaction : Agence de l'eau Rhin-Meuse
Document réalisé par Arthur ANDERSEN Environnement

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
Tiré à 6 000 exemplaires/ septembre 1999
Prix : 150 F

Crédit photo : George Paté



EDITORIAL

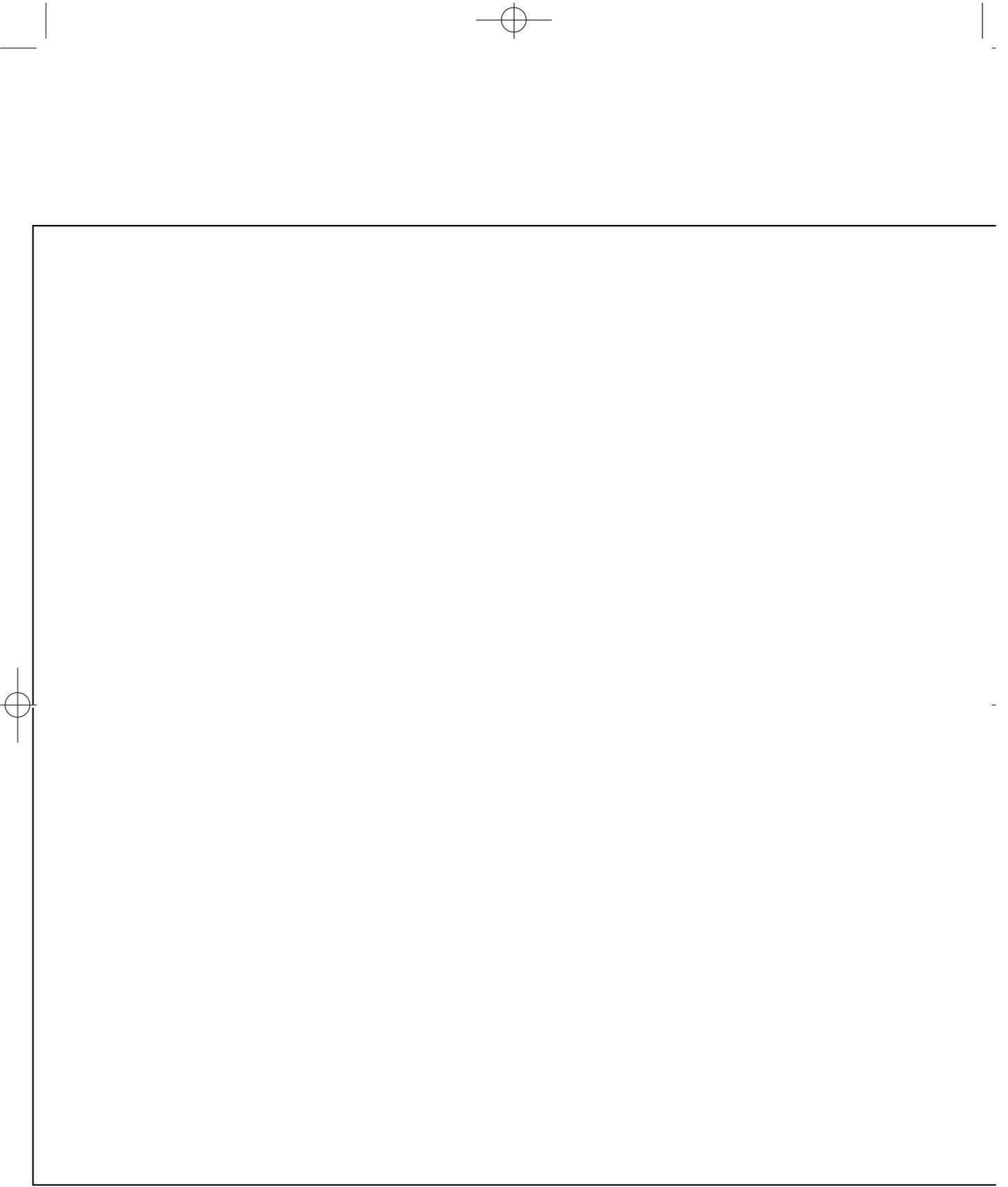
Depuis plusieurs années, la France conduit une politique active de renforcement de la collecte et du traitement des eaux usées des ménages dans les zones agglomérées ne pouvant relever de dispositifs individuels de traitement. Cette politique est nécessaire pour assurer la protection de la qualité des eaux. Le traitement de ces eaux, rejetées par l'ensemble des citoyens, conduit à la production d'une eau épurée et de sous-produits issus de ce traitement, dont les boues. Le devenir de ces boues constitue donc un enjeu fondamental de la politique d'assainissement et de protection de l'environnement. Actuellement, plus de 60 % des boues produites font l'objet d'un recyclage biologique, par épandage en agriculture, le complément se répartissant entre l'incinération et le stockage en centres d'enfouissement technique. La filière principale que constitue l'épandage agricole méritait de respecter des règles strictes pour en garantir l'innocuité, tant vis à vis des populations riveraines des opérations d'épandage que vis à vis de la protection de l'eau, des sols, des cultures et des chaînes alimentaires. Ces conditions ont été fixées par une réglementation très rigoureuse publiée en décembre 1997 et janvier 1998. Les autres filières d'élimination font également l'objet de réglementations qui ne sont pas spécifiques aux boues.

Malgré cet encadrement réglementaire très strict, des interrogations ont été manifestées par certains acteurs de la filière sur le bien fondé de la prédominance de la filière agricole. Afin d'éclairer le débat, plusieurs acteurs de la filière, et en particulier le président de l'Assemblée permanente des chambres d'agriculture, ont manifesté leur souhait de voir se réaliser un audit comparatif des différentes filières possibles d'élimination des boues, tant au regard de leurs impacts environnementaux que de leurs coûts. Cet audit, dont la maîtrise d'ouvrage a été assurée par les Agences de l'eau, répond à cette demande. Il n'a pas pour vocation d'apporter une réponse absolue à la question du choix entre les filières mais de fournir des éléments d'analyse objectifs permettant d'orienter les choix. Les conclusions de ce travail fort intéressant ont été présentées au comité national sur l'épandage des boues d'épuration urbaines en agriculture le 14 janvier 1999 et devraient permettre d'alimenter le débat constructif en cours au sein de ce comité et dans les instances locales de

Le directeur de l'eau



Pierre ROUSSEL



SOMMAIRE

RESUME	2
INTRODUCTION	3
1 LES BOUES D'EPURATION URBAINES	4
2 LES FILIERES ETUDIEES	6
3 LES FILIÈRES D'ÉLIMINATION DES BOUES : QUEL AVENIR ?	7
4 L'ELIMINATION DES BOUES URBAINES PRESENTE-T-ELLE DES RISQUES POUR LA SANTE ?	10
5 CERTAINES SOLUTIONS D'ELIMINATION SONT-ELLES PLUS POLLUANTES QUE D'AUTRES ?	13
6 CERTAINES SOLUTIONS D'ELIMINATION SONT-ELLES PLUS COUTEUSES QUE D'AUTRES ?	19
7 CERTAINES SOLUTIONS D'ELIMINATION SONT-ELLES PLUS GENERATRICES D'EMPLOI QUE D'AUTRES ?	21
8 CONCLUSION	23

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.

1. LES BOUES

1.1. QU'EST-CE QU'UNE BOUE ?

Les eaux usées des habitants sont, dans leur majorité, collectées et acheminées vers une station d'épuration, en vue de leur traitement. S'y ajoutent fréquemment des rejets d'activités artisanales, commerciales et industrielles.

A la sortie de la station d'épuration, on trouve :

- de l'eau épurée, rejetée dans le milieu naturel,
- des résidus d'épuration, constitués notamment de boues contenant des substances minérales et organiques.

Schématiquement, les boues sont composées d'eau et de matière sèche.

En sortie de station, ces boues se présentent sous forme liquide, pâteuse ou solide. La teneur des boues en matière sèche est ainsi très variable. Cette teneur s'exprime par la siccité, qui définit le pourcentage de matière sèche contenue dans la boue.

1.2. DE QUOI SONT FAITES LES BOUES URBAINES ?

On trouve dans les boues urbaines :

Des éléments fertilisants

Les boues sont riches en **matières organiques** (40 à 80% du poids sec). Elles présentent un **intérêt agronomique** par leurs teneurs en azote et en phosphore, qui constituent des **éléments fertilisants**. Les boues chaulées sont également riches en calcium, qui fait défaut aux sols acides.

Des éléments indésirables

- Les micro-organismes pathogènes

Les agents pathogènes sont des **organismes biologiques** susceptibles, après pénétration d'un organisme vivant, de s'y développer et d'occasionner une **maladie**. Ils appartiennent à cinq grandes familles que sont :

- les virus,
- les bactéries,
- les protozoaires,
- les helminthes (vers parasites),
- les champignons.

Ils sont notamment présents dans les **matières fécales** rejetées dans les réseaux d'eaux usées, et donc inévitablement présents dans les boues brutes.

- Les éléments traces minéraux

Ils sont constitués en majorité de **métaux**. Certains de ces éléments ont un rôle indispensable à faibles concentrations dans l'organisme (oligo-éléments), mais deviennent généralement **toxiques** au-delà d'un certain seuil.

Leur présence dans les eaux usées (et donc dans les boues d'épuration) est due au déversement dans le "tout-à-l'égout" des déchets produits par les activités telles que :

- activités domestiques (produits médicaux et de nettoyage, produits cosmétiques, etc.),
- activités urbaines (corrosion des conduites d'eau, ruissellement des eaux de pluie sur les toits et les routes, etc.),
- activités commerciales, artisanales ou de services (produits liquides rejetés par les garages, cabinets dentaires, laboratoires, etc.),
- activités industrielles.

- Les micro-polluants organiques

Les micro-polluants organiques sont des **composés organiques d'origines diverses** présents à l'état de traces dans les boues. Les substances considérées le plus fréquemment sont les **HPA** (hydrocarbures polycycliques aromatiques) et les **PCB** (polychlorobiphényles ou hydrocarbures polycycliques aromatiques chlorés), car ils sont particulièrement **persistants**, contrairement à la majorité des autres micro-polluants organiques. Les composés suivants entrent aussi dans cette catégorie : pesticides, solvants chlorés, chlorophénols, détergents, phtalates, dioxines, etc.

Les PCB ont beaucoup été utilisés dans le passé comme isolants dans les transformateurs électriques, mais leur production en France est arrêtée depuis 1977 et leur rejet dans le milieu naturel est interdit depuis 1987.

La présence de HPA est principalement issue des **incendies de forêt**, de la combustion des **carburants** des véhicules ou du **chauffage**.

Leur présence actuelle dans les eaux usées provient principalement des eaux de **ruissellement** du réseau routier.

S D'EPURATION URBAINES

1.3. QUELLE QUANTITÉ DE BOUES PRODUISONS-NOUS ?

En France, la production de boues, exprimée en matière sèche (MS), est de **15 à 20 kg/hab** par an (soit 75 à 100 kg/hab par an de boues pâteuses à 20% de siccité). Ce chiffre est à rapprocher de la production d'ordures ménagères de plus de 400 kg/hab/an.

Au niveau national, la production totale de boues urbaines, d'environ 850.000 t MS/an actuellement, devrait passer à 1,3 million de tonnes d'ici l'an 2005, du fait notamment de l'application de la Directive européenne du 21 mai 1991 sur l'assainissement.

Ces boues sont considérées comme des **déchets**, et doivent être valorisés/éliminés en conformité avec la réglementation.

2. LES FILIERES ETUDIEES

2.1. LES TROIS PRINCIPAUX MODES D'ÉLIMINATION DES BOUES

Les trois principaux modes d'élimination des boues sont actuellement :

- la mise en décharge (20 à 25% des tonnages de matière sèche ou MS),
- l'épandage agricole (environ 60% des tonnages de MS),
- l'incinération avec élimination des résidus. Il peut s'agir soit d'une incinération spécifique aux boues, généralement sur le site de la station d'épuration, soit d'une co-incinération avec d'autres déchets, le plus souvent dans une usine d'incinération d'ordures ménagères (15 à 20% des tonnages de MS).

Ces trois principales filières se déclinent en "sous-filières", en fonction de la destination finale des boues urbaines et des options techniques retenues pour leur traitement.

2.2. PRÉSENTATION DES FILIÈRES ÉTUDIÉES

Afin d'affiner l'analyse des trois principaux modes d'élimination ci-dessus, dix "systèmes homogènes" ont été définis. Ces systèmes homogènes sont représentatifs des filières de traitement des boues couramment utilisées en France pour le traitement des boues urbaines et assimilées.

Les dix systèmes retenus sont synthétisés dans le tableau 1 ci-après.

Tableau 1 : Les dix systèmes homogènes retenus pour les analyses environnementales et économiques

N° Filières	Caractéristiques	Taille de station
1 Mise en décharge	boues solides (30 % de MS)	moyenne station
2 Épandage	boues liquides (6 % de MS)	petite station
3 Épandage	boues pâteuses non chaulées (20 % de MS)	moyenne station
4 Épandage	boues pâteuses chaulées (25 % de MS)	moyenne station
5 Épandage	boues compostées (60 % de MS)	grande station
6 Épandage	boues solides (30 % de MS)	grande station
7 Épandage	boues sèches (95 % de MS)	grande station
8 Incinération	incinération spécifique* (35 % de MS)	grande station
9 Incinération	co-incinération* de boues sèches avec OM (65 % de MS)	grande station
10 Incinération	co-incinération* de boues pâteuses avec OM (20 % de MS)	moyenne station

* avec récupération d'énergie

MS : matière sèche

OM : ordures ménagères

La taille des stations d'épuration (petite, moyenne, grande) est le plus souvent donnée en fonction de sa capacité nominale, exprimée en "équivalent-habitant" (EH). Un équivalent-habitant correspond à la pollution quotidienne que génère un individu.

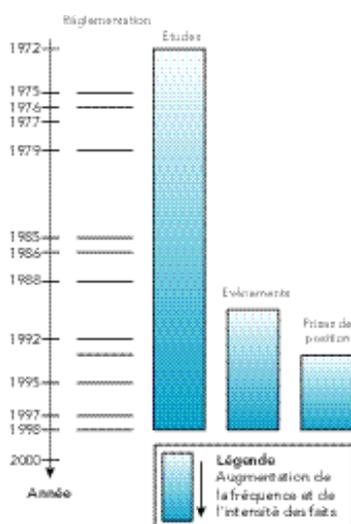
Dans cette étude, les tailles suivantes ont été retenues :

Taille de la station	Petite	Moyenne	Grande
Capacité nominale retenue pour l'étude (nombre d'EH)	3.000 EH	50.000 EH	300.000 EH

3. LES FILIÈRES D'ÉLIMINATION DES BOUES URBAINES : QUEL AVENIR ?

3.1. Le développement d'un débat autour de l'élimination des boues urbaines

Figure 1 : Chronologie des faits observés sur les boues d'épuration



Comme le montre la figure 1, la problématique des boues n'est pas récente puisque des réglementations apparaissent et des études scientifiques se déroulent régulièrement depuis 25 ans.

En revanche, des événements médiatisés surviennent depuis 1990 :

- affaires du sang contaminé (1991), de la vache folle (1996), de la dioxine (1998), des OGM (1998), etc. (ces événements n'ont pas de rapport direct avec l'élimination des boues urbaines, mais leur médiatisation a engendré le développement d'un sentiment de risque environnemental généralisé),
- réglementation sur les déchets (1992),
- importation de boues allemandes (1994), épandage de boues bleues de papeteries (1995), épandage d'eaux usées dans le Val d'Oise, etc.

Ils sont à l'origine des prises de position publiques des différents acteurs à partir de 1995, sur la question de l'avenir des filières d'élimination des boues et des risques associés.

3.2. Une problématique centrée sur l'épandage

Concernant la mise en décharge, les boues d'épuration valorisables ne pourront plus être admises en décharge après le 1^{er} juillet 2002, conformément à la loi du 13 juillet 1992. Cette voie d'élimination est donc appelée à se restreindre.

L'incinération des boues, qui est aujourd'hui le mode d'élimination de 15 à 20% des boues urbaines, présente des possibilités de développement, notamment dans le contexte actuel de rénovation du parc français d'incinérateurs de déchets ménagers et assimilés.

Pour la grande majorité des intervenants, le débat sur l'acceptabilité des filières d'élimination des boues est donc centré sur l'épandage. L'incinération et la mise en décharge des boues d'épuration s'inscrivent dans une problématique plus large de traitement des déchets.

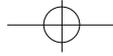
3.3. L'émergence d'un consensus sur l'épandage

A la date de l'enquête (été 1998), l'analyse de la position des différents acteurs met en évidence l'émergence d'un quasi-consensus sur l'acceptation de l'épandage si toutes les mesures sont prises pour minimiser les risques sanitaires.

Notamment, les associations de consommateurs, les associations de protection de l'environnement, la grande distribution et les industries agro-alimentaires partagent ce point de vue.

Les exceptions à ce consensus concernent :

- **les propriétaires fonciers**
Ils s'inquiètent de la perte de valeur de leurs terres en cas de sinistre lié à l'épandage. Ils souhaitent être consultés, pour accord préalable, par les fermiers souhaitant épandre des boues, et demandent en outre la mise en place de garanties financières.
- **les représentants des filières de production agricole (blé, maïs, betterave, etc.)**
Ils ont adopté des positions défavorables à l'épandage en argumentant sur les risques de mise en jeu de leur responsabilité et de perte de débouchés commerciaux. La mise en place de garanties financières permettrait de lever leur opposition. Par ailleurs, leurs positions sont en décalage avec celles des organisations professionnelles générales agricoles, plus mesurées.



- **certains citoyens**

Des citoyens subissant des nuisances olfactives liées à l'épandage ou influencés par les récentes affaires sanitaires semblent être hostiles à l'épandage. Une information précise sur le sujet permettrait d'apporter des éléments de réponse aux interrogations de ces personnes. Par ailleurs, il convient de noter que les associations de consommateurs ou de protection de l'environnement ont des positions plutôt favorables à l'épandage.

La plupart des acteurs s'accordent également sur les moyens à mettre en œuvre pour minimiser les risques sanitaires :

- **Amélioration de la qualité des boues par la maîtrise des eaux usées en amont**

L'atteinte de cet objectif passe par un renforcement de la police des réseaux afin de réduire à la source les rejets de micro-polluants. Un moyen proposé par certains consisterait à privilégier les réseaux séparatifs de façon à réduire les risques liés aux éléments-traces métalliques. L'analyse coût/bénéfice de cette solution reste à faire. En outre, il convient de noter que l'amélioration de la qualité des eaux usées en amont facilite la gestion des stations d'épuration par les exploitants.

- **Professionnalisation des filières d'épandage**

Elle consiste à améliorer l'organisation et les pratiques des acteurs en définissant clairement leurs rôles respectifs et en respectant les procédures visant à garantir l'efficacité et l'innocuité de l'élimination des boues. La traçabilité et la transparence sont des prérequis. La contractualisation entre les acteurs à travers des chartes qualité, des cahiers des charges ou des contrats entre producteurs de boues et utilisateurs permet aussi d'améliorer les pratiques. Enfin, la professionnalisation passe par la mise en place d'un contrôle et d'un suivi efficace des filières, assurant le respect de la réglementation, ainsi que par la pérennité des filières sur le moyen terme.

Dans ce contexte de minimisation des risques pour la santé humaine, l'analyse des motivations des acteurs montre que globalement, beaucoup d'acteurs trouvent un intérêt économique à l'épandage supérieur aux risques économiques potentiels liés aux aspects sanitaires et sociologiques (diminution des débouchés commerciaux et mise en jeu de leur responsabilité).

Ainsi, la majorité des intervenants considère que l'épandage est une solution intéressante d'un point de vue économique, écologique et agricole. Les deux autres voies d'élimination des boues d'épuration sont généralement

considérées comme des solutions alternatives, lorsque l'épandage ne peut être réalisé.

3.4. La prépondérance du contexte local pour l'acceptation de l'épandage

Au-delà de ce consensus sur l'acceptation sous conditions de l'épandage, la position des acteurs par rapport aux trois filières d'élimination des boues, est fortement liée au contexte local. La faisabilité technique et l'acceptation sociale de l'épandage dépendent de facteurs locaux.

Les caractéristiques de l'agglomération (taille, type d'habitat, densité) interviennent sur le dimensionnement de la station d'épuration, et donc sur la quantité et la qualité des boues produites.

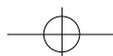
Les conditions d'exploitation agricole sont importantes : tailles des exploitations agricoles, importance du revenu agricole, prix de la terre, types de sols et paysages, surface agricole disponible, richesse des sols, implantation de cultures rémunératrices, petites parcelles, monoculture, polyculture, élevage, zone d'appellation d'origine contrôlée (AOC) ou non, etc. influenceront le choix des filières.

L'activité économique locale est également un facteur à prendre en compte : la présence d'industrie agro-alimentaire et le tourisme peuvent constituer des freins au développement de l'épandage.

La concurrence locale entre boues et déjections animales influence la faisabilité technico-économique des filières. Elle se caractérise localement, et dépend des quantités en jeu et du type de culture. Elle se fait principalement ressentir dans les zones d'élevage intensif, et notamment dans les zones d'excédents structurels (ZES). Dans ce cas, la priorité est donnée aux déjections animales, car la profession agricole est alors productrice et utilisatrice de sous-produits. Le cas le plus typique est celui de la Bretagne.

La concurrence locale entre boues urbaines et boues industrielles peut également être importante. A qualité agronomique identique, l'agriculteur préfère souvent prendre les boues industrielles, surtout celles issues de la transformation des produits agricoles.

Le contexte historique lié aux pratiques agricoles joue fortement. Les exploitants agricoles des régions n'ayant jamais intégré l'épandage des boues dans leurs pratiques restent réticents à l'adopter.



3. LES FILIÈRES D'ÉLIMINATION DES BOUES URBAINES : QUEL AVENIR ?

Le **contexte politique** est déterminant car il conditionne souvent les relations entre les élus, les collectivités territoriales, les services déconcentrés de l'État et les autres structures locales en charge du dossier "boues". De la qualité de ces relations découle l'optimisation de l'usage de l'espace épandable.

D'autres contraintes locales peuvent être la proximité d'importantes zones de captage.

La combinaison des différents facteurs locaux ci-dessus aboutit à une situation complexe où on observe des contradictions entre la position adoptée par les instances représentatives nationales, celle des instances locales, et les pratiques des acteurs sur le terrain, qu'il s'agisse d'agriculteurs, de coopératives agricoles, d'industriels ou de distributeurs de produits alimentaires.

La négociation porte donc aujourd'hui sur la répartition de ces coûts entre les différentes catégories d'acteurs et sur la mise en place éventuelle d'un système de garantie financière visant à indemniser les éventuelles victimes de ces risques résiduels. Une évaluation chiffrée de ces coûts permettrait d'aboutir rapidement sur la question du "qui doit payer quoi".

3.5. Les points de blocage sur l'épandage des boues d'épuration

Dans ce contexte, la réglementation, aussi stricte soit-elle, est insuffisante pour lever les trois principaux points de blocage que sont :

l'information du public : un grand flou existe aux yeux du public sur les modes d'élimination et sur les risques réels pour la santé humaine liés à l'épandage, à l'incinération et à la mise en décharge.

la connaissance précise des risques sanitaires : elle doit être affinée et communiquée, dans le cadre d'une information plus large sur les enjeux de l'élimination/valorisation des boues d'épuration.

la répartition des coûts entre les différents acteurs:

- coûts engendrés par la nouvelle réglementation,
- coût de la recherche pour améliorer les connaissances sur les risques sanitaires,
- coût de l'amélioration de la qualité des boues en amont (police des réseaux et/ou réseaux séparatifs),
- coût de la couverture des risques économiques et sanitaires résiduels en cas d'épandage.

4. L'ELIMINATION DES BOUES URBAINES PR

L'évaluation des risques sanitaires spécifiques aux boues d'épuration urbaines a fait l'objet de recherches très inégales suivant la filière de traitement. Plus de 170 études concernant l'épandage des boues ont pu être identifiées, alors que très peu traitent spécifiquement de leur incinération ou de leur mise en décharge.

Cependant, ces travaux de recherche restent insuffisants et ne permettent pas de conclure définitivement à l'innocuité de ces différentes filières de traitement.

4.1. Risques sanitaires de la mise en décharge

État des connaissances

Les modes d'exposition spécifiques à la mise en décharge peuvent être les suivants :

- inhalation de composés volatils et gazeux émis par la décharge,
- ingestion d'eau souterraine ou de surface contaminée par percolation dans le sol des "jus" de décharge.

La connaissance de l'exposition et des risques sanitaires associés à la mise en décharge est aujourd'hui très insuffisante et des initiatives ont été prises pour combler ces lacunes.

Ainsi, bien que les plaintes soient nombreuses autour des décharges (pour cause d'irritations, de troubles, etc.), il n'est actuellement pas possible de connaître la contribution spécifique des déchets à ces phénomènes et donc a fortiori la contribution des boues mises en décharge.

Maîtrise des risques

Les risques sanitaires dus aux émissions gazeuses, devraient être maîtrisés par la récupération des gaz, équipement qui concerne encore une minorité de décharges.

La stricte application de la réglementation concernant les centres de stockage de déchets, acceptant les boues sous condition, permet de maîtriser les risques sanitaires dus à la percolation des "jus" de décharge dans le sol.

ETUDES DES AGENCES DE L'EAU N°70
SYNTHESE

4.2. Risques sanitaires de l'épandage

Contexte général

Les boues urbaines représentent moins de 2 % des déchets épandus en agriculture. Les déjections animales en représentent 94 %.

De nombreuses autres activités contribuent à la pollution des sols et génèrent donc des risques sanitaires; l'épandage des boues urbaines a, par exemple, une contribution minoritaire par rapport à d'autres activités pour la pollution par les éléments traces métalliques, comme le montre le tableau 2 ci-dessous :

Tableau 2 :
Contribution relative des différentes sources d'éléments traces métalliques contaminant le sol français (en tonnes par an)

Sources identifiées	Éléments			
	Cd cadmium	Pb plomb	Zn zinc	Cu cuivre
Retombées atmosphériques (industries et voitures)	3 %	97 %	2 %	-
Engrais	89 %	-	-	-
Boues	4 %	1 %	14 %	1 %
Composts urbains	4 %	2 %	15 %	1 %
Lisiers de porc	-	-	69 %	6 %
Produits phytosanitaires	-	-	-	92 %
Total	100 %	100 %	100 %	100 %
Total des flux identifiés	68 t/an	8.307 t/an	3.242 t/an	15.274 t/an

Source : Robert et Juste, INRA, Journées Techniques ADEME des 5 et 6 juin 1997

Présentés en flux annuels d'éléments traces (exprimés en t/ha/an) mesurés sur les parcelles recevant des boues, la contribution des boues est également minoritaire par rapport aux flux issus d'autres sources de pollution, sauf pour le cadmium (pour lequel la contribution des boues reste cependant du même ordre de grandeur que celle des engrais phosphatés).

Pour l'accumulation dans le sol des composés traces organiques également, d'après les sources scientifiques disponibles, la contribution des boues d'épuration semble minoritaire.

Ainsi, selon une étude suisse parue en 1987, les précipitations atmosphériques dans les sols cultivés en Suisse peuvent apporter autant de PCB et HPA que les boues (44 % contre 38 %), les déjections animales en amenant aussi une part non négligeable (17 %), comme le montre le tableau 3 ci-après.

PRESENTE-T-ELLE DES RISQUES POUR LA SANTE ?

Tableau 3 : Apports comparés par différentes sources en HPA et PCB totaux dans des sols cultivés en Suisse

Sols cultivés situés en zone agricole				
Composés	Pluies	Boues	Fumures	Engrais
PCB	44 %	38 %	17 %	1 %
HPA	44 %	38 %	17 %	1 %

Sols cultivés situés en zone urbaine				
Composés	Pluies	Boues	Fumures	Engrais
PCB	44 %	38 %	17 %	1 %
HPA	80 %	14 %	6 %	0 %

Source : Dierckens P., Wegmann M., Daniel R., Haeni H., Tarradellas J., 1987. Apport par les boues de composés traces organiques dans les sols et les cultures. *Gaz. eaux, eaux usées*, 67ème année, n° 3, pp. 123-132, cité par l'ADEME 1998.

Légende :
pluies : précipitations atmosphériques,
boues : boues de stations d'épuration d'eaux usées urbaines,
fumures : engrais de ferme à base de déjections animales,
engrais : engrais minéraux et agents de traitement (pesticides).

Enfin, il convient de souligner que la **qualité des boues urbaines** en éléments traces métalliques s'est **largement améliorée** depuis les 20 dernières années, et est généralement bien en dessous des seuils réglementaires, pourtant exigeants.

État des connaissances sur les risques sanitaires

Les modes d'exposition spécifiques à l'épandage peuvent être les suivants :

- ingestion de produits animaux et végétaux dans lesquels des polluants se sont bio-accumulés,
- inhalation,
- contact dermique avec les boues,
- ingestion d'eau souterraine ou de surface contaminée par percolation.

Les facteurs de risques sanitaires de l'épandage sont classés en trois catégories :

- les agents pathogènes,
- les éléments traces métalliques,
- les composés traces organiques.

Concernant les **risques pathogènes**, l'absence de corrélation univoque entre événement pathologique et épandage après trente années de pratique de l'épandage des boues urbaines ainsi que le faible nombre d'accidents constatés, ne révèlent pas l'existence d'un risque dans ce domaine, dès lors que les prescriptions techniques réglementaires sont respectées.

Par ailleurs, les expériences menées jusqu'à présent montrent que les exportations des éléments traces métalliques et composés traces organiques du sol vers les plantes sont faibles, voire inexistantes.

Cependant, pour la voie de contamination passant par l'animal par ingestion directe (épandage sur pâturages), les **risques de contamination par consommation de produits animaux** existent, pour les composés traces qui ont tendance à s'accumuler dans les graisses animales (graisses, lait), et notamment les PCB et HPA.

Maîtrise des risques

L'application des précautions d'usage recommandées par le Conseil Supérieur d'Hygiène Public de France (CSHPF) et reprises par la réglementation, et le cas échéant la mise en œuvre de méthodes complémentaires d'hygiénisation des boues urbaines fixées par la réglementation, ou encore le respect des recommandations de l'Académie Nationale de Médecine, permettent de maîtriser les **risques pathogènes**.

Les recommandations du CSHPF, ainsi que la réglementation, fixent aussi des valeurs limites en métaux pour l'épandage des boues urbaines, permettant de réduire le risque résiduel dû aux **éléments traces métalliques**.

Par ailleurs, la France est un des rares pays à prévoir des **spécifications réglementaires concernant les composés traces organiques**. La réglementation fixe en outre des prescriptions plus strictes en cas d'épandage sur pâturage, là où se situe le risque principal de contamination.

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

4.3. Risques sanitaires de l'incinération

État des connaissances

Les modes d'exposition de l'incinération peuvent être les suivants :

- inhalation de polluants émis dans l'atmosphère,
- ingestion de produits animaux ou végétaux dans lesquels des polluants se sont bio-accumulés, après rejet et dépôts atmosphériques sur le sol.

On considère que les germes pathogènes sont détruits (par la chaleur) et ne représentent donc pas de risque sanitaire pour les populations.

Les risques sanitaires liés à la voie respiratoire des populations riveraines paraissent faibles, selon l'avis d'experts. Des réserves sont cependant à apporter quant aux connaissances sur les effets observés à long terme.

Par ailleurs, on dispose de peu de données sur la quantification des rejets et des dépôts atmosphériques liés spécifiquement à l'incinération des boues et sur l'estimation de l'apport à travers la chaîne alimentaire. Néanmoins, pour les éléments traces métalliques, il semblerait, selon les experts, que la dose pénétrant dans l'organisme via la chaîne alimentaire et attribuable aux fumées d'incinération soit très faible comparée à celle des autres déchets.

Les risques sanitaires paraissent aussi fortement liés à la technologie utilisée pour l'incinération. Par exemple, les technologies modernes de four à lit fluidisé permettent de réduire fortement le risque d'émissions de dioxines ou de furanes. Toutefois, les experts n'excluent pas que l'incinération des boues urbaines soit une source d'émission de dioxines ou de furanes (qui touchent principalement les populations par l'intermédiaire de la chaîne alimentaire).

Une importante étude bibliographique sur les risques sanitaires liés à l'incinération des déchets ménagers ou assimilés menée actuellement par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, devrait permettre de mieux documenter ce sujet encore très lacunaire.

Maîtrise des risques

La réglementation concernant l'incinération des ordures ménagères et assimilées, et celle relative aux autres installations de combustion (en l'absence de législation particulière concernant les émissions de l'incinération spécifique des boues urbaines) limitent ces risques.

Par ailleurs, la mise en œuvre de technologies modernes d'incinération et de traitement des rejets atmosphériques peut être un facteur supplémentaire de réduction des risques.

4.4. Conclusion sur les risques sanitaires

De nombreuses interrogations scientifiques demeurent à l'heure actuelle sur les risques sanitaires, notamment pour les filières de l'incinération et de la mise en décharge. Ceci explique que, d'une part, l'état actuel des connaissances présente des lacunes et que, d'autre part, il n'est pas possible de comparer les risques sanitaires des différentes filières de traitement.

Tout doit être mis en œuvre pour réduire, et si possible supprimer, les rejets ou les entrées de micro-polluants dans le réseau d'assainissement. L'application constante du principe de réduction à la source, notamment pour les polluants métalliques et organiques d'origines diverses, est l'approche à privilégier pour garantir la diminution des risques sanitaires de l'ensemble des filières d'élimination des boues urbaines, à savoir l'épandage, l'incinération et la mise en décharge.

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

5.1. Présentation succincte de la méthodologie

La méthodologie détaillée ainsi que les principales hypothèses figurent en annexe. Seuls les principaux éléments sont présentés ci-dessous.

L'évaluation des impacts environnementaux des dix systèmes homogènes a été réalisée par la méthode des **Analyses de Cycle de Vie (ACV)**, sur la base de la norme AFNOR X 30-300, conformément au cahier des charges (la norme ISO 14040, entrée en vigueur depuis, ne présente pas de différence interférant sur la portée des conclusions).

Pour chaque système homogène, le **périmètre de l'analyse** couvre tous les processus élémentaires de traitement des boues urbaines : 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 urbaines** pour chaque filière considérée.

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

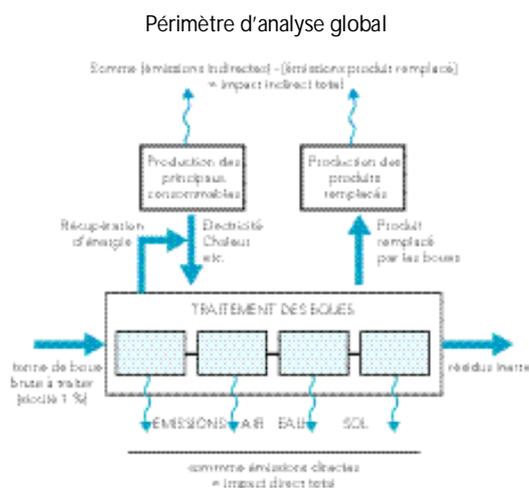
pollution directe engendrée par les processus de traitement et par l'élimination finale des boues traitées ou de leurs dérivés (cendres essentiellement) dans le milieu naturel,

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 leur dérivés (substitution des engrais par des boues, production d'électricité grâce au biogaz produit lors de la phase de digestion des boues).

Le périmètre d'analyse global est synthétisé dans la figure 2 ci-après.

Figure 2 : périmètre des analyses de cycle de vie



L'impact environnemental total des systèmes homogènes est présenté dans les pages suivantes en sept catégories :

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

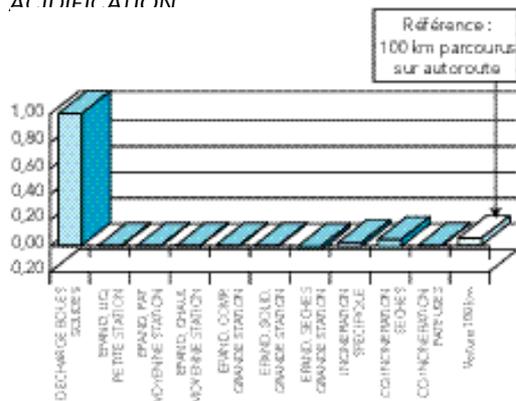
5. CERTAINES SOLUTIONS D'ELIMINATION SONT ELLES PLUS POLLUANTES QUE D'AUTRES ?

ACIDIFICATION

L'acidification se manifeste par des **pluies acides** qui touchent la faune et la flore et altèrent les matériaux de construction. L'acidification est provoquée surtout par quatre type d'émissions dans l'atmosphère : dioxyde de soufre (SO₂), oxydes d'azote (NO_x), substances contenant du chlore (Cl) et de l'ammoniac (NH₃).

Dans les dix systèmes homogènes considérés, les deux premiers polluants (SO₂ et NO_x) sont liés à la production d'électricité (pollution indirecte) et concernent tous les systèmes. La production d'ammoniac est constatée seulement dans le cas de la mise en décharge, où elle a une importance significative.

ACIDIFICATION



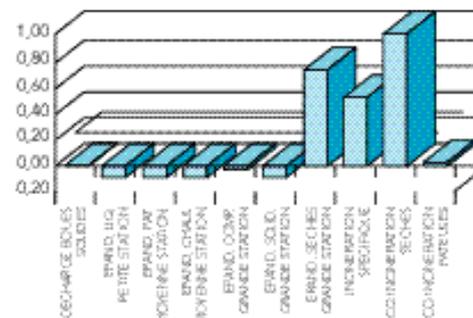
Performance des systèmes homogènes

Ainsi, le seul système qui présente un impact significatif en terme d'acidification est le système relatif à la mise en décharge.

UTILISATION DES RESSOURCES NATURELLES

L'impact de l'utilisation des ressources naturelles prend en compte la consommation de matières non renouvelables par rapport aux stocks disponibles dans le monde. Dans cette étude sont pris en compte le pétrole, le charbon, le gaz, l'uranium et le phosphore.

UTILISATION DES RESSOURCES NATURELLES



Performance des systèmes homogènes

Les systèmes homogènes qui présentent un impact plus élevé sont ceux qui génèrent les plus importantes consommations d'énergie. Il s'agit principalement de l'incinération spécifique, de la co-incinération de boues sèches et de l'épandage de boues séchées.

La contribution des systèmes relatifs à l'épandage est négative du fait de la prise en compte d'impacts évités (l'épandage permet une économie de phosphore).

5. CERTAINES SOLUTIONS D'ÉLIMINATION SONT ELLES PLUS POLLUANTES QUE D'AUTRES ?

5.3. Conclusions et recommandations

La mise en décharge des boues solides est le système homogène le plus défavorable pour trois des sept catégories d'impact retenues : effet de serre, dispersion de substances toxiques dans l'air et acidification.

Les différents systèmes homogènes relatifs à l'épandage ont globalement un impact plutôt faible sur ces mêmes aspects. Par contre, ils ont un impact plus défavorable que les autres systèmes homogènes sur les écosystèmes terrestres, du fait que ce critère prend principalement en compte les rejets d'éléments-trace métalliques dans le sol. Toutefois, cet impact reste très limité en valeur absolue et en dessous de ce qu'engendrerait l'apport maximum admis pour l'homologation des matières fertilisantes.

La prise en compte de la substitution d'engrais par des boues urbaines, et donc du gain environnemental lié à la non-utilisation d'engrais, a des répercussions positives importantes sur l'évaluation de l'impact de l'épandage, surtout en terme d'effet de serre et d'impact sur les écosystèmes terrestres.

La contribution de l'incinération est liée principalement à la dispersion de substances toxiques dans l'atmosphère, à l'impact sur les écosystèmes aquatiques, à l'utilisation de ressources naturelles et dans une moindre mesure à l'effet de serre.

Dans tous les cas, il est important de noter la contribution importante du transport aux impacts environnementaux. La contribution la plus significative concerne les systèmes relatifs à l'épandage de boues compostées (issues d'une grande station) et à la co-incinération de boues pâteuses.

Ces résultats mettent en évidence le fait qu'à chaque grand type d'élimination (mise en décharge, épandage, incinération) correspond un profil spécifique d'impact sur l'environnement :

Type d'élimination	Principaux impacts environnementaux défavorables
● Mise en décharge	● Effet de serre ● Dispersion de substances toxiques dans l'air ● Acidification
● Incinération	● Dispersion de substances toxiques dans l'air ● Impact des toxiques sur les écosystèmes aquatiques ● Utilisation de ressources naturelles
● Épandage	● Impact sur les écosystèmes terrestres ● Dispersion de substances toxiques dans l'air

Sur la base de ces résultats, on peut avancer les recommandations suivantes pour limiter l'impact environnemental des filières de traitement des boues urbaines :

- Récupérer le biogaz produit par les décharges, qui contribue à l'effet de serre, à la formation d'oxydants photochimiques, et à l'acidification.
- Éviter les phases de séchage des boues avant leur co-incinération (même lorsqu'il y a récupération d'énergie), qui augmentent la contribution à la dispersion de substances toxiques dans l'air et à l'effet de serre.
- Lorsque la composition initiale des boues est favorable à l'épandage :
 - limiter les distances de transport de manière à réduire la contribution aux impacts dans l'air ;
 - utiliser au mieux la valeur fertilisante des boues.

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

L'analyse économique a pour objectif de présenter une comparaison économique des coûts globaux pour chacun des dix systèmes homogènes, à partir de données homogènes et à périmètre équivalent.

Elle est destinée à servir de guide pour éclairer le choix d'une filière, mais n'a, en aucun cas, pour objectif de donner des coûts absolus des filières de traitement des boues urbaines et ne peut donc pas être utilisée pour l'évaluation d'un projet donné.

6.1. Présentation de la méthodologie utilisée

La méthode retenue repose sur deux grands axes : l'homogénéité des données, qui nécessite la détermination d'un périmètre unique, et l'analyse des données, basées sur une revue critique systématique du type et de la source des données.

L'étude des coûts de traitement et d'élimination des boues d'épuration urbaines est basée sur de nombreux documents de référence et entretiens avec les experts, les organismes publics et les opérateurs privés du secteur.

La méthodologie retenue consiste à déterminer des prix de marché théoriques qui servent de base à la comparaison économique des systèmes homogènes. L'ensemble de ces prix correspond à des situations théoriques avec des hypothèses précises.

Cette méthodologie permet de s'abstraire de situations locales particulières dont aucune méthode ne permet de rendre la diversité. Ainsi, une approche statistique, inadaptée pour ce type d'étude, a été exclue.

6.2. Hypothèses de calcul

Périmètre de l'évaluation

Les coûts présentés ne couvrent pas l'ensemble de la chaîne des traitements qui composent les systèmes homogènes. En effet il n'est pas possible d'isoler de manière fiable les coûts d'unités de traitement qui sont matériellement sur le site de la station d'épuration, comme par exemple les épaisseurs.

Nous avons donc évalué les coûts sur la base d'un niveau de référence se situant après une déshydratation à 20 % de siccité (la siccité définit le pourcentage de matière sèche contenue dans la boue).

Lorsque la siccité de la boue est, après la phase de déshydratation, inférieure au niveau de référence (20 %), l'économie réalisée pour ce système homogène (moindre coût pour obtenir la siccité souhaitée) a été intégrée. Au contraire, lorsque la siccité doit être poussée au-delà de 20 %, le surcoût de cette déshydratation est pris en compte.

Données financières

Après validation auprès des experts consultés, les installations de premier établissement ont été décomposées en deux en terme de durée de vie : 8 ans pour la part qui peut être assimilée à des équipements, 15 ans pour les autres composants, dont le génie civil.

En outre cette approche permet de prendre en compte, dans le montant des annuités, le coût de renouvellement des équipements.

6.3. Sensibilité des résultats

Dans bien des cas, les calculs de coûts montrent une forte sensibilité à des facteurs tels que le type de matériel utilisé pour le traitement et le stockage, les coûts de mise en décharge des boues et des résidus de l'incinération, pour lesquels nous n'avons dû retenir qu'une seule variante (ex : un stockage bâché, au lieu du stockage en béton retenu pour l'épandage de boues liquides, engendrerait une économie de 28% sur le coût global du traitement par tonne de matière sèches - MS).

Par ailleurs, le calcul du coût en F/t MS est évidemment très sensible à la capacité nominale des stations d'épuration retenue pour chaque système homogène.

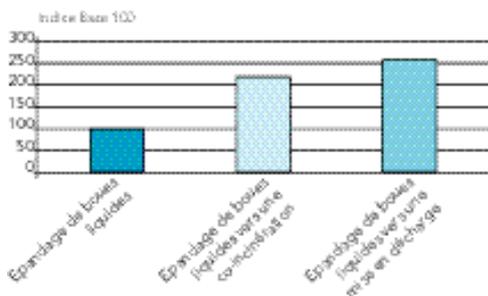
Il faut également signaler que les coûts présentés sont indépendants du mode de gestion (régie directe ou concession pure) et du taux de subvention pour les frais de premier établissement.

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

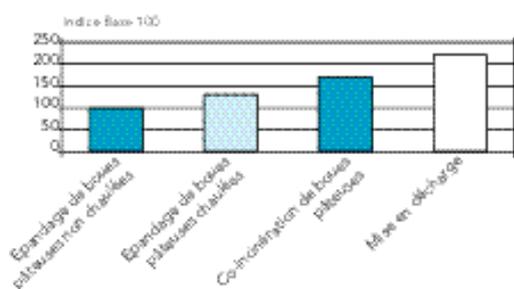
6.4. Résultats comparatifs

Les résultats comparatifs sont présentés sur base indicielle, ce qui permet de rappeler qu'il ne s'agit en aucune façon de présenter des coûts de traitement absolus mais une comparaison de systèmes donnés. Compte tenu de la forte sensibilité des coûts à la taille des stations, les résultats distinguent trois groupes non comparables entre eux.

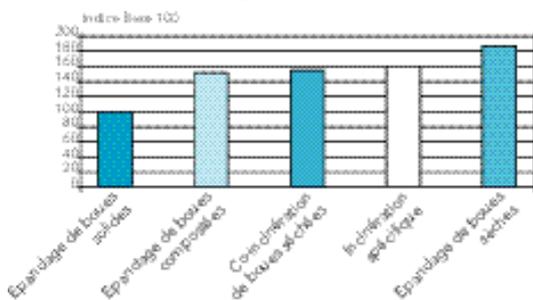
Systèmes homogènes - Capacité 3 000 EH



Systèmes homogènes - Capacité 50 000 EH



Systèmes homogènes - Capacité 300 000 EH



6.5 Conclusion

Il ressort des figures ci-dessus :

Pour les petites capacités (3 000 EH), il ressort que la filière économiquement la plus favorable est celle de l'épandage des boues liquides. Les deux autres filières, qui consistent à transférer les boues vers des filières de mise en décharge et de co-incinération, conduisent à des coûts sensiblement plus élevés. Cependant le rapport entre les deux filières extrêmes est de 2,5, c'est-à-dire du même ordre de grandeur que celui des deux autres catégories (50 000 et 300 000 EH).

Pour les capacités moyennes (50 000 EH), l'épandage des boues pâteuses est sensiblement plus avantageux en terme de coûts. Il apparaît, en outre, que l'écart entre chaque système est relativement important et permet de hiérarchiser distinctement chaque filière.

Pour les grandes capacités (300 000 EH), il apparaît que le regroupement classique en deux classes (épandage, incinération) n'est pas pertinent en terme de coûts. Deux types d'épandage présentent des différences importantes : l'épandage de boues solides est économiquement très favorable ; l'épandage des boues séchées est économiquement très défavorable. En revanche, l'incinération spécifique, la co-incinération de boues séchées et l'épandage des boues compostées présentent des caractéristiques économiques très proches.

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

L'analyse a ici pour objectif de donner des éléments de comparaison des emplois générés par le traitement des boues d'épuration urbaines.

7.1. Présentation de la méthodologie utilisée

Périmètre d'étude

Les trois grandes filières étudiées (épandage, incinération, mise en décharge) ont en commun les étapes de traitement situées dans la station d'épuration, même si les modes de traitement diffèrent.

Compte-tenu du faible niveau de précision des données disponibles sur les emplois générés par chaque mode de traitement dans la station, la quantification des emplois générés par chaque filière se décompose en deux étapes : la première étape, portant sur les emplois dans la station d'épuration est commune aux trois filières.

A la sortie de station d'épuration, les emplois sont ensuite différenciés en fonction des filières. Pour chacune d'elles, ils sont comptabilisés jusqu'à l'élimination finale des boues c'est à dire enfouissement des boues épandues, mise en décharge des résidus d'incinération et mise en décharge des boues.

Seuls les emplois directs, correspondant à des postes de travail occupés dans les activités de traitement et d'élimination des boues d'épuration, sont comptabilisés dans l'analyse.

Sources utilisées

Les résultats présentés se basent sur trois sources d'information :

- compilation des quelques données bibliographiques disponibles,
- données issues de missions antérieures réalisées par Arthur Andersen,
- entretiens téléphoniques avec les acteurs impliqués dans les différentes filières : constructeurs et exploitants d'installations de traitement et d'élimination des boues (stations d'épuration, incinérateurs, décharges), bureaux d'étude, transporteurs, entrepreneurs agricoles, etc. (Ces entretiens ont permis de valider, compléter ou adapter les données bibliographiques).

Hypothèses de calcul

L'analyse des données recueillies par la Chambre d'Agriculture de Lorraine a montré que le nombre d'emplois semble lié au tonnage de matières brutes (MB) produites par la station, plus qu'au tonnage de matières sèches ou à la capacité de traitement de l'usine. Nous avons donc quantifié les emplois à partir du calcul du nombre d'emplois à plein temps rapportés au tonnage de matière brute produite par an.

7.2. Résultats comparatifs

Il est clair que les résultats quantitatifs présentés sont des ordres de grandeur donnés à titre indicatif pour permettre une comparaison des filières d'élimination des boues d'épuration urbaines en terme d'emplois générés.

Le calcul du nombre d'emplois à plein temps rapportés au tonnage de matière brute (MB) produite par an abouti aux ratios emplois suivants :

- dans la station d'épuration :
0,33 emploi pour 1000 tonnes de MB produites par an ;
- pour la filière mise en décharge :
0,14 emploi pour 1000 tonnes de MB produites par an ;
- pour la filière épandage :
0,3 emploi pour 1000 tonnes de MB produites par an ;
- pour la filière incinération :
0,35 emploi pour 1000 tonnes de MB produites par an.

En considérant la production annuelle de boues (urbaines et industrielles) égale à 1,65 million de tonnes MS/an et une siccité moyenne de 20%, on obtient un tonnage moyen de 8,25 millions de tonnes MB/an.

7. CERTAINES SOLUTIONS D'ELIMINATION SONT ELLES PLUS GENERATRICES D'EMPLOIS QUE D'AUTRES ?

On estime ce tonnage réparti en :

- 4,79 millions de tonnes MB/an en épandage agricole (58%),
- 2,06 millions de tonnes MB/an en décharge (25%),
- 1,40 million de tonnes MB/an en incinération (17%), co-incinération et incinération spécifique confondues.

Avec ces hypothèses, on peut appliquer les ratios d'emplois aux tonnages de matière brute (MB) traitée annuellement dans chacune des ces filières.

<i>Station d'épuration</i>	
Ratio emploi	0,33/1000 t MB/an
Nombre d'emplois	2 720

<i>Incinération</i>	
Ratio emploi	0,35/1000 t MB/an
Nombre d'emplois	490
Systèmes homogènes concernés	Le nombre ci-dessus couvre la totalité des systèmes n°8, 9 et 10

<i>Mise en décharge</i>	
Ratio emploi	0,14/1000 t MB/an
Nombre d'emplois	290
Systèmes homogènes concernés	Le nombre ci-dessus couvre le système n°7

<i>Epandage agricole</i>	
Ratio emploi	0,3/1000 t MB/an
Nombre d'emplois	1440
Systèmes homogènes concernés	Le nombre ci-dessus couvre la totalité des systèmes n°2, 3, 4, 5, 6 et 7

Les résultats obtenus, en tenant compte des limites de cette analyse, ne témoignent pas d'un écart significatif entre l'incinération et l'épandage agricole pour le nombre d'emplois générés par tonne de matière brute traitée. La filière "mise en décharge des boues" semble la moins génératrice d'emplois.

En valeur absolue, l'épandage agricole est aujourd'hui la filière qui génère le plus grand nombre d'emplois, devant la filière incinération puis la filière mise en décharge compte-tenu des tonnages de matière brute éliminés annuellement en France dans chacune des filières.

En milieu rural, la contribution de l'épandage des boues au développement de l'emploi se fait sentir de manière plus nette.

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 se réduire fortement, du fait de la réglementation. Cette solution 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 chère des quatre solutions étudiées pour les stations de 50.000 EH). Cependant, elle pourrait fournir une solution temporaire alternative aux autres voies, moyennant notamment la récupération des biogaz pour améliorer sa performance environnementale.

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

Pour les petites stations (3 000 équivalent-habitants)

L'épandage de boues liquides présente des avantages en terme 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 étudiés). 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.

Pour 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 50 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

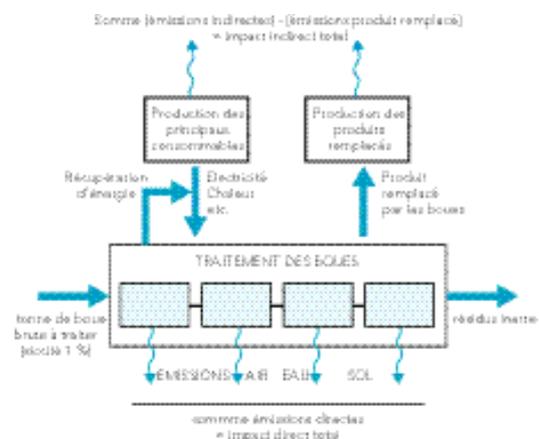
Pour chaque système homogène, le périmètre de l'analyse couvre tous les processus élémentaires de traitement des boues : de leur sortie du clarificateur (boue brute arrivant à la première étape du système, généralement l'épaississement) jusqu'à l'étape finale du même système (mise en décharge ou épandage 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), l'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	Épandage	Incineration spécifique	Co-incinération
Petite station vers	-	5 km	-	-
Moyenne station vers	50 km	15 km	-	50 km
Grande station vers	-	50 km	0 km (sur site)	50 km
Incineration vers	50 km (décharge ou valorisation routière)	-	-	-

Hypothèses sur les techniques de traitement

L'ensemble des données utilisées correspond à des installations et des process 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 issus 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.

Chaque polluant est, selon la méthodologie retenue, rattaché aux divers effets environnementaux qu'ils génèrent, en suivant les résultats des travaux de recherche d'experts. Pour la catégorie "utilisation de ressources" nous avons 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		●	●	●		
HPA		●	●	●	●	
HCL					●	●
HF		●				●
HC		●	●			
H ₂ 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.

Programmes d'Etudes Inter-Agences / Direction de l'Eau

Collection des Cahiers Techniques Inter-Agences

N°	TITRE
30	Evaluation des investissements, de leurs financements et de l'endettement des collectivités locales dans le domaine de l'eau (1994)
31	Traitements statistiques et graphiques utilisés par les Agences de l'Eau dans le cadre des données physico-chimiques (1994)
32	Guide pratique pour le contrôle et l'entretien des captages d'eau souterraine (1994)
33	Traitements par procédés rustiques des usines de production d'eau potable (1994)
34	Métaux lourds et mousses aquatiques - Standardisation des aspects analytiques - 2ème phase : calibration multilaboratoires (1994)
35	Etude bibliographique des méthodes biologiques d'évaluation de la qualité des eaux de surface continentales (1994) 3 tomes
36	Décontamination des nappes (1994) 3 tomes
37	Guide pour le diagnostic des stations d'épuration urbaines (1994)
38	Mise à niveau des stations d'épuration (1995)
39	Lessives, phosphates, et eutrophisation des eaux (1997)
40	Approche technico-économique des coûts d'investissement des stations d'épuration (1995)
41	Prévention des pollutions accidentelles dans les industries de la chimie, du traitement de surface et les stockages d'hydrocarbures et de produits phytosanitaires (1996)
42	Prévention des pollutions accidentelles dans les abattoirs, les équarrissages, les laiteries et les sucreries (1996)
43	Prévention des pollutions accidentelles dans les industries du bois et des pâtes à papier (1996)
44	Ecotoxicité : un choix entre le test pleurodèle (Jaylet) et le test xénope (1995)
45	Conception des stations d'épuration urbaines : les 50 recommandations (1996)
46	Etude du procédé biostyr : nitrification / dénitrification (1996)
47	Référentiel de l'utilisation des bioadditifs dans les milieux aquatiques (1996)
48	Impact de la nouvelle directive européenne relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (1996)
49	Etude bibliographique sur les pollutions accidentelles (1996)
50	Guide de l'autosurveillance des systèmes d'assainissement (1997)
51	La gestion intégrée des rivières - guide méthodologique (1997)
52	Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau SEQ-eau - Etude de rodage - rapport final (1997)
53	Seuils de qualité pour les micropolluants organiques et minéraux dans les eaux superficielles - synthèse (1997)
54	Optimisation du volet micropolluants du RNB - guide méthodologique (1997)
55	Les bryophytes aquatiques comme outils de surveillance de la contamination des eaux courantes par les micropolluants métalliques (1997)
56	Etude méthodologique de l'impact de déversements en temps de pluie. Application à la rivière l'Orne - Synthèse (1997)
57	Traitement phytosanitaire et qualité des eaux de drainage (1997)
58	Modes d'utilisation des produits phytosanitaires en France (1997)
59	Réglementations de l'usage des phytosanitaires en Europe (1997)
60	Guide inondabilité (1997)
61	Intérêts et contraintes du recyclage agricole des boues (1998)
62	Limnologie appliquée au traitement des plans d'eau (1998)
63	Efficacité de dispositifs enherbés pour lutter contre la pollution par les phytosanitaires (1998)
64	Rapport de présentation du Système d'Evaluation de la Qualité de l'Eau dans les cours d'eau (1998)
65	Gestion des transports solides et des attérissements (1999)
66	Les techniques végétales appliquées aux plans d'eau marnants (1999)
67	Bilan et analyses des expériences positives en matière de mise en place de périmètres de protection des captages (1999)
68	Biologie et écologie des espèces végétales aquatiques proliférantes (1999)
69	Programme AGREV (agriculture-environnement - Vittel) (1999)
70	Audit comparatif des filières d'élimination des boues d'épuration (1999)

L'épuration des eaux résiduaires urbaines et le traitement des boues produites font appel à des techniques complexes sont les bases concernent la plupart des disciplines scientifiques.

Les réalisations, la reconnaissance du savoir-faire et le poids économique ont fait de la dépollution de l'eau un secteur fort du potentiel industriel français.

Le présent document constitue un outil susceptible d'accomplir plusieurs fonctions

- une base de références donnant les principaux repères d'aide aux décisions d'orientation lors de l'élaboration des projets de stations d'épuration,
- un support de formation pour les jeunes ingénieurs et techniciens,
- un moyen de faire connaître les techniques et les procédés développés par notre industrie de l'épuration.

Il est le fruit d'un travail de terrain permettant d'apprécier les résultats concrets obtenus par les technologies mises en oeuvre. Il aura un impact sur la justesse des choix à effectuer dans ce domaine subtil et sans cesse en évolution.

Agence de l'Eau Adour-Garonne
 90, rue du Férétra
 31078 TOULOUSE CEDEX 4
 Tél. : 05 61 36 37 38
 Fax. : 05 61 36 37 28

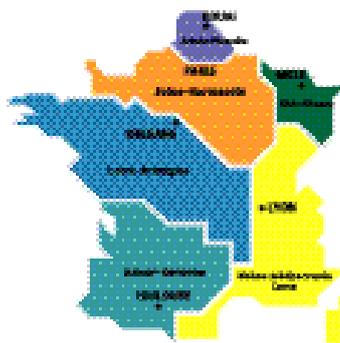
Agence de l'Eau Artois-Picardie
 200, rue Marceline - B.P. 818
 59508 DOUAI CEDEX
 Tél. : 03 27 99 90 00
 Fax. : 03 27 99 90 15

Agence de l'Eau Loire-Bretagne
 Avenue Buffon - B.P. 6339
 45063 ORLEANS CEDEX 2
 Tél. : 02 38 51 73 73
 Fax. : 02 38 51 74 74

Agence de l'Eau Rhin-Meuse
 Route de Lessy-Roziérieulles
 B.P. 30019
 57161 MOULINS-LES-METZ CEDEX
 Tél. : 03 87 34 47 00
 Fax. : 03 87 60 49 85

Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse
 2-4, allée de Lodz
 69363 LYON CEDEX 07
 Tél. : 04 72 71 26 00
 Fax. : 04 72 71 26 01

Agence de l'Eau Seine-Normandie
 51, rue Salvador Allende
 92027 NANTERRE CEDEX
 Tél. : 01 41 20 16 00
 Fax. : 01 41 20 16 03



Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement
 Direction de l'Eau
 20, avenue de Ségur
 75032 PARIS 07 SP
 Tél. : 01 42 19 20 21
 Fax. : 01 42 19 12 06

